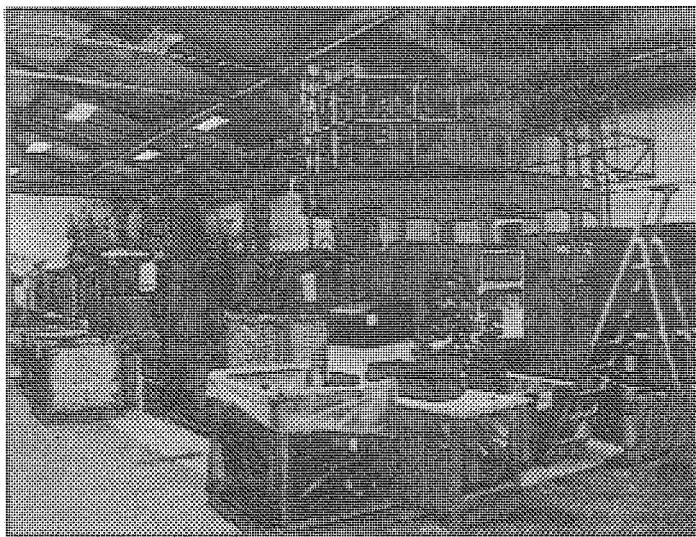


lernen & lehren

Elektrotechnik/Metaltechnik



Schwerpunkt:

Wandel der Fertigungsverfahren – Wandel der Facharbeit

Spöttl: Herausforderungen an
Berufswissenschaft und Berufsbildung

Bruder: Struktureller Wandel

Vollmer: Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

Erbel/Mahrin: Rapid Prototyping & Rapid Tooling

49



Deutscher Verlag

Impressum

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

Herausgeber: Gottfried Adolph (Köln), Manfred Marwede (Kiel), Jörg-Peter Pahl (Dresden), Felix Rauner (Bremen)

Ständige Mitarbeiter: Klaus Drechsel (Dresden), Friedhelm Eicker (Bremen), Werner Gerwin (Berlin), Detlef Gronwald (Bremen), Hans-Dieter Hellige (Bremen), Wolfhard Horn (Köln), Rolf Katzenmeyer (Gießen), Ute Laur-Ernst (Berlin), Wolf Martin (Hamburg), Ernst-Günter Schilling (Hamburg), Helmut Ulmer (Homburg/Saar)

Schriftleitung: Georg Spöttl (Flensburg), Bernd Vermehr (Hamburg)

Heftbetreuer: Georg Spöttl

Redaktion: lernen & lehren
c/o Bernd Vermehr
Achter Lüttmoor 28
22559 Hamburg
(040) 81 86 46

c/o Georg Spöttl
biat Berufsbildungsinstitut
Arbeit und Technik
Munketoft 3
24937 Flensburg
(04 61) 141 35 10
e-mail:
spoettl@biat.uni-flensburg

Das Bild auf dem Titelumschlag zeigt ein Fertigungsverfahren bei der Firma Phoenix AG in Hamburg

Alle schriftlichen Beiträge und Leserbriefe bitte an die obenstehende Adresse.

Verlag, Vertrieb und
Gesamtherstellung: Donat Verlag
Borgfelder Heerstr. 29 • 28357 Bremen
Tel.: (0421) 27 48 86 • Fax: (0421) 27 51 06

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

Bremen, 1998
ISSN 0940-7340

DM 12,50
ISSN 0940-7340

13. Jahrgang 1998

lernen & lehren

Elektrotechnik / Metalltechnik

Schwerpunkt:
Wandel der Fertigungsverfahren –
Wandel der Facharbeit

49

Inhalt

Kommentar

- Wissen und Verstehen
Gottfried Adolph 6

Editorial

- Georg Spöttl* 9

Schwerpunktthema

Wandel der Fertigungsverfahren – Wandel der Facharbeit

- Arbeit – Technik – Bildung: Entwicklungstrends
moderner Fertigung und Herausforderungen für
die Berufsbildung und Berufswissenschaften
Georg Spöttl 11
- Struktureller Wandel der Fertigungsverfahren
und Auswirkungen auf die Facharbeit
Michael Bruder 21
- Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – mehr
als nur eine schnellere CNC-Technologie
Thomas Vollmer 32
- Rapid Prototyping und Rapid Tooling: Verfahren,
Einsatz und Konsequenzen für die Facharbeit
Heinz-H. Erbe/Bernd Mahrin 44

Praxisbeiträge

- Hochgeschwindigkeitsfertigung – eine
Herausforderung für berufliche Schulen
Sven Mohr 59
- Schüler ohne Chance?
Hans Joachim Lützwow 67

Rezensionen, Hinweise, Berichte, Mitteilungen

- Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Bildung – Grundlagen
und Erfahrungen mit einem schulischen Lernzentrum –
Bert Kierck 77
- Fachkenntnisse Metallbauer- und Konstruktionsmechaniker-Technologie
Sven Mohr 79
- Hochgeschwindigkeitsbearbeitung
Georg Spöttl 81
- HSC-Werkzeugmaschinen in der betrieblichen Praxis
Jürgen Zick 83
- Eine Musterbranche stürzt ab – Werkzeugmaschinenbau
in USA und Deutschland, Lernen aus der Krise
Hans B. Kief 85
- Der Sanitärinstallateur: Technische Mathematik – Fachstufe 87
- Technische Mathematik – Metallbauer und Konstruktionsmechaniker 88
- Bericht über die 10. HGTB- Fachtagung vom 4.6. bis 6.6.98 in Flensburg
Peter Gerds 90
- Verstärkte Schriftleitung
Wolfram Paselk 91
- Internationaler Fachkräfteaustausch in der Berufsbildung 92
- Ständiger Hinweis 94
- Autorenverzeichnis 95

Gottfried Adolph

Wissen und Verstehen

Lachse wissen alles, was notwendig ist, um zur Laichzeit Flüsse und Bäche hoch zu schwimmen und dabei alles zu überwinden, was ihnen im Wege steht. So erreichen sie schließlich – wenn sich die äußeren Bedingungen nicht wesentlich verändern – ihr angestammtes Laichgebiet. Sie wissen allerdings nicht wieso und warum. Sie wissen, was sie tun müssen, aber nicht, was sie tun. Im Hinblick auf Funktionalität handeln sie richtig, aber blind. So ähnlich ist das auch mit dem technischen Wissen des Menschen. Auch hier handelt es sich im Wesentlichen – wenn es um die Praxis geht – um das operative (funktionale) Wissen. Der Faustkeil entwickelte sich über Jahrtausende hin zur Perfektion, ohne daß man wußte, wie seine Wirkung eigentlich zustande kam, und ohne daß man darüber lange nachdachte, ob es sinnvoll sei, sich gegenseitig die Schädeldecken so wirkungsvoll einzuschlagen. In dem Maße aber, in dem der Mensch im Laufe seiner langen Entwicklung begann, sich und seine Umwelt zunehmend bewußter wahrzunehmen, entwickelten sich die Fragen nach dem Wieso und Warum. Es entwickelte sich aber auch der Zweifel darüber, ob es überhaupt sinnvoll sei, solche Fragen zu stellen. Genügt es nicht zu wissen, was man zu tun hat? Muß man denn auch noch wissen, wieso etwas funktioniert, wenn es funktioniert? Und muß man wirklich auch noch nach dem Warum fragen? Diese Fragen sind so aktuell und so strittig wie eh und je, und selbst in der theoretischen, also nicht auf unmittelbare Anwendung bezogenen Mathematik, gibt es zur Zeit eine heftige Diskussion um diese Fragen. Einige Mathematiker werfen den anderen vor, sich just wie Lachse zu verhalten.

Wenn es sich um die schulischen Lern- und Lehrinhalte zur Lebensertüchtigung handelte und handelt, ging und geht es stets auch um die Frage, ob nicht das „Was-muß-ich-tun-damit“-Wissen genügt oder ob nicht auch „Wieso-Wissen“ oder gar „Warum-Wissen“ hinzu kommen müsse. Je nach gesellschaftlichem Stand der Lernenden wurde und wird diese Frage anders beantwortet. (Der Vorwurf, zu theoretisch zu sein, gilt besonders den beruflichen Schulen!) Betrachtet man die Schulgeschichte unter dem Aspekt der Lehrinhalte, kann man erkennen, daß es zunächst stets nur um die Vermittlung von „Was-soll-ich-tun-damit“-Wissen ging. Erst sehr viel später, Generationen später, fanden Wieso- und Warum-Fragen allmählich Eingang in den Unterricht. Das ist besonders deutlich an den mathematischen Lehrinhalten erkennbar.

Als sich im späteren Mittelalter die Märkte ausdehnten, unter damaligen Bedingungen global wurden, entwickelte sich ein großes praktisches Problem. Da es keine „globale“, standardisierte Maßordnung gab, dafür jedoch sehr viele regionale Maße, war es sehr schwierig, fremde Maße in die eigenen umzurechnen. Hinzu traten weitere Schwierigkeiten: Wie sollte man z.B. feststellen, wieviel Wein in einem Weinflaß war, wenn Weinflässer nicht genormt waren und man durch Ausschöpfen den Wein nicht verderben wollte? Aus dieser schwierigen Lage entwickelte sich die große Zeit der Rechenmeister. Man mußte sich ihrer bedienen, wenn es etwas zu rechnen gab. Und man mußte ihnen vertrauen. Wenn niemand außer ihnen rechnen konnte, wer sollte und konnte sie und ihre Künste kontrollieren? Die Rechenmeister gelangten deshalb zu großer Macht. Die Geschichte lehrt uns, daß Macht ohne Kontrolle pervertiert. Hier war es nicht anders: Viele Rechenmeister begannen, ihre Kunden zu betrügen. Das ärgerte die Rechtschaffenen unter ihnen. Ein solch Rechtschaffener war Adam Riese. Sein Ärger brachte ihn schließlich dazu, ein Buch zu schreiben, in das er alle Rechenregeln aufnahm, die das Volk kennen mußte, wenn es nicht betrogen werden wollte. Durch das Studium seines Buches sollten sich die „einfachen Leute“ von den Rechenmeistern emanzipieren.

Es wundert uns nicht, daß die Schulen solch eine Grundlage dankbar aufgriffen. Adam Rieses Rechenregeln wurden zum Lehrinhalt. Sie mußten auswendig gelernt werden, verstehen konnten sie weder Schüler noch Lehrer. Manche Nachwirkung können wir noch heute ausmachen. Wer von uns hat nicht die Regel auswendig lernen müssen, daß man Brüche miteinander dividiert, indem man sie mit dem Kehrwert malnimmt? (Ich habe noch nie jemand ausfindig machen können, der auf Anhieb erklären konnte, wieso diese Regel funktioniert.) Das Kuriose an dieser Situation ist, daß Adam Rieses Rechenkunst von Anfang an unter dem Aspekt der Emanzipation gelehrt wurde. Man wollte nicht mehr den Rechenmeistern blind vertrauen müssen. Statt dessen gehorchte man lieber den unverstandenen Algorithmen.

In den höheren Schulen entwickelte sich der Rechenunterricht zum Mathematikunterricht und von dort her kamen die ersten (zarten) Versuche, solche Regeln in das Wieso-Verständnis zu heben. In den Schulen, in denen es um Lebensertüchtigung ging, hatte das Bemühen um Einsicht neben der emanzipatorischen auch eine handfeste praktische Bedeutung. Wer einmal verstanden hat, was es mit einem Bruch auf sich hat, benötigt keine Regeln mehr, um mit ihnen rechnerisch umgehen zu können. Gleiches gilt auch für Multiplikations- und Dreisatzregeln und vieles andere mehr. Verstehen ist hier stets auch eine Frage der Lehr-Lern-Ökonomie.

Das, was hier am Beispiel des schulischen Umganges mit Zahl und Maß dargestellt wurde, gilt – mehr oder weniger deutlich – für viele, besonders für berufliche Lehrinhalte. Auch hier entwickelte sich erst allmählich die Kategorie des verstehenden Lernens und Lehrens. Über das Lehren des Um-

ganges mit Werkzeug verankerte sich die (Newtonsche) Physik in die Lern- und Lehrinhalte. Sie lieferte wichtige allgemeine Wirkungsprinzipien. Faustkeil, Beil, Meißel, Säge, Feile und vieles mehr konnte mit dem Wirkungsprinzip der schiefen Ebene erklärt und verstanden werden. Bei Zangen und ähnlichem kamen die Hebelgesetze hinzu. In der Elektrotechnik, in der es im Gegensatz zur Metaltechnik „dem Wesen nach“ bei elektrischem Strom und elektrischer Spannung um nicht Wahrnehmbares geht, lieferten Physik und Mathematik die Anschauungsbilder, ohne die das fachliche Wissen nicht strukturiert werden kann. So problematisch das alles im einzelnen auch sein mag: Man kann den Entwicklungsprozeß, vom „Was-muß-ich-tun-damit“-Wissen zum Wieso-Wissen, in seiner Wirkung auf die bildungsmäßige Emanzipation der „unteren“, „arbeitenden“ Schichten nicht hoch genug einschätzen. Hier begann als stetig fortschreitender Prozeß die Verkoppelung von allgemeinem und beruflichem Wissen und damit die Angleichung der „weniger gebildeten“ oder gar „ungebildeten“ Bevölkerungsgruppen an das Wissensniveau der „Bildungsbürger“. Vergleicht man unter diesem Gesichtspunkt die Bildungslandschaft von heute mit der vor hundert Jahren, so kann man, ohne sich allzu sehr von der Realität zu entfernen, behaupten, daß heute in vielen Bereichen der beruflichen Bildung eine – im Hinblick auf das Weltverstehen – wirksamere Allgemeinbildung vermittelt wird als in vielen allgemeinbildenden Schulen.

Wie in anderen Lebensbereichen auch hat die Informationstechnologie auch hier vieles grundlegend geändert. Diese Änderung betrifft die allgemeinbildenden und berufsbildenden Institutionen gleichermaßen. So hilflos wie im Mittelalter der Normalbürger dem Rechenmeister gegenüber stand, stehen wir heute den Computer-Bescheidwissern gegenüber. Wieder geht es um Regeln, die man auswendig lernen muß, aber nicht versteht und nicht verstehen kann. Und wieder betrifft es in der Regel Lehrende und Lernende gleichermaßen. „Ich kann Ihnen sagen wie, aber fragen Sie mich bitte nicht wieso“, ist schon zu einer gängigen Redensart geworden. Braucht es wieder so lange, bis wir da heraus kommen? Oder brauchen wir es gar nicht? Genügt es, wenn wir wie die Lachse sind? Piloten, die nicht mehr fliegen, wenn sie fliegen, sondern Programme in ihre Computer geben, beklagen zunehmend, daß sie nicht mehr wissen, was sie tun – und sie fühlen sich gar nicht wohl dabei.

Georg Spöttl

Editorial

Fertigungsverfahren im Umbruch! Die DIN-Systematik 8580 hat ihre Berechtigung verloren! Solche oder ähnliche Rückschlüsse könnten nach der Lektüre der Artikel dieser Ausgabe von lernen & lehren gezogen werden. Die vorgestellten Fertigungsverfahren aus der Kunststofftechnik, der Zerspantungstechnik, der freien Formgestaltung durch Rapid Prototyping u.a. entziehen sich in einigen Fällen nicht nur der einfachen DIN-Struktur-Zuordnung, sondern sie setzen auch altbewährte Gesetze der Berechnung von Schnittkräften, des Zerspanungsvolumens u.a. außer Kraft. Welcher Leser ging beispielsweise Ende der 1970er Jahre davon aus, daß bei Hochgeschwindigkeitszerspanung die Zerspanungskräfte mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit nachlassen? Die Aufsätze demonstrieren mehrere Entwicklungsdimensionen überdeutlich:

- Die Veränderungen der Arbeitsorganisationsformen in Korrespondenz mit neuen Technikkonzepten räumen dem Facharbeiter in der Produktion neue Chancen ein. Er ist an vielen Stellen wieder zu einem wichtigen Faktor avanciert.
- Ein dynamischer Wandel der Fertigungsverfahren hin zu effizienten Produktionssystemen wird in der Kunststoffindustrie sichtbar.
- Hochgeschwindigkeitszerspanung wird als ein Verfahren dargestellt, bei dem es sich nicht nur um schnellere Spindeln, sondern um eine neue Fertigungsphilosophie handelt.
- Rapid Prototyping eröffnet vielfältige Chancen der beliebigen Gestaltung von Konturen mit unterschiedlichen Verfahren und dem Einsatz durchgängiger CAD/CAM-Konzepte.

Auch wenn die genannten Verfahren und der Wandel im Produktionsverständnis aus dem Blickwinkel der Industrie mehr oder weniger als kontinuierliche Fortentwicklung eingeschätzt wird, kann für die beruflichen Schulen doch festgehalten werden, daß eine Reaktion auf diese Prozesse einem Quantensprung gleichkommt. Eine der Ursachen ist darin zu sehen, daß in

der Weiterentwicklung der beruflichen Schulen seit einer Dekade an vielen Stellen eine gewisse Stagnation feststellbar ist. Viele Schulen haben sich nach der CNC- und CAD-Euphorie nur sehr zögerlich den darauf folgenden Weiterungen angenommen. Weder sind die hier genannten Themen konsequenter Gegenstand der Lehrpläne noch Inhalt von Unterricht. Wenn überhaupt, dann stößt man am ehesten in Weiterbildungszentren auf die hier diskutierten Fertigungsverfahren.

Bisher hat auch kaum eine Auseinandersetzung darüber stattgefunden, welche Konsequenzen der Einsatz der vorgestellten Fertigungsverfahren für die Facharbeit hat und welche Rückschlüsse daraus für die Ausbildung von Facharbeitern zu ziehen sind.

Es wäre zweifellos zu kurz gegriffen, wenn Lehrplangestalter dazu übergangen, neue technische Verfahren einfach in die Lehrpläne zu schreiben. Strukturelle Überlegungen sind nicht nur notwendig; es geht vielmehr in erster Linie darum, herauszufinden, was für die Berufsausbildung von besonderer Relevanz ist. Dabei kann es nicht mehr nur um Überlegungen im engeren Kontext von technologischen Entwicklungen gehen, sondern mit und in diesen Prozessen spielt die Arbeit eine erhebliche Rolle. Während wir uns sicherlich alle sehr schnell die technologischen Entwicklungen erschließen können, fehlen uns Antworten auf die Frage, welche Inhalte in den Berufsbildern zu berücksichtigen sind, wenn wir nach den Implikationen solcher Möglichkeiten für die Facharbeit fragen. Die Berufswissenschaften bleiben diese Antworten derzeit noch schuldig. Die Arbeitswissenschaften versuchen bereits, sich neue Qualifikationsprofile zu erschließen, allerdings aus ihrer eigenen Perspektive. Wenn die Berufswissenschaften und wir Berufsbildungsspezialisten Antworten auf diese neuen Herausforderungen geben wollen, dann ist es höchste Zeit, sich an die Arbeit zu machen.

Georg Spöttl

Arbeit – Technik – Bildung: Entwicklungstrends moderner Fertigung und Instandhaltung und Herausforderungen für die Berufsbildung und Berufswissenschaften

Einleitung: Technik und Arbeitsorganisation im Wandel

Schlanke Organisation muß vor Hochtechnologie-Ablaufautomation kommen, wenn ein Unternehmen vollen Nutzen daraus ziehen will, wurde in der MIT-Studie festgestellt (vgl. Womack u.a. 1992, S. 99). Der Facharbeiter hat sich auf kontinuierliche Veränderungen einzustellen und soll die Organisation des Fertigungsprozesses verantwortlich mitgestalten. Arbeit gewinnt mit dem Ziel der Veränderung von Strukturen erheblich an Bedeutung. Bei dem vielfältigen Wandel in der Produktion in den vergangenen Jahrzehnten ist es trotz spürbarer Rationalisierungsbemühungen und dem Einsatz produktivitätssteigernder Technik nicht gelungen, die Werkstatt von der Kompetenz des Facharbeiters zu emanzipieren. Die der Technik oft eingeräumte omnipotente Rolle wurde eher relativiert und Positionen, die Arbeitsorganisation als determinierten Reflex der technischen Bedingungen sahen, wurden zurückgenommen. Die Vorplanung des Fertigungsablaufes sowie die Trennung von Planung und Ausführung (z.B. von Programmieren und Programmausführung) in der Arbeits- und Fertigungsplanung stieß bei der hohen Teilvervielfalt und Teilekomplexität, der geringer werdenden Wiederholhäufigkeit sowie bei den kleinen Serien- und Losgrößen immer wieder an Grenzen. Die zentrale Programmierung von CNC-Maschinen beispielsweise blieb angewiesen auf die Optimierung und Modifikation der Programme in der Werkstatt. Produktionsaufgaben (Beschicken, Überwachen, Einrichten, Steuern) behielten nicht zuletzt aufgrund der maschinentechnischen Entwicklung ihren vergleichsweise komplexen Charakter. Strategien der Aufspaltung der Funktionsmasse der in der Werkstatt verbleibenden Arbeitsaufgaben haben in weiten Bereichen der Fertigung und vor allem der Instandhaltung nicht gegriffen. Die Figur des qualifizierten und „seiner“ Maschine autonom beherrschenden Produktionsarbeiters zeigte eine erstaunliche Kontinuität. Insgesamt gesehen ist ein erheblicher Wandel, nicht jedoch eine Erosion qualifi-

zierter Produktionsarbeit zu konstatieren. Auch bei der Einführung neuer Fertigungsverfahren wie Hochgeschwindigkeitszerspanung, Rapid Prototyping oder neuer Kunststoffbearbeitungstechniken wird eher auf kompetente Facharbeit gesetzt.

Erosionen an der omnipotenten Rolle der Technik

Die traditionelle, hochindustrialisierte Massenfertigung forcierte die Arbeitsteilung, sowie die Zentralisierung von Arbeitssteuerung und Kontrollvorgängen mit der Absicht, Menschen auf Werkstattebene zu entmündigen. Traditionelle Technik und dort vorherrschende Arbeitsorganisationsformen müssen jedoch in einem engen Zusammenhang gesehen werden. Mechanisierung und Automatisierung im Kontext von tayloristischen Konzepten der Arbeitserlegung gründeten sich lange Zeit auf standardisierte Produktionsprozesse und starre Formen der Arbeitsorganisation. Arbeitsteilung und -zerlegung haben den „Mythos des Fortschritts“ (Georg 1996, S.644) erst mit der Verbreitung der Mikroelektronik verloren, weil Unternehmen neue Chancen und strategische Zukunftsperspektiven entdeckten: Neben der Gestaltbarkeit von Produkten wurde die Möglichkeit eines neuen Zuschnitts von Produktionsverfahren, Technikeinsatz, Arbeitsorganisation und Qualifizierung als herausfordernde Parameter erkannt.

Hirsch-Kreinsen u.a. (1990, S. 90 f.) arbeiteten bereits zu Beginn der 1990er Jahre drei Produktions- und Arbeitsorganisationskonzepte mit je für sich eigenen Chancen und Entwicklungspotentialen heraus:

- ein mehr tayloristisch orientiertes,
- ein struktursuchendes und ein
- strukturinnovatives Konzept.

Die Bewertung der drei Modelle führte zu Rückschlüssen, die sich mit Blick auf die Chancen für Facharbeiter wie folgt zusammenfassen lassen:

	Entwicklung der Arbeitsteilung	Perspektiven für Facharbeiter
a) tayloristisch	Erhalt und/oder Vertiefung von Arbeitsteilung	Facharbeiteranteil teilweise steigend
b) struktursuchend	sowohl Abbau als auch Vertiefung von Arbeitsteilung	Facharbeiteranteil teilweise steigend
c) strukturinnovativ	Abbau von Arbeitsteilung und/oder Erhalt ganzheitlicher Arbeitsformen	breiter und/oder steigender Facharbeitereinsatz

Auffällig ist bei allen drei Ansätzen, daß der Facharbeiterbedarf kaum Einschränkungen erfährt. Das struktursuchende und strukturinnovative Modell ziehen eine deutliche Rücknahme der Arbeitsteilung und ein erweitertes Aufgabenspektrum nach sich. Für Facharbeiter eröffnen sich Gestaltungsfelder im sozial-kommunikativen Bereich, in der Wahrnehmung von Verantwortung und im methodischen, organisatorischen und planerischen Gebiet, zusätzlich zur technisch-fachlichen Kompetenz. Beim strukturinnovativen Ansatz wird eine umfassende arbeitsorganisatorische Neuorientierung im Sinne ganzheitlicher Arbeit deutlich, die nicht ohne Folgen für die berufliche Bildung bleibt (vgl. dazu Ganguin 1993, S. 32 f.; Haase/Lacher 1993, S. 104 ff.). Je komplexer die Fertigungsprozesse werden, um so naheliegender ist es, daß sowohl die Unternehmensstrukturen als auch die Arbeitsabläufe für alle Beschäftigten, also auch für den Facharbeiter, eine zunehmend wichtigere Rolle für das Handeln des gesamten Unternehmens spielen. Die Herausbildung „neuer“ Facharbeiter mit Kompetenzen, die bisher nicht zu entwickeln waren, scheint für fertigungsorientierte Ausbildungsberufe nach den knapp skizzierten Befunden aktuell und eine große Herausforderung zu sein. Sie existiert im doppelten Sinne: Einerseits aufgrund des strukturellen Wandels der Unternehmensorganisationen, andererseits weil neue Produktionstechniken Einzug halten, für die traditionelle Qualifikationsprogramme ungeeignet sind.

Neue Eckpunkte der Produktion ziehen eine veränderte Rolle der Berufsbildung nach sich

In der Produktion erfolgt seit Anfang der 1990er Jahre eine intensiver Anwendung in rechnerintegrierter „Verfahren“ mit hohem Automatisierungsgrad sowie die Nutzung neuer Fertigungstechniken, deren Möglichkeiten sich nicht mehr allein mit DIN-Begriffen umschreiben lassen. Es ist aber kein einheitliches technisches oder arbeitsorganisatorisches Strukturmuster auszumachen; offensichtlich sind die Wege denkbar verschieden, auf denen sich die Unternehmen einer rechnerspezifischen Vernetzung der Produktion nähern:

- Darin liegt eine Gestaltungschance für den Facharbeiter, wenn er kompetent genug ist, notwendige planerische Aufgaben der Arbeitsplatzgestaltung wahrzunehmen. Durch ganzheitliche und gestaltungsorientierte Bildung kann er darauf vorbereitet werden, weil Vernetzung immer den Zusammenschluß mehrerer Komponenten bedeutet, worauf nicht zuletzt Denken und Handeln vorbereiten.
- Beim Einsatz von rechnergestützter Fertigung mit neuen Fertigungsverfahren stellt sich die Frage der Gestaltung von Technik, Arbeit und Orga-

nisation ganz neu. Je nach konzeptioneller Entscheidung rückt der Facharbeiter näher an die Produktion heran oder weiter weg. Seine Aufgaben werden mehr oder weniger stark zergliedert. Mit der systemischen Rationalisierung wurde eine entscheidende Schranke tayloristischer Arbeitsorganisation überwunden. Rechner und deren Vernetzung in der Fertigung bedingen keine arbeitsteiligen und gering qualifizierten Arbeitsplätze.

In diesem Zusammenhang gewinnt das arbeitsprozeßbezogene Wissen hohe Relevanz und nicht eine vermeintlich einheitsstiftende Funktion der Technologie (vgl. Schachtner 1997, S. 169 ff.). Die Ursachen sind in der Tatsache zu suchen, daß die betrieblichen Arbeitsabläufe einschließlich aller dazugehörigen Elemente und Dimensionen vom Facharbeiter erschlossen werden müssen, um gestalterisch tätig sein zu können. Beispielsweise ist es in der Zerspanungstechnik nach wie vor wichtig, den Zerspanungsprozeß unter Maßgabe der rechnergestützten Arbeitssysteme zu beherrschen. Die Rahmenbedingungen haben sich jedoch erheblich verändert.

Bei konventioneller Produktion ließ sich arbeitsprozeßbezogenes Wissen auf der Basis von Arbeitserfahrung und systematischer Qualifizierung entwickeln. Der Einsatz hochautomatisierter Produktionssysteme erlaubt dies nicht mehr. Neue Fertigungsstrukturen wie beispielsweise Inselfertigung beruhen zunehmend auf horizontaler Kooperation bei gleichzeitigem Abbau vertikaler Befehlsstrukturen. Deshalb kommt auch dem Arbeitsprozeßwissen zunehmend ein anderer Charakter zu als bei mechanischer Fertigung mit tayloristischer Arbeitsteilung. Die berufliche Bildung ist aus diesen Gründen herausgefordert, den Facharbeiter auf solch veränderte Situationen vorzubereiten, ihn dafür zu qualifizieren. Dabei ist wichtig, daß arbeitsprozeßbezogenes Wissen in der rechnerintegrierten Produktion nicht nur Tätigkeiten in den dem Arbeitsplatz vor- und nachgeordneten sowie über- und untergeordneten Bereichen umfaßt, sondern auch das Unternehmen insgesamt im Blick hat.

Moderne Produktion bedingt keine tayloristischen Einzelarbeitsschritte. Es wird eher ein prozeßorientierter Aufgabenzuschnitt favorisiert. Als Konsequenz zeichnet sich ab, dem Facharbeiter umfassende Kompetenzen und Entwicklungsmöglichkeiten zu übertragen (vgl. Hoppe 1988, S. 24; Martin/Rose 1990, S. 34 ff.). Damit wird es sogar möglich, den Technikeinsatz und die Richtung der Entwicklung der Produktionstechnik im Positiven mitzubestimmen. Immer deutlicher zeigt sich, daß die „facharbeiterfreie“ Produktion nicht zu realisieren ist. Qualifizierte Facharbeit in der Werkstatt scheint unerlässlich zu sein. Insbesondere die Leitvorstellung flexibler Produktion erfordert Kompetenzen in der Werkstatt; sei es für das Programmieren und das Einfahren von rechnerintegrierten Werkzeugmaschinen, sei es für die Feinsteuerung von Aufträgen über mehrere Maschinen bei Prioritätsveränderungen und Eilaufträgen (Seifert 1995) oder gar die Gesamtplanung

und Abwicklung von Aufträgen einschließlich des Funktionserhaltes der Maschinen. In zahlreichen Untersuchungen des Produktionsprozesses bahnte sich hinsichtlich der Einschätzung der Herausforderungen für den Facharbeiter schon vor längerem ein Konsens an. Eine der zentralen Schlußfolgerungen lautet:

„Dispositive, planerische und progammgestaltende Vorbereitungen des Arbeitsprozesses gewinnen an Bedeutung. Dies gilt insbesondere für gruppenorientierte Fertigungsstrukturen wie z.B. autonome Fertigungsinseln und flexible Fertigungssysteme, die durch eine Aufhebung bzw. Minderung der vertikalen Arbeitsteilung gekennzeichnet sind. Es ist deshalb gleichzeitig erforderlich, den Metallfacharbeitern die notwendig werdenden organisatorischen Kenntnisse, das technische Wissen und übergreifende Planungskompetenz zu vermitteln. Eng begrenzte Spezialisierung ist wegen der zunehmenden Integration und Verkettung von Maschinenfunktionen abzulehnen. Es ist eine horizontale Erweiterung der Fachinhalte in der Ausbildung notwendig“ (Spöttl 1996, S. 174). Besondere Relevanz gewinnen solche Forderungen dann, wenn Unternehmen neue Fertigungstechniken einführen und auf die Kompetenz der Facharbeiter angewiesen sind. Ein gutes Beispiel dafür liefern die Ausführungen von Bruder in diesem Heft.

Der Abbau traditionell hierarchischer Strukturen in der Produktion forciert die Veränderungsprozesse und trägt so erheblich zum Wandel der Aufgabenschnitte bei. Aufgaben-Integrationsmodelle gehen davon aus, daß nicht mehr nur Maschinen und Anlagen bedient und Fertigungsabläufe überwacht werden, sondern auch das Einrichten und Umrüsten von Anlagen, die Störungsdiagnose und Beseitigung kleinerer Störungen sowie die Qualitätssicherung wahrgenommen werden. Dieses setzt das Verstehen der komplexen und abstrakten Funktionsabläufe der Systeme voraus, und es ergibt sich die Chance, sinnentleerte und in hohem Maße standardisierte und eintönige Tätigkeiten zugunsten von ganzheitlichem, kreativem und selbstgestaltetem Denken und Handeln abzubauen.

Ein neues Niveau der Facharbeit und die Frage nach der Qualifizierung

Schon früh wurde angenommen, daß eine gewisse „Verwissenschaftlichung“ der Berufsbildung (vgl. dazu auch: Deutscher Bildungsrat 1974) infolge der modernen Produktion und Automatisierung notwendig sei und es nicht mehr ausreiche, den Auszubildenden die Routine des „gegenständlichen Machens“ (Nölker) einüben zu lassen. Die seit jeher im Handwerk übliche Methode, „durch Fleiß, Technik zu erwerben und sich durch jahrelange Übung und Gewöhnung die Routinen, die persönliche Meisterschaft anzu-

eignen, die „mit dem Träger stirbt“ (Dessauer), reicht heute nicht mehr aus. Für die Auszubildenden werden technische Vorgänge immer weniger anschaulich und erlebbar. Erfolgserlebnisse verlagern sich vom konkret Erfahrbaren auf nur abstrakt erfahrbare Bereiche. Der Auszubildende muß lediglich durch verbale Informationen vermittelte Tatbestände begreifen. Einer Veranschaulichung der Berufsbildungsinhalte muß in zunehmendem Maße entsagt werden. Darüber hinaus tritt die Analysefähigkeit komplexer Zusammenhänge in den Vordergrund (vgl. Scheiten 1997). Moderne Technik deshalb in den Lehrplänen stärker als bisher an den systematischen Fachwissenschaften zu orientieren, wird oft als Antwort auf diese veränderten Herausforderungen gesehen. Das eigentlich neue „Berufswissen“, auf das es für Facharbeiter ankommt, findet kaum Berücksichtigung; es ist dafür noch nicht ausreichend erschlossen.

Die konkreten Formen betrieblicher Arbeit sind als Resultat sehr unterschiedlicher Einflußgrößen zu begreifen, zu denen die neuen Technologien ebenso gehören wie das verfügbare Arbeitsvermögen und die Verhältnisse auf den Absatzmärkten. Auch politische Entscheidungen wie beispielsweise Arbeitszeitregelungen wirken sich auf Umfang und Organisation der Arbeit aus. „Mit der Festlegung der Arbeitsinhalte wird entschieden, ob intellektuelle, sozial-kommunikative und kreative Verhaltenspotentiale durch die Arbeit selbst stimuliert und gefordert oder eingeschränkt und brach liegen werden“ (Schumann 1987, S. 4).

Trotz der zunehmenden Anforderungen darf nicht übersehen werden, daß die neuen Fertigungskonzeptionen bei entsprechender Gestaltung der Arbeitsorganisation durch eine Verlagerung von Kompetenz- und Entscheidungsspielräumen in die Produktion (vgl. Heidegger/ Rauner) einen ganzheitlichen, stärker arbeitsorientierten Aufgabenzuschnitt ermöglichen. Technikentwicklung würde durch solche Maßnahmen zu einem sozialen Prozeß. Die Chance der breiten Verwendung von Qualifikationen nimmt in solchen Fällen erheblich zu. Eine dementsprechende Qualifizierung nutzt dem Individuum (Verbesserung der Arbeitsmarktchancen!) wie auch den Betrieben (hohe Motivation und Mitverantwortung). Die Forderung nach Flexibilität, nach breiten Grundqualifikationen, die als Basis für eine systematische Erweiterung der Kompetenzen innerhalb und außerhalb des Arbeitsprozesses dienen, ist hochbedeutsam und berechtigt.

Die besondere Förderung der Fach-, Methoden-, Lern- sowie Human- und Sozialkompetenz soll als langfristige Maßnahme bereits in der Erstausbildung beginnen, um die angestrebte breite Qualifizierung zu sichern (vgl. Sonntag 1989, S. 13). Bei dieser Zielrichtung muß der bisher beschrittene Weg der Zuweisung des technisch Möglichen (Aufbau, Funktionieren und Handhaben von Technik) zum fachkundlichen Unterricht und der Gebrauchswertseite der Technik (Zwecke, Funktion, Gebrauchsqualität, Anwendung, Genese der Technik, Folgen von Technik) zu unterschiedlichen

„allgemeinen“ Fächern verlassen werden. Der Anspruch der Arbeitsorientierung muß eingelöst werden. Er wird durch die Entwicklungstendenzen bei den Arbeitsorganisationsformen von rechnergestützter Fertigung bestätigt und findet seinen Höhepunkt in der Forderung nach breiteren, „dynamischen“ Berufsbildern.

Auf dem Weg zu neuen Fertigungs- und Produktionskonzepten, auf dem Weg zur neuen Fabrik, soll Bildung – und Qualifikation als Element von Bildung – unter dem Gesichtspunkt der Humanzentrierung als relativ eigenständige Entwicklungs- und Gestaltungsdimension begriffen werden, weil keiner der Entwicklungsfaktoren, weder die Bildung noch die Technik noch die Arbeit die Entwicklungsrichtung allein vorgeben. „Bildung und Qualifikation dürfen keine abhängigen Variablen im Verhältnis zur Technik- und Arbeitsentwicklung sein. Neben einer Bildung und Qualifizierung für die Arbeit spielen die Bildungs- und Qualifizierungsprozesse in der Arbeit eine immer größere Rolle“ (Dybowski u.a. 1993, S. 139 ff.).

Damit eröffnen sich Wege und Optionen für die Gestaltung von Technik, letztlich für die Gestaltung der neuen Fabrik. Diese müssen aber im Detail noch „ausgemacht“ werden. Technik schreitet nicht eigenen Gesetzen folgend fort. Deshalb ist es möglich, die technische, soziale und ökologische Entwicklung human zu gestalten. Diese Chance muß bereits in der Erstausbildung durch eine diesbezügliche Qualifizierung zukünftiger Metallfacharbeiter wahrgenommen werden.

Arbeitsprozeßorientierte Berufsbilder

Das sich zunehmend etablierende neue Produktionsverständnis verweist deutlich auf ganzheitliche Zuschnitte von Arbeitsaufgaben, verbunden mit hoher fachlicher Souveränität der Arbeitenden. Ursprünglich „getrennte Aufgaben werden zu integrierten Arbeitsplätzen zusammengelegt; menschliche Arbeit wird durch steigende Komplexität der Aufgaben und zunehmend notwendiges Organisationswissen aufgewertet“ (Georg 1996, S. 644).

Elektronisch vernetzte Fertigungssysteme und neue Fertigungsverfahren fordern geradezu heraus, über betriebliche Organisationsformen nachzudenken, die Arbeit, Erfahrung und Technik sinnvoll kombinieren. Anstelle der für die neunziger Jahre erwarteten automatisierten, menschenleeren Fabriken wird heute erkannt, daß ein erfolgreicher Einsatz von Facharbeitern bei dezentralisierten Produktionsstrukturen sinnvoll ist. Technikzentrierte Veränderungen haben auch unter dem Aspekt der Verbesserung von Effektivität, Kostenoptimierung und Qualität nicht mehr alleinige Priorität. Die Verbreitung rechnergestützter Anlagen geht einher mit einer Verlagerung von Funktionen auf die Werkstattebene, was einerseits zu einer erweiterten, zum anderen zu einer spezialisierten Facharbeit führt (vgl. Spöttl 1996, S. 290).

Dieses neue Niveau des Wechselverhältnisses von Technikentwicklung, Aufgabenwandel und Qualifizierung zwingt die Berufsbildung geradezu, Berufsbilder zu entwickeln, die an diesem veränderten Produktionsverständnis anknüpfen.

Es kommt darauf an, komplexe Produktionsprozesse zum Gegenstand von Berufsbildern zu machen und den Arbeitsprozeß als Gesamtes von der Inbetriebnahme, über die Überwachung bis hin zur Wartung und Instandhaltung, der Qualitätskontrolle und Prozeßoptimierung als Bezug für die Berufsbildgestaltung zu nehmen, um die Requalifizierung der Facharbeit zu unterstützen. Dieser Ansatz erleichtert es, neue Fertigungsverfahren (Hochgeschwindigkeitszerspanung, Rapid Prototyping, Kunststoffverarbeitung u.a.) in die Berufsbilder zu integrieren und nicht einfach zu addieren, wie das in der Vergangenheit oft der Fall war. Sobald der Prozeß, der Arbeitsprozeß, als Strukturkonzept für Berufsbilder gewählt wird, verbietet sich ein additives Verfahren, steht doch der Prozeß als solcher im Mittelpunkt, welcher mit verschiedenen „Werkzeugen“ oder Maschinen bestückt sein kann.

Wenn heute vielfach angenommen wird, daß beruflich normierte Qualifizierung immer weniger den betrieblichen Anforderungen entspricht, daß Qualifizierung wieder mehr an den Arbeitsplatz und in den Produktionsprozeß verlagert werden sollte und daß berufsbezogene Identität zunehmend in Widerspruch zu den betrieblichen Integrations- und Transformationsprozessen gerät (vgl. Dybowski/ Haase/ Rauner 1993), dann ist damit zwar noch nicht gleichzeitig das Beruflichkeitsprinzip von Facharbeit in Frage gestellt. Allerdings sollte über den bisherigen Ordnungsrahmen für die Gestaltung von Berufsbildern nachgedacht und in jedem Falle eine stärkere Verknüpfung zwischen Qualifizierungs- und Organisationsentwicklungsprozessen in Unternehmen hergestellt werden. Der Arbeitsprozeß kann der Schlüssel dafür sein. Zwar würde dadurch einerseits eine gewisse Fokussierung des Zusammenhangs von Persönlichkeitsentwicklung und Unternehmenskultur gefördert und der Berufsbezug könnte deshalb in den Hintergrund gedrängt werden. Andererseits jedoch kann einer der wesentlichen Nachteile überwunden werden, nämlich die Stützung berufsfachlicher Abgrenzungsansprüche, die In-Flexibilitäten bestimmter Berufsgruppen nach sich ziehen. Neu zu bestimmen ist das Verhältnis von Beruf und sich entwickelnder Unternehmenskulturen.

Eine wichtige Rolle spielt dabei die Arbeitsorganisation. Technik allein determiniert nicht den Aufgabenumfang und den Grad der Arbeitsteilung in der Fertigung. Das zeigt sich schon daran, daß neue Technologien am Arbeitsplatz dazu führen, die Fragmentierung auf die Spitze zu treiben. Sie sind jedoch umgekehrt auch geeignet, Auseinanderfallendes wieder zu integrieren. Der Aufgabenzuschnitt wird beeinflusst vom Wandel der Technik auf der einen und der Gestaltung der Arbeitsorganisation auf der anderen Seite. Beide Aspekte haben Auswirkungen auf Inhalte und Strukturen der Aufgaben und

die Rolle des Menschen in der Produktion. Der Kompetenz von Facharbeitern wird große Bedeutung beigemessen, weil die Produktivität der Mitarbeiter durch die Übertragung anspruchsvoller und vielfältiger Aufgaben erhöht werden kann. Auch wenn die vielfältigen arbeitsorganisatorischen Ansätze es noch offenlassen, welchen Weg genau die Rationalisierung von Arbeit und Produktion gehen wird, so wird doch deutlich, daß verstärkt Arbeitsorganisationsformen angestrebt werden, die planerische und organisatorische Aufgaben miteinander verbinden. Die Erkenntnis der Planer, daß automatisierte Technik allein noch keine effizienten und produktiven Fertigungsabläufe sichert, führte zu einer Neubewertung der menschlichen Arbeit und gilt inzwischen als eine für den Fertigungsprozeß unverzichtbare Größe.

Darin wird eine wesentliche Aufgabe für die Berufspädagogik gesehen. Das technikzentrierte Denken ist zugunsten des Arbeitsprozeßbezuges und des daraus resultierenden Berufswissens zu überwinden. Technikeinsatz, Arbeitsorganisation, Qualifizierung und die Entwicklung der Humanressourcen sind gemeinsam zu betrachten, weil sie den Betrieb im Sinne eines sozio-technischen Systems letztendlich ausmachen. Berufsbildung soll dabei eine neue Rolle erhalten: Sie soll von einer reaktiven in eine aktive Rolle wechseln, indem sie den Ansatz angepaßter Nachqualifizierung verläßt und aktiv am Entwicklungsprozeß von Arbeit und Technik teilhat. Hieraus können innovative Beiträge zur Arbeitsgestaltung resultieren. Um diesen Prozeß in besonderer Weise zu fördern, kommt es darauf an, nicht allein arbeitsplatzbezogenes Erfahrungswissen im Blickfeld zu haben, sondern auf eine ausreichende theoretische Fundierung und weitergehende Einsichten in überbetrieblichen Zusammenhängen zurückgreifen zu können. Genau an dieser Stelle gewinnt überbetriebliches Lernen einen neuen Stellenwert, vorausgesetzt, die Befähigung zu Verändern und Verbessern von Arbeits- und Lebensbedingungen steht im Mittelpunkt der Kompetenzentwicklung.

Literatur

- Deutscher Bildungsrat (HRSG.): Strukturplan für das Bildungswesen. Stuttgart 1974.
- Dybowski, G./Haase, P./Rauner, F. (HRSG.): Berufliche Bildung und betriebliche Organisationsentwicklung. Bremen 1993.
- Ganguin, D.: Die Struktur offener Informationssysteme in der Fertigungsindustrie und ihre Vernetzungen. In: Dybowski u.a.: Berufliche Bildung, S. 16-33.
- Georg, W.: Lernen im Prozeß der Arbeit. In: Dederling, H. (HRSG.): Handbuch zur arbeitsorientierten Bildung. München 1996, S. 637-659.

- Haase, P./Lacher, M.: Die Herausforderung der Berufsbildung durch den internationalen Qualitätswettbewerb aus Sicht der betrieblichen Organisationsentwicklung. In: Dybowski u.a.: Berufliche Bildung, 1993, S. 97-109.
- Heidegger, G./Rauner, F.: Berufe 2000. Berufliche Bildung für die industrielle Produktion der Zukunft. Der Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf o.J.
- Hirsch-Kreinsen, H./Schultz-Wild, R./Köhler, Ch./Behr, M. von: Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion. Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau. Frankfurt a.M., New York 1990.
- Hoppe, M.: Handlungslernen in der CNC-Ausbildung. In: Technische Rundschau, Heft 26/1988, S. 24-31.
- Martin, H./Rose, H.: Erfahrungswissen sichern statt ausschalten. In: Technische Rundschau, Heft 12 /1990, S. 34-41.
- Schachtner, Ch. (HRSG.): Technik und Subjektivität. Das Wechselverhältnis zwischen Mensch und Computer aus interdisziplinärer Sicht. Frankfurt a.M. 1997.
- Scheiten, A.: Moderner Unterricht in der Berufsschule. Herausforderungen für die Zukunft. In: Gewerkschaftliche Bildungspolitik, Heft 6/7 1994, S. 142-148.
- Schumann, M.: Die Zukunft der Arbeit. Neue Perspektiven für die Bildung. In: a + I, Heft 59/1987.
- Schumann, M./Baethge-Kinsky, V./Neumann, U./Springer, R.: Breite Diffusion der neuen Produktionskonzepte – Zögerlicher Wandel der Arbeitsstrukturen. In: Soziale Welt, Jg. 41, Heft 1/1990, S. 47-69.
- Spöttl, G.: Perspektivwechsel bei der Strukturierung beruflicher Lehrinhalte als Antwort auf die neuen Technologien. Alsbach/Bergstraße 1996.
- Spöttl, G.: Paradigmenwechsel durch innovative Fertigungsprozesse – Die Relevanz der berufswissenschaftlichen Forschung und Lehre für ein Curriculum zu dieser Thematik. In: Pahl, J.-P./Rauner, F. (HRSG.): Betrifft: Berufsfeldwissenschaften. Bremen 1998, S. 83-96.
- Sonntag, K.: Zur Rolle der Personalentwicklung bei technisch-organisatorischen Innovationen. In: ZBW, Heft 1/1989, S. 3-20.
- Womack, J.P./Jones, D.T./Ross, D.: Die zweite Revolution in der Automobilindustrie. Frankfurt a.M. 1992.

Michael Bruder

Struktureller Wandel der Fertigungsverfahren und Auswirkungen auf die Facharbeit

Fertigungstechnologien gestern und heute

Klassische Fertigung von Bauteilen, orientiert am Werkstoff Metall

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war das fertigungstechnische Geschehen, insbesondere im Maschinenbau, weitgehend durch den Werkstoff Metall beherrscht worden. Massenproduktionen und damit verbundene Arbeitsteilung hatten sich in den klassischen Industrienationen USA, Europa, Japan und Rußland weit verbreitet. Werkstatt- und Fließprinzip eroberten die Werkhallen, Schlesinger führte das Toleranzsystem ein, Wöhler untersuchte die Dauerfestigkeit zunächst aller Stahl- und Stahlliegierungen, die Fertigungsverfahren Urformen, Umformen, Trennen und Fügen waren jedem Handwerker und Ingenieur bekannt, so daß sie eine klar definierte Aufnahme in die DIN 8580 fanden. Dementsprechend formierten sich auch die damals typischen Berufsgruppen der Metallverarbeitung: Eisengießer, Kernmacher, Rohrbieger, Schmied, Dreher, Fräser, Schweißer, Monteur usw.. Natürlich soll auch nicht der Elektriker vergessen werden, dessen vorherrschendes Arbeitsmedium ebenfalls metallisch war – der Kupferdraht. Die Wartung der Fertigungsanlagen besorgten vorwiegend Maschinenschlosser – Hand in Hand mit Elektrikern –, Berufsgruppen also, die Elemente der klassischen Handwerksgruppen in sich vereinigt haben, ähnlich wie die Werkzeugmacher. Die Industrienationen haben weitgehend jeweils den eigenen Bedarf an Produktionsanlagen gedeckt. Im übergreifenden Exporthandel sind oft Anlagen zusammen mit dem Bedienpersonal verkauft worden, zumindest zeitweilig. Die Geschäftsbeziehungen mit rohstoffreichen Ländern der sogenannten Dritten Welt kannten bis vor kurzem nur die Richtung der Produktzulieferung gegen die Abgabe von Rohstoffen.

Heutige Fertigungstechniken und -strategien unter Berücksichtigung der Verarbeitung moderner Werkstoffe und globalem Zusammenspiel
Die Herstellungskosten eines Serien-(Individual-)produktes werden bekanntlich hauptsächlich vom Material- und Produktionsaufwand bestimmt. Den Grundstein dafür legt nach wie vor die Konstruktion.

Die Erzeugung und Bearbeitung von Stahl ist teuer. Die Suche nach alternativen Werkstoffen, die bei niedrigen Preisen noch ein weitaus höheres Spektrum an Anforderungen erfüllen (heute liegt ein nicht unwesentlicher Teil des Augenmerkes auf Recyclingfähigkeit und Freiheit von Gefahrenstoffen), ist erfolgreich gewesen:

Faserverbundwerkstoffe (hochfest, leicht), Kunststoffe (leicht, fest, recyclingfähig), Keramiken, Beton, Naturfasern und -stoffe beherrschen heute den Markt. Oft erfüllen einige dieser Werkstoffe noch nicht die gewünschten hohen Anforderungen an Dauerfestigkeit unter variablen Randbedingungen wie z.B. Temperaturen, chemische Einflüsse usw. Die Entwicklungsarbeit der Werkstofftechniker schreitet aber schnell voran. Vergleichen wir ein Automobil älterer Bauart als repräsentatives Produkt eines Konglomerates der verschiedenartigsten Bauteile mit einer Neuentwicklung, z.B. den legendären VW-Käfer mit dem neuen VW-Beetle. Das Verhältnis von metallischen zu nicht-metallischen Werkstoffen sowie das von Einzelbauteilen zu integralen Baugruppen hat sich nahezu umgekehrt. Würde die Karosserie, was versuchsweise bei gewissen Automobilherstellern bereits erprobt wird, in den tragenden Bereichen auch noch durch Kunststoffbauteile ersetzt, schwindet der Metallanteil auf ein nicht mehr signifikantes Maß.

Betrachten wir den Bereich des klassischen Maschinenbaues, z.B. ein CNC-Drehbearbeitungszentrum oder schlicht eine Handbohrmaschine. Selbst hier werden, beginnend beim Werkzeug, Schneidkeramiken, polykristalline Diamanten (PKD), CBN usw. eingesetzt, Maschinenbetten aus Mineralien verwendet, Getriebe (sofern noch vorhanden) mit Kunststoffrädern ausgestattet, Abdeckungen und Gehäuse Teile aus Kunststoffen und Verbundwerkstoffen gefertigt.

Die Verarbeitung dieser Werkstoffe zu Bauteilen erfordert die Entwicklung neuer Produktionsverfahren. Natürlich lassen sich die meisten dieser Werkstoffe nach wie vor durch Urformen, Umformen, Trennen, Beschichten und Fügen zu Bauteilen, Baugruppen und -systemen verarbeiten. Aus Kosten- und Recyclinggründen treten allerdings die trennenden Verfahren heute völlig in den Hintergrund. Vorherrschend sind Fertigungsverfahren, die in Kombination von Elementen der alten Hauptgruppen entstanden sind und größtenteils noch keine Standardbezeichnungen tragen. Durch die Entwicklung von intelligenten Bauteilen und Systemen und der damit verbundenen Integration von Sensoren und Schaltkreisen vermischen sich besonders Elemente aus der Urform-, Umform- und Fügetechnik. Neue Fertigungsverfahren bedingen auch eine Neuorganisation der Arbeit selbst, verursacht durch Herausforderungen wie die zu produzierende Qualität, der Produkthaftung und der bei der Zulieferindustrie „just in time“ erfolgenden Beistellung von Baugruppen aus Produktionen im Ausland. Der hohe Preisdruck, der zur Zeit besonders von der Automobilindustrie praktiziert wird, erzwingt ferner Personalabbau und Hochautomatisierung in den „alten“ Industrieländern, die

Verlegung von stark handarbeitsbehafteten Produktionsverfahren nach Nah- und Fernost oder schlicht die Verlagerung ganzer Produktionspaletten in Länder mit niedrigem Lohnniveau.

So erinnern wir uns wieder der Gruppenarbeit in U-Inseln, wo vom gleichen Mitarbeiter Waren-(Rohstoff-, Halbzeug-)eingang und Produktausgang verantwortlich überprüft werden. Der Facharbeiter wird zum Organisator ständig zu verbessernden Produktionsabläufe mit integrierten, instandhaltenden Aufgaben. Er ist kostenbewußt, regelt die Logistik der eigenen Insel unter Einbeziehung der Schnittstellen zu anderen, kontrolliert die Fertigungsabläufe und greift gegebenenfalls steuernd ein. Grundkenntnisse in Mechanik, Elektrotechnik, Elektronik, Hydraulik, Pneumatik, Meßtechnik, Sensorik und Kostenrechnung werden von ihm erwartet. Die Meisterebene wird eingespart. All das stellt schon seit langem neue Anforderungen an die Facharbeiteraus- bildung.

Moderne Fertigungsverfahren am Beispiel der Automobilzulieferindustrie

Ein Auto besteht aus einer Vielzahl von Bauteilen und Baugruppen unterschiedlichster Werkstoffe. Es stellt heute fast einen mobilen „Wohnraum“ mit Stereoanlage, Bordcomputer, GPS, bequemen Sitzen, Klimaanlage, Stauräumen usw. dar. Deshalb sollen einmal exemplarisch einige moderne Fertigungsverfahren, wie sie in großen Zulieferkonzernen zur Anwendung kommen, näher betrachtet werden, z.B. bei global produzierenden Kunststoff- und Elastomerverarbeitern mit mehr als 5.000 Beschäftigten.

Betrachten wir die Herstellung von Federungssystemen für Nutzfahrzeuge und die Produktion von Airbags: Federungssysteme werden im Fahrgestell- und Radaufhängungsbereich meist durch Luftfederverbunde, im Motor- und Fahrerhausbereich über Hydro- oder Metallgummilager bzw. mit Kombinationen davon realisiert. Airbags sind heute vorwiegend textiler Natur.

Zunächst betrachten wir einen typischen Produktionsstandort von außen: Das Gelände sei 1 km² groß, habe mehrere Zufahrten und Bahnanschluß. Auf unserem Rundgang finden wir Verwaltungsgebäude, diverse Fertigteile-, Halbzeug- und Rohstofflager mehr oder minder großen Ausmaßes, einen Energieerzeugungs- und Verteilungsbetrieb (Dampf, Strom), einen Recycling-Betrieb, Mischbetriebe zur Herstellung von Elastomer- und Thermoplastmischungen mit angeschlossenen Laboren, mehrstöckige Produktionshallen für die eigentlichen Federsysteme und Airbags, einen kleinen Werkzeugbau (WB) und eine Instandhaltung (IH).

Beim WB und der IH stellt sich das für einen Metaller typische Bild dar: Einige (CNC)-Werkzeugmaschinen (Drehen, Fräsen, Stoßen, Sägen, Schleifen, Läppen, Trovalieren, EDM), ein CNC-Bearbeitungszentrum mit Werkzeugmagazinen, alle üblichen Werkzeuge der Metallbearbeitung, Meßmittel und Kleinlager. Die Maschinensteuerungen sind, sofern vorhanden, über ein zen-

trales Netzwerk mit Linien- und diese mit Leitrechnern verbunden. Es gibt eine Abteilung für Elektrotechniker, ausgestattet mit Werkzeugen für Elektroinstallation und SPS (Hardware und Software). Auch die Lehrwerkstatt fehlt nicht.

Anders stellt es sich im Grundbetrieb für die Herstellung der Elastomermischungen (Bestandteil fast aller Komponenten der bezeichneten Federsysteme) dar.

Beim Grundverfahren „Mischen“ sind mehrere große Innenmischer (Knetter) mit je 1,2 MW Leistungsaufnahme im Einsatz. Die Zutaten für jeweils eine Mischung werden halb- und vollautomatisch gewogen, beigelegt bzw. aus Bunkern und Silos abgerufen. Alle Mischer sind mit SPS versehen, werden von Linienrechnern gesteuert (vgl. Bild 1), die mit einem übergeordneten PPS-System zusammenarbeiten. Der Bediener eines Mixers plaziert die Aufträge meist wie vom Rechner vorgegeben, belegt die Kontrollwaage mit bereitgestellten Komponenten, löst die Kneterbefüllung aus, beobachtet den Mischprozeß über die SPC (Statistische Prozeßüberwachung) auf einem Monitor, kontrolliert den Entleerungsvorgang ebenfalls über Monitore, entfernt Verpackungen von Kautschukballen und vieles mehr.

Eine Störung tritt auf: Der vollautomatisierte Mischvorgang wird unterbrochen. Der Mischerführer „fährt“ den Mischer zunächst manuell, bis entweder er selbst den Fehler behoben hat oder die Instandhaltung tätig geworden ist. Die Prozeßkenntnisse und Erfahrungen, eine solche Anlage zu beherrschen, sind immens. Der Mischerführer weist eine Doppelqualifikation auf: „Chemie-Facharbeiter und Instandhalter“.

Wir wissen, daß es gut ein Jahr Einarbeitungszeit braucht, bis der Facharbeiter in der Lage ist, diese verantwortungsvolle Tätigkeit auszuüben. Eine Ausschußmischung von ca. 300 l kann durchaus seinen gesamten Monatslohn kosten. Bei einem ungeplanten Personalausfall ist es fast unmöglich, entweder firmenintern oder am Markt eine Ersatzkraft zu finden, die kurzfristig einspringen könnte.

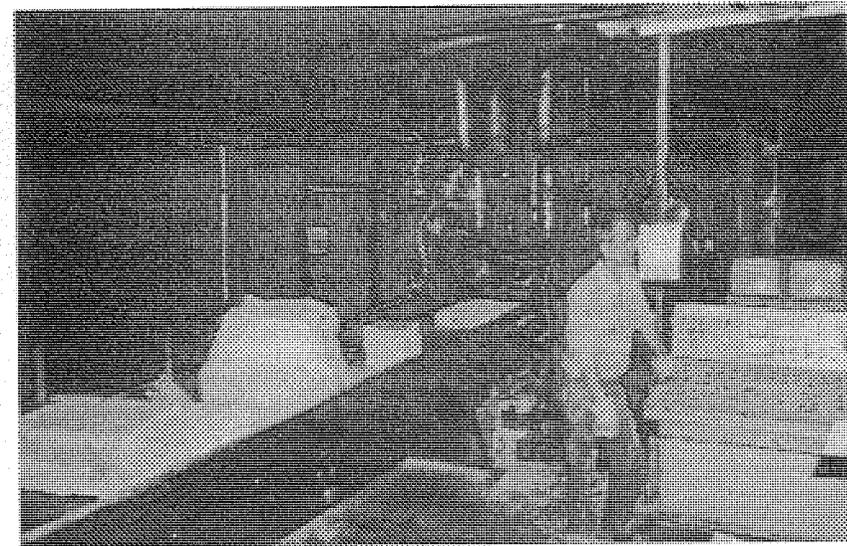


Bild 1: Mischanlage mit Mischerbedienplatz

Bei der Fertigung von Gummi-Metall-Federelementen auf Spritzgußautomaten (Bild 2) und (Dampf-) Pressen wird eine hohe Vielfalt des „Spritzgießens“ erkennbar. Es kommen Heiß- und Kaltkanalvorverteiltertechniken (Hot- and Coldrunner Systems) bei mehrnestrigen Serienspritzgußwerkzeugen (Formen) zum Einsatz oder Eindüsungen (Einspritzvorgänge) über beheizte oder unbeheizte Vorkammern (ITM- Injection Transfer Molding) genauso wie Direktanspritzungen einnestriger Wechselformen, um nur einige Möglichkeiten zu erwähnen. Ähnliches gilt für die Herstellung von Elastomerbauteilen in Preßverfahren (Compression Molding).

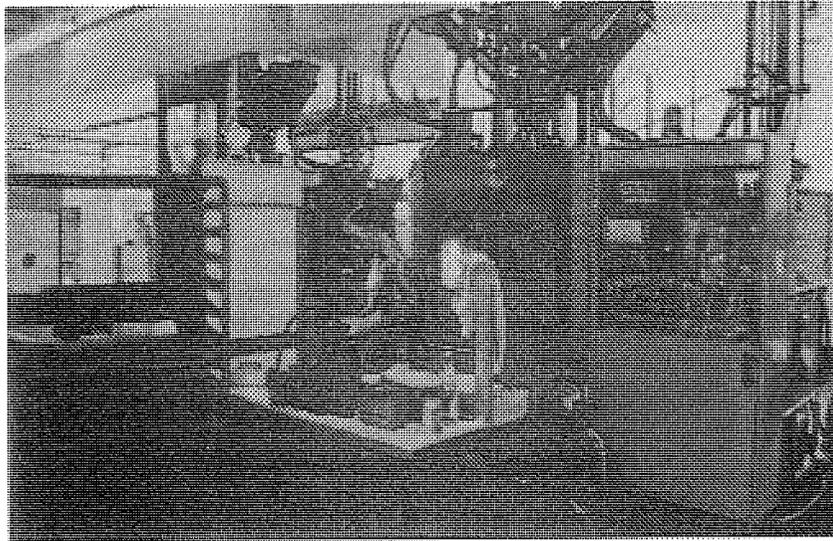


Bild 2: Spritzgußautomat zur Herstellung von Metallgummi-Komponenten

Die Technologie des Spritzgießens von z. B. Metallgummi- oder reinen Gummiformartikeln auf mehrnestrigen Serienformen erfordert fundierte Kenntnisse rheologischer Vorgänge im Werkstoff, in Thermodynamik, Strömungslehre, Adhäsionsverhalten, in der Programmierung speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS) und in der Arbeitsweise von Sensoren. Als Maschinenführer treffen wir hier Maschinenschlosser an, die über mehrjähriges konzerninternes Training fachspezifisch ausgebildet werden. Die bisherige Berufsausbildung bereitet auf solche Aufgaben nicht vor.

Die Fertigung von Luftfederbälgen aus extrudierten Elastomer-Schläuchen erfolgt an einer Fertigungsstraße (Grundverfahren: „Extrudieren“) mit einem Untergummiextruder (Seelenextruder), einer Kühlstrecke, einem Stützluftaggregat, einem Wandler oder/und einer Strickmaschine zum Aufbringen des Festigkeitsträgers, ggf. einem Zwischengummiextruder, einem Obergummiextruder (Deckenextruder), einer Vulkanisationseinheit (Heißluft) sowie einer Abläng- und Sortiereinheit (vgl. Bild 3).

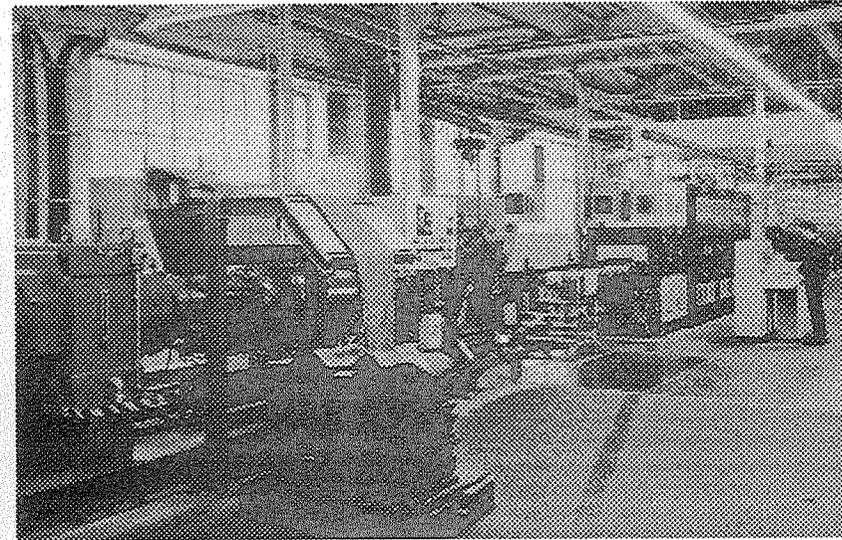


Bild 3: Teilansicht einer Anlage zur Herstellung extrudierter Schläuche

Der Anlagenführer muß sich mit der Kinematik von Extrudern, deren Verschleißverhalten, der Vielzahl von Extruderbauarten und deren Spezifika ebenso auskennen, wie in den Fachgebieten Thermodynamik, Strömungslehre, Rheologie und SPS-Technik. Wiederum ist langjähriges konzerninternes Training erforderlich.

Die Fertigung konfektionierter Luftfederbälge erfolgt durch das Verfahren „Wickeln“. Hier werden die Luftfederbälge unter Zuhilfenahme speziell für diesen Zweck entwickelter Spezialmaschinen durch Aufwickeln von Elastomer-Kalanderstreifen und Festigkeitsträgergewebe hergestellt (vgl. Bild 4). Die Rohkörper werden anschließend in einer Presse unter Verwendung endformgebender Werkzeuge vulkanisiert. Der Erfolg hängt dabei wesentlich von der Klebrigkeit des Wickelkörpers, den Temperaturverteilungen im Pressenwerkzeug, den Werkzeugschließ- und Innendrücken sowie dem zeitlichen Verlauf der Fertigung ab.



Bild 4: Wickelplatz für Luftfeder-Rohlinge

Das Fertigungsteam setzt sich aus ungelernten Kräften und Facharbeitern zusammen. Auch an dieser Stelle ist die mehrjährige konzerninterne Fachausbildung des Teams erforderlich, damit fehlerfreie Artikel produziert werden. Fertigkeiten aus vorhergegangenen „Standard“-Berufsausbildungen können nicht oder nur selten angewendet werden.

Weitere angewandte Verfahren sind z.B. die Fertigung von Bälgen bzw. Kappen ohne Festigkeitsträger für geringe mechanische Anforderungen durch das Grundverfahren „Blasformen“ oder die Fertigung von Airbags über das Grundverfahren „Konfektion“. Der Automatisierungsgrad ist hier außerordentlich hoch: Stoffbeschau, mehrlagiger (Laser-) Zuschnitt der „Säcke“, Haltebänder und Verstärkungen, Handhabung durch Roboter, elektronische Überwachung aller Anlagenteile, Komplettieren auf Hochleistungsnähanlagen, Zwischen- und Endkontrollen usw.. Anlagenführer und -führerinnen bilden zusammen mit „vorausschauender Sensorik“ und dem Fertigungsprozess selbst eine Einheit. Die Einleitung von Maßnahmen bei unvorhersehbaren Störungen wie sie sogar in der Raumfahrt auftreten, erfordert ein hohes Maß an Detailkenntnissen verbunden mit strukturiertem, logischem Denken. Für die hier beschriebenen Fertigungsverfahren läßt sich feststellen: In der Berufsausbildung werden bei Werkzeugmachern, Schlossern, Drehern, Chemiefacharbeitern und Elektrikern keine Fähigkeiten entwickelt, welche

diese Fachkräfte später haben müssen. Die berufsbildenden Institutionen sollten künftig daher folgende Inhalte vermitteln:

- „Breitenwissen“ über möglichst viele Fertigungsverfahren,
- Breitenwissen über nicht-metallische Werkstoffe und deren Einsatzgebiete,
- Grundlagen der Produktionsplanung und Steuerung,
- Grundlagen der Meßtechnik, Regeltechnik, Sensorkunde, Automatisierungstechnik, SPS-Programmierung, Programmierung von Mikroprozessoren,
- Arbeitsablauforganisation,
- Qualitätsmanagement (DIN/ISO, QS),
- Kostenrechnung,
- Grundkenntnisse der Produkthaftung,
- Grundkenntnisse der Logistik,
- gute Englischkenntnisse, insbesondere technisches und Wirtschaftsendgisch,
- Umgang mit PCs, Standardsoftware und dem Internet,
- Kenntnisse über das Instrumentarium des Projektmanagements.

Die handwerklichen Fähigkeiten z.B. eines Drehers oder Elektrikers sind für die genannten Aufgaben nur von nebensächlicher Bedeutung. Die Ausbildung sollte schon von Beginn an durch Praxisbezug aus möglichst vielen Branchen gestützt werden.

Da die Kommunikation mit ausländischen Produzenten ständig an Gewicht zunimmt, sind auch die Normenstellen gefordert, besonders die Definitionen der Fertigungsverfahren grundlegend zu überarbeiten und die Begriffe auch in englischer Sprache mit zu berücksichtigen, also mit ISO abzustimmen.

Sichern von nationalen Produktionsstandorten und Arbeitsplätzen durch eine neue Struktur der Facharbeiterausbildung

Wie bereits dargelegt, ist der Bedarf an Fachkräften, die den heutigen und zukünftigen Anforderungen genügen, höher denn je. Fast alle Branchen, besonders in Deutschland, beklagen sich über das ausgedünnte Angebot am Arbeitsmarkt. Die Chance, entsprechend vorgebildetes Personal direkt von den Berufsschulen oder ähnlichen Institutionen zu bekommen, ist gering. Das Kernproblem ist eindeutig in einer mangelnden Dynamisierung der Ausbildungsinhalte zu suchen. Das gilt ebenso für alle weiteren Ausbildungsstufen. Ich kann mich noch gut an meine Zeit der Ausbildung von „Gewerbelehrern“ erinnern. Damals, noch nicht industrieerfahren, hatte ich am Anfang meiner Ausbildungstätigkeit die Lehrinhalte aktualisiert (sogar über die damaligen Studienpläne hinaus), um diese für weitere sieben Jahre in glei-

cher Form zu verbreiten. Den „Schaden“, den ich selbst damit angerichtet hatte, konnte ich nicht einschätzen.

Wenn schon die „Gewerbelehrer“ noch althergebrachtes Berufsfachwissen vermitteln, wie sollen da die Facharbeiter eine Chance haben, sich in den neuen und ständig wandelnden industriellen Anforderungsfeldern etablieren zu können?

Im technischen Umfeld existierende Tätigkeiten stellen heute das Führen von Anlagen, Maschinengruppen und Maschinen, das Führen von Bedienteams, das Organisieren von Material- und Informationsflüssen unternehmensintern und weltweit, das (Tele-)Kommunizieren, das Globalisieren von Einzelfertigungen mit anschließender Zusammenführung, das (technische) Dienstleisten, das selbständige und vorausschauende Instandhalten, das Entscheiden aufgrund von Beobachtungen, das Produzieren von Qualität und dergleichen mehr dar.

Die bestimmenden Elemente heutiger und zukünftiger Facharbeitertätigkeiten sind durch Organisation, Kreativität, KVP- und Kostenbewußtsein, Kenntnisse physikalischer, chemischer und mathematischer Prinzipien, Entscheidungswillen und Teamgeist charakterisiert. Handwerkliche Fähigkeiten sind ebensowenig gefordert wie das Auswendiglernen des Einmaleins, der chemischen Grundelemente, technischer Konstanten, Winkel am Schneidkeil usw.. Technische Daten sind heute elektronisch gespeichert und dürfen das Gehirn nicht mehr belasten. Dafür müssen technisches Verständnis und logisches Denken durch entsprechende Ausbildungsstrategien gefördert werden.

Ein Werkzeugbruch z.B. an einer CNC-Drehmaschine impliziert heute nicht mehr das Anschleifen und Einsetzen eines neuen Werkzeuges. Das Einwechseln läuft meist automatisiert ab. Einstellgrößen werden aus der Produktionsaufgabe mit Hilfe der Mikro-Rechner-Technik abgeleitet unter Zuhilfenahme von Informationen, die zukaufbar sind. Nur noch bei schlimmen Störungen ist einzugreifen. Die Entscheidung muß aber die richtige sein. Deshalb sind, bezogen auf Facharbeitertätigkeiten in der Fertigungstechnik und den Fertigungsverfahren, die folgenden Grundlagen, Elemente und Fertigkeiten über neue Ausbildungsstrategien zu vermitteln, wobei letztere die Berufspraxis zu berücksichtigen haben:

- Grundlagen des Zehner- und Dualsystems mit Vermittlung der Rechenoperationen,
- physikalische Grundgesetze (möglichst umfassend),
- elektrotechnische Grundgesetze (möglichst umfassend),
- Grundlagen der Thermodynamik,
- Grundlagen der Digital- und Nachrichtentechnik (Funktion elektronischer Netzwerke),
- Grundlagen der technischen Chemie,
- Grundlagen der Werkstofftechnik (Kunststoffe, Verbundwerkstoffe, Naturwerkstoffe, Metalle),

- Automatisierungstechnik (Sensorik, Meßprinzipien, Regelungstechnik, SPS-Technik, Microprozessortechnik),
- CAD (Solids, PDM, Datenaustausch),
- Fertigungstechnik (Urformen, Umformen, Trennen, Beschichten, Sonderverfahren der Fertigungstechnik),
- Grundlagen Rapid Prototyping,
- Grundlagen der Simulationstechnik (FEM, 11.a),
- Grundlagen der Logistik,
- Qualitätswesen (DIN/ISO 9001 ff., VDA 6.1, QS, SPC, FMEA, TQM, U-Inseln),
- Kostenrechnung, Kostenplanung und Betriebswirtschaft,
- Instandhaltung (vorsorgende, vorausschauende, TPM),
- Arbeitswissenschaft (REFA, Lohnsysteme, Gruppenarbeit),
- Grundlagen des Sozialverhaltens (Teamarbeit),
- kulturelle Verschiedenheiten (Mentalitäten, Verhaltensweisen),
- internationales Recht (Vertragswesen, Produkthaftung, Umweltschutz),
- technisches Englisch,
- Fertigkeiten wie Schweißen, Löten, Kleben, mechanisches Bearbeiten, Montieren, SPS-Programmieren, MS-Office anwenden, e-mails, Internet-Browsen.

Die Liste könnte fortgesetzt werden. Sie ist als Ideenliste zu verstehen und läßt die Möglichkeiten der Einbindung in Berufsbilder und Lehrpläne unberücksichtigt.

Ihre Länge könnte vermuten lassen, daß sich danach die Ausbildungszeiten eher verlängern müßten. Dem ist jedoch nicht so, da ein Breitenwissen über alle zur Zeit relevanten und zukunftsweisenden Verfahren und Techniken vermittelt werden soll.

Die Schwierigkeit liegt darin, eine Ausbildungsstrategie zu erarbeiten, die Theorie und Praxis sinnvoll miteinander verbindet und den Bezug zu Berufsfeldern beibehält. Natürlich muß hier auch der Gesetzgeber mitwirken. Denkbar wäre folgendes Modell:

Theoretische Grundlagen und Fertigkeiten werden in 12 Unterrichtsblöcken à 4 Wochen abwechselnd mit 9 Praxisprojekten à 8 Wochen abgehandelt. Vier der Praxisprojekte könnten in entsprechend ausgestatteten Berufsschullaboren in Form von Workshops, die verbleibenden fünf in verschiedenen Produktionsbetrieben durchgeführt werden. Die betriebliche „Belastung“ würde damit gering gehalten (allerdings auch der momentane Nutzen für den Betrieb), die Gesamtausbildungszeit für Kerninhalte verkürzt sich auf 2,5 Jahre, ein zusätzliches halbes Jahr könnte noch besonders praxisorientiert in zu vertiefenden Gebieten erfolgen. Die jungen Fachkräfte können somit ohne weitere intensive betriebsinterne Lernphasen Facharbeiteraufgaben übernehmen, ohne daß es einer speziellen Anpassungsausbildung nach dem Facharbeiterabschluß bedarf.

Thomas Vollmer

Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – mehr als nur eine schnellere CNC-Technologie

Die HSC-Technologie (High Speed Cutting) ist eine aktuelle Innovation der Fräsbearbeitung. Die heutigen Schneidstoffe lassen Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe zu, die nur mit speziell dafür konzipierten HSC-Fräsmaschinen zur Entfaltung gebracht werden können. Fanden diese Maschinen anfänglich nur zögernd Anwendung in den Betrieben, so haben die Beschaffungen in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Das Hauptanwendungsgebiet der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung war zunächst vorrangig der Werkzeug- und Formenbau sowie die Leichtmetallzerspanung – beispielsweise im Flugzeugbau. Hier ergeben sich durch verkürzte Hauptzeiten und verbesserte Werkstückqualitäten hohe Rationalisierungspotentiale in den Prozessketten, mit denen sich die Durchlaufzeiten deutlich verkürzen lassen. Mittlerweile werden HSC-Maschinen zunehmend auch in der Serienfertigung eingesetzt, etwa bei der Bearbeitung von Motorblöcken oder Zylinderköpfen in der Fahrzeugindustrie. Für stabile und sichere Fräsprozesse sind HSC-spezifische Anforderungen zu beachten, die bei der herkömmlichen CNC-Fertigung bedeutungslos waren. Insofern schließt der nachfolgende Überblick über die technologischen Merkmale auch Fragen der Sicherheit ein.

Merkmale und Anwendungsgebiete der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

Der Fortschritt der HSC-Technologie gegenüber dem konventionellen CNC-Fräsen liegt in den wesentlich höheren Spindeldrehzahlen und Vorschubgeschwindigkeiten. Der Einsatz moderner Schneidstoffe erlaubt eine Vergrößerung der Schnittgeschwindigkeiten um eine Zehnerpotenz im Vergleich zur bisherigen Technologie. Waren mit herkömmlichen Fräsmaschinen in der Aluminiumbearbeitung Schnittgeschwindigkeiten bis 500 m/min üblich, so sind mit HSC-Maschinen über 5.000 m/min zu erreichen. Dabei markieren Vorschübe bis zu 80 m/min und Spindeldrehzahlen von 60.000 1/min den

aktuellen Stand der Technik. Da sich mit dem HSC-Verfahren Werkstücke aus Stahlguß und schwerzerspanbare Legierungen ebenso gut fertigen lassen wie Bauteile aus Aluminium, Graphit, Keramik und Kunststoffen, ist die Definition der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung und die Abgrenzung zur herkömmlichen CNC-Bearbeitung abhängig vom zu zerspanenden Werkstoff (vgl. Abb. 1). Die Schnittgeschwindigkeiten der HSC-Bearbeitung reichen von etwa 100 m/min (Nickelbasislegierungen) über 1.000 m/min (Stahl, Guß) bis zu 10.000 m/min (faserverstärkte Kunststoffe).

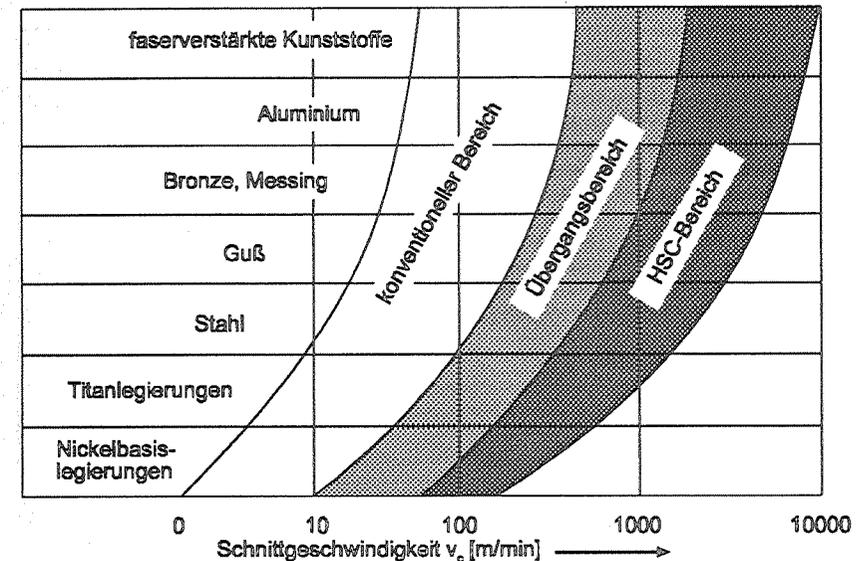


Abb. 1: Schnittgeschwindigkeiten bei der HSC-Bearbeitung unterschiedlicher Werkstoffe (Schulz 1996, S. 6)

Mit der Vervielfachung der Spindeldrehzahlen und Vorschübe sollte zunächst nur das Zeitspanvolumen erhöht werden. In der Luft- und Raumfahrtindustrie werden HSC-Maschinen auch tatsächlich für die Fertigung von Integralbauteilen aus Leichtmetall mit Zerspanungsraten bis zu 98 % des Rohteilvolumens eingesetzt; deren Herstellung mit herkömmlichen CNC-Maschinen würde einen wesentlich höheren Zeitaufwand erfordern. Außerdem werden durch das höhere Beschleunigungsvermögen der Vorschubachsen konstantere Schnittgeschwindigkeiten und damit eine größere Maßhaltigkeit und längere Werkzeugstandwege erreicht (vgl. Weck/Schu-

macher 1997). Technologische Untersuchungen haben aber darüber hinaus gezeigt, daß sich der Prozeß der Zerspanung insgesamt verändert (vgl. Schulz 1996). Beispielsweise führen die steigenden Schnittgeschwindigkeiten zu einer Reduktion der Zerspanungskräfte und erlauben somit die Fräsbearbeitung extrem dünnwandiger Bauteilsegmente, die ohne die HSC-Technologie nicht erreichbar wäre. Zudem ist die Gefahr von schwingungsbedingten Werkstückausbrüchen bei der Bearbeitung filigraner Bauteile geringer, da die anregenden Vibrationen des Zerspanungsprozesses weit über den Resonanzfrequenzen der Werkstücke liegen (vgl. Abb. 2).

Charakteristika	Anwendungsbereiche	Beispiele
hohes Zeitspanvolumen	Leichtmetall	Luft- und Raumfahrt
	Stahl und Grauguß	Werkzeug- und Formenbau
niedrige Schnittkräfte	dünnwandige Werkstücke	Luft- und Raumfahrt, Haushaltsgeräte, Automobilindustrie
hohe anregende Frequenzen	schwingungsfreie Bearbeitung	Präzisionsteile, optische Industrie
Wärmeabfuhr durch die Späne	verzugsfreie Bearbeitung	Präzisionsteile
	kältere Werkstücke	Magnesiumlegierungen
hohe Oberflächenqualität	Präzisionsbearbeitung	feinmechanische und optische Teile
	Sonderwerkstücke	Spiralkompressoren
Trockenbearbeitung	Stahl und Grauguß	Werkzeug- und Formenbau

Abb. 2: Anwendungsgebiete der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (nach Schulz 1996, S. 4)

Die hohen Schnittgeschwindigkeiten bewirken ferner, daß die Prozeßwärme weitgehend mit den Spänen abgeführt wird, weil der Zerspanungsprozeß schneller erfolgt als die Wärmeausbreitung im Werkstoff. Infolge dieser Wärmeabfuhr sind die Temperaturerhöhungen auf der Werkstückoberfläche sehr gering, wodurch Eigenspannungen vermieden werden und eine verzugsfreie Präzisionsbearbeitung möglich ist. Außerdem kann zum Teil auf den Einsatz von Kühlschmierstoffen verzichtet werden – ein Beitrag zur Reduzierung von Gesundheitsgefährdungen, Umweltbelastungen und Entsorgungskosten. Bei der HSC-Zerspanung von Stahl und Grauguß lassen sich durch die Trockenbearbeitung sogar die Werkzeugstandwege um bis zu 25 % verlängern, weil die thermische Wechselbelastung entfällt. Bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung von Aluminium ist in vielen Fällen eine Minimalmengenschmierung ausreichend (vgl. Kalhöfer 1996; Schulz/Kalhöfer 1997).

Verkürzen der Hauptzeit oder bessere Werkstückqualität

Ein wichtiges Anwendungsgebiet der HSC-Technologie ist die Bearbeitung von Freiformflächen im Werkzeug- und Formenbau. Die Schruppbearbeitung erfolgt auf leistungsfähigen CNC-Maschinen traditioneller Bauart, für das Schlichten bietet die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung besondere Vorteile. Die HSC-Technologie wird hier nicht vorrangig zur Verkürzung der mechanischen Fertigungszeiten genutzt, sondern zur Verbesserung der Oberflächenbeschaffenheit, indem die Zahl der Werkzeugbahnen bei gleicher Bearbeitungszeit wegen der höheren Vorschubgeschwindigkeiten um das fünf- bis zehnfache erhöht wird (Abb. 3).

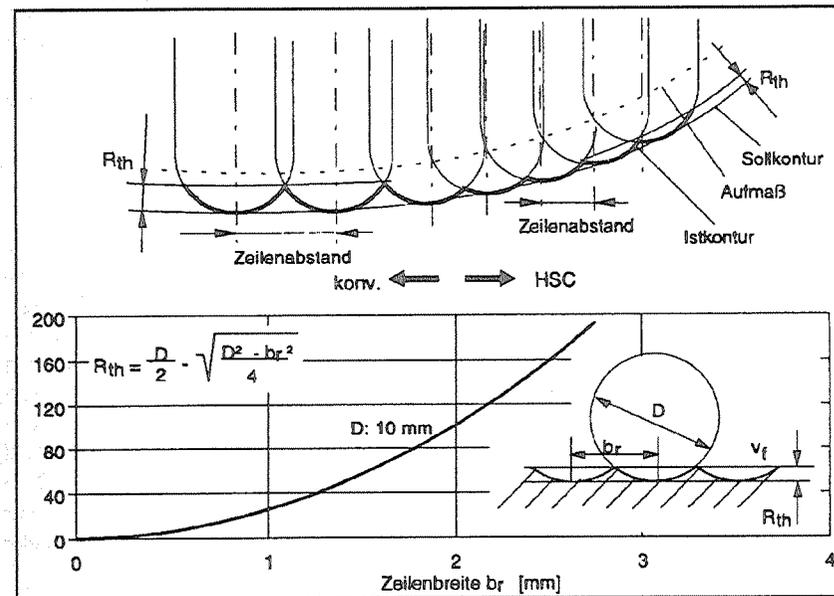


Abb. 3: Einfluß des Zeilenabstandes auf die Oberflächenrauheit bei der Freiformflächenbearbeitung (Hock/Janowsky 1996, S. 228)

Durch die Verringerung des Zeilenabstandes wird das beim Fräsen entstehende Rillenprofil der Werkstückoberfläche verringert und eine bessere Annäherung an die Soll-Kontur erreicht. Das Rillenprofil ist im wesentlichen

durch den Zeilenabstand und den Durchmesser der üblicherweise eingesetzten Kugelpkopfwerkzeuge bestimmt. Je höher die Zeilenzahl, um so besser die Oberflächenbeschaffenheit, aber um so länger ist auch die Bearbeitungszeit. Bei Bauteilen mit geringen Anforderungen an die Oberfläche und an die Maßhaltigkeit können dagegen die Hauptzeiten im Vergleich zur gängigen CNC-Bearbeitung drastisch gesenkt werden. Im Werkzeug- und Formenbau liegt der Vorteil des HSC-Einsatzes vor allem in den realisierbaren Endformgenauigkeiten der Werkstücke in Bezug auf Maßtoleranzen, Formabweichungen und Oberflächengüten, auch bei unveränderten oder gar längeren Hauptzeiten als bei der herkömmlichen CNC-Bearbeitung. Durch hohe Endformgenauigkeiten können Erodieren oder manuelle Tätigkeiten wie Verschleifen der Fräsrillen oder Einpaß- und Tuschierarbeiten entfallen. Infolge des HSC-Einsatzes sind somit Zeiteinsparungen für die Handarbeit von 80 % und Kostenreduzierungen bis 30 % erreichbar (vgl. Hock/Janowsky 1996, S. 227 ff.). Selbst Bauteile für die optische Industrie werden mit HSC-Werkzeugmaschinen endgefertigt. In Abhängigkeit von den konkreten Einsatzbedingungen liegt das Rationalisierungspotential der HSC-Technologie also in der gesamten Prozeßkette und nicht allein in der Verkürzung der Zerspanungszeiten.

Sicherheit beim Einsatz der Werkzeugsysteme

Hohe Belastungen von Werkzeugen und Schnittstellen ergeben sich drehzahlbedingt aus der drastischen Zunahme der Fliehkräfte, die bei herkömmlichen CNC-Maschinen vernachlässigt werden konnten. Bei den schnell drehenden HSC-Spindeln können die Fliehkräfte um den Faktor 3-10 höher sein als die Bearbeitungskräfte und die Grenzen der Materialbelastbarkeit überschreiten, d.h. mit der Zunahme der Fliehkräfte vergrößern sich die Gefahren des Werkzeugbruchs erheblich. Besonders häufige Schadensfälle sind das Brechen von Wendeschneidplatten, das Versagen der Schraubverbindungen oder das Herausgleiten aus dem Klemmsitz, aber auch das Wegschleudern von Trägerkassetten sowie das Bersten ganzer Werkzeuggrundkörper kommen vor (vgl. Schulz u.a. 1998, S. 99).

Die dabei freigesetzten Energien, die schon bei geringen Massen die Größenordnung von Kleinkalibergeschossen erreichen und bei größeren Teilen erheblich darüber liegen (vgl. Becker/Würz 1996, S. 211 ff.), bilden ein hohes Risiko für die Menschen und Gegenstände in der Maschinenumgebung. Je geringer die Massen und die Anzahl der Werkzeugelemente, um so weniger groß ist das Gefahrenpotential, d.h. die Werkzeuge sollten so konstruiert sein, daß nur kleine und energiearme Massen emittiert werden (Schulz u.a. 1997, S. 434). Dementsprechend schreiben einige Maschinenhersteller aus Sicherheitsgründen die Verwendung monolithischer Vollhartmetallwerkzeu-

ge vor, die im Schadensfall abbrechen, nach unten fallen und dabei lediglich rotatorische Energie freisetzen. Im Unterschied dazu können Wendeschneidplattenwerkzeuge mit einem weichen Schaft – beispielsweise bei Versagen einer Schneidplattenanbindung – aufgrund der entstehenden Unwucht abknicken und erhebliche Translationsenergien emittieren.

Für die betriebliche Anwendung ist der ausschließliche Einsatz von HSC-geeigneten Werkzeugen bzw. die Einhaltung der Grenzdrehzahlen ein wesentlicher Faktor für eine sichere Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, zumal in der betrieblichen Praxis Spindeln benutzt werden, deren Maximaldrehzahlen höher sein können als die Grenzdrehzahlen der verwendeten Werkzeuge (Vollmer u.a. 1998, S. 150). Erschwerend ist jedoch, daß die Grenzdrehzahlen nicht immer auf den Werkzeugen angegeben sind. Ferner ist – in Anbetracht der mit der Drehzahl quadratisch zunehmenden Fliehkräfte – darauf zu achten, daß die rotierenden HSC-Komponenten weitgehend ausgewuchtet sind. Bei der Verwendung von Verlängerungen können sich die Unwuchten der Einzelelemente bei ungünstiger Montage zudem addieren und somit die Versagensgefahren erhöhen, auch wenn die Grenzdrehzahlen nicht überschritten werden. Des weiteren entstehen Unwuchten bei lang auskragenden Werkzeugen, bei denen die Resonanzfrequenz im Bereich der Spindeldrehfrequenzen liegen, während der Rotation schwingungsbedingte, die ebenfalls unterhalb der Drehzahlgrenzen zum Bruch führen (vgl. Schulz u.a. 1998, S. 99 f.). Um die Potentiale der HSC-Technologie ausschöpfen zu können, ohne Menschen oder Gegenstände zu gefährden, sind sämtliche rotierenden Komponenten – von der Spindelschnittstelle bis zur Schneide – mit ihren wechselseitigen Einflüssen als Werkzeugsystem im Sinne einer Sicherheitskette zu betrachten.

HSK für HSC

Als Verbindungselement des Werkzeugsystems zur HSC-Maschine setzt sich zunehmend der Hohlschaftkegel (HSK) gegenüber dem in herkömmlichen CNC-Fräsmaschinen verbreiteten Steilkegel (SK) durch (vgl. Vollmer u.a. 1998, S. 147 f.). Durch die Kombination von Plananlage, Kegelhohlschaft und Innenspannung ist die HSK-Schnittstelle besonders für hohe Drehzahlen geeignet und zeichnet sich als Präzisionsbauteil durch Wechselwiederholgenauigkeit und Steifigkeit aus (vgl. Schulz u.a. 1998, S. 96 f.). Allerdings ist die Beachtung der Belastungsgrenzen dieser Schnittstelle für den sicheren Einsatz der HSC-Technologie unumgänglich (vgl. Abb. 4).

Während es beim SK aufgrund der Außenspannung konstruktionsbedingt zu drehzahlabhängigen Spannkraftverlusten kommt, verstärken die auftretenden Fliehkräfte die Spannkraft beim innenliegenden Spannsystem des HSK

mit zunehmender Drehzahl. Allerdings nimmt damit auch die Krafteinwirkung auf den HSK-Schaft zu. Zusätzlich wird er durch Biegebelastungen beansprucht, die aus den im Bearbeitungsprozeß auftretenden Vorschubkräften, der Ausraglänge der Werkzeuge und möglichen Unwuchten des Werkzeugsystems resultieren. Sehr große Biegebelastungen und fliehkraftbedingte Spannkraften verursachen unter Umständen Spannungsrisse am HSK-Schaft und führen im Extremfall sogar zur Abtrennung einzelner Schaftteile, so daß sich gegebenenfalls das Werkzeugsystem aus der Spindel löst (vgl. Weck/Swoboda 1998, S. 282 ff.). Charakteristisch für den HSK ist zwar die um den Faktor 5 bis 7 höhere Steifigkeit gegenüber dem Steilkegel; zu hohe Biegemomente aufgrund großer Schnittkräfte und Unwucht im Werkzeugsystem können den HSK jedoch über die Plananlage förmlich aus der Spindel heraushebeln. Ein so verursachtes Trennen des Werkzeugsystems von der Maschine stellt das größte Gefahrenpotential des HSK dar, das durch Beachtung der Belastungsgrenzen der Schnittstelle und des gesamten Werkzeugsystems unbedingt zu vermeiden ist (Schulz u.a. 1998, S. 98).

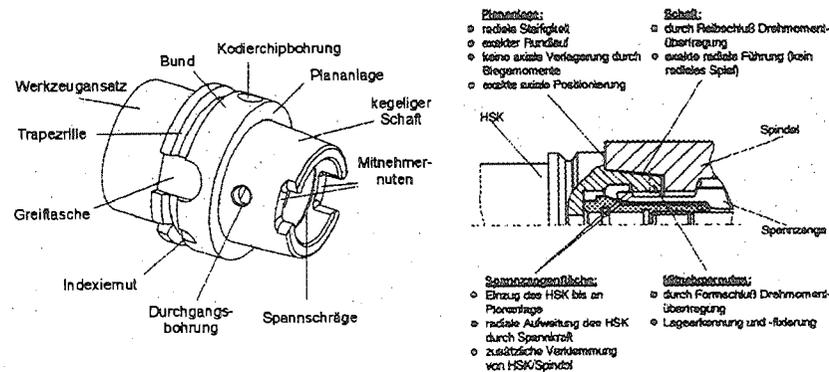


Abb. 4: Aufbau des als Schnittstelle für die HSC-Bearbeitung zunehmend genutzten Hohlkegels (nach Schulz u.a. 1998, S. 107 f.)

HSC-spezifische Maschinenmerkmale

Kennzeichnend für HSC-Maschinen sind nicht nur hohe Vorschubgeschwindigkeiten, sondern auch gute Achsbeschleunigungen. Gerade bei hohen Bahngeschwindigkeiten ist das Beschleunigungsvermögen der Vorschubachsen wichtig für die Genauigkeit, mit der einer Soll-Kontur gefolgt werden kann (vgl. Weck/Schumacher 1997, S. 411). Einen wesentlichen konstruktiven Unterschied zu herkömmlichen CNC-Fräsmaschinen bilden aber die schnelldrehenden Hauptspindeln der HSC-Maschinen. Weil bei den erforderlichen Werkzeugdrehzahlen eine Drehmomentübertragung über Zahnräder oder Riemen nicht mehr möglich ist, werden Motorspindeln eingesetzt, bei denen in einem Gehäuse Antriebsmotor, Schnittstelle und Spannsystem auf einer Welle angeordnet sind. Aufgrund der geringeren Spindelleistungen dieser kompakten Antriebseinheiten werden HSC-Maschinen beispielsweise im Werkzeug- und Formenbau nur zum Schlichten und Vorschlichten, aber nicht zum Schruppen genutzt. HSC-Spindeln werden in der betrieblichen Praxis zudem meist in engen Drehfrequenzbereichen eingesetzt, um somit die Betriebsdauer zu erhöhen, da sie drehzahlbedingt einem relativ hohen Verschleiß unterliegen (vgl. Möller 1994, S. 211 f.). Um eine optimale Anpassung an Bearbeitungsprozesse mit größeren Drehzahlunterschieden zu erzielen, verfügen einzelne Maschinen über verschiedene Motorspindeln, die mit besonderen Wechsellösungen in kurzer Zeit austauschbar sind.

Besondere Anforderungen haben auch die Maschinenkapselungen zu erfüllen, die im Falle eines Werkzeugbruchs in der Lage sein müssen, Menschen in der Maschinenumgebung wirkungsvoll zu schützen. Schutzkonzepte, die an herkömmlichen CNC-Maschinen noch vollkommen ausreichend waren, sind in der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung völlig unzureichend. Bedauerlicherweise wird den Kapselungen der HSC-Werkzeugmaschinen noch zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Gerade die Sichtscheiben, auf die nicht verzichtet werden kann, weil die Maschinenarbeiter zumindest in speziellen Situationen eine gute Sicht in den Arbeitsraum benötigen, stellen häufig eine Schwachstelle dar (Kraaijeveld/Erb 1997, S. 237 ff.). Die Kapselungsfenster aktueller HSC-Maschinen bestehen häufig aus Polycarbonat, einem Werkstoff, der sehr gute Rückhalteeigenschaften besitzt. Es befinden sich jedoch HSC-Maschinen im betrieblichen Einsatz, deren Polycarbonat-Scheiben nicht hinreichend dimensioniert sind (vgl. Vollmer u.a. 1998, S. 168). Hinzu kommt, daß Polycarbonat unter Einfluß von Kühlschmierstoffen, scharfkantigen Spänen und UV-Licht schon nach einjähriger Nutzung gut die Hälfte der Rückhaltefähigkeit einbüßen kann, wodurch die Schutzwirkung erheblich reduziert wird. Deshalb ist es notwendig, das Polycarbonat-Material beidseitig vor diesen Alterungseinflüssen zu bewahren. Dies läßt sich mit

Verbundmaterialien realisieren, die innenseitig eine zusätzliche Sicherheitsglasscheibe und außenseitig eine weitere Kunststoffscheibe besitzen (VDW 1997, S. 52 ff.). Die Verwendung solcher Verbundscheiben für HSC-Maschinen ist allerdings keineswegs selbstverständlich.

CNC-Steuerung und Programmierung

Die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung stellt zwangsläufig neue Anforderungen an die CNC-Steuerungen. Diese ergeben sich aus den hohen Vorschubgeschwindigkeiten und Achsbeschleunigungen einerseits sowie den komplexen Freiformflächen und den stetig steigenden Qualitätsansprüchen andererseits. Die in herkömmlichen CNC-Steuerungen genutzte Linearinterpolation, bei der die Konturzüge durch eine Vielzahl kurzer Geraden angenähert werden, führt dabei u.a. zu folgenden Problemen (vgl. Eberlein/Vogler 1996, S. 190 ff.):

- Die hohen Anforderungen an die Formgenauigkeit lassen zwangsläufig den Umfang so geariteter CNC-Programme bis auf mehrere 10 Megabyte ansteigen.
- Die aus Qualitätsgründen kurzen linearen Wegstrecken begrenzen in Kombination mit den Blockzykluszeiten der Steuerungen die maximal möglichen Bahnvorschübe.
- Die infolge der Linearinterpolation entstehenden Kontursprünge erzeugen an den Satzübergängen hohe Beschleunigungswerte mit der Folge extremer Achsbelastungen und Maschinenschwingungen.

Die daraus resultierenden Konturabweichungen und Vorschubbegrenzungen stehen im Widerspruch zu den Potentialen der HSC-Technologie. Deshalb werden in neueren CNC-Steuerungen für die HSC-Zerspanung mathematische Spline-Funktionen angewendet, mit denen sich Freiformkurven und Kegelabschnitte einheitlich beschreiben lassen. Diese geschlossenen Kurvenbeschreibungen ermöglichen durch die Definition beliebiger Zwischenpunkte sanfte Satzübergänge und fließende Achsbewegungen. Zudem ersetzen Splinesätze bei gleicher Genauigkeit bis zu etwa 10 Linearsätze, was gegenüber herkömmlichen CNC-Programmen zu einer erheblichen Datenreduktion führt (Brouer u.a. 1998, S. 268).

Die hohen Vorschubgeschwindigkeiten und raschen Beschleunigungsänderungen der HSC-Zerspanung bedingen zudem schnelle Steuerungsrechner mit sehr kurzen Satzverarbeitungszeiten und exakte Regelungen, die die Achsen konturgenau, ruckfrei und ohne Schleppfehler führen. Dazu verfügen aktuelle HSC-Steuerungen über sogenannte Look-Ahead-Funktionen, mit denen es möglich ist, die Achsgeschwindigkeiten mehr als 100 Programmsätze vorausschauend zu beeinflussen. Mit solchen weitsichtigen Regelungen lassen sich auch an kritischen Bahnkrümmungen extreme Beschleuni-

gungen und Verzögerungen der Antriebsachsen vermeiden (Eberlein/Vogler 1996, S. 197f).

Die veränderten Anforderungen an die Steuerungstechnik haben auch Konsequenzen für die Programmierung. Die Programmerzeugung mit dem üblichen DIN-Satz erfolgt meist nur noch bei geometrisch relativ einfachen Werkstücken, deren achsparallelen Konturelemente oder zweidimensional gekrümmten Flächen sich relativ problemlos mittels herkömmlicher Linearinterpolationen beschreiben lassen und bei deren Bearbeitung die HSC-Technologie hauptsächlich zur Reduzierung der Hauptzeiten verwendet wird. Für die Fertigung von Werkstücken mit dreidimensional gekrümmten Flächen und hohen Anforderungen an deren Endformgenauigkeit erfolgt die Programmerstellung in der Regel auf Basis von CAD-Daten, es sei denn, die Bauteilkontur wird mittels Digitalisierung von vorhandenen Modellen abgetastet (vgl. Vollmer u.a. 1998, S. 124 ff.).

Im Werkzeug- und Formenbau werden zur Erstellung der HSC-Programme spezielle CAD/CAM-Systeme verwendet, die sowohl in der Arbeitsvorbereitung – bei zentralisierten Organisationskonzepten – eingesetzt werden können als auch dezentral an der Maschine, so daß eine engere Verbindung von Programmierung und anschließendem Zerspanungsprozeß möglich ist. Für die Programmierung wird zunächst das dafür vorbereitete CAD-File des Werkstücks per Netzwerk in das Programmiersystem geladen, mit dem dann die Fräsbahnen auf die Werkstückkontur des errechneten Oberflächenmodells gelegt werden. Wenn der Zerspanungsprozeß die getrennte Bearbeitung einzelner Konturelemente erfordert, kann die Oberfläche vorher entsprechend gesplittet werden. Die Einrichtung solcher CAD/CAM-Systeme an der Maschine bzw. in deren Nähe gestattet eine unmittelbare Orientierung an der realen Situation hinsichtlich der Rohteil-Geometrie, der verfügbaren Fräswerkzeuge und möglicher Kollisionsbereiche der Aufspannung, statt eine Sollsituation theoretisch festzulegen und auf Papier bzw. an das Programm angehängte Files dokumentieren zu müssen (vgl. Mahr 1998, S. 55).

Zusammenfassung und Ausblick

Hochgeschwindigkeitsbearbeitung ist mehr als nur eine schnellere Variante herkömmlicher CNC-Frästechnologie. Wie in diesem kurzen Überblick gezeigt wurde, hängen mit der HSC-Technologie z.T. grundlegende Veränderungen zusammen bezüglich der Maschinengestaltung und der Steuerungstechnik einerseits sowie der Programmierung, der Bearbeitungsstrategien und des Einsatzes der Werkzeugsysteme andererseits. Die breitere Anwendung der HSC-Technologie in der Serienfertigung – beispielsweise in der Automobilindustrie – wird derzeit vollzogen. Die aktuellen Entwicklungen von Maschinen mit Lineardirektantrieben oder Hexapod-Achskonzepten lassen

bereits in absehbarer Zeit eine weitere Steigerung der Schnittgeschwindigkeiten, Achsbeschleunigungen und Vorschubgeschwindigkeiten erwarten (vgl. Weck/Schumacher 1997, S. 412 ff.). Da mit diesen Entwicklungen die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten in der HSC-Fertigung gegenüber der bislang üblichen CNC-Zerspanung weiter ausdifferenziert werden, sind rechtzeitig durchgeführte Qualifizierungsmaßnahmen für einen sicheren und wirtschaftlichen Einsatz der neuen Technologie unumgänglich.

Literatur

- Becker, H./Würz, T.: Sicherheit von Maschinen und Werkzeugen. In: Schulz, H. (HRSG.): Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – High-Speed Machining. München/Wien 1996, S. 202-223.
- Brouer, N./Hardenbach, C./Meylahn, A./Weck, M.: Offene NC-Steuerungen der neuen Generation – praxismgerechte Lösungen mit Splines. In: Werkstatttechnik 88, Heft 6/1998, S. 267-272.
- Eberlein, W./Vogler, H.: CNC-Steuerungen – Verfahrenskette CAD/CAM und CNC-HSC-Bearbeitung. In: Schulz, H. (HRSG.): Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – High-Speed Machining. München/Wien 1996, S. 188-200.
- Hock, St./Janowsky, D.: Hochgeschwindigkeitsfräsen im Werkzeug- und Formenbau. In: Schulz, H. (HRSG.): Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – High-Speed Machining. München/Wien 1996, S. 227-242.
- Kalhöfer, E.: Trockenbearbeitung. In: Schulz, H. (HRSG.): Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – High-Speed Machining. München/Wien 1996, S. 265-274.
- Kraaijeveld, B./Erb, V.: Sicherheitsverglasungen für HSC-Technik. In: Werkstatt und Betrieb 130, Heft 4/1997, S. 236-239.
- Mahr, R.: Prozeßketten im Werkzeug- und Formenbau. Steigerung der Flexibilität und Betriebssicherheit durch Einführung maßgeschneiderter CAD-CAM-Prozeßketten. In: Form + Werkzeug, Heft 6, 1998, S. 54-56.
- Martin, H./Vollmer, Th.: HSC-Technologie und Arbeitsschutz. Potentiale und Risiken. In: Vollmer, Th. (HRSG.): Innovation bei HSC-Technologie und Arbeitsschutz. Institut für Arbeitswissenschaft Kassel 1998, S. 19-35.
- MÖLLER: Hauptspindelsysteme hoher Leistung für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung. In: Kauffeld, M. u.a.: Rationalisierung durch Hochgeschwindigkeitsbearbeitung. Ein Weg zur Fabrik 2000? Renningen-Malmshaim 1994, S. 207-226.
- Schulz, H.: Die Forschungsaktivitäten des PTW auf dem Gebiet der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung. In: Schulz, H. (HRSG.): Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – High-Speed Machining. München/Wien 1996, S. 1-18.
- Schulz, H./Hock, St.: Technologie und Strategie beim Hochgeschwindigkeitsfräsen. Anwendung im Werkzeug- und Formenbau. In: wt – Produktion und Management 85, 1995, S. 491-495.
- Schulz, H./Kalhöfer, E.: Trockene Hochgeschwindigkeitsbearbeitung in Aluminium. In: wt – Produktion und Management 87, 1997, S. 471-474.
- Schulz, H./Würz, T./Huerkamp, W.: Sichere HSC-Werkzeuge. In: Werkstatt und Betrieb 130, Heft 6/1997, S. 431-435.
- Schulz, H./Weck, M./Huerkamp, W./Swoboda, M.: Wege zu sicheren Werkzeugsystemen – Anforderungen und Belastungen. In: Vollmer, Th. (HRSG.): Innovation bei HSC-Technologie und Arbeitsschutz. Institut für Arbeitswissenschaft Kassel 1998, S. 95-118.
- Spur, G./Bold, J.: Rückhaltesicherheit und Prozeßtransparenz – Anforderungen an Maschinenkapselungen. In: Vollmer, Th. (HRSG.): Innovation bei HSC-Technologie und Arbeitsschutz. Institut für Arbeitswissenschaft Kassel 1998, S. 79-94.
- VDW 1997: Dimensionierung und Gestaltung trennender Schutzeinrichtungen. Forschungsbericht VDW 0209. HRSG.: Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V. Frankfurt a.M. 1997.
- Vollmer, Th./Schaeckenbach, T./Raith, A.: HSC-Werkzeugmaschinen in der betrieblichen Praxis. Ergebnisse arbeitswissenschaftlicher Fallstudien. Institut für Arbeitswissenschaft Kassel 1998.
- Weck, M./Schumacher, A.: Derzeitiger Stand der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung – ein Überblick. In: wt – Produktion und Management 87, 1997, S. 409-414.
- Weck, M./Swoboda, M.: Hohlschaftkegel HSK – Wege zur sicheren Anwendung. In: Werkstatttechnik 88, Heft 6/1998, S. 282 ff.

Heinz-H. Erbel/Bernd Mahrin

Rapid Prototyping und Rapid Tooling: Verfahren, Einsatz und Konsequenzen für die Facharbeit

Einführung

Mehrschicht Rapid Prototyping Technologien haben der Industrie neue Möglichkeiten eröffnet, Prototypen und Modelle direkt aus einem CAD-Datensatz herzustellen. Einer der Faktoren, welche die wachsende Entwicklung additiver Rapid Prototyping Systeme bestimmen, ist die steigende Nutzung und Akzeptanz hochentwickelter Festmodell-(solid model)- und Oberflächenmodell-(surface model) CAD Systeme.

Die gleichen CAD Systeme, die eine wachsende Entwicklung von Rapid Prototyping Systemen und deren Anwendung ermöglichen, bilden auch die softwaretechnische Grundlage für produktivere Prototypen- und Modellherstellung durch computernumerisch kontrollierte (CNC) Bearbeitung.

Rapid Prototyping (RP) ist – als Teil des Produktentwicklungsprozesses – ein Konzept, das sich mit der möglichst schnellen Herstellung von Prototypen und Vorserien direkt aus der Entwurfsidee heraus befaßt. Es schließt Herstellungstechniken wie Hochgeschwindigkeitszerspanen ebenso ein wie ablauforganisatorische Varianten der Verzahnung von Produktentwicklung und Produktion (simultaneous engineering). Rapid Prototyping ist aber insbesondere in Verbindung mit Schicht-Herstellungsverfahren zu sehen. Diese Techniken ermöglichen die schnelle und automatische Herstellung von Bauteilen direkt aus CAD-Datensätzen. Eine Reihe verschiedener Schicht-Herstellungstechniken sind bereits im industriellen Einsatz, und viele weitere sind Gegenstand laufender Forschung und Entwicklung (Walo u.a. 1995 sowie Ambos u.a. 1995).

Die Verwendung von 3D-CAD-Daten über eine Schnittstelle, um einen Laserstrahl zu kontrollieren, der ein Photopolymer scheibenweise härtet, war einer der ersten marktreifen Rapid Prototyping Prozesse. Werkstücke werden erzeugt, ohne Material zu trennen oder zu verformen. Das Gegenteil ist der Fall: Material wird aufgebaut. Dieses Verfahren wird als Stereolithographie bezeichnet, die Schnittstelle STL-file genannt. Andere generative Pro-

zesse wie Solid Ground Curing, Selected Laser Sintering, Fused Deposition Modeling und Laminated Object Manufacturing folgen mehr oder weniger derselben Strategie: Ein 3D-CAD-Modell wird schichtweise zerlegt, um Daten zu erhalten, die den Aufbauprozess kontrollieren. Das erzeugte Teil ist ein Prototyp. Dieser kann als Modell des CAD Entwurfes verwendet werden, oder – abhängig von dem benutzten Material und der Genauigkeit des erzeugenden Prozesses – beispielsweise als Funktionsmodell für Realisierbarkeitsstudien in der Montage. Da es möglich ist, Teile mit beliebigen Formoberflächen herzustellen, wird der Prozess häufig als Solid Freeform Manufacturing (SFM) bezeichnet. Die erzeugten Teile können als Modelle für die Produktion von Formen aus Silikon-Kautschuk verwendet werden (soft-mould) oder mit verstärktem Harzmaterial für die Herstellung von Vorserien durch Spritzgießen.

Andererseits läßt sich eine Form oder ein Formeinsatz produzieren, indem direkt 3D-CAD-Daten des CAD-Entwurfes verwendet werden, unter Einsatz einer der oben beschriebenen generativen Herstellungsverfahren und nachfolgender Prozesse wie Vakuum- oder Modellausschmelzgießen. Diese Prozesse wurden durch umfangreiche Forschung und Entwicklung ständig verbessert, beispielsweise durch die Verwendung von Metallen für das Selected Laser Sintering (Jänti 1995). Eine einfache und eine vollständige Prozeßkette zeigen die Abbildungen 1a und 1b.

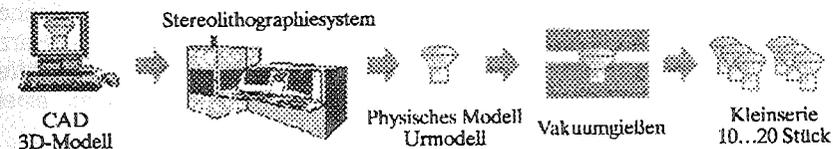


Abb. 1a: Einfache Prozeßkette zur Herstellung von kleinen Prototyp-Serien

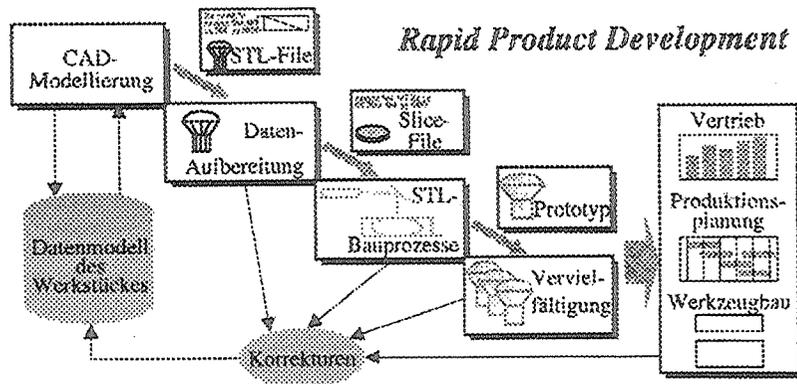


Abb. 1b: Vollständige Prozesskette des Rapid Prototyping

Rapid Prototyping Prozesse

Das grundlegende Prinzip der Stereolithographie (Abb. 2) besteht darin, daß ein flüssiges, UV-empfindliches Polymer mittels eines Laserstrahls gehärtet wird. Die Intensität des Laserstrahls wird moduliert, und der Strahl zeichnet – kontrolliert wie ein Plotter – eine Scheibe des Bauteiles auf der Harzoberfläche. Dadurch kann ein exakter Querschnitt des Bauteiles gehärtet werden. Das Modell kann schichtweise hergestellt und dabei durch einen Tisch innerhalb des Harzbadens gestützt werden.

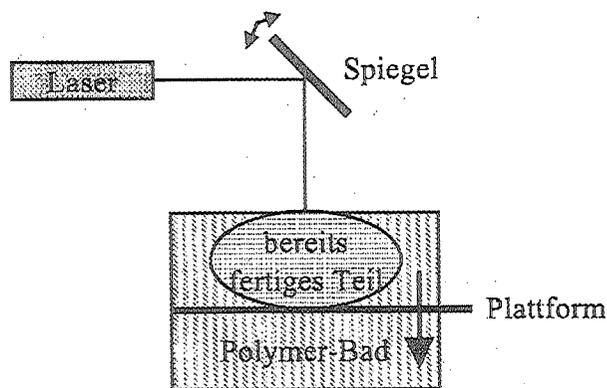


Abb. 2: Stereolithographie

Das Zerlegen des 3D-CAD-Entwurfs in die einzelnen Schichten erfolgt hauptsächlich über die STL-Schnittstelle des CAD Systems. Daraus entstehen spezifische 2D-CAD-Daten für jede der Schichten. Der Spiegel kontrolliert den Laserstrahl wie ein 2D-Plotter.

Das grundlegende Prinzip des Solid Ground Curing (Abb. 3) besteht ebenfalls in der Härtung eines Photopolymers. Das schichtweise wachsende Bauteil befindet sich jedoch nicht im Harzbad; es wird durch Festwachs-Stützstruktur gehalten. Eine dünne Polymerschicht kann auf die Oberfläche aufgetragen und durch eine Negativmaske auf einer Glasplatte mit UV-Licht bestrahlt werden. Die Negativmaske repräsentiert die Scheibe des Werkstückes und wird aus Daten des Schichtungsprozesses über eine STL-Schnittstelle des CAD-Systems erzeugt.

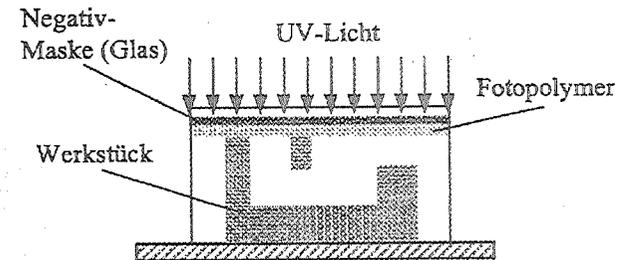


Abb. 3: Solid Ground Curing (SGC)

Ähnlich einer Fotokopie befestigt man die Maske auf der Glasplatte. Für jede Scheibe braucht man eine neue Negativmaske. Das Wachs füllt als Stützstruktur den Hohlraum des Teiles und muß später entfernt werden.

Beim Selected Laser Sintering (Abb. 4) verwendet man ein Pulver aus Polycarbonat, Nylon oder anderen Kunststoffen, neuerdings auch Metallpulver. Eine dünne Pulverschicht wird auf einem Tisch oder einer Plattform in einer Prozeßkammer durch einen Laserstrahl gehärtet. Ähnlich der Stereolithographie erfolgt eine Kontrolle, d.h. wie ein 2D-Plotter, der die Daten des Schichtungsprozesses dafür auswertet. Die nächste Pulverschicht wird auf der vorhergehenden Schicht gehärtet, wobei das Pulver auch zum Abstützen von Hohlräumen dient.

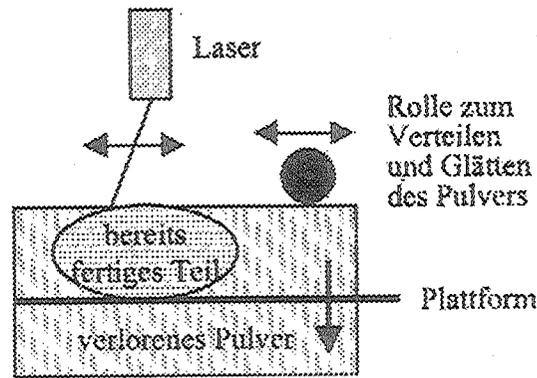


Abb. 4: Selected Laser Sintering

Fused Deposition Modelling ist ein Verfahren, bei dem ein dünnes, fadenähnliches Material aus Polyamid, Polyethylen oder Modellformwachs aus einer erhitzten Extruderführung austritt. Das Material erhärtet kurz hinter der Führung, so daß ein gezielter Materialauftrag erfolgt. Die Extruderführung wird unter Verwendung der 2D-Daten kontrolliert. Der Tisch der Prozeßkammer bewegt sich Schicht für Schicht in vertikaler Richtung. Auf diese Weise können hohle und kompakte Werkstücke erzeugt werden.

Beim Laminated Object Manufacturing (Abb. 5) klebt man dünne Papierschichten fortschreitend aufeinander und schneidet jeweils die Konturen aus. Während des Verfahrens beschichtet man das auf einem Tisch befestigte Papier mit Polyethylen. Das nächste Blatt wird mit Hilfe eines erhitzten Walzensystems auf das vorhergehende gepreßt und gleichzeitig verklebt. Der kontrollierte Laserstrahl schneidet die errechnete Kontur der Schicht, die zu der jeweiligen Position gehört. Die Intensität des Laserstrahls sollte so kontrolliert werden, daß er lediglich das oberste Blatt schneidet. Der Tisch kann um die Dicke des nächsten Blattes gesenkt werden, um dann den Prozeß fortzusetzen, bis das per CAD entworfene Bauteil erzeugt ist. Nicht zur Form gehörendes Material wird automatisch in rechteckige Muster zerschnitten, so daß es leicht entfernt werden kann. Enthält das Bauteil Hohlräume, muß es aufgeschnitten und anschließend wieder zusammengeklebt werden. Qualität und Festigkeit des erzeugten Bauteils entsprechen der von Holzmodellen (Steger u.a. 1994).

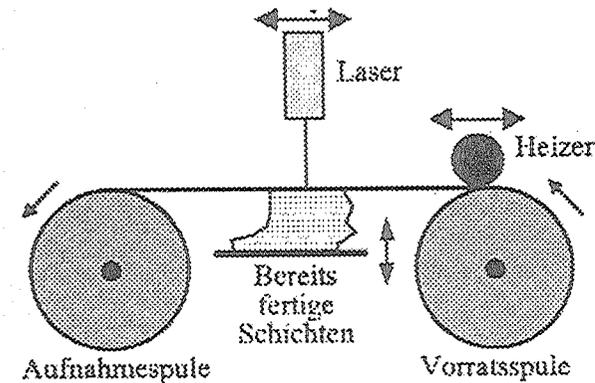


Abb. 5: Laminated Object Manufacturing (LOM)

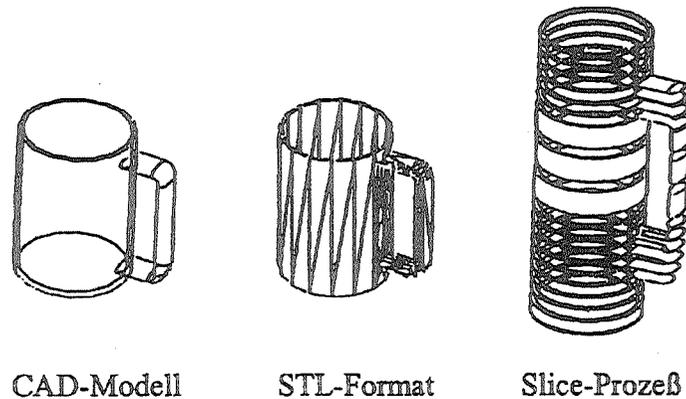
Stratified Object Manufacturing ist ein nicht-generatives Rapid Prototyping Verfahren: Durch CNC-Fräsen wird Material entfernt, statt es hinzuzufügen. Das grundlegende Prinzip ist jedoch fast das gleiche wie bei generativen Prozessen. Das CAD-Modell kann jedoch nicht in dünne Schichten zerlegt werden, sondern in Scheiben verschiedener Dicke. Diese Scheiben werden von beiden Seiten bearbeitet, wobei die CAD-Daten mittels CAD/CAM für 3D-CNC übernommen werden, d.h. 3- oder 5-Achsen-Fräsen. Der Fräsprozeß kann konventionell erfolgen, für wirkliches Rapid Prototyping kommt aber vorzugsweise Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSC) zum Einsatz. Das Zerteilen des CAD-Modelles in Scheiben erfolgt unter Berücksichtigung der geometrischen Anforderungen und der möglichen Fräsbearbeitung mit vorgegebenen Werkzeugen. Der Prototyp wird durch Aneinanderfügen der Scheiben geformt.

CAD/CAM-Schnittstelle

Rapid Prototyping ist eng verbunden mit dem effektiven Gebrauch von CAD und verwandten Systemen, und zwar hinsichtlich des Transfers geometrischer Modelle von einem System in ein anderes und der Konvertierung von einer Darstellung in eine andere. Das STL-Daten-Format erlaubt durch die Darstellung von dreidimensionalen Elementen mit Dreiecken und deren Normalen – wie ein Finites Element Berechnungsmodell – die mathematische Ermittlung von Verschiebungen und Ausdehnungen aufgrund äußerer Belastungen auf ein Werkstück (Abb. 6). Dreiecke sind der kleinste gemeinsame

Nenner in geometrischen 3D-Modellbau-Systemen. Sofern also 3D-Modelle aus einem beliebigen CAD-Datenmodell herzustellen sind, liegt die Wahl auf der Hand.

Dieses Format wurde vielfach kritisiert. Es muß jedoch anerkannt werden, daß es eines der Faktoren war, die den Einsatz der Technik entscheidend verbessert haben. Es ist für den Nutzer eines CAD Systems im Vergleich zu NC-Fräsbahnen sehr einfach, eine solche Darstellung zu erzeugen.



CAD-Modell

STL-Format

Slice-Prozess

Abb. 6: Schritte des Rapid Prototyping Prozesses

Die Beschreibung des STL-Formates legt fest, daß das Modell einen Festkörper darstellen soll. Aufgrund der Natur von Rapid Prototyping und der Schwierigkeit vieler CAD-Systeme, korrekte Files zu erzeugen, müssen alle STL-Files verifiziert, und Reparaturverfahren müssen automatisiert werden. Diese Software-Werkzeuge sind schwer zu implementieren, hauptsächlich weil eine Menge Informationen bei der Konvertierung in das STL-Format verloren gehen.

Verschiedentlich glaubt man auch, Rapid Prototyping führe in eine Sackgasse. Modelle in STL-Form waren nicht dazu bestimmt, verändert zu werden. Die Art und Weise, wie die Technik heute angewendet wird, widerlegt diese Behauptung. Prozeßketten mögen erforderlich machen, daß das Modell geteilt wird, wobei bedarfsweise Teilungslinien gesetzt werden. Größere Modelle sind für den Aufbau zu zerteilen und sukzessive wieder zusammenzukleben, Einschlüsse von Nägeln und Löcher müssen jedoch berücksichtigt werden können. Einige Prozesse benötigen zudem Entwässerungsöffnungen (Dolenc u.a. 1995).

Eine andere Begrenzung facettierter Modelle betrifft die Genauigkeit. Diese hat sich so entscheidend verbessert, daß das Verfahren bei der Werkzeugherstellung genutzt werden kann. Aus der Sicht des Benutzers besteht ein Rapid Prototyping Prozeß aus dem endgültigen Werkstück, d.h. dem Ergebnis, das die Maschine selbst herstellt, und der nachfolgenden Behandlung, nämlich dem Polieren des Werkstückes, wobei Artefakte wie Stützstrukturen und der Graukeil-Effekt (Schichtübergänge an der Oberfläche) entfernt werden. Offensichtlich beeinflußt das Polieren die Genauigkeit. Das direkte Schichten des original geometrischen Modells kann den Umfang der erforderlichen Polierarbeiten minimieren und die Genauigkeit verbessern. Durch direktes Schichten des CAD-Modells werden die Konturen erhalten, ohne ein facettiertes Modell zwischenschalten, das lediglich eine Annäherung an das Originalmodell darstellt (Fockele u.a. 1993).

In dem Maße, wie der Prozeß an Genauigkeit gewinnt und die Größe des Arbeitsraumes zunimmt, erhöht sich auch die Anzahl der benötigten Facetten, um das Modell sichtbar zu machen. Große facettierte Modelle sind schwer zu visualisieren, und Visualisierung ist von wesentlicher Bedeutung für die Entscheidung der Baurichtung (Abb. 7).

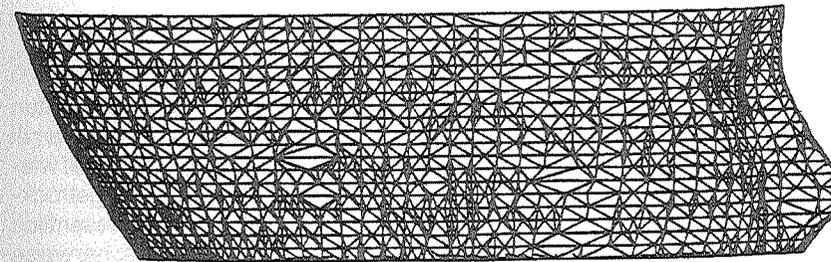


Abb. 7: Facettiertes Teilstück eines Kopfes

Rapid Tooling

Laser-Stereolithographie-Systeme bauen Werkstücke aus Photopolymerharzen auf. Wie beschrieben, können diese Werkstücke oder Modelle verwendet werden, um ein Softmould aus Silikon-Kautschuk für das Vakuumgießen von Prototypen zu produzieren. Um aus diesen Modellen Metallwerkstücke zu produzieren, ist ein zweiter Prozeß zu durchlaufen. Eine seit mehreren Jahren erfolgreich angewandte Methode ist eine Variante des Modellauschmelzgießens, bekannt als solid mould process. Das Muttermodell, in einer Kammer platziert, wird umgeben von aushärtendem Gips. Das Gipsmodell wird daraufhin gebrannt, das Muttermodell brennt dabei aus. Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt wie Aluminium können in die Form gegossen

werden. Diese ist zu zerstören, um den Metallguß freizulegen. Der Hauptvorteil dieses Prozesses besteht in seiner relativ hohen Geschwindigkeit. Es gibt einige Varianten dieses Prozesses. Rotierende Gießverfahren (spin casting) nutzen die Zentrifugalkraft, um die Gießform zu füllen (Abb. 8).

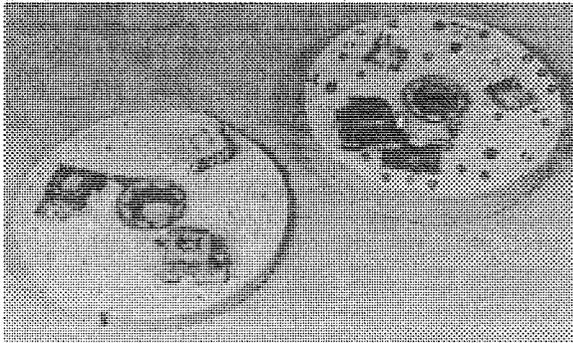


Abb. 8: Spin Casting

Um Metalle mit höherem Schmelzpunkt wie beispielsweise Stahl oder Titan zu gießen, sind Modellschmelzgußverfahren mit Hochtemperatur-Keramik anzuwenden. Hier wird die Form langsam aufgebaut, indem das Modell wiederholt in Keramikschlamm getaucht und danach geschliffen und getrocknet wird. Die Grenze des Verfahrens besteht darin, daß die Form wesentlich weniger beständig gegenüber Zugspannung ist als Gips und typischerweise während des Ausbrennens des festen Modells aufgrund der thermischen Ausdehnung des Harzes zerbricht. Um dieses Problem zu beseitigen, können die Expansionskoeffizienten des Harzes und der Keramik speziell abgestimmt oder dünnwandige hohle Modelle aufgebaut werden, die während des Ausbrennprozesses in sich selbst zusammenbrechen. Diese Modelle können mit einer patentierten „Skin & Core“ Software aufgebaut werden. Diese zerteilt eine feste Geometrie in eine „Haut“ von definierter Dicke an den Grenzen und einem innerem „Kern“. Der Kern ist gefüllt mit in drei orthogonalen Richtungen vernetzten Streben, die sehr hohe Festigkeit und Steifigkeit bei minimalem Material gewährleisten (Serbin u.a. 1995). Metallische Werkzeugprototypen für Kunststoff-Spritzguß-Verfahren können mit Stereolithographie hergestellt werden, indem man die Harzmodelle mit Metall besprüht. Die gewünschte Werkstückgeometrie baut man entweder als durchgehendes Modell oder in zwei oder mehreren Teilen auf, und zwar in Übereinstimmung mit einzelnen Werkzeugbereichen, entlang definierter

Teilungslinien. Jedes Teil wird danach bis zur geforderten glatten Oberflächenbeschaffenheit poliert. Die einzelnen Oberflächen werden zusammengefügt, und ein Metallmantel mit einer Dicke von einigen Millimetern wird über der Oberfläche aufgebaut, indem Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt darauf gesprüht werden. Der resultierende Mantel wird normalerweise verstärkt, indem er mit festem Material unterstützt wird. So entsteht ein fester, starrer Werkzeugeinsatz, der in die Spritzgußmaschine installiert werden kann. Wie bei der Laser-Stereolithographie baut auch das Selected Laser Sintering Bauteile Schicht für Schicht auf, indem ein Laserstrahl über die Materialoberfläche scannt. Hier ist das Material jedoch pulverförmig, und der Härtingsprozeß ist eher ein thermisch induzierter Phasenwechsel als eine chemische Reaktion. Prinzipiell läßt sich jedes schmelzbare Material verwenden, sofern es über geeignete Oberflächeneigenschaften für das Neu-Beschichten verfügt sowie über für Laserstrahlung geeignete optische und thermische Eigenschaften. Entsprechende Materialien sind Thermoplaste und Metalle mit niedrigen bis mittleren Schmelzpunkten. Aus CAD-Daten erzeugte Modelle können für Gießverfahren verwendet werden. Jedoch sind die Harzmaterialien nicht notwendigerweise Photopolymere.

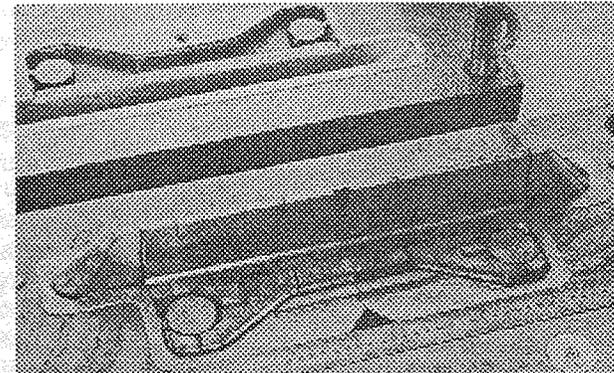


Abb. 9: Durch Selected Laser Sintering von Metallpulver erzeugter Formeinsatz

Die Firmen Elektrolux und Electrical-Optical Systems haben gemeinsam Materialien und Prozesse für das Lasersintern von Metallen entwickelt. Sie werden direkt bei Raumtemperatur und ohne besondere Atmosphäre gesintert. 0,05 mm Partikelgröße der Hauptkomponente und Schichtdicken bis auf 0,1 mm ermöglichen den Aufbau von Werkstücken mit 0,1 mm Genau-

igkeit. Dieses Verfahren unterscheidet sich deutlich von Methoden, die polymerbeschichtetes Metallpulver nutzen, weil diese einen zusätzlichen Prozeß benötigen, um das Bindemittel aus den gesinterten Bauteilen auszubrennen.

Selected Laser Sintering von Metallen eignet sich für Rapid Tooling. Anstatt den gewünschten Prototyp mit schichtbildenden Techniken aufzubauen, werden Formeinsätze genutzt, um eine Serie von Teilen herzustellen, beispielsweise durch Spritzguß. Dazu zählen auch technische Prototypen, die aus demselben Material und in demselben Prozeß hergestellt werden, wie das geplante Serienprodukt (Serbin u.a. 1995).

Abbildung 9 zeigt einen durch Selected Laser Sintering hergestellten Formeinsatz. Der Einsatz dieses Verfahrens bei Metallen, Stereolithographie oder anderen oben beschriebenen Rapid Prototyping Prozessen mit nachfolgenden Methoden wie Vakuum- oder Modellausschmelzgießen zur Erzeugung von Formeinsätzen für die Produktion von ersten Bauteilserien, ist ein Bypass-Prozeß. Während des Prozesses können bereits die Eigenschaften des entworfenen Werkstückes sowie seine Funktionalität und Montageeignung getestet werden. Notwendige Modifikationen können deshalb sehr frühzeitig erfolgen. Sie können einbezogen werden in die parallel laufende konventionelle CAD/CAM-Herstellung der Formeinsätze für die Serienfertigung.

Konsequenzen für Facharbeit und Betriebe

Nach der breiten Etablierung des numerisch gesteuerten Draht- und Senkerodierens etwa Mitte der achtziger Jahre steht der Werkzeug- und Formenbau als Schlüsselbereich der Produktionstechnik nunmehr vor einem zweiten massiven technischen Umbruch innerhalb von weniger als zwanzig Jahren. Durch den absehbar steigenden Einsatz von Rapid Prototyping und Rapid Tooling sind auch die Modellbauberufe, die noch bis vor kurzem stark handwerklich geprägt waren, in hohem Maße mit rechnergestützten Verfahren konfrontiert. Folgende neue Dimensionen spielen dabei eine wichtige Rolle:

- Die mathematischen Modelle sind von Beginn an komplexer, da die partielle Reduktion auf zweidimensionale Betrachtungen nur schichtweise möglich, die Geometrie der einzelnen Schichten aber nicht unmittelbar ersichtlich ist, sondern erst über rechnerische Interpolation aus Konstruktionsunterlagen hervorgeht.
- Veränderungen betreffen nicht nur die Steuerung des Arbeitsprozesses, sondern sie gehen mit der Einführung vollkommen neuer Technologien und Verfahren und mit dem Umgang mit anderen als den gewohnten Werkstoffen einher. Die Vielfalt der RP-Verfahren erfordert von den An-

wendern deshalb einen guten Überblick und entsprechende Urteilskompetenz. Zudem ist zu erwarten, daß sich Rapid Prototyping Verfahren aufgrund der überregionalen Konkurrenzsituation und der steigenden Kundenanforderung bezüglich Qualität, Flexibilität und Termintreue recht schnell durchsetzen werden, zumal der erreichte Entwicklungsstand dies zuläßt.

- Wichtige Konsequenzen gerade für kleine und mittlere Firmen resultieren aus der hohen Wahrscheinlichkeit, daß einzelne Betriebe mit der Einführung dieser Technologien überfordert sein werden. Selbst wenn die Investitions- und Umstellungskosten noch tragbar sein sollten, dürfte sich die notwendige Erfahrungsbildung in der kurzen verfügbaren Zeit außerordentlich schwierig gestalten, sofern nicht mit sehr hohem Risiko auf nur ein einziges Verfahren gesetzt wird. Wesentlich attraktivere Angebote und eine bessere strategische Marktposition können kleinere Betriebe hier durch Kooperationen mit anderen in regionalen Netzwerken leisten. Das wäre keineswegs gleichbedeutend mit der Aufgabe der Eigenständigkeit der Betriebe. Für das übergreifende Projektmanagement bestünde sowohl die Möglichkeit, auftragsbezogen zu rotieren als auch es gemeinschaftlich zentral zu organisieren. In beiden Fällen besteht ein erheblicher Bedarf an Kooperationsfähigkeit und -bereitschaft nicht nur auf der institutionellen Seite, sondern vor allem auch auf der personenbezogenen, und zwar über alle tradierten Zuständigkeitsbereiche hinweg.

Arbeitsorganisation und Kooperation

Projekt- und auftragsbezogenes Arbeiten bei Überwindung von Hierarchiestufen bietet sich aus mindestens zwei Gründen an:

- Erstens brächte sequentielle Bearbeitung mit der Orientierung an Statusgrenzen und Zuständigkeiten und der Notwendigkeit kleinschrittiger Abstimmungen wieder Verzögerungen in die Prozeßabläufe, was dem Hauptanliegen des Rapid Prototyping klar entgegenstünde.
- Zweitens ist der Weg vom CAD-Modell zu den Steuerdaten für die RP-Verfahren auch aus technisch-inhaltlichen Gründen vernünftigerweise nur in direkter Kooperation der beteiligten Facharbeiter, Techniker, Ingenieure usw. zu lösen. Alle Formen der Arbeitsorganisation mit lediglich mittelbarer Kommunikation und Kooperation wären mit dem Preis eines hohen Fehlerrisikos und notwendiger Nach- und Doppelarbeit zu bezahlen.

An zwei Beispielen soll dies plausibel gemacht werden: Die Generierung der Slice-Daten, also die Umsetzung der 3D-Daten in schichtbezogene 2D-Daten, erfolgt in Näherungsverfahren über geometrische Standardelemente, z.B. Dreiecke. Wie Abb. 7 zeigt, entstehen dabei Fehler, deren Auswirkungen nur diejenigen richtig beurteilen können, die mit den RP-Technologien

und gegebenenfalls nachfolgenden Fertigungsverfahren direkt konfrontiert sind. In der Regel sind das Facharbeiter. Es macht demzufolge keinen Sinn, diesen Vorgang allein Technikern oder Ingenieuren zu überlassen. Andererseits kann sich die Anordnung von Gießkanälen, Stützkonstruktionen, ihre Gestaltung und evtl. spätere Entfernung (alle diese Geometriedaten mit technologischen Attributen müssen ja der eigentlichen CAD-seitig vorliegenden Bauteilkonstruktion hinzugefügt werden) dermaßen komplex gestalten, daß dies nicht allein durch Facharbeiter in der nicht störungsfreien Umgebung der Werkstatt zu bewältigen ist.

Der Einsatz von RP-Verfahren schafft also durchaus günstige Voraussetzungen für die Veränderung klassischer Arbeitsorganisationen in Richtung von Bildung gemischter Teams, je nach betriebs- und auftragsspezifischer Situation als weitgehend feste Teams oder als temporäre Arbeitsgruppen.

Allerdings bleiben die fachtechnischen/fertigungstechnischen Details, Zusammenhänge und Abläufe nicht mehr allein konstituierende Merkmale von der Facharbeit im Werkzeug- und Formenbau. Neben dem technischen Sachverstand aus dem Gebiet, der beispielsweise das richtige Teilen von Formen, die Gestaltung von Kernen, Hinterschnitten, Gießenläufen und Kühlkanälen umfaßt, werden mit der Einführung von RP-Verfahren umfassende Kompetenzen in der technischen Datenverarbeitung erforderlich. Das Spektrum reicht vom sicheren Umgang mit Grafik-, Simulations- und Programmiersystemen, gegebenenfalls auch mit multimedialen Dokumentationssystemen, bis zur Beurteilung automatisch generierter alphanumerischer Programm listings in „Problemfällen“.

Kompetenzerwerb mit Unterstützung durch interaktive Medien

Es wird deutlich, daß ein erheblicher Weiterbildungsbedarf nicht nur bei Facharbeitern, sondern auch bei Technikern und Ingenieuren besteht. Und es besteht kein Anlaß, hier separate Seminare zu schaffen, wenn doch gerade die gute Kooperation zwischen allen Mitgliedern der Arbeitsgruppe als ein Garant für einen effizienten Einsatz der neuen Technik zu gelten hat. Bei der Breite der verfügbaren Verfahren und der Vielfalt der Situationen in Betrieben bezüglich des gemeinsamen Know-hows, der Kundenanforderungen, der Leistungs- und Angebotspektren, der vorhandenen betriebsübergreifenden Kooperationen und der Kunden-Lieferanten-Beziehungen muß bezweifelt werden, ob allgemeine Seminare und sonstige Bildungsangebote zum Themenfeld überhaupt breite Wirkung zeigen können. Die Notwendigkeit reiner Einweisung in spezielle Maschinen und Anlagen wird davon nicht berührt und ist hier nicht Gegenstand der Betrachtung. Darüber hinaus je-

doch erscheinen Weiterbildungsformen erfolgversprechender, die

- einen hohen Aktualitätsgrad bieten (schnelle Entwicklung der Technologie und der konkreten Anlagen und Maschinen),
- eine große Nähe zum konkreten Arbeitsplatz aufweisen (das kann – muß aber nicht in jedem Fall – örtliche Nähe sein; wichtig ist aber stets der inhaltliche Bezug) und
- gewährleisten, daß bedarfsweise unmittelbar vom Arbeitsplatz aus und mit möglichst großer zeitlicher Freiheit auf benötigte Informationen zurückgegriffen werden kann beziehungsweise ein Austausch erfolgen kann.

Insofern kommen computer- und netzbasierten Formen des Lernens und Informationsaustausches wachsende Bedeutung zu.

Die hohe Aktualität ist gewährleistet, indem die Angebote der Hersteller von Maschinen und Anlagen in die Informations- und Erkenntnisgewinnung einbezogen werden. Alle namhaften und innovativen Hersteller stellen über das WorldWideWeb entsprechende Information bereit – wenngleich nicht ganz wertfrei und bisweilen auch nicht im Einklang mit den Erkenntnissen aktueller mediendidaktischer und lernpsychologischer Forschung. Die Strategie weiterer fach- und mediendidaktischer Arbeit darf in diesem Zusammenhang aber deshalb nicht die Verleugnung und Ausklammerung dieser „didaktisch unprofessionellen“ Informationsangebote sein. Vielmehr müssen Wege gefunden werden, derartige und künftig verstärkt zu erwartende Angebote gezielt einzubeziehen in multimediale Lernlandschaften, die ein didaktisches Gesamtkonzept aufweisen. Darüber hinaus gibt es auch bereits einige neutrale Lernangebote zum Themenfeld im Internet, beispielsweise ein im Rahmen eines europäischen ADAPT-Projektes im Innovationszentrum Plauen entwickeltes Informationssystem zu modernen CAD/CAM- und Rapid Prototyping Verfahren.¹

Die Nähe von multimedialen, interaktiven Lernangeboten zum Arbeitsplatz erfordert das Vorhandensein der entsprechenden Hardware. Bedenkt man aber, daß das Herzstück der RPD-Anlagen und inzwischen vieler anderer Betriebsmittel auch aus multitaskingfähigen und oft schon vernetzten Computern besteht, so wird deutlich, daß Netzanbindungen (intern wie extern) und damit der Zugang zu Lern- und Informationssoftware prinzipiell nur geringen technischen oder finanziellen Zusatzaufwand erfordert. Hier sind sicher noch die Hersteller der Maschinensteuerungen gefordert, die entsprechende Schnittstellen vermehrt standardmäßig bereitstellen müssen – auch im eigenen Interesse, z.B. zur Unterstützung der Wartung oder zur Erleichterung des Anwenderfeedbacks. Ansonsten ist aber auch die zusätzliche Einrichtung von Lern- und Arbeitscomputern in der Werkstatt durchaus finanziell verkraftbar, wenn man in Betracht zieht, daß die Reibungsverluste, die durch Informationsmangel entstehen, sinken und daß sich Lernen und Arbeiten unter diesen Voraussetzungen wesentlich besser zeitlich und inhaltlich verzahnen lassen.

Anmerkung

- 1 Nähere Informationen hierzu können bei den Autoren nachgefragt werden

Literatur

- WALO, M./MILLER, J./GROTE, K.-H.: Strategy, Training and Implementation of Solid Freeform Manufacturing Technologies for Product Development. 3. International Congress of Intelligent Production Systems, Dresden 1995.
- AMBOS, E. u.a.: Ein neuer Weg zur Fertigung von seriennahen Prototypen. 3. Internationaler Congress of Intelligent Production Systems, Dresden 1995.
- JÄNTI, P.: Rapid Prototyping – A Useful Tool for Successful Development. Proceedings RPD Congress, Messe Stuttgart 1995, S. 79-93.
- STEGER, W.; GEIGER, M.: Schnelle Wege zu innovativen Produkten. VDI-Zeitschrift, Vol. 136, 1994, S. 38-45.
- SALM, T.; LENNARTZ, F.; ERATZ, H.; KLINK, W.; KLINK, M.: Direktherstellung funktionaler Prototypen. VDI-Zeitschrift, Vol. 137, 1995, S. 34-37.
- DOLENC, A./MÄKELÄ, I.: Efficient Data Transfer and Data Preparation for Rapid Prototyping. Proceedings RPD Congress, Stuttgart 1995, S. 145-156.
- FOCKELE, M.; SCHWARZE, D.: Rapid Prototyping auf dem Vormarsch. Der Konstrukteur, Vol. 4, 1993, S. 64 ff.
- SERBIN, J./WILKENING, C./SHELLABEAR, M.: New Developments for Rapid Metal Tooling and Prototyping. Proceedings RPD Congress, Stuttgart 1995, S. 117-123.
- ERBE, H.-H./KRÜGER, G./KOERPER, B./RICHTER, B.: Communications at the Workshop Solid Freeform Manufacturing: SPRINT, a European Program on Technology Transfer, Marinha Grande, Portugal, 1995.

Sven Mohr

Hochgeschwindigkeitsfertigung – eine Herausforderung für berufliche Schulen

Einleitung

Die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (HSC – High Speed Cutting) ist für die spanende Fertigung eine Innovation, die auf vielen Anwendungsgebieten wirtschaftliche Vorteile eröffnet. Mit Hochgeschwindigkeit ist eine gegenüber der konventionellen Zerspanung wesentlich höhere Schnittgeschwindigkeit mit geometrisch bestimmter Schneide gemeint, die aufgrund neuer Schneidwerkstoffe ermöglicht wird (vgl. Vollmer u.a. 1978, S. 17 ff.). Im Unterschied zur herkömmlichen Zerspanung ist die Zustelltiefe und damit der Spanquerschnitt gering und der Vorschub hoch. In erster Linie kommt bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung das Fräsen zum Einsatz, weil sich die Unterbrechung des Eingriffs auf den Zerspanungsprozeß beim HSC-Fräsen günstig auswirkt. Die Schneiden sind nur teilweise im Eingriff, kurze Kommaspäne werden ermöglicht und die entstehende Prozeßwärme läßt sich mit den Spänen abführen. Die dabei benötigten Zerspanungskräfte können so gering gehalten werden, damit auch sehr dünnwandige Bauteile herstellbar sind.

Steuerungstechnisch betrachtet ist das Fräsen eine große Herausforderung. Zum einen wird eine 3D-Bahnsteuerung benötigt, die hohe Vorschübe steuern kann. Zum anderen können die oftmals komplexen Geometrien von Freiformflächen nur mit sehr vielen NC-Sätzen dargestellt werden.

Die Anwendung der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung umfaßt ein breites Spektrum von zu zerspanenden Werkstoffen mit Schnittgeschwindigkeiten von v_c 50 m/min für schwer zerspanbare Nickellegierungen mit bis zu über 5000 m/min für Aluminiumlegierungen und Faserverbundwerkstoffe (vgl. Fritsche 1997, S. 11). Dies führt bei kleinen Fräserdurchmessern zu Spindeldrehfrequenzen von weit über 100000 1/min. Zum Beispiel beträgt für vergütete und gehärtete Werkzeugstähle v_c bis 500 m/min, was bei einem Fräserdurchmesser von 4 mm (kleinster Eckenradius der Kontur 2 mm) einer Spindeldrehfrequenz von 40000 1/min entspricht. Solche Drehfrequenzen erfordern Hochleistungsspindeln, die aufwendig konstruiert und teuer sind (vgl. Gebert/Ronde 1996, S. 163 ff.), sowie besondere Sicherheitsvorkehrungen für die Abschirmung des Arbeitsraumes.

Für berufsbildende Schulen hat das Fräsen von Stahl das größte didaktische Potential bei einem vergleichsweise vertretbaren finanziellen Aufwand. Dieser Punkt soll im folgenden untermauert, die Anwendungsgebiete aufgezeigt und ein Ausstattungskonzept entworfen werden.

Anwendungsgebiete der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung im Werkzeugbau

Beim Fräsen komplexer Konturen hat die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung entscheidende Vorteile. In Kombination mit modernen Steuerungen lassen sich die Parameter so optimieren, daß eine Komplettbearbeitung der Bauteile auf Hochgeschwindigkeitsfräsmaschinen möglich wird. Die Stärken des Verfahrens bestehen im Gleichlauf-Umrißfräsen mit konstantem Spanquerschnitt bei hoher Vorschubgeschwindigkeit. Realisierbare Bearbeitungschancen basieren auf einer eigenständigen Technologie die zum Schruppen, Schlichten und Feinstschlichten von freien Konturen besonders geeignet ist. In der Konturbearbeitung werden Kugel- und Schafffräser aus Vollhartmetall mit speziellen Beschichtungen (u.a. TiN, TiCN) und Schneidengeometrien eingesetzt. Die veränderten Schneidengeometrien ergeben sich durch die hohe Wirkgeschwindigkeit und die speziellen Anforderungen zur Bearbeitung von Freiformflächen. Beschichtungen sind zum einen der Grund für die hohen Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten; sie erhöhen unter anderem aber auch die Standzeit.

Im Werkzeugbau findet das Hochgeschwindigkeitsfräsen Akzeptanz beim Erstellen von Erodiergesenken aus Kupfer und Graphit und besonders bei der Komplettbearbeitung von gehärteten Stahlformen für die Ur- und Umformtechnik.

Zum Durchbruch im Hochgeschwindigkeitsfräsen ist es gekommen, nachdem es gelang, die speziellen Anforderungen der Technologie durch die Steuerungen zu unterstützen. Das wird besonders beim Fräsen von Formen in gehärtetem Stahl deutlich, wenn technologisch sicher programmiert und anschließend erfolgreich produziert werden muß. Denn der Formenbau ist gekennzeichnet durch kleine Losgrößen, teures Material und lange Programmier- und Herstellungszeiten. Die Optimierung der Programme an der Maschine sind nur eingeschränkt oder gar nicht möglich. Damit sind die Anforderungen an die Prozeßsicherheit ungleich höher als in der Teilefertigung.

Der Arbeitsplatz für Facharbeiter an HSC-Fräsmaschinen

Heutige Hochgeschwindigkeitsbearbeitung hat zwar Ähnlichkeiten zu bisherigen Fertigungsverfahren. Wesentliche Aspekte sind jedoch anders. Die Maschinen haben sich den Herausforderungen angepaßt, ebenso die Werkzeuge und Steuerungen. Die Wechselwirkung zwischen den Fortschritten bei den Schneidstoffen und den dadurch verbesserten Chancen der Ma-

schinen ist aus der Geschichte des Werkzeugmaschinenbaus bekannt. Eine neue Dimension ist in der Entwicklung der Maschinensteuerungen erreicht, die den ständig wachsenden Anforderungen durch innovative Arbeitsprozesse gerecht werden. Die größten Probleme für die CNC-Steuerung von HSC-Fräsmaschinen ergeben sich aus der Bearbeitung komplexer, dreidimensionaler Flächen, die mit hohen Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten maßgenau und prozeßsicher herzustellen sind. Die umfangreichen Programme müssen von CAD-CAM Systemen erstellt und auf die CNC-Steuerung übertragen werden. Eine hohe Anzahl von NC-Sätzen wird aufgrund der geringen Zustelltiefen nötig. Programme mit mehreren tausend NC-Sätzen sind keine Seltenheit und machen deutlich, daß das Programmieren im herkömmlichen Sinn unmöglich ist.

Bei der Programmierung kommen erstmals durchgängige Anwendungen zum Tragen, die es erlauben, die CAD-Flächenbeschreibungen als Spline-Satz zu interpretieren. Die Interpolation mit NURBS-Splines (Non Uniform Rational-B-Spline) erlaubt es, mehrere lineare Wegbefehle mit einem NC-Satz zu kennzeichnen und Übergänge mit einem weichen, stetigen Verlauf zu erstellen (vgl. Spöttl 1998, S.88). Dies ist von Vorteil für die Oberflächengüte aufgrund der schnellen Bahnsteuerungen. Eine intelligente Vorsteuer-technik bringt die Bahngeschwindigkeit in Abhängigkeit des Konturteilungswinkels und des Konturverlaufs. Spezielle, auf das Fertigungsverfahren ausgerichtete Steuerungsmodul unterstützen die Berechnung gleichmäßiger Spantiefen durch die Anstellung der Fräserhauptachse und durch geeignete Ausräumstrategien. Die CAM-Systeme unterstützen die Berechnung für die Anstellung der Werkzeugachsen bei horizontaler Bearbeitung mit Kugelfräsern, vermeiden Markierungen an den Konturen durch Vorausberechnung der NC-Sätze bei Richtungswechsel und tangentialen Verfahren der Kontur beim Schlichten. Sie kalkulieren den Werkzeugwechsel nach Standzeitvorgaben und lassen Restflächen bei kleinen Konturen und großen Fräserradien berechnen. Die Programme sind so entwickelt, daß der Facharbeiter die Simulation durch 3D-Darstellung aus allen Perspektiven verfolgen kann, Kollisionsprüfungen mit Spannmittel und Werkzeugen werden dargestellt und mit Warnungen versehen. Analysefunktionen ermöglichen die Berechnung der Bearbeitungszeit, des Zerspanungsvolumens und der theoretischen Oberflächengüte am gesamten Konturverlauf, sie veranschlagen den theoretischen Spanquerschnitt und korrigieren das Überschreiten maximal zulässiger Grenzwerte (vgl. Fritsche 1997; S. 20 ff.).

Neue Herausforderungen in der Ausbildung ergeben sich durch die zwingende CAD-CAM Kopplung und die notwendige Bedienung der Software, so daß Prozeßsicherheit am Computer erreicht wird. Programmmodule helfen, die Prozeßsicherheit zu erreichen. Unabdingbar sind dabei aber die Kenntnisse um die Funktionszusammenhänge der Softwaremodule und der Technologie (vgl. Vollmer u.a. 1998, S. 129 ff.).

Geometrien können nur noch über CAD-Programme erstellt werden und werden entsprechend von CAM-Programmen übernommen. Einfluß auf den Prozeß hat der Facharbeiter beim Filtern unwichtiger Daten, beim Prüfen der Übersetzung mit Dienstprogrammen und beim Unterstützen der Werkzeugwahl und der Manipulation von Teilgeometrien, z.B. bei der Bearbeitung von Trennflächen an Gießwerkzeugen durch Trimmen. Vor der Komplettbearbeitung von Formen und Gesenken ist die Frässtrategie für das Schruppen, Vorschlichten und Schlichten festzulegen. Das Eintauchen und Ausräumen in Nester ist von vielen Parametern abhängig und daher näher zu bestimmen. Sind in der Kontur kleine Radien, die mit den Werkzeugen nicht zu erzeugen sind, muß entschieden werden, wie die Kontur erzeugt werden soll, welche Bearbeitungsverfahren zur Nacharbeit zur Anwendung kommen könnten und welche Teilflächen bereits durch das Schlichten die endgültige Form und Oberflächengüte erhalten sollen.

Die Bearbeitung mit Hochgeschwindigkeitsfräsen bleibt Teil eines Produktionsprozesses, bei dem die Vorteile partiell oder umfassend nutzbar sind. Die Vorteile sind entscheidend von der Qualifikation der Bediener abhängig und erstrecken sich von der Planung der Produktion bis zum letzten Span, wobei eine eventuelle manuelle Nacharbeit erspart bleibt.

Die Arbeitsorganisation ist gekennzeichnet durch eine lange Vorbereitungszeit, bis eine ausreichende Prozeßsicherheit erlangt ist und einem relativ langen Fertigungsprozeß, der nicht pausenlos vom Facharbeiter kontrolliert werden muß. Die Arbeitsvorbereitung hat nur teilweise an der Fräsmaschine zu erfolgen.

Bedeutung der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung in der Aus- und Weiterbildung

Die HSC-Fertigung wird die konventionelle Zerspanung nicht ersetzen, sondern nur ergänzen. Im Bereich des Werkzeug- und Formenbaus konkurriert die HSC-Fertigung insbesondere mit dem Erodieren; sie wird aber auch dieses Verfahren nicht vollständig ablösen. Die Technologie kann somit nur als ein Bestandteil von vielen eines Berufsbildes gesehen werden. Die Entwicklungstendenzen bei der Zerspanung zeigen, daß neben der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung noch andere Technologien zum Zug kommen und Qualifikationsbedürfnisse nach sich ziehen (vgl. SPUR 1997). Stellvertretend sei hier die Hart-, die Komplett-, die Hybridbearbeitung sowie die Substitution der Fertigungsverfahren genannt werden. Die Frage nach der Qualifikationen wird sich für diese Bereiche ebenso stellen wie für die HSC-Fertigung.

Zur Entwicklung der Qualifikation sind drei Ausbildungswege denkbar:

1. Ein eigenes Berufsbild – der „HSC-Zerspaner“.
2. Ergänzung und Anpassung der NC-Ausbildung innerhalb der Erstausbildung zum Zerspaner oder Werkzeugbauer/Werkzeugmechaniker.
3. Anpassungsfortbildung oder Weiterbildung zum HSC-Fachmann

Um der Frage detaillierter nachgehen zu können, sind in der Tabelle die Qualifikationen für einen HSC-Arbeitsplatz genannt. Die Bewertung der Qualifikationsstruktur erfolgt auf der Basis der Berufsbilder für Zerspaner und Werkzeugmechaniker.

Zerspanungsprozeß		Steuerung		Arbeitsorganisation	
Veränderung	Bewert.	Veränderung	Bewert.	Veränderung	Bewert.
Spanbildung, Spanform	*	CAD-CAM Kopplung	**	Concurrent engineering Einbindung in den Produktionsprozeß	***
Werkzeuge Schneidstoffe und Beschichtungen Werkzeugspannmittel	*	Prozeßsicherheit Prozeßkontrolle: Spantiefe	*	Umgang mit Software als Arbeits- und Kommunikationsmittel	**
Sicherheitsvorkehrungen	*	Kollisionsprüfung Grenzwertprüfung	*		
Frässtrategie Umrißfräsen im Gleichlauf Wirkgeschwindigkeit und -kräfte	*	Spline-Interpolation	*		
Erkenntnisse über Werkstoffe, die bisher nicht mit geometrisch bestimmter Schneide zerspannt wurden	*	CAD-Datensatzerstellung oder -aufbereitung Freiformflächen	**		
Spannmittel für Werkstücke	*	Programmierung von Konturneigungswinkel und Konturverlauf	**		
Kühlung – Minimalmengenschmierung	*	Ausräumstrategie in Abhängigkeit vom Werkzeug und den geforderten Konturen	**		
Maschinenkonstruktionsmerkmale	*				

* Geringe Ergänzung oder schnell erlernbare Qualifikationen zu bestehenden Berufsbildern

** Umfangreiche Ergänzung zu bestehenden Berufsbildern

*** Qualifikationsanpassung nur durch Umlernen oder dem bisherigen Berufsbild fremde Inhalte

Bei der Bewertung der möglichen Ausbildungswege ist die Entwicklung eines eigenständigen Berufsbildes abzulehnen, weil eine neue Technologie nicht mit einem neuen Beruf beantwortet werden soll, zumal in bisherigen Ausbildungsprofilen auf einige der Arbeitsaufgaben bereits vorbereitet wird.

In der Erstausbildung ist die HSC-Technologie dann zu thematisieren, wenn die regionale Bedeutung es erfordert. Ansonsten ist die Qualifikationsanpassung im Rahmen der Fort- und Weiterbildung durchzuführen.

Nach bisherigen Erkenntnissen (vgl. Vollmer u.a. 1998) wird von den Maschinenbedienern ein Qualifizierungsbedarf auf dem Gebiet der Werkzeuge, der Bearbeitungsstrategien, der Programmierung, der Gefahrenstoffe und der Arbeitssicherheit genannt. Das große Interesse an Werkzeugen und Bearbeitungsstrategie zeigt, daß die bisherigen Vorbereitungen der Maschinen- und Werkzeughersteller nicht ausreichen. Sie konzentrieren sich durchweg auf schriftliche oder multimediale Unterstützungsmaßnahmen oder kurze Anpassungsschulungen. Der Innovationszeitraum ist aber sehr kurz, so daß der Qualifikationsbedarf in erster Linie durch Schulungen und Informationen am Arbeitsplatz zu decken ist. Informationen über Gefahrenstoffe und die HSC-spezifische Arbeitssicherheit gehören in den Bereich einer Einführungsschulung und ist in jeder Erstausbildung zu vermitteln.

Mögliche Ausstattungskonzeption

Die alleinige Anschaffung einer HSC-Maschine ist sinnlos. Zunächst muß klar sein, für welche Qualifizierungsmaßnahmen die Anlagen eingesetzt werden sollen. Sodann ist den veränderten Steuerungen und Maschinen und deren Einbindung in die betriebliche Arbeitsorganisation durch entsprechende Ausstattungskonzeptionen Rechnung zu tragen. Die Labor- und Werkstattseinrichtungen sollen zudem so ausgelegt sein, daß arbeitsprozeßnahe Projekte möglich sind. Sie haben den Lehrer bei der Planung und die Schüler bei der Lösung arbeitsorientierter Lern- und Arbeitsaufgaben zu unterstützen.

Der oft nicht erfüllbare Anspruch auf eine vollständige, den Bereich der Facharbeit einschließende Ausstattung, die hohen Investitionskosten und die schnelle Innovation der Technologie bedingen ein Konzept, welches exemplarisch ausgerichtet ist. Die exemplarische Orientierung hat dennoch Lern- und Arbeitsaufgaben bereitzustellen, die mit der Praxis verbunden sind und diese auf möglichst breiter Basis repräsentieren.

Die vorgestellte Ausstattung ist im Rahmen der Metall- und Kunststoffbearbeitung für Prototypen, Muster, Vorserienteile und anspruchsvolle Serienteile sowie für den Vorrichtungsbau in Forschung und Produktion geeignet.

Neben der Ausbildung von Facharbeitern kann die Einrichtung auch genutzt werden für:

- Dienstleitung im skizzierten Bereich,
- Ausbildung von Technikern und Ingenieuren im Bereich moderner Fertigung,
- Ausbildung von Berufspädagogen und Berufsschullehrern.

Von der Datenübernahme aus der Konstruktion über die Datenaufbereitung und die gesamte CNC-Bearbeitung, bis hin zur Ablieferung der elektronisch

gemessenen und dokumentierten Werkstücke sollte miteinander kooperiert werden.

In der Tabelle ist ein Ausstattungsplan skizziert, der die HSC-Technik in einem Anwendungsbereich integriert. Einige dieser Maschinen sind oft schon vorhanden, so daß sich der materielle Aufwand reduziert.

Mit geringen finanziellen Mitteln ist es aber schon jetzt möglich, die Ausstattung an berufsbildenden Schulen so zu ergänzen, daß sich die Prozeßsicherheit und die Einbindung der Fertigungstechnik in den gesamten Produktionsablauf thematisieren ließe. Eine Aufgabe könnte beispielsweise lauten: Ein Drehteil soll an der CNC-Drehmaschine erstellt werden, ohne daß ein Testlauf stattfindet. Die zentrale Frage sollte dabei sein, von welchen Parametern die Fertigung abhängig ist und wie diese dokumentiert werden können.

Ein weiterer Punkt wäre die Einbindung von Datenbanken, um die Planungs- und Produktionsschritte des „Concurrent Engineerings“ zu erfassen.

Die Beispiele zeigen, daß auch mit geringen finanziellen Mitteln der Weg zu einer für eine zukunftsorientierten Ausbildung an modernen Fertigungsanlagen eingeschlagen werden kann.

Maschine/Anlage	Aufgabe	Kosten, inkl. Nebenkosten und ggf. Werkzeug
Kernbereich Maschinen: HSC-Maschine ca. 60000 1/min Bearbeitungszentrum vertikal ca. 12000 1/min, Drehmaschine mit Dialog geführter CNC-Steuerung (z.B. Keller oder Mazatrol), jeweils: Spannmittel Werkstück, Werkzeuge, Spann- mittel Werkzeug (Schrumpffutter oder Hydrodehnspannfutter), Kühlung, Bandsägeautomat oder gleichwertige Säge zum Zuschneiden der Materialien Flachsleifmaschine	Maschine zur Komplett- bearbeitung von Formen Materialvorbereitung Materialvorbereitung	1.200.000,00 DM
CAD – CAM – Kopplung: Hardware CAD-Programm CAM-Programm	Mind. 6 Arbeitsplätze für: Arbeitsvorbereitung, Programmierung, Produktionsdaten- bearbeitung, etc.	140.000,00 DM
Meßtechnik und Qualitäts- sicherung (Ergänzung zur Standardausstattung): 3D-Meßmaschine (taktil und visuell) Oberflächenmessung	Benötigte Meßtechnik für Freiformflächen, Qualitätssicherung	600.000,00 DM

Literatur

- BOETZ, V.: Kompakt, praktisch, gut – HSC-Bearbeitung von Stahl und Grauguß. In: *Fertigung*, Heft 4/April 1997, S. 20 f.
- FETTE (HRSG.): HSC line – Hochgeschwindigkeitsfräsen. Nr. 1532, Schwarzenbeck 1998.
- FRITSCHKE, K.: HSC-Fräsen im Formenbau: Rationalisierung durch Komplettbearbeitung auf Bearbeitungszentren. Landsberg/Lech 1997.
- GEBERT, K./RONDÉ, U.: Motorspindeln. In: Schulz, H. (HRSG.): *Hochgeschwindigkeitsbearbeitung*. München 1996.
- SCHULZ, H. (HRSG.): *Hochgeschwindigkeitsbearbeitung*. München 1996.
- SPÖTTL, G.: Paradigmenwechsel durch innovative Fertigungsprozesse – Die Relevanz der berufswissenschaftlichen Forschung und Lehre für ein Curriculum zu dieser Thematik. In: PAHL, J.-P./RAUNER, F. (HRSG.): *Betrifft: Berufsfeldwissenschaften – Beiträge zur Forschung und Lehre in den gewerblich-technischen Fachrichtungen*. Bremen 1998, S. 83-95.
- SPUR, G.: Wettbewerbsdruck setzt Kreativität frei – Entwicklungstendenzen beim Zerspanen. In: *Fertigung*, Heft 11/November 1997, S. 68 ff.
- THOMAS, D.: Bis an die Grenzen des Machbaren – HSC-Fräswerkzeuge für den Formen- und Gesenkbau. *Werkzeuge*, Heft 6/Juni 1997, S. 37-38.
- VOLLMER, T./SCHAENCKENBACH, T./RAITH, A. (HRSG.): *HSC – Werkzeuge in der Praxis: Erfahrungen aus Anwenderbetrieben*. Kassel 1998.

Hans Joachim Lützwow

Schüler ohne Chance?

Bericht über eine Maßnahme zur Berufsvorbereitung

„Ich kann's, ich kann's – ich hab's begriffen!“ Diese beinahe eruptiv ausgestoßenen Wörter wiederholt Karl immer wieder, während er tänzelnd den Raum verläßt. Was war geschehen? Eine kleine harmlose Aufgabe, das Volumen eines Körpers, der als Holzmodell vorlag (Abb.1), sollte berechnet werden. Als Hilfsmittel standen ein Meßschieber und, nicht bei allen, ein Taschenrechner zur Verfügung. Nichts Ungewöhnliches also und dennoch dieser Freudenausbruch. Das ist, würde Fontane jetzt wohl sagen, ein weites Feld, über das es zu reflektieren lohnt.

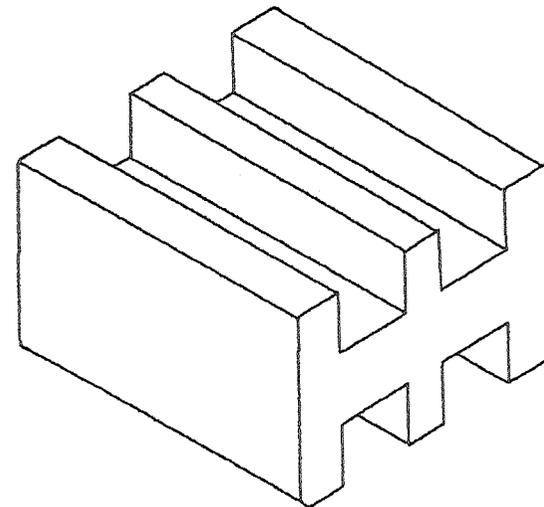


Abb. 1 : Struktur eines Körpers für die Volumenbearbeitung

Warum schreibe ich diesen Bericht?

- Insbesondere, weil es sich um eine Unterrichtsstunde in einer Berufsvorbereitungsklasse handelt, die der Schule quasi „aufgedrückt“ wurde,
- weil den Lernenden, soweit ich das wahrnehmen konnte, und mir der Unterricht Spaß gemacht hat,
- weil meine Kollegen und ich, bezogen auf die allgemeine Situation in unserer Schule¹, Neuland betreten haben. Uns sind in Sachen unterrichtliches Handeln weder empirische Daten (Erfahrungen, soweit die nützlich sein könnten), noch „Rezepte“ bekannt; allenfalls besitzen wir vage Vorstellungen. Zudem konnten die meisten Kollegen vorher nicht miteinander arbeiten,
- weil ich die Diskussion mit meinen Kollegen und mit den Lehrplanern, vielleicht auch mit den Schulgestaltern, anregen möchte,
- weil wir, um der Lernenden und der Gesellschaft willen, uns alle Mühe geben sollten, dem Auftrag – zu dem wir uns nicht gedrängt haben – gerecht zu werden.
- weil wir dadurch vielleicht einen kleinen Beitrag leisten können, die Lernenden gar nicht erst in diese Situation kommen zu lassen, indem wir beobachten, gemeinsam analysieren und dadurch vielleicht Hinweise für unsere Arbeit finden und uns und ihnen helfen,
- weil wir den Lernenden – oder wenigstens einem Teil von ihnen² – eine Perspektive öffnen möchten, die sie ohne diese Maßnahme möglicherweise nicht gesehen hätten.

Die Vorgaben

Wie sieht die zuständige Stelle die Lernenden?

In einem vorläufigen Arbeitspapier der Behörde mit dem Titel „Unterricht und Organisation im Berufsvorbereitungsjahr (BVJ)“, Stand 19.3.97, werden die Lernenden durchaus treffend charakterisiert. Es heißt dort u.a.: *„Diese Gruppe kennzeichnen Schwierigkeiten, die sie schon über viele Jahre begleiten. So sind z.B. die mündliche Ausdrucksfähigkeit, das Abstraktionsvermögen, Transferfähigkeit und Frustrationstoleranz gering bis gar nicht vorhanden... Unzureichende Vorkenntnisse im Lesen, Schreiben und Rechnen treten schon sehr lange auf. In der jüngsten Vergangenheit ist eher das zum Teil besondere Ausmaß der Defizite in diesem Bereich hervorzuheben.“*

Es ist schon erstaunlich, wie ein in „vielen Jahren“ entstandenes Defizit innerhalb eines Jahres (in Ausnahmefällen zwei Jahren) beseitigt werden soll. Zumal in dem Arbeitspapier der Behörde weiterhin ausgeführt wird: *„Sie sind leicht ablenkbar, unkonzentriert und vergeßlich; sie haben ein geringes Zeitgefühl.“*

Als Ursachen kommen, jedenfalls der Vorlage zufolge, „Sozialisationschäden“, verursacht durch familiäre Verhältnisse und Suchtfolgen in Frage (sic!). Ich will das hier nicht kommentieren, sondern nur so stehen lassen.

Welche Ansprüche sollen die Lernenden nach Meinung der Behörde erfüllen?

Die angestrebten Ziele werden aus den „Allgemeinen Lernzielen, Grundlagen für die Lehrplanarbeit in Hamburg (1976)“ entwickelt. Dort heißt es u.a.: *„Die Schule „vermittelt Kenntnisse und Fertigkeiten, entwickelt Fähigkeiten und Einstellungen, die die Schüler in die Lage versetzen sollen, sich selbständig zu orientieren, an Werte zu binden und entsprechend zu handeln; Leistungen zu erbringen und in einer sich verändernden Welt ständig zu lernen“.* Etwas moderner wird das in der Trias „Fachkompetenz, Humankompetenz und Sozialkompetenz“ zusammengefaßt. Ist das nicht ein zu überzogener Anspruch?

Wie sollen diese Ansprüche erfüllt werden?

Projekte gelten als eine Art Allheilmittel. Was darunter zu verstehen ist, bleibt abhängig von den Vorstellungen der jeweiligen Lehrerteams. Vorgegeben wird in dem Arbeitspapier: *„Das Lernen an und in Projekten soll ganzheitlich, fächerübergreifend, sinnlich, emotional, sozial und historisch angelegt sein. Es kann sowohl handlungs- als auch problemorientiert erfolgen und soll die gesellschaftlichen, schulisch-institutionellen und lerngruppenspezifischen Bedingungen berücksichtigen.“*

Der „Katalog der Qualifikationen und Dispositionen“ beschreibt sogleich einen Menschen, nach dem sich die ausbildenden Betriebe alle Finger lecken würden. Wie aber sieht es in der rauen Wirklichkeit aus?

Wie sieht die praktische Umsetzung aus?

Die „Staatliche Schule für Ernährung und Hauswirtschaft Niendorf“ hat ihre ersten Erfahrungen in einem Schreiben vom 13.1.97 zusammengefaßt. Ohne die einzelnen Punkte hier näher zu würdigen, ist festzuhalten: Die Maßnahmen sind mit der heißen Nadel gestrickt. Wenn sie überhaupt greifen sollen, ist „vor Ort“ von den Kollegen Pionierarbeit zu leisten. Hier seien nur einige Punkte genannt:

Die Zahl der unterrichtenden Lehrer pro Klasse sollte so gering wie möglich sein. 13 Lehrer pro Klasse (nicht nur in der o.g. Schule) sind für das „Arbeiten mit Projekten“ (AmP) zuviel, weil die notwendige Kommunikation nicht mehr gewährleistet ist. Dies gilt um so mehr, wenn man bedenkt, daß viele Kollegen inzwischen mit beträchtlichen Stundenkontingenten an anderen Schulen tätig sind.

- Das Lehrerteam sollte „zusammenpassen“. Nachdem es sich zusammengerauft hat, sollte es über einen längeren Zeitraum miteinander arbeiten können.

- Die Klassenfrequenz sollte sich nicht an den üblichen Zahlen orientieren – eine Forderung in dem zitierten Papier, die sich teilweise nur unter großem Nachdruck realisieren ließ).
- Die Organisation des Unterrichtes nach den üblichen Verfahren der Stundenplangestaltung widerspricht den Intentionen des Amp und den Vorgaben der Behörde (wie z.B. ganzheitlicher, fächerübergreifender Unterricht).
- Die „angedachten“ Sozialarbeiter wären eine notwendige Ergänzung des Lehrerteams.

Die Lerngruppe

Lernende und Lehrer haben ihre Erfahrungen, die einen mit Lehrern und einem Schulalltag, den sie nicht positiv erlebt haben, die anderen mit Lernenden, die den angebotenen Unterricht relativ klaglos über sich ergehen ließen. Der Unterschied ist, daß die Lernenden auf die üblichen Disziplinierungsrituale nicht mehr oder doch nur sehr eingeschränkt reagieren, weil sie, wie sie meinen, genau wissen, daß sie letztlich nichts zu verlieren haben. Wie also ist der Unterricht aufgenommen worden?

Erfahrungen

Gemischte Gefühle auf beiden Seiten. Was macht man in so einer Klasse? Fangen wir z.B. mit der Kreisberechnung an, die braucht man immer. Der Unterhaltungswert erschöpfte sich schnell. Zwischendurch, so dachten die Schüler vermutlich, kann man ja schon einmal testen, wie man den Nachbarn reizen kann. Folge: Unterbrechung der sehr wichtigen Kreisberechnung – es muß erst einmal wieder Ruhe hergestellt werden. Die Störungen und die Gereiztheit des Lehrers nehmen zu.

Dabei schälen sich auf der Seite der Lernenden zwei Reaktionsmuster heraus:

- „Der war's! ⇒“
- „Halt's Maul!“

Da es sich um typische Äußerungen handelt, sollen sie im folgenden kurz beleuchtet werden.

Der war's ⇒

Sobald es eine Störung gibt, beginnt die Suche nach dem Verursacher. Ein Spiel, das von Schülern – und nicht nur von ihnen – gut beherrscht wird. Man fahndet nach dem „Schwarzen Peter“, dem „Sündenbock“. Schuldzuweisungen fliegen durch den Raum. Der war's! ⇒ Der war's! ⇒.

Der Hintergrund einer solchen Handlungsweise liegt im Vermeiden der Übernahme von Verantwortung. Denn was einem nicht nachgewiesen werden

kann, das hat man auch nicht getan. Deshalb muß man auch nicht über seine Handlungsweise nachdenken. Die möglichen Folgen für einen unschuldigen anderen, werden dabei billigend in Kauf genommen. Das ist doch seine Sache! Die Reflexion des eigenen Handelns ist aber wiederum eine Grundlage handlungsorientierten Lernens.

Halt's Maul!

Dieser Ausruf gleicht dem Knurren eines Hundes, der sein Revier verteidigt. Er wird benutzt, wenn sich auch nur andeutet, daß jemand etwas von ihm will. Der beanspruchte Raum soll frei von „Störungen“ gehalten werden, die möglicherweise die eigene, nicht reflektierte Position, sichtbar machen könnte. Auf diese Weise vermeidet man, sich mit den Ansichten und der Kritik der Mitschüler auseinanderzusetzen.

Es zeigt sich, wie schwer es ist, etwa Kommunikationsfähigkeit und/oder Kooperationsfähigkeit zu entwickeln. Es fehlt ganz einfach die Bereitschaft, sich mit den Mitschülern auf ein gemeinsames Ziel zu einigen.

Konsequenzen

Wir mußten den Teufelskreis durchbrechen. Aber wie?

Erster Schritt: Weg von der gewohnten Theorie. Neuer Ausgangspunkt sollte ein Thema sein, das die Theorie mit der Praxis in der Werkstatt verbindet:

Der Kreis kommt in der Tat sehr häufig vor; was kann man produzieren, das

1. den Kreis als Fläche und als Element eines Volumens beinhaltet?
2. grundlegende Metallbearbeitungen enthält?
3. in kurzer Zeit und damit wiederholt hergestellt werden kann?
4. nicht zu kostspielig ist?

Nach langen Überlegungen entschied man sich für einen Trinkbecher aus Blech.

Die Werkstattdlehrer waren zunächst nicht begeistert. Die Gründe für ihre Zurückhaltung erfuhren wir mehr zufällig:

- Die Kooperation des Lehrerteams war noch nicht sehr ausgeprägt.
- Die sonst übliche systematische Vorgehensweise nach „grundlegenden Lehrgängen“ (z.B. im Feilen, Schneiden, Löten, Falzen usw.) hatten nicht stattgefunden.
- Den Werkstattdlehrer selbst war unklar, wie der Becher aussehen sollte. Es gab keine Zeichnungen. Damit war ihr gewohnter Informationsvorsprung nicht mehr vorhanden.
- Wie sollte das Ergebnis „bewertet“ werden?

Ohne hier auf alle Einzelheiten dieses kleinen Projektes eingehen zu wollen, kann festgehalten werden:

- Die Lernenden waren mit großem Engagement dabei. Einige haben bis zu sechs Becher gefertigt, ehe sie mit dem Ergebnis zufrieden waren.

- Neben den praktischen Fertigkeiten ließen sich eine ganze Reihe theoretischer Themen behandeln, z.B. Volumenberechnung, Volumenmaße mit unterschiedlichen Einheiten, Vorstellen der eigenen Arbeit, technische Darstellung in einer Skizze und last but not least: Stärken des Vertrauens in die eigenen Möglichkeiten und erhöhen des Selbstwertgefühls.
- Es zeigte sich auch unterschiedliche Grade der Bereitschaft bei den Lernenden, die zum zweiten Schritt führten: die Bildung von zwei Gruppen.

Gruppe (a): Hier wurden diejenigen zusammengeführt, die ein erkennbares Bemühen um eine brauchbare Lösung und eine gewisse Ausdauer im Verfolgen des angestrebten Zieles zeigten.

Gruppe (b): Hier fanden sich diejenigen wieder, die die alten Gewohnheiten noch nicht ablegen konnten oder wollten.

Der Übergang von einer Gruppe zur anderen wurde offen gehalten. Ein Wechsel, besonders von (b) nach (a), war von der Zustimmung der Gruppe (a) abhängig. Ein diesbezüglicher Versuch wurde z.B. von der Gruppe (a) abgelehnt, weil die Schüler beim Antragstellenden erkannten, daß er nur „nervte“, ansonsten aber nicht bereit war, konstruktiv mitzuarbeiten.

Am Rande sei noch erwähnt, daß in der Gruppe (b) andere Prioritäten gesetzt wurden als in der Gruppe (a), ohne einen Übergang von (b) nach (a) unmöglich zu machen.

Die Unterrichtenden

Zuerst taten sich alle Unterrichtenden sehr schwer. Lehrer sind Einzelkämpfer. Sie haben im Laufe ihrer beruflichen Tätigkeit Erfahrungen auf *ihre* Art verarbeitet und daraus *ihre* ganz spezifische Arbeitsweise entwickelt. Hier ist alles anders: Es soll im Team gearbeitet werden, und die Schüler sind ganz anders. Glücklicherweise hat ein tatkräftiger Klassenlehrer unermüdlich zu wöchentlichen Koordinationssitzungen eingeladen. Ganz allmählich kam man sich näher – Verhaltensänderungen sind nicht nur bei Schülern mühsam und zeitaufwendig. Als Beispiel soll hier nur der „Projektunterricht“ angeführt werden. Jeder verstand etwas anderes darunter, weil er es eben so gelernt oder gelesen hatte. Mittlerweile sind wir uns einig, daß die Lernenden mit Projekten arbeiten sollten (nach Kath). Die weitgehend freie Hand, die man uns beim Gestalten der Maßnahme ließ, war sicherlich sehr hilfreich.

Nun aber zu der bewußten Unterrichtsstunde. Sie fand am 24. Januar 1997 statt.

Das Unterrichtsgeschehen

Gruppe (a)

Zweimal neunzig Minuten standen an diesem Vormittag zur Verfügung. Die Gruppe (a) sollte das Volumen eines Körpers berechnen. Der Körper bestand

aus dem in Abb. 1 dargestellten Holzklötz. Zusätzlich gehörten noch zwei durchgehende Bohrungen und ein Sackloch zu diesem Modell. Jeder Lernende erhielt einen solchen Klotz und einen Meßschieber.

Alle machten sich sofort an die Arbeit. Während dieser Phase überlegte ich mir, wie das Volumen durch *eine* Messung überprüft werden könnte. Mir schwebte die Ermittlung der verdrängten Wassermenge bei einem Tauchversuch vor. Während die Lernenden mit dem Rechnen beschäftigt waren, suchte ich *außerhalb* des Raumes nach geeigneten Utensilien.

Eine Aufsicht war nicht mehr nötig! Die Lernenden waren so motiviert, daß die man sie sich selbst überlassen konnte. Nach ca. 45 Minuten war Teddy (T) fertig. Sein Ergebnis: $212,5 \text{ cm}^3$. Folgendes kleine Gespräch entspann sich:

(T): „Ist das richtig?“

Lehrer (L): „Keine Ahnung, was meinst du, kann das angehen?“

(T): „Wie soll ich das wissen?“

(L): „Kennst du einen Körper dieses Volumens? Nein? Denk doch einmal an dein Frühstücksgetränk!“

(T): „Moment, ich sehe 'mal nach. Das sind 200 cm^3 .“

(L): „Ist der Körper, den du berechnet hast, so groß oder größer oder kleiner?“

(T): „Der ist kleiner. Aber ich habe richtig gerechnet!“

(L): „Warten wir mal ab, was die anderen herausbekommen.“

Nach 10 Minuten verkündete Karl $115,3 \text{ cm}^3$. Es folgten weitere Ergebnisse mit unterschiedlichen Daten.

(L): „Wie können wir das Ergebnis überprüfen?“³

Schülervorschlag (S): „Wiegen und durch das spezifische Gewicht teilen.“

(L): „Kennt einer von euch das spezifische Gewicht dieses Materials?“

(S): „Keine Ahnung.“⁴

(S): „In Wasser eintauchen und die Wassermenge messen.“

(L): „Das sollten wir versuchen.“

Mit einer etwas abenteuerlichen Meßeinrichtung, bestehend aus dem Wassereimer der Putzfrau, einer Dose und einem Meßglas haben wir den Versuch durchgeführt. Diese Meßanordnung sollte zeigen, wie man mit „greifbaren“ Utensilien mit einer akzeptablen Toleranz (dieser Begriff wurde bei der Gelegenheit eingeführt) zu brauchbaren Ergebnissen kommen kann. An der Skala des Meßbechers wurden 112 cm^3 abgelesen⁵.

Teddy: „Aber wo habe ich denn einen Fehler gemacht?“

Karl: „Laß mal sehen.“

Die anderen sahen Karl, der seine Rolle sichtlich genoß, über die Schulter und verglichen ihre Lösungen. Der Fehler war schnell gefunden.

Zur Abrundung der Aufgabe wurde noch einmal *ein* Lösungsgang an der Tafel vorgeführt, wobei man betonte, daß es „viele Wege gibt, die nach Rom führen“.

Nach der Pause sollte das neue Können an einem anderen Modell getestet werden (Abb.2).

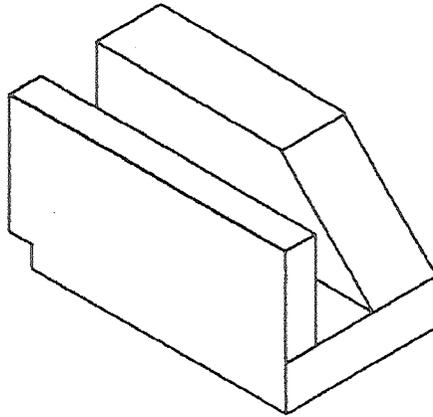


Abb. 2: Ein weiterer Körper für die selbständige Berechnung des Volumens.

Als Anreiz für schnelleres Arbeiten versprach ich: „Wenn ihr mit der Aufgabe fertig seid, könnt ihr für heute Feierabend machen.“

Nach 15 Minuten war Karl (K) fertig: „Dann Tschüs bis morgen!“

(L): „Halt, halt“, ich hatte gesagt, „wenn ihr fertig seid!“

(K): „Darf ich den anderen helfen?“

(L): „Selbstverständlich!“

Nach einer halben Stunde waren alle fertig und, soweit man das äußerlich erkennen konnte, irgendwie zufrieden. Karl zeigte das nahezu ausgelassen (s. Beginn).

Gruppe (b)

Zwei Wochen später sollte die Gruppe im Rahmen einer Politikstunde schriftlich darlegen,

- was ihnen bis dahin an der Maßnahme gefallen hatte,
- was sie vermißt haben bzw. was sie gerne anders machen möchten,
- was in den verbleibenden Monaten noch getan werden sollte.

(S): „Was meinen sie damit?“ „Ich weiß nicht was ich schreiben soll.“ „Können wir gehen, wenn wir fertig sind?“

„Ihr habt jetzt eine Stunde Zeit. Schreibt einfach auf, was euch gerade so einfällt.“

Ich habe dann den Raum für kurze Zeit verlassen. Als ich wieder kam, konnte ich schon vor der Tür fröhliches Geschnatter hören. Wieder in der Klasse, wurde „angestrengt gearbeitet“, einige schrieben ihre Ausführungen sogar noch einmal „ins Reine“. Das Ergebnis war wenig substantiell. Die Teilnehmer hatten offenbar keine Beziehung zum Unterrichtsgeschehen aufbauen können.

Ein Soll-Ist-Vergleich

Die Lernenden wurden in ihrer bisherigen Schullaufbahn eher als „Störfaktoren“ empfunden und behandelt. Vorweg deshalb die nach meiner Auffassung wichtigste Beobachtung:

Die Schüler können mehr, als ihnen zugetraut wird und als sie sich selbst zutrauen.

Mangelnde Konzentrationsfähigkeit, Antriebsschwäche und was sonst noch in dem Behördenpapier formuliert worden war, muß wohl etwas mit dem Prinzip der Selektion zu tun haben, wie es üblicherweise den Beurteilungen zugrunde gelegt wird (Glockenkurve). Selektion dient mehr der Aussonderung, denn der Hilfe bzw. Förderung. Die „Schuld am Versagen“ wird aber allein den Lernenden angelastet.

Am Beginn der Maßnahme reichte die Kraft der Lernenden, sich wenigstens ruhig zu verhalten, gerade einmal 15-20 Minuten. Von da an mußten sie zur Toilette, etwas essen oder trinken, die Luft war nicht auszuhalten usw. – die harmlosen Unterbrechungen. Nach einer gewissen Eingewöhnungszeit kamen Arztbesuche, Kopfschmerzen und andere Ausreden hinzu, um dem Unterricht fernzubleiben. Im Laufe der Zeit bildeten sich Gruppen, die sich nach Kräften „beharkten“. Die Unpünktlichkeit nahm zu.

Nach der Gruppenteilung und den konkreten, verbundenen Themen änderte sich die Situation: In der Gruppe (a) steigerte sich die Ausdauer ständig, mit der an einer Aufgabe gearbeitet wurde. Die Schüler brachten eigene Themenvorschläge ein, die im Unterricht besprochen wurden. Ihr Selbstwertgefühl entwickelte sich ganz allmählich und damit auch ihre Arbeitshaltung. Rückmeldungen aus den Praktikumsbetrieben wiesen allerdings darauf hin, daß auch Angehörige der Gruppe (b) durchaus Verhaltensweisen am Arbeitsplatz zeigten. Hieraus kann geschlossen werden, daß eine Gruppe so lange verkleinert werden sollte, bis die Schüler übrigbleiben, denen mit den Mitteln, die uns zur Verfügung stehen, nicht mehr geholfen werden kann. Sozialarbeiter/-pädagogen würden dann die Betreuung professioneller durchführen können, wären also eine Bereicherung für die gesamte Maßnahme. Zusammenfassend ist festzuhalten, daß nicht die schulischen Inhalte als Grundlage für das Erreichen eines Hauptschulabschlusses gesehen und in den Vordergrund geschoben werden sollten, sondern die Entwicklung der

Persönlichkeit des Lernenden. Dazu gehört in erster Linie der Aufbau von Verhaltensweisen, die Lernerfolge erst möglich machen. Eine Bezugsperson oder vielleicht auch ein überschaubares Team, das nicht ständig wechselt, sondern über einen überschaubaren Zeitraum mit den Lernenden an einem Thema arbeitet, wäre dabei hilfreich.

Anmerkungen

- 1 Wir unterrichten an einer Schule für Elektrotechnik. Die Schüler sind in der Regel schon durch die einstellenden Betriebe auf ihre Eignung für Berufe mit hohem theoretischen Anspruch ausgewählt.
- 2 Damit sei die Gesamtheit der Lernenden und der Lehrergemeinschaft gemeint.
- 3 Ich hatte zwar eine Möglichkeit vorbereitet, wußte aber nicht, ob sie brauchbare Ergebnisse liefern würde.
- 4 Ich wußte es auch nicht, insofern waren wir in der gleichen Situation.
- 5 Es hätte auch eine Getränkeflasche genommen werden können, um bei der Gelegenheit zu erfahren, wann möglichst exakt gearbeitet werden sollte und wann eine begründete Schätzung ausreichend ist.

Literatur

- BEHÖRDE FÜR SCHULE, JUGEND UND BERUFSBILDUNG: Allgemeine Lernziele. Hamburg 1976
- BEHÖRDE FÜR SCHULE, JUGEND UND BERUFSBILDUNG: Unterricht und Organisation im Berufsvorbereitungsjahr (BVJ). Stand: 19. März 1997. Hamburg (= vorläufiges Arbeitspapier)

Herbert Tilch/Wolfgang Biel (Hrsg.):

Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Bildung.

Grundlagen und Erfahrungen mit einem schulischen Lernzentrum

Bremen 1998 (=Donat), 348 Seiten, 45,00 DM

„Lernen in der beruflichen Bildung – Entwicklungsfeld für neue Formen der Lernorganisation“ lautet das anspruchsvolle Einleitungskapitel, in welchem weiter ausgeführt wird, daß alle an der beruflichen Bildung Beteiligten herausgefordert sind, Lernkonzepte und Lernprozesse neu zu gestalten. Die Entwicklungsfelder für neue Formen der Lernorganisation werden im ersten Kapitel dargelegt durch Aufzeigen eines didaktischen Handlungsfeldes, das auf die Lernsteuerung, die Dimensionen der Arbeit, die Integration von Lernzieldimensionen und ganzheitliches Lernen zielt. Bei der Diskussion verschiedener lernorganisatorischer Profile (Leittextmethode, projektbezogenes Lernen, dezentrales Lernen u.a.) erfolgt eine klare Positionierung des Lernens im Lernzentrum mit Lernsoftware: „Es trägt einen deutlichen Akzent in der Verknüpfung von Selbststeuerung und einem ganzheitlichen Lernen“ (S. 17). Das Lernzentrum und dessen Einführung an einer berufsbildenden Schule ist Gegenstand der weiteren inhaltlichen Auseinandersetzung.

Das Buch teilt sich in drei Bereiche auf:

- Erfahrungsberichte von Lehrern mit und im Lernzentrum,
- selbstgesteuertes Lernen und die Beurteilung ausgewählter Software und deren Anwendung im Lernzentrum,
- studentische Arbeiten zur Theorie und Praxis des Lernzentrums.

Im ersten Teil kommen drei Lehrer verschiedener Fachbereiche zu Wort (Fahrzeugtechnik, Wirtschaft & Politik und Metalltechnik). Sie beschreiben die Art und Weise, wie Schüler und sie als Lehrer mit dem Lernzentrum „umgehen“. In den Erfahrungsberichten der Lehrenden wird einhellig von anfänglichen organisatorischen Schwierigkeiten im Umgang mit dem Lernzentrum berichtet. Zwei weitere entscheidende Punkte in den Ausführungen der Lehrer sind die Schwierigkeiten der Schüler beim Erschließen der Medien (Benutzung eines Rechners, Vielzahl der Medien) und der Umgang mit den Freiheiten des selbstgesteuerten Lernens.

Der zweite Teil des Buches behandelt zunächst die Grundzüge des selbstgesteuerten Lernens. Hier wird auf das sich wandelnde Lehr- und Lernverhalten in Schule und Beruf und auf die diesbezügliche Bedeutung und Einsatzmöglichkeit des Lernzentrums eingegangen. Aufgezeigt wird das am Beispiel verschiedener Softwareprogramme wie

- Form- und Lagertoleranzen des Herstellers a.i.m.,
- interaktives Informationssystem „Lektor CNC“ der Firma TIM.

Im dritten Teil des Buches werden die Entstehung des Lernzentrums, Möglichkeiten ganzheitlichen Lernens im Lernzentrum und die sich abzeichnenden Grenzen diskutiert. Weiter geht es um den Einsatz von Software, die nicht als Lernsoftware konzipiert ist, aber bei richtiger Vorbereitung der Schüler sehr wohl zur Unterstützung des selbstgesteuerten Lernens eingesetzt werden kann. Dieser Teil des Buches wird weitgehend von Studenten bestritten, die sich am Aufbau des Lernzentrums beteiligten. Das vorliegende Buch bietet aufgrund des sich wandelnden Lehr- und Lernverhaltens von Lehrern und Schülern einen guten Einblick in die Frage, ob, und wenn ja, wie künftig Unterricht durch ein Lernzentrum und Einsatz von Software unterstützt werden kann. Wenn auch in den Berichten zum Teil der Eindruck entsteht, im Lernzentrum ginge es nur um die Nutzung von Computern und Lernsoftware, handelt es sich jedoch bei der Einrichtung an sich um einen Lernort, in dem noch andere Medien zur Anwendung kommen, wie z.B. Fachbücher, Fachzeitschriften, Videos usw. Die Ausführungen in der mehr berichtsartig konzipierten Schrift sind sicherlich für Lehrkräfte, an deren Schule ein ähnliches Zentrum eingerichtet werden soll, eine erste gute Informationsquelle, um Erfahrungen und Eindrücke Betroffener zu gewinnen. Es ist eines der wenigen Bücher, das sich mit Lernsoftware und Multimedia-Programmen und deren Anwendung in Berufsschulen beschäftigt. Einzig die Ausführungen zur Softwarebeurteilung müssen kritisch gesehen werden; sie belegen, wie schwer es ist, Qualität von Software nach didaktischen Ansprüchen zu beurteilen.

Bert Kierek

Josef Moos (Hrsg.):

Fachkenntnisse Metallbauer- und Konstruktionsmechaniker-Technologie

Hamburg 1998 (=Handwerk und Technik), 361 Seiten, mehrfarb. Abbildungen und zahlreiche Übungen und Beispiele, 2. Auflage, ISBN 3-582-3191-8, 64,00 DM

Das neu erstellte Werk „Fachkenntnisse Metallbauer- und Konstruktionsmechaniker-Technologie“ wendet sich an Metallbauer und Metallbauerinnen im Handwerk und Konstruktionsmechaniker und Konstruktionsmechanikerinnen in der Industrie im zweiten bis vierten Ausbildungsjahr. Darüber hinaus eignet sich das Lehrbuch in weiten Bereichen auch für verwandte Berufe, wie z.B. Schmelzschweißer, sowie für die Fortbildung zum Meister. Es baut auf die im gleichen Verlag erschienenen Bücher „Grundkenntnisse Metall“ bzw. „Metallhandwerkliche Grundkenntnisse“ auf und erweitert und vertieft die Inhalte einer berufsfeldbreiten Grundbildung. Die Neuordnung der Metallberufe, deren Ziele in den KMK-Richtlinien und den Lehrplänen der einzelnen Bundesländer niedergelegt sind, bestimmt die Inhalte dieses Buches. Behandelt werden in methodisch sinnvoller Reihenfolge und enger Anlehnung an die Tätigkeiten der Zielgruppen:

- spezielle Werkstoffe, Füge- und Trennverfahren, Fertigungstechniken,
- physikalisch-chemische Sachverhalte wie Korrosion, Wärme- und Schallschutz,
- anwendungsorientierte Steuerungs- und NC-Technik,
- besondere Arbeitsgebiete wie z.B. Tore, Fenster, Treppen, Geländer, Stahlhallenbau.

Die Tätigkeiten der Metallbauer und Konstruktionsmechaniker sind breit gestreut, deshalb können die Arbeitsgebiete nur eine Auswahl darstellen. Historisch wertvolle und die Berufsgruppe prägende Arbeitstechniken wie z.B. das Schmieden sind umfassender als üblich dargestellt, da sie Gefahr laufen, vergessen zu werden.

Alle Beispiele sind der Lebens- und Arbeitswirklichkeit der Auszubildenden entnommen und, wo es möglich war, durch Photos oder Skizzen dokumentiert. So ist sichergestellt, daß erworbene Kenntnisse eine Bedeutung für die praktische Arbeit haben, daß berufliche Sachverhalte in vielfältigen Zusammenhängen und Wirkungen erschlossen werden und daß durch die enge Verzahnung von Theorie und Praxis die Motivation der Auszubildenden erhalten bleibt. An Fertigungsaufgaben und konkreten Projekten sollen Arbeiten selbständig geplant, Entscheidungszusammenhänge aufgezeigt und Alternativen erarbeitet werden. So werden nicht nur Wissen und Können ge-

fördert, sondern auch die Handlungs- und Methodenkompetenz, sowie die Problemlösungs- und Entscheidungsfähigkeit geschult und der Einzelne befähigt, sich auf den sozialen und technischen Wandel einzustellen und neue Anforderungen im beruflichen Bereich zu meistern.

An geeigneter Stelle werden Sachverhalte auch mathematisch erschlossen und erleichtern so die Querbezüge zur Technischen Mathematik. Inhalte des Technischen Zeichnens und der Arbeitsplanung werden laufend in den Arbeitsaufgaben behandelt und fortentwickelt. Zur Vertiefung schließen Übungsaufgaben jedes Kapitels ab, die die Anwendung des Gelernten erfordern und eine Lernerfolgskontrolle erlauben. Jedes Lerngebiet ist in sich abgeschlossen, die Reihenfolge kann deshalb variiert werden. So wird zum einen den Lehrplänen der einzelnen Bundesländer Rechnung getragen, zum anderen bleibt die pädagogische Freiheit der Auswahl in der Kompetenz der einzelnen Lehrer/innen.

Neu aufgenommen wurden u.a.: Fertigungsprozesse, Vorschriften und Merkmale der Schiffbautechnik, Verdingungsordnung für Bauleistungen.

Sven Mohr

Herbert Schulz:

Hochgeschwindigkeitsbearbeitung

München, Wien 1996 (= Carl Hanser), 286 Seiten, DM 86,00

Das Institut für Produktionstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität Darmstadt begann mit seinen Forschungen auf dem damals revolutionären Gebiet der Hochgeschwindigkeitszerspannung bereits 1979 und verfügt durch kontinuierliche Forschungstätigkeit heute über ein umfangreiches Grundlagen- und Anwendungswissen, das in dieser Breite nirgendwo sonst vorhanden ist. Noch 1981 haben „Expertenkreise“ dieser neuen Bearbeitungstechnologie keine Zukunft bescheinigt, da man nur davon ausging, daß dem möglichen höheren Zeitspannvolumen ein immens steigender Werkzeugverschleiß gegenüber stünde, der die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens in Frage stellen würde. Heute kann man aber behaupten, daß diese damals ablehnenden „Experten“ alle zu Nachahmern geworden sind und mittlerweile zu den heftigsten Verfechtern der Hochgeschwindigkeitstechnologie gehören! Entscheidend für den Erfolg der Forschungstätigkeit des PTW war, daß von Anfang an eine ganzheitliche Entwicklung von Prozeß und Maschinen betrieben wurde, sowie die Sicherheit der Prozesse und die Verkürzung der Prozeßketten permanent beachtet worden sind.

Als das PTW 1981 die Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Hochgeschwindigkeitstechnik verstärkte, wurden die Forschungsprogramme so angelegt, daß eine enge Verknüpfung des technologischen Prozesses mit der Entwicklung von Maschinen und deren Baugruppen stattfand. Das heißt, aus den Rück- und Wechselwirkungen zwischen Prozeß- und Baugruppenentwicklungen entstanden die ersten, speziell für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung einzusetzenden Maschinen. Prozeßentwicklung ist aber mehr als das Erlangen und Erweitern von Kenntnissen über die Zerspanungstechnologie. Zum Prozeß gehören auch alle peripheren Anknüpfungen. Deshalb wurde in die Betrachtungsweise sowohl die Entwicklung von Schneidstoffen und Werkzeugen als auch die Auseinandersetzung mit neuen Bearbeitungsstrategien und das Zusammenspiel mit CAD/CAM-Systemen einbezogen. Es ist also von Anfang an eine Forschungszielrichtung festgeschrieben worden, an deren erfolgreichem Ende nicht nur die vertiefte Kenntnis über diese neue HSC-Technologie stand, sondern auch einsatzfähige Maschinen und die dazu erforderlichen Werkzeuge vorhanden waren.

Die ganzheitliche Betrachtung brachte auch eine Reihe zusätzlicher Vorteile mit sich, die der HSC-Anwendung völlig neue Märkte eröffneten. Ging man ursprünglich davon aus, daß nur das Zeitspannvolumen erhöht werden

könne, haben die Untersuchungen des PTW zugleich gezeigt, daß sich mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit nicht nur die Zerspanungskräfte reduzieren lassen, sondern auch die Prozeßwärme komplett mit dem Span abgeführt wird, bessere Oberflächen erzeugt werden können und die Bearbeitung im schwingungsunkritischen Bereich erfolgen kann.

Aufgrund dieser Tatsachen ergeben sich heute breite Anwendungsmöglichkeiten für die HSC-Zerspanung. Hiervon sind insbesondere der Werkzeug- und Formenbau, die Luft- und Raumfahrttechnik, die Herstellung von kritischen wärmeverzugsempfindlichen und dünnwandigen Bauteilen sowie von Präzisionsteilen die Haupteinsatzgebiete.

Eine besondere Bedeutung gewinnt die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung dadurch, daß die Anforderungen an die Genauigkeit der Bauteile permanent steigen. Wenn auch die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung nicht unbedingt ein Verfahren für die Herstellung sogenannter ultrapräziser Bauteile ist, kann doch mit HSC sehr weit in den Bereich der Hochpräzisionszerspanung vorgestoßen werden. Ra-Werte von 0,2 mm und Rz-Werte bis zu 3 mm sind keine Seltenheit mehr.

Der Entwicklungsstand heutiger Hochgeschwindigkeitszerspanung mit deutlichem Prozeßbezug wird in dem Band übersichtlich und gut verständlich dargestellt. Er ist geeignet für eine fundierte, fachbezogene Einarbeitung in das Thema.

Georg Spöttl

Thomas Vollmer/Tanja Schaeckenbach/Alexander Raith

HSC-Werkzeugmaschinen in der betrieblichen Praxis. Erfahrungen aus Anwenderbetrieben.

Kassel 1998 (=ARGUS-Bd.2), 280 Seiten, 104 Abbild., ISBN 3-923697-16-3, 26,00 DM

Band 2 der Buchreihe des Forschungsverbundes ARGUS (Arbeits- und Gesundheitsschutz bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung) stellt die Ergebnisse arbeitswissenschaftlicher Fallstudien in HSC-Anwenderbetrieben – überwiegend in Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus – dar.

Die im ARGUS-Teilprojekt „Arbeitsgestaltung und Qualifizierung“ durchgeführte Untersuchung umfaßt die personellen, organisatorischen und technischen Aspekte des Einsatzes dieser neuen Technologie. Dabei wurden die Einsatzmöglichkeiten und die damit zusammenhängenden Veränderungen der Arbeitsbedingungen und Risiken für die Beschäftigten in der Fertigung erhoben. Das Buch gibt im ersten Teil einen Überblick über die arbeitswissenschaftlichen Grundlagen und die eingesetzten Forschungsmethoden der Untersuchung. Im zweiten Teil folgt eine ausführliche Darstellung der Untersuchungsergebnisse, die mit zahlreichen Grafiken, Fotos und Tabellen sehr anschaulich illustriert sind.

Es zeigt sich, daß es in den Betrieben, in denen die Beschäftigten frühzeitig bei der Einführung der HSC-Technologie beteiligt wurden, wenig Probleme gab. Bezüglich der Arbeitsorganisation gibt es keine technologischen Vorgaben. Vielmehr bestehen Gestaltungsspielräume, was sich z.B. in unterschiedlichen Programmierkonzepten der Untersuchungsbetriebe zeigt. So wird diese Tätigkeit sowohl von Programmierern in der zentralen Arbeitsvorbereitung als auch in Maschinennähe von den Facharbeitern ausgeführt, was bedingt, daß diese neue Programmierverfahren erlernen müssen. Die erheblich höheren Drehzahlen bringen im Störfall ein größeres Verletzungsrisiko mit sich. In der Praxis kommt es aus unterschiedlichen Gründen immer wieder zu Unfällen, die in den Untersuchungsbetrieben zwar zu Materialschäden, aber nicht zu Personenschäden geführt haben. Der Sicherheitsaspekt hat z.B. bei der Werkzeugmontage und -auswahl direkten Einfluß auf die Tätigkeit der Maschinenarbeiter. Es wird anschaulich gezeigt, welchen Einfluß die Maschinengestaltung auf ein beeinträchtigungsfreies Arbeitsverhalten hat.

Es kommen Betriebspraktiker zu Wort, die die Potentiale der HSC-Fertigung und organisatorischen Veränderungen durch den Einsatz dieser Technologie in ihren Unternehmen schildern. Facharbeiter äußern ihren erhöhten Informationsbedarf und ihr Interesse an zusätzlicher gezielter Qualifizierung für

die veränderten Tätigkeitsinhalte.

Das Buch verdeutlicht die Veränderungen, die mit der Einführung der HSC-Technologie gegenüber der herkömmlichen CNC-Fertigung verbunden sind. Die Ergebnisse der arbeitswissenschaftlichen Fallstudien sind für die berufliche Aus- und Weiterbildung insbesondere im Hinblick auf eine Befähigung zur (Mit-)Gestaltung von Arbeit und Technik interessant. Die Beteiligung der Betroffenen an der Verbesserung ihrer Arbeitsbedingungen erfordert entsprechende Kenntnisse. Exemplarisch werden konstruktive und betrieblich realisierte Musterlösungen dargestellt. Gestaltungsdefizite, die das Arbeitshandeln erheblich beeinträchtigen, werden aufgezeigt. Insofern ist das Buch für all diejenigen informativ, die Aus- und Weiterbildung gestaltungsorientiert konzipieren und sich über die technisch-funktionalen Zusammenhänge der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung hinaus auch einen Überblick über die Arbeitsbedingungen beim Einsatz dieser neuen Fertigungstechnologie verschaffen wollen.

Jürgen Zick

Gabriele Laske:

Eine Musterbranche stürzt ab – Werkzeugmaschinenbau in USA und Deutschland, Lernen aus der Krise

Bremen 1995 (=Donat), 299 Seiten, 20 Tabellen, 8 Grafiken, 2 Bilder.
ISBN 3-924444-78-0, 45,00 DM

In den letzten Jahren haben sich auf dem Weltmarkt der Werkzeugmaschinen dramatische Veränderungen vollzogen. Dies betrifft in besonderem Maße die führenden Industrienationen USA, Japan und Deutschland. Zuerst erlebte der in Technologie und Umsatzvolumen weltweit führende amerikanische Werkzeugmaschinenbau gegen Ende der siebziger Jahre dramatische Einbrüche. Anfang der neunziger Jahre zeichnete sich bei den deutschen Maschinenherstellern die größte Strukturkrise seit dem Zweiten Weltkrieg ab, die innerhalb kurzer Zeit zum Konkurs weltbekannter und traditionsreicher Werkzeugmaschinenhersteller führte.

G. Laske untersucht die Frage, inwieweit eine in falscher Richtung vorangetriebene (weil national lange Zeit bevorzugte) Technikentwicklung zu den Mißerfolgen beigetragen hat. Technischer Perfektionismus, überzogene Automatisierung, unbezahlbare Entwicklungskosten und vor allem anwenderunfreundliche Steuerungen rücken in den Mittelpunkt der Argumentation über die Ursachen der Krise. Oder liegen die Ursachen und Zusammenhänge in den unterschiedlichen Industriekulturen dieser Länder, die zu falschen Entwicklungsvorgaben geführt haben? Dabei stehen die bei deutschen Ingenieuren festgestellte Technikverliebtheit und die werkstattungeignete NC-Programmierung an erster Stelle der Kritik.

Das Buch ist entstanden aus dem Abschlußbericht des Forschungsprojektes über den Zusammenbruch des lange Zeit in der Welt führenden US-amerikanischen Werkzeugmaschinenbaus. Durch die ab 1990 eingetretene ähnliche Situation im deutschen Werkzeugmaschinenbau erhält diese Studie besondere Aktualität. Leider wird nur die Zeit bis 1991 näher betrachtet und der Vergleich mit Japan nur gelegentlich und am Rande angestellt.

Auch wenn man als Leser nicht allen Argumenten zustimmen kann, die als Absturzursachen der einstigen deutschen Musterbranche angeführt werden, so zwingt dieses Buch doch zu einem tieferen Nachdenken. Warum wurden die Zeichen der Zeit nicht rechtzeitig erkannt? Hat man die Gefahren der Nischenpolitik nicht gesehen? Ergänzend werden auch die industriellen und sozialen Rahmenbedingungen der Maschinenentwicklungen in Deutschland und in USA untersucht, Berufsbilder verglichen und der Einfluß der Gewerkschaften erwähnt. Auch die Entwicklung der numerischen Steuerungstechnik und die historische Entwicklung des Ingenieurberufs in Deutschland und

den USA wird vergleichend gegenübergestellt. Es ist zu hoffen, daß dieses Buch in Praxis und Forschung, aber auch vom Management und von Studenten aufmerksam gelesen wird.

Hans B. Kief

Mitteilungen

Alfons Gaßner

Der Sanitärinstallateur: Technische Mathematik – Fachstufe

zweifarbig, zahlreiche Abbildungen, Tabellen und Aufgaben, 5. Auflage.
Hamburg 1998 (Handwerk und Technik), 112 Seiten, ISBN 3-582-03156-X,
31 DM

„Der Sanitärinstallateur – Technische Mathematik“ ist für die Fachstufe der Berufsschule konzipiert. Er baut auf dem Grundwissen der Hauptschule und des ersten Ausbildungsjahres auf. Das Ziel ist, Stoffinhalte der Fachtheorie quantitativ und qualitativ zu erschließen, Zusammenhänge aufzuzeigen und ein-sichtig zu machen.

Das Buch lehnt sich eng an die Werke „Der Sanitärinstallateur – Technologie“ und „Der Sanitärinstallateur – Technische Kommunikation, Technisches Zeichnen, Arbeitsplanung“ vom gleichen Verfasser an. Im Sinne eines fächerübergreifenden Unterrichtes oder Projektunterrichtes sind Querverweise als Literaturhinweise aufgenommen. Der Inhalt des Buches gründet auf die neuesten gesetzlichen und technischen Vorschriften und spiegelt den Stand der Technik wider.

Die Stoffauswahl berücksichtigt die Lehrpläne der einzelnen Bundesländer, die sich auf den Rahmenlehrplan nach Beschluß der Kultusministerkonferenz gründen. Da diese Lehrpläne zum Teil voneinander abweichen, wurden alle in Frage kommenden Themen aufgenommen. Bei der großen Fülle an Lehrstoff, ist es unerlässlich, dass der Lehrer im Unterricht bei der Stoffvermittlung aufgrund örtlicher Schwerpunkte eine Auswahl trifft.

Jedes Kapitel beginnt mit einem Informationsteil. Die zur Lösung von Aufgaben nötigen Formeln sind rot umrandet, nach einzelnen Kapiteln durchnummeriert und mit einer Legende versehen. In dieser Legende werden die zur Lösung der Aufgaben sinnvollen Einheiten angeboten, um dem Leser das Rechnen mit handlichen und vorstellbaren Zahlenwerten im Sinne von DIN 1301 (Anwenden von Einheiten mit Vorsätzen, Kap. 6), zu ermöglichen. Die gesetzlichen Einheiten der wichtigsten physikalischen Größen und deren Formzeichen werden im Kapitel 1 in einer Übersicht vorgestellt.

Alle erforderlichen Tabellen sind an entsprechender Stelle eingefügt, aufgenommen Rohrtabellen. Sie werden in verschiedenen Kapiteln benötigt und sind deshalb am Ende des Buches im Anhang eingeordnet.

Ein ausführliches Berechnungsbeispiel leitet jeweils zu den Aufgaben über, in dem auch der enge Zusammenhang zwischen Zahlenwert und Einheit aufgezeigt wird. Bereits im Teil „Gegeben“ einer Aufgabenlösung ist auf gleichartige Einheiten hinarbeiten. Beim Rechnen mit Brüchen, vor allem bei Einheitenbrüchen, hat sich ein durchgezogener Bruchstrich im Aufgabenansatz bewährt. Er sorgt für Übersicht und vereinfacht das Kürzen von Einheiten. Zu diesem Buch gibt es ein ausführliches Lösungsheft.

Sven Mohr

Josef Moos (Hrsg.):

Technische Mathematik – Metallbauer und Konstruktionsmechaniker

Hamburg 1998 (Handwerk und Technik), 127 Seiten, zweifarbig, 2. Auflage, ISBN 3-582-03192-6, 31,40 DM

Das Werk „Technische Mathematik für Metallbauer und Konstruktionsmechaniker“ wendet sich an Metallbauer und Metallbauerinnen im Handwerk und an Konstruktionsmechaniker und Konstruktionsmechanikerinnen in der Industrie im zweiten bis vierten Ausbildungsjahr.

Darüber hinaus eignet es sich für verwandte Berufe, wie z.B. Schmelzschweißer, sowie für die Fortbildung zum Meister und Metallbautechniker. Es erweitert, ergänzt und vertieft die im gleichen Verlag erschienenen Bücher „Metallhandwerkliche Grundkenntnisse“, „Fachkenntnisse Metallbauer und Konstruktionsmechaniker“ und „Metalltechnik Arbeitsblätter – Technische Kommunikation, Arbeitsplanung, Fachzeichen – Fachkenntnisse 1 und 2 für Metallbauer und Konstruktionsmechaniker“. In Zusammenarbeit mit diesen Lehrbüchern kann der Intention eines fächerübergreifenden Unterrichts entsprochen werden.

Die Neuordnung der Metallberufe, deren Ziele in den KMK-Richtlinien und den Lehrplänen der einzelnen Bundesländer niedergelegt sind, bestimmt die Inhalte dieses Buches. Behandelt werden, in methodisch sinnvoller Reihenfolge und in enger Anlehnung an die Tätigkeiten der Zielgruppe, Aufgaben zu:

- Metallbaukonstruktionen
- Feinblechtechnik
- Spanende Fertigung
- Fügetechnik
- Wärmetechnik

- Kostenrechnung
- Kräfte an Bauteilen
- Festigkeit
- Hydraulik und Pneumatik
- NC-Technik

Die einzelnen Lerngebiete sind in sich abgeschlossen; das läßt dem Lehrer pädagogische Freiheit in der Reihenfolge der Behandlung der Themengebiete. Alle Übungsaufgaben sind der Arbeitswelt der Auszubildenden entnommen und durch Skizzen und Bilder veranschaulicht. Wo immer möglich, wird das Prinzip des handlungsorientierten Unterrichts angestrebt. Die konkreten Probleme aus der metallhandwerklichen Praxis werden auf ihren mathematischen Gehalt hin untersucht, die notwendigen Formeln werden daraus abgeleitet, die Aufgabe werden exemplarisch gelöst und an weiteren Übungsaufgaben vertieft. Diese problem- und projektorientierte Vorgehensweise soll die ganzheitliche Betrachtungsweise fördern und die Verzahnung von Theorie und Praxis erleichtern. Die jedem Kapitel folgenden Übungsaufgaben sind von unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad. Sie dienen nicht nur der Übung, sondern auch der Lernzielkontrolle. Umfassende Projektaufgaben am Schluß des Buches behandeln jeweils eine Konstruktion aus dem Metall- bzw. Stahlbau und verlangen zu ihrer Lösung die Anwendung unterschiedlicher Formeln und Lösungsstrategien.

Sven Mohr

Bericht über die 10. HGTB-Fachtagung vom 4.6. bis 6.6.1998 in Flensburg

Die zehnte Fachtagung der Arbeitsgemeinschaft der Hochschulinstitute für Gewerblich-Technische Berufsbildung (HGTB) fand in diesem Jahr an der Bildungswissenschaftlichen Hochschule Flensburg – Universität statt. Die HGTB vereint die Hochschuleinrichtungen deutscher Universitäten, an denen die Berufsfeldwissenschaften der gewerblich-technischen Fachrichtungen als eigenständige Disziplinen in Lehre und Forschung entwickelt werden. Ausgerichtet wurde die Tagung vom Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (BIAT), das die beruflichen Fachrichtungen Metalltechnik und Elektrotechnik sowie die Berufspädagogik am neugegründeten Universitätsstandort Flensburg umfaßt.

Die vom Staatssekretär des Schleswig-Holsteinischen Ministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur, dem Rektor der Universität Flensburg, dem Oberbürgermeister und dem Präsidenten der IHK der Stadt Flensburg eröffnete Tagung, an der ca. 200 Vertreter der Universitäten, Wissenschafts- und Kultusverwaltungen und Berufsbildungspraxis teilnahmen, stand unter dem Rahmenthema „Berufliches Arbeitsprozeßwissen“. Mit der Wahl dieses Themas trugen die Veranstalter dem Umstand Rechnung, daß die Kategorie des Arbeitsprozeßwissens sich als ein tragfähiger Bezugspunkt für die sich abzeichnende Entwicklung der Berufs(feld)wissenschaften zu wettbewerbsfähigen wissenschaftlichen Fächern erweist.

Folgende Themenschwerpunkte sollten abgedeckt werden:

- Arbeitsprozeßwissen als bildungstheoretisches Problem und als Gegenstand der Forschung in den Berufs- und Arbeitswissenschaften,
- Arbeitsprozesse und Arbeitsaufgaben als Bezugspunkte für die Entwicklung beruflicher Curricula,
- Arbeitsprozeßwissen als Gegenstand der berufs(feld)wissenschaftlichen Ausbildung von Berufspädagogen/-innen beruflicher Fachrichtungen,
- Lernen im Arbeitsprozeß unter Berücksichtigung rechnergestützter Arbeitssysteme.

Die Vorträge und Diskussionen auf dem übergreifenden Plenum widmeten sich der begrifflichen Entfaltung der Kategorie des Arbeitsprozeßwissens auf der Grundlage der vorliegenden Forschungsergebnisse und der Erörterung ihrer Relevanz für die Weiterentwicklung der beruflichen Bildung, Forschung und universitären Lehre.

In drei Workshops wurden die Themenschwerpunkte vertieft. Dabei war neben wissenschaftlichen Beiträgen ausdrücklich auch die Präsentation praktischer Beispiele aus der Berufsbildungspraxis und der Hochschulausbildung von Berufspädagogen/-innen erwünscht.

Es wurde deutlich, daß die Basiskategorie des Arbeitsprozeßwissens bereits eine zentrale Rolle als Scharnier zwischen dem wissenschaftlichen Wissen und dem Erfahrungswissen als den zentralen Bezugsfeldern bei der Analyse und Entwicklung sowohl von beruflicher Handlungskompetenz als auch von Hochschulcurricula für die Berufs(feld)wissenschaften übernommen hat. Gleichwohl sind noch erhebliche Lücken in der begrifflichen Klärung, wie auch der empirischen Forschung und Curriculumentwicklung/-implementierung zum Arbeitsprozeßwissen erkennbar.

Die große Zahl von insgesamt dreißig Referaten, die auf dem Plenum und in den Workshops vorgetragen und diskutiert wurden, läßt eine umfangreiche und den gegenwärtig erreichten Entwicklungsstand der „Arbeitsprozeßdiskussion“ dokumentierende Publikation erwarten.

Peter Gerds

Verstärkte Schriftleitung

Während der Tagung der Arbeitsgemeinschaft der Hochschulinstitute für Gewerblich-Technische Berufsbildung 1998 fand eine Sitzung der Herausgeber dieses Heftes statt. Daran nahmen auch Vorstandsmitglieder der Bundesarbeitsgemeinschaften Metall- und Elektrotechnik teil. Im Mittelpunkt der Erörterungen stand die Zeitschrift *lernen & lehren*. Es wurden Gründe für das verspätete Erscheinen und Versandprobleme sowie die Rolle der Herausgeber diskutiert.

Die Schriftleitung wird ab sofort durch Prof. Dr. Georg Spöttl M.A. (Universität Flensburg) verstärkt. Aufgrund dieser Entscheidung wird der Rückstand bei der Auslieferung der Hefte in kurzer Zeit aufgeholt. Bis Ende 1998 soll ein deutliches Zeichen gesetzt werden. Wenigstens die Hefte 1/1998 und 2/1998 werden bis zu diesem Zeitpunkt ausgeliefert sein. Eventuell erscheinen die Ausgaben 2 und 3/1998 auch als Doppelheft zum Ende des Jahres 1998. In diesem Zusammenhang sei an die Heftbetreuer appelliert, ihre Arbeiten zügig fertigzustellen. Ich möchte besonders Lehrer und Ausbilder aufrufen, Beiträge aus ihrer beruflichen Praxis zu erarbeiten. Das Heft soll künftig mehr die Praxis der Berufsbildung widerspiegeln. An vielen Berufsbildungseinrichtungen wird Neues erprobt. Häufig wird jedoch die stützende Funktion einer Veröffentlichung unterschätzt.

Während der Hochschultage in Dresden fanden Mitgliederversammlungen der Bundesarbeitsgemeinschaften statt. Die Herausgeber haben dort nach Aufforderung durch die Vorstände der Bundesarbeitsgemeinschaften Metall- und Elektrotechnik zur Zeitschrift Stellung bezogen. Es wurde eine Situationsanalyse und ein Zukunftskonzept vorgestellt. Im Mittelpunkt standen

die Festlegung von Schwerpunktthemen, die Gestaltung des Heftes und ein Werbekonzept, um die Zeitschrift besser finanzieren zu können. Derzeit wird fast der gesamte Mitgliederbeitrag der BAG für die Zeitschrift verwendet.

Es gibt noch eine weitere Veränderung. Ab sofort erhalten Neumitglieder das nach ihrem Beitritt erscheinende Heft. Es wird dann zwar das Kuriosum geben, daß eine beginnende Mitgliedschaft mit der Lieferung eines Heftes aus dem Vorjahr verbunden ist – wichtiger ist jedoch die sofortige Einbeziehung der Mitglieder in den Diskussionsprozeß der Bundesarbeitsgemeinschaften. Zum Abschluß möchte ich alle Mitglieder bitten, für unsere Organisationen zu werben. Gut funktionierende Bundesarbeitsgemeinschaften fördern den länderübergreifenden Meinungsbildungsprozeß und bilden in Zeiten großer Veränderungen eine stabile Orientierung und eine wichtige Stimme in der Diskussion um die Berufsbildung.

Wolfram Paselk

Internationaler Fachkräfteaustausch in der Berufsbildung

Ausbilder-Reisen 1999 in 13 Länder

Damit sich das deutsche Berufsbildungssystem flexibel weiterentwickelt, studieren seit über 20 Jahren deutsche Fachkräfte die Bildungssysteme anderer Länder. Unter den 13 Zielen, die die Carl Duisberg Gesellschaft e.V., Köln, mit ihrem Internationalen Fachkräfteaustausch in der Berufsbildung für 1999 anbietet, sind auch Polen und die Russische Föderation vertreten.

Förderer dieses internationalen Dialogs unter Berufsbildungsexperten ist das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie. Gemeinsam mit den ausländischen Partnerorganisationen trägt es die Finanzierung für die jeweils zweiwöchigen Fachinformationsreisen. Im Gegenzug zu den deutschen Gruppen kommen Experten aus den beteiligten Ländern zum Studium des dualen Berufsbildungssystems nach Deutschland.

Zielländer 1999 sind:

im April/Mai	Brasilien, Bulgarien, Finnland, Irland, Russische Föderation, Türkei
im Juni	Südkorea
im September/Oktober	Frankreich, Polen, Kanada
im Oktober/November	USA, Australien, Israel

Die Programme in Form von Gruppenreisen mit je 15 Teilnehmern richten sich an Fach- und Führungskräfte der beruflichen Bildung, die als Multiplikatoren tätig sind. Dazu gehören Ausbilder und Weiterbildner, Ausbildungs-

leiter, Personalleiter und -entwickler aus Unternehmen sowie Aus- und Weiterbildungsberater aus Kammern. Ausgeschlossen sind Berufsberater, Berufsschullehrer und Freiberufler.

Die Reisen dienen dem Kennenlernen beruflicher Aus- und Weiterbildung in den jeweiligen Zielländern, dem internationalen Dialog unter Experten und dem Knüpfen weltweiter Kontakte. Außerdem fördern sie den Austausch innerhalb der Gruppen und damit einen deutschen Berufsbildungs-Dialog; sie regen in der vergleichenden Betrachtung mit den Gegebenheiten im Gastland zur kritischen Auseinandersetzung mit dem eigenen System an und tragen zu seiner Weiterentwicklung bei.

Die genauen Reisettermine sowie die Termine für die dazugehörigen Vor- und Nachbereitungsseminare werden den Interessenten auf Anfrage zugesandt. Bewerbungen sind bis Ende Januar 1999 möglich bei der Carl Duisberg Gesellschaft e.V., Gruppe 1 15, Weyerstraße 79-83, 50676 Köln, Tel. (02 21) 20 98-341, Fax -482. E-Mail: BoosenM@cdg.de

Ständiger Hinweis

Alle Mitglieder der *BAG Elektrotechnik* und *BAG Metalltechnik* müssen eine Einzugsermächtigung erteilen oder zum Beginn eines jeden Kalenderjahres den Jahresbeitrag (zur Zeit 53,- DM eingeschlossen alle Kosten für den verbilligten Bezug der Zeitschrift *lernen & lehren*) überweisen. Austritte aus der *BAG Elektrotechnik* und 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* lautet:

BAG Elektrotechnik, Geschäftsstelle
z.H. Herrn A. Willi Petersen
c/o biat - Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik
Munketoft 3
24937 Flensburg
Tel.: 04123 / 959 727
Fax: 04123 / 959 728
Konto-Nr. 722 40 25, Kreissparkasse Pinneberg (BLZ 221 514 10).

Die Anschrift der Geschäftsstelle der *Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik* lautet:

BAG Metalltechnik, Geschäftsstelle
z. H. Herrn Michael Sander
c/o Institut Technik & Bildung
Wilhelm-Herbst-Str. 7
28359 Bremen
Tel.: 0421 / 218 4924
Fax: 0421 / 218 4624
Konto-Nr. 4520, Kreissparkasse Verden (BLZ 291 526 70)

Zu bedenken ist, daß der Mitgliedsbeitrag fast zu 100% für die Bezahlung der Zeitschrift *lernen & lehren* benötigt wird und in dieser Hinsicht Absprachen mit dem Verlag bestehen. Bei Mahnungen muß eine zusätzliche Gebühr erhoben werden.

Autorenverzeichnis

- ADOLPH, Gottfried
Prof. Dr., Schwerfelstr. 22, 51427 Bergisch-Gladbach
- BRUDER, Michael
Dr., Leiter Systementwicklung, Phönix AG, Hannoversche Str. 88,
21079 Hamburg
- ERBE, Heinz-H.
Prof. Dr., Technische Universität Berlin, Institut für Berufliche
Bildung, Hochschulbildung und Weiterbildungsforschung,
Franklinstr. 28/29, 10587 Berlin
- GERDS, Peter
Dr., Universität Bremen, Institut Technik & Bildung,
Wilhelm-Herbst-Str. 7, 28359 Bremen
- KIEF, Hans B.
Dipl.-Ing., Weidenweg 5, 64720 Michelstadt
- KIEREK, Bert
Dipl.-Ing., Student des Lehramts an beruflichen Schulen,
Südergraben 43, 24937 Flensburg
- LÜTZOW, Hans-Joachim
Dipl.-Ing. (FH), Studienrat an der Gewerbeschule Elektrotechnik
Hamburg, Oberer Landweg 100, 21035 Hamburg
- MAHRIN, Bernd
Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität
Berlin, Institut für Berufliche Bildung, Hochschulbildung und
Weiterbildungsforschung, Franklinstr. 28/29, 10587 Berlin
- MOHR, Sven
Studienrat, Pädagogischer Mitarbeiter, Berufsbildungsinstitut
Arbeit und Technik, Berufliche Fachrichtung Metalltechnik,
Munketoft 3, 24937 Flensburg
- PASELK, Wolfram
Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Max-Taut-Schule, Berlin,
Wickestr. 37, 10551 Berlin
- SPÖTTL, Georg
Prof. Dr., Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit
und Technik, Berufliche Fachrichtung Metalltechnik, Munketoft 3,
24937 Flensburg
- VERMEHR, Bernd
Studiendirektor Berufsbildende Schulen Hamburg,
Achter Lüttmoor 28, 22559 Hamburg

VOLLMER, Thomas

Dozent an der Universität Gesamthochschule Kassel, Institut für Arbeitswissenschaften, Heinrich-Plett-Straße 40, 34109 Kassel

ZICK, Jürgen

Dipl. Berufspädagoge, Ihringshäuserstr. 25, 34125 Kassel

Beitrittserklärung

Ich bitte um Aufnahme in die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V. Es entsteht mir damit ein Jahresbeitrag von 53.- DM (einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift „lernen & lehren“. Den Gesamtbetrag überweise ich auf das Konto der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V., Konto-Nr. 7224025 bei der KSK Pinneberg (BLZ 22151410).

Name: Vorname:

Anschrift:

Datum:..... Unterschrift:

Ermächtigung zum Einzug des Beitrags mittels Lastschrift:

Hiermit ermächtige ich die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V. widerruflich, den von mir zu zahlenden Beitrag einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift „lernen & lehren“ von meinem Girokonto mittels Lastschrift einzuziehen.

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 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 e.V., Geschäftsstelle: Marienhöhe 177, z.H. Herrn Peter Krüß, 25451 Quickborn

Beitrittserklärung

Ich bitte um Aufnahme in die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e.V. Es entsteht mir damit ein Jahresbeitrag von 53,- DM (einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift „lernen & lehren“. Den Gesamtbetrag überweise ich auf das Konto der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e.V., Konto-Nr. 45 20 bei der Kreissparkasse Verden (BLZ 291 526 70).

Name: Vorname:

Anschrift:

Datum:..... Unterschrift:

Ermächtigung zum Einzug des Beitrags mittels Lastschrift:

Hiermit ermächtige ich die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e.V. widerruflich, den von mir zu zahlenden Beitrag einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift „lernen & lehren“ von meinem Girokonto mittels Lastschrift einzuziehen.

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 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 Metalltechnik e.V., Geschäftsstelle: Institut Technik & Bildung, z.H. Herrn M. Sander, Wilhelm-Herbst-Str. 7, 28359 Bremen

Eine Zeitschrift für alle, die in
– betrieblicher Ausbildung
– berufsbildender Schule
– Hochschule und Erwachsenenbildung
– Verwaltung und Gewerkschaften
im Berufsfeld Elektrotechnik/Metalltechnik tätig sind.

Lernen & Lehren erscheint vierteljährlich, Bezugspreis DM 50,- (4 Hefte)
zuzüglich Versandkosten (Einzelheft DM 12,50/Doppelheft DM 25,-)

Inhalte:

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

Folgende Hefte sind noch erhältlich:

- | | |
|--|--|
| 11: Eine Berufsschule in München | 36: Neugestaltete Lern- und Arbeitsplätze |
| 16: Neuordnung im Handwerk | 37/38: Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren |
| 18: Grundbildung | 39/40: Organisationsentwicklung und berufliche Bildung |
| 20: Berufsbildung in der DDR | 41: Verankerung beruflicher Umweltbildung |
| 21: Lehrerkoooperation und Kreativitätsförderung | 42: Feldbussysteme |
| 22: Automatisierungstechnik | 43: Praxis beruflicher Umweltbildung |
| 23: Gebäudeleittechnik | 44: Lern- und Arbeitsaufgaben |
| 27: Duales System | 45: Informations- und Kommunikationstechnik am Beispiel ISDN |
| 28: Lernen durch Arbeiten | 46: Veränderungen der Kfz-Facharbeit |
| 29: Auto und Beruf | 47: Veränderung in der Arbeitsorganisation |
| 30/31: Berufliche Umweltbildung | 48: Berufsbildung im Lernortverbund |
| 33: Instandhaltung | |
| 34: Solartechnik | |
| 35: Rückblick auf die Neuordnung | |
-

Von den Abonnenten der Zeitschrift „Lernen & Lehren“ haben sich allein über 600 in der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik 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 dem beigefügten Bestellschein können Sie „Lernen & Lehren“ bestellen und Mitglied in einer der Bundesarbeitsgemeinschaften werden.



Donat Verlag, Borgfelder Heerstraße 29, 28357 Bremen
Telefon (0421) 27 48 86 Fax (0421) 27 51 06