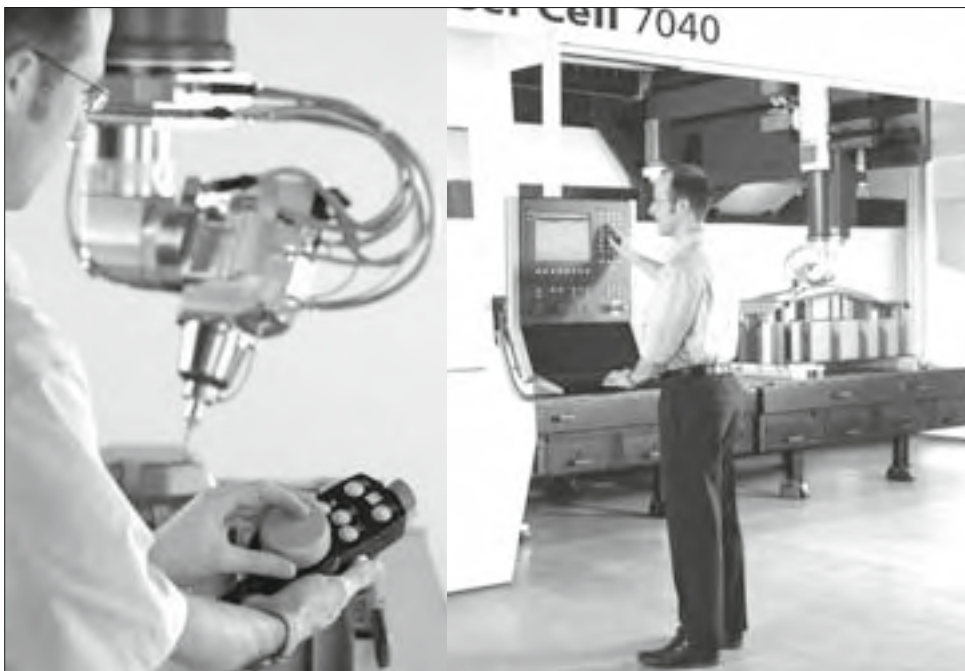


# Lernen & Lehren

Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik

## Schwerpunktthema

## Materialbearbeitung mit Lasersystemen: Arbeits- und Ausbildungsgestaltung



*Reiner Schlausch*  
**Lasersysteme zur  
Materialbearbeitung**

*Uwe Hetzer*  
**Know-how und Neugier**

*Marko Taubert*  
**Kompetenzanforderungen an  
Mitarbeiter bei der Anwendung  
von Laserbearbeitungsanlagen**

*Thomas Vollmer/Maren Petersen/  
Claus Emmelmann*  
**Unterrichtsprojekt zur Laser-  
materialbearbeitung im Studium**

---

### Impressum

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

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

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

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

Kommentar: Gottfried Adolph

Heftbetreuer: Reiner Schlausch

Redaktion: lernen & lehren

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

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

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

Layout: Brigitte Schweckendieck

Verlag, Vertrieb und  
Gesamtherstellung: Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG  
Postfach 15 59, D-38285 Wolfenbüttel  
Telefon: (053 31) 80 08 40, Telefax: (053 31) 80 08 58

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

**Wolfenbüttel 2009**

**ISSN 0940-7440**

**94**

# lernen & lehren

## Elektrotechnik-Informatik/Metalltechnik

### Inhaltsverzeichnis

Kommentar: Lehren und Lernen und die Rolle der Emotionen . . . . .	50
<i>Gottfried Adolph</i>	
Gottfried Adolph zum 80. Geburtstag . . . . .	52
<i>Felix Rauner</i>	
Editorial . . . . .	54
<i>Carsten Wehmeyer</i>	

#### **Schwerpunktthema Materialbearbeitung mit Lasersystemen: Arbeits- und Ausbildungsgestaltung**

Lasersysteme zur Materialbearbeitung . . . . .	55
<i>Reiner Schlausch</i>	
Kompetenzanforderungen an Mitarbeiter bei der Anwendung von Laserbearbeitungsanlagen . . .	58
<i>Marko Taubert</i>	
Know-how und Neugier . . . . .	63
<i>Uwe Hetzer</i>	
Unterrichtsprojekt zur Lasermaterialbearbeitung im Studium der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik . . . . .	66
<i>Thomas Vollmer/Maren Petersen/Claus Emmelmann</i>	
Didaktische Medien zur Lasermaterialbearbeitung	72
<i>Hartmut Simmert/Marko Taubert</i>	

#### **Praxisbeitrag**

Überlegungen zur Integration des Laserschneidens in den Berufsschulunterricht am Beispiel des Ausbildungsberufes Konstruktionsmechaniker/-in .	77
<i>Jörg Biber/Sven Käßler</i>	

#### **Forum**

Eindeutiger Qualitätsbegriff . . . . .	82
<i>Horst Mirbach</i>	
Offener Brief zur „Hamburger Erklärung“ zur Qualität in der Berufsbildung . . . . .	84
Arbeitsprozessbezogene berufliche Standards zur Qualitätsentwicklung in der beruflichen Bildung . . .	85
<i>Georg Spöttl/Lars Windelband</i>	

#### **Hinweise, Mitteilungen, Rezensionen**

Karin Rebmann/Walter Tenfelde: Betriebliches Lernen . . . . .	87
<i>Holger Steinmetz</i>	
Lernmaterialien zum Thema „Kraft-Wärme- Kopplung“ für die Berufsbildung zum/zur Anlagenmechaniker/-in und Elektroniker/-in . . . . .	88
<i>Wolfgang Kirchhoff</i>	
Franz Bernard: Die Berufschullehrerausbildung am Institut für Ingenieurpädagogik der Technischen Hochschule Otto von Guericke Magdeburg. . . . .	90
<i>Jörg-Peter Pahl</i>	
Hinweis: Beiträge zu den Hochschultagen 2008 . . .	91
CD-ROM „Fuel Cell Know-how. Brennstoffzellen erleben“ . . . . .	91
16. gtw-Herbstkonferenz am 5./6. Oktober 2009 in Bremen . . . . .	92
Wissenschaftspreis 2009 Gewerblich-Technische Wissenschaften . . . . .	93
19. Fachtagung der BAG Metalltechnik vom 20./21. März 2009 in Köln . . . . .	94
Verzeichnis der Autorinnen und Autoren . . . . .	95
Beitrittserklärung . . . . .	96

#### **Schwerpunkt**

### **Materialbearbeitung mit Lasersystemen: Arbeits- und Ausbildungsgestaltung**

Gottfried Adolph

# Lehren und Lernen und die Rolle der Emotionen

## Im Hinblick auf Bildung stehen die Berufsbildner günstiger da als die Allgemeinbildner

„Lehren und Lernen“ hieß diese Zeitschrift am Anfang. In diesem Titel spiegelte sich die damalige Vorstellung über das Lernen. Es war die Zeit der Hochblüte des Lernzielorientierten Unterrichts. Dieser stützte sich auf eine Lernpsychologie, die behauptete, eine allgemeingültige Lerntheorie hervorgebracht zu haben. Im Zentrum dieser Theorie stand das Konzept der Konditionierung. Operantes Konditionieren bedeutet, dass über eine gezielte Reiz-Reaktionsverstärkung ein vorher definiertes Verhalten (Lernziel) herbeigeführt wird. Der Lehrende bedient sich der Konditionierungstechniken. Mit ihnen wird der Lernende systematisch und kleinschrittig bearbeitet. Beherrscht der Konditionierer seine Konditionierungstechnik, kann er, so glaubte man, alles Wünschbare erreichen.

Für diese Lerntheorie bürgerte sich die Bezeichnung Behaviorismus ein. Obwohl zur Hochblüte des Behaviorismus auch Ideologiekritik hochaktuell war, merkte kaum jemand, dass, sobald sich etwas in einen Ismus wandelt, Wissenschaft zur Weltanschauung und Ideen zur Ideologie werden.

Niemand bestreitet heute, dass es klassische und operante Konditionierung gibt und dass beide bei der Anpassung von Tier und Mensch an jeweils herrschende Umweltbedingungen eine entscheidende Rolle spielen. Aber mit der Vorstellung, dass alles menschliche Lernen Konditionierung sei, haben die den Behaviorismus ablösenden Kognitionswissenschaften gründlich aufgeräumt. In Verbindung mit den modernen Neurowissenschaften wurde immer deutlicher, welche entscheidende Rolle die Emotionen bei allen Lernprozessen spielen, die mit Denken einhergehen.

Damit wurde auch der Zusammenhang von Lehren und Lernen in ein gänzlich anderes Licht gerückt. Wenn es um geistige Inhalte, also um Denken und Verstehen und um Wissen im eigentlichen Sinne geht, kann Lehren nicht

Lernen bewirken und steuern. *Lernen kann nur der Lernende selbst.* Er ist der Aktive im Lernprozess. Dieser Prozess kann von außen nur angeregt und unterstützt werden. Lehren kann deshalb nur Helfen bedeuten.

Erfolgreiches Helfen ist in allen Lebensbereichen, also auch beim Lernen, recht schwierig. Gut gemeintes, aber nicht vernunftgeleitetes Helfen verschlimmert die Dinge meist. Oft wäre es dann besser, wenn Hilfe gänzlich unterbliebe. Sich auf Vernunft gründendes Helfen bedarf einer soliden Sachkenntnis. Wenn es beim Lernen um Einsicht geht, um das Erkennen von Zusammenhängen, muss der Helfende wissen, dass der Lernende „aus sich heraus“ Energie aufbringen muss, dass er dabei mit Schwierigkeiten ringt und ringen muss. Nur im eigenständigen Überwinden solcher Schwierigkeiten gewinnt der Lernende neue Einsichten. Der dabei erlebte Erfolg fördert Ichstärke und Selbstvertrauen. Wer dabei helfen will, muss zu erkennen geben, dass das zu Verstehende wirklich schwierig ist. „Es ist schwierig, aber du schaffst es.“ „Ich hatte auch zuerst Schwierigkeiten.“ „Auch ich habe einige Zeit gebraucht, bis ich das richtig kapiert habe“, sind Beispiele für unterstützende Interventionen. Sie bringen zum Ausdruck, dass der Helfende dem Denkenden die geforderte Leistung zutraut. Solches Zutrauen bewirkt Vertrauen. Gegenseitiges Vertrauen ist eine unabdingbare Voraussetzung für gelingendes Helfen. Vertrauen wird von starken positiven Emotionen begleitet und getragen. (Bei dem, dem man vertraut, fühlt man sich geborgen.) Man kann nun häufig erleben, dass ein Lehrender helfen will, indem er sagt: „Aber das ist doch ganz einfach“. Etwas Dümmeres kann man wirklich nicht machen. Es signalisiert „Es ist einfach, aber Du kapiert es nicht.“ „Warum fällt es mir so schwer, wenn es doch so einfach ist?“ Anstelle von Mut machendem Ansporn erwachen negative Gefühle

bis hin zur Resignation. Hilfe kehrt sich in ihr Gegenteil.

Kommt ein Verstehensprozess „von innen heraus“ (intrinsische Motivation) in Gang, lässt die Körpersprache deutlich erkennen, dass der Denkerfolg von starken positiven Emotionen begleitet wird. Neurowissenschaftler haben herausgefunden, dass hier so genannte Glückshormone freigesetzt werden. Das liefert die Energie für weitere Denktivitäten.

Das Bemühen um Einsicht ist eine höchst individuelle Angelegenheit. Die Struktur solcher Prozesse hängt von vielen individuellen, persongebundenen Vorbedingungen ab. Deshalb kann wirksame Hilfe auch nur auf den Einzelnen ausgerichtet sein.

In der praktischen Berufsausbildung war man in dieser Hinsicht immer schon klüger als die „Theorie“. Jeder Ausbilder wusste immer schon, dass man den richtigen Umgang mit Werkzeug nur schlecht einem Kollektiv beibringen kann. Soll z. B. jemandem der richtige Umgang mit der Feile „beigebracht“ werden, dann muss der Ausbilder ihn bei seinen Feilversuchen in den Blick nehmen. Er muss das Tun bewerten. Er muss zustimmen oder korrigieren und gegebenenfalls vormachen.

Wahrscheinlich wegen der geistigen Nähe zur praktischen Ausbildung hat guter Theorieunterricht in der Berufsschule immer schon den Einzelnen mehr im Blick gehabt als das Klassenkollektiv. Gute Berufsschullehrer haben immer schon Arbeitsphasen organisiert, die ihnen Gelegenheit boten, sich einzelnen Schülern zuzuwenden. Von solcher Zuwendung geht eine Wirkung aus, die kaum bemerkt und bewusst wird. Lehrer allgemeinbildender Schulen haben oft die Vorstellung, dass es in Berufsschulen große Disziplinprobleme gäbe. Sie sind dann erstaunt zu erfahren, dass die Probleme, mit denen sie täglich konfrontiert werden und an denen sie oft verzweifeln, in beruflichen Schulen so gut

wie nicht vorkommen. Das Erstaunen kann sich in Wissen wandeln, wenn bedacht wird, dass Disziplinprobleme meist dadurch auftreten, dass Schüler das Gefühl haben, dass der Lehrer nur die Klasse und nicht sie als Person im Blick hat. Für manche Schüler ist das unerträglich. Sie müssen sich dann irgendwie bemerkbar machen. (Wer als Lehrer von Stunde zu Stunde in eine andere Klasse hetzt, ist mit der Wahrnehmung von einzelnen Schülern objektiv überfordert.)

Es gibt eine weitere Ebene auf der die Chancen für das verstehende Lernen in der Berufsschule größer sind als bei den Allgemeinbildnern. Das hat mit dem Bezug zur Lebenswirklichkeit zu tun. Aus den Veröffentlichungen in den Neurowissenschaften (Gehirnforschung) gibt es viele Hinweise darauf, dass positive Emotionen umso stärker werden, je näher die gedanklichen Anforderungen mit der Lebenswirklichkeit verbunden sind oder gar aus ihr hervorgehen. Die Lebenswirklichkeit ist nahes „vertrautes“ Gelände. Entwickeln sich geistige Anforderungen hieraus, werden sie als sinnvoll empfunden. Wer in dem, was ihm an Denkanstrengung zugemutet wird, keinen Sinn erkennen kann, kann auch keine intrinsische Motivation entwickeln. Das ist eines der größten Probleme in allgemeinbildenden Lehrgängen.

Ich möchte an einem Beispiel deutlich machen, wie sich positive Emotionen entwickeln, wenn sich ein Denkanlass aus der Lebenspraxis heraus entwickelt. Jeder, der sich in die Grundlagen der Elektrotechnik verstehend einarbeitet, muss schon ziemlich früh den Begriff „elektrischer Widerstand“ verstehen. Das ist jedoch nicht so einfach, wie es zunächst scheint. Elektrischer Widerstand ist kein Ding. Es ist nichts Substantielles. Ohmscher Widerstand tritt erst in Erscheinung, wenn Strom fließt und induktiver und kapazitiver Widerstand, wenn die Stromstärke sich verändert. Fließt kein Strom, gibt es auch keinen Widerstand. Das ist nicht einfach zu begreifen. Wie schwierig es ist, sich solche Begriffe (Denkwerkzeuge) anzueignen, lässt sich am Begriff der (trägen) Masse erkennen. Auch Masse ist nicht „da“, wenn sich nichts beschleunigt. Nun kann jeder es in seinem Bekanntenkreis leicht nachprüfen: dass so gut wie alle – unabhängig vom Bildungsstand – bei dem Wort Masse an etwas Substantielles denken. Auch wer auf

dem Weg zum Abitur lange Jahre hindurch Physikunterricht genossen hat, denkt beim Wort Masse in der Regel an etwas Körperliches.

Nun wieder zum Begriff Widerstand. Wenn er (wie es oft geschieht), einfach aus dem Ohmschen Gesetz formal abgeleitet wird, entwickeln sich keine positiven Emotionen. Es bleibt dann in der Regel beim Merksatzwissen. Solches Wissen wurzelt sich nicht als Erkenntniswerkzeug ein. Es wird schnell vergessen.

Ein Weg, positive Emotionen zu wecken, wäre folgender: Zu Beginn des Unterrichts erzählt der Lehrer eine Geschichte, die einem Bekannten, zu Beginn seiner Berufstätigkeit passiert ist.

Ein Kunde hatte sich an den Betrieb gewendet, weil es in seinem Wohnzimmer eine Steckdose gibt, an welcher die Stehlampe nur ganz schwaches Licht zeigt, während sie an den anderen Steckdosen normal leuchtet. „Das kann doch nur an der Spannung liegen“, dachte unserer Elektriker und machte sich mit einem Messgerät auf zum Ort des Geschehens. Sachkundig maß er die Spannung an einer funktionierenden Steckdose. Das Messgerät zeigte, wie erwartet, 228V. Dann ging er zur defekten Dose und maß. Das Messgerät zeigte (unerwartet) ebenfalls 228V! Das verwirrte unseren Freund sehr. Warum leuchtete die Lampe bei 228V an der einen Steckdose normal und an der anderen Steckdose bei 228V so gut wie nicht. Mit dem Spruch, dass er ein genaueres Messgerät holen müsse, entwand er sich erst einmal aus der Situation und ging zurück zum Betrieb.

Das ist eine Geschichte, die die Schüler wirklich angeht. Genau so kann es einem passieren. Sie sind emotional und deshalb auch intellektuell dabei. Produktives, sich um Einsicht bemühenes Denken stellt sich wie von selbst ein.

Der Lehrer darf jetzt keine methodischen Fehler machen. Völlig falsch wäre es, wenn in einem frontalen Frage-Antwortspiel weitergemacht würde. Dann würden sich die Schnellmerker nach vorne drängen. Auch Gruppenarbeit ist aus den gleichen Gründen noch nicht angesagt. Jedem muss Gelegenheit gegeben werden, ruhig ohne Konkurrenzdruck nachzudenken. Also bittet der Lehrer das zu tun

und dann aufzuschreiben, wie sie dem „Verwirrten“ aus der Patsche helfen würden. (Karten, die nachher an die Tafel geheftet werden können, liegen bereit.)

Welche Zeit für die individuelle Arbeitsphase eingeräumt wird, kann nur „vor Ort“ entschieden werden. Soll Jeder mitgenommen werden, dann muss auch Jedem seine Zeit zugestanden werden. Für die „Schnellen“ muss deshalb erweiterndes „Material“ vorbereitet sein. Mit dem Einsammeln der Karten schließt die Arbeitsphase ab. Ob es nun in Kleingruppen oder in der Großgruppe weitergeht, hängt von zusätzlichen Bedingungen ab.

Was ist nun das Besondere dieses Einstiegs und wieso befindet sich eine berufliche Schule hier in einer besseren Situation als eine allgemein bildende? Wie oben schon dargelegt, stellt sich die Sinnfrage in der Berufsschule bei diesem Sachverhalt überhaupt nicht. In der allgemeinbildenden Schule stellt sie sich dagegen ganz entscheidend. Womit soll der Lehrer begründen, dass heute das Thema Widerstand dran ist. Mit der Sachlogik der Physik? Oder weil der Lehrplan es erfordert? Beides ruft keine emotionale Betroffenheit hervor. Dieser emotionale „Treibstoff“ fehlt. Bis auf wenige Ausnahmen muss der Lehrer das Thema schmackhaft machen. Das Ergebnis ist dabei immer eine von außen wirkende (extrinsische) Motivation. Solche Motivation kann in eine intrinsische umschlagen. Das geschieht jedoch recht selten. Meist geschieht das, wie es der Gymnasiallehrer FRITZ REHEIS in seinem Buch „Bildung kontra Turboschule“ schreibt: „Sie gewöhnen sich daran, auch ohne innere Beteiligung einfach zu funktionieren. Sie wollen eine gute Zensur zur Sicherung ihrer Zukunft haben. Die Zensur zählt und nicht die Sache.“ REHEIS schreibt weiter: „Wo Gefühle ausgesperrt, wo vor allem das individuelle Verantwortungsgefühl für Erkenntnisse und deren Folgen bedeutungslos bleiben, wo alles auf die Realisierung des Tauschwertes des Gelernten ankommt – dort kann Bildung nicht wirklich anhaften und der Sich-Bildende konsequenterweise auch nicht wirklich haftbar gemacht werden.“ Das Beispiel mit dem Spannungsbegriff hat gezeigt, dass das in der Teilzeitberufsschule grundsätzlich anders sein kann. Ob hier diese Chance immer genutzt wird, ist eine andere Frage.



Felix Rauner

## Gottfried Adolph zum 80. Geburtstag



Lieber GOTTFRIED ADOLPH,

*alles Gute zu Ihrem 80. Geburtstag. Bleiben Sie gesund und „lernen & lehren“ als Kolumnist erhalten, damit sich auch in Zukunft die Leser in gespannter Erwartung auf das nächste Heft freuen und sich wie immer fragen: Was wird er uns wohl diesmal wieder ins Stammbuch schreiben?*

Die Kommentare und Essays von GOTTFRIED ADOLPH haben sich rasch zum Markenzeichen von „lernen & lehren“ entwickelt. Auch diejenigen, die von dem einen oder anderen Fachaufsatz nur die Überschrift lesen, versichern ungefragt, dass sie die adolphschen Kommentare nie auslassen. Das Geheimnis dieser alle Leser von „lernen & lehren“ faszinierenden Kommentare, die die Form von Zwischenrufen, Essays und Erinnerungen an in Vergesslichkeit zu geratende pädagogische Einsichten haben, liegt in der Person des Autors begründet. Ihm gelingt es ohne erhobenen Zeigefinger und in einer selten klaren und einfachen Sprache, die ein hohes Maß an Authentizität vermittelt, den Finger auf die Wunden pädagogischer und gesellschaftlicher Praxis zu legen, die die Leser von „lernen & lehren“ ganz offensichtlich zutiefst berührt. Selten ist es einem Pädagogen gelungen, so dicht an der Wirklichkeit der Leser

so weitreichende und grundlegende Ideen und Fragen des beruflichen Lernen und Lehrens so zu formulieren, dass diese sich herausgefordert fühlen, über ihre „Sünden“ nachzudenken und in der Regel den Entschluss fassen: Das werde ich beherzigen.

Die Kommentare und Essays entspringen einem offenbar unerschöpflichen Wissen und zugleich fehlt ihnen jede Spur der „Besserwisserei“. Der Leser fühlt sich eingeladen zu einer intellektuellen Reise, die in einem Spannungsverhältnis zwischen Distanz und Nähe zur Reflektion des eigenen pädagogischen Handelns herausfordert. Erst wenn auch die großen Fragen unserer Zeit auf die subjektiv wichtigen Fragen des Alltagshandelns bezogen werden, können Handlungsperspektiven entwickelt werden, die aus der Enge des instrumentellen didaktischen Handelns herausführen. Lehrer und Bildungsplaner saugen diese Anregungen ganz offensichtlich auf wie ein trockener Schwamm. Die allzu oft zu Formeln geronnenen pädagogischen Rezepte nach dem Muster: Man nehme Handlungsfelder, transformiere sie in Lernfelder und erfinde dazu Lernsituationen und fertig ist das Lernfeldkonzept oder die mechanische Anwendung der so genannten vollständigen Arbeitsbehandlung mit seiner linearen Abfolge von genau sieben Lern- bzw. Arbeitsschritten sind das Kontrastprogramm zu einer Pädagogik, die Verstehen und Gestaltungskompetenz vermitteln will. Dies setzt vor allem Lehrende voraus, die sich im Umgang mit Schülern und Auszubildenden oder auch mit Referendaren und Studenten auch als Lernende begreifen. Wer das vergisst, hat als Lehrer schon verloren, so GOTTFRIED ADOLPH. Das Lehren wird dann zum Belehren und dies ist destruktiv.

Es gelingt GOTTFRIED ADOLPH auf faszinierende Weise, Botschaften zu vermitteln ohne zu belehren. Als Leser fühlt man sich eingeladen, sich auf das Durchdenken eines Problems einzulassen, zudem einerseits der Au-

tor eine klare und pointierte Position bezieht und zugleich – andererseits – dem Leser die Option belässt, eine ganz andere Position einzunehmen. Seine Angebote zum Nachdenken sind alles andere als Aufforderungen zum Nachbeten. GOTTFRIED ADOLPH nimmt ganz offensichtlich seine Leser so ernst wie früher seine Schüler, Lehrer, Kollegen und seine Studenten, von denen er sagt, dass sie es waren, die sein eigenes Lernen in Bewegung gehalten haben.

Diese Einsicht stellte sich bei GOTTFRIED ADOLPH schon bald ein, als er nach einer Karriere als Elektroinstallateur, Konstrukteur für Schaltanlagen und als Meister ein Studium als Berufsschullehrer absolvierte und das erste Mal vor einer Klasse stand: „Wirklich begriffen von dem, was ich da so erfolgreich handhaben konnte [Unterrichtsstunden abhalten] hatte ich wenig. Schüler fanden dann zu klugen Fragen, wenn ich es vermied, sie mit formaler Beweis-Argumentation zu überrumpeln oder ‚einzulogen‘“, wie MARTIN WAGENSCHNEIDER es so treffend formulierte.“ Diese Lektion lernte ich durch die klugen Fragen meiner Schüler“. Jene die hier einwenden, dass ihre Schüler ihnen keine Fragen und schon gar keine klugen stellen, finden bei GOTTFRIED ADOLPH wegweisende Anregungen.

Später, als GOTTFRIED ADOLPH seine Funktion als Lehrer, Fachleiter und Schulleiter gegen die des Fachseminarleiters und Leiters des Kölner Studienseminars eintauschte, gelang es ihm, angehende Lehrer zu ermutigen und zu befähigen, Schüler so zu unterrichten, dass sie verstehen, was sie im Beruf tun und wie sich ihre berufliche Arbeit einfügt in eine Welt, die viel mehr ist als eine berufliche Arbeitswelt. WOLFHARD HORN hat dies als Referendar erfahren: „Erst als GOTTFRIED ADOLPH als Fachseminarleiter zu uns kam, habe ich gelernt, dass zwischen ‚Stunden geben‘ und Unterricht ein Unterschied besteht.“

Den Zusammenhang zwischen Lernen, Denken und Verstehen aufzuklären, zunächst für sich selbst und später für das Gewinnen von Einsichten als Lehrer, sowie die Vermittlung dieses Wissens in der Lehrerbildung bestimmt das Wirken GOTTFRIED ADOLPHS als Lehrer und Wissenschaftler: „Das Thema Verstehen dessen, was man tut, in der Technik, im Beruf, in der Ausbildung ließ mich nicht mehr los.“

Liest man in seinen Veröffentlichungen nach, dann stößt man rasch auf Pädagogen, die sein Denken geprägt haben. Er erwähnt MARTIN WAGENSCHNEIDER, der wie kein anderer ganze Generationen von (Physik)Lehrern inspiriert hat, sich mit dem Unterschied zwischen Wissen und Verstehen auseinanderzusetzen. Wagenschneiders Texte lösen bei GOTTFRIED ADOLPH das nie nachlassende Interesse und pädagogische Engagement aus, Verstehen als zentrale Leitidee jeglichen Lernens in der pädagogischen Praxis Geltung zu verschaffen. Dabei ist ihm Verstehen sehr viel mehr als fachliches Verstehen. Es ist eher inspiriert durch das Konzept des begreifenden Erkennens, so wie es KLAUS HOLZKAMP formuliert hat. In seinem Buch „Fachtheorie verstehen“, ein Meilenstein in der fachdidaktischen Literatur des Berufsfeldes Elektrotechnik, schreibt GOTTFRIED ADOLPH: „Je mehr ich mich auf das Thema ‚Verstehend‘ einließ, umso klarer wurde mir auch die politische Dimension dieses Problemfeldes. Vom Techniker erwartet man vor allem Handlungskompetenz. Ohne viel zu fragen, soll er das, was man ihm aufträgt, sachkundig bewerkstelligen. [...] Technische Intelligenz ja, aber bitte keine kritische technische Intelligenz: Schuster, bleib bei Deinen Leisten. [...] Viele Techniker [...] treten damit aus der Politik, aus der Verantwortung für das, was geschieht, aus“. Die Vermittlung von Fachtheorie lasse sich daher nicht auf ein geschlossenes System des objektiv geronnenen Sachwissens reduzieren. Das Verstehen von Technik und Arbeit schließe das Verstehen ihrer historischen Gewordenheit ein und erlaube Antworten auf die Frage: Warum ist ein technisches Produkt oder ein technisches Verfahren so und nicht anders? Und geht es auch anders? Die Suche nach Antworten auf die-

se Frage begründen Verstehen und Reflektionsfähigkeit und damit nicht das passive Hinnehmen einer gesellschaftlich-technischen Realität, sondern die aktive Teilnahme an dem, was in der Welt geschieht. Es reiche daher nicht, Technik und Gesellschaft äußerlich aufeinander zu beziehen z. B. in der Tradition der Technologiefolgeabschätzung, sondern die Technik selbst in ihrer historischen Gewordenheit – und damit auch in ihrer Gestaltbarkeit – zu verstehen.

Die Erfahrungen als Facharbeiter, Meister, Lehrer, Schul- und Seminarleiter sowie schließlich als Hochschullehrer waren stets geprägt durch das Reflektieren des Erfahrenen. Die Zusammenarbeit mit Schülern, Referendaren, Lehrern und Studenten sowie mit großen Pädagogen wie HERWIG BLANKERTZ und HANS AEBLI haben es ihm ermöglicht, auf der Grundlage seiner reflektierten Erfahrungen, Erkenntnisse und Einsichten zu gewinnen und weiterzugeben, die, angereicht durch Beispiele seiner eigenen Erfahrungen, eine ungewöhnliche Tiefe ausstrahlen, die wir in der pädagogischen Theorie allzu oft vermissen.

GOTTFRIED ADOLPH hat als Lehrer erfahren, wie bei Schülern Interesse entsteht, das, was sie lernen, auch zu verstehen. Er glaubt an die „Ermütigung [der Lernenden] durch den erlebten Erfolg eigenständiger Erkenntnisleistungen“. Auf die Lernformen kommt es also ganz entscheidend an. Lernzielorientierter Unterricht, linear strukturiert nach den Modellen zweckrationaler Handlungsmuster, verfehlt, so GOTTFRIED ADOLPH, einen auf Verstehen zielenden Unterricht, da dieser geradlinig in der Form einer festgelegten Abfolge von Lernschritten auf seine Ziele zusteure. Indem dieser Unterricht nichts Falsches zulässt und Umwege vermeidet, verhindert er das Nachdenken und das Nachdenkliche. Das projektförmige Lernen, richtig verstanden, entzieht sich den mechanistischen Modellen der Strukturierung beruflicher Ausbildungsprozesse, die den Lehrern und Ausbildern Sicherheit bei der Strukturierung beruflichen Lernens versprechen. Erst die Möglichkeit, Fehler zu machen, aus diesen zu lernen und sie dann zu korrigieren, setzt das frei, was menschliches Den-

ken ausmacht, die Kreativität des Umweges: Wenn es so nicht geht, dann vielleicht anders. Ist etwas nicht oder nicht so gelungen, wie man sich das vorgestellt hatte, so GOTTFRIED ADOLPH, dann können Schüler und ihre Lehrer nach den Gründen fragen. Dann stehe die Sache im Mittelpunkt des Nachdenkens und Reflektierens und nicht der vom Lehrer vermittelte Lehrstoff.

Die Anregungen, die uns GOTTFRIED ADOLPH mit seinen Kommentaren und Essays in „lernen & lehren“ mit auf den Weg gegeben hat, reichen aus, um Generationen zukünftiger Berufspädagogen zu inspirieren, Jugendliche in ihrer Berufsausbildung zu befähigen, ihre Arbeitswelt nicht nur zu meistern, sondern sie auch zu verstehen und mitzugestalten.

*Lieber GOTTFRIED ADOLPH,  
ich erwarte mit Interesse das Erscheinen der nächsten „lernen & lehren“-Hefte, und dreimal dürfen Sie raten, worauf ich mich besonders freue.  
Herzliche Grüße aus Bremen  
Felix Rauner*

Wer mehr über Prof. DR. GOTTFRIED ADOLPH erfahren bzw. mehr von ihm lesen möchte, sollte das Buch mit dem Titel „Berufsbildung als Aufklärung“ zur Hand nehmen. Das Buch beinhaltet eine Sammlung von Essays und Kommentaren von GOTTFRIED ADOLPH, die dieser in „lernen und lehren“ in den Jahren 1989 bis 2001 veröffentlicht hat. GOTTFRIED ADOLPH hat mit seinen Beiträgen die Brücke zwischen der fachlichen Diskussion und der Tradition einer aufklärenden Pädagogik geschlagen. Neben der Aufsatzsammlung sind eine Biografie (HORN: Kleine Porträtskizze zum beruflichen Leben meines Lehrers und Arbeitskollegen GOTTFRIED ADOLPH) und eine Veröffentlichungsliste seiner Beiträge zur Fachdidaktik Elektrotechnik und der veröffentlichten Elektrotechnik-Fachbücher abgedruckt.

Vollständige bibliografische Daten:

KLAUS JENEWEIN/FELIX RAUNER (Hrsg.): Berufsbildung als Aufklärung. Gedanken und Essays von Gottfried Adolph. Reihe „Berufsbildung, Arbeit und Innovation“, Studentexte, Band 11, Bielefeld 2002, ISBN 3-7639-3024-8

Carsten Wehmeyer

## Editorial

### Berufliche Hightech-Arbeit und -Ausbildung mit und durch Lasertechnik

Mit Heft 94 von lernen & lehren wird im Anschluss an das Schwerpunktthema der Mikrosystemtechnik aus Heft 93 ein weiteres Mal ein Hightech-Thema in den Mittelpunkt der Berufsbildungsplanung und -praxis gestellt. Die als Schwerpunkt thematisierte Lasermaterialbearbeitung (LMB) stellt in diesem Kontext ein noch spezielleres Arbeitsgebiet dar als die verwandte bzw. ohne Lasertechnik auch kaum noch vorstellbare Mikrosystemtechnik (z. B. Bohren von Mikrolöchern in Silizium aus dem Bereich der Mikrobearbeitung). Dies ist allein schon daran erkennbar, dass es im Unterschied zum Vorgenannten keinen eigenständigen Ausbildungsberuf gibt (z. B. Lasertechnologe/Lasertechnologin). Trotzdem werden Fachkräfte etwa in dem umfassenden Themenfeld der Optischen Technologien gesucht: „Kenntnisse im Umgang mit einem Laser oder die Steuerung von CNC-Anlagen gehören für einen Mitarbeiter in der Optischen Industrie schon bald zum Standardprofil. Innovationen in der Bildungslandschaft sind dringend gefragt.“<sup>1</sup> Bei Laserfachkräften im Bereich der Fertigungstechnik ist grundsätzlich eine Verknüpfung mit CNC-Qualifikationen gefragt. Im Sinne berufswissenschaftlicher Forschung gilt es allerdings diesbezüglich die beruflichen Anforderungen an die Arbeit im Bereich der lasergestützten Fertigungstechnik genauer zu analysieren und zu beschreiben. Hierfür leistet das vorliegende Heft einen Beitrag.

Dass mit verstärkten und eng gebündelten Lichtstrahlen nach dem physikalischen Prinzip der Lumineszenz, also der stimulierten Emission von Lichtteilchen (Photonen) durch zuvor angeregte Elektronen, einmal harte Materialien wie Metalle, Glas, Keramik oder Stein bearbeitet werden können, hätten sich wohl auch die fantasie reichsten Physiker nur schwerlich vorstellen können.

Die hohe Leistungs- bzw. Energiedichte, die mit Laserstrahlen erreicht werden kann, ermöglicht es etwa seit Ende der 1980er-Jahre, in Laserbearbeitungsmaschinen eine Vielzahl an Fertigungsverfahren wie Trennen, Stoffeigenschaften ändern oder Urformen zu realisieren. Ein wesentlicher Vorteil liegt außerdem darin, dass im Gegensatz zu mechanischen Bearbeitungsverfahren meist auf schwere Spannmittel verzichtet. Leichte Teilaufnahmen reichen aus, die Werkstücke in Position zu halten.

REINER SCHLAUSCH gibt in seinem einleitenden Beitrag einen Überblick über das Thema Lasermaterialbearbeitung (LMB) und die Herausforderungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung. Hierbei werden zunächst einmal das technisch-ökonomische Potenzial verdeutlicht sowie die beruflichen Arbeitsfelder vor dem Hintergrund der technisch-maschinellen Innovationen der Lasersysteme zur Materialbearbeitung näher benannt. Nach einem Überblick über daraus abgeleitete Qualifikationsanforderungen bei der Anwendung der Lasertechnik werden anschließend aktuell bestehende Qualifikationsangebote zur LMB aufgezeigt. Abschließend werden Gestaltungsoptionen für Arbeit, Technik und Berufsbildung bewertet, die insbesondere für die Einordnung der nachfolgenden Beiträge dieses Heftes relevant sind.

Den Qualifikations- bzw. Kompetenzanforderungen an Laserfachkräfte in Anwenderbetrieben widmen sich die empirisch gestützten Beiträge von MARKO TAUBERT und UWE HETZER. Ersterer stellt Ergebnisse einer geschäfts- und arbeitsprozessorientierten Untersuchung zur Laserbearbeitung mit Schwerpunkt Laserstrahlschneiden in zwölf Unternehmen vor. Ein erstes interessantes Ergebnis präsentiert typische Tätigkeiten der Anlagenführer an 2D-Laserstrahlschneidanlagen. Die

konkreten beruflichen Kompetenzanforderungen werden in vier Modell-Dimensionen unterteilt und darauf basierend für einzelne Tätigkeitsbereiche noch einmal detailliert in übergreifende sowie arbeits- und aufgabenorientierte Anforderungen unterschieden. TAUBERT kommt zu dem Schluss, so viel sei an dieser Stelle angedeutet, dass es konkrete Bedarfe zu der beruflichen Aus- und Weiterbildung im Bereich der LMB gibt. UWE HETZER vom Maschinenhersteller TRUMPF stellt einen humanorientierten Ansatz der LMB in den Mittelpunkt seiner Betrachtungen, denn – so seine These: das Fachwissen der Konstrukteure, Programmierer und Bediener entscheidet im hohen Maße über die Produktivität des Fertigungsprozesses. Auf der Grundlage dieser Aussage sind die Ausführungen aus betrieblicher Expertensicht für die Ausbildungsgestaltung sehr interessant.

Mit Blick auf die Ausbildung des Berufsschullehrernachwuchses stellen VOLLMER/ PETERSEN/EMMELMANN ein kooperatives Unterrichtsprojekt zur Lasermaterialbearbeitung im Sinne einer soliden Einführung in die laserstrahlgestützten Produktionstechnologien im Vertiefungsstudium der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik der Uni Hamburg und TU Hamburg-Harburg vor. Ziel ist es, aktuelle Forschungs- und Entwicklungsergebnisse der gewerblich-technischen Wissenschaften in den Kontext pädagogisch-didaktischer Gestaltungsaufgaben zu stellen. Die Ausführungen des Beitrags geben auch unmittelbar Hinweise auf die Unterrichtsgestaltung zum Thema LMB. Zur Abrundung der Thematik stellen SIMMERT/TAUBERT auf der Grundlage der eigenen Arbeitsanalysen bestehende und anpassbare didaktische Medien zur Lasermaterialbearbeitung vor. Dementsprechend sind die Medien nach den arbeitsprozessbezogenen



Tätigkeitsfeldern von Laserfachkräften gegliedert.

In dem Praxisbeitrag thematisieren BIBER/KÄSSLER ihre Überlegungen zur Integration des Laserschneidens in den Berufsschulunterricht, und zwar am Beispiel des Ausbildungsberufes Konstruktionsmechaniker/-in. Grundlage ihrer curricular-didaktischen Überlegungen und der in der Praxis mit Studierenden und Auszubilden-

den realisierten Unterrichtsgestaltung in zwei Lerneinheiten ist die Analyse von konkreten Arbeitshandlungen an Laseranlagen.

Im Forum dieses Heftes wird die Qualitätsdebatte beruflicher Bildung auf der Basis der „Hamburger Erklärung“ einer Gruppe von Berufsbildungsexperten mit Widerrede dreier Hochschullehrer, dargelegt in einem offenen Brief, kritisch thematisiert. Die Beiträge ver-

mitteln einen umfassenden Eindruck von der aktuell geführten Debatte über die Ziele, Bereiche und Aufgaben von Qualitätsmanagement und -sicherung in der Berufsbildung.

### Anmerkung

- 1 Pressemitteilung Informationsdienst Wissenschaft, <http://idw-online.de/pages/de/news48722>, Stand:05.06.2002.

Reiner Schlausch

## Lasersysteme zur Materialbearbeitung Herausforderungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung

### Technische und wirtschaftliche Bedeutung

Die Anwendung der Lasertechnik hat sich in den letzten drei Jahrzehnten äußerst dynamisch entwickelt. Ein wesentlicher Grund für die starke Verbreitung dieser Technologie ist in dem breiten Anwendungsspektrum zu sehen. Laser werden beispielsweise in der Fertigungstechnik, Telekommunikation, Unterhaltungs- und Mikroelektronik sowie zunehmend auch in der Medizintechnik eingesetzt. Im Jahr 2006 wurden weltweit Lasersysteme im Wert von 44,7 Mrd. EUR ver-

kauft. Fast die Hälfte des Umsatzes wurde für Laserapplikationen im Bereich der Unterhaltungs- und Mikroelektronik getätigt (21 Mrd. EUR). Der zweitgrößte Anwendungssektor war die Telekommunikation mit 9,5 Mrd. EUR (ca. 20 %) gefolgt von der Materialbearbeitung mit 5,8 Mrd. EUR (ca. 13 %) (OPTTECH CONSULTING 2008). Die Entwicklung des weltweiten Umsatzes von Lasersystemen zur Materialbearbeitung in den letzten ca. 20 Jahren ist in *Abb. 1* dargestellt. Für die Zukunft werden in diesem Sektor jährliche Wachstumssteigerungen von etwa zehn Prozent erwartet.

Die Lasersysteme zur Materialbearbeitung umfassen Maschinen und Anlagen, die das Licht eines Lasers als Werkzeug nutzen, um Materialien zu bearbeiten. Die herausragenden Eigenschaften des Laserlichts sind seine hohe räumliche und zeitliche Kohärenz. Die räumliche Kohärenz bedeutet, dass der Strahl stark gebündelt und gerichtet ist und sich daher gut auf kleinsten Raum fokussieren lässt. Gleichzeitig aber kann auch eine enorme Energie in einem kleinen Raumbereich konzentriert werden, was bei der Materialbearbeitung ausgenutzt wird. Die zeitliche Kohärenz bedeutet, dass das Licht des Lasers extrem monochromatisch, einfarbig, ist: die gesamte Leistung des Laserstrahls ist bei einer einzigen Farbe konzentriert (vgl. hierzu z. B. RICHTER 1997)

Die derzeit wichtigsten Laserbearbeitungsverfahren sind Laserschneiden, Laserschweißen und Laserbeschriften. Weiterhin sind generative Verfahren zu nennen, mit denen Objekte dreidimensional aufgebaut werden können (z. B. für Rapid Prototyping). Beim Laserschneiden werden Bauteile aus Stahl und Aluminium, Kunststoffen oder auch organischen Werkstoffen wie Holz und Papier mit hoher Geschwindigkeit, Genauigkeit und Flexibilität hergestellt. Weitere Vorteile bei dieser Anwendung des Lasers sind die Verschleißfreiheit des Werkzeuges und die hohe Oberflächenqualität der

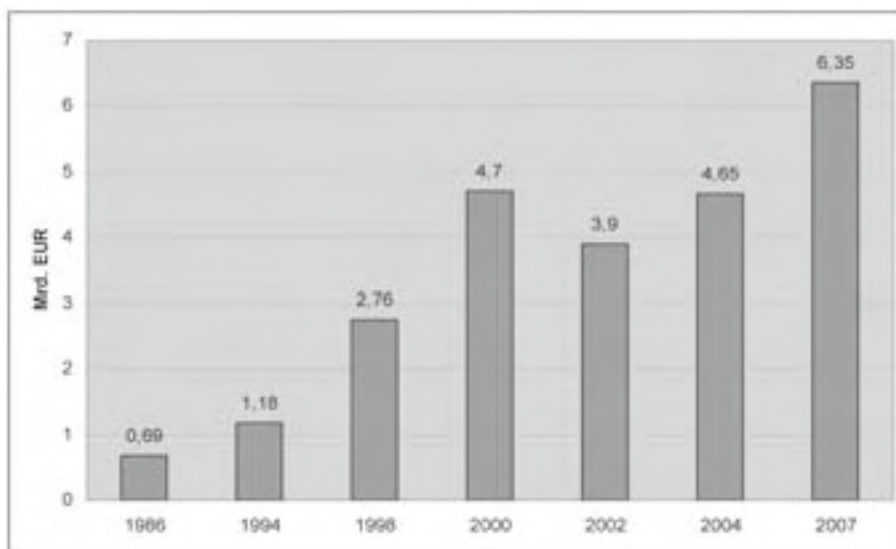


Abb. 1: Entwicklung des Weltmarktes für Lasersysteme zur Materialbearbeitung (Quelle: OPTTECH CONSULTING 2008)

Schnittkanten, die i. d. R. keine Nacharbeit erfordern. Lasergeschnitten werden beispielsweise diverse Blechteile an Kraftfahrzeugen. Beim Schweißen mit Laserstrahlen können Stähle, Nichteisenmetalle und Kunststoffe mit hoher Festigkeit und geringem Wärmeeinfluss verbunden werden, wodurch der Verzug deutlich reduziert wird. In der Karosseriefertigung der Automobilindustrie hat sich das Laserschweißen seit etwa zehn Jahren sukzessive etabliert. Heute werden im Karosseriebau die lasergestützten Verbindungstechniken Schweißen und Löten im großen Umfang eingesetzt. So wurde der Golf V von Volkswagen mit rund 50 Metern Laserschweißnaht gefertigt. Eine weitere stark verbreitete Anwendung des Lasers ist das Beschriften oder Markieren von Bauteilen aus Werkstoffen wie Stahl, Aluminium, Kunststoff, Keramik, Glas etc. Derartige von einem Laserstrahl erzeugte Kennzeichnungen sind wasser- und wischfest und sehr dauerhaft. Laserbeschriftet werden u. a. Fahrzeugtachometer oder Tastaturen von Mobiltelefonen. Die hohe Geschwindigkeit, die Berührungsfreiheit und die flexible Programmierbarkeit haben zu einer Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen geführt. So ist u. a. auch das Aufbringen von sehr kleinen maschinenlesbaren Kennzeichnungen (z. B. 2D-Codes) möglich.

Vorteile der Laserverfahren für die Anwender sind die Möglichkeiten der Automatisierung, Flexibilisierung, Qualitätssteigerung sowie Miniaturisierung. Für die deutsche Werkzeugmaschinenindustrie sind die Lasermaschinen zu einem wichtigen Umsatzträger gewor-

den. Mit einem Umsatzvolumen von 1,2 Mrd. EUR tragen sie inzwischen wesentlich zum deutschen Werkzeugmaschinenumsatz bei (Gesamt: 10,4 Mrd. EUR im Jahr 2005). Der Weltmarktanteil deutscher Unternehmen bei den Lasersystemen zur Materialbearbeitung beträgt etwa 20 %, bei den Laserquellen zur Materialbearbeitung ca. 40 % (BMBF 2007, S. 19 f.).

### Qualifikationsanforderungen bei der Anwendung der Lasertechnik

Die erfolgreiche Anwendung von Laserbearbeitungsanlagen in der industriellen Fertigung hängt sehr stark vom Know-how der Fachkräfte aus Entwicklung, Konstruktion und Produktion ab. Lasersysteme zur Materialbearbeitung haben in der ersten Phase der Einführung vielfach konventionelle Trenn- und thermische Fügeverfahren ersetzt, wie beispielsweise das Stanzen, autogenes Brennschneiden, MIG- und MAG-Schweißen, ohne das hierzu umfassende konstruktive Veränderungen an den Bauteilen erforderlich wurden. Die Anwendung der Lasertechnik hat damit zunächst in erster Linie veränderte Qualifikationsanforderungen im Produktionsbereich zur Folge gehabt. Seit geraumer Zeit spielt bei der Entwicklung und Konstruktion von Einzelteilen und Baugruppen neben den traditionellen Fertigungsverfahren wie Fräsen, Drehen oder Bohren zunehmend der Laser bereits bei der Bauteilgestaltung eine Rolle. In vielen Fällen kann die geforderte Funktionalität eines Bauteils auch durch die Verwendung von Blechen, Rohren und Profilen und den

Einsatz des Lasers realisiert werden. Derart hergestellte Bauteile weisen vielfach ein deutlich geringeres Gewicht auf und sind z. T. auch kostengünstiger herstellbar (s. Beispiel in Abb. 2).

Die Skizze zeigt zwei Halter für Sensoren an einer Produktionsanlage mit diversen Freifräsungen, Bohrungen und Gewinden, die vorher als Frästeile „aus dem Vollen“ hergestellt wurden. Das Blechteil – hergestellt u. a. durch Laserschneiden und – bohren sowie Biegen – integriert die Funktionalität von zwei gefrästen Haltern.

Das Beispiel verdeutlicht, dass zukünftig die Anwendung von Lasern zu mindestens teilweise auch das Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide ersetzt wird. Für eine lasergerechte Konstruktion bedarf es jedoch der Kenntnis der einzelnen Verfahren und der laserbasierten Werkzeuge sowie eines grundsätzlichen Umdenkens in der Konstruktion. Nur dann können die Vorteile der Laserbearbeitung optimal genutzt werden. Vor diesem Hintergrund gibt es für (zukünftige) Konstrukteure/-innen, Technische Produktdesigner/-innen etc. neue Anforderungen im Kontext der Laseranwendung.

In der Anwendung auf der Werkstattebene sind es im Wesentlichen die Programmierung, Bedienung und die Instandhaltung der Lasersysteme zur Materialbearbeitung. Je nach Arbeitsorganisation in den Anwenderunternehmen können diese drei Bereiche zum Aufgabengebiet der Facharbeiter an den Lasermaschinen gehören oder aber auch arbeitsteilig von unterschiedlichen Mitarbeitern in verschiedenen Abteilungen wahrgenommen werden (z. B. AV-Programmierung und zentrale Instandhaltung). Neben der Betriebsgröße und der Losgrößen der zu fertigenden Bauteile entscheidet die im Unternehmen grundsätzlich etablierte Betriebs- und Arbeitsorganisation über das Aufgaben- und damit Anforderungsprofil der Facharbeiter. Bei einer prozessorientierten Organisation ist von einer Aufgabenintegration und Dezentralisierung und damit zu einer horizontalen und vertikalen Diffusion von Aufgaben auf die Produktionsfacharbeiter an den Lasermaschinen auszugehen. Die Wahrnehmung dieser Aufgaben erfordert entsprechende Kompetenzen, die bei stark arbeitsteiliger Struktur in benachbar-

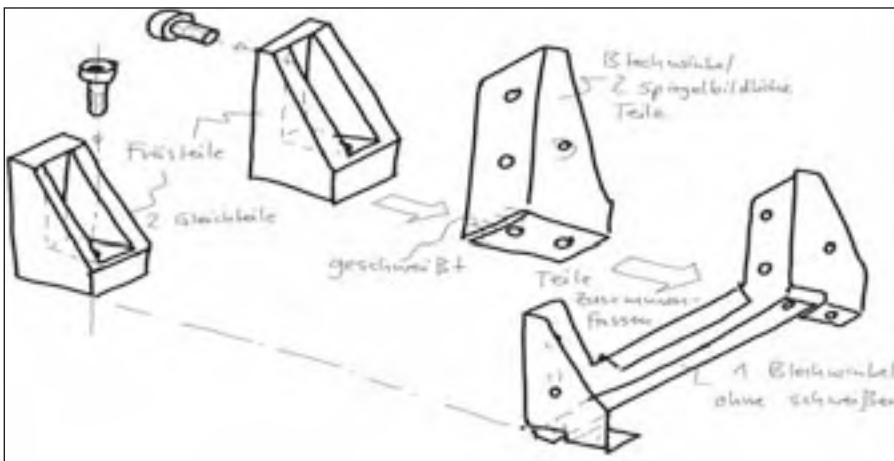


Abb. 2: Halter für zwei Sensoren als zwei Frästeile oder ein Blechteil (Quelle: TRUMPF, Ditzingen 2009)

ten Berufen (horizontale Diffusion) und in der betrieblichen Hierarchie höher stehenden Berufen (vertikale Diffusion) existieren (vgl. hierzu den Beitrag von TAUBERT in diesem Heft).

### **Angebote der beruflichen Aus- und Weiterbildung**

Für die unterschiedlichen Zielgruppen im Kontext der Anwendung von Laseranlagen bieten Hersteller, Fachhochschulen und Universitäten, berufliche Schulen, Bildungseinrichtungen der Wirtschaft sowie unterschiedliche Institutionen Aus- und Weiterbildungsangebote respektive Studiengänge bzw. -module an. Im Folgenden sollen exemplarisch einige dieser Angebote skizziert werden:

#### **Studienangebote**

An den meisten Universitäten und Fachhochschulen werden im Rahmen eines ingenieurwissenschaftlichen Studiums, etwa in den Fachrichtungen Maschinenbau, Mechatronik oder Technische Physik, Kenntnisse der Lasertechnik vermittelt. An einigen Studienstandorten kann Lasertechnik auch als Studienschwerpunkt oder sogar als Studiengang (z. B. „Laser- und Optotechnologien“) gewählt werden. Ferner bieten einige Hochschulen die Möglichkeit, das Studium im Bereich der Lasertechnik als weiterbildenden Fernstudiengang berufsbegleitend zu absolvieren.

#### **Herstellerschulungen**

Die Hersteller von Lasermaschinen bieten bezogen auf ihre Anlagen und CNC-Programmiersysteme eine Vielzahl von Kursen zur Programmierung, Bedienung, Wartung etc. an. Die oben skizzierte mögliche Arbeitsteilung bei der Anwendung von Laseranlagen spiegelt sich in den Angeboten der Herstellerschulungen wider. Für den jeweiligen Personenkreis (z. B. Programmierer) werden spezielle Fortbildungen angeboten, die auf den kompetenten Umgang mit dem jeweiligen System im Anwenderbetrieb vorbereiten. Nach einer Phase der Einarbeitung im Betrieb kann das Know-how ggf. durch weitere Kurse vertieft werden. Im Vordergrund steht bei diesen Angeboten der Erwerb von überwiegend herstellerspezifischen Kenntnissen

und Fertigkeiten (vgl. hierzu den Beitrag von UWE HETZER in diesem Heft).

#### **Fortbildung zur Laserstrahlfachkraft**

Die Fortbildung zur Laserstrahlfachkraft vermittelt ein fundiertes Prozessverständnis für die Materialbearbeitung mit dem Laser. Sie richtet sich an Facharbeiter, Meister und Techniker, die für Bedienung und Einsatzbereitschaft komplexer Laseranlagen verantwortlich sind oder künftig in diesem Bereich tätig werden. Fertigungsleiter können umfassende Kenntnisse zum Einsatz der Lasertechnologie in der Materialbearbeitung erlangen. Voraussetzung ist eine abgeschlossene Berufsausbildung oder ein Studium im Metall- oder Elektrobereich. Die Fortbildung zur Laserstrahlfachkraft gliedert sich in einen Grundlagenteil und einen Fachteil in den Fachrichtungen Schneidtechnik, Schweißtechnik und Oberflächentechnik. Die Fortbildung schließt mit einer Prüfung ab. Mit erfolgreicher Teilnahme wird die Qualifikation „Laserstrahlfachkraft“ erlangt sowie die Sachkunde als Laserschutzbeauftragter für technische Anwendungen. Für den Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 ist nach § 6 der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2) ein sachkundiger Laserschutzbeauftragter zu benennen und schriftlich zu bestellen (<http://www.lzh-laserakademie.de>).

#### **Berufsfachschule Lasertechnik**

Die Berufsfachschule Lasertechnik wird seit 2000 im Bundesland Niedersachsen in Kooperation der Berufsbildenden Schule II in Aurich mit der Fachhochschule Ostfriesland in Emden im Rahmen eines Schul- und Modellversuches etabliert. Die zweijährige Berufsfachschule führt zu einem beruflichen Abschluss mit der Berufsbezeichnung „Staatlich geprüfte Lasertechnische Assistentin/Staatlich geprüfter Lasertechnischer Assistent“. Gegenwärtig existiert diese Berufsfachschule bundesweit lediglich in Nordwestdeutschland am Standort Aurich. Die Ausbildung ist so organisiert, dass das notwendige theoretische und ein breit angelegtes praktisches Fachwissen vermittelt werden. Durch eine Zusatzprüfung erwerben die Absolventen die Bescheinigung

des „Laserschutzbeauftragten“. Integraler Bestandteil der Ausbildung ist ein sechswöchiges Praktikum in Betrieben der Lasertechnik. Die Praktikumsplätze stellen sowohl Hersteller als auch Anwender der Lasertechnik deutschlandweit zur Verfügung. In die zweijährige Berufsfachschule Lasertechnik kann aufgenommen werden, wer den Sekundarabschluss I – Realschulabschluss – oder einen anderen gleichwertigen Bildungsstand nachweist (<http://web23.web.landkreisaurich.de/>).

#### **Berufsschule**

Inwieweit die Lasermaterialbearbeitung bereits Gegenstand des Berufsschulunterrichts für metalltechnische Berufe ist, kann gegenwärtig nicht gesagt werden. Lediglich für das Bundesland Thüringen liegt hierzu eine empirische Untersuchung hinsichtlich des Laserstrahlschneidens vor, die zu dem Ergebnis kommt, dass dieses Verfahren nicht oder nur sehr eingeschränkt thematisiert wird (TAUBERT 2008). Im Rahmen des Berufsschulunterrichts – insbesondere in Ausbildungsberufen wie Metallbauer/-in und Konstruktionsmechaniker/-in – kann die Lasermaterialbearbeitung im Rahmen der existierenden Rahmenlehrpläne durchaus thematisiert werden. Die offene Gestaltung der Lehrpläne ermöglicht die Integration der zurzeit wichtigsten Laserverfahren wie Schneiden, Schweißen und Beschriften in den Unterricht. Für eine stärkere Berücksichtigung des Themas bedarf es u. a. entsprechender Unterrichtskonzepte, Medien und Fortbildungen für die Lehrkräfte.

Im Rahmen des Studiums für das Lehramt an beruflichen Schulen wird an einigen Universitätsstandorten versucht, die zukünftigen Lehrkräfte in Kooperation mit Berufsschulen und Instituten auf die Konzeption und Umsetzung von entsprechenden Unterrichtseinheiten vorzubereiten. Auf diesem Weg wird ein je spezifischer Kompetenzerwerb zur Lasermaterialbearbeitung sowohl für Berufsschüler als auch für zukünftige Berufsschullehrkräfte ermöglicht (vgl. hierzu die Beiträge von VOLLMER/PETERSEN/EMMELMANN und BIBER/KÄSSLER in diesem Heft).



## Gestaltungsoptionen für Arbeit, Technik und Berufsbildung

Lasersysteme zur Materialbearbeitung haben sich zwischenzeitlich zu einem Standard in Metall verarbeitenden Betrieben entwickelt. Insbesondere das Schneiden, Schweißen und Beschriften mit dem Laserstrahl wird vielfach praktiziert. Facharbeiter aus Metallberufen arbeiten zunehmend an Laserbearbeitungsanlagen und benötigen hierfür entsprechendes Know-how. Je nach Arbeitsorganisation existieren – ähnlich wie z. B. bei CNC-Dreh- und Fräsmaschinen – unterschiedliche Anforderungsprofile. Das Programmieren, Einrichten, Bedienen und Instandhalten der Laseranlagen als auch die Auftragsplanung und Qualitätssicherung kann sowohl im Aufgabenbereich eines Facharbeiters liegen, durchaus aber auch arbeitsteilig von verschiedenen Mitarbeitern aus unterschiedlichen Berufen und betrieblichen Hierarchiestufen wahrgenommen werden.

Die Lasertechnik sowie ihre Anwendung in unterschiedlichen Verfahren

ist Gegenstand unterschiedlicher beruflicher Bildungsgänge. Insbesondere im Studium der Ingenieurwissenschaften und im Bereich der Fortbildung existieren zahlreiche Angebote. Im Rahmen der Erstausbildung für die industriellen und handwerklichen Metallberufe scheint die Thematik gegenwärtig noch keine große Bedeutung zu haben. Vor dem Hintergrund der weiter steigenden Bedeutung der Lasermaterialbearbeitung sind geeignete Unterrichtskonzepte für entsprechende Lernfelder ausgewählter Berufe sowie adäquate Medien zu entwickeln. Mit bereits im Rahmen der Erstausbildung mit der Lasermaterialbearbeitung vertraut gemachten Facharbeitern würden Anwender u. U. eine stärkere Aufgabenintegration auf der Werkstattebene und Hersteller von Laseranlagen eine veränderte Mensch-Maschine-Schnittstelle realisieren, die die Aufgabenintegration maschinenseitig unterstützt. Insgesamt könnten hierdurch vermehrt anspruchsvolle und lernförderliche Arbeitsplätze an Laseranlagen im Produktionsbereich entstehen. Inwieweit der neue Beruf

„Produktionstechnologe/-in“ im Zusammenhang mit der Anwendung von Lasersystemen zur Materialbearbeitung eine Rolle spielen wird, müssen zukünftige Untersuchungen zeigen.

## Literatur

BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF) (Hrsg.) (2007): Optische Technologien – Wirtschaftliche Bedeutung in Deutschland. Bonn/Berlin.

RICHTER, H. (1997): LASER – Das besondere Licht für die Materialbearbeitung. VDI-Technologiezentrum. Düsseldorf.

TAUBERT, M. (2008): Laserstrahlschneiden – Ein neues Thema für den Berufsschulunterricht. In: lernen & lehren, 23. Jg., Heft 91, S. 118–123.

<http://www.optech-consulting.com/lasertechnologymarkets.html> (15.01.2009)

<http://www.lzh-laser-akademie.de> (15.01.2009).

<http://web23.web.landkreis-aurich.de> (18.02.2009).

Marko Taubert

# Kompetenzanforderungen an Mitarbeiter bei der Anwendung von Laserbearbeitungsanlagen

## Ergebnisse einer empirischen Untersuchung

### Einleitung

Die Lasermaterialbearbeitung gilt als eine wichtige Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts mit auch zukünftig noch großem Entwicklungspotenzial. Der Laserstrahl hat sich als Werkzeug zur Werkstoffbearbeitung in zahlreichen Fertigungsbereichen etabliert. Zukunftsorientierte Arbeitsplätze werden gesichert und neue geschaffen. An die Kompetenzen der Mitarbeiter ergeben sich veränderte oder neue Anforderungen. Damit ist die Laserbearbeitung auch eine aktu-

elle und zukünftige Herausforderung für die berufliche Aus- und Weiterbildung, denn etwa zwei Drittel der Arbeitsplätze in der Laserbearbeitung entfallen auf Facharbeiter, Meister und Techniker (vgl. PHOTONICSBW 2005, S. 2). Kompetente Mitarbeiter sind für eine produktive Bearbeitung, trotz aller Automatisierungsbemühungen, nach wie vor unerlässlich (vgl. LEIBINGER 2005, S. 238). Soll Berufsbildung die für die Laserbearbeitung notwendigen Kompetenzen bei den Mitarbeitern durch geeignete Bildungsangebote ausprägen, sind Erkenntnisse zu

den beruflichen Anforderungen aus Geschäfts- und Arbeitsprozessstudien unentbehrlich. Hierzu möchte der vorliegende Artikel beitragen, indem er aus Anwendersicht die Kompetenzanforderungen darlegt. Die Ausführungen stützen sich auf empirische Untersuchungen zur Laserbearbeitung, mit Schwerpunkt Laserstrahlschneiden, die in zwölf Unternehmen der Region Jena im Freistaat Thüringen, einem überregional bekannten Cluster optischer Technologien, durchgeführt wurden (vgl. TAUBERT 2008, S. 118 f.).



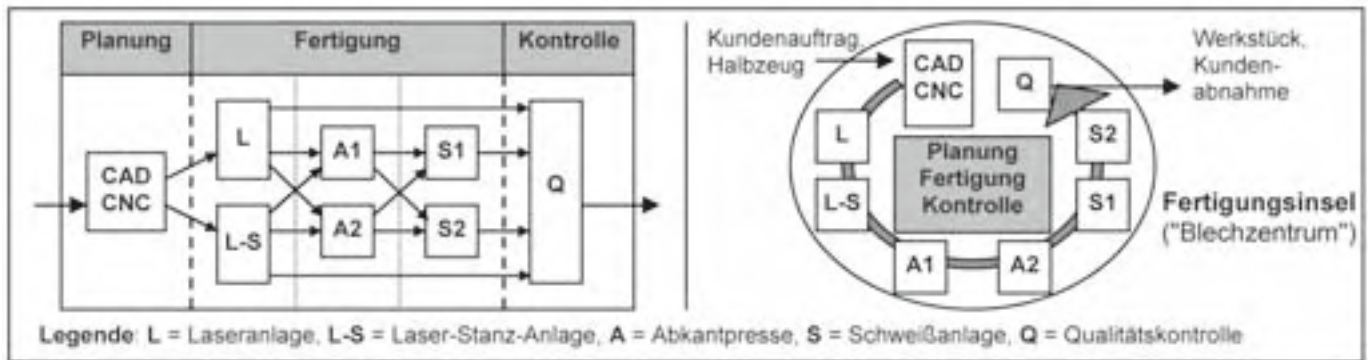


Abb. 1: Werkstattfertigung (links) und Inselfertigung (rechts) zur Lasermaterialbearbeitung

### Bestimmungsfaktoren für die Kompetenzanforderungen an Mitarbeiter

Mit Kompetenzanforderungen sind hier die Anforderungen an die Fähigkeit und Bereitschaft der Mitarbeiter gemeint, bei der Lasermaterialbearbeitung (LMB) fachgerecht, individuell und sozial verantwortlich zu handeln sowie Handlungsmöglichkeiten stetig zu erweitern (vgl. KMK 2000, S. 9). Diese Anforderungen an die berufliche Handlungskompetenz werden durch zahlreiche Bestimmungsfaktoren der Arbeits- und Geschäftsprozesse determiniert.

Zunächst bestimmen die Geschäftsprozesse, die Wertschöpfungsprozesse zur Produkt- bzw. Dienstleistungserstellung vom Kundenauftrag bis zur -abnahme, die Kompetenzanforderungen. Im Hinblick auf die Geschäftsfelder zeigt sich, dass das Hauptgeschäftsfeld aller untersuchten Unternehmen die Lohnfertigung in der Blechbearbeitung mittels Laserstrahl ist. Als Lohnfertiger arbeiten sie mit vom Kunden bereitgestellten Konstruktionsunterlagen und selbst erstellten CNC-Programmen für die Laserbearbeitung. Einige Unternehmen realisieren zugleich die Komplettherstellung eigener Produkte mittels eigener Konstruktionsunterlagen und auch eigener CNC-Programme. Entsprechend variieren die Anforderungen zur Arbeitsplanung. Auch der hohe Geschäftsanteil der Laserbearbeitung an der gesamten Fertigung in den untersuchten Unternehmen (80–100 %) bestimmt die Anforderungen an die Mitarbeiter in hohem Maße.

Zudem determinieren die Arbeitsprozesse, die Arbeitsabläufe zur Erfüllung

der Arbeitsaufträge, die Anforderungen. Im Hinblick auf die Arbeitsorganisation zeigt sich, dass sich die Anlagenführer in größeren, stärker arbeitsteilig strukturierten Unternehmen auf die Anlagenbedienung mittels extern erstellter CNC-Programme beschränken (AV-Programmierung), während sie in kleineren Unternehmen auch die Arbeitsplanung für die Laserbearbeitung realisieren, wie etwa CAD-Zeichnen und CNC-Programmieren (Werkstattprogrammierung), weshalb diese Kompetenzen gefragt sind. Dabei wandelt sich die Arbeitsumgebung zunehmend vom Organisationsmuster der Werkstattfertigung hin zur Inselfertigung, etwa indem in einem „Blechzentrum“ Anlagen der Prozesskette Blech zusammengefasst werden (Abb. 1).

Die Funktions- und Aufgabenintegration bewirkt eine Abnahme der personellen und räumlichen Trennung von Planungs-, Fertigungs- und Kontrolltätigkeiten hin zu ganzheitlichen Tätigkeiten (vgl. SCHLAUSCH 1997, S. 82 f.). Anlagenführern obliegt, ausgehend vom Kundenauftrag, die mehr oder weniger selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung des Laserbearbeitungsauftrages entlang der gesamten Prozesskette. Dadurch wandelt sich auch die Einbindung der jeweiligen Arbeitspersonen in die Prozesskette (z. B. Programmierer, Servicemitarbeiter). Hinsichtlich der Arbeitszeit sind Anlagenführer (fast) ausschließlich in der Laserbearbeitung tätig (Anteil 80 bis 100 %). Bezüglich der Arbeitstätigkeiten der Anlagenführer an den Laseranlagen kristallisieren sich, exemplarisch für das Laserstrahlschneiden, typische Tätigkeiten heraus (Abb. 2). Dabei erfordern gerade sekundäre Tätigkeiten solide Kompe-

tenzen, sind sie doch entscheidende Voraussetzung der produktiven und sicheren Laserbearbeitung (vgl. TAUBERT 2008, S. 119 f.).

Seitens der Arbeitstechnologien konnte als derzeit wichtigstes und weitgehend ausgereiftes Laserbearbeitungsverfahren das Laserstrahlschneiden identifiziert werden, weit vor anderen Laserverfahren. Hinsichtlich der Arbeitstechniken ist die 2D-Laserstrahlschneidanlage das Hauptarbeitsmittel. Die Kompetenzanforderungen sind deshalb besonders durch das Laserschneiden an Laserschneidanlagen bestimmt. Da die untersuchten 39 Lasieranlagen meist bereits Mitte der 1990er-Jahre beschafft wurden, verfügt keine über eine Vollautomatisierung, wie sie aus Herstellersicht heute technisch möglich wäre. Vielmehr besitzen die Anlagen eine Basisautomatisierung, die weiterhin den Einsatz des kompetenten Maschinenführers erfordert. Auch die Arbeitsprodukte, mit ihren vielfältigen Werkstoffen, Designs/Varianten, Losgrößen (Einzel- bis Massenfertigung; Einfluss auf Wiederholhäufigkeit eines Produktes) und Qualitäten (Genauigkeiten bis 0,01 mm), bestimmen die Anforderungen an die Kompetenz der Mitarbeiter.

### Dimensionen und Elemente der Kompetenzanforderungen aus Anwendersicht

#### Kompetenzen und Kompetenzanforderungen im Überblick

Aus Sicht der Anwenderunternehmen erfordert die Tätigkeit an Lasieranlagen zahlreiche Kompetenzen, von denen eine Auswahl, strukturiert nach den vier Dimensionen beruflicher Handlungskompetenz, in der Abb. 3 im Überblick benannt wird.

Tätigkeiten der Anlagenführer an 2D-Laserstrahlschneidanlagen		Tendenzieller Zeitanteil [%]
Primäre Tätigkeiten (Haupt-/Kern- tätigkeiten)	- Bestücken einer Palette mit Blechtafel sowie Einfahren der Palette in die Anlage mittels Handhabungs- und Spanntechnik	20 %
	- Starten (Programm-Start), Überwachen, ggf. Optimieren und Beenden (Programm-Stop) der Laserbearbeitung (P-Start bis P-Stop)	20 %
	- Entnahme der Palette aus der Anlage sowie Entnahme der Blechzuschnitte mittels Handhabungs- und Spanntechnik	20 %
	- Qualitätskontrolle der Blechzuschnitte, ggf. Programmmodifikation	10 %
Sekundäre Tätigkeiten (Neben-/Nach- tätigkeiten)	- Arbeitsplanung auf Basis von Kunden-/Arbeitsauftrag und -unterlagen	2 %
	- Anfertigen von CAD-Zeichnungen sowie Schachteln (PC-Platz)	4 %
	- Anfertigen und Simulieren des CNC-Programms (PC-Platz)	4 %
	- Inbetriebnahme und Einrichten der Laserschneidanlage	5 %
	- Einlesen des CNC-Programms, ggf. Simulation und Probeschnitt	2 %
	- Programmänderungen zur Qualitätssicherung (soweit notwendig)	5 %
	- Wartungsarbeiten (nach Wartungsplan bzw. soweit notwendig)	5 %
	- Instandsetzungsarbeiten (soweit notwendig)	1 %
	- Außerbetriebnahme der Laserschneidanlage	2 %

Abb. 2: Typische Tätigkeiten der Anlagenführer an 2D-Laserstrahlschneidanlagen mit Zeitanteil

Wenn Fachkompetenz als Fähigkeit und Bereitschaft verstanden wird, Kenntnisse, Fertigkeiten und Erfahrungen zur Laserbearbeitung fachgerecht, selbstständig, kooperativ und methodengeleitet zur Bewältigung von Laserbearbeitungsaufgaben einzusetzen sowie die Ergebnisse zu beurteilen, sind die drei überfachlichen Anforderungen (Dimensionen 2 bis 4) integrativer Bestandteil der Fachkompetenz. Beispielsweise erfordert die kompetente Tätigkeit des Anlagenbedieners die kooperative und konstruktive Zusammenarbeit mit Kunden und anderen Anlagenbedienern. Anlagenführer realisieren Tätigkeiten zur Planung, Durchführung und Auswertung des Laserbearbeitungsauftrages. Nachfolgend sollen die Anforderungen an die berufliche Handlungskompetenz, strukturiert nach den Tätigkeiten der Anlagenführer, näher beschrieben werden, wobei übergreifende Kompetenzanforderungen für alle Tätigkeitsbereiche (ÜKA) und Anforderungen für einzelne Tätigkeitsbereiche (KA) unterschieden werden (Abb. 4).

### Übergreifende Kompetenzanforderungen bezogen auf alle Tätigkeitsbereiche

#### ÜKA 1 – Technologien und Techniken der Lasermaterialbearbeitung

Alle Anlagenführer benötigen für eine effiziente und zuverlässige Laserbearbeitung solide Kenntnisse, Fertigkeiten und Erfahrungen zu den LMB-Technologien und zur zugehörigen LMB-Technik. Sie müssen mit den Verfahrensvarianten und Anwendungsbedingungen der LMB-Techno-

logien vertraut sein. Auch sollten sie über konkurrierende Verfahren informiert sein, so etwa beim Laserstrahl-schneiden über das Stanzen, Brenn-, Elektronenstrahl-, Plasmastrahl- und Wasserstrahlschneiden. Damit sie ihre Laserbearbeitungsanlage störungsfrei beherrschen und auch gezielt vor Beschädigung durch Kollision oder Überhitzung schützen können, müssen sie deren Aufbau, Funktionsweise und Einsatzverhalten kennen und beachten (Abb. 5).

In diesem Zusammenhang sollten Anlagenführer mit den Baugruppen der Laseranlage vertraut sein (z. B. Strahlquelle Laser, Strahlführung, Strahlformer Schneidkopf ; Handhabungs-, Versorgungs-, Entsorgungs-, Diagnose-, Schutzeinrichtungen). Auch das Anlagenkonzept ihrer LMB-Anlage müssen sie kennen und, etwa bei der Werkstückspannung, berücksichtigen. Unterschieden werden nach den Bewegungsachsen 2D-, 3D-Laseranlagen und Roboter sowie nach dem Bewegungskonzept Anlagen mit be-

wegtem Werkstück und feststehendem Laserkopf oder umgekehrt. Auch der vorhandene Automatisierungsgrad der LMB-Anlage ist zu beachten.

#### ÜKA 2 – Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzmaßnahmen

Die Laserbearbeitung stellt hohe Anforderungen an die Arbeitssicherheit. Alle Anlagenbediener müssen um die Eigenschaften des Laserstrahles (z. B. hohe Energiedichte, Unsichtbarkeit) und damit um sein enormes Gefährdungspotenzial für die Augen und die Haut sowie für die Anlage und die Umwelt wissen. Zugleich ist es erforderlich, die Gefahren der Prozessgase und -dämpfe zu bedenken, etwa beim Bearbeiten nickelhaltiger Stähle. Wichtige Kompetenzanforderung ist daher die Kenntnis und zuverlässige Anwendung der Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzmaßnahmen gemäß der BG-Sicherheitsvorschriften. Einerseits sind anlagentechnische Schutzmaßnahmen aktiv zu nutzen, etwa die Anlagenumhausung zum Schutz vor gefährlicher Laserstrahlung, die Kühlung zum Schutz vor Überhitzung der Anlage, die Absaug-/Filtereinrichtungen zum Schutz vor giftigen Dämpfen/Gasen oder das Not-Aus-System der Anlage zur Behebung von Störungen. Andererseits sind personenbezogene Schutzmaßnahmen zwingend anzuwenden (z. B. Laserschutzbrille/-justierbrille nach DIN EN 207/208). Der „Automatikbetrieb“ kann i. d. R. nur bei geschlossener Schutzkabine gestartet werden. Der „Handbetrieb“, etwa zum Einrichten oder zu Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten, kann hingegen auch bei abgeschalteten Sicherheitseinrichtungen erfolgen, weshalb zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen erforderlich sind.

Fachkompetenz (Dimension 1)	Personalkompetenz (Dimension 2)	Sozialkompetenz (Dimension 3)	Methodenkompetenz (Dimension 4)
<b>Kenntnisse/Wissen</b> - Grundlagenwissen Metall z. B. Werkstoffe, Prüfmittel - Technologie-/Prozesswissen z. B. Laserstrahlschneiden - Technikwissen z. B. Aufbau der LMB-Anlage - Erfahrungswissen z. B. Werkstoffverhalten <b>Fähigkeiten/Fertigkeiten</b> z. B. Räuml. Vorstellungsvermögen, CAD, CNC-Programmieren, Bedienung der Laseranlage, Wartung und Instandsetzung	- Selbstständigkeit - Selbstverantwortung - Zuverlässigkeit - Belastbarkeit z. B. bei Schichtbetrieb - Ausdauer z. B. bei Störungsbehebung - Sorgfalt/Genauigkeit z. B. bei Qualitätsprüfung - Flexibilität - Kreativität - Lernfähigkeit	- Teamfähigkeit - Kooperation/ Zusammenarbeit z. B. Abstimmung mit Anlagenführern - Kommunikation z. B. Kundengespräche	- Planungsmethoden z. B. Schachtelmethode beim Laserschneiden - Durchführungsmethoden z. B. Einsiedmethoden beim Laserschneiden - Auswertungs- und Bewertungsmethoden z. B. Qualitätsprüfmethoden beim Laserschneiden (Schnittkarten/-flächen, Anlasstafeln usw.)

Abb. 3: Dimensionen der Kompetenzanforderungen an LMB-Mitarbeiter aus Anwendersicht



Übergreifende Kompetenzanforderungen			
UKA 1	KA zu Technologien und Techniken der Lasermaterialbearbeitung		
UKA 2	KA zu Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzmaßnahmen		
<b>KA 1</b>			<b>KA 6</b>
KA bezüglich der Mitwirkung bei der Auftragsanbahnung und beim Auftragsabschluss			KA zur Wartung und Instandsetzung von Laserbearbeitungsanlagen
<b>KA 2</b>	<b>KA 3</b>	<b>KA 4</b>	<b>KA 5</b>
KA zur Arbeitsplanung für die Lasermaterialbearbeitung (CAD, Schacheln, CNC)	KA zum Inbetriebnehmen, Einrichten und Außerbetriebnehmen der Laserbearbeitungsanlage	KA zum Bestücken und Entstücken der Laseranlage mittels Handhabungs- und Spanntechnik	KA zum Starten, Überwachen, Optimieren und Beenden des Laserbearbeitungsprozesses sowie zur Qualitätssicherung

Abb. 4: Elemente der Kompetenzanforderungen (KA) orientiert an Arbeitstätigkeiten

## Kompetenzanforderungen bezogen auf einzelne Tätigkeitsbereiche

### KA 1 – Mitwirkung bei der Auftragsanbahnung und beim Auftragsabschluss

Einigen Anlagenführern obliegt, bedingt durch die funktionsintegrative Unternehmensstruktur, neben der Auftragsdurchführung auch die Mitwirkung an der Auftragsanbahnung (Kundenauftrag) und am Auftragsabschluss (Kundenabnahme). Vor der Fertigung ist es ihre Aufgabe, die Kundenaufträge zu erfassen und zu analysieren, in Kundengesprächen die technologische und wirtschaftliche Realisierbarkeit eines Kundenwunsches zu erörtern und gegebenenfalls auch Daten am Kundenstandort zu erfassen. Neben fachlicher Sicherheit im Umgang mit diversen Planungsunterlagen ist ein freundlicher und kommunikativer Umgang mit dem Kunden sehr wichtig. Nach der Fertigung führen die Anlagenbediener die Werkstücke der Weiterverarbeitung, dem Lager oder direkt dem Kunden zu (z. B. Vorortmontage beim Kunden).

### KA 2 – Arbeitsplanung für die Lasermaterialbearbeitung

Einige Anlagenführer realisieren, integriert in ihre Arbeitsumfänge, Arbeitsplanungstätigkeiten. Da diese Tätigkeiten über die Produktivität und den Erfolg der Laserbearbeitung entscheiden, benötigen die Anlagenbediener

entsprechende solide Kompetenzen. Auf der Basis zugelieferter Skizzen oder Zeichnungen kommt ihnen, unter Beachtung technologischer und wirtschaftlicher Aspekte, die auftragsbezogene Planung der Arbeitsfolge und des Werkstoffbedarfes zu. Die zuverlässige Erstellung fertigungsgerechter CAD-Zeichnungen erfordert den sicheren Umgang mit CAD-Systemen sowie räumliches Vorstellungsvermögen für die Abwicklung dreidimensionaler Darstellungen. Zudem ist die Fähigkeit zur Berechnung der Blechzuschnitte gefragt. Zugleich ist die sichere Anwendung von Schachtelsoftware notwendig, mit der die Blechtafel durch die geplanten Zuschnitte optimal belegt wird. Da Laseranlagen meist CNC-Maschinen sind, müssen die Bediener auch über Kompetenzen zum CNC-Programmieren verfügen, um mittels Programmiersoftware das CNC-Pro-

gramm für die Laseranlage generieren zu können. Zur Erreichung der jeweils geforderten Bearbeitungsqualität kommen Bediener, auch bei weitgehend automatischer Generierung der CNC-Programme, nicht umhin, für die vielgestaltigen Werkstückkonturen die jeweils optimalen Bearbeitungsstrategien (z. B. Loopings an Ecken) und die geeigneten Technologiedaten (z. B. Laserbetriebsart) vorzugeben sowie danach die CNC-Programme zu optimieren. Dies erfordert Kenntnisse zu Steuerbefehlen für Laseranlagen sowie zu Maschinen-, Prozess- und Werkstoffparametern für die spezifischen Technologietabellen. Maschinenzeiten sind kostbar, weshalb die fehlerfreie Ausführung der Programme bereits am PC mittels Simulationssoftware überprüft wird.

### KA 3 – Inbetriebnehmen, Einrichten und Außerbetriebnehmen der Laseranlage

Allen Anlagenbedienern kommt durch eine sorgfältige Inbetriebnahme, Einrichtung und auch Außerbetriebnahme die Sicherstellung eines störungsfreien Betriebes der Laseranlage zu. Dazu müssen sie alle Voraussetzungen des Anlagenbetriebes kennen und bei der Vorbereitung der Laseranlage für die Bearbeitung beachten. Bei Inbetriebnahme der Anlage (Hochfahren) ist die Inbetriebnahmeschrittfolge zu befolgen. So sind Referenzfahrten („Gymnastikfahrten“) durchzuführen. Anschließend obliegt den Maschinenführern das Einrichten der Anlage für die anstehende Laserbearbeitung mittels Einrichtplan. Hierbei ist die Funktionsbereitschaft aller Anlagensysteme zu prüfen (z. B. Lasereinheit, Gasversorgung, Kühlung, Absaugung). Auch

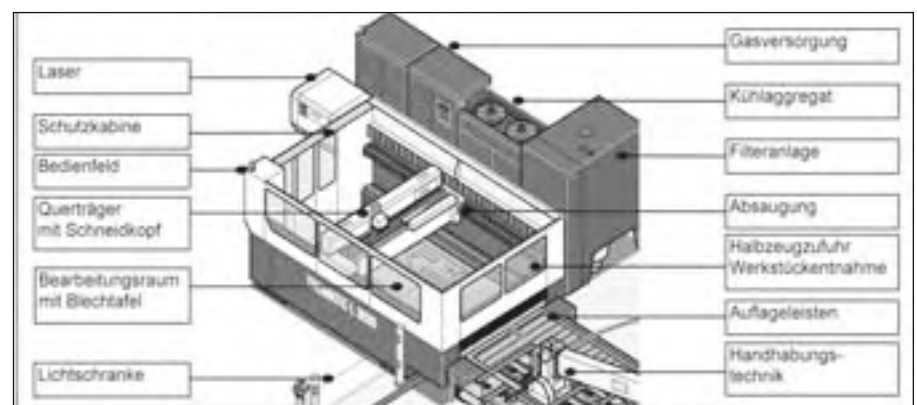


Abb. 5: Typischer Aufbau einer 2D-Laserschneidanlage (Quelle: TRUMPF Ditzingen)

mit der Datenkommunikation müssen Anlagenführer vertraut sein, etwa beim Transfer des CNC-Programmes in die Anlage. Mit ungefährlichen Hilfs Laserstrahlen testen sie den Verfahrensweg für die Kontur laut Programm. Mittels eines Probeschnittes wird das Werkstoffverhalten beim Laserstrahlschneiden getestet. Bei Außerbetriebnahme der Laseranlage (Herunterfahren) ist die Außerbetriebnahmeschrittfolge einzuhalten.

#### **KA 4 – Be- und Entstückten der Anlage mittels Handhabungs- und Spanntechnik**

Allen Maschinenführern obliegt die Werkstückhandhabung. Vor der Laserbearbeitung vollziehen sie das Bestücken der Laseranlage. Da dies nach wie vor manuell oder nur teilautomatisiert erfolgt, ist es erforderlich, dass Anlagenführer mit dem Aufbau, mit der Wirkungsweise und besonders mit der sicheren Anwendung der unterschiedlichen Handhabungstechniken (z. B. Vakuum-Hubgeräte, Palettenwechsler, Gabelstapler) vertraut sind. Zudem ist es nötig, dass sie sich mit Halbzeugen sicher auskennen. Zugleich müssen sie mit Spanntechniken zur Werkstücksicherung, etwa Spannpratzen, und insbesondere mit der sicheren Anwendung dieser vertraut sein. Anhand des Anlagenkonzeptes müssen sie entscheiden, ob ein Spannen des Halbzeuges notwendig ist und wie dies gegebenenfalls sicher erfolgen kann. Die Notwendigkeit des Spannens der Blechtafel ist bei Laseranlagen mit Vorschub im Werkstück gegeben, also bei bewegter Blechtafel und „fester“ Optik (Laserschneidkopf), da durch die Beschleunigungskräfte die Gefahr des Verrutschens der Blechtafel besteht und deshalb eine Schwerkraftspannung nicht ausreichend ist. Eine genaue Ausrichtung der Blechtafel kann meist unterbleiben, da die Steuerung der Laserstrahlschneidanlage die Position von Blech und Schneidkopf zueinander abgleicht. Nach Abschluss der Laserbearbeitung erfolgt durch die Anlagenführer das Entstückten der Laserbearbeitungsanlage. Dazu lösen sie die Blechtafelspannung und entnehmen die Blechzuschnitte, ggf. mittels Handhabungsgeräten.

#### **KA 5 – Starten, Überwachen, Optimieren und Beenden des Laserbearbeitungsprozesses sowie Qualitätssicherung**

Alle Anlagenführer tragen durch Prozessüberwachung und -optimierung die Verantwortung für den erfolgreichen Laserbearbeitungsprozess, d. h. die Erzeugung der gewünschten Kontur. Anlagenbediener starten, überwachen, optimieren und beenden die Laserbearbeitung. Die Prozessüberwachung bedarf viel Erfahrung und Gespür für den Prozess, insbesondere bei verkapseltem Bearbeitungsraum mit visueller und akustischer Überwachung am Bedienpult. Bearbeitungsgeräusche sind ein wichtiger Indikator für den Laserbearbeitungsprozess. Soweit am Blechzuschnitt konstruktiv keine Stege (Microjoints) existieren, welche die Zuschnitte im Restgitter halten, besteht bei der Bearbeitung die Gefahr, dass sich die nur auf Leisten aufliegenden Zuschnitte aufrichten und mit dem Schneidkopf kollidieren. Hier müssen Maschinenführer sofort eingreifen, da es sonst zu schweren Schäden am Laserschneidkopf kommen kann. Zudem bestehen Anforderungen an die Kompetenz zur Qualitätsprüfung. Anhand der Qualitätsparameter im Prüfplan sind die laserbearbeiteten Werkstücke mit Prüfmitteln auf Maß- und Formgenauigkeit sowie Oberflächenqualität zu prüfen (z. B. Schnittflächen/-kanten). Bei Qualitätsmängeln sind qualitätssichernde Maßnahmen zu ergreifen, wie etwa Programm-, Prozess- und/oder Maschinoptimierungen. Die Optimierung erfolgt durch Anpassung der zahlreichen Parameter des Laserbearbeitungsprozesses, wie etwa Laserleistung und Laserbetriebsart. Um optimale Bearbeitungsergebnisse zu erzielen, muss der Anlagenbediener durch seine Erfahrung bestmöglichst auf das jeweilige Werkstoffverhalten bei der Laserbearbeitung reagieren (z. B. Überhitzung, Funkenbildung, Gratbildung).

#### **KA 6 – Wartung und Instandsetzung von Laserbearbeitungsanlagen**

Ein Maschinenstillstand verursacht hohe Kosten und sollte möglichst vermieden oder aber die Störung sehr schnell beseitigt werden. Alle Anlagenführer tragen daher Verantwortung

für die Stabilität des Laserbearbeitungsprozesses. Sie führen an den Anlagen bestimmte Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten durch. Wartungsarbeiten realisieren sie nach Wartungsplänen (z. B. Gas-, Pneumatik-, Schmierplan). Dazu gehört beispielsweise auch die Reinigung der verschleißenden Auflageleisten. Rechtzeitige Instandsetzungsarbeiten (z. B. Justierarbeiten, Düsen-, Schneidkopf-, Auflageleistenwechsel) erfordern von den Anlagenbedienern ein Gespür für Störungen, wie etwa anormale Anlagengeräusche. Sie müssen Störungen frühzeitig erkennen, deren Schwere einschätzen und entscheiden, ob die Störungen selbst in kurzer Zeit behoben werden können oder ob Spezialisten (Servicemitarbeiter) hinzuzuziehen sind. Dabei sind Strategien der Fehlersuche anzuwenden, wobei es gilt, auch Diagnosesysteme der Laserbearbeitungsanlagen zu nutzen. Diese können auf Ort und Ursache des Fehlers sowie auf geeignete Maßnahmen der Störungsbehebung hinweisen.

#### **Zusammenfassung und Ausblick**

Die Lasermaterialbearbeitung hat sich in vielen Bereichen der Fertigungstechnik etabliert. Durch empirische Untersuchungen im Photonikcluster Jena konnten Anforderungen an die Kompetenzen der Mitarbeiter bei der Anwendung von Laserbearbeitungsanlagen identifiziert werden. Dabei variiert das jeweilige Anforderungsprofil der Laserbearbeitungsplätze in Abhängigkeit von den Geschäfts- und Arbeitsprozessen im jeweiligen Unternehmen. Es zeigt sich, dass die Kompetenzanforderungen durch die Integration zusätzlicher Arbeitsaufgaben in die Arbeitsumfänge der Anlagenführer steigen. Routinetätigkeiten (z. B. Be- und Entstückten der LMB-Anlage, Überwachen der Laserbearbeitung) werden um weitere anspruchsvolle Aufgaben ergänzt (z. B. LMB-Arbeitsplanung, LMB-Qualitätssicherung). Aus Sicht der Berufsbildung stellt sich daher die Frage, ob und wie Maschinenführer diesen gestiegenen Anforderungen gerecht werden. Die Unternehmensbefragungen zeigen, dass es in acht der zwölf Betriebe bereits zu Störungen mit teils erheblichen Auswirkungen gekommen ist, z. B. kosten- und zeitintensive Instandset-



zungen mit Produktionsausfall. Die Ursachenforschung zeigt, dass zwar alle Anlagenführer die notwendigen Kompetenzen besitzen, um „ihre“ Laseranlage bedienen zu können. Allerdings zeigen sich Mängel bei grundlegenden Kompetenzen, die für die Produktivität und Sicherheit der Laserbearbeitung ganz entscheidend sind. So mangelt es den Mitarbeitern insbesondere an soliden CAD- und CNC-Kenntnissen. Auch zeigen sich erhebliche Kompetenzdefizite in Bezug auf den Umgang mit den Gefahren des Laserstrahles, etwa wenn Schutzvorrichtungen nicht genutzt oder sogar bewusst außer Betrieb genommen werden. Wird den Kompetenzanforderungen das Kompetenzprofil der Mitarbeiter gegenübergestellt, zeigt sich, dass es Diskrepanzen zwischen den geforderten und den vorhandenen Kompetenzen gibt.

Die Unternehmen sehen als eine Ursache der Kompetenzdefizite eine unzureichende berufliche Qualifizierung zur Laserbearbeitung. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit geeigneter Bil-

dingsangebote durch die berufliche Aus- und Weiterbildung, die auf eine Verbesserung der Kompetenzen der Maschinenführer abzielen. Einerseits bietet sich hierfür die Integration der Thematik Lasermaterialbearbeitung in die bestehenden Berufsbilder an (vgl. TAUBERT 2008, S. 120 f.). Andererseits bietet sich die Schaffung neuer Berufsbilder an, so wie etwa 2008 mit dem Berufsbild „Produktionstechnologe/-in“ geschehen, übrigens unter tatkräftiger Unterstützung eines großen Herstellers von Laserbearbeitungsanlagen aus Baden-Württemberg (vgl. VDMA 2008, S. 1 ff.). Inwieweit die vorliegenden Untersuchungsergebnisse auch für andere Regionen Gültigkeit besitzen, wird derzeit in weiterführenden Untersuchungen betrachtet.

### Literatur

KMK (2000): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. 15.09. 2000, Bonn.

LEIBINGER, B. (2005): Blechfertigung gestern, heute und morgen. Ditzingen.

PHOTONICSBW (2005): Lehrberufe in den Optischen Technologien. Oberkochen.

SCHLAUSCH, R. (1997): Arbeiten und Lernen mit facharbeitergerechten Drehmaschinen. Der Beitrag des Drehmaschinenkonzepts „Konventionell-Plus“ für eine humanzentrierte Produktion und eine ganzheitliche Berufsbildung. Bremen.

TAUBERT, M. (2007): Lasermaterialbearbeitung als Gegenstand der metalltechnischen Erstausbildung – Konzept für die Integration des Laserstrahlschneidens in den Berufsschulunterricht ausgewählter Metallberufe. Unveröffentlichte wissenschaftliche Arbeit zum Ersten Staatsexamen, TU Dresden.

TAUBERT, M. (2008): Laserstrahlschneiden – Ein neues Thema für den Berufsschulunterricht. In: lernen & lehren, 23. Jg. Heft 91, S. 118-123.

VDMA (2008): Aus- und Weiterbildung: Produktionstechnologe/-in. Fachkräfte für die intelligente Produktion. Frankfurt am Main.

*Uwe Hetzer*

## Know-how und Neugier oder: was Mitarbeiter mitbringen sollten, um virtuos mit dem Werkzeug Laser umzugehen

### Einleitung

Die meisten Menschen kennen Laser aus Star Wars oder als Laserpointer. Das gilt selbst für gut ausgebildete Facharbeiter in der Metallindustrie, denn auch wenn der Laser als Werkzeug in den letzten Jahren rasant an Verbreitung gewonnen hat, in der Mehrzahl der Betriebe gibt es keine Lasermaschinen und in den Lehrplänen und Prüfungsordnungen ist der Laser leider immer noch nicht vorgesehen.

Dabei sind die Aufgaben des Lasers in der Fertigung „bei Licht betrachtet“ durchaus profan: Schneide dies,

schweiße das und das immer wieder. Lasermaschinen sind nicht weniger, aber auch nicht mehr als ein Werkzeug in der industriellen Fertigung. Deshalb werden insbesondere Laser zum Schneiden, wie viele andere Maschinen in der modernen industriellen Produktion, sehr häufig von nicht speziell ausgebildeten Mitarbeitern bedient und müssen dabei hervorragende Bearbeitungsergebnisse erzielen. Dies vor Augen stellt sich die Frage: Welche Anforderungen darf der Hersteller eigentlich an das Können der Bediener stellen? Oder ist es nicht vielmehr so, dass der, der eine Laseranlage kauft, erwarten darf, Mitarbeiter sehr schnell

anlernen zu können? Nun, wie so oft gilt beides.

### Die Maschinen, die Menschen und die Unterschiede

Zum einen ist Lasermaschine nicht gleich Lasermaschine. Flachbettmaschinen für das Schneiden mit Laser sind die „ältesten“, geradlinigsten und im Alltag ausgereiftesten Maschinenkonzepte. Hier schneidet der Strahl in einer Arbeitsebene zweidimensionale Formen aus dem Werkstoff. Am anderen Ende der Skala stehen mehrachsige oder sogar von Robotern geführte Schweißlaser, die oft in drei Dimensio-

nen an komplexen Werkstücken arbeiten. Diese Maschinen stellen sehr unterschiedliche Anforderungen an Prozess-, Programmier-, Werkstoff- und Verfahrenskennnisse, an räumliches Vorstellungsvermögen, Erfahrung und Kenntnisse der Maschine selbst. Zum anderen hat die Arbeit mit Lasermaschinen selbst zwei Seiten, zwei sehr klar getrennte Aufgabengebiete mit sehr unterschiedlichen Möglichkeiten auf die Produktivität der Maschine einzuwirken und deshalb mit zwei sehr unterschiedlichen Anforderungsprofilen. Grob gesagt entscheidet das Fachwissen des Programmierers über die potenzielle Produktivität der Maschine. Das Fachwissen des Bedieners dagegen entscheidet darüber, ob die Maschine die vorgesehene Leistung auch „auf die Straße bringt“. Je nach betrieblicher Organisationsstruktur können auch beide Aufgabengebiete, also Programmieren und Bedienen, von einem Mitarbeiter realisiert werden.

### Der Konstrukteur, der Programmierer, ...

Lasermaschinen sind CNC-Maschinen. Ihre Produktivität hängt in hohem Maß von der Arbeitsvorbereitung ab. Bereits die Konstruktion der zu fertigenden Produkte wirkt sich massiv auf die Produktivität aus. Bezogen auf den Einsatz der Maschine ist im nächsten Schritt die Programmierung als Umsetzung der Konstruktion wesentlich entscheidender für den produktiven Einsatz der teuren Technik als der Mann – oder auch die Frau – an der Maschine. Alleine über die optimale Steuerung der Einstiche zum Beispiel – der Moment in denen der Laser zu einem neuen Schnitt ansetzt – kann die richtige Programmierung über das Jahr gerechnet eine komplette Arbeitswoche gewinnen. Der Programmierer braucht eine technische Ausbildung, Erfahrung mit CNC-Maschinen, muss NC-Algorithmen interpretieren können und er braucht ein gewisses Vorstellungsvermögen, um den Pro-

zess zu gliedern und die optimale Abfolge der Fertigungsschritte zu finden. Doch das sind nur die Grundvoraussetzungen, um den Umgang mit der Maschinenprogrammierung zu lernen und auf die die Programmierkurse bei einem Hersteller wie TRUMPF aufbauen. Diese vermitteln zum einen unerfahrenen Programmieren die Grundlage der Programme. Zum anderen – und deshalb sind sie auch für erfahrene Programmierer wichtig – machen die Kurse sie mit der Maschine vertraut: Baugruppen und technische Daten, Ausstattung der Maschine und vor allem die Grundlagen der Lasertechnik.

Letztendlich ist es wie mit einer professionellen Spiegelreflexkamera. Jeder kann auf den Auslöser drücken und ein Bild knipsen. Wer sich etwas Zeit nimmt, kann schnell die vorgegebenen Programme für bestimmte Aufnahmesituationen nutzen. Aber das wirkliche Potenzial kann nur der ausschöpfen, der weiß, welche Parameter von Objektiv bis zum Umgebungslicht das Bild beeinflussen, welche Abhängig-

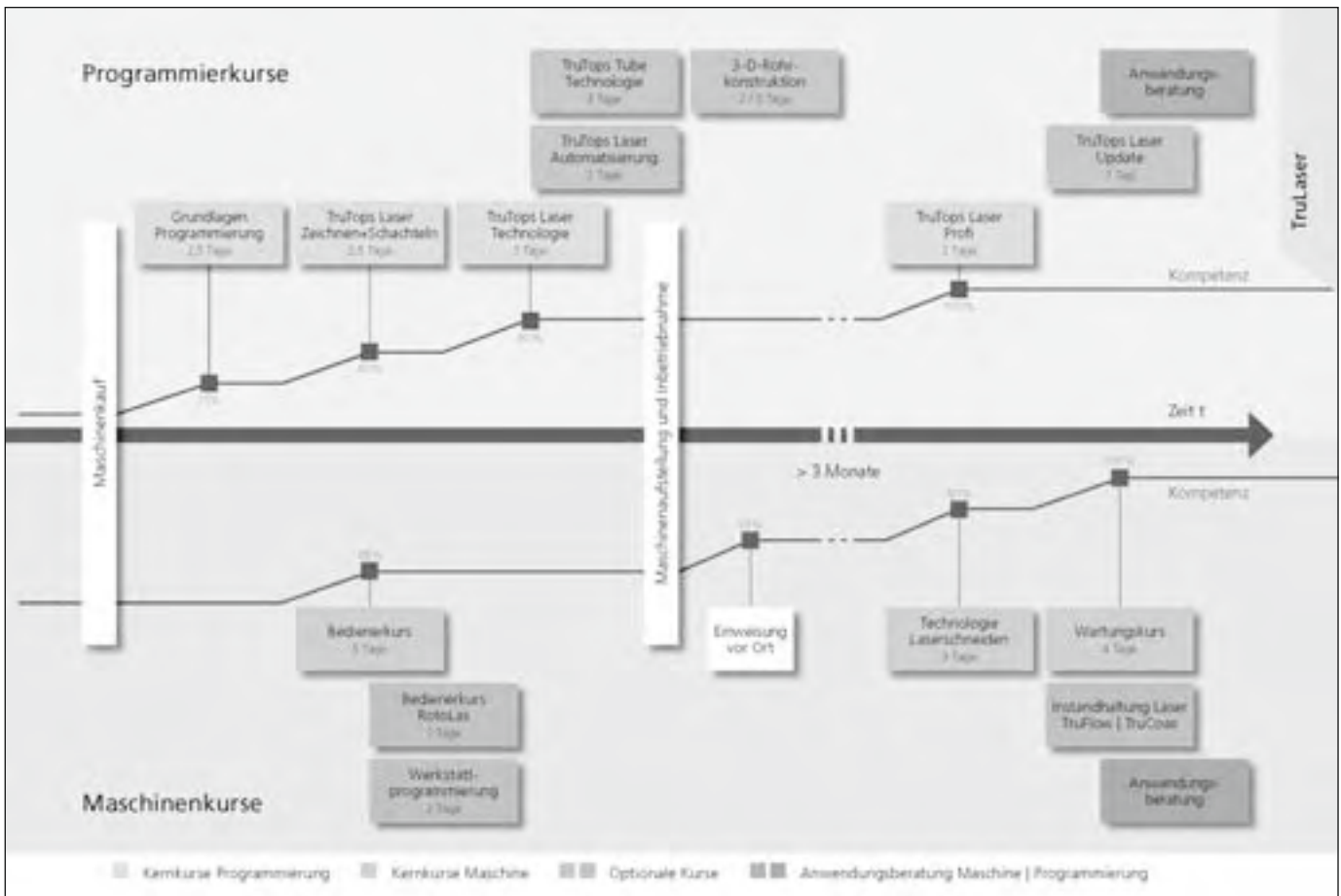


Abb. 1: Kompetenzerwerb für Programmierer und Bediener: Ausgehend von der konkreten Maschine baut das Ausbildungsprogramm des TRUMPF Schulungszentrums das Fachwissen aus.

keiten zwischen ihnen bestehen und welche Möglichkeiten die Kamera ihm gibt, um selbst auf diese Parameter einzuwirken. Ohne Grundlagen in der CNC-Programmierung und der eingesetzten Software lässt sich eine Flachbettmaschine produktiv nicht nutzen. Und eine Maschine für die Rohrbearbeitung – also für Schneiden und Schweißen dreidimensionaler Geometrien, erfordert Spezialkenntnisse, die sich selbst ein ausgebildeter Techniker erst in verschiedenen Aufbaukursen erarbeiten muss.

### **... der Bediener und die Produktivität**

Stellen wir uns jetzt auf der anderen Seite den Maschinenbediener vor. Was muss er tun und was muss er können, um mit der Maschine zu arbeiten? Für das Laserschneiden mit Flachbettmaschinen gilt zunehmend das, was in vielen Bereichen industrieller Fertigung gilt: Immer häufiger stehen bei unseren Kunden an den Maschinen angelernte Arbeitskräfte, sehr oft ohne Berufsausbildung oder mit einer fachfremden Ausbildung. Die Anforderung, die diese Maschinenklasse an den Bediener stellt, muss deshalb gering sein. Das ist sie auch, denn die Kopfarbeit ist ja über das CNC-Konzept weitgehend weg von der Maschine in die Produktionsvorbereitung ausgelagert. Welches Blech für welchen Job eingesetzt wird, welche Qualität das Material hat, wie effizient es genutzt wird, wie effizient der Bearbeitungskopf mit Verfahrenswegen umgeht, das alles steht bereits fest. Doch bei aller Arbeitsteiligkeit und Bedienerfreundlichkeit bleibt eine Lasermaschine ein Hightechwerkzeug, das über einen Computer gesteuert wird. So banal es klingt: der Maschinenbediener darf keine Scheu vor dem Bildschirm und der Bedieneroberfläche haben. Außerdem muss der Bediener verstehen, was im Arbeitsbereich seiner Maschine passiert. Er muss einige zentrale Parameter kennen, die er an der Maschine beeinflussen kann – und muss. Sonst bleiben Produktivität und Qualität schnell hinter dem zurück, was der Programmierer angelegt hat. So wie der Programmierer wird deshalb auch der Maschinenbediener mit Kursen auf die Arbeit mit der Maschine vorbereitet. Wenn er die Maschine in Betrieb nimmt sollte er neben dem

Maschinenaufbau vor allem Aufbau und Einstellungen des Bearbeitungskopfes kennen. Vor allem aber braucht er Fachkenntnisse, die es ihm ermöglicht, Fehlerquellen zu erkennen und bestimmte Fehler selbst zu beheben. Er sollte zum Beispiel wissen, dass die Blechdicke selbst innerhalb der Normtoleranz so stark schwanken kann, dass er die Fokusslage des Lasers nachführen muss. Er sollte – als weiteres Beispiel – den Zusammenhang zwischen Schutzgasart, Gasdruck und dem Auftreten von Schneidgraten kennen. Anderenfalls fährt er, wie es dann häufig geschieht, einfach die Maschinengeschwindigkeit zurück, anstatt an der Ursache des Problems gegenzusteuern. Das gilt noch viel mehr, wenn es um komplexere und jüngere Technologien, wie das Schweißen und die Arbeit an mehrachsigen Anlagen geht. Hier nimmt zwar die Bedeutung der Arbeitsvorbereitung mit der Konstruktion des Endprodukts, seiner Komponenten und der Aufspannvorrichtungen deutlich zu. Doch auch die Zahl der den Prozess bestimmenden Parameter in der Maschine wächst. Deshalb wird hier das Ergebnis ohne ausgebildete und im Umgang mit Lasern erfahrene Facharbeiter und Techniker in der Werkshalle immer hinter den Erwartungen zurückbleiben.

### **Die Kraft des Überblicks**

Letztendlich zeigt deshalb alle Erfahrung, dass die Maschinen dann am produktivsten laufen, wenn es keine Wände zwischen Konstrukteuren, Programmierern und Bediener gibt. In kleinen Betrieben ist das häufig alleine durch die Rahmenbedingungen gegeben: Der Konstrukteur hat seine Karriere als Facharbeiter begonnen, Programmierer und Bediener sind oft ein und dieselbe Person oder es gibt zumindest einen „Einrichter“, der die Maschinen so gut kennt wie die Software. Und wer zum Beispiel mit Rohrbearbeitungsmaschinen gute Ergebnisse erzielen will, braucht fast zwingend eine Ausbildung in einem Metallberuf und solide Software-, Maschinen- und Materialkenntnisse. Und ein Programmierer, der die Prozesskette Blech aus eigener Erfahrung von der Konstruktion bis zum Produkt kennt, wird immer qualitativ und quantitativ bessere Ergebnisse erzielen. Eine Erkenntnis daraus ist,

bei Softwareschulungen stets darauf zu achten, dass der Kontakt zur Maschine nie verloren geht. Eine andere Erkenntnis war die Unterstützung für die neue IHK-zertifizierte Ausbildung Fachkraft Blechbearbeitung der IHK Region Stuttgart. Der Abschluss zielt genau auf das, was ein Hersteller von Lasermaschinen sich an Grundkompetenzen erhofft. Er verbindet Verfahrenskunde und andere Grundlagenfächer mit betrieblicher Praxis und umfasst dabei die ganze Prozesskette Blech – und zwar auch solche Bearbeitungsmethoden, die der Herkunftsbetrieb der Teilnehmer unter Umständen nicht bietet, wie etwa den Laser. Er vermittelt Nutzen und Grenzen der Technologien und ihre Verknüpfung in den Bearbeitungsschritten. Doch vor allem lernen die Teilnehmer über den Tellerand ihrer Maschinen zu schauen. Sie lernen die Werkstoffe und Materialien kennen, die Blechlogistik, Methoden zur Prozessoptimierung und Zeit-, Qualitäts-, und Projektmanagement. Aus dem gleichen Grundgedanken entstand auf höherem Niveau und gezielter auf die Praxis in einzelnen Betrieben ausgerichtet bei TRUMPF der „Workshop zur Blechgestaltung“. Er richtet sich an die Konstrukteure und hilft ihnen neue, effektivere und produktivitätssteigernde Konstruktionen für ihre Produkte oder Komponenten zu finden. Auch hier geht es im Kern darum, die Möglichkeiten des Werkstoffs Blech und die verschiedenen Technologien zur Blechbearbeitung besser zu nutzen. Wieder spielt dabei der Überblick über die komplette Prozesskette eine wesentliche Rolle.

Aber muss auch ein Bediener alles wissen? Die einfache Antwort ist: eigentlich nicht. Wenn Konstruktion und Vorbereitung einigermaßen stimmen, kann man die Maschine durchaus mit einer Reihe gelernter Handgriffe und Knöpfchen auf der Benutzeroberfläche bedienen. Doch es gibt auch die komplexere Antwort: Nicht jeder Mann an jeder Maschine braucht alles zu wissen. Aber der eine oder andere doch. Denn wirklich rentabel wird die Maschine dann, wenn zum Knöpfchen das Köpfchen kommt: Das Interesse an den Möglichkeiten, die die Maschine bietet. Das Wissen um die Zusammenhänge in der Prozesskette, die Neugier darauf, was Veränderungen an einzelnen Parametern

bewirken. Die Lust daran, mit pfliffigen Einstellungen, noch etwas mehr Tempo heraus zu kitzeln, die Befriedigung, alle Qualitätsschwankungen im Material geschickt abzufedern. Und

die Begeisterung, einen neuen Kniff zu finden, der die Produktivität weiter steigert. Wer eine moderne Lasermaschine nicht nur laufen, sondern wirklich rennen sehen will, der braucht

ausgebildete Mitarbeiter. Menschen, die das Know-how haben, um sie zu verstehen – und die Neugier, um sie immer weiter anzutreiben.

---

*Thomas Vollmer/Maren Petersen/Claus Emmelmann*

# Unterrichtsprojekt zur Lasermaterialbearbeitung im Studium der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik

## Einleitung

Der technologische Fortschritt und der globale Wettbewerb führen zu deutlich verkürzten Innovationszyklen und damit zu kontinuierlichen Veränderungen der industriellen Facharbeit. Dies ist natürlich auch prägend für die Arbeit von Berufspädagogen, die die Berufsausbildung daran orientiert gestalten müssen. Um diese Zusammenhänge zu verdeutlichen, werden in der Hamburger Ausbildung von angehenden Berufsschullehrer/-innen Arbeit, Technik und Bildung in einer ganzheitlichen Perspektive zum Gegenstand der wissenschaftlichen Lehre. Das Studium in einer gewerblich-technischen Wissenschaft (GTW) bereitet auf eine arbeitsprozess- und wissenschaftsorientierte Unterrichts-, Aus- und Weiterbildungspraxis in den gewerblich-technischen Berufsfeldern vor, in der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik u. a. mit einer soliden Einführung in die laserstrahlgestützten Produktionstechnologien. Einen besonderen Stellenwert im Lehramtsstudium haben fachwissenschaftlich-fachdidaktische Lehrveranstaltungen, in denen aktuelle Forschungs- und Entwicklungsergebnisse der gewerblich-technischen Wissenschaften in den Kontext pädagogisch-didaktischer Gestaltungsaufgaben gebracht werden. Es sollen nicht fachsystematisch strukturierte Wissensbestände losgelöst von Berufsbildungskontexten vermittelt, sondern Technik sowohl im Zusammenhang von betrieblichen Arbeitsprozessen als auch im Hinblick

auf berufliche Kompetenzentwicklung betrachtet werden.

Dieser Intention folgend werden im Studiengang „Lehramt an der Oberstufe Berufliche Schulen (LOB)“ bereits seit mehreren Jahren fachwissenschaftlich-fachdidaktische Lehrveranstaltungen hochschulübergreifend angeboten, in denen Studierende der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik ein eintägiges Unterrichtsprojekt für eine Berufsschulklasse der Hamburger Gewerbeschule 17 – zu der schon seit längerem eine intensive Kooperationsbeziehung besteht (vgl. G17 o. J.; VOLLMER u. A. 2007) – planen und durchführen, das auszubildende Industriemechaniker/-innen eine Einführung in die industrielle Anwendung der Laserstrahlmaterialbearbeitung gibt.

## Hamburger Studium der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik

Das hier vorgestellte fachwissenschaftlich-fachdidaktische Seminar Lasertechnik ist eine Lehrveranstaltung im achtsemestrigen Studiengang „Lehramt an der Oberstufe Berufliche Schulen (LOB)“, das gemeinsam von der Universität Hamburg und der Technischen Universität Hamburg-Harburg angeboten wird. Es kann insgesamt unter zehn beruflichen Fachrichtungen in Kombination mit verschiedenen allgemeinbildenden Unterrichtsfächern gewählt werden (vgl. BBS o. J.; TUHH o. J.).

Die TU Hamburg-Harburg ist für die fachwissenschaftliche Ausbildung in den beruflichen Fachrichtungen Bau-technik, Elektrotechnik/Informationstechnik, Holz- und Kunststofftechnik und Metalltechnik verantwortlich. Für die Fachrichtung Metalltechnik ist das Institut für Laser- und Anlagensystemtechnik (iLAS) der TUHH zuständig. Im Grundstudium der beruflichen Fachrichtung Metalltechnik werden sowohl mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer (Mathematik, Physik) und ökonomische Querschnittsinhalte (Betriebswirtschaftslehre) als auch Querschnittsinhalte der beruflichen Fachrichtung (Maschinenelemente, Technische Mechanik, Werkstofftechnik, Fertigungsverfahren) vermittelt. Das Hauptstudium beinhaltet neben gemeinsamen Lehrveranstaltungen (Grundlagen der Konstruktionstechnik und Produktionstechnik mit Bezug zum Metallgewerbe) Studienvertiefungen wie Fahrzeug- und Versorgungstechnik sowie Hauptseminare und fachwissenschaftlich-fachdidaktische Veranstaltungen.

Die Universität Hamburg bietet Lehrveranstaltungen der übrigen Fachrichtungen, der Unterrichtsfächer und der Erziehungswissenschaft an. Schwerpunkt des erziehungswissenschaftlichen Teilstudiengangs ist die Berufs- und Wirtschaftspädagogik einschließlich der Didaktiken der beruflichen Fachrichtungen, die vom Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (IBW) verantwortet werden. Eine Übersicht über die unterschiedliche



<b>Berufliche Fachrichtung</b>	<b>50%</b>
<b>Erziehungswissenschaft, Didaktik der beruflichen Fachrichtung und des Unterrichtsfaches</b>	<b>25%</b>
<b>Unterrichtsfach</b>	<b>25%</b>
<b>8 Semester</b>	

Abb. 1: Anteile des Hamburger Lehramtsstudiums Oberstufe berufliche Bildung (BBS o. J.)

Gewichtung des Hamburger Lehramtsstudiums Oberstufe berufliche Bildung wird in Abb. 1 gegeben. In diesem Teil des Studienganges sollen die zukünftigen Berufsschullehrerinnen und -lehrer dazu befähigt werden, Veränderungen in ihrem Berufsfeld einzuschätzen und mit neuen Anforderungen an ihre künftige Tätigkeit umgehen zu können. Dazu gehört u. a., dass die Studierenden mittels Beobachtungen in der Praxis, einem eigenem Praktikum in einer beruflichen Schule und didaktisch begleiteter Durchführung eigenen Unterrichts ihre Fähigkeit ausbauen, Lehr-Lern-Situationen zu analysieren, zu planen und zu reflektieren (vgl. IBW 2003).

Das hier dargestellte fachwissenschaftlich-fachdidaktische Seminar zur Lasertechnik wird gemeinsam vom iLAS und dem IBW angeboten. Ziel dieses Seminars ist es, die fachwissenschaftliche und die fachdidaktische Ausbildung hochschulübergreifend in Verbindung zu bringen, um somit den Studierenden zu ermöglichen, die angeeigneten Kenntnisse modernster Produktionstechnik in einer selbst geplanten Lehr-Lern-Situation anzuwenden und diese praktisch zu erproben.

### Lasertechnik im Vertiefungsstudium

Als Grundlage wird den Studierenden im Rahmen des fachwissenschaftlichen Vertiefungsstudiums neben den aus den Ausbildungsberufen abgeleiteten Vertiefungen Kraftfahrzeug- und Versorgungstechnik der Bereich der Produktauslegung und Produktionstechnik angeboten. Hier werden neben den klassischen Fertigungsverfahren auch aktuelle Entwicklungen

der Automatisierungstechnik (speziell Robotertechnik) und der Produktionstechnik (speziell Lasermaterialbearbeitung) vermittelt. Diese neuartigen Fertigungssysteme finden zunehmend Einzug in die industrielle Fertigung, sodass die Facharbeit und damit auch die Auszubildenden immer stärker auch mit diesen Technologien konfrontiert werden. Durch das iLAS und die hier vorhandene anlagentechni-

### Rahmen der didaktischen Gestaltung und Aufgaben der Studierenden

Als didaktische Voraussetzungen für dieses fachwissenschaftlich-fachdidaktische Seminar haben die Studierenden bereits eine praxisorientierte Einführung in berufspädagogische Tätigkeitsfelder, drei Didaktikveranstaltungen und teilweise auch schon ein Praktikum an einer Berufsschule absolviert. Allgemein haben sie sich also bereits u. a. mit ihrer Rolle als Berufsschullehrer/-in, der Zielgruppe der Auszubildenden, den Intentionen des Lernfeldkonzepts sowie der konkre-

<b>Einführung und Festlegung des Verfahrens der Lasermaterialbearbeitung</b>
Vorstellung des Themas und des Semesterablaufes Gruppeneinteilung und Aufgabenverteilung
<b>Erarbeitung fachwissenschaftlicher Grundlagen für das Unterrichtsprojekt</b>
Präsentation I: Schweißtechnik Ziel: Alle Teilnehmer kennen den fachwiss. Hintergrund: Laserschweißtechnik
Präsentation II: Versuchsplanung für Schweißtechnik Ziel: Alle Teilnehmer kennen die Versuchsplanung und die systematische Auswertung
Präsentation III: Anlagentechnik und Auswertung von Versuchen Ziel: Alle Teilnehmer können mit der Anlagentechnik arbeiten
Versuche: Veränderung der Fokustiefe/Leistung/Geschwindigkeit in Gruppen und Auswertung durch jeden Teilnehmer
Präsentation der Ergebnisse der Versuche (alle drei Gruppen) Ziel: Zusammenführung der Ergebnisse, um die in der Theorie gezeigten Zusammenhänge nachvollziehbar zu gestalten.
<b>Planung des Unterrichtsprojektes Laserschweißen</b>
Planung der Lernsituation für die Schüler aus dem Gelernten unter Zugrundelegung des RLP Industriemechaniker/-in Ziel: Tagesablauf für die Schüler in Form einer Unterrichtsverlaufsplanung inkl. Schnittstellen der einzelnen Sequenzen
Vorstellung der Detailplanungen der einzelnen Sequenzen Ziel: Jede Gruppe kennt detailliert den Inhalt der anderen Gruppen
Theorieeinheit für die SchülerInnen und Aufgabenstellungen für die Praxiseinheit Ziel: die Vermittlung des Fachwissens für die Schüler wird real erprobt (Probe 1).
Praxiseinheit mit den unterschiedlichen Aufgabenstellungen wird durchlaufen (Probe 2)
Vorstellen der Einleitungssequenz (praktisch) und Reflexion der beiden Probensequenzen
Probe 3 mit den korrigierten Unterrichten
Probe 4 und organisatorische Vorbereitung des Projekttag (Materialien, Raumausstattung,...)
Durchführung des Unterrichtsprojektes mit den Auszubildenden der Hamburger Gewerbeschule 17

Abb. 2: Seminarplan

ten Gestaltung von Lernsituationen im Rahmen praktischer Unterrichtsversuche an einer Berufsschule befasst. Die bisherigen Erfahrungen mit der Planung, Durchführung und Auswertung beruflichen Unterrichts sollen nun im Rahmen dieser Lehrveranstaltung für die Gestaltung eines komplexeren Lehr-Lern-Arrangements in Form eines ganztägigen Unterrichtsprojektes erweitert werden.

Aufgabe der Studierenden ist es, im Laufe eines Semesters aus dem zuvor in den Vorlesungen CAD/CAM und Lasertechnik angeeigneten Wissen relevante Inhalte auszuwählen und für die Zielgruppe aufzubereiten. Vorgabe ist es, das Lehr-Lern-Arrangement arbeitsprozessbezogen zu gestalten und dazu ein betrieblich realitätsnahes Lernszenario zu entwickeln, mit dem die Auszubildenden sowohl einen einführenden theoretischen Überblick über die technischen Grundlagen der Lasermaterialbearbeitung bekommen als auch die Arbeit mit einer Lasermaschine praktisch erfahren können.

Eine besondere Herausforderung besteht für die Studierenden aufgrund des sehr begrenzten Zeitrahmens einerseits in der Reduktion auf das Wesentliche der technischen Grundlagen, die ein Verständnis für die Wirkprinzipien ermöglicht, und andererseits eine Bearbeitungsaufgabe auszuwählen, die diese konkret nachvollziehbar werden lässt. Die technische Ausstattung des iLAS gestattet den Studierenden die exemplarische Auswahl zwischen den Laserbearbeitungsverfahren Markieren, Generieren, Schneiden und Schweißen. Wenngleich vor dem Hintergrund der zeitlichen Rahmenbedingungen eine komplette Programmerstellung und ein selbstständiges Arbeiten mit einer Lasermaschine nicht möglich sind, soll aber dennoch zumindest durch praktische Veränderungen von Bearbeitungsparametern seitens der Auszubildenden selbst deren Einfluss auf die Fertigungsqualität und -kosten veranschaulicht werden.

Wenn in Abstimmung mit den Lehrern der Gewerbeschule eine Berufsschulklasse für die Teilnahme ausgewählt worden ist, ist für die Studierenden eine Hospitation im Sinne einer Bedingungsanalyse obligatorisch, um die Klasse kennen zu lernen, ihre betrieb-

	Mentor I	Mentor II	Mentor III	Mentor IV
Theorieelement (je 45 min)	Einführung und Begrüßung			
	Lasertechnik	Schweißtechnik	Prozessplanung	Qualitätssicherung
	Schweißtechnik	Prozessplanung	Qualitätssicherung	Lasertechnik
	Prozessplanung	Qualitätssicherung	Lasertechnik	Schweißtechnik
	Qualitätssicherung	Lasertechnik	Schweißtechnik	Prozessplanung
Mittagspause				
Versuchsdurchführung (15 min)	Versuchsdurchführung und Präsentationvorbereitung im Wechsel			
Präsentationsvorbereitung (60 min)				
Schülerpräsentation des Schwerpunktthemas (je 10 min)	Lasertechnik	Schweißtechnik	Prozessplanung	Qualitätssicherung
Abschlußdiskussion (20 min)	Diskussion und Resümee			

Abb. 3: Überblick über die Struktur des Projekttages

lichen Ausbildungskontexte zu erfassen und ein Informationsgespräch mit dem entsprechenden Berufsschullehrer über den bisherigen Unterricht zu führen. Weil die fachlichen Inhalte der einzelnen Lernfelder nur generell benannt und nicht differenziert aufgelistet sind, sind die Studierenden mit der Frage konfrontiert, wie die exemplarische Ausgestaltung der Lernfeldumsetzung in der Vergangenheit erfolgte, um inhaltliche Anknüpfungspunkte zu identifizieren. Dabei sind auch – wie im Rahmenlehrplan (KMK 2004, S. 7) vorgegeben – die betrieblichen Ausbildungsinhalte mit zu berücksichtigen, zumal die Berufsschüler/-innen der Gewerbeschule in mehreren Unternehmen unterschiedlicher Branchen (Automobil-, Lebensmittel-, Chemieindustrie usw.) ausgebildet werden, was bei der konzeptionellen Ausgestaltung des Unterrichtsprojektes ebenfalls zu berücksichtigen ist. Diese Hospitationen sind durch die Studierenden rechtzeitig zu organisieren, da die Berufsschulklassen aufgrund des Blockunterrichts i. d. R. nur zweimal während es Semesters in der Berufsschule sind.

Zum Abschluss des Seminars erfolgt nach der praktischen Durchführung des Unterrichtsprojektes ein Auswertungsgespräch unter Beteiligung des Berufsschullehrers, in dem die Umset-

zung der Planung kritisch-konstruktiv reflektiert wird. Im Anschluss an die Veranstaltung wird von den Studierenden eine Ausarbeitung über das Seminar, ihre Planungsgrundlagen und die Erfahrungen mit diesem Unterricht inklusive einer Selbstreflexion der Vorbereitung und der Durchführung angefertigt.

### Durchführung der Veranstaltung

Seit Wintersemester 2002 wurde diese Lehrveranstaltung fünfmal durchgeführt. Die Studierenden haben dabei jeweils unterschiedliche Wege gewählt, um ihr lasertechnologisches Wissen in ein arbeitsprozessbezogenes Konzept für das Unterrichtsprojekt einzubringen. Als exemplarische Verfahren der Laserbearbeitung wurde dreimal das Lasermarkieren einschließlich der zugehörigen CAD/CAM-Kette gewählt, einmal das Laserschweißen mittels einer CNC-Maschine und einmal das Laserschneiden mit einem Roboter. Im aktuellen Wintersemester wird das Laser-Hybrid-Schweißen mit einem Roboter Gegenstand des Unterrichtsprojektes sein. Zur Situierung des Lehr-Lern-Arrangements haben die Studierenden mehrmals eine virtuelle Firma in den Mittelpunkt gestellt, in die sich

die Auszubildenden gedanklich hinein versetzt haben, um dort einen Fertigungsauftrag zu bearbeiten. Einmal bildete ein Assessment-Center den Kontext, in dem die Auszubildenden Schweißversuche durchführen und beurteilen sowie die technologischen Hintergründe erläutern mussten, mit dem Ziel, ihre Eignung für die Laserfertigung in einem simulierten Personalauswahlverfahren nachzuweisen.

Im Rahmen aller Unterrichtsprojekte wurden Produkte von den Auszubildenden mittels Laserbearbeitung hergestellt, die von den Berufsschülerinnen und -schülern am Ende des Tages mitgenommen werden konnten, z. B. lasermarkierte Uhren oder lasergeschnittene Handyhalter. Diese Produkte mussten aber teils durch die Studierenden im Vorfeld gefertigt werden, da die verfügbare Zeit während des Projekttagess dafür nicht ausgereicht hätte; die Auszubildendengruppen haben aber immer einzelne Produkte gefertigt. Dafür stand die gesamte technische und räumliche Infrastruktur des Instituts und falls erforderlich auch zusätzliche Ausstattungen der TUHH (z. B. EDV-Pools für CAD-Arbeiten) zur Verfügung. Unterstützung und Hilfestellung gaben außerdem die betreuenden Hochschullehrer und Mitarbeiter des iLAS.

Die Vorbereitung erfolgt jeweils (wie in Abb. 2 ersichtlich ist) im Rahmen eines wöchentlich stattfindenden Seminars, das sich üblicherweise in drei

Phasen gliedert. In der ersten Phase werden das Fertigungsverfahren und die Rahmenhandlung festgelegt, um so die Basis für die notwendige Sachanalyse und die inhaltliche Strukturierung zu schaffen. Gleichzeitig ist dies die Grundlage für die Bildung von Arbeitsgruppen und die Festlegung der einzelnen Aufgaben während der Vorbereitung und der Rollen an dem Projekttag. Die Ergebnisse jeder Seminarsitzung werden protokolliert.

In der zweiten Phase rekapitulieren und vertiefen die Studierenden ihre lasertechnischen Kenntnisse. Sie haben in dieser Phase auch die Gelegenheit, sich mit der Handhabung der Laseranlagen auseinanderzusetzen und die Fertigung bzw. die Versuche vorzubereiten. In der dritten Phase planen die Studiengruppen ihre Beiträge zum Lehr-Lern-Arrangement in zeitlich-organisatorischer, inhaltlicher und medialer Hinsicht. In dieser Phase wird das Seminar vorwiegend dazu genutzt, den Abgleich der einzelnen Aufgaben und Arbeitsergebnisse vorzunehmen. Die von den Studierenden für die Auszubildenden angefertigten Unterlagen werden in dieser Phase inhaltlich abgestimmt und in ihrer äußeren Form vereinheitlicht. Zum Abschluss der Vorbereitung erfolgt in mehreren Seminarsitzungen die Generalprobe der einzelnen Elemente des Lehr-Lern-Arrangements mit den Seminarteilnehmern kurz vor dem eigentlichen „großen Tag“ mit den Schülerinnen und Schülern der

Gewerbeschule, um letzte Korrekturen vorzunehmen und den Studierenden Sicherheit für die bevorstehende Lehrsituation zu geben.

### Beispiel Laserstrahlschweißen

Im Wintersemester 06/07 haben sich die Studierenden für das Laserstrahlschweißen als Fertigungsverfahren entschieden und als Rahmen für den Tag ein Assessment-Center Lasertechnik gewählt (s. o.). Dieses Unterrichtsprojekt war auf eine Berufsschulklasse zugeschnitten, die sich im letzten Ausbildungsjahr befand und somit einige Auszubildende mit der realen Arbeitsplatzsuche konfrontiert waren. Der Projekttag wurde durch die Methode des Stationenlernens (vgl. HEGELE 1996) in Lerninseln strukturiert (Abb. 3), wobei jeweils zwei Studierende für eine Lerninsel zuständig waren. Um die Schülerinnen und Schüler am Projekttag beim Durchlauf durch die einzelnen Stationen nicht allein zu lassen, hat jeweils einer der Studierenden als Betreuer eine Schülergruppe begleitet und der andere die Lernsituation der Station gestaltet.

Da alle Einheiten gleichzeitig stattfinden und die Stationen nicht von sämtlichen Auszubildenden in der gleichen Reihenfolge durchlaufen werden konnten, mussten die Lerninseln inhaltlich voneinander unabhängig sein. Dadurch ergab sich die Schwierigkeit, dass keine einheitlichen Vorkenntnisse aus anderen Lerninseln vorausge-



Abb. 4: Einführende Betrachtung verschiedener Laserstrahlschweißnähte an einer Pkw-Rohkarosserie (links); Erarbeitungsphasen in den Lerninseln (rechts)



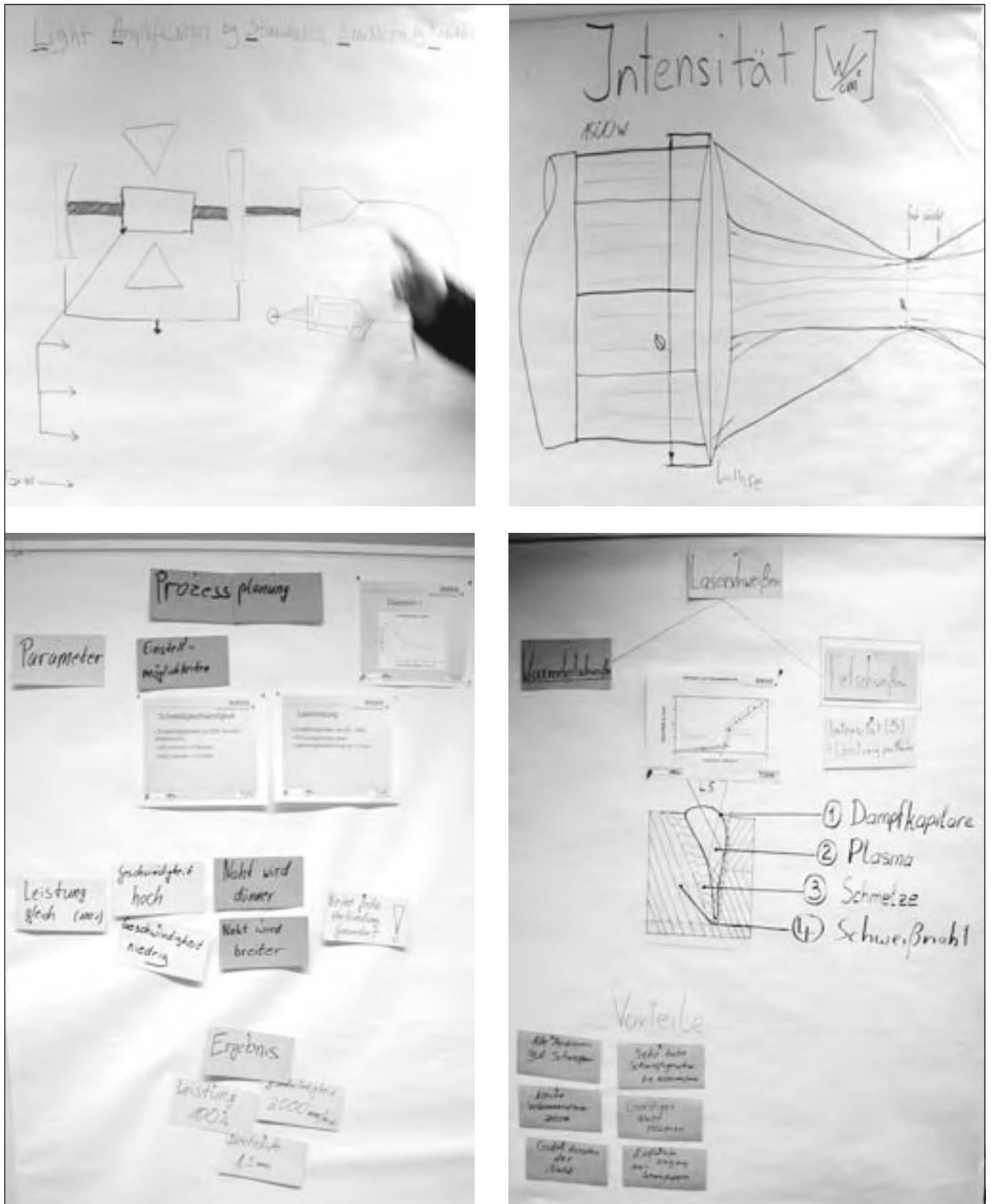


Abb. 5: Produkte der Ergebnispräsentation: Lasergrundlagen (oben), Prozessplanung (u. li.) und Laserschweißen (u. re.)

setzt werden konnten. Einen Einblick in die verschiedenen Lerninseln gibt *Abb. 4*.

Die Verantwortlichen der einzelnen Einheiten waren frei in der Wahl ihrer Lernmethode und der Verwendung der Lernmaterialien, sodass ein abwechslungsreicher Projekttag gestaltet werden konnte. Eine Gruppe hatte eine kleine E-Learning-Einheit mit PowerPoint entwickelt und so ein selbst gesteuertes Lernen initiiert, andere Gruppen hatten Metaplanwände vorbereitet, Folienpräsentationen gestaltet oder Arbeitsblätter genutzt.

Ein wichtiger Teil des Projekttages ist die praktische Durchführung von Laserstrahlversuchen. Hierbei haben die Schüler selbstständig den zugehörigen Versuchsplan erstellt und durch eine Variation der Laserstrahlleistung und/oder der Schweißgeschwindigkeit angestrebt, mit den Versuchsergebnissen die im Vorfeld gezeigte Musternaht in ihrer Qualität zu erreichen.

Für die Kontrolle des Lernerfolgs sind von den Studierenden für jede Einheit Leitfragen formuliert worden, die die Schülerinnen und Schüler im Anschluss bearbeiten und im Rahmen einer Kurzpräsentation vorstellen sollten. Durch das vorab verteilte Handout und die am Vormittag absolvierten Lerninseln waren die Schüler/-innen in der Lage, die Ergebnisse zu erarbeiten und zu präsentieren. Während der Vorbereitungsphase stand der Mentor für Hilfestellungen zur Verfügung. Jede Gruppe bekam ein Schwerpunktthema zugeteilt, das aus den vier Theorieeinheiten abgeleitet worden ist.

Die Schülerinnen und Schüler entschieden sich alle für eine Metaplanwand, wobei zum Teil auch Metaplankarten zum Einsatz kamen. Insgesamt waren die Vorträge der Auszubildenden durchweg befriedigend, obwohl hier die Qualität der Arbeitsergebnisse und der Präsentationen sowie die Fähigkeiten zur Selbstorganisation sehr deutliche Differenzen aufwiesen. Beispielhaft dargestellte Ergebnisse sind in *Abb. 5* zu sehen. Insofern war auch der Rahmen des Assessment-Centers erfüllt, wenn die Studierenden hier auch im Sinne der Motivation nur ein Ranking der einzelnen Gruppen und nicht der Personen zugrunde gelegt

haben. Zum Abschluss erhielten alle Schüler eine Einkaufswagenmünze mit ihrem lasermarkierten Namen zur Erinnerung, deren Herstellung sie beobachten konnten.

Abschließend erfolgte eine kritische Reflexion des Projekttages. Insgesamt ist die Verwendung von Lerninseln, die Aufteilung der Schüler in Gruppen und die intensive Betreuung jeder Gruppe durch einen Mentor sehr positiv bewertet worden. Im Nachgang zu der Veranstaltung ist festzustellen gewesen, dass nicht alle Einheiten ausreichend unabhängig voneinander waren und die Lerninsel-Betreuer mit der vierfachen Wiederholung in relativ kurzem Zeitraum unterschiedlich gut zurechtgekommen sind. Auch die mangelnde Nähe zu der Realität eines Assessment-Centers wurde bemängelt. Im Vergleich zu den vorherigen Veranstaltungen lies sich mit dem Laserstrahlschweißen nicht direkt ein lasergefertigtes Produkt fertigen, das den Auszubildenden mitgegeben werden konnte; somit fehlte hier ein wichtiger Bezug der Versuche zu einer Realfertigung.

## Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieser fachwissenschaftlich-fachdidaktischen Lehrveranstaltung haben die Studierenden einen ersten Eindruck davon bekommen, wie die künftige Arbeit im Lehrerteam erfolgen kann und welche Herausforderungen mit der Zusammenarbeit von unterschiedlichen Berufsschullehrerinnen und -lehrern verbunden sind. Sie mussten sich abstimmen und ihre teilweise auch sehr differierenden Vorstellungen zu einem schlüssigen Konzept des Projekttages zusammenführen. Dies ist nicht immer ein einfacher Weg gewesen, lehrreich war er aber sicherlich – so die Rückmeldungen der Studierenden in den Auswertungsgesprächen. Und sie konnten auch erleben, wie befriedigend es sein kann, ein komplexes Unterrichtsprojekt erfolgreich umzusetzen. Gerade durch die Kooperation mit der Gewerbeschule hat das Vorhaben deutlich an Realitätsnähe gewonnen.

Für die Gewerbeschule wiederum gestattet die Lehrveranstaltung, ihren Berufsschülern einen praxisbezogenen

Zugang zu modernsten Produktionstechnologien zu eröffnen, was sonst kaum möglich wäre. Insofern ist mit dem vorgestellten Seminar ein doppelter Theorie-Praxis-Bezug erreicht worden – zwischen Studium und Berufsbildungspraxis sowie zwischen technologischem Grundlagenwissen und Produktionsarbeit.

Mit Auslaufen des Staatsexamensstudiengangs wird sich der Rahmen für die vorgestellte Lehrveranstaltung ändern. Nachdem der Bachelorstudiengang im Wintersemester 07/08 angelaufen ist, werden aktuell die Planungen des Masterstudienganges zum Abschluss gebracht, der ein Kernpraktikum an berufsbildenden Schulen im Umfang von 30 LP (900 Arbeitsstunden der Studierenden) beinhalten wird, in das auch fachwissenschaftlich-fachdidaktische Lehrveranstaltungen integriert werden sollen.

## Literatur

- BBS – BEHÖRDE FÜR BILDUNG UND SPORT HAMBURG (Hrsg.) (o. J.): Ihre Chancen und Perspektiven als Lehrerin oder Lehrer an berufsbildenden Schulen in Hamburg. Hamburg.
- G17 – STAATLICHE GEWERBESCHULE METALLTECHNIK (Hrsg.) (2008): Industriemechaniker im Bereich Instandhaltung und Produktionstechnik. Online: <http://www.g17-hamburg.de/industriemechaniker> (22.12.2008).
- HEGELE, I. (1996): Lernziel: Stationenarbeit. Eine neue Form des offenen Unterrichts. Weinheim/Basel.
- IBW – INSTITUT FÜR BERUFS- UND WIRTSCHAFTSPÄDAGOGIK (Hrsg.) (2003): Kerncurriculum Berufs- und Wirtschaftspädagogik. Hamburg. Online: [www.ibw.uni-hamburg.de/documents/info/Kerncurriculum\\_IBW\\_2003.pdf](http://www.ibw.uni-hamburg.de/documents/info/Kerncurriculum_IBW_2003.pdf) (22.12.2008).
- TUHH iLAS (Hrsg.) (o. J.): Lehramtsstudium Metalltechnik. Hamburg. Online: [www.lehramt-metalltechnik.de](http://www.lehramt-metalltechnik.de) (22.12.2008).
- VOLLMER, TH./BERBEN, TH./JIRITSCHKA, M./STAMMER, R. (2007): Arbeitswelt mitgestalten – kooperative Förderung der Gestaltungskompetenz von Industriemechaniker/-innen und technischen Zeichner/-innen an den Lernorten Berufsschule und Ausbildungsbetrieb. In: *lernen & lehren* 86. S. 52–60.

Hartmut Simmert/Marko Taubert

# Didaktische Medien zur Lasermaterialbearbeitung

## Einleitung

In der Fertigungstechnik haben sich in den letzten Jahren zahlreiche neue Technologien etabliert. Die Lasermaterialbearbeitung gehört zweifelsfrei dazu und sie ist damit auch ein Thema für die berufliche Aus- und Weiterbildung, um die erforderliche berufliche Handlungskompetenz bei zukünftigen Nutzern von Laserbearbeitungsanlagen auszuprägen (vgl. TAUBERT 2008, S. 118 ff.). Hierzu bedarf es geeigneter Bildungsangebote, die entwickelt, gestaltet, durchgeführt und evaluiert werden müssen. Bei der Gestaltung der Bildungsmaßnahmen orientieren sich Anbieter an verschiedenen Planungsmodellen. Allen Planungsmodellen ist gemeinsam, dass didaktische Medien ein Planungselement darstellen. Der vorliegende Beitrag betrachtet vor diesem Hintergrund didaktische Medien zur Thematik Lasermaterialbearbeitung (LMB).

Von Medien wird im alltäglichen Sprachgebrauch sehr häufig gesprochen, wobei jedoch ganz Unterschiedliches gemeint ist. Wenn hier von Medien die Rede ist, sind damit didaktische Medien gemeint. Diese sind gespeicherte Zeichengefüge (z. B. Texte, Bilder, Videos), die lehrseitig absichtsvoll gestaltet und/oder ausgewählt wurden und die zum Transport (Übermittlung) von Inhalten vom Lehrenden (Absender) zum Lernenden (Empfänger) dienen und zugleich zur Auseinandersetzung (Vermittlung) der Lernenden mit den Inhalten genutzt werden können (vgl. SIMMERT 2008a, S. 5). Damit erfolgt begrifflich zunächst eine klare Abgrenzung zur Medientechnik.

## Bedeutung und Funktionen von Medien zur Thematik Lasermaterialbearbeitung

Medien sind für den Prozess beruflichen Lehrens und Lernens zur Thematik Lasermaterialbearbeitung unent-

behrlich. Ihnen kommt eine sehr große Bedeutung zu. Während an vielen beruflichen Bildungseinrichtungen CNC-Dreh- und Fräsmaschinen zur Standardausstattung zählen, finden sich Laserbearbeitungsanlagen nur an sehr wenigen der Einrichtungen, besonders aus Kostengründen. In Bildungseinrichtungen ohne Laseranlage gestatten erst Medien, als Stellvertreter der Wirklichkeit, Lehr-Lern-Prozesse zur Thematik Laserbearbeitung, beispielsweise mittels Bild oder Video einer Laserbearbeitungsanlage.

Da die Laserbearbeitung mit teils enormen Gefahren für die Gesundheit und die Umwelt verbunden ist, sind die Laserbearbeitungsbereiche durch zahlreiche Sicherheitsmaßnahmen, wie etwa Umhausungen und Lichtschranken, nicht direkt zugänglich. Medien zur Laserbearbeitung ermöglichen hingegen ein weitgehend gefahrloses Lehren und Lernen. So erlauben Videos die Beobachtung eines sonst abgeschirmten Laserbearbeitungsprozesses. Dabei sind Medien auch selbst Teil des Arbeitsprozesses, etwa wenn ein Anlagenführer am Bedienpult seiner Anlage die Bearbeitung visuell und akustisch verfolgt.

Bei der Laserbearbeitung laufen teils komplizierte und komplexe Prozesse ab, beispielsweise die Prozesse in einem Laser. Medien ermöglichen eine anschauliche und damit fasslichere Information der Lernenden zum Laserprozess. So dient die Animation eines Lasers als vereinfachtes Abbild der komplexen Wirklichkeit der Laserstrahlerzeugung.

Berufliche Kenntnisse zur Thematik Lasermaterialbearbeitung werden zunehmend auch außerhalb von Bildungseinrichtungen und Unterricht erworben. Durch Selbstlernprozesse erwerben Fachkräfte in entsprechenden Anforderungssituationen der Laserbearbeitung Handlungskompetenzen durch die Anwendung der zur

Verfügung stehenden Informationen. Entsprechende Medien werden zunehmend von den Herstellern, Fachverbänden, Bildungseinrichtungen oder erfahrenen Anwendern publiziert und stehen damit auch für intentionale Bildungsprozesse zur Verfügung.

Medien zur Thematik Laserbearbeitung können in Abhängigkeit von ihrer didaktischen Einbindung in die Lehr-Lern-Prozesse ganz verschiedene Funktionen erfüllen (vgl. ARNOLD/KRÄMER-STÜRZL 1999, S. 299 f.; BONZ 1999, S. 173 f.; SIMMERT 2008b, S. 1 ff.) (Abb. 1).

Im Sinne der Motivationsfunktion sollen Medien Lernende für Lernprozesse zur Laserbearbeitung motivieren, etwa durch einen Kundenauftrag, ein Musterwerkstück oder ein ansprechendes Video zu einer Laserbearbeitungsaufgabe. Im Rahmen der Informationsfunktion informieren Medien über Lerninhalte zur Thematik Laserbearbeitung, etwa wenn mittels Text und Bild über den Aufbau und die Funktionsweise einer Laserbearbeitungsanlage informiert wird. Im Sinne der Veranschaulichungsfunktion werden komplexe Prozesse der Laserbearbeitung transparent und durch didaktische Reduktion auch fasslicher, beispielsweise durch eine Animation zur Laserstrahlerzeugung im Laser. Die Steuerungsfunktion von Medien erlaubt in unterschiedlicher Ausprägung die Lenkung der Lernenden im Lernprozess. So steuern Lehrprogramme zur Laserbearbeitung Lernende im Sinne fremdgesteuerten Lernens, während Lernumgebungen zur Laserbearbeitung auch selbstgesteuertes Lernen der Lernenden ermöglichen. Medien zur Laserfertigung gestatten im Rahmen ihrer Kommunikationsfunktion die Verständigung zwischen Lehrer und Lerner sowie unter den Lernenden, etwa wenn sie per E-Mail, Chat oder Videokonferenz sich über Fragen der Laserbearbeitung austauschen. Die Förderungsfunktion von



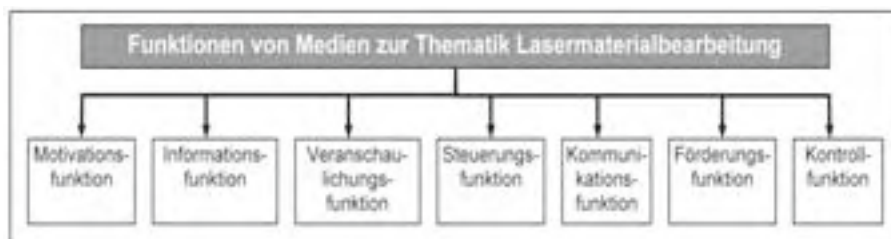


Abb. 1: Funktionen von Medien zur Thematik Lasermaterialbearbeitung (Auswahl)

Medien ermöglicht die differenzierte und individualisierte Thematisierung der Lasermaterialbearbeitung, beispielsweise wenn sich Lernende im differenzierten Unterricht, orientiert an den regionalen und betrieblichen Gegebenheiten, verschiedene Laserbearbeitungsverfahren erarbeiten. Im Sinne der Kontrollfunktion erlauben Medien zur Laserfertigung die Fremd- oder auch Selbstkontrolle des Lernerfolges der Lernenden, etwa mittels Multiple-Choice-Tests zur Laserbearbeitung.

Medien zur Thematik Laserbearbeitung haben i. d. R. zugleich mehrere Funktionen im Lehr-Lern-Prozess, wobei man nach Leit- bzw. Hauptfunktion und weiteren Nebenfunktionen unterscheiden kann. In der praktischen Medienanwendung weisen diese Medien daher meist Funktionskombinationen auf. So hat ein Lehrbuchtext zum Aufbau einer Laseranlage die Hauptfunktion des Informierens, zugleich soll er aber auch motivierend und anschaulich sein. Grundsätzlich gibt es eine große Vielfalt an Medien, aber nicht jedes Medium ist für jede Lehr-Lern-Intention passend. Dem Lehrenden obliegt daher die didaktisch begründete Auswahl von geeigneten Medien, orientiert an den Intentionen und der Gestaltung des Bildungsganges. Dazu benötigt er einen Überblick über geeignete Medien zur Thematik Lasermaterialbearbeitung, die verfügbaren Medienarten.

## Arten von Medien zur Lasermaterialbearbeitung

Betrachtet man die Medienarten zum Thema Laserbearbeitung, zeigt sich, dass es viele Klassifikationsmöglichkeiten für diese Medien gibt, etwa nach dem Zeichensystem (Text, Bild, Ton), nach der Speicherungsart (analog, digital), nach den Erfahrungszugängen (symbolisch, ikonisch), nach

der Erzeugung/Präsentation (primär, sekundär, tertiär) oder nach der Wirkungsweise (eigenständig, integriert, verbunden) (vgl. SIMMERT 2008a,

S. 8 ff.). Hier soll in Anknüpfung an die oben beschriebenen Medien-Funktionen eine Klassifikation der Medien zur Laserbearbeitung nach den Leit- bzw. Hauptfunktionen vorgenommen werden (Abb. 2).

Neben einem Überblick über die jeweils geeigneten Medienarten zur Thematik Laserbearbeitung ist auch die Kenntnis zu Möglichkeiten der Beschaffung und Erstellung von Medien wichtig, nützt doch das beste Medium nichts, wenn es nicht beschafft werden kann.

Medienarten zur Thematik Lasermaterialbearbeitung (LMB) nach der Leitfunktion		
Leitfunktion und Medienarten	Medium (Auswahl)	Beispiele für Medien zur LMB
Motivation <i>Motivierende Medien</i>	Problemstellung	Kundenauftrag zur LMB
	Bild/Foto	Technische Zeichnung zur LMB
	Video	Videoportrait eines LMB-Unternehmens
	Realien/Realobjekte	Mustersammlung mit Werkstücken der LMB
Information <i>Informierende Medien</i>	Lehrbuchtext	Text zu LMB-Verfahren
	Informationsblatt	Informationsblatt des Laseranlagenherstellers
	Tabellenbuch	Datenblatt zu LMB-Prozessparametern
	Lernsoftware	Lernumgebung zur Lasersicherheit
	Internetseite	Webseite zur LMB
	Normenblatt	DIN-/ISO-Normen, DIN-/VDE-Taschenbücher
	Technische Unterlagen	Arbeits-, Einrichte-, Wartungs-, Prüfplan
Veranschaulichung <i>Veranschaulichende Medien</i>	Lehrbuchabbildung	Abbildung einer LMB-Anlage
	Folie	Foliensatz zur LMB
	Realien	Werkstücke der LMB
	Modell	Funktionsmodell eines Lasers
	Animation	Animation zum Laserprinzip oder LMB-Prozess
	Video	Video zum Arbeitsschutz an LMB-Anlagen
	Simulation	CNC-Simulation für die LMB
Steuerung <i>Steuernde Medien</i>	Arbeitsblatt	Arbeitsblatt mit Arbeitsaufträgen zur LMB
	Lernerfolgskontrollblatt	Leistungskontrolle zur LMB
Kommunikation <i>Kommunikationsförderliche Medien</i>	Internetseite	Publikation von Musterlösungen zu Aufgaben
	Web-Forum	Erfahrungsaustausch von Anwendern der LMB über eine Online-Community
Kontrolle <i>Kontrollierende Medien</i>	Lehrbuchkontrollfragen	Fragen in einem Prüfungsbuch zur LMB
	Lernerfolgskontrollblatt	MC-Test zu Fragen der LMB

Abb. 2: Medienarten zur Thematik Lasermaterialbearbeitung (LMB) nach der Leitfunktion

## Beschaffung und Erstellung von geeigneten Medien zur Laserbearbeitung

Lehrende haben drei verschiedene Möglichkeiten der Beschaffung von geeigneten Medien zum Thema Lasermaterialbearbeitung (Abb. 3).



Abb. 3: Möglichkeiten der Beschaffung von Medien zur Thematik Laserbearbeitung

### Beschaffung von fertigen Medien zur LMB

Medien können als fertige Medien beschafft werden, d. h. die für die eigene Intention tauglichen Medien werden aus den Angeboten anderer ausgewählt sowie gekauft, geliehen oder heruntergeladen. Käuflich erworben werden können Medien beispielsweise bei Lehrmittelverlagen. Für die Ausleihe bieten sich Bibliotheken und Bildstellen an. Eine Medienanalyse zur Thematik Lasermaterialbearbeitung zeigt, dass es jedoch zahlreiche Probleme bei der Beschaffung geeigneter fertiger Medien zu dieser Thematik gibt. Zum einen ist die Verfügbarkeit von Medien zur LMB an den Standorten der Berufsbildung (z. B. Ausbildungszentren, Berufsschulen) aus Auslastungs- oder Kostengründen häufig nicht gegeben. Dies gilt insbesondere für fehlende Realien, etwa die Technik zur LMB, die Laserbearbeitungsanlagen. Zugleich sind viele der verfügbaren Medien zum Thema Laserbearbeitung, wie etwa Fachbücher oder Hochschulschriften, für die Intentionen der Berufsbildung nicht geeignet, d. h. es gibt nicht viele geeignete Medien zu dieser Thematik für die berufliche Bildung. Viele Medien zur LMB haben als Zielgruppe nicht Auszubildende, Facharbeiter, Meister und Techniker, sondern Ingenieure und Wissenschaftler, weshalb sie sich durch eine wissenschafts- bzw. forschungsorientierte, inhaltlich, gestalterisch

und sprachlich ungünstige Darstellung auszeichnen. Deshalb sind sie für die Berufsbildung meist wenig geeignet. Sie folgen damit i. d. R. auch nicht der Leitidee der beruflichen Bildung, der Vermittlung beruflicher Handlungssicherheit für die Betriebspraxis. Die Gestaltung folgt eher der Fachsystematik

statt einer Handlungssystematik. Für den Facharbeiter sind sie daher kaum fasslich. Auch ist die Aktualität einiger Medien nicht mehr gegeben, etwa bei einem Video zum Laserarbeiterschutz aus dem Jahre 1989. Dies geht einher mit verschiedenen Qualitäten der Medien. Nicht zuletzt ist der Erwerb fertiger Medien auch eine Kostenfrage, denn geeignete Medien für die Berufsbildung sind häufig sehr teuer. Nachfolgend soll ein Überblick zu fertigen Medien zur Thematik Laserbearbeitung gegeben werden (Abb. 4).

### Anpassung vorhandener Medien oder eigene Erstellung von Medien zur LMB

Zur Lösung der zuvor genannten Probleme bei der Medienbeschaffung bieten sich zwei Alternativen an, die Anpassung vorgefertigter Medien oder die Selbsterstellung von Medien.

Durch die Anpassung von Medien zur LMB kann dem Zielgruppenproblem begegnet werden. Hierbei werden fertige Medien beschafft und durch inhaltliche und/oder gestalterische Anpassung zur eigenen Intention passfähig gemacht. Der Aufwand für Anpassungen variiert von Medium zu Medium. So lassen sich Texte bei einem Lehrbuchtext leichter anpassen als Bilder und/oder Töne bei einem Video. Hierzu sind Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit den dazu

notwendigen medialen Werkzeugen eine wichtige Voraussetzung.

Medien zur LMB können aber auch selbst erstellt werden. Diese Arbeit erfordert jedoch meist auch den größten Aufwand. Mit eigenen Texten, Fotografien, Grafiken und ggf. auch Videos, die im Ergebnis der Exkursionen in Anwenderbetriebe der Laserbearbeitung (z. B. Ausbildungsbetriebe) angefertigt werden, können schließlich Präsentationen, Foliensätze, Arbeitsblätter oder auch Lernsoftware zur Thematik Laserbearbeitung erstellt werden. Zudem können Musterkoffer mit LMB-Bauteilen aus der Region zusammengestellt werden.

## Szenarien für den Medieneinsatz im Kontext beruflicher Kompetenzanforderungen

Mitarbeiter in der Lasermaterialbearbeitung müssen vielfältige Kompetenzanforderungen erfüllen (vgl. Artikel von HETZER/TAUBERT in diesem Heft). Der Berufsbildung obliegt die Ausprägung der beruflichen Handlungskompetenz zur Laserbearbeitung. Welche Medien dazu genutzt werden können, soll nachfolgend im Zusammenhang mit den jeweiligen Kompetenzanforderungen in Form von Medieneinsatzszenarien beschrieben werden.

### Technologien und Techniken der Lasermaterialbearbeitung

Eine erste wichtige Kompetenzanforderung an Anlagenführer von Laserbearbeitungsanlagen ist die sichere Realisierung der Laserbearbeitungsprozesse. Dazu benötigen sie solide Kenntnisse, Fertigkeiten und Erfahrungen zu LMB-Technologien und zur LMB-Technik. Im Hinblick auf geeignete Medien können zur präzisen Definition wichtiger Begriffe Normen genutzt werden, so etwa DIN EN ISO 11145: 2008-11 (D) („Laser und Laseranlagen“). Kenntnisse zu den Laserbearbeitungstechnologien können mittels geeigneter Lehrbücher (z. B. SCHWENK 2003, 52 ff.) oder auch mit Normen, beispielsweise mit DIN 32532: 2007-04 (D) („Laserstrahlverfahren der Materialbearbeitung“), vermittelt werden. Zum Vergleich der Laserbearbeitungsverfahren mit anderen Verfahren (z. B. Stanzen, Wasserstrahlschneiden) bieten sich Arbeitsblätter an. Kenntnisse zum Aufbau und zur Funktionswei-

se von Laseranlagen können mittels geeigneter Lehrbücher, Videos und Animationen anschaulich angeeignet werden. So können die Laserbetriebsarten durch Diagramme in Verbindung mit 2D-Animationen betrachtet werden. Experimentieranlagen ermöglichen Erkenntnisse zur Laserstrahlung. Übergreifend bietet sich der Einsatz der Ausbildungs- und Simulationssoftware LASIM an, in welcher die Laserbearbeitung behandelt wird. Die Software ermöglicht auch den autodidaktischen Kompetenzerwerb. Weitere Anschauung kann durch das Vorzeigen ausgewählter Realien, wie etwa eines Laserbearbeitungskopfes, oder durch Beobachtungen von Laseranlagen, beispielsweise bei einer Besichtigung eines laserbearbeitenden Unternehmens oder Instituts, ermöglicht werden. Fertigkeiten und Erfahrungen lassen sich nur am Realobjekt Laseranlage ausprägen. Einige wenige berufsbildende Schulen verfügen über eine Laseranlage. So nutzt die BBS II in Aurich (Niedersachsen) eine CNC-Werkzeugmaschine mit Fräs- und Lasereinheit, an welcher Mechatroniker und Technische Assistenten für Lasertechnik ausgebildet werden.

### Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzmaßnahmen

Da die enormen Gefahren der Laserstrahlung den besonderen Schutz

der Gesundheit der Maschinenführer erfordern, sind Kompetenzen zur Anwendung der Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzmaßnahmen äußerst wichtig. Für die Kompetenzentwicklung sind neben Ausführungen in Lehrbüchern auch Videos, wie etwa das Video „Schutz vor Laserstrahlung“ (1989), oder Lernsoftware, wie etwa die Lernsoftware „Lasersicherheit 2.1“ (2008), sinnvoll. Wichtige Informationen enthält die „Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung“ (BGV-B2). Zudem liefern zahlreiche Normen Informationen zum Laserarbeiterschutz, so etwa DIN EN 12198: 2008-11 (D) und DIN EN 60825: 2008-12 zum maschinenseitigen Arbeiterschutz sowie DIN EN 207: 2002-12 (D) zum persönlichen Arbeiterschutz an Laseranlagen.

### Auftragsanbahnung und Auftragsabschluss

Maschinenführern obliegt neben der Auftragsdurchführung teils auch die Mitwirkung bei der Auftragsanbahnung und beim Auftragsabschluss. Aus Sicht des Medieneinsatzes sind zum Kompetenzerwerb diverse kundenbezogene und technische Unterlagen relevant. Kundenaufträge können als problemhaltiger Ausgangspunkt des Lernprozesses dienen. Alle Phasen einer vollständigen Auftragsabwicklung sollten an einem Beispiel erör-

tert werden, etwa am Kundenauftrag zur Herstellung einer Feuerschutztür. Dabei kann zur Auswahl von Verfahren und Werkstoffen sowie zu Berechnungen der Material-, Maschinen- und Personalkosten auf Lehrbücher wie auch auf Tabellenbücher zurückgegriffen werden. Auch Realien, wie etwa Prüfmittel, werden von den Lernenden genutzt. Durch Übungsaufgaben mit steigenden Anforderungen können diese Kenntnisse und Fertigkeiten gefestigt werden.

### Arbeitsplanung für die Lasermaterialbearbeitung

Anlagenführer sind teils auch für die Arbeitsplanung für die Laserbearbeitung zuständig. Daher sind solide Kompetenzen zum CAD-Zeichnen und CNC-Programmieren gefragt, sind doch fehlerfreie CAD-Zeichnungen und CNC-Programme eine wesentliche Voraussetzung des Bearbeitungserfolges. Die Ausprägung der Kompetenzen zum CAD-Zeichnen kann mittels der gängigen CAD-Systeme erfolgen. Ausgangspunkt des Lernprozesses sollten Kundenaufträge sein, etwa in Form von Skizzen, Zeichnungen oder Produktmustern. Dazu bietet sich auch die Nutzung einer Werkstückmustersammlung zur Laserbearbeitung an. Ausgehend von den Kundenaufträgen sollte zunächst an exemplarischen CAD-Zeichnungen das prinzipielle Vorgehen beim CAD-Zeichnen für verschiedene Werkstückgeometrien der Laserbearbeitung gezeigt und anschließend geübt werden. Für die Kompetenzausprägung zum CNC-Programmieren können verschiedene CNC-Programmiersysteme genutzt werden. Zunächst sollten auf Basis der Kundenaufträge, CAD-Zeichnungen und Schachtelpläne die grundsätzlichen Arbeitsschritte zum Erstellen von CNC-Programmen für die Laserbearbeitung an beispielhaften CNC-Programmen gezeigt werden. Die Programmierung unterschiedlicher Konturelemente und die Erstellung von Technologietabellen sind zu vermitteln. Die Lernsoftware LASIM bietet eine Einführung in die Anlagenprogrammierung und ermöglicht die Simulation des Einflusses verschiedener Prozessparameter. Informationen zur laserspezifischen CNC-Programmierung liefern geeignete Lehrbücher, Tabellenbücher

Medien	Beispiele [Autor (Jahr): Titel]
Lehrbücher	Eichler, J. (2006): Laser. Bauformen, Strahlführung, Anwendungen Erhardt, K.-H. u. a. (1993): Laser in der Materialbearbeitung Schwenk, W. (2003): Laserfertigungstechnik (nicht mehr im Handel erhältlich)
Tabellenbücher	Dax, W. u. a. (2007): Tabellenbuch Metalltechnik (S. F79, LSS)
Normen	DIN-VDE (1998): Laser, Taschenbuch 508 DIN (2005): Charakterisierung von Laserstrahlen, Taschenbuch 341 DIN (2006): Lasermaterialbearbeitung, Taschenbuch 277
Zeitschriften	Directa (2008): Moderne Metalltechnik, 22. Jg., Heft 11 (S. 35)
Foliensätze	tibb e. V. (2006): Foliensatz zur Lasermaterialbearbeitung
Videos	BG Feinmechanik (1989): "Schutz vor Laserstrahlung" (VI 053) BiBB (2003): Laser als Werkzeug in der Metallbearbeitung (nicht mehr im Handel erhältlich)
Lernsoftware	Fraunhofer Institut/ILT Aachen (2006): LASIM-Schneiden/-Schweißen Fraunhofer Institut/IWS Dresden (2008): Lasersicherheit 2.1
Realien	tibb e. V. (2006): Musterkoffer mit Werkstücken der Laserbearbeitung
Technische Unterlagen	CAD-Zeichnungen, CNC-Programme, diverse Planungsunterlagen
Schulungsunterlagen	Herstellereunterlagen zu Laserbearbeitungsanlagen
Firmenpräsentationen	Präsentationsmedien der LMB-Anwender

Abb. 4: Überblick zu fertigen Medien zur Thematik Laserbearbeitung (Auswahl)



und auch Normen, so beispielsweise DIN 66025-2: 1998-09 zu CNC-Befehlen und Zusatzfunktionen für das Laserstrahlschneiden. Die Festigung der Kenntnisse und Fertigkeiten zur Arbeitsplanung sollte anhand weiterer Übungsaufgaben erfolgen.

### **Inbetriebnehmen, Einrichten und Außerbetriebnehmen sowie Be- und Entstücken**

Anlagenbedienern obliegt das Inbetriebnehmen, Einrichten, Be- und Entstücken sowie Außerbetriebnehmen ihrer Laserbearbeitungsanlage, weshalb sie Kompetenzen zur sicheren Handhabung der Anlage sowie zum Umgang mit Handhabungs- und Spanntechniken benötigen. Als Medien für die Kenntnisvermittlung bieten sich neben Lehrbüchern, Folien und Tabellenbüchern insbesondere Herstellerunterlagen an, etwa Unterlagen zur Bedienung der Laseranlage. Auch Anwenderunterlagen, wie etwa Arbeits- oder Einrichtpläne, können hier genutzt werden. Praktische Anschauung könnte durch geeignete Videos oder durch Beobachtungen am Realobjekt Laseranlage, etwa bei einer Betriebsbesichtigung, gesichert werden. Fertigkeiten und Erfahrungen lassen sich auch hier nachhaltig nur durch die Arbeit an den Laserbearbeitungsanlagen im betrieblichen Einsatz entwickeln. Auch Kompetenzen zum Be- und Entstücken von Laseranlagen mittels Handhabungs- und Spanntechniken sind sehr wichtig, ereignen sich doch beim Lastentransport zahlreiche Arbeitsunfälle. Mithilfe geeigneter Lehrbücher und Arbeitshefte können Kenntnisse zu Handhabungs- und Spanntechniken erworben werden. Anschaulichkeit kann hier ebenfalls durch Fotos oder Videosequenzen erzielt werden. Auch sollten Normen und Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften zum Umgang mit Lasten in den Lernprozess einbezogen werden.

### **Starten, Überwachen, Optimieren und Beenden des Bearbeitungsprozesses sowie Qualitätssicherung**

Zentrale Kompetenzanforderung an Maschinenführer ist die sichere Beherrschung des Laserbearbeitungsprozesses. Daher müssen sie die Prozess- und Technologieparameter

kennen und deren programm- und/oder maschinenseitige Beeinflussung sicher beherrschen. An Fallbeispielen können die jeweiligen Optimierungsmöglichkeiten besprochen und geübt werden. Dazu kann die Werkstückmustersammlung zur Laserbearbeitung genutzt werden. Im Hinblick auf Kenntnisse zu Prozess- bzw. Technologieparametern der Laserbearbeitung bieten sich geeignete Lehrbücher (z. B. ERHARDT U. A. 1993, 95 ff.) und aktuelle Tabellenbücher an, die zunehmend Übersichten zur Laserbearbeitung enthalten, etwa zu Einstellwerten für das Laserstrahlschneiden. Auch Normen können genutzt werden, so etwa DIN 32516: 2000-12 (D) („Thermische Schneidbarkeit metallischer Bauteile“). Mittels des Ausbildungs- und Simulationsprogramms LASIM ist der Einfluss der verschiedenen Prozessparameter auf den Bearbeitungserfolg simulierbar. Hinsichtlich der Qualitätssicherung bei der Lasermaterialbearbeitung können zunächst ebenfalls geeignete Lehrbücher und Arbeitshefte genutzt werden. Zudem bietet sich die Nutzung von Normen an, wie etwa beim Laserstrahlschneiden DIN EN 12584: 1999-06 (D) („Unregelmäßigkeiten an Laserstrahlschnitten“) und DIN EN ISO 9013: 2003-07 („Qualität von Schnittflächen“). Auch Anwenderunterlagen, wie zum Beispiel Prüfpläne, können hier eingesetzt werden.

### **Wartung und Instandsetzung von Laserbearbeitungsanlagen**

An Anlagenführer werden auch Anforderungen hinsichtlich der Kompetenz zur Wartung und Instandsetzung von Laseranlagen gestellt, denn zum sicheren Betrieb von Laseranlagen gehört auch deren regelmäßige Wartung und Instandsetzung. Aus medialer Sicht bieten sich als Ausgangslage des Lernprozesses betriebspraktische Problemfälle an. An typischen Fällen sollten exemplarisch Wartungs- und Instandsetzungsstrategien aufgezeigt und anschließend anhand weiterer Fälle geübt werden. Zur Kenntnisvermittlung können geeignete Lehrbücher genutzt werden. Auch Anwenderunterlagen, wie zum Beispiel Wartungs-/Instandsetzungspläne, Fehlercodetabellen und Bedienungsanleitungen, können hier genutzt werden. Anschaulichkeit kann durch geeignete Videos gesichert werden.

## **Zusammenfassung und Ausblick**

Berufliche Aus- und Weiterbildung hat die Aufgabe, die für die Lasermaterialbearbeitung erforderlichen Kompetenzen bei den Mitarbeitern an Laseranlagen auszubilden. Zur Ausgestaltung der Bildungsangebote ist, besonders bedingt durch die Komplexität und die Gefahren der Laserbearbeitungsprozesse, der Einsatz geeigneter didaktischer Medien unerlässlich. Diese Medien können dabei zahlreiche Funktionen wahrnehmen. Nach der jeweiligen Leit- bzw. Hauptfunktion können Medienarten und zugehörige Beispiele für die Laserbearbeitung benannt werden. Neben der Eignung ist insbesondere auch die Beschaffbarkeit der Medien sehr wichtig. Medien zur Laserbearbeitung können durch Fremdfertigung, Anpassung vorgefertigter Medien oder Selbstfertigung beschafft werden. Zur Ausprägung der Kompetenzen bei Mitarbeitern an Laserbearbeitungsanlagen werden mögliche Medienanwendungsszenarien beschrieben. Insgesamt zeigt sich, dass es für die Berufsbildung zwar schon einige geeignete Medien zur Thematik Laserbearbeitung gibt, dass die Mehrzahl der Medien aber ungeeignet ist. Daher erscheint es notwendig, weitere geeignete Medien für diesen Bereich zu entwickeln. So könnten interaktive Lernumgebungen zur Thematik gestaltet werden, die auch ein selbst gesteuertes Lernen ermöglichen. Wenn es organisatorisch und technisch möglich ist, könnte und sollte ein Teil der Medienarbeit von den Bildungseinrichtungen selbst geleistet werden.

## **Literatur**

- ARNOLD, R./KRÄMER-STÜRZL, A. (1999): Berufs- und Arbeitspädagogik. 2. Auflage, Berlin.
- BONZ, B. (1999): Methoden der Berufsbildung. Stuttgart.
- SIMMERT, H. (2008a): Vorlesung Bildungstechnologie. Teil 1: Didaktische Medien – Grundlagen. Vorlesungsbegleitende Unterlagen für das WS 2008/2009, TU Dresden.
- SIMMERT, H. (2008b): Vorlesung Bildungstechnologie. Teil 2: Medien-Funktionen für Lernen und Lehren. Vorlesungsbegleitende Unterlagen für das WS 2008/2009, TU Dresden.

TAUBERT, M. (2007): Lasermaterialbearbeitung als Gegenstand der metalltechnischen Erstausbildung – Konzept für die Integration des Laserstrahlschneidens in

den Berufsschulunterricht ausgewählter Metallberufe. Unveröffentlichte Wissenschaftliche Arbeit zum Ersten Staatsexamen, TU Dresden.

TAUBERT, M. (2008): Laserstrahlschneiden – Ein neues Thema für den Berufsschulunterricht. In: lernen & lehren, 23. Jg. Heft 91, S. 118-123.

Jörg Biber/Sven Käbber

# Überlegungen zur Integration des Laserschneidens in den Berufsschulunterricht am Beispiel des Ausbildungsberufes Konstruktionsmechaniker/-in

## Einleitung

Der Einsatz innovativer Trennverfahren wie Laserschneiden und Wasserstrahlschneiden führt zu veränderten Arbeits- und Qualifikationsanforderungen an die Facharbeiter. Um innovative Trennverfahren in die Ausbildung von Konstruktionsmechanikern einzu beziehen wurden u. a. Arbeitshandlungen in einem Unternehmen analysiert. Die Ergebnisse der beruflichen Arbeitsaufgaben wurden verallgemeinert und ergaben die in *Abb. 2* aufgeführten Arbeitshandlungen. Einige dieser Handlungen wurden von allen Anlagenfahrern ausgeführt, nahmen zeitmäßig den Hauptteil der Tätigkeiten ein und sind damit die Kerntätigkeiten. Ähnliche Ergebnisse belegen weitere Untersuchungen (z. B. TAUBERT 2008 und der Beitrag von TAUBERT in diesem Heft). Um den beobachteten Arbeitshandlungen dazu erforderliche Leistungsvoraussetzungen der Anlagenfahrer besser zuordnen zu können, wurden betriebliche Akteure befragt und mit ihnen die Zuordnung beraten. Ein Abgleich mit dem Rahmenlehrplan zeigt, dass für eine berufsbezogene Integration innovativer Trennverfahren in den Berufsschulunterricht die Lernfelder 5, 8 und 9 von Bedeutung sind. Sinnvoll erscheint es – auch unter Berücksichtigung von Ausführungen von TAUBERT (2008) – alle Auszubildenden des Berufes in zwei Lerneinheiten mit innovativen Trennverfahren zur Bauteilherstellung zu konfrontieren. Die Lerneinheit 1 könnte dabei entweder im Lernfeld (LF) 5, 8 bzw. 9 zum Ein-

satz kommen. Die zweite Lerneinheit ist für das LF 8 bzw. 9 vorgesehen.

### Lerneinheit 1: „Vergleich von Trennverfahren zur Bauteilherstellung“

Diese Lerneinheit sollte fester Bestandteil der schulischen Ausbildung sein. Sie kann z. B. in die Lernsituation 5.1 „Herstellen und Montieren einer Abzugsvorrichtung“ (SMK 2005, S. 33) integriert werden (*Abb. 1*). Hierbei sollen die Lernenden in Gruppenarbeit Informationsmaterial zu mehreren Trennverfahren (u. a. zum Laserstrahlschneiden) analysieren, ihre Ergebnisse auf Postern (siehe *Abb. 3* und *4*) präsentieren und begründet vorgegebene Teile einem Verfahren zuordnen. Die analysierten Trennverfahren werden miteinander verglichen, erste Vor- und Nachteile erkannt und geeignete Verfahren zur Herstellung einer Baugruppe aus Blech (z. B. Abzugsvorrichtung) ausgewählt. Es wird angestrebt, dass die Lernenden sich Grundkenntnisse zu einzelnen Trennverfahren aneignen und die analysierten Trennverfahren wiederum in die Übersicht zu der Fertigungshauptgruppe Trennen einordnen können. Die Kompetenzentwicklung zielt auf den Vergleich von Trennverfahren unter fertigungstechnischen und ökonomischen Gesichtspunkten sowie die Auswahl geeigneter Verfahren für zu realisierende Fertigungsaufgaben (ebd.), weshalb sich das in *Abb. 5* dargestellte Unterrichtskonzept an das Artikulationsschema zum Unterrichts- und Ausbildungsverfahren „Vergleich“

Die Lernsituation 5.1 „Herstellen und Montieren einer Abzugsvorrichtung“ mit einem Umfang von 80 Unterrichtsstunden (Ustd.) ist dem Arbeitsmaterial des Sächsischen Staatsministeriums für Kultus entnommen, welches auf dem Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf „Konstruktionsmechaniker/-in“ basiert. Mit dem Arbeitsmaterial soll die handlungsorientierte Unterrichtsplanung und -durchführung unterstützt werden. Den Ausgangspunkt dieser Lernsituation bildet der Auftrag: „Für die Herstellung einer Abzugsvorrichtung gilt es notwendige Blechzuschnitte zu entwickeln sowie geeignete Trenn-, Umform- und Fügeverfahren nach funktions- und fertigungstechnischen Gesichtspunkten auszuwählen“ (SMK 2005, S. 33). In der Planungsphase (35 Ustd.) sind nach der Analyse des Auftrages sowie von Anordnungsplänen und Gesamtzeichnungen, Abwicklungen erforderlicher Blechbauteile vorzunehmen, der Blechbedarf einschließlich von Blechzugaben zu berechnen und Blechwerkstoffe auszuwählen. Die Durchführungsphase (35 Ustd.) beinhaltet die Betrachtung und Auswahl von Verfahren zum Trennen, zur Blechumformung und zum Fügen. In der Auswertungsphase (10 Ustd.) sind der Herstellungsprozess einer Baugruppe im Team zu beurteilen, Optimierungsmöglichkeiten zu erkennen und Ergebnisse zu dokumentieren, zu reflektieren und zu präsentieren.

*Abb. 1: Lernsituation 5.1 (Quelle:SMK 2005, S. 33)*



Arbeits-handlungen	Leistungsvoraussetzungen (erforderliche Kenntnisse, Fertigkeiten)
(1) Kunden-anfrage/ Angebots-erstellung/ Fertigungs-planung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erfassen des Arbeitsauftrages mit Arbeitsunterlagen (Auftragseingang)</li> <li>- (Das Programm erstellt meistens ein NC-Programmierer oder es kommt als Datenfile vom Kunden. / Einfache Programme zur Teilfertigung und für Probeschnitte müssen die Anlagenfahrer selbst entwickeln.)</li> <li>- CNC-Programm anfordern, in den Maschinenspeicher laden und CAD-Zeichnungen sowie technologische Vorgaben interpretieren</li> <li>- Besonderheiten der Laserstrahlbearbeitung und Abgleich technologischer Vorgaben mit Anlagenmöglichkeiten</li> <li>- Erfahrungen zum Bearbeitungsverhalten verschiedener Werkstoffe</li> <li>- Prüfen und ggf. Schachteln der zu bearbeitenden Teile</li> <li>- Testen des CNC-Programms (separater PC-Platz)</li> </ul>
(2) Inbetrieb-nahme und Einrichten Der Anlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlagenaufbau, Spezifik einzelner Komponenten</li> <li>- Inbetriebnahmeschrittfolge / Hochfahren der Anlage</li> <li>- Festlegen der Anfahrbedingungen</li> <li>- ggf. Modifizieren des CNC-Programms</li> <li>- Probeschnitt herstellen (eventuell) und ggf. Probeteil ausmessen</li> <li>- Anwenden von Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen</li> </ul>
(3) Bestücken der Palette und Einfahren in die Anlage <i>Kerntätigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antransport der Blechtafeln</li> <li>- Bestücken der Anlagenpalette mit Blechtafel/n</li> <li>- Notwendigkeit und Möglichkeiten des Spannens der Blechtafeln entsprechend der Anlagen-/Teilespezifik</li> <li>- Nutzen von Handhabungs- und Lagersystem</li> <li>- Anwenden von Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen</li> </ul>
(4) Starten und Überwachen der Anlage <i>Kerntätigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starten der Laserstrahlchneidanlage (P-START)</li> <li>- Kenntnisse/Erfahrungen zum Laserstrahlchneiden</li> <li>- Überwachen, ggf. Optimierung der Bearbeitungswerte</li> <li>- Anwenden von Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen</li> </ul>
(5) Stop der Bearbeitung/ Werkstück-entnahme <i>Kerntätigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beendigung der Laserstrahlbearbeitung (P-STOP)</li> <li>- Ausfahren der Palette</li> <li>- Entnahme der Blechzuschnitte (Werkstücke)</li> <li>- (Bei erforderlicher Blechspannung, diese lösen.)</li> <li>- Entnahme der Blechreste</li> <li>- Anwenden von Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen</li> </ul>
(6) Qualitäts-kontrolle/ Programm-korrektur bzw. -optimierung <i>Kerntätigkeit</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Möglichkeiten der Qualitätskontrolle</li> <li>- Umgang mit Prüfmitteln und Prüfprotokollen</li> <li>- Interpretieren der Prüfergebnisse / ggf. Korrektur des CNC-Programms</li> <li>- Prüfen und Auswerten aller Daten des Bearbeitungsprozesses und Prüfung von Möglichkeiten einer Optimierung des Fertigungsprozesses</li> <li>- ggf. Veränderung (Optimierung) des CNC-Programms</li> </ul>
(7) Instand-halten der Anlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lesen und Interpretieren des Wartungsplanes</li> <li>- Durchführen aller Aufgaben der Routineinstandhaltung</li> <li>- Unterstützung eventueller Instandsetzungsarbeiten</li> <li>- Anwenden von Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen</li> </ul>
(8) Außerbe-triebnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Außerbetriebnahmeschrittfolge / Herunterfahren der Anlage</li> <li>- Anwenden von Arbeits- und Umweltschutzmaßnahmen</li> </ul>

Abb. 2: Übersicht zu Arbeitshandlungen und den jeweiligen Leistungsvoraussetzungen

anlehnt (vgl. PAHL 2008, S. 339 ff.). Mit dem Unterrichtskonzept soll u. a. gesichert werden, dass das Laserschneiden als thermisches Trennverfahren schon im LF 5 vergleichend mit anderen Trennverfahren vorgestellt, analysiert und bewertet wird. Mögliche Vergleichsschwerpunkte können z. B. sein: Materialstärke, bearbeitbare Werkstoffe, Rauheit der Schnittfläche und Maßhaltigkeit. Die Gruppenarbeit ermöglicht eine parallele Analyse und

Bewertung der Trennverfahren. Die Ergebnisse werden präsentiert. Dadurch erhalten alle Auszubildenden Informationen zu den analysierten Trennverfahren. Diese Informationen werden wiederum im Sinne der Festigung in größere Zusammenhänge (Übersichten) eingeordnet. So bietet es sich an, dass die Lernenden z. B. das Trennverfahren Laserschneiden der Gruppe Abtragen (DIN 8590) sowie

das Abrasiv-Wasserstrahlchneiden dem Strahlspannen (DIN 8589) zuordnen. Die Lerneinheit 1 hat einen zeitlichen Umfang von ca. drei bis vier Unterrichtsstunden, je nachdem wie viele und wie umfassend die verschiedenen Trennverfahren analysiert werden.

**Lerneinheit 2: „Erkundung von Arbeitsabläufen und der Funktionsweise mehrerer Trennverfahren“**

Im Lernfeld 8 wird eine Reaktivierung und gezielte Erweiterung der Überblickskenntnisse zu den Trennverfahren aus dem LF 5 (z. B. Lerneinheit 1) angestrebt. Dazu wird sich in der Lernsituation 8.1 „Herstellen des Stützlagers für eine Pendelstütze“ (SMK 2005, S. 37) bei der Auswahl geeigneter Trennverfahren umfangreicher mit Aspekten entsprechender Technik und Arbeitsprozesse auseinandergesetzt. Um möglichst einen realitätsnahen Eindruck hinsichtlich der Technik sowie der Arbeitshandlungen der Anlagenfahrer zu erhalten, wird eine Betriebsbesichtigung mit Aspekt erkundung vorgeschlagen. Für die Erkundung der Arbeitsabläufe und Funktionsweise von Anlagen zum Trennen konnte das Technologiezentrum der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden gewonnen werden. Mit dem Werk-

stattmeister wurde das gleichzeitige Vorstellen von drei Trennverfahren vereinbart. Jede Lerngruppe lernt im Rotationsprinzip alle drei Trennverfahren kennen. Für die Vorstellung des Anlagenaufbaus und der Arbeitsabläufe sowie für das Beantworten von Fragen werden ca. 20 bis 25 Minuten vorgesehen. Zur besseren Vergleichbarkeit der Arbeitsabläufe und Funktionsweise wird auf allen drei Anlagen



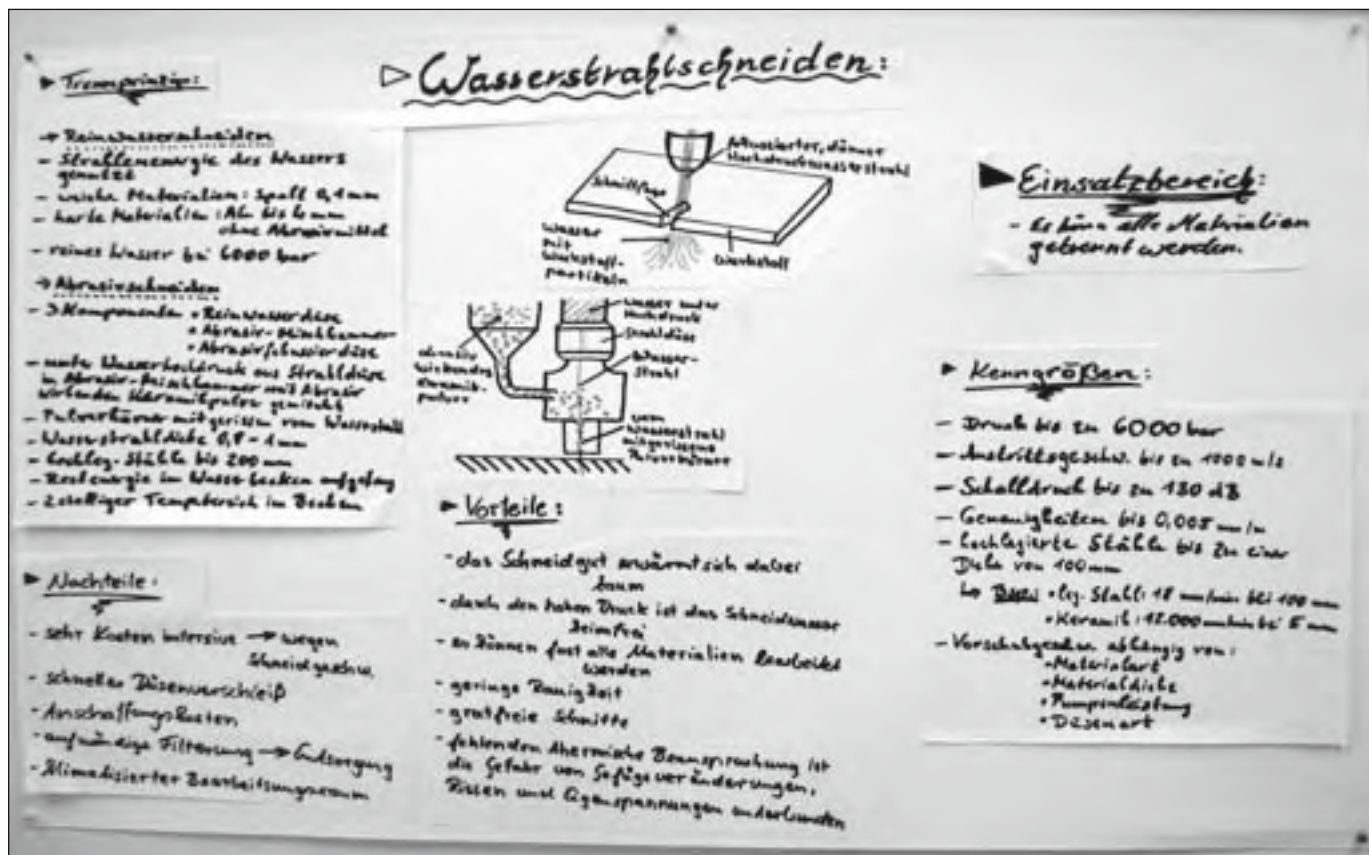


Abb. 3: Beispiel für ein Poster zum Trennverfahren „Wasserstrahlschneiden“

das gleiche Bauteil hergestellt. Den Lernenden wurden Materialien zur Verfügung gestellt, in denen z. B. die Materialkosten, Schneidkosten oder Teilkosten für verschiedene Stückzahlen (1, 10, 100), Rüstzeiten, Rauheiten der Schnittfläche, Maßhaltigkeit, max. Materialstärke etc. für das jeweilige Verfahren angegeben sind.

Die Lehrkraft orientiert sich beim Einstieg in die Lerneinheit 2 darauf, dass die Erkundung zwei Schwerpunktbereiche umfassen sollte. Zum einen geht es (z. B. unter Einbeziehung der Poster) um die Erfassung von konkreten, anlagenbezogenen Informationen (anlagenbezogene Erkundung in der Kombination von Technik und Verfahren). Zum anderen stehen die beruflichen Arbeitshandlungen der Anlagenfahrer im besonderen Interesse der Lernenden (arbeitsprozess- und qualifikationsbezogene Erkundung). Damit die Lernenden sich in der relativ kurzen Vorbereitungszeit tiefgründig mit den Erkundungsschwerpunkten beschäftigen können, wird eine Teilung der Gruppen vorgesehen. Um die Ler-

nenden zu unterstützen, wird gemeinsam ein Raster von Verfahrensmerkmalen sowie von Handlungsbereichen entwickelt. Wenn die Lernenden noch Hinweise zur Vervollständigung des Arbeitsablaufes benötigen, dann kön-

nen sie den Arbeitsablauf auf der CD „NC-Laserschneiden“, analysieren. Auf der Grundlage der entwickelten Raster gestaltet jede Gruppe für die Erkundung der Trennverfahren einen Befragungs- und Beobachtungsplan.



Abb. 4: Präsentation der Analyseergebnisse durch die Lernenden

Handlungsschritt	Kommentar
<b>(1) Vergleichsanlass</b>	
Die Auswahl geeigneter Trennverfahren zur Bauteilherstellung bedarf der Kenntnis mehrerer Trennverfahren.	Auf die Problematik der Auswahl geeigneter Trennverfahren wird kurz eingegangen. Die Lernenden bilden Lerngruppen. Jede Gruppe erhält ein anderes, durch Trennen hergestelltes Teil in gut sichtbarer Größe. Die Aufgabe für die Auszubildenden lautet: Analysieren Sie das Teil und speziell die Schnittfläche! Durch welches Trennverfahren wurde das Teil hergestellt.
<b>(2) Intuitives Vergleichen, Hypothesenbildung</b>	
Die Lernenden präsentieren ihre Analyseergebnisse und äußern Vermutungen zu den angewendeten Trennverfahren.	Ein Gruppenvertreter erläutert die Analyseergebnisse, benennt das mögliche Trennverfahren und schreibt alles an die Tafel (z.B. Laserschneiden/glatte Oberfläche der Schnittfläche, fein geriffelt/Anlassfarben sichtbar). Teilweise können nur vage Vermutungen angestellt werden. Die genannten Verfahren können jetzt oder besser später (siehe 6) in die Übersicht zur Fertigungshauptgruppe Trennen eingeordnet werden. Die Lernenden wünschen sich Informationen bzw. wollen auf Informationssuche gehen, um die Aufgabe zu erfüllen. Sie sind für den weiteren Lernprozess motiviert.
<b>(3) Vergleichsplanung mit Vergleichszielformulierung</b>	
Die für einen Vergleich der Trennverfahren relevanten Aspekte werden zusammengetragen.	Die Lernenden erkennen, dass sie das Info-Material unter gleichen Kriterien analysieren müssen. Sie schreiben Kriterien auf Kärtchen, befestigen sie an der Pinnwand (z.B. Bezeichnung/Funktionsweise/Anlagenparameter), diskutieren und ordnen sie. Mit dem Vergleich erhalten sie Aussagen zu Einsatzmöglichkeiten.
<b>(4) Ermitteln der Vergleichsobjekte</b>	
Es wird der Arbeitsauftrag gestellt: Analysieren Sie bitte das Info-Material! Stellen Sie Ihr Trennverfahren auf einem Poster vor! Ordnen Sie Ihrem Verfahren das richtige Bauteil zu!	Info-Material (Auszüge aus Fachbüchern, Herstellerbroschüren) zu neuen Trennverfahren wird bereitgestellt. Diese Verfahren werden in das Gefüge der Trennverfahren (DIN 6580) eingeordnet (z.B. Laserstrahlschneiden-Abtragen/Abrasiv-Wasserstrahlschneiden-Strahlspanen). Jede Gruppe entscheidet sich für ein Trennverfahren, mit dem ihr Bauteil hergestellt wurde. Die Lernenden setzen sich mit dem Material auseinander und erhalten nach ca. 10 Minuten die Gelegenheit, ihre Zuordnungsentscheidung zu revidieren. Auch das Internet kann genutzt werden.
<b>(5) Kontrolle bzw. Ergänzung der Vergleichsaspekte</b>	
Die Aspekte und die gewählten Trennverfahren werden geprüft, ev. geändert.	Die Gruppe bestätigt ihr gewähltes Verfahren oder entscheidet sich neu. Alle Gruppen äußern sich nochmals kurz zu den Kriterien und zu deren Anordnung auf dem Poster. Veränderungen sind möglich, z.B. Aufnahme des Arbeitsschutzes oder Anlagenkomponente.
<b>(6) Anwendung der Vergleichsaspekte</b>	
Jede Gruppe analysiert ihr gewähltes Trennverfahren und prüft deren Anwendung auf ihr Bauteil.	Die Gruppen informieren sich, gestalten Poster und stellen sie vor. Jede Gruppe begründet die Verfahrenszuordnung und ordnet das Verfahren in die Verfahrensübersicht ein. Wenn erforderlich, werden die Informationen ergänzt bzw. die Teilezuordnung korrigiert. Die Ausführungen haben schon vergleichenden Charakter.
<b>(7) Vergleichsdurchführung</b>	
Im Vergleich werden Besonderheiten, Unterschiede u. Anwendungsbereiche zusammengetragen.	Jede Gruppe vergleicht ihre Ergebnisse mit denen der anderen Gruppen. Die Diskussion um die Eignung der einzelnen Trennverfahren für bestimmte Anwendungsbereiche soll in Regie der Lernenden erfolgen. Grundlage dazu bilden die Poster. Die Möglichkeiten der Verfahren werden miteinander abgewogen.
<b>(8) Darstellung und Bewertung der Vergleichsergebnisse</b>	
Die Bewertung der Einzelergebnisse wird durch die Lernenden zusammengefasst.	Jede Gruppe stellt zu einem Kriterium (z.B. Qualität der Schnittfläche, Maßhaltigkeit, Materialstärke) das Ergebnis ihres Vergleiches vor (z.B. Flipchart). Die wesentlichen Ergebnisse werden tabellarisch erfasst. Vor- u. Nachteile werden sichtbar und im Verfahrenvergleich mögliche Anwendungsbereiche herausgearbeitet.
<b>(9) Vergleichsanwendung und Transfer</b>	
Die Lernenden sprechen kurz über ihre gesammelten Erfahrungen und wenden diese an.	Variante 1: Es wird ein neues Teil vorgestellt und Bedingungen für deren Fertigung vorgegeben. Die Lernenden unterbreiten Vorschläge, mit welchem Trennverfahren es herzustellen ist. Variante 2: Lernende nennen Werkzeuge/Maschinen zum Trennen und beurteilen deren Eignung für anstehende Blechbearbeitungen.

Abb. 5: Verlauf in der Lerneinheit 1

Zur Erkundung begibt sich jede Gruppe an eine Anlage und die Fachkräfte stellen die Anlage vor, zeigen wichtige Komponenten, erläutern deren Funktion und demonstrieren Arbeitshandlungen zur Herstellung des Bauteils. Sie gehen auf Anfragen der Auszubildenden ein. Die gewonnenen Informationen werden in den Plänen notiert (z. B. die gestoppte Fertigungszeit).

Im folgenden Unterricht trägt jede Gruppe ihre Erkundungsergebnisse am PC in zwei Übersichten ein. Wesentliche Ergebnisse werden anschließend mittels Beamer vorgestellt und ergänzt. Durch die folgende vergleichende Betrachtung der Fertigungsverfahren haben die Lernenden sehr gut u. a. die Vorteile, Nachteile und Anwendungsgebiete der einzelnen Verfahren, die Arbeitshandlungen sowie Anlagenbesonderheiten herausgearbeitet. Wesentliche Ergebnisse werden für alle Auszubildenden ausgedruckt. Weitere Aussagen zur Lerneinheit 2 können dem Ablaufplan entnommen werden (Abb. 6). Die Fertigungsanalyse bildet den speziell zu untersuchenden Aspekt bei der anvisierten Betriebsbesichtigung mit Aspekterkundung. Das Konzept für die Lerneinheit 2 orientiert sich deshalb am Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren Fertigungsanalyse nach PAHL (2005, S. 115 ff.) – eingeordnet in Aussagen zum Verlauf der Betriebserkundung (ebd., S. 62 ff.).

Für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Erkundung von Trennverfahren in der Lerneinheit 2 werden jeweils zwei Unterrichtsstunden, also insgesamt sechs Unterrichtsstunden benötigt.

### Schlussbemerkungen

Die vorliegenden Lerneinheiten wurden im Rahmen der schulpraktischen Übungen von Studierenden des höheren Lehramtes an berufsbildenden Schulen mit zwei Klassen Konstruktionsmechaniker/-innen des Beruflichen Schulzentrums für Technik „Gustav Anton Zeuner“ Dresden sowie mit einer Gruppe Auszubildender der TU Dresden durchgeführt.

Die Reaktionen der Lernenden auf diesen didaktisch-methodisch abwechslungsreichen Unterricht waren durchweg positiv: Sie haben mit großem En-



Handlungsschritt	Kommentar
<b>(1) Vorbereitung der Erkundung von Trennverfahren</b>	
Wiederholung anlagenbezogener Merkmale mehrerer Trennverfahren	
Die Erkundung wird vorbereitet, in dem Merkmale der Trennverfahren analysiert sowie Fragen und Beobachtungsschwerpunkte zugeordnet werden.	Den Lernenden wird die Möglichkeit einer Erkundung mehrerer Trennverfahren eröffnet. Sie sind sehr an konkreten Informationen interessiert, z.B.: Wie läuft der Fertigungsprozess ab? Welche Aufgaben übernimmt der Anlagenfahrer? Als Grundlage analysieren sie ihre Poster und stellen gruppenweise verfahrensbezogene Fragen, z.B.: Welche Nennleistung hat der Laser? Welche Materialien können bis zu welcher Materialstärke mit dem Laser geschnitten werden? Einige zu erfragende Sachverhalte werden in einer Übersicht erfasst und bilden einen Teil der Erkundung.
Intuitive Vorklärung des Fertigungsablaufes	
Es ist ein Teil (TU-Logo) zu fertigen. Die Gruppen äußern Vermutungen zu möglichen Arbeitsschritten.	Die Lernenden erhalten die Zeichnung (TU-Logo). Der „Kunde“ stellt eine Anfrage an den Hersteller. Was passiert mit der Zeichnung? Die Lernenden bringen ihre Erfahrungen zu Trennverfahren und zum Fertigungsablauf ein und nennen spontan einige Arbeitsschritte. Diese werden angepinnt, diskutiert und geordnet. Unterstützend kann die CD „NC-Laserschneiden“ zum Einsatz kommen.
Analyse der Fertigungsanlage und des Fertigungsauftrages	
In Gruppenarbeit wird sich mit den einzelnen Arbeitsschritten beschäftigt. Die Fertigungsabfolge wird rekonstruiert.	Jede Gruppe ordnet den Handlungsbereichen Arbeitsschritte zu: (1) Fertigungsvorbereitung (Kundenanfrage/Zeichnung, Kenndaten/Angebot/Auftragsbestätigung des Kunden/CNC-Programmierung) (2) Bestücken/Inbetriebnahme (Schrittfolge/Fertigungsparameter/Programmmodifizierung/Einrichteplan/Probeschnitt) (3) Fertigung (Start/Überwachung/Stopp/Teileentnahme) (4) Kontrolle (Qualitätskontrolle/Fertigungsoptimierung) (5) Routineinstandhaltung (Wartung) (6) Außerbetriebnahme Diese kommen an die Pinnwand und bilden einen Leitfaden.
Befragungs- und Beobachtungsplan auf der Grundlage einer Fertigungsanalyse	
Die Lerngruppen entwickeln einen Befragungs- und Beobachtungsplan.	Die Gruppen formulieren Fragen und ordnet diese den Bereichen zu (Pinnwand). Mögliche Fragen können sein: zu 1) Wer erstellt das CNC-Programm? Zu 2) Was ist beim Spannen des Materials zu beachten? Es wird eine Aufgabenverteilung in den Gruppen angeregt.
Organisatorische Vorbereitung der Verfahrenserkundung	
Es erfolgen Absprachen zum Erkundungsablauf.	Es werden u.a. Treffpunkt, Treffzeit, Verhalten, Besichtigungsdauer, usw. abgesprochen. Speziell wird darauf eingegangen, dass das Erkunden der Trennverfahren in drei Gruppen parallel erfolgt.
<b>(2) Durchführung der Erkundung zu mehreren Trennverfahren</b>	
Fertigungsanalyse am Realprozess an mehreren Anlagen zum Trennen	
Die Lernenden erkunden die Arbeitsabläufe an drei verschiedenen Anlagen.	Durch den Erkundungsplan (Fragen/Beobachtung) sind die Lernenden ganz gezielt auf die Erkundung vorbereitet. Sie dokumentieren ihre gesammelten Informationen (Notizen, Skizzen, wenn möglich Fotos, Produkte, Zeichnungen usw.). Gleichzeitig erfahren sie einiges zum Aufbau und zur Wirkungsweise der jeweiligen Anlage.
<b>(3) Auswertung der Ergebnisse zur Erkundung des Trennverfahrens/der Trennverfahren</b>	
Sichern und Ergänzen der Erkundungsergebnisse	
Die Lernenden schildern kurz ihre Eindrücke.	Auf die Frage: Was hat Ihnen bei der Erkundung gefallen? - äußern die Lernenden spontan einige Eindrücke. Sie begründen ihre Aussagen und äußern sich dazu, wo noch Klärungsbedarf besteht.
Eintragen der Ergebnisse der Erkundung in Übersichten	
Die Lernenden analysieren ihre Ergebnisse und ordnen sie in die Übersichten ein.	Jede Gruppe analysiert ihre Erkundungsergebnisse und trägt das jeweilige Teilergebnis in den entsprechenden Teil der zwei vorgegebenen Übersichten (1. verfahrensorientiert/2. arbeitsprozessorientiert) im Laptop bzw. PC ein. In der Übersicht sind je Merkmals- bzw. Handlungsbereich alle drei Verfahren abgebildet.
Ergebnispräsentation	
Jede Gruppe stellt wesentliche Erkundungsergebnisse im Plenum vor.	Mittels Beamer stellen die Gruppen wesentliche Erkundungsergebnisse vor (1. Teil: verfahrensbezogen/2. Teil: arbeitsprozessbezogen). Einige Aussagen werden vergleichend bewertet sowie mit Aussagen im Poster verglichen. Die zusammengetragenen Ergebnisse werden für alle ausgedruckt.
<b>(4) Transfer</b>	
Vergleich und Einordnung	
Die Lernenden werten ihre Ergebnisse und nennen ihre Erfahrungen.	Der Transfer kann sich auf weiterer Fertigungsanalysen als auch auf eine Schrittfolge zur Durchführung von Betriebsbesichtigungen beziehen. Die Eignung der einzelner Verfahren für bestimmte Anwendungsfälle kann abgewogen werden.

gagement ihre Poster entwickelt und die Trennverfahren vorgestellt. Das parallele Informieren und anschließende Erkunden von mehreren Trennverfahren in Verbindung mit den sehr guten Möglichkeiten des Vergleichs fand bei den Lernenden Anklang. Von den Möglichkeiten der erlebten Verfahren waren sie begeistert. Bei der Vorstellung und Diskussion der Erkundungsergebnisse wurde deutlich, dass sie sehr genau zugehört und beobachtet hatten. Die Studierenden wiederum waren gezwungen, sich sowohl mit verfahrens- und arbeitsprozessorientierten Sachverhalten auseinanderzusetzen als auch die Koordinierung der Lernorte sowie die Nutzung unterschiedlicher Medien zu organisieren. Sie konnten sich im Unterrichten ausprobieren, erhielten viele Anregungen und umfangreiche Unterstützung von allen Beteiligten: Insgesamt haben sie viel dazugelernt. Von den Lernenden bekamen sie ein ehrliches Feedback ihrer Ideen. Diese Form der Schulpraktischen Übungen hat verdeutlicht, welche Lernchancen sich durch die Kooperation der verschiedenen Lernorte sowohl für Auszubildende und Studierende für berufsbildende Schulen als auch für Lehrende eröffnen.

Unterstützt wurde dieses Vorhaben durch den Mentor am BSZ Technik, Herrn KÖRNER, und dem verantwortlichen Ausbilder an der TU Dresden, Herrn ARNHOLD, der auch die Kooperation mit dem Technologiezentrum ermöglichte.

### Literatur

PAHL, J.-P. (2005): Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren. Bielefeld.

PAHL, J.-P. (2008): Bausteine beruflichen Lernens im Bereich „Arbeit und Technik“. Bielefeld.

SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR KULTUR (SMK) (Hrsg.) (2005): Arbeitsmaterial für die Berufsschule – Konstruktionsmechaniker/-in. August 2005.

TAUBERT, M. (2008): Laserstrahlschneiden – Ein neues Thema für den Berufsschulunterricht. In: lernen & lehren, 23. Jg. (2008), Heft 91, S. 118–123.

Abb. 6: Verlauf in der Lerneinheit 2



Horst Mirbach

## Eindeutiger Qualitätsbegriff

### Die „Hamburger Erklärung“ zur Qualität in der beruflichen Bildung

Eindeutigkeit und „Qualität“ in der beruflichen Bildung – gibt es größere Gegensätze? Fragte man fünf Personen nach der Definition von „Qualität“ in der beruflichen Bildung, so gab es bisher mindestens fünf verschiedene Antworten. In Deutschland gebe es „kein einheitliches Verständnis des Qualitätsbegriffs (in der beruflichen Bildung) ... und ... die in der Praxis angewandten Methoden und Instrumente (stellen) keine validen Standards und Indikatoren zur Qualitätssicherung dar ...“ stellte das Bundesministerium für Bildung und Forschung noch Ende 2007 in Anlehnung an Gutachten von EULER und SPÖTTL fest, in denen die bisherige Begriffsverwirrung aufgezeigt und analysiert wurde. Aber kann dies auf Dauer so bleiben?

Auf dem 5. Fernausbildungskongress der Bundeswehr 2008 wurde der Versuch unternommen, diese Verwirrung um „Qualität“ in der beruflichen Bildung zu lösen. Denn unklar ist nicht der Begriff der Qualität in der beruflichen Bildung als solcher, sondern nur die (häufige) Art der Verwendung dieses Wortes. Es gibt seit langem einen eindeutigen, trennscharfen Begriff der Qualität, den wir auch in Deutschland in der beruflichen Bildung übernehmen können. Er betrifft Produkte aller Art ebenso wie Dienstleistungen aller Art – ingenieurtechnische ebenso wie z. B. ärztliche und wird in der Europäischen Union bereits seit längerem auch im Bereich der beruflichen Bildung benutzt.

Im September 2008 wurde in Hamburg diskutiert, welche Folgen ein solcher genauer Qualitätsbegriff für Wissenschaft und Praxis in der beruflichen Bildung hat. Das Ergebnis war: Es ist kein triftiger Grund ersichtlich, warum dieser international übliche wissenschaftliche Qualitätsbegriff nicht auch auf Dienstleistungen der Bereiche allgemeine und berufliche Bildung angewandt werden sollte. Positiv ist vielmehr, dass die deutsche Berufsbil-

dung auf diese Weise dialogfähig wird und den Anschluss an andere Bereiche gewinnt, d. h. in den Unternehmen an die Bereiche Entwicklung, Produktion und den kaufmännischen Bereich, innerhalb Europas gegenüber den Kollegen aus den EU-Einrichtungen wie aus anderen Ländern, in der Praxis wie der Wissenschaft dieser Länder.

Die Teilnehmer beschlossen daher folgende „Hamburger Erklärung“:

*„Hamburger Erklärung“ zur Qualität in der Berufsbildung*

„Qualität in der Berufsbildung“ ist das Maß, in dem die Ziele der Berufsbildung erreicht werden.

„Qualität“ ist ein international einheitlicher Begriff der Wissenschaft. Er ist abstrakt und findet als solcher in allen Fachbereichen gleichermaßen Anwendung. Auch die Europäische Union legt diesen Begriff ihren Stellungnahmen zur Berufsbildung zugrunde.

„Qualität“ bezeichnet das „Verhältnis zwischen tatsächlicher und geforderter Beschaffenheit“. „Qualität“ beruht auf einem Vergleich, ist die „Relation zwischen realisierter Beschaffenheit und geforderter Beschaffenheit“, ist der „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Forderungen erfüllt“. Eine Aussage zur „Qualität“ im Einzelfall setzt immer voraus, dass zuvor eine Festlegung von Soll-Werten erfolgt ist, mit denen verglichen wird.

Die Festlegung der Soll-Werte kann auf verschiedene Weise erfolgen:

- durch rechtliche oder sonst autoritative Setzungen, die den Bewertenden vorgegeben sind, oder
- durch die Bewertenden allein oder durch soziale Aushandlungsprozesse, an denen auch die Bewertenden – mehr oder minder – beteiligt sind.

In der Regel sind die Soll-Werte den Bewertenden vorgegeben.

Im Bereich der Berufsbildung sind Soll-Werte die Ziele der Berufsbildung und – aus diesen abgeleitet – die Ziele einzelner Maßnahmen.

Berufsbildung ist für Deutschland in § 1 Abs. 1 Berufsbildungsgesetz definiert als die Gesamtheit von Berufsausbildungsvorbereitung, Berufsausbildung, beruflicher Fortbildung und Umschulung. Diesen vier Formen der Berufsbildung werden in § 1 Abs. 2–5 BBiG jeweils bestimmte Ziele zugeordnet, welche die „geforderte Beschaffenheit“ erfolgreichen Tätigwerdens kennzeichnen.

Hauptziel ist die „berufliche Handlungsfähigkeit“ als Gesamtheit der „für die Ausübung einer qualifizierten beruflichen Tätigkeit in einer sich wandelnden Arbeitswelt notwendigen beruflichen Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten“ (§ 1 Abs. 3 BBiG).

Hohe Qualität erreicht in Deutschland eine Berufsbildung, die den Erwerb eines hohen Maßes „beruflicher Handlungsfähigkeit“ ermöglicht.

Es bleibt eine dauernde Aufgabe, immer wieder die Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten festzustellen, die jeweils notwendig sind, um in einem bestimmten Berufsfeld zu einer bestimmten Zeit in einer bestimmten Region erfolgreich qualifiziert handlungsfähig zu sein.

Es wurden alle mit Qualität in der beruflichen Bildung Befassten aufgerufen, dieser Erklärung beizutreten. Der Autor freut sich, dass u. a. auch die Verfasser der o. g. Studien, die Professoren EULER und SPÖTTL, der Erklärung beigetreten sind. Weitere Beitrittserklärungen sind stets willkommen.

Die Professoren BADER, FROMMBERGER und JENEWEIN lehnten in einem Offenen Brief vom November 2008, der nach-

folgend abgedruckt ist, die Hamburger Erklärung zwar als „nicht zweckmäßig“ ab, weil „die hier vorliegenden Bezüge nicht geeignet sind, die Situation der Berufsbildung in Deutschland adäquat abzubilden“. Sie unterliegen hierbei aber einem bedauerlichen Missverständnis. In der Hamburger Erklärung geht es um Definition und nicht um Darstellung. Definition hat durch Abgrenzung Klarheit einzelner Begriffe zu schaffen, nicht durch Abbildung komplexer Zusammenhänge eine bestimmte Realität darzustellen. Definition hilft, nicht aneinander vorbei zu argumentieren, weil mit gleichen Worten Unterschiedliches gemeint wird – wie bisher häufig mit dem Begriff der „Qualität“ geschehen.

Der status quo der Berufsbildung in Deutschland mit seiner Struktur und Aufgabenverteilung im Einzelnen wird durch die Klärung des Begriffs der „Qualität“ in der beruflichen Bildung weder berührt noch infrage gestellt noch bedarf er einer weiteren Darstellung um die wissenschaftliche Diskussion zu fördern. Es sollte nicht versucht werden begriffliche Klarheit zu verhindern in der Hoffnung, hieraus etwas für oder gegen bestimmte Formen der Weiterentwicklung der Berufsbildungspraxis zu gewinnen. Begriffsdefinition und Berufsbildungspraxis sind verschiedene Felder.

Die Klärung des Begriffs der Qualität (gemäß internationaler Übereinkunft) ist unabhängig von der Festlegung der Ziele der beruflichen Bildung (für Deutschland in § 1 BBiG, für die Europäische Gemeinschaft z. B. in der – politischen – Lissabon-Erklärung von 2000) und unabhängig von der Art der Durchführung der Berufsbildung und ihrer Qualitätssicherung (in der EU nach Mitgliedstaaten getrennt und in Deutschland teilweise noch einmal nach Bundesländern unterschiedlich). Weder die Festlegung der Ziele der Berufsbildung noch die Form der Durchführung – die beide für Deutschland gesetzlich bindend durch das Berufsbildungsgesetz festgelegt sind – werden durch die „Hamburger Erklärung“ zur Qualität in der beruflichen Bildung berührt. Wie sich die weitere politische Diskussion zur beruflichen Bildung entwickeln wird, ist offen, begriffliche Klarheit aber ist in jedem

Falle unerlässlich – zumindest in der wissenschaftlichen Diskussion.

Wie geht es weiter? Der genaue Qualitätsbegriff – „Qualität in der Berufsbildung ist das Maß, in dem die Ziele der Berufsbildung erreicht werden“ – hat zur Folge, dass sich die Diskussion künftig darauf verlagern wird, welche denn die Ziele der Berufsbildung sind und in welchem Verhältnis mehrere Ziele ggf. zueinander stehen, was prioritär ist. Theorie und Praxis der Berufsbildung müssen sich mehr damit befassen, was im Einzelfall das gesetzliche Ziel der „beruflichen Handlungsfähigkeit“ (§ 1 Abs. 3 BBiG) bedeutet und sie müssen sich bei dem Bemühen um „mehr Qualität“ ausschließlich danach richten, ob und wie weit die vorgeschlagenen Methoden und Instrumente geeignet sind, diese berufliche Handlungsfähigkeit im Einzelfall zu erreichen.

Diese Diskussion stellt die Freiheit der akademischen Lehre keineswegs infrage, zeigt aber Grenzen und Verpflichtungen auf. „De lege ferenda“ – d. h. als Vorschlag für mögliche Änderungen der Gesetzeslage – ist fast alles erwägungs- und vortragsfähig, „de lege lata“ hingegen – d. h. als Darstellung der gegenwärtigen Lage z. B. zur Festlegung der Ziele beruflicher Bildung – sind die gesetzlichen Festlegungen auch für die akademische Lehre verbindlich; sie müssen korrekt dargestellt werden. Wenn akademische Lehrer also Bildungspersonal aus- oder weiterbilden, so hat man hierbei stets deutlich zu machen, was angesichts der gegenwärtigen Rechtslage verbindlich ist, wo ggf. Interpretationsspielräume sind und welches nur Wunschvorstellungen für eine „bessere“ berufliche Bildung sind. Es geht nicht um „Maulkörbe“, sondern um Klarheit, die für jeden erkennbare Unterscheidung von Wunsch und Wirklichkeit.

Was bedeutet das zu erreichende gesetzliche Ziel der „beruflichen Handlungsfähigkeit“ (§ 1 Abs. 3 BBiG) im Einzelnen? Wonach bestimmt sich „berufliche Handlungsfähigkeit“? Hier nur einige Hinweise für die weitere Interpretation:

Der Bund kann nur regeln, was er auch regeln darf. Die Rechtsgrundlage des Berufsbildungsgesetzes ist

Art. 74 Abs. 1 Nr. 11 GG. Aber weder dort noch an anderer Stelle im Grundgesetz steht etwas über „Berufsbildung“, über ein Recht des Bundes die Berufsbildung zu regeln. Art. 74 Abs. 1 Nr. 11 GG enthält vielmehr die allgemeine Kompetenz des Bundes, das „Recht der Wirtschaft“ zu regeln. Hieraus wird seit je von den Experten und den höchsten Gerichten die Bundeskompetenz zur Regelung der Berufsbildung abgeleitet.

Der Bund besitzt also eine „funktionale“ Kompetenz: Weil Wirtschaft nur mit gut ausgebildeten Arbeitskräften (aller Art!) funktioniert, hat der Bund das Recht dafür zu sorgen, dass solche Arbeitskräfte zur Verfügung stehen, dass die Arbeitskräfte gut ausgebildet werden. Und wann sind Arbeitskräfte „gut ausgebildet“? Wenn sie den Bedürfnissen der Wirtschaft möglichst gut entsprechen – so will es die Logik der funktionalen Kompetenz des Bundes. Sie geht nach dem Grundsatz „Bundesrecht bricht Landesrecht“ (Art. 31 GG) den Länderkompetenzen vor – wird aber im Rahmen des Grundgesetzes selbst ausbalanciert durch die Rechte der Arbeitnehmer als Bürger (die Grundrechte) sowie die Rechte der Sozialpartner. Jenseits dieser funktionalen Kompetenz hat der Bund keine Regelungsmacht.

Viel Gelegenheit also zu Abwägungen und Auslegungen, die hier nicht vorgenommen werden können. Wichtig ist allerdings, dass es sich um eher juristische Themen handelt, weitgehend jenseits der klassischen Bildungsdebatte und damit auch nur teilweise von den akademischen Lehrern der beruflichen Bildung mitbestimmbar. Ihnen bleibt das Bereitstellen möglichst effizienter Mittel, die gesetzlich vorgegebenen Ziele der Berufsbildung zu erreichen – und die Beeinflussung des Gesetzgebers.

## Literatur

- EULER, D. (2005): Qualitätsentwicklung in der Berufsausbildung. BLK-Heft 127. Bonn/St. Gallen.
- SCHEIB, T./WINDELBAND, L./SPÖTTL, G. (2009): Entwicklung einer Konzeption für eine Modellinitiative zur Qualitätsentwicklung und -sicherung in der betrieblichen Berufsausbildung. W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld (im Druck).

## Offener Brief zur „Hamburger Erklärung“ zur Qualität in der Berufsbildung

In den einschlägigen wissenschaftlichen Communities kursiert der Aufruf von Kollegen, einer am 09.09.2008 im Workshop A1 des Fernausbildungskongresses der Bundeswehr beschlossenen „Hamburger Erklärung“ zur Qualität in der Berufsbildung beizutreten.

Die Unterzeichner des hier vorliegenden offenen Briefs halten die Hamburger Erklärung für nicht zweckmäßig. Während einerseits das Anliegen nachvollziehbar und anerkennungswürdig ist, kann andererseits nicht darüber hinweggesehen werden, dass die hier vorliegenden Bezüge nicht geeignet sind, die Situation der Berufsbildung in Deutschland adäquat abzubilden.

Die Hamburger Erklärung beruft sich auf § 1 Abs. 1 des Berufsbildungsgesetzes und die damit vorliegende Definition des Berufsbildungsbegriffs. Qualität in der Berufsbildung ist in Deutschland jedoch nur definierbar durch das Zusammenwirken der an der beruflichen Bildung beteiligten Institutionen, die jedoch erst in § 2 BBiG ausdrücklich benannt und im Rahmen föderaler Zuständigkeiten unterschiedlich geregelt sind. Der in der Hamburger Erklärung verwendete Qualitätsbegriff stellt diesen Zusammenhang nicht her, und er übersieht darüber hinaus den Beitrag der berufsbildenden Schule als konstitutioneller Lernort im deutschen Berufsbildungssystem. Dieses Defizit wird an anderen Stellen der Erklärung nicht wieder aufgegriffen und auch nicht gelöst. Darüber hinaus wird kein Bezug zu den schulischen Bildungsgängen im beruflichen Bildungssystem hergestellt, obwohl diese einen wesentlichen, in einigen Berufsfeldern sogar den gewichtigeren Teil beruflicher Bildung ausmachen. Ebenso wenig thematisiert wird die Rolle des beruflichen Bildungspersonals.

Qualitätssicherung in der beruflichen Bildung in Deutschland ist ohne den Beitrag berufsbildender Schulen und ohne Berücksichtigung ihres Bildungsauftrags ebenso wenig möglich wie ohne hinreichende Qualifizierungsstandards für das berufliche Bildungspersonal. Wir werden uns daher der Hamburger Erklärung nicht anschließen.

Magdeburg, im November 2008

*Prof. (em.) Dr. Reinhard Bader*

*Prof. Dr. Dietmar Frommberger*

*Prof. Dr. Klaus Jenewein*



# Arbeitsprozessbezogene berufliche Standards zur Qualitätsentwicklung in der beruflichen Bildung

## Status der Qualitätsdiskussion

Für die berufliche Bildung gibt es bisher keine eindeutige Definition des Qualitätsbegriffes und auch zu den Qualitätsfaktoren oder -indikatoren gibt es keine abschließende Verständigung. Ein genaueres Bild für „Qualität“ muss erst noch gezeichnet werden. Bisher gibt es nur sehr wenige wissenschaftliche Untersuchungen, die sich mit Kriterien zur Beurteilung der Qualität oder spezifischen Qualitätssicherungsinstrumenten in der betrieblichen Berufsausbildung befassen. Dies liegt unter anderem daran, dass die Sicherung der Qualität in Ausbildungsbetrieben vorwiegend als eine Hoheit der Kammern angesehen wird. Kammern entscheiden, welche der Betriebe als Ausbildungsbetriebe zugelassen werden. Allein dadurch wird das Ausbildungsgeschehen von Inputqualitäten beeinflusst.

## Was ist Qualität in der beruflichen Bildung?

Doch was macht genau Qualität in der beruflichen Bildung aus? Hinter dieser grundlegenden Frage verbirgt sich bereits eine der Hauptschwierigkeiten der aktuellen Qualitätsdiskussion. Es ist inzwischen unstrittig, dass neben der Inputqualität (den Voraussetzungen) und der Prozessqualität (der Durchführung) die Outputqualität (die Ergebnisse betrieblicher Ausbildung) und Outcomequalität (Berufliche Leistungen, Praxiserfolg) als ein Gesamtbild der Qualität betrieblicher Ausbildung zu betrachten sind (SAUTER 2001, S. 42 ff.):

- Unter Input- (vgl. EBBINGHAUS 2006, S. 33; EULER 2005, S. 16), Struktur- oder Potenzialqualität (EBBINGHAUS

2006, S. 33; OTT/SCHEIB 2002, S. 18; KNORR/HALFAR 2000) werden Aspekte subsumiert, die im Wesentlichen das Potenzial des Ausbildungsbetriebes beschreiben und daher auch als Eingangsgrößen der Ausbildung anzusehen sind (Anzahl und Qualität der sachlichen und räumlichen Ausstattung. Dazu zählen auch die Ausbilderqualifikationen sowie die Qualität der Ausbildungsplanung (-pläne)). Sie umfasst somit die sachlichen, personellen und organisatorischen Rahmenbedingungen der Ausbildung.

- Prozess-, Throughputqualität (vgl. EBBINGHAUS 2006, S. 33; vgl. OTT/SCHEIB 2002, S. 13 f.; vgl. EULER 2005, S. 16) beschreibt den eigentlichen Lehr-/Lernprozess und den Ausbildungsprozess. Einflussfaktoren sind die vermittelten Ausbildungsinhalte, die eingesetzten Methoden, aber auch Motivation oder z. B. Gruppenverhalten der Auszubildenden.
- Unter Outputqualität (bzw. Ergebnisqualität) wird das unmittelbar am Ende der Ausbildung Erreichte verstanden. In erster Linie sind Bestehen und Note der Abschlussprüfung bzw. der Abschluss der Ausbildung als qualifizierte Fachkraft gemeint.
- Outcomequalität: Dem Outcome wird das mittelbar mit der Ausbildung Erreichbare zugerechnet. Hierzu zählen die Effizienz sowie die nachhaltige Verwertbarkeit des erzielten Abschlusses am Arbeitsmarkt bzw. für die berufliche Entwicklung und Karriere.

Bei der bisherigen Diskussion über Qualitätsindikatoren finden vorwiegend nur Input- und Outputfaktoren

Beachtung. Die verwendeten Indikatoren, z. B. das Vorhandensein einer Ausbildungsplanung (Erstellung und Verwendung eines Ausbildungsplanes), die Qualifikation des Ausbildungspersonals (d. h. fachliche und pädagogische Kompetenzen der Auszubildenden im Betrieb), das quantitative Verhältnis des Ausbildungspersonals zu den Auszubildenden, der Zustand und die Modernität der Ausbildungseinrichtungen und der Anteil der organisierten Lernprozesse sind im Wesentlichen Faktoren der Inputqualität.

Abschlussprüfungen werden als Qualitätsausweis unter Outputgesichtspunkten herangezogen und von der Ausbildungspraxis akzeptiert. Die individuellen Prüfungsleistungen sind jedoch kein eindeutiger Maßstab für betriebliche Ausbildungsleistungen (vgl. SAUTER 2001, 42 ff.). Deutlich wird damit, dass „echte“ Indikatoren der Prozessqualität bisher fehlen. Hervorzuheben ist, dass in der aktuellen Diskussion eine Verschiebung in Richtung einer outcomeorientierten Qualitätsdiskussion zu erkennen ist (vgl. SLOANE 2005, S. 484 ff.). Mit der Outcomeorientierung ist eine Verlagerung der Schwerpunktsetzung der bisherigen Qualitätsdiskussion verbunden (vgl. Abb. 1).

Während beim bisherigen eher inputorientierten Qualitätskonzept die Sicherung und Steuerung von Bildungsqualität über die Vorgabe von Bildungsinhalten und -gegenständen erfolgt, geschieht dies bei einem outcomeorientierten Qualitätskonzept über die Vorgabe von Standards.

SCHEIB/SPÖTTL/WINDELBAND (2008, S. 36) definierten den Begriff der „Qualität betrieblicher Ausbildung“ folgendermaßen:

"Qualität in der betrieblichen Ausbildung bedeutet die Sicherstellung hoher Qualität des Ausbildungsprozesses dahingehend, dass die Auszubildenden qualifiziert werden, die relevanten beruflichen Arbeitsaufgaben nach Abschluss der Ausbildung fehlerfrei zu bewältigen. Das bedingt eine hohe Input-, Prozess-, Output- und Outcomequalität.

Der Begriff der Qualitätsentwicklung macht im Gegensatz zur Qualitätssicherung deutlich, dass die gesetzten Qualitätsziele einem kontinuierlichen Prozess der Überprüfung und Anpassung unterliegen und somit zur fortlaufenden (Weiter-)Entwicklung der beruflichen Ausbildung beitragen. Diese Perspektive richtet sich im betrachteten Projekt an einem entwicklungsbezogenen Qualitätsbegriff der betrieblichen Ausbildung aus, der über Input-, Prozess-, Output- und Outcomequalitäten sowie deren Wirkungszusammenhänge bestimmt wird."

Bei dieser Definition werden zwei Dinge deutlich: Zum einen kann sich Qualität beruflicher Bildung nicht nur auf einzelne Qualitätsbereiche (Input-, Prozess-, Output- oder Outcomequalität) konzentrieren. Zum anderen bedarf eine Verbesserung der Qualität einer kontinuierlichen Entwicklung. Dabei wird Qualitätsentwicklung als eine stete Weiterentwicklung der Qualität verstanden. Qualitätssicherung ist somit automatischer Bestandteil der Qualitätsentwicklung, denn die Verbesserung muss „gesichert“ werden, um darauf aufbauend weiter zu entwickeln.

**Indikatoren zur Qualitätsentwicklung fehlen**

In einer BMBF-Studie (vgl. SCHEIB/WINDELBAND/SPÖTTL 2009) wird bestätigt, dass Qualitätsindikatoren im Be-

reich der Prozessqualität fehlen. Ein „guter“ Ausbildungsprozess wird eher „empfunden“. Bestenfalls kann er mit Argumenten hinsichtlich eines guten sozialen Verhältnisses von Auszubildendem und Auszubildendem belegt werden. Was jedoch eine qualitativ hochwertige Kompetenzvermittlung ausmacht, konnte von den Befragten nicht dargestellt oder beschrieben werden. Aspekte eines guten Ausbildungsprozesses sind derzeit bestenfalls abstrakt und auf wissenschaftlicher Ebene vorhanden. Dies zeigt sich frühestens in der Prüfung und in der Regel erst weit nach Beendigung der Ausbildung. Viel zu spät also, um im Prozess noch korrigierend, qualitätsverbessernd eingreifen zu können.

Konkrete Beschreibungen, Beispiele und Hinweise für den Lehr-Lern-Prozess im betrieblichen Umfeld sind Mangelware. Im Bereich der Prozess-

qualität findet damit nahezu keine Standardisierung statt. Damit besteht die Gefahr, dass der eigentliche Kern der Ausbildung, der Ausbildungsprozess, gar nicht überprüft und damit verbessert werden kann. Aussagekräftige Indikatoren und Standards, die tatsächlich auch Hinweise zu Defiziten und einer Weiterentwicklung geben, existieren nicht. Im Sinne einer arbeits- und geschäftsprozessorientierten Ausbildung müssen konkrete berufliche Standards auf Basis der Arbeitsprozesse abgeleitet werden.

**Sicherung der Ausbildungsqualität über arbeitsprozessorientierte Standards**

In der Vergangenheit hat die deutsche Berufsbildung sich stark auf die (vermutete) Qualität der Ausbildung im dualen System verlassen. Im Sinne heute geforderter Transparenz in einer globalen Welt ist es dagegen unerlässlich, berufliche Standards einzuführen, die für den jeweiligen Beruf eine Beschreibung der erforderlichen Qualifikationen leisten. Berufliche Standards beschreiben das Qualifizierungsprofil, das für eine erfolgreiche Berufsausübung im Arbeitsprozess erforderlich ist. Für ihre Erstellung bedarf es eines Verfahrens, das als „Arbeitsprozessanalyse“ zu bezeichnen ist (vgl. BECKER/SPÖTTL 2008; SPÖTTL 2008).

Arbeitsprozessbezogene Standards beschreiben das erforderliche Qualifikationsprofil für einen Beruf. Die Detailbeschreibung der Arbeitsprozesse in den Berufsbildungs-Curricula geben auch Hinweise zur notwendigen Vermittlung von Qualifikationen. Standards ersetzen also keine Ordnungsmittel und keine Curricula und sie sollten auch auf keinen Fall mit ihnen verwechselt werden. Sie sind Gegenstand solcher Ordnungsmittel.

Berufliche Standards sollten grundsätzlich die Plattform bilden, von der aus sowohl Curricula als auch Tests zur Überprüfung der Qualifikation entwickelt werden können. Arbeitsprozessbezogene Standards haben zwangsläufig einen deutlichen Bezug zu „praktischen Herausforderungen“, aber auch gleichzeitig vielfältige theoretische Implikationen, die nicht übersehen werden dürfen. Deshalb sind sie sowohl Grundlage für Lernen im



Abb. 1: Paradigmenwechsel von der Input- zur Outcomesteuerung (Struktur in Anlehnung an SLOANE 2005; verändert SPÖTTL 2007)

Betrieb als auch für Lernen in der Schule, um die theoretische Reflexion zu garantieren.

### Schlussfolgerungen

Mithilfe von arbeitsprozessbasierten Standards für jeden Beruf ist es möglich, die Input-, Prozess- und Outputseite genauer zu definieren und eine Prozess begleitende Qualitätsentwicklung für die berufliche Bildung zu kreieren.

Wichtigste Aufgabe dabei ist, die Ordnungsmittel auf Standards hin zu verändern und für jeden Beruf standardisierte Tests für die Kompetenzmessung zu etablieren. Das ist allerdings eine große Aufgabe, weil es bisher – zumindest in Deutschland – keine etablierten Testverfahren und -instrumente für solche Tests gibt.

### Literatur

- BECKER, M./SPÖTTL, G. (2008): Berufswissenschaftliche Forschung. Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis. Frankfurt a. M. u. a.
- EBBINGHAUS, M. (2006): Stellenwert der Qualitätssicherung in der betrieblichen Berufsausbildung – Ergebnisse einer Betriebsbefragung. In: Bundesinstitut für Berufliche Bildung (Hrsg.): Qualitätssicherung beruflicher Aus- und Weiterbildung, Wissenschaftliche Diskussionspapiere. Heft Nr. 78. Bonn. S. 31–52.
- EULER, D. (2005): Qualitätsentwicklung in der Berufsausbildung. BLK-Heft 127. Bonn/St. Gallen.
- KNORR, F./HALFAR, B. (2000): Qualitätsmanagement in der Sozialarbeit. Regensburg.
- OTT, B./SCHEIB, TH. (2002): Qualitäts- und Projektmanagement in der beruflichen Bildung. Einführung und Leitfaden für die Aus- und Fortbildung. Berlin.
- SAUTER, E. (2001): Qualitätssicherung im dualen System der Berufsbildung. In: FORUM BILDUNG (Hrsg.): Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung in internationalen Wettbewerb. Vorläufige Empfehlungen und Expertenbericht. Materialien des Forum Bildung, Heft 8. Bonn. S. 42–47.
- SCHEIB, TH./SPÖTTL, G./WINDELBAND, L. (2008): Sicherung und Entwicklung der Qualität betrieblicher Ausbildung – eine ständige Herausforderung! In: BWP 37, H. 03. S. 36–39.
- SCHEIB, TH./WINDELBAND, L./SPÖTTL, G. (2009): Gesamtbericht „Entwicklung einer Konzeption für eine Modellinitiative zur Qualitätsentwicklung und -sicherung in der betrieblichen Berufsausbildung“. Bremen. bmbf-Studie. (im Druck).
- SLOANE, P. F. E. (2005): ... Standards von Bildung – Bildung von Standards ... In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, 101. S. 484–496.
- SPÖTTL, G. (2007): Sicherung der Qualität des dualen Systems über Standards. Vortrag vor dem Hauptausschuss des Bundesinstitutes für Berufsbildung, 13. Juni 2007.
- SPÖTTL, G. (2008): Qualität in der beruflichen Erstausbildung – ein Weg zur Optimierung! In: SCHWENGER, U.; HOWE, F.; VOLLMER, TH.; HARTMANN, M.; DREHER, R.: Selbstorganisiertes Lernen und Qualität in der Berufsbildung – Inhalte, Ansätze, Konzepte. bwp@Spezial 4.

## Rezensionen

**REBMANN, KARIN/TENFELDE, WALTER: Betriebliches Lernen. Explorationen zur theoriegeleiteten Begründung, Modellierung und praktischen Gestaltung arbeitsbezogenen Lernens. München, Mering: Rainer Hampp Verlag 2008. ISBN 978-3-86618-273-8; 216 Seiten; 24,80 €**

Betriebliches Lernen ist der zweite von bisher drei erschienenen Bänden aus der Schriftenreihe zur Berufs- und Wirtschaftspädagogik des Hampp-Verlags. REBMANN (Universität Oldenburg) und TENFELDE (Universität Hamburg) zeigen darin die bislang vernachlässigte Forschungslücke zwischen Theorie und Praxis betrieblichen Lernens auf. Auf der Basis ausführlicher kognitionswissenschaftlicher und betriebspädagogischer Explorationen werden in diesem aufschlussreichen Band verschiedene Zugänge zu einer theoriegeleiteten Konzeptualisierung betrieblichen Lernens aufgezeigt, welche diese Lücke schließen könnte.

Nach einer kurzen Einleitung werden im zweiten Kapitel zwei Metatheorie-Modelle betrieblichen Lernens vorge-

stellt. Das eine, deduktive Theoriemodell erschließt sich von der Theorie zur Praxis, das andere Modell verfährt umgekehrt und leitet induktiv aus konkreten Arbeits- und Geschäftsprozessen eine Theorie betrieblichen Lernens ab. Aus dieser Dialektik heraus werden im dritten Kapitel zwei Wege zur Konzeptualisierung betrieblichen Lernens herausgearbeitet: zum einen der arbeits- und geschäftsprozessorientierte und zum anderen der kompetenz- und kognitionstheorieorientierte Zugang. Diese beiden Ansätze sind dabei nicht etwa im Widerstreit zu sehen, vielmehr suchen REBMANN und TENFELDE mit ihren theoretischen und empirischen Explorationen genau hier das Verbindende von Theorie und Praxis beruflichen Lernens.

Das etwa die Hälfte des Bandes umfassende vierte Kapitel ist Dreh- und Angelpunkt der Untersuchungen. Hierin wird mit Rückgriff auf die Erkenntnisse von Neurobiologie sowie Neurophysiologie das betriebliche Lernen kognitionswissenschaftlich und betriebspädagogisch fundiert. Dieser Ansatz ist neu und es ist interessant zu verfolgen, wie REBMANN und TENFELDE wesentliche Eckpfeiler betrieblichen Lernens mithilfe der Referenztheorien in ihre Vorschläge zur Konzeptualisierung einbinden, z. B. Qualifikationen, Kompetenzen, Autopoiese und Selbstorganisiertes Lernen. So werden beispielsweise die kognitionswissenschaftlichen Vorgänge Wahrnehmen/Erfahrungen machen und Wissenserwerben/Wissen strukturieren aus betriebspädagogischer bzw. arbeits- und geschäftsprozessorientierter Sicht interpretiert. Nachfolgend wird das Handlungslernen kritisch betrachtet, hier finden sich auch einige Checklisten und Gestaltungsvorschläge für betriebliche Lern-



und Arbeitsaufgaben. Diesen Abschnitt abschließend werden Sprache und Kommunikation als wesentliche Bestandteile der Kundenorientierung in die kognitionswissenschaftliche und betriebspädagogische Fundierung mit einbezogen.

Die mit Bezügen zu einer konstruktivistischen Lehr-Lerntheorie auf der Theorieebene erarbeiteten Erkenntnisse werden im letzten, fünften Kapitel mit praxisbezogenen Ausführungen auf einer Modellebene zusammengeführt. Dazu hat das Autorenteam ein 1998 von DEHNBOSTEL vorgelegtes, vierschrittiges Modell zur Gestaltung von Lernen im Prozess der Arbeit mo-

difiziert. Erstens werden lernrelevante Arbeits- und Geschäftsprozesse identifiziert und verbal beschrieben, diese zweitens softwaregestützt modelliert, drittens findet eine kompetenzorientierte Re-Modellierung lernförderlicher Prozesse statt und als vierter Schritt erfolgt eine Wissensdokumentation und Lernerfolgsanalyse. Wie diese vier Schritte konkret in die Tat umgesetzt wurden, zeigt ein sich anschließendes, ausführliches Beispiel eines Hochschulseminars.

Das besprochene Buch ist auf der Ebene von Theoriemodellen und Konzeptualisierungen betrieblichen Lernens insbesondere in den ersten drei Kapiteln sehr anspruchsvoll. Die dar-

gestellten Grafiken und Bilder unterstützen dabei sehr gut die textlichen Aussagen; dies auch im vierten Kapitel, in dem sehr spannend die (radikal-)konstruktivistischen Ideen von MATURANA, von FOERSTER und von GLASERSFELD mit dem betrieblichen Lernen verwoben werden. Umgekehrt aber eignet sich auch insbesondere das vierte Kapitel bestens dazu, Betriebspädagogen und allen anderen an der beruflichen Bildung Interessierten, die sich bislang nicht mit den o. g. Philosophen befasst haben, diese hinsichtlich ihrer hier prognostizierten Bedeutsamkeit für das Lernen im Betrieb näher zu bringen.

*Holger Steinmetz*

## Lernmaterialien zum Thema „Kraft-Wärme-Kopplung“ für die Berufsausbildung zum/zur Anlagenmechaniker/-in und Elektroniker/-in

Im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Referat Energieeffizienz, wurde von Mitarbeitern des Fachgebietes Technikdidaktik im Institut für Berufsbildung an der Universität Kassel eine Lerneinheit zum Thema ‚Kraft-Wärme-Kopplung‘ für die Ausbildungsberufe ‚Anlagenmechaniker/-in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik‘ und ‚Elektroniker/-in Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik‘ entwickelt.

Die Lerneinheit orientiert sich an den Lernfeldern der Rahmenlehrpläne für den berufsbezogenen Unterricht der oben genannten Ausbildungsberufe und berücksichtigt die dort genannten didaktischen Grundsätze. Deshalb erhalten das kundenorientierte Berufshandeln und die Auftragsabwicklung einen besonderen Stellenwert.

Für den Ausbildungsberuf Anlagenmechaniker/-in für SHK bieten die Lernfelder 9 (Installieren von Wärmeerzeugern) und 15 (Integrieren ressourcenschonender Anlagen in Systeme der Gebäude- und Energietechnik) des Rahmenlehrplans ideale Voraussetzungen zur Umsetzung der Lerneinheit „Kraft-Wärme-Kopplung“ im Berufsschulunterricht. Für den Elek-



Abb. 1: Didaktische Handreichungen und LERN-DVD



Abb. 2: Kundenbesuch zur Ermittlung der Objektdaten und Kundenwünsche

troniker/-in der Fachrichtung E+G sind z. B. im Lernfeld 11 EG (Energietechnische Anlagen errichten, in Betrieb nehmen und in Stand setzen) ähnliche Zielformulierungen enthalten, die eine Umsetzung des Themas „Kraft-Wärme-Kopplung“ ermöglichen.

Entlang des Prozesses der Bearbeitung eines Kundenauftrages wird das Lernen entsprechend einer vollständigen Handlung organisiert. Die Auszubildenden sollen den Auftrag analysieren, sich über das Thema „Kraft-Wärme-Kopplung“ informieren, eine entsprechende Anlage für das Kundenobjekt projektieren, die Durchführung planen, ein Angebot erstellen und die Kundin beraten. Dabei sollen sie ihre Entscheidungen auf Durchführbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit prüfen.

Es wurde eine LERN-DVD erstellt, mit der die Schüler/-innen möglichst selbstständig in Gruppen (Firmen) den Kundenauftrag bearbeiten können. Der Lehrer soll vor allem die Rolle des Lernorganisations und Lernberaters einnehmen. Die LERN-DVD ist selbst-

startend und ihre Steuerungsoberfläche wurde mit der Autorensoftware Mediator erstellt. Über die Oberfläche wird der Lernweg zur Bearbeitung der Kundenanfrage gesteuert. Von den Lernaufgaben auf den jeweiligen Seiten gelangt man zu den Videosequenzen, Informationsblättern und Arbeitsblättern, mit denen die Schüler relativ selbstständig die Lernaufgaben bearbeiten können.

Besondere Bedeutung haben die Videosequenzen, die auf einfache Weise einen realistischen Eindruck über das Auftragsobjekt sowie bestehende Anlagen und die Installation, Inbetriebnahme und Wartung einer KWK-Anlage vermitteln sollen.

Auf der DVD ist außerdem die so genannte „Digitale Schultasche“ vorhanden, die eine Reihe von sinnvollen Programmen, wie z. B. das Softwarepaket „Open-Office“, bereitstellt.

Auf der LEHRER-DVD sind neben Handreichungen zur Vorbereitung und Durchführung der Lerneinheit alle Lernmaterialien der Schüler vorhan-

den. Diese sind hier in Formaten abgelegt, die es ermöglichen, sie nach den jeweiligen Bedürfnissen und Vorstellungen zu bearbeiten.

Nur auf der LEHRER-DVD ist auch die bearbeitbare Datei der Autorensoftware Mediator hinterlegt. Der Umgang mit der Software kann relativ schnell erlernt werden. Nach der Bearbeitung wird eine Runtime-Version erzeugt, die als EXE-Datei ohne das Programm ausführbar ist.

Die erstellten Materialien stehen zum Download bereit unter:

[www.energie-und-schule.hessen.de](http://www.energie-und-schule.hessen.de).

Die DVDs können auch zum Selbstkostenpreis bestellt werden:

[vertrieb@bbw-nordhessen.de](mailto:vertrieb@bbw-nordhessen.de),

Berufsbildungswerk Nordhessen,  
Mengerinhäuser Straße 3, 34554  
Bad Arolsen.

Wolfgang Kirchhoff

**FRANZ BERNARD: Die Berufsschullehrerausbildung am Institut für Ingenieurpädagogik der Technischen Hochschule Otto von Guericke Magdeburg. Analysen, Konzeptionen, Erfahrungen 1964-2000, Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler 2008, 166 Seiten, ISBN 978-3-8340-0485-7, 16,00**

Fast zwei Jahrzehnte nach der Maueröffnung haben Rückblicke auf die ehemalige Deutsche Demokratische Republik und die Zeit danach Konjunktur. Das zeigt sich auch beispielsweise bei dem Bestsellerroman von Uwe Tellkamp „Der Turm“, der in der Dresdner Region spielt. Aber auch im berufspädagogischen Bereich blickt man nun mit Interesse zurück auf Konzeptionen und Erfahrungen, die in dem anderen deutschen Staat gewonnen wurden. Dazu gehören die Doppelqualifikation von Abitur und beruflicher Erstausbildung oder auch die Berufsschullehrerausbildung. Von daher ordnet sich dieses Buch über die Ausbildung zum Ingenieurpädagogen und damit auch zum Berufsschullehrer, in dem vorwiegend über die Zeit vor dem Zusammenschluss der beiden deutschen Staaten berichtet wird, gut in die allenthalben erhobenen Fragen zur Geschichte der DDR ein.

Da Franz Bernard seit Gründung des Magdeburger Instituts für Ingenieurpädagogik im Jahre 1964, das nach dem an der Technischen Universität Dresden vorzufindenden Konzept aufgebaut wurde, an dieser Ausbildungsstätte gewirkt hat, ist er für die geschichtliche Darstellung der dortigen Ausbildung von Diplom-Ingenieurpädagogen geradezu prädestiniert. Er beschreibt als kundiger Zeitzeuge die Ziele und Inhalte sowie die politischen,

gesellschaftlichen und universitären Rahmenbedingungen der Berufsschullehrerausbildung an der Technischen Hochschule Magdeburg. Außerordentlich ausführlich und genau stellt er – unter Heranziehung von wohlgeordneten Dokumenten, die im Anhang vorzufinden sind – die Studieninhalte, Studienpläne, fachdidaktischen Konzepte, Studienorganisation und Forschungsansätze dar.

In Zeiten, in denen Überlegungen zur Ausbildung der Lehrkräfte für das höhere Lehramt an berufsbildenden Schulen durch den Reformprozess zu Bachelor- und Masterstudiengängen relativ kurzschlüssig, vielleicht sogar voreilig bestimmt und dominiert werden, können die Ausführungen zur einphasigen Lehrerausbildung in Magdeburg auch heute Anregungen zu einer Diskussion über eine bessere Zusammenarbeit zwischen den Akteuren der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung geben.

Für alle, die die Geschichte der akademischen Lehrerbildung für die berufsbildenden Schulen in Deutschland interessiert, stellt dieses Buch einen Mosaikstein in dem großen Feld der Konzepte und Ausformungen dar, die an den wissenschaftlichen Hochschulen bestehen, aber nicht immer dokumentiert sind. Es wäre wünschenswert, dass auch an anderen Universitäten

die Geschichte der Ausbildung von Lehrkräften für berufsbildende Schulen in entsprechender Weise aufgearbeitet und dokumentiert wird. Anderenfalls besteht die Gefahr, dass gute Ansätze zur Lehrerausbildung in Vergessenheit geraten und bei Reformvorhaben unter das Niveau des bereits Entwickelten zurückgefallen wird.

Das gesamte Werk bietet gute Informationsmöglichkeiten durch die gründliche und ausführliche Dokumentation. Darüber hinaus kann das Buch fast zwanzig Jahre nach dem Mauerfall für diejenigen von Interesse sein, die die Beweggründe, Überlegungen und Entscheidungen bei der Entwicklung des Berufsschullehrerstudiums – nicht nur in Magdeburg, sondern auch in der DDR insgesamt – „sine ira et studio“ oder ohne „Nostalgie“ verstehen wollen.

Das Buch stellt für die an der Geschichte der Berufsschullehrerausbildung Interessierten durch die Vielzahl von Details eine Fundgrube dar. Für Lehrende und Lernende an den Instituten für Berufspädagogik und Berufliche Fachrichtungen kann es als Studententext eingesetzt werden. Es gehört deshalb zumindest in jede Bibliothek derjenigen Hochschulen, die sich mit der Ausbildung von Lehrkräften für berufsbildende Schulen befassen.

*Jörg-Peter Pahl*

**<http://chatderwelten.moodle-kurse.de/>  
Der Ch@t der Welten Berlin**

... ist ein Informations- und Kommunikations- und Lernangebot zu umwelt- und entwicklungspolitischen Themen im Internet für Berufsschulen im metallverarbeitenden Bereich in Berlin.

Die Unterrichtsmaterialien orientieren sich an den Rahmenlehrplänen und an den Ausbildungslehrplänen im Berufsfeld Metall. Der Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung wird gleichermaßen berücksichtigt. Die Materialien sind für den Einsatz an Projekttagen geeignet. Ziel ist es, anhand von praxisnahen Beispielen die Handlungskompetenz der Schüler zu stärken.

Behandelt werden beispielsweise folgende Fragen:

- Wie werden Kühl- und Schmierstoffe gewonnen?
- Unter welchen Bedingungen werden Kühl- und Schmierstoffe produziert und entsorgt?
- Bieten nachwachsende Rohstoffe eine Alternative zu fossilen Energieträgern?
- Welche Rolle spielen Umwelt- und Sozialstandards in der Branche, in Deutschland und in anderen Teilen der Welt?

Die Informationen und Unterrichtsmaterialien werden auf der internetbasier-

ten Lernplattform Moodle in getrennten Räumen zur Verfügung gestellt.

Das Angebot richtet sich

- an Berufsschullehrer/innen, Auszubildende und
- an Berufsschüler/innen.

*Durchführung/Anmeldung:*

Zur Nutzung ist eine Anmeldung über InWEnt erforderlich. Bitte wenden Sie sich an Frau Ursula Schönthaler, InWEnt Regionales Zentrum Berlin/Brandenburg. E-Mail: [ursula.schoenthaler@inwent.org](mailto:ursula.schoenthaler@inwent.org), Tel.: (030) 25482221, Fax: (030) 25482204.



## Hinweis

Ein Großteil der Beiträge der verschiedenen Fachtagungen und Workshops auf den Hochschultagen Berufliche Bildung 2008 in Nürnberg sind seit September 2008 auf den Seiten der Internet-Fachzeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik bwp@ als Spezialheft 4 veröffentlicht (Adresse: <http://www.bwpat.de>, erreichbar über den Kopfzeilenlink „Archiv“).

Die Beiträge unserer Fachrichtungen sind im Bereich „FT 03 Elektrotechnik-Informatik, Metalltechnik“ zum Thema „Selbstorganisiertes Lernen und Qualität in der Berufsbildung – Inhalte, Ansätze, Konzepte – veröffentlicht.

Eine Zusammenfassung der gemeinsamen Fachtagung der Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik hat Ulrich Schwenger bereits im Heft 91 (2008) von „lernen & lehren“ vorgenommen.

## CD-ROM „Fuel Cell Know-how. Brennstoffzellen erleben“

Mit der Einrichtung der „Nationalen Organisation Wasserstoff Brennstoffzelle“ (NOW) stehen Fördermittel von insgesamt ca. 1,4 Milliarden EURO bis 2015 für die Entwicklung von Brennstoffzellen und die Herstellung von Wasserstoff zur Verfügung. Die NOW (siehe [www.now-gmbh.de](http://www.now-gmbh.de)) hat die ersten Projekte auf den Weg gebracht, darunter auch den großen Praxistest für Brennstoffzellen-Heizgeräte (siehe [www.callux.com](http://www.callux.com)). Es besteht also Informationsbedarf über Brennstoffzellen. Die Heizungs- und Elektrotechnik sind besonders gefordert, da doch Brennstoffzellen-Heizgeräte die Wärmeerzeuger der Zukunft sein sollen, die nicht nur Wärme liefern, sondern gleichzeitig auch elektrischen Strom erzeugen. Da interessiert es schon, zu erfahren, was sich hinter Ausführungen

wie „Wärme- bzw. stromgeführte Auslegung von Brennstoffzellen-Heizgeräten“ oder „Übergang von Erdgas zu Wasserstoff“ usw. verbirgt. Hier hilft die CD-ROM „Basismodul Brennstoffzellen-Heizgeräte“, die im Leonardo da Vinci Projekt „Die Zukunft der Brennstoffzelle in der Haustechnik“ von zehn Partnern aus sechs europäischen Ländern entwickelt wurde. Die CD-ROM wendet sich insbesondere an Ausbilder und Lehrkräfte, ist aber auch für jede Fachkraft der SHK- und E-Technik informativ und ergiebig.

In insgesamt sechs Lernbausteinen wird dargestellt, was Brennstoffzellen sind, was sie bewirken und wie – bei erfolgreicher Entwicklung – damit der Beitrag zur Zukunft der Energieversorgung aussehen kann. Die Lernbausteine behandeln:

- Elektrochemische Wandlung statt Verbrennung
- Brennstoffzellen und Brennstoffzellen-Heizgeräte
- Energiewandlung vor Ort
- Steigerung der Energieeffizienz
- Emissionsarme Energieversorgung
- Wasserstoff-Energieträger der Zukunft?

Einen ersten Eindruck zur Gestaltung der Lernbausteine vermittelt [www.fuelcellknowhow.com/cdbasismodul](http://www.fuelcellknowhow.com/cdbasismodul)

Die CD-ROM ist für 41,53 EUR unter der Best.-Nr. 59-82020 im Verlag Christiani, Hermann-Hesse-Weg 2, 78464 Konstanz, Fax: 07531-580185, E-Mail: [info@christiani.de](mailto:info@christiani.de) erhältlich.

# 16. gtw-Herbstkonferenz am 5. und 6. Oktober 2009 in Bremen

## Berufsarbeit von morgen in gewerblich-technischen Domänen Forschungsansätze und Ausbildungskonzepte für die berufliche Bildung

**Die Herbstkonferenz der Gewerblich-Technischen Wissenschaften (gtw) und ihrer Didaktiken findet in diesem Jahr in Bremen statt. Ausrichter ist das Institut Technik und Bildung (ITB) an der Universität Bremen, Veranstalter die gtw.**

Aktuell sind die gewerblich-technischen Wissenschaften mit einem besonderen Spannungsverhältnis konfrontiert. Zum einen sind Facharbeiter durch Zukunftstechnologien besonders gefordert, zum anderen ist die Ausbildung der Facharbeiter nicht nur durch die europäische Bildungspolitik in der Diskussion, sondern auch durch die zunehmenden Qualitätsansprüche, die in Fragen nach geeigneten Didaktikansätzen, Kompetenzmessverfahren, verbesserten Übergängen von Schule in Ausbildung und Beruf und in Fragen nach optimierten Lehrerbildungsmodellen im Rahmen der Bachelor- und Masterkonzepte münden. Diese sich überlagernden Anforderungen an die gewerblich-technische Berufsbildung – aber auch darüber hinaus – ziehen großen Klärungsbedarf in Wissenschaft und Praxis nach sich.

Zentrale Fragestellungen dieses Spannungsfelds werden an den beiden Konferenztagen in rund 60 Beiträgen diskutiert. Themenschwerpunkte der geplanten Workshops sind:

### **Zukunftstechnologien und Facharbeit**

Diskutiert werden Konsequenzen und Herausforderungen der Zukunftstechnologien für Facharbeit, berufliche Bildung und berufswissenschaftliche Forschung.

### **Lernen in „gemischten Welten“**

Im Workshop werden das Lernen mit digitalen Medien sowie die Entfremdung der Arbeit durch ihre Virtualisierung thematisiert.

### **Übergang Schule –Ausbildung – Beruf**

Mit dem Ziel eines verbesserten Übergangs von der Schule in Ausbildung und Beruf wird u.a. über Methodik und Gestaltung der Berufsorientierung sowie über die Abstimmung des Lehrens und Lernens zwischen den Schulformen diskutiert.

### **Kompetenzmodell**

#### **– Kompetenzmodellierung – Kompetenzdiagnostik**

Neben Kompetenzmodellen im Kontext von Facharbeiterausbildung und Berufsbildung stehen verschiedene Ansätze und Verfahren zur Modellierung und Diagnostik von Kompetenz im Fokus des Workshops.

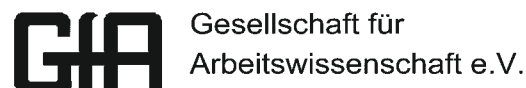
### **Lehrerbildung für berufliche Schulen im Lichte der Bachelor und Masteransätze**

Vor dem Hintergrund der zentralen Kompetenzbereiche und der wesentlichen Eckpunkte des GTW-Studiums werden verschiedene Konzeptvorstellungen zur Lehrerbildung vorgestellt und diskutiert.

Alle Interessierten sind herzlich eingeladen, sich an dieser Diskussion zu beteiligen.

Darüber hinaus gibt es bei der Abendveranstaltung am 5. Oktober auf der MS Treue neben einer „Hafenrundfahrt vor Anker“ Gelegenheit zum gegenseitigen Austausch. In diesem Rahmen wird auch der diesjährige gtw-Wissenschaftspreis verliehen.

Weitere Informationen und Anmeldung unter [www.gtw-konferenz-2009.de](http://www.gtw-konferenz-2009.de).



Die Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken (GTW) in der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) schreibt für wissenschaftliche Arbeiten, die wichtige Beiträge zur Entwicklung des Erkenntnisstandes in den gewerblich-technischen Wissenschaften und ihren Didaktiken leisten, den

## Wissenschaftspreis 2009

# Gewerblich-technische Wissenschaften

aus. Der Wissenschaftspreis ist mit einem Geldpreis dotiert. Zielsetzung des Preises ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in den gewerblich-technischen Wissenschaften und ihren Didaktiken durch die Auszeichnung herausragender wissenschaftlicher Arbeiten.

Dissertationen und Examensarbeiten<sup>1</sup>, die im Zeitraum vom *1. Januar 2007* bis zum *30. Juni 2009* abgeschlossen wurden und einen thematischen Schwerpunkt im Bereich der Arbeits-, Berufsbildungs- und Technikwissenschaften einnehmen, können an der Ausschreibung um den Wissenschaftspreis teilnehmen. Bewerbungen werden

**bis zum 1. August 2009**

unter Beifügung eines Exemplars der Arbeit, einer Kurzfassung von nicht mehr als zwei Seiten, der Kopie des Abschlusszeugnisses (Master-, Examens-, Promotionszeugnis) und einer höchstens zweiseitigen gutachterlichen Stellungnahme eines betreuenden Hochschullehrers an folgende Anschrift erbeten:

Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-technische Wissenschaften und ihre Didaktiken, c/o Prof. Dr. Matthias Becker, Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat), Auf dem Campus 1, D-24943 Flensburg.

Die Preisverleihung wird im Rahmen der 16. gtw-Konferenz „Berufsarbeit von morgen in gewerblich-technischen Domänen – Forschungsansätze und Ausbildungskonzepte für die berufliche Bildung“ erfolgen, die am 5./6. Oktober 2009 an der Universität Bremen stattfindet.

Die Sprecher der Arbeitsgemeinschaft gtw in der GfA

Prof. Dr. Matthias Becker, Universität Flensburg  
Prof. Dr. Georg Spöttl, Universität Bremen  
Prof. Dr. Ulrich Heinen, Bergische Universität Wuppertal

Wissenschaftspreis „**Gewerblich-technische Wissenschaften 2009**“ – gestiftet von

# FESTO

<sup>1</sup> Wissenschaftliche Hausarbeiten, die an einer Hochschule im deutschsprachigen Raum im Rahmen von Diplom-, Lehramts-, Magister- oder Masterstudiengängen erstellt worden sind.



## **19. Fachtagung der BAG Metall vom 20.–21. März 2009 in Köln**

# **„Gestaltung beruflicher Lernprozesse im Zeitalter von Nachhaltigkeit und Outcome-Orientierung**

## **Erprobung, Lösungen, Entwicklungsbedarf“**

Den Blick für Nachhaltigkeit und Outcome-Orientierung zu schärfen und die Schritte zu beschleunigen, erweist sich im Licht des europäischen Memorandums über lebenslanges Lernen als dringend notwendig. Wenn auch an vielen Orten und auf verschiedensten Ebenen Best Practice entsteht, fehlt doch die Verankerung im beruflichen Bildungsalltag. Hilfreiche Wegweiser für die Umsetzung gaben die Vorträge und Referate der Tagung. So brachte Dagmar Winzier ihren Vortrag auf den Punkt „think global – act local“ und sie richtet hiermit die Aufmerksamkeit auf die drei Ebenen, die die Tagungsteilnehmer auch repräsentierten: Berufsbildungspolitik/Berufsbildungssystematik auf der Makroebene, auf der Mesoebene Institutionen wie Betriebe, Bildungsträger, Berufsschulen, regionale Vernetzung und Lernortkooperation sowie konkrete Arbeits- und Lernsituationen, Didaktik, Methodik und Medien auf der Mikroebene.

Untrennbar verbunden mit dem Prinzip der Nachhaltigkeit im Umgang mit begrenzten Ressourcen ist die Nachhaltigkeit der Bildung. Dies ist der Kern des Memorandums der Europäischen Kommission „Lebenslanges Lernen“. Damit stellt sich nicht mehr allein die Frage, was am Ende eines Lernprozesses als überprüfbares Wissen vorhanden ist, vielmehr was das Lernergebnis zur Bewältigung des gesamten künftigen (Arbeits)Lebens beiträgt – kurz was der „Outcome“ ist. Outcome-Orientierung wird in der Regel als Begriff verwendet, der Lernergebnisse ganzheitlich in ihren Dimensionen Wissen, Fähigkeiten und Kompetenz erfasst. Prof. HEIDEGGER hat in seinem Vortrag einen weiteren und sehr wichtigen Aspekt aufgezeigt, den er als „Klugheitsregeln“ folgendermaßen zusammenfasste: Outcome-Orientierung ist als Reflexionsmuster wichtig, denn (Berufs)Pädagogen sollten immer daran denken: was soll später aus den jungen Leuten werden? Dies nannte er implizite Outcome-Orientierung. Als weiteres Reflexionsmuster sollte den Akteuren der Berufsbildung die systemische Wirkung bewusst sein. Eine kulturbürokratische Input-Steuerung orte er als unbefriedigend, die reine Output-Steuerung als unpädagogisch, wobei beides in Reinform ohnehin unmöglich wäre. Daher schlägt er vor, eine „Mischung“ anzustreben - wie bisher, den Gesamtvorgang von Input bis Outcome im Auge zu behalten und durch Beachten des Reflexionsmusters einen qualitativen Sprung zu ermöglichen.

Für den Bezug zur Didaktik einerseits und zur betrieblichen Praxis andererseits sorgten Prof. HERKNER und HILDEGARD GROSS. Hierbei räumte Prof. HERKNER gründlich damit auf, dass der Austausch der Begriffe Lernziele und Kompetenz ein leichtes Unterfangen sei. Dies wies er in einer scharfsinnigen Betrachtung, angefangen von der semantischen Analyse des begrifflichen Mainstreams wie Handlungskompetenz, Handlungsfähigkeit, Fertigkeiten, Kenntnisse bis hin zu Beleuchtung deren Repräsentanz in der Berufsbildung, nach. Als Quintessenz seiner Betrachtung kann gelten: Im begrifflichen Streit zwischen Handlung und Tätigkeit hat sich die Handlung durchgesetzt. Handlungskompetenz und Handlungsfähigkeit verkörpern nicht Gegensätze, sondern haben eine Bindung an die jeweilige Situation ihrer Verwendung. Hinsichtlich des Lernergebnisses stellt die Verifizierung der Handlungsfähigkeit große Anforderungen an die Beurteilenden, denn Konsequenzen für die Praxis in Schule und den Betrieb sind: Keine Abfragen von Faktenwissen, kontextbezogene Darstellungen („Erläutern Sie ...“) oder Lernerfolgskontrollen an Handlungsobjekten.

Sehr anschaulich und realistisch konnte anschließend HILDEGARD GROSS darstellen, was Handlungsfähigkeit für einen Großbetrieb der Motorenproduktion, wie ihn die Deutz AG darstellt, bedeutet. Durch ihre Ausführungen entwickelte sich bei den Zuhörern eine konkrete Vorstellung von dem, was lebenslanges Lernen einerseits und die Erschließung neuer Ressourcen für die Facharbeit andererseits bedeuten, wenn sie in ein ganzheitliches Konzept betrieblicher Qualifizierung eingebunden sind. Hierbei beeindruckte die Systematik, die der Qualifizierungsplanung auf allen Ebenen zugrunde liegt: Entwicklung wird durch Maßnahmepläne ermöglicht, die sich an einem sog. Nachfolgerprofil orientieren, dessen Elemente ihrerseits durch den Abgleich von Anforderungsprofil einerseits und dem auf der DEUTZ-Potenzialanalyse beruhenden Qualifikationsprofil andererseits gespeist werden.

Mehr zu den Einzelbeiträgen der Fachtagung finden Sie unter [http://www.bag-metalltechnik.de/pages/FT2009/FT2009\\_Abstracts.html](http://www.bag-metalltechnik.de/pages/FT2009/FT2009_Abstracts.html).

# Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

## Adolph, Gottfried

Prof. Dr. em., Hochschullehrer,  
Schwefelstr. 22, 51427 Bergisch-  
Gladbach, Tel.: (022 04) 627 73,  
E-Mail: gottfried.adolph@t-online.de

## Biber, Jörg

Dr., Wiss. Mitarbeiter, TU Dresden,  
Fakultät Erziehungswissenschaften,  
Institut für Berufliche Fachrichtungen  
(IBF), Weberplatz 5, 01217 Dresden,  
Tel.: (03 51) 4 63-355 97,  
E-Mail: Joerg.Biber@tu-dresden.de

## Emmelmann, Claus

Prof. Dr.-Ing., Hochschullehrer, TU  
Hamburg-Harburg, Institut für Laser-  
und Anlagensystemtechnik (iLAS),  
Denickestraße 17, 21073 Hamburg,  
Tel.: (040) 4 28 78 – 34 55,  
E-Mail: c.emmelmann@tuhh.de

## Herkner, Volkmar

Prof. Dr., Universität Flensburg,  
Berufsbildungsinstitut Arbeit u. Technik  
(biat), Auf dem Campus 1, 24943  
Flensburg, Tel.: (04 61) 8 05-21 53,  
E-Mail: volkmar.herkner@biat.uni-  
flensburg.de

## Hetzer, Uwe

Leiter TRUMPF Schulungszentrum,  
TRUMPF GmbH + Co. KG,  
Schuckertstr.16, 71254 Ditzingen,  
Tel.: (0 71 56) 3 03-7 00,  
E-Mail: Uwe.Hetzer@de.trumpf.com

## Käßler, Sven

Dipl.-Berufspädagoge, Lehrer am  
Beruflichen Schulzentrum für Technik  
Bautzen, Löbauer Straße 77, 02625  
Bautzen, Tel.: (03 591) 6 7 02 28,  
E-Mail: sven.kaessler@freenet.de

## Kirchhoff, Wolfgang

StR, Dipl.-Ing., Universität Kassel,  
Institut für Berufsbildung am FB 07,  
Fachgebiet Berufspädagogik/Technik-  
didaktik, Heinrich-Plett-Str. 40, 34132  
Kassel, Tel.: (05 61) 8 04-41 33, E-Mail:  
w.kirchhoff@uni-kassel.de

## Mirbach, Horst

LtdVerwDir., Leiter des Arbeitsbe-  
reichs 3.2 „Qualitätssicherung und  
-entwicklung/Fernlernen/Bildungsper-  
sonal, BIBB – Bundesinstitut für Be-  
rufsbildung, Robert-Schuman-Platz 3,  
53175 Bonn, Tel.: (02 28) 1 07-15 32,  
E-Mail: mirbach@bibb.de

## Pahl, Jörg-Peter

Prof. Dr., Hochschullehrer, Technische  
Universität Dresden, Fakultät Erzie-  
hungswissenschaften, Institut für Be-  
rufliche Fachrichtungen (IBF), 01062  
Dresden, Tel.: (03 51) 4 63-3 78 47,  
E-Mail: joerg-peter.pahl2@mailbox.tu-  
dresden.de

## Petersen, Maren

Dr.-Ing., Oberingenieurin, TU Ham-  
burg-Harburg, Institut für Laser- und  
Anlagensystemtechnik (iLAS), Denik-  
kestraße 17, 21073 Hamburg, Tel.:  
(040) 4 28 78 - 36 26, E-Mail: maren.  
petersen@tuhh.de

## Rauner, Felix

Prof. Dr. em., Hochschullehrer,  
Universität Bremen, FG Berufsbil-  
dungsforschung (I:BB), Leobener Str.  
(NW 2), 28359 Bremen, Tel.: (04 21)  
218-4634,  
E-Mail: rauner@uni-bremen.de

## Schlausch, Reiner

Prof. Dr., Hochschullehrer, Universität  
Flensburg, Berufsbildungsinstitut Ar-  
beit und Technik (biat), Auf dem Cam-  
pus 1, 24943 Flensburg, Tel.: (04 61)  
8 05-21 62, E-Mail: reiner.schlausch@  
biat.uni-flensburg.de

## Simmert, Hartmut

Dipl.-Ing.-Päd., Wiss. Mitarbeiter am  
Institut für Berufspädagogik/Professur  
für Bildungstechnologie, TU Dresden,  
Fakultät Erziehungswissenschaften,  
Weberplatz 5, 01217 Dresden, Tel.:  
(03 51) 4 63-3 49 50, E-Mail: hartmut.  
simmert@tu-dresden.de

## Spöttl, Georg

Prof. Dr. M. A., Hochschullehrer, Spre-  
cher des ITB, Universität Bremen,  
Institut Technik und Bildung (ITB), Am  
Fallturm 1, 28359 Bremen, Telefon:  
(04 21) 2 18-46 48, E-Mail: gspoettl@  
uni-bremen.de

## Steinmetz, Holger

Dipl.-Ing., Institut für Berufliche Bil-  
dung und Arbeitslehre, Fachdidaktik  
Bautechnik, Landschaftsgestaltung,  
Sekretariat FR 4-4, Franklinstr. 28/29,  
10587 Berlin, Tel.: (0 30) 31 47 31 27,  
E-Mail: holger.steinmetz@tu-berlin.de

## Taubert, Marko

Dipl.-Berufspädagoge, Staatliches  
Berufsbildendes Schulzentrum Jena-  
Göschwitz, Fachbereich Metalltech-  
nik, Rudolstädter Straße 95, 07745  
Jena, Tel.: (01 52) 07 32 95 20, E-Mail:  
marko\_taubert@yahoo.de

## Vollmer, Thomas

Prof. Dr., Hochschullehrer, Universi-  
tät Hamburg, Institut für Berufs- und  
Wirtschaftspädagogik, Didaktik der  
beruflichen Fachrichtungen Elektro-  
technik und Metalltechnik, Sedan-  
str. 19, 20146 Hamburg, Tel.: (040)  
4 28 38-37 40, E-Mail: vollmer@ibw.  
uni-hamburg.de

## Wehmeyer, Carsten

Dr., StR, Walther-Lehmkuhl-Schule  
Neumünster, abgeordnete Lehrkraft  
an der Universität Flensburg, Be-  
rufsbildungsinstitut Arbeit u. Technik  
(biat), Auf dem Campus 1, 24943  
Flensburg, Tel.: (04 61) 8 05-21 49,  
E-Mail: wehmeyer@biat.uni-flensburg.de

## Windelband, Lars

Dr., Wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
Universität Bremen, Institut Technik  
und Bildung (ITB), Am Fallturm 1,  
28203 Bremen, Tel.: (04 21) 2 18-90 12,  
E-Mail: lwindelband@uni-bremen.de

### Ständiger Hinweis

#### Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik

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

Die Anschrift der Geschäftsstelle der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik-Informatik lautet:

BAG Elektrotechnik-Informatik

Geschäftsstelle, z. H. Frau Brigitte Schweckendieck

c/o ITB – Institut Technik und Bildung

Am Fallturm 1

28359 Bremen

Tel.: 04 21/218-49 27

Fax: 04 21/218-46 37

Konto-Nr. 1 707 532 700

Volksbank Bassum-Syke (BLZ 291 676 24).

Die Anschrift der Geschäftsstelle der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik lautet:

BAG Metalltechnik

Geschäftsstelle, z. H. Herrn Michael Sander

c/o ITB – Institut Technik und Bildung

Am Fallturm 1

28359 Bremen

Tel.: 04 21/218-49 24

Fax: 04 21/218-46 37

Konto-Nr. 10 045 201

Kreissparkasse Verden (BLZ 291 526 70).

### Beitrittserklärung

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

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

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

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

Anschrift: .....

E-mail: .....

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

Ermächtigung zum Einzug des Beitrages mittels Lastschrift:

Kreditinstitut: .....

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

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

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

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

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

Bitte absenden an:

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

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





---

# lernen & lehren

## Eine Zeitschrift für alle, die in

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

### Inhalte:

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

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

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

---

### Folgende Hefte sind noch erhältlich:

58: Lernfelder in technisch-gewerblichen Ausbildungsberufen	70: Modellversuchsprogramm „Neue Lernkonzepte“	83: Medientechnik und berufliches Lernen
59: Auf dem Weg zu dem Berufsfeld Elektrotechnik/Informatik	71: Neuordnung der Elektroberufe	84: Selbstgesteuertes Lernen und Medien
60: Qualifizierung in der Recycling- und Entsorgungsbranche	72: Alternative Energien	85: Die gestreckte Abschlussprüfung
61: Lernfelder und Ausbildungsreform	73: Neue Technologien und Unterricht	86: Innovative Unterrichtsverfahren
62: Arbeitsprozesswissen – Lernfelder – Fachdidaktik	74: Umsetzung des Lernfeldkonzeptes in den neuen Berufen	87: Kosten, Nutzen und Qualität in der beruflichen Bildung
63: Rapid Prototyping	75: Neuordnung der Metallberufe	88: Entwicklung beruflicher Schulen
64: Arbeitsprozesse und Lernfelder	76: Neue Konzepte betrieblichen Lernens	89: Fachkräftebedarf im gewerblich-technischen Bereich
65: Kfz-Service und Neuordnung der Kfz-Berufe	77: Digitale Fabrik	90: Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung
66: Dienstleistung und Kundenorientierung	78: Kompetenzerfassung und -prüfung	91: Europa – aktuelle Herausforderungen an berufliches Lernen
67: Berufsbildung im Elektrohandwerk	79: Ausbildung von Berufspädagogen	92: Veränderungen in Schule und Unterricht gestalten
68: Berufsbildung für den informatisierten Arbeitsprozess	80: Geschäftsprozessorientierung	93: Ausbildung in der Mikrosystemtechnik: Stand – Probleme – Ausblick
69: Virtuelles Projektmanagement	81: Brennstoffzelle in beruflichen Anwendungsfeldern	
	82: Qualität in der beruflichen Bildung	

---

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

---

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