

# Lernen & Lehren

Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik

## Schwerpunktthema Digitale Fabrik



*Sabine Bierschenk/Carsten Brandner*  
**Digitale Fabrik – Grundstrukturen  
und Bedeutung für Unternehmen**

*Clemens Eickert/Thomas Masurat*  
**Die Evolution der digitalen Fabrik  
– Visionen eines ganzheitlichen  
Konzeptes für Industrie und Lehre**

*Markus Mohr*  
**Die digitale Fabrik – Ein Quanten-  
sprung in der Fertigungsplanung**

*Reiner Schlausch*  
**Die „digitale Fabrik“ – CIM in neu-  
en Schläuchen?**

---

## Impressum

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

Herausgeber: Gottfried Adolph (Köln), Klaus Jenewein (Magdeburg), Jörg-Peter Pahl (Dresden),  
Felix Rauner (Bremen), Bernd Vermehr (Hamburg)

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

Heftbetreuer: Reiner Schlausch, Georg Spöttl

Redaktion: lernen & lehren

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

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

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

Titelbild mit freundlicher Genehmigung der Audi AG, Neckarsulm

Layout: Egbert Kluitmann, Stefan Hoffmann

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

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

**Wolfenbüttel 2005**

**ISSN 0940-7440**

**77**

# lernen & lehren

## Elektrotechnik-Informatik/Metalltechnik

### Inhaltsverzeichnis

Kommentar: Maschinen und Delphine <i>Gottfried Adolph</i>	2	<b>Forum</b>	
Editorial <i>Georg Spöttl</i>	3	Der Beitrag von Auszubildenden an betrieblichen Verbesserungen und Innovationen <i>Marc Schütte/Reiner Schlausch</i>	31
<b>Schwerpunktthema:</b> <b>Digitale Fabrik</b>		Ein europäisches Berufsbild für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft <i>Jessica Blings/Georg Spöttl</i>	39
Digitale Fabrik – Grundstrukturen und Bedeutung für Unternehmen <i>Sabine Bierschenk/Carsten Brandner</i>	4	<b>Rezension, Hinweise, Berichte, Mitteilungen</b>	
Die Evolution der digitalen Fabrik – Visionen eines ganzheitlichen Konzeptes für Industrie und Lehre <i>Clemens Eckert/Thomas Masurat</i>	10	Metallberufe zwischen Tradition und Zukunft <i>Ralph Dreher</i>	43
Die digitale Fabrik – Ein Quantensprung in der Fertigungsplanung <i>Markus Mohr</i>	17	Dienstleistungsaufgaben sind Facharbeit. Qualifikationsanforderungen für Dienstleistungen des produzierenden Gewerbes <i>Michael K. Brandt</i>	43
Die „digitale Fabrik“ – CIM in neuen Schläuchen? <i>Reiner Schlausch</i>	23	Das Leonardo da Vinci-Projekt „RecyOccupation“ wurde als „best practice“ Projekt ausgezeichnet	44
<b>Praxisbeitrag</b>		Hermann-Schmidt-Preis 2004 für die „Forscherguppe Praxisnahe Berufsbildung“ der Universität Bremen	45
Lern- und Arbeitsumgebung „Werkstattbüro“ – Ein Konzept zur Vermittlung von Arbeits- und Geschäftsprozesswissen <i>Michael K. Brandt/Jörg-Peter Pahl</i>	26	Arbeitsfeld Elektrotechnik <i>Klaus Jenewein</i>	45
		Jahrestagung der BAG-Metalltechnik	46
		Autorenverzeichnis	47
		Ständiger Hinweis und Beitrittserklärung	48

Gottfried Adolph

## Maschinen und Delphine

All unserem Wahrnehmen, Denken, Handeln und Urteilen in der Welt liegen tradierte Ideen, Vorstellungen und Gewissheiten zugrunde, die uns in der Regel nicht bewusst und deshalb auch nicht fraglich werden. Mit einer starken emotionalen Bindung leben wir in der Welt des Selbstverständlichen und des unmittelbar Einsichtigen. In dieser Welt fühlen wir uns nicht fremd. Wir fühlen uns in ihr zu Hause. Wir leben in der wohligen Wärme unserer Vorurteile.

Im Laufe der Ideengeschichte treten hin und wieder „Denker“ in Erscheinung, die das Selbstverständliche hinterfragen. Sie äußern Zweifel und Kritik, bringen sie auf den Begriff und damit ins Bewusstsein und in die öffentliche Diskussion. Philosophisch Gebildete nehmen sie als Großdenker wahr. Solche Menschen beeinflussen die Geistesgeschichte nachhaltig.

Der französische Philosoph DESCARTES (1596-1650) war solch ein Großdenker. Er gewann eine große Gefolgschaft und damit sehr viel Einfluss auf das Wahrnehmen, Denken und Urteilen aller. Als Mathematiker begründete er die analytische Geometrie, in der Algebraisches und Geometrisches methodisch zusammengeführt wurde. Darüber hinaus entwickelte er ein kausal determiniertes mechanistisches Weltbild. Für DESCARTES war die Welt ein riesiges Uhrwerk. Tiere sind in dieser Weltsicht (biologische) Maschinen. Man kann ohne Einschränkung behaupten: Ohne dieses mechanistische Weltbild hätten sich die Natur- und Technikwissenschaften nicht so entwickelt, wie sie sich entwickelt haben.

Von DESCARTES stammt auch der Satz: Cogito ergo sum (Ich denke, also bin ich). Dieser Satz gehört heute zum festen Bestandteil „gebildeten Partiewissens“. Auch wer nicht weiß, aus welchem Fragekontext heraus DESCARTES diesen Satz hervorgebracht hat, kann mit seiner Zitierung dokumentieren, dass er zu den Gebildeten gehört.

Im Laufe der Zeit sind die Vorstellungen DESCARTES in der westlichen Welt zum allgemeinen Weltbild geworden. Ob wir wollen oder nicht, ob es uns bewusst wird oder nicht, wir denken, fühlen urteilen und handeln in Kategorien des mechanistischen Weltbildes. Sehr deutlich tritt das bei unserem Umgang mit den Tieren, die uns als Nahrung und Versuchsobjekte dienen, in Erscheinung.

Es wäre sehr verwunderlich, wenn das Pädagogische nicht auch von der mechanistischen Weltsicht beeinflusst worden wäre und beeinflusst würde. Besonders deutlich trat das in Gestalt des lernzielorientierten Unterrichts zutage. Wie alle Schulpraktiker täglich leidvoll erfahren, ist die nachfolgende Generation nicht so wissensdurstig, wie sie es eigentlich sein müsste und wie es nötig wäre. Im Mittelalter hat man es mit Prügeln versucht. Mit zunehmender Didaktisierung des Schullehrens wurden die Mittel differenzierter. Bis schließlich auf dem Höhepunkt mechanistischen Denkens die behavioristische Lerntheorie glauben machte, dass das Lehren von der vorgefundenen Lernmotivation der Schüler unabhängig sei. Mit der gekonnten Anwendung technischer Lehrstrategien konnten die Schüler motiviert werden, ob sie es wollten oder nicht. Die Lehrer brauchten nur noch die Lernziele exakt zu definieren. Alles andere war Sache der richtigen Technik. Wie so oft, versagte auch hier die Theorie vor der Praxis.

Wenn man nun glaubt, mit dem Scheitern der behavioristischen Lerntheorie sei auch eine Korrektur der mechanisierten Lösungsversuche für pädagogische Probleme verbunden, liegt man gründlich falsch.

Mechanistische Problemlösungsstrategien sind durch Standardisierung und Kontrolle gekennzeichnet. Das weiterhin gültige Credo lautet: Die Dinge und Sachverhalte sind nur beherrschbar, wenn man sie unter eine kleinschrittige Kontrolle bringt. Alle aktuellen Versuche, mit dem Pisaschock „fertig zu werden“, unterliegen diesem

Credo. Zurzeit geht es bundesweit um die Standardisierung der pro Zeitabschnitt zu erreichenden Wissensbestände. Ist das erreicht, werden „objektive“ Kontrolle und gezielte hoheitliche Eingriffe möglich.

Aber auch in etwas kleineren Dimensionen unserer Lebenswelt wird unser Verhaftetsein in mechanistischen Vorstellungen deutlich: In der Zeitschrift „de“ (Der Elektro- und Gebäudetechniker) erscheint ein Editorial mit dem Titel: Maschine „Mitarbeiter“ (Ausgabe 18/2004). In diesem Editorial wird ausgeführt, dass ein moderner Betrieb mit vielen Maschinen ausgestattet ist. Diese Maschinen müssen sorgfältig behandelt und gewartet werden, damit sie lange ihren Dienst tun und „beim Verkauf einen möglichst hohen Wert haben“. So ist es auch mit dem Mitarbeiter. „Und ähnlich einer Maschine braucht dieser Mitarbeiter seine permanente Zufuhr von Energie, seine regelmäßige Instandhaltung und die Sorge, dass er nicht überlastet ist.“ Weiter heißt es nun, dass beim Mitarbeiter etwas hinzukommt, nämlich das Gefühl der Zugehörigkeit und Anerkennung. Dieses Gefühl müsse durch Kommunikation herbeigeführt werden. Wörtlich: „In einem gut funktionierenden Unternehmen gehört die Kommunikation zu den Voraussetzungen für einen reibungslosen Betriebsablauf. Eine Erweiterung des Gesprächs um die ‚soziale‘ Komponente erfordert (...) noch nicht einmal viel Zeit, geschweige denn finanzielle Aufwendungen. Und es ‚pflegt‘ die Maschine Mitarbeiter.“

Wenn hier auch vom „Mitarbeiter“ gesprochen wird: der Mitarbeiter ist Objekt, eben Maschine, die man kontrollieren und nach seinen Bedürfnissen manipulieren kann.

Mancher wird jetzt denken, so ist das halt in den Betrieben. Mit Schule hat das wenig zu tun. Ist das wirklich so?

In vielen Bundesländern wird zurzeit versucht, die Schulleiter zu Dienstvorgesetzten zu machen. Bisher hat die Schulaufsicht diese Funktion. Es liegt

auf der Hand, dass diese Verlagerung eine bessere Kontrolle ermöglichen soll. Die Wochenzeitschrift „Die Zeit“ berichtet darüber in ihrer Ausgabe vom 2. September 2004 auf S. 14 und zitiert in diesem Zusammenhang einen Schulleiter aus dem Bereich der Allgemeinbildung: „Mit den Lehrern ist es wie mit Delphinen – wenn man sie bestrafen will, dann tauchen sie ab. Aber sie können ungeheure Kunststücke vollbringen, wenn man sie streichelt.“

Immerhin, nicht Maschine sondern Delphin. Ist das nicht Ausdruck tief humanistisch gebildeter Denkweise? So möchte man sarkastisch fragen. Aber für einen solchen Sarkasmus ist das Ganze zu ernst.

Der „Werkstattmensch“ sieht den Betriebszugehörigen zwar als Maschine aber immerhin als Mitarbeiter. Den Mitarbeiter Maschine kann man nicht bestrafen und nicht streicheln. Bestrafen und streicheln aber will der „Schulmensch“ als Schulleiter. Er sieht die

Lehrer „seiner“ Schule nicht als Mitarbeiter, sondern in guter deutscher Tradition als „seine“ Untergebenen. Wenn er „seinen Laden“ in Ordnung halten soll, muss er strafen und loben können. Davon ist er zutiefst überzeugt. Gelingt ihm zu loben, vollführen „seine“ Lehrer ungeheure Kunststücke. (Die Würde des Menschen ist unantastbar. So steht es im Grundgesetz. Aber fordern die Lehrer ihr Grundrecht ein?)

Die durch das Zitat ausgewiesene Weltsicht hat für die Alltagswirklichkeit einer Schule gravierende Folgen, wenn Lob und Tadel auch den Umgang der Lehrer mit ihren Schülern bestimmen. Es steht außer Frage, mit Lob und Tadel kann rekapitulierbares Wissen erfolgreich eingepackt werden. Aber auch Bildung?

Bildung kann nicht von außen gemacht werden. Bildung ist eine Leistung, die das Individuum nur aus sich heraus erbringen kann. Es ist keine

einfache Leistung. Sie erfordert Disziplin und anstrengende Arbeit. Eine sich auf Bildung verpflichtende Schule muss sich darauf ausrichten, ein Klima für jeden einzelnen Schüler zu schaffen, in dem sich die inneren Kräfte, die in jedem Schüler schlummern, entfalten können. Individuelle Ermutigung und gegenseitiges Vertrauen anstelle didaktischer Manipulation ist die Voraussetzung.

Eine Schule, in der auf dem Hintergrund eines mechanistischen Weltbildes die Lehrer als dressierbare Delphine angesehen werden und die Lehrer sich in Selbstverleugnung üben, kann die so dringend erforderliche Hinwendung zur bildenden Förderung jedes Einzelnen nicht leisten.

Ohne Überwindung der mechanistischen Weltsicht kann Schule sich nicht reformieren. Reformiert werden kann sie ohnehin nicht!

## Georg Spöttl

Der Impuls, ein Schwerpunktheft „Digitale Fabrik“ zu gestalten, ist auf eine Diskussion mit Berufsbildungsexperten zu Beginn des Jahres 2004 zurückzuführen. Als das Stichwort „digitale Fabrik“ fiel, zeigte sich schnell, dass dies so manchem gänzlich unbekannt war oder eher als Nachklapp der CIM-Fabrik (CIM = Computer Integrated Manufacturing), der menschenleeren Fabrik, interpretiert wurde.

Ein Blick in die Produktions- und Prozesstechnik lehrt allerdings sehr schnell, dass es sich bei diesem Thema nicht um eine abstrakte, illusionäre Diskussion handelt, sondern es finden dazu zahlreiche Kongresse statt, es wird vielfältig geforscht und geschrieben und so mancher Produzent rühmt sich, bereits nach Konzepten der „digitalen Fabrik“ zu produzieren. Allein der Begriff ist ungewöhnlich. Jedem Berufsschullehrer im Berufsfeld Metall- oder Elektrotechnik ist die Digitaltechnik bekannt und alle werden

versuchen, eine Brücke dorthin zu bauen, wenn sie mit dem Begriff „digitale Fabrik“ konfrontiert werden. Bei der Digitaltechnik ging es allerdings um die Zweiwertigkeit von Schaltzuständen. Alle in der Digitaltechnik verwendeten Bauelemente arbeiten mit binären Signalen – also mit zweiwertigen Signalen, wie „0“ und „1“ oder „Spannung vorhanden“ und „Spannung nicht vorhanden“ – gleichgültig, ob es sich um logische Verknüpfungsglieder, Datenspeicher, Zeitstufen oder anderes handelt.

Mit „digitaler Fabrik“ hat dieses funktionale Schalten allerdings nur ganz entfernt etwas zu tun. Hier geht es im Kern um ein besseres Planen von Produktionsentwicklungs- und Produktionsplanungsprozessen und um erhöhte Transparenz bei der Planung. Letztlich steht die Optimierung der Informationsübertragung und Informationsverarbeitung (mithilfe digitaler Signale!) im Zentrum der Diskussion.

Angenommen wird, dass sich dadurch die Produktivität erhöhen lässt; nachgewiesen ist dies bisher jedoch noch nicht.

Erreicht wird die bessere Planung der Prozesse durch eine Simulationstechnik, die teilweise komplette Fabriken dreidimensional abbildet. Ähnlich wie bei der Implementierung der CIM-Technologien sind aber auch bei der „digitalen Fabrik“ Schnittstellenprobleme zu überwinden, die die Integration von Simulationsmethoden in Produktionsentwicklungs- und Produktionsplanungsprozesse bremsen. Trotz dieser noch offenen Frage werden die Zukunftschancen der „Digitalen Fabrik“ sehr positiv eingeschätzt, wie die von den VDI-Nachrichten (17.12.2004, Nr. 51/52, S. 20) zusammen getragenen Aussagen belegen:

Raimund MENGES, Delmia Deutschland: „In der ‚digitalen Fabrik‘ werden Maschinen und Produkte mit ihren

kompletten Strukturen, logistische Abläufe und technologische Prozesse bis ins Detail abgebildet. Produkt und Produktion werden virtuell erprobt und verbessert, sodass der Produktionsprozess rechtzeitig reif gemacht werden kann für einen reibungslosen und steileren Anlauf. Auf diese Weise können nicht nur Anlaufzeiten dramatisch verkürzt, sondern vor allem auch die Zielkosten zuverlässiger erreicht werden. So lässt sich auch immer weiter steigende Variantenvielfalt bei kleiner werdenden Stückzahlen je Produktvariante ohne Qualitätsverluste meistern.

Die Verwirklichung der einheitlichen digitalen Produktionswelt in ein 3-D-Product-Lifecycle-Management (PLM), das die Produktdefinition, die Spezifikation der Fertigungsanlagen, die Prozessgestaltung, die Simulation und die Layoutplanung bis hin zur Steuerung und Überwachung des laufenden Fabrikbetriebes einschließt, hat den Status einer Vision definitiv überwunden. Die konkrete Projekterfahrung beweist, dass Verkürzungen des Produktionsanlaufs um mehr als 30 Prozent und eine Reduzierung des Planungsaufwandes um bis zu 40 Prozent erreicht werden.“

Barbara BOMBELLI vom Schalterhersteller BTicino formuliert aus Zulieferersicht: „Für BTicino bedeute die digitale Fabrik, dass wir im Vorhinein unsere Produktionsprozesse simulieren und so unsere Produktivität erhöhen,

auch indem wir Fehler vermeiden. Simulation ist auch sehr wichtig, um unterschiedliche Prozesse zu überprüfen, die für ein Produkt eingeplant werden können. Es ist damit leichter, den effizientesten Prozess herauszufinden. Mit diesen Instrumenten kommen wir zudem an konkrete und umfassende Informationen, um die Leute zu schulen, die dann in der industriellen Fertigung arbeiten.“

Bernard CHARLÈS von Dassault Systèmes: „Das Thema der Globalisierung kann nicht vom Konzept der digitalen Fabrik, kurz DF, getrennt werden. Wenn wir wissen, wo der Markt schnell wächst, wo Europa, Asien und die USA stehen, können wir die Herausforderungen dieses Wettbewerbs als Chance sehen. Die Industrie befindet sich in einer Dematerialisierungsphase. Es wird ja heute nicht mehr wie früher mit Gold bezahlt, sondern mit dem virtuellen Zahlungsmittel Kreditkarte. Ebenso verhält es sich mit den Fabrikprozessen. Die Geschäftsmodelle aller Hersteller, die international agieren, müssen sich erheblich verändern, um den Herausforderungen neuer Märkte begegnen zu können. Die DF verspricht gesteigerte Produktivität, verkürzte Entwicklungszeiten, verbesserte Produktqualität und höhere Profitspannen. Neue Märkte bedeuten neue Möglichkeiten, aber es gibt noch viel zu lernen. Welche Chancen diese Märkte eröffnen, sieht man am Beispiel Asiens, wo inzwischen 45

Prozent des Umsatzes vom DF-Lösungsanbieter Delmia erwirtschaftet werden.

Das Geheimnis erfolgreicher Automobilhersteller lässt sich so beschreiben: Erstens heißt die Herausforderung nicht Kommunikation, sondern Verständnis; wenn sich die Menschen nicht verstehen, gibt es auch keine Innovation. Zweitens stehen Innovationen nicht nur am Anfang; sie müssen Bestandteil des gesamten Produktlebenszyklus sein.“

Mit der „digitalen Fabrik“ wird also viel Optimismus verbunden. Die endgültige Weichenstellung scheint aber noch bevorzustehen. In den Beiträgen dieses Heftes werden die Konzepte und Anwendungen der „digitalen Fabrik“ näher erläutert. Neben einem Artikel, der sich mit einem konkreten Anwendungsfall beschäftigt, geht es in den anderen Artikeln um den Softwareeinsatz bei der „digitalen Fabrik“, um Optimierungsüberlegungen und um den zu erwartenden Qualifizierungsbedarf. In lernen & lehren soll damit ein erster Anfang gemacht werden, um die Leserschaft auf eine Thematik einzustimmen, die in den nächsten Jahren die produzierende Industrie erheblich beeinflussen wird und deshalb bei der Ausbildung in den industriellen Metall- und Elektroberufen nicht vernachlässigt werden darf.

---

*Sabine Bierschenk/Carsten Brandner*

## Digitale Fabrik

### – Grundstrukturen und Bedeutung für Unternehmen

#### Einführung

Heutige Produktionen sind geprägt durch zunehmende Komplexität, immer kürzer werdende Produktlebenszyklen und turbulente Absatzmärkte. Handys haben beispielsweise Produktlebenszyklen von acht bis zwölf Monaten. Dies bedeutet abnehmende Entwicklungszeiten und höhere Technologie- und Innovationszyklen bei gleichzeitiger Senkung der Kosten

und Steigerung der Produktqualität. Die Wandlungsfähigkeit von Fabriken wird zu einem entscheidenden Faktor für den Erfolg eines Unternehmens. Dabei geht der Trend immer stärker weg von der so genannten „Einmalplanung“ hin zur kontinuierlichen Planung über den gesamten Lebenszyklus einer Fabrik hinweg (vgl. WESTKÄMPER 2002/DOBROWSKY/TIEDEMANN /BO- THE 2001).

Die Produktionsentstehungsphase umfasst eine Vielzahl von beteiligten Experten, Prozessplaner, Controller, Lieferanten, Logistiker, Fabrikplaner usw., die bereits heute durch eine starke Parallelisierung der Planungsabläufe (auch bekannt als Simultaneous Engineering) auf eine effektive Kommunikation untereinander angewiesen sind. Heutige etablierte Planungsmethoden im Bereich der Fabrik- und Logistikplanung genügen diesen Anforderun-

gen nicht mehr. Auf der Suche nach neuen Lösungsansätzen hat der Begriff der digitalen Fabrik stark an Bedeutung gewonnen.

### Was ist die digitale Fabrik

Der Begriff der digitalen Fabrik hat in den letzten Jahren viele Anhänger gefunden und viele unterschiedliche Definitionen hervorgebracht. Der VDI-Arbeitskreis „Digitale Fabrik“ erarbeitet gerade die erste VDI-Richtlinie zum Thema digitale Fabrik (VDI-Richtlinie 4499). Darin wird definiert: „Die digitale Fabrik ist der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u. a. Simulation und 3D/Virtual Reality-Visualisierung – die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werde. Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Prozesse und Ressourcen der Fabrik in Verbindung mit dem Produkt.“ Die digitale Fabrik versteht sich also als ein vollständiges virtuelles Abbild der realen Fabrik. Dies wird mit den Metho-

den und Werkzeugen der Simulation, der Visualisierung, der Prozessmodellierung, der Planungsorganisation und einem gemeinsamen Datenmodell erreicht (vgl. Abb. 1).

Die Methoden und Werkzeuge der Digitalen Fabrik unterstützen die analytischen Planungs- und Gestaltungsaufgaben aus den Bereichen Materialfluss, Prozessgestaltung, Anordnungsplanung, Strukturplanung, Logistikplanung, Prozessplanung, Ergonomieuntersuchung, Prozessdetailplanung, Montierbarkeitsuntersuchungen usw., indem sie sie visualisieren, zusammenführen und Plausibilitätschecks durchführen (vgl. BIRSCHENK 2002).

Die Simulation von Prozessen ist nicht erst seit der digitalen Fabrik ein Thema. Die ersten Simulationsprogramme gab es bereits vor etwa 20 Jahren. So gibt es heute in der digitalen Fabrik beispielsweise die Materialfluss- und Logistiksimulation, die Prozesssimulation, die Ergonomiebetrachtung und viele mehr.

Bei der Materialfluss- und Logistiksimulation werden alle Materialflüsse und Logistikabläufe innerhalb eines bestimmten Bereiches der Produktion betrachtet. Dieser Bereich kann auf eine einzelne Zelle, eine Linie oder eine Fertigungsstrasse begrenzt sein, oder aber eine gesamte Produktion umfassen. Dabei kann unter Berücksichtigung von Arbeitszeitmodellen und des Produktspektrums eine Aussage über die Kapazitäten einer Produktion erstellt werden. Die Prozesssimulation dagegen betrachtet nur einen ganz spezifischen Prozess. Dies kann zum Beispiel die Simulation von Roboterbewegungen (vgl. Abb. 2), Umformprozessen, Fügefolgen oder Zerspanungsprozessen bedeuten.

Bei der Prozesssimulation stehen eher technologische Parameter wie Kräfteinwirkungspunkte, Temperaturentwicklung oder Materialverdrängung im Vordergrund. Bei der Ergonomieuntersuchung steht der Mensch im Mittelpunkt. Seine Bewegungen werden in dem digitalen Modell modelliert und mithilfe von Methods-Time-Measure-

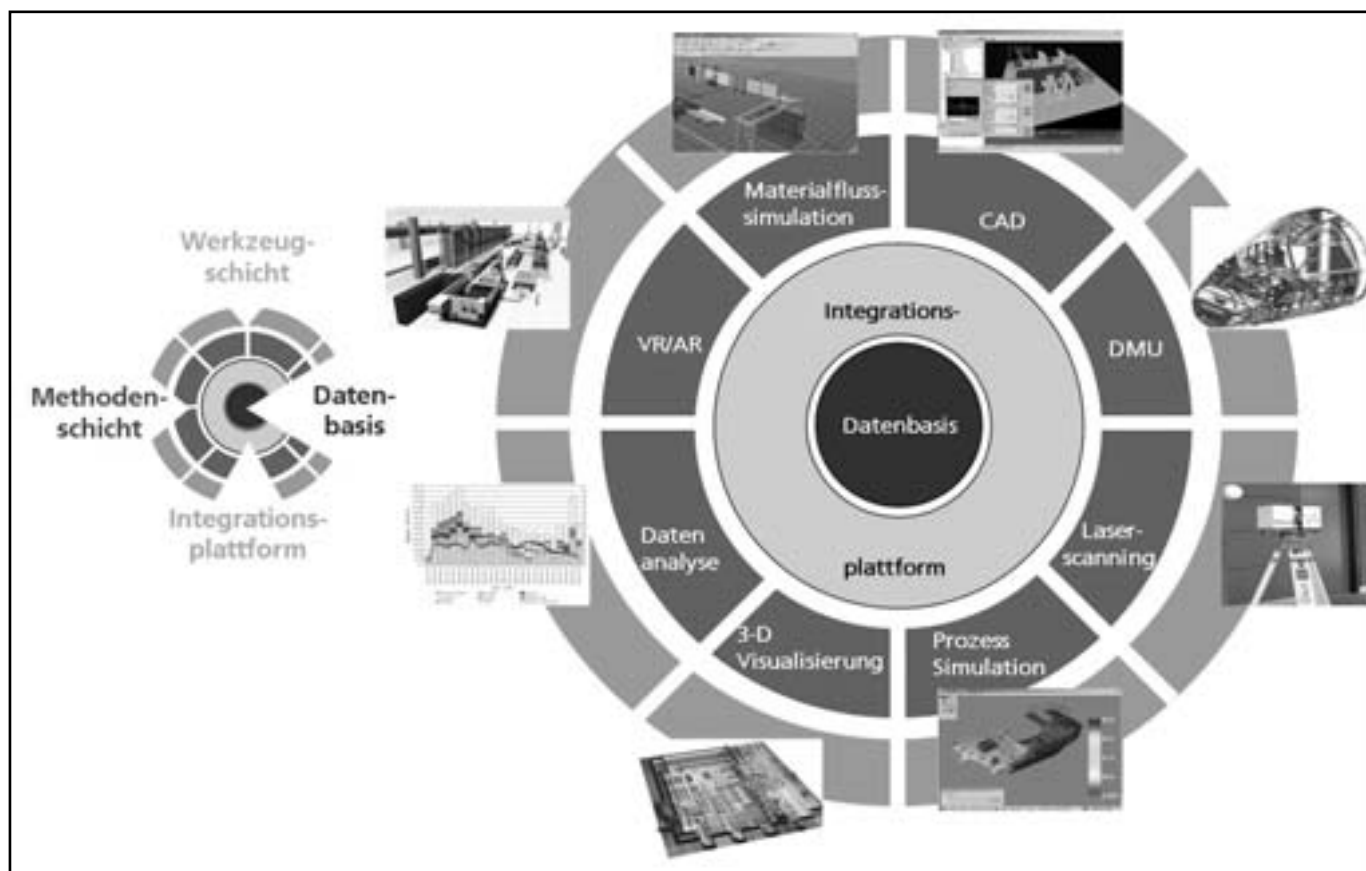


Abb. 1: Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik



Abb. 2: Simulation einer Robotertransferstrasse bei DaimlerChrysler

ment- (MTM-) oder REFA-Tabellen Zeiten für die Bewegung zugeordnet. Dadurch kann ermittelt werden, wie hoch die Taktzeit mindestens sein muss damit ein Arbeitnehmer seine Aufgabe erfüllen kann. Außerdem lässt sich der Arbeitsraum von Personen darstellen, um eine sinnvolle Anord-

nung der benötigten Betriebsmittel zu realisieren.

Beispiele für die Visualisierung im Rahmen der digitalen Fabrik sind die Prozessvisualisierung und die Layoutdarstellung. Unter der Prozessvisualisierung wird die Darstellung von Pro-

zessabläufen in so genannten Vorranggraphen verstanden. Dadurch können Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Prozessen sichtbar gemacht werden. Bei der Layoutdarstellung ist die Darstellung von Fabrikansichten sowohl im 2D- als auch im 3D-Bereich gemeint. Eine mögliche Technologie zur Darstellung von 3D-Daten ist die virtuelle Realität. Hierbei wird dem Betrachter eine realitätsnahe, aber trotzdem physisch nicht vorhandene Darstellung von Produkten und Produktionen ermöglicht. Dies kann mit speziellen Stereoprojektionen, entsprechenden Spezialbrillen oder in einer CAVE (Cave Automated Virtual Environment), ein Raum in dem die dreidimensionale Welt an den Wänden dargestellt wird, erfolgen. Die Möglichkeit der Interaktion mit und durch den Benutzer ist dabei ein wesentliches Element der virtuellen Realität. So besteht die Möglichkeit, über Datenhandschuhe oder andere haptische Geräte, die virtuellen Modelle berührbar zu machen. Somit ist es möglich, einen Montagevorgang nicht nur simulativ zu bewerten sondern ihn schon einmal virtuell durchzuführen (vgl. Abb. 3).

Dabei wird man von den Werkzeugen durch Kollisionserkennung und Aufzeichnung von Bewegungspfaden



Abb. 3: Interaktionstechniken im Bereich der virtuellen Realität



unterstützt. Die Positionserkennung des Betrachters, bezogen auf das virtuelle Modell übernehmen dabei so genannte Tracking-Systeme.

Die Verzahnung von Simulation und Visualisierung wird erst durch die Abbildung beider Welten in einem gemeinsamen Datenmodell sinnvoll. Ein solches Datenmodell erlaubt einen problemlosen Austausch von relevanten Informationen über alle Bereiche hinweg und somit die Integration der einzelnen Werkzeuge und Methoden (vgl. Abb. 4). In dieser Datenbasis werden Produkt-, Prozess- und Ressourcendaten gespeichert und dem jeweiligen System entsprechend zur Verfügung gestellt.

Wie bisher dargestellt, umfasst die digitale Fabrik eine Vielzahl von unterschiedlichen Methoden und Werkzeugen, die jeweils einen bestimmten Bereich des Gesamtplanungsprozesses unterstützen. Die zunehmende Parallelisierung von Abläufen, die durch interne Schleifen und permanente Änderungen gekennzeichnet sind, und die Vielzahl von zur Verfügung stehenden Werkzeugen und Methoden erfordern ein effektives Workflowmanagement. Unter Workflowmanagement versteht man eine Spezifikation für die technische Ausführung von Arbeitsab-

läufen. Ein Workflow besteht immer aus mehreren zusammenhängenden Abläufen und Aufgaben. In einem Workflowmanagementwerkzeug muss also hinterlegt sein, welche Aufgabe mit welchem Werkzeug der Digitalen Fabrik erledigt werden muss, zu welchem Zeitpunkt eine Aufgabe gestartet werden muss, wann sie endet, welche Restriktionen es gibt und welche Ergebnisse dem nächsten Schritt zur Verfügung gestellt werden müssen. Durch die Verzahnung von Simulation und Visualisierung über ein gemeinsames Datenmodell und ein consequentes Workflowmanagement lassen sich die Potenziale der digitalen Fabrik optimal nutzen.

### Nutzen der digitalen Fabrik

Auch wenn einige Software-Hersteller damit Werbung machen, dass ihre Software-Produkte Planungsabläufe automatisch oder teilautomatisiert realisieren können, ist es nicht das Ziel, eine vollautomatische und damit menschenlose Planung zu erreichen. Dies wäre ebenso erfolglos wie der bereits gescheiterte Versuch, menschenleere Fabriken zu schaffen. Die Potenziale der digitalen Fabrik liegen vielmehr in der:

- höheren Effizienz in der Planung (Start-up Period, Time-to-Customer, Invest, Raum etc.),
- höheren Effektivität bei der Planung (Time-to-Market, Einsparung von Planungstätigkeiten),
- Verbesserung der Planungsqualität (Safe-to-Market) und
- Verbesserung der Planungsaktivitäten (Reduktion der Planung in zukünftigen Planungen durch Wiederverwendbarkeit der Modelle).

Durch die digitale Fabrik haben alle Beteiligten des Planungsprozesses zu jeder Zeit einen aktuellen und einheitlichen Stand der Planung vorliegen. Dadurch können doppelte Aktivitäten vermieden und die Planungssicherheit erhöht werden. Ein weiterer Nutzen der digitalen Fabrik ergibt sich aus der Verbesserung der Kommunikation und Integration zwischen Entwicklung und Planung. Der Einsatz von Standardbibliotheken für die Planung erhöht zusätzlich die Planungssicherheit und ermöglicht die Standardisierung von Abläufen.

Eine gemeinsame Studie der Unternehmensberatung Roland Berger und T-Systems aus dem Jahr 2002 zeigen die hohen Einsparpotenziale der digitalen Fabrik bezüglich Zeit und Kosten auf. Durch das frühzeitige Beginnen der Planungsaktivitäten, meist noch während der Produktentwicklungsphase, lassen sich die späteren Herstellungskosten, welche zu 60% während der Entwicklung festgelegt werden, verringern (vgl. WESTKÄMPER/BIERSCHENK/KUHLMANN 2003). Die Optimierung der Produktionsabläufe am virtuellen Modell und nicht erst in der realen Produktion führt zu weiteren Kosteneinsparungen (vgl. KUHLMANN 2002). Zahlreiche weitere Studien bestätigen dies.

Eine Untersuchung der BMW AG ergab zum Beispiel, dass 30 % aller Fehlerkosten einer Rohbauzelle auf Planungsfehler in der konventionellen Planung zurückzuführen sind. In einer vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung durchgeführten Studie werden Einsparpotenziale bei der Planung von 20-30 % und Kostenreduzierungen im Produktanlauf von 10-15% identifiziert.

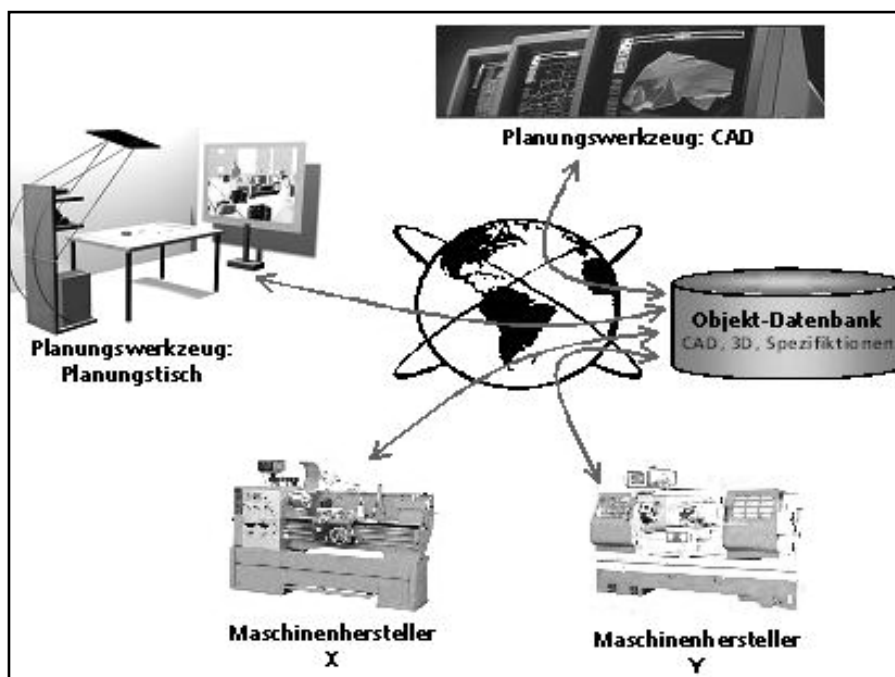


Abb. 4: Darstellung des Ineinandergreifens einzelner Bereiche bei der Standortplanung im Rahmen der digitalen Fabrik

### Integration der digitalen Fabrik in umliegende Systemlandschaften

Die Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik werden natürlich nicht als einziges entlang des Produktentstehungsprozess eingesetzt (vgl. Abb. 5).

Durch die Anbindung von Computer Aided Design (CAD) und Produktdatenmanagement (PDM) ist es möglich, Daten aus der Produktentstehung direkt für die Planung heranzuziehen. Dadurch wird gewährleistet, dass die Produktionsentstehung auf Basis des aktuellen Modells aus der Produktentwicklung erfolgt. In Richtung der Produktion ist eine Integration zu Enterprise Resource Planning-Systemen (ERP) und Produktionsplanungs- und Steuerungssystemen (PPS) erforderlich. Nur so ist gewährleistet, dass bei Planung von neuen Produktionen, aktuelle Erkenntnisse aus der laufenden Produktion mit einfließen können. Dabei bleibt bisher offen, ob alle diese Welten (Produktentwicklung, Produktionsentwicklung und Produktion) zu einer großen Datenstruktur zusammengefasst werden oder ob die Bereiche mit je einer eigenen Datenstruktur nebeneinander existieren und nur relevante Daten untereinander ausgetauscht werden (vgl. BIERSCHEK 2004).

### Einsatz der digitalen Fabrik heute

Die treibende Kraft beim Einsatz der digitalen Fabrik ist einmal mehr die Automobilindustrie. Dabei unterscheiden sich die Einführungsstrategien in den Unternehmen doch erheblich voneinander. DaimlerChrysler hat bereits im Jahr 2002 verkündet, dass ab 2005 kein Auto mehr in Serie gehen wird, welches nicht vorher als virtuelles Modell die virtuelle Fabrik erfolgreich durchlaufen hat. Dabei setzt DaimlerChrysler von Anfang an auf einen durchgängigen Einsatz der Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik, auch mit dem Bewusstsein, dass noch nicht alle Funktionalitäten zur Verfügung stehen (vgl. Automobil-Produktion 2002). Bei BMW dagegen wird eine andere Strategie verfolgt. Hier wurden zunächst nur dort Methoden und Werkzeuge eingesetzt, die sofort einen erkennbaren Nutzen haben. Erst jetzt beginnt BMW damit, die Integration der Methoden und Werkzeuge voranzutreiben (vgl. STOLL, REITER 2004). Die digitale Fabrik ist jedoch dabei, auch in andere Branchen vorzudringen. So setzen Unternehmen wie Bosch, Boeing, Siemens VDO Automotive, Whirlpool oder IVECO ebenfalls auf Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik für die Produktionsentstehungsphase. Im Bereich der kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) ist die Verbreitung der Methoden und Werkzeuge für

die digitale Fabrik jedoch noch gering. Dies ist zum einen dadurch bedingt, dass die Anschaffungs- und Schulungskosten für die am Markt verfügbaren Werkzeuge sehr hoch sind und zum anderen der Funktionsumfang ausschließlich auf die Bedürfnisse von Großunternehmen ausgerichtet ist. Laut einer Studie vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung aus dem Jahr 2004 werden in den nächsten Jahren rund 30 % der befragten Unternehmen Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik zur Unterstützung ihrer Planungsprozesse einsetzen. Auch für Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU) entsteht eine Art Zwang, die Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik einzusetzen, denn die Automobilindustrie fordert eine rasche Anbindung ihrer Lieferanten an die eigenen Systeme. So sagt GÜNTER WALZ, Leiter der Produktionsplanung bei DaimlerChrysler: „Lieferanten müssen auch in ihren Unternehmen Voraussetzungen schaffen, in dem sie auch den Weg der Digitalisierung einschlagen...“ (WALZ 2004).

### Forschungsschwerpunkte

Problem der Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik ist neben der noch nicht hinreichenden Eignung für KMU das Fehlen von Standards. Aus diesem Grund sind die Systeme unterschiedlicher Hersteller nicht miteinander kompatibel. Es ist nicht möglich,

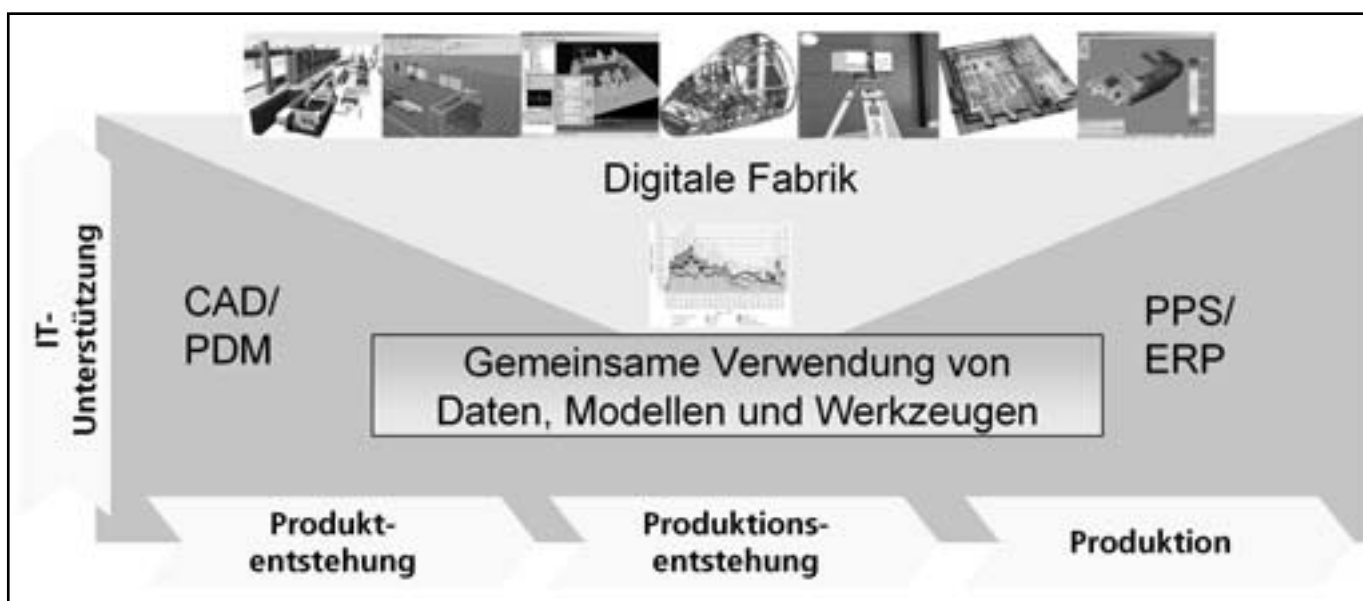


Abb. 5: Einordnung der digitalen Fabrik in den Produktlebenszyklus

Daten von einem System ohne Verlust in das andere System zu übertragen. Dies kann natürlich umgangen werden, wenn alle Werkzeuge der digitalen Fabrik von einem Hersteller gekauft werden. Damit macht sich der Anwender natürlich stark herstellerabhängig. Neben den hohen Einführungs- und Wartungskosten lässt sich auch der Nutzen der digitalen Fabrik nur schwer in Euro und Cent beziffern. Dies liegt daran, dass nötige Strukturveränderungen sich erst mittel- oder gar langfristig auswirken. Ein weiteres Problem ist die Verfügbarkeit von digitalen Daten. Ihre mangelnde Qualität und Verfügbarkeit führt zu einem erheblichen, meist manuellen Mehraufwand bei der Datenakquisition. Gleichwohl sind alle heutigen Nutzer der digitalen Fabrik der Meinung, dass es bereits heute einen erheblich Mehrwert gegenüber der konventionellen Planungsmethoden gibt. Dabei sind sich alle Beteiligten einig, dass sich die Methoden und Werkzeuge erst am Anfang ihrer Entwicklung befinden. Es ist noch nicht möglich, ein Softwareprodukt „digitale Fabrik“ zu kaufen. Es ist auch nicht zu erwarten, dass es in den nächsten Jahren ein solches Produkt geben wird.

So unterschiedlich wie die Anwender der Methoden und Werkzeuge der digitalen Fabrik sind, so unterschiedlich sind auch die momentanen Entwicklungen auf diesem Gebiet. Wichtige zukünftige Entwicklungen werden deshalb sein:

- Lösungen für KMU,
- Verzahnung von realer und digitaler Fabrik,
- Verbesserung des Funktionsumfangs,
- höhere Benutzerfreundlichkeit,
- höhere Stabilität,
- bessere Systemperformance,
- verbesserte Systemoffenheit,
- Festlegung von Standards.

Die Lösungen für KMU müssen kostengünstiger in der Anschaffung, benutzerfreundlicher in der Bedienung der Software und besser auf die Anforderungen des Mittelstandes zugeschnitten sein. Darüber hinaus müssen die Lösungen auf Standards beruhen und eine höchstmögliche System-

offenheit gewährleisten. Nur dann ist es möglich, dass ein Lieferant mehrere Großkunden mit digitalen Informationen über seine Produkte beliefern kann. Die stärkere Verzahnung von realer und digitaler Fabrik ist ein weiterer Forschungsschwerpunkt. Sie wird zum einen durch die Anbindung von Maschinendatenerfassungs- (MDE) und Betriebsdatenerfassungs- (BDE) Systemen erreicht, zum anderen durch die Möglichkeit ERP-Systeme aus der digitalen Fabrik heraus zu beeinflussen. Natürlich wird auch der Funktionsumfang insgesamt weiter zunehmen. Dies kann zum einen erforderlich sein, da weitere Bereiche (z. B. das Controlling) in die digitale Fabrik integriert werden oder aber vorhandene Funktionalitäten in bereits eingebundenen Bereichen (Prozessplanung, Fabrikplanung etc.) noch nicht ausreichen. Dabei wird die Komplexität der Werkzeuge zwar steigen, aber die Benutzerfreundlichkeit wird ebenfalls zunehmen. Die Komplexität wird ggf. vor dem Benutzer verborgen, indem Assistenten und intelligente Menüführungen eine stufenhafte Vorgehensweise fordern. Durch die digitalen Modelle von Fabriken, Produkten und Ressourcen sind schnell sehr große Datenmengen zu behandeln. Dies erfordert eine erhebliche Verbesserung der Systemperformance und natürlich eine hohe Systemstabilität. Die Forderung nach Standardisierung und Systemoffenheit geht einher mit den Anforderungen an die digitale Fabrik durch KMU.

Zusammenfassend lassen sich folgende Trends ableiten:

- Die digitale Fabrik ist ein langfristiges Projekt, ähnlich der Einführung der CAD-Systemlandschaften.
- Es wird zunehmend zum Datenaustausch zwischen Lieferant und OEM kommen.
- Die Weiterentwicklung wird sich insbesondere auf die Integration der einzelnen Methoden und Werkzeuge konzentrieren.
- Der Durchdringungsgrad von Methoden und Werkzeugen der digitalen Fabrik in den einzelnen Unternehmen wird zunehmen.
- Die digitale Fabrik entwickelt sich zu einer Gesamtlösung für das Pro-

duktlebenszyklus-Management (PLM).

## Rückschlüsse für Lehre und Ausbildung

Im Gegensatz zur konventionellen Planung, die eher nach den Kosten ausgerichtet war, ist die Planung mit Werkzeugen der digitalen Fabrik eher geometrieorientiert, also am Produkt ausgerichtet. Bei den neuen Planungsmethoden liegt der endgültigen Entscheidung für oder gegen eine Variante natürlich weiterhin eine Kostenanalyse zugrunde. Um alle hier genannten Potenziale voll ausschöpfen zu können, muss der Planungsprozess den Werkzeugen und Methoden der digitalen Fabrik angepasst werden. Durch die stärkere Vernetzung aller Unternehmensbereiche und den Einsatz neuer Technologien wird sich auch die Arbeit von Facharbeitern, Meistern und Planern nachhaltig verändern. Maschinen werden vernetzt sein, Leitstände werden ihre Daten direkt für virtuelle Modelle zur Verfügung stellen. Meister und Planer werden virtuelle Modelle bewerten und verändern. Sie werden die laufende Produktion permanent den neuen Herausforderungen und Planzahlen anpassen. Die Fertigung wird sich zunehmend flexibler und wandlungsfähiger darstellen. Dabei sind sowohl die Technologie, Maschinen und Ressourcen als auch der Mensch betroffen. Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt, dass die Veränderungen immer schneller und immer stärker auftreten. Denn wer weiß heute schon, was in einem langen Berufsleben an Anforderungen gestellt werden wird. Eines ist jedoch sicher: die Technik wird nicht stehen bleiben und der Mensch auch nicht.

## Literatur

- AUTOMOBIL-PRODUKTION: Bis 2005 realisiert. In: Automobil-Produktion, Heft April, 2002, S.20-30.
- BIERSCHENK, S.: Digitale Fabrik – Ein Überblick. In: Simulation spezial – Digitale Fabrik Jg.(2004), Heft 1, 2004, S. 96 – 101.
- DOMBROWSKY, U./TIEDEMANN, H./BOTHE, T.: Visionen für die digitale Fabrik. In: ZWF, 2001, Heft 3.

KUHLMANN, T.: Das Planungsnetz optimiert die Produktentwicklung. In: VDI-Nachrichten, Nr. 37, 13.09.2002, S.12.

STOLL, J./REITER, R.: In der Praxis bewiesen. In: Automobil-Produktion, Sonderheft zum Fachkongress im Juni 2004, Ludwigsburg, 2004, S. 8-9.

WALZ, G.: Im Plan 2005. In: Automobil-Produktion, Sonderheft zum Fachkongress im Juni 2004, Ludwigsburg, 2004, S. 4-5.

WESTKÄMPER, E.: Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Fabriken. Tagungsband Fachkonferenz Fabrikplanung, Stuttgart, 2002.

WESTKÄMPER, E./BIERSCHENK, S./KUHLMANN, T.: Digitale Fabrik nur was für die Großen? In: wt Werkstattstechnik online, Jg. 93, 2003, Ausgabe 1-2, S. 22-26.

WESTKÄMPER, E.: KeyNote zur Veranstaltung „digitale Fabrik“ des Verlages Moderne Industrie. Ludwigsburg, 30.Juni 2004.

---

*Clemens Eckert, Thomas Masurat*

## Die Evolution der digitalen Fabrik - Visionen eines ganzheitlichen Konzeptes für Industrie und Lehre

### Historische Entwicklung

Es ist nur wenige Jahrzehnte her, dass die Computer Einzug in die industrielle Planung und Produktion hielten. Nach und nach wurden immer mehr Teilaspekte der Entwicklungs- und Planungstätigkeiten mit Unterstützung von aufgabenspezifischen Softwaretools bearbeitet. Angespornt durch den rasanten Fortschritt in der Technologie und der damit verbundenen Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Computersysteme entstand die Idee, die Softwarelösungen mit ihrem vorwiegenden Inselcharakter in großen Netzwerken zu bündeln und eine durchgängige Kette von der Planung bis hin zur Produktion zu erzeugen.

Die Vision dieses Konzeptes mit dem Namen „Computer Integrated Manufacturing“ (CIM) hatte die Zielsetzung, einen durchgängigen Informationsfluss sicherzustellen, bei dem die elektronische Datenverarbeitung in einem bereichsübergreifenden Informationssystem alle zusammenhängenden Fabrikbereiche verbindet. Dabei sollte der höchstmögliche Grad der Integration für einzelne rechnerunterstützte Teilsysteme in der Fabrikorganisation erreicht werden. So war es vorgesehen, einen Bogen zu schlagen, der von den rechnerunterstützten Funktionen Konstruktion (CAD), Arbeitsplanung (CAP), Fertigung (CAM) und Qualitätssicherung (CAQ) bis hin zur automatisierten Produktion reichen sollte. Diese Vision wird heute als nahezu gescheitert angesehen, da sich beispielsweise die extrem hohen Automatisierungsgrade und die

Schnittstellenproblematiken zwischen den verschiedenen Softwaretools sowie unterschiedliche Programmiersprachen zur Anlagensteuerung als kaum überwindbare, sehr kostenintensive Hindernisse erwiesen.

Allerdings haben die grundlegenden Erkenntnisse aus der CIM-Entwicklung dazu geführt, dass insbesondere in den Bereichen Robotereinsatz sowie der Produktionsplanung und -steuerung erhebliche Fortschritte erzielt wurden. Somit kann die reale Umsetzung des CIM-Konzeptes durchaus als Erfolg bezeichnet werden, und auch für die digitale Fabrik sind die CIM-Pioniere als Wegbereiter anzusehen.

### Die Vision der digitalen Fabrik

Eine mögliche Vision der digitalen Fabrik könnte wie folgt beschrieben werden:

Die Verknüpfung aller an der Planung neuer Produkte und Produktionsanlagen sowie der für den Betrieb der Fabriken notwendigen rechnergestützten Werkzeuge erfolgt über eine zentrale Datenbank. Neue Strukturen in den Produktentstehungsprozessen sorgen für die Erfüllung der Forderung nach Simultaneous Engineering. So ist die ganze Fabrik als durchgängiges konsistentes Virtual Reality-Modell (VR-Modell) im Computer abgebildet und kann von der Produktidee bis hin zum Rückbau der Produktionsanlagen und Gebäude durchgängig genutzt werden. Ein automatisches Datenmanagement (z. B. mit PDM- und PLM-

Systemen) sorgt dafür, dass Änderungen nach ihrer Freigabe zu einer Aktualisierung der Daten in allen betroffenen Bereichen des Unternehmens führen. Der Zugriff auf alle notwendigen Informationen ist permanent möglich. Ohne aufwendige Konvertierung können die Daten zwischen den Systemen ausgetauscht werden, da die weitestgehend offene Struktur der Softwaretools das Andocken neuer unternehmensspezifischer Module und neuer Tools erlaubt. Leistungsfähige VR-Systeme lassen jederzeit eine High-End-Visualisierung sämtlicher wichtiger Sachverhalte zu, sodass vom Produktdesign bis hin zur Begehung der neuen oder modifizierten Produktionshalle eine fachübergreifende Zusammenarbeit verschiedener Experten möglich ist.

Die Simulationstechniken sind weiter verfeinert worden, wodurch auch die Phasen der Produktentwicklung und physischen Produkterprobung minimiert werden können. In Konsequenz führt dies zu einer wesentlich geringeren Anzahl an Prototypen des Produktes. Das Tryout für die Produktionsanlagen wird fast gänzlich mithilfe von VR-gestützten Simulationen durchgeführt, sodass kaum noch physische Versuchsanlagen bzw. Testfabriken gebraucht werden. Der Aufbau von neuen Gebäuden, Einrichtungen und Produktionsanlagen kann mithilfe des Laserscannings permanent überwacht werden. Die aus den Scans erzeugten VR-Modelle der Hallen und Anlagen können mit den Planungsdaten und -modellen abgeglichen werden und lassen Fehler in der Umsetzung sofort

erkennen. Gegenmaßnahmen oder Planungsanpassungen können umgehend vorgenommen werden. Es gibt keine Nullserien mehr, da auch hier eine virtuelle Absicherung erfolgt. Infolge dessen sind auch die Anlaufkurven zum Produktionsstart sehr steil, da nur noch wenige Fehler in den Anlagen oder deren logistischer Anbindung auftauchen.

In der Seriennutzungsphase überwachen und steuern Ablaufsimulatoren den Fabrikbetrieb und bieten Unterstützung bei der Disposition von Aufträgen (z. B. dynamische ERP- oder Multiagent-Systeme). Beim Auftreten von größeren Störungen werden kurzfristig Notfallszenarien generiert und simuliert, sodass klare Handlungsanweisungen für eine effiziente Reaktion gegeben werden können.

Wandlungsprozesse und Optimierungen können ebenfalls mit dem Computermodell durchgespielt werden, sodass auch für Reorganisationen, Umbauphasen und Inbetriebnahmen

optimale Bedingungen geschaffen werden. Veränderungen in den Layouts führen zu einer automatischen Anpassung der entsprechenden Materialflussmodelle und können sofort mit Simulationsergebnissen abgesichert und beurteilt werden. In einer Erweiterung der Simulationsfunktionen sind permanente Kostenüberwachungen möglich. Die digitale Fabrik fungiert in diesem Zusammenhang somit auch als Werkzeug für das Controlling und eine erweiterte Betrachtung der Wirtschaftlichkeit.

Also arbeitet die digitale Fabrik bereits in Entwicklungsphasen virtuell so, wie die reale Fabrik nach der Umsetzung funktionieren soll. Zusätzlich ist sie nach der Planungsrealisierung permanent an den tatsächlichen Produktionsprozess gekoppelt und dient zu dessen Kontrolle, Steuerung und ständigen Verbesserung. Abb. 1 stellt das notwendige IT-Gesamtkonzept zur Vision der digitalen Fabrik dar.

### Umsetzungsstand

Es kann festgestellt werden, dass die digitale Fabrik mit ihrer überzeugenden Vision und ihrer zunehmenden Realisierung die potenzielle Lösung vieler Problemstellungen zukünftiger Produktionsplanungen mit entscheidend besserer Effizienz bietet (vgl. WALTER 2002). Wer sich dem globalisierten Wettbewerb stellen will und Produkt- und Produktionsentstehungszeiten bei verbesserter Qualität um Größenordnungen senken muss, kommt an der digitalen Fabrik nicht vorbei.

Die Hauptlast der Umsetzungsanstrengungen dieser Vision tragen zurzeit jedoch fast ausschließlich umsatzstarke Großunternehmen und hier vor allem die Original Equipment Manufacturers (OEMs) der Automobil- und Luftfahrtindustrie.

Allerdings ist auch bei diesen Vorreitern das Problem eines durchgängigen Datenmanagements über Sys-

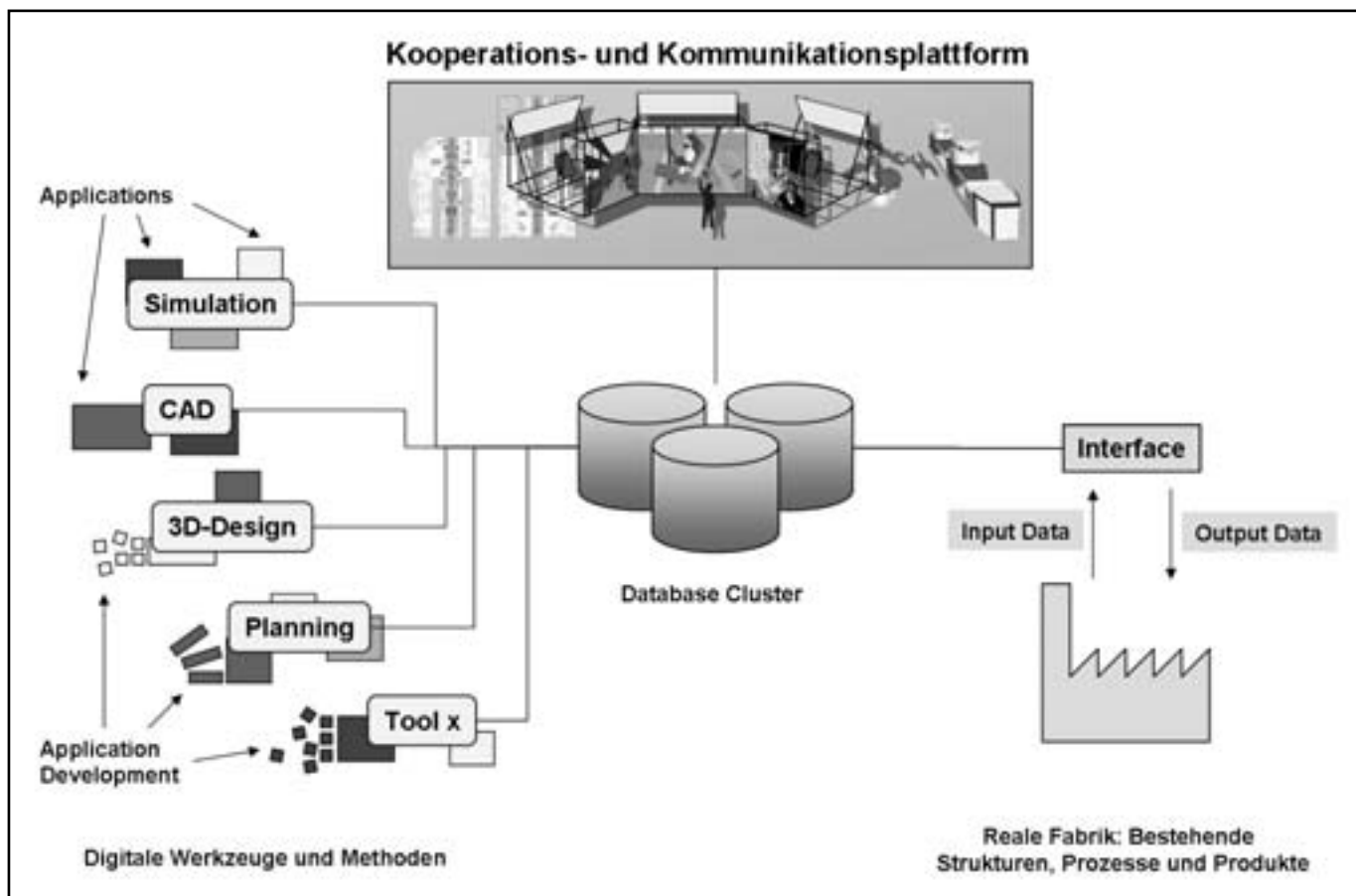


Abb. 1: IT-Gesamtkonzept zur Vision der digitalen Fabrik

temgrenzen hinweg, das die häufig weiterhin eingesetzten älteren Systeme mit einbezieht, noch von seiner durchgängigen Lösung entfernt. Ebenso fehlen in vielen Fällen intelligente Schnittstellen für den Im- und Export auch älterer Datenformate, die zeitlich und finanziell aufwändige Konvertierungen erforderlich werden lassen. Diese Problematik, deren Brisanz mit zunehmendem Realisierungsgrad der digitalen Fabrik immer stärker in das Blickfeld der Unternehmen getreten ist, hat schon dazu geführt, dass allzu optimistische Prognosen zumindest teilweise revidiert werden mussten.

Auf Anbieterseite existieren derzeit im Wesentlichen nur zwei Firmen, die in der Lage sind, gewissermaßen schlüsselfertige „Komplettlösungen“ auf dem Gebiet der digitalen Fabrik anzubieten, bei denen verschiedene Softwarewerkzeuge auf eine integrierte Datenbasis zugreifen und auf diese Weise jedem Anwender die benötigten Daten stets auf dem neuesten Stand zur Verfügung stellen. Zwar werden auch von vielen anderen Unternehmen einzelne Werkzeuge unter dem Oberbegriff „digitale Fabrik“ veröffentlicht. Hierbei handelt es sich jedoch überwiegend um Produkte, die nur Lösungen für einzelne, häufig eng begrenzte Gebiete innerhalb des Wirkungsbereiches der digitalen Fabrik bieten. Aus der Perspektive einer über das eigene, proprietäre System hinausgehenden Vernetzung, der Bereitstellung von Schnittstellen zu anderen Systemen sowie des durchgängigen Datenmanagements verharren sie letztlich doch auf der Ebene von Insellösungen.

Viele zum Thema digitale Fabrik angestellte Überlegungen lassen vermuten, dass kein Unternehmen allein in der Lage sein wird, diese Herausforderung ganzheitlich zu bewältigen. Vielmehr wird es notwendig sein, weitgreifende Kooperationen anzustreben. Die Zielsetzung, Wettbewerbsvorteile im Alleingang zu erhalten und zu bewahren, ist mit der Gefahr verbunden, gänzlich isoliert zu werden, da zu viele unternehmensspezifische Softwarelösungen entwickelt werden müssen, die auch spezifisch zu pflegen sind und langfristig die Anknüpfung von Entwicklungspartnern, Zulieferern und Dienstleistern entscheidend erschwe-

ren. Wahrscheinlich werden auf diese Weise nur Teilerfolge zu erzielen sein.

Der Bereich Anlagenprojektierung und Materialflusslogistik des Institutes für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit (IMAB) der TU Clausthal hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Realisierung des Konzeptes der digitalen Fabrik voranzutreiben und die Werkzeuge der Digitalen Fabrik weiterzuentwickeln. Ein Hauptfokus der Forschungsarbeiten liegt hierbei auf der Anwendung von Fabrikplanungswerkzeugen unter Nutzung von virtual reality (vgl. BRACHT/FAHLBUSCH 2001).

### **Virtual Reality (VR) als ein Werkzeug der digitalen Fabrik**

Unter virtual reality ist die Anwendung einer hochmodernen Mensch-Maschine-Schnittstelle zu verstehen, die mit dem Einsatz innovativer Endgeräte den Benutzer in eine dreidimensionale rechnerinterne Welt einbezieht. Sie umfasst alle Technologien zur Definition und echtzeitfähigen Aufbereitung eines rechnerinternen dreidimensionalen Modells für die menschlichen Sinne, die es dem Benutzer ermöglichen, durch Einbeziehung seiner Person in das Modell (Immersion) sowie infolge durch das Modell initiiertes multimodaler Rückkopplungen dieses direkt zu manipulieren (Interaktion).

Ein Hauptcharakteristikum der virtuellen Realität ist es, dem Benutzer die Illusion zu vermitteln, nicht mehr in der realen, sondern sich komplett in einer vom Computer simulierten, virtuellen Welt zu befinden. Die Immersion beschreibt dabei die psychische und physische Eingebundenheit des Benutzers in die jeweilige künstliche Welt. Durch ihre technischen Möglichkeiten unterstützt die virtuelle Realität diese Fähigkeiten und erlaubt dem Benutzer das „Eintauchen“ in diese Welt, d. h. das Selbst-Teil-Werden in der Szenerie. Die Möglichkeiten der Interaktion gestatten es dem Benutzer, in dieser künstlichen Welt zu navigieren, d. h. diese künstliche Welt auf vielfältige Weise zu erkunden und direkt Einfluss auf die Art der Präsentation sowie die Handlung zu nehmen. Die Aktionen des Benutzers werden dabei synchron ohne Zeitverzögerung

in die virtuelle Welt übertragen und dort entsprechend in eine Systemantwort umgesetzt. Der Grad der Immersion und die Möglichkeiten zur Interaktion sind dabei jedoch von den VR-typischen Ein- und Ausgabegeräten abhängig.

Das unverkennbare Charakteristikum einer virtuellen Umgebung hingegen ist eine in Echtzeit für den Benutzer wahrnehmbare und manipulierbare dreidimensionale künstliche Welt, in der die sich dort befindlichen Objekte definierten Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten unterliegen. Die virtuelle Umgebung kann somit als Weiterentwicklung der herkömmlichen Visualisierung bzw. Animation angesehen werden, allerdings mit dem Ziel, den Menschen von der Beschränktheit bisheriger Präsentations- und Interaktionstechniken loszulösen und ihn als aktiven Bestandteil in eine vom Computer generierte künstliche Umgebung zu integrieren. Hierzu wird in der virtuellen Umgebung mehr als nur der visuelle Sinn angesteuert. Durch Aktions- und Reaktionsmechanismen ist es möglich, auf die virtuelle Welt einzuwirken und entsprechende Reaktionen auch auditiv oder taktil wahrzunehmen.

Die hier vorgenommene Differenzierung zwischen den beiden Begriffen virtuelle Realität und virtuelle Umgebung erfolgt bewusst. Bei der virtuellen Umgebung handelt es sich um eine künstliche Welt. Die virtuelle Realität hingegen umfasst alle Elemente, die notwendig sind, um eine virtuelle Umgebung zu generieren und zu betreiben. Somit ist die virtuelle Umgebung nur ein Teil der virtuellen Realität. Die zur Generierung und zum Betrieb einer virtuellen Umgebung erforderlichen hard- und softwaretechnischen Bausteine bilden ein VR-System. Dazu gehören alle Komponenten zur Modellierung der Objekte, zur Präsentation der virtuellen Welt sowie zur Navigations- und Interaktionssteuerung.

### **Das Konzept der Augmented Reality (AR)**

Im Gegensatz zu den künstlichen Welten der virtuellen Realität wird bei der Augmented Reality die reale Welt um Zusatzinformationen erweitert. Auch hier sind große Potenziale für eine zu-

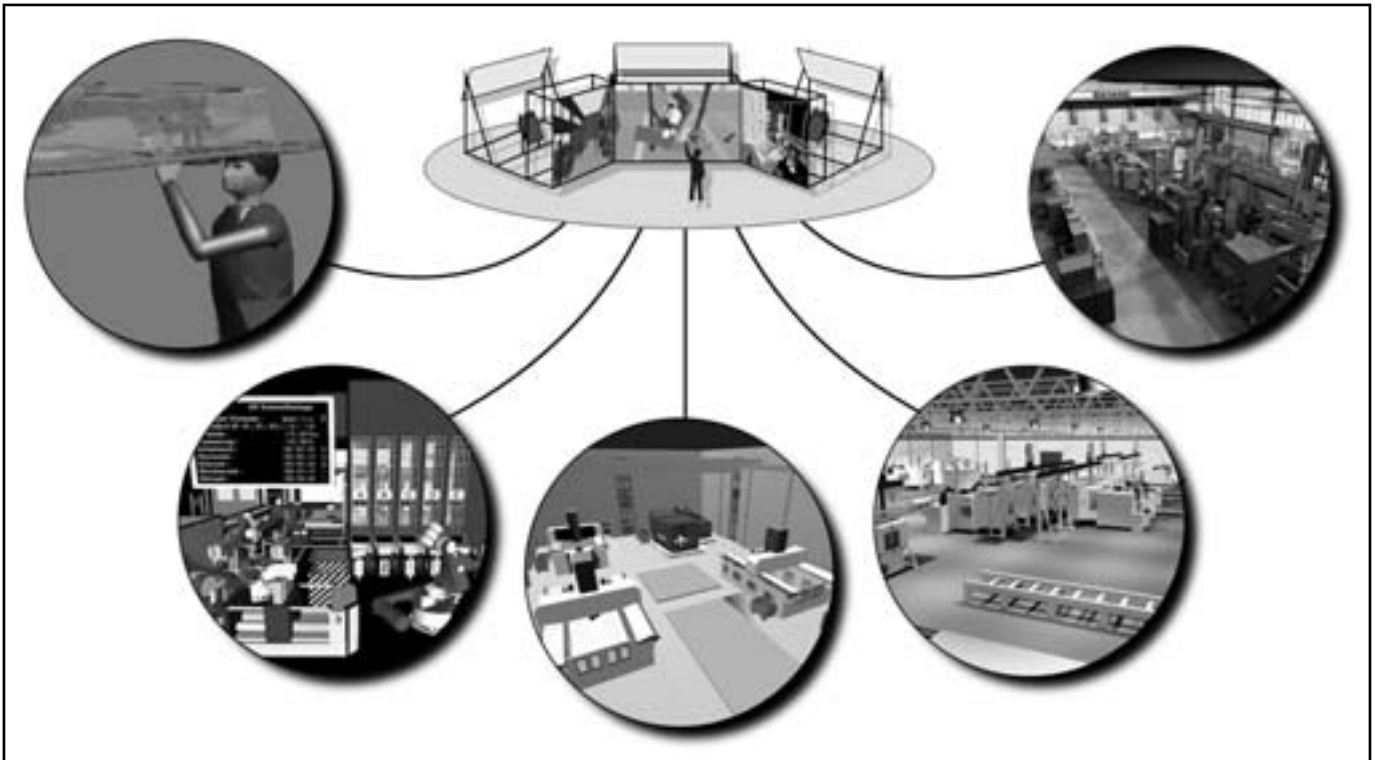


Abb. 2: Die VR-Großprojektion mit Anwendungsbeispielen

künftige Nutzung im Umfeld der digitalen Fabrik zu erwarten. Die wohl bekannteste technische Entwicklung im Bereich der AR sind Brillen, in deren Gläser Zusatzinformationen und Abbildungen eingeblendet werden können. Diese Technologie eröffnet eine Vielzahl von Möglichkeiten. Denkbar sind in diesem Zusammenhang elektronische Guides für Touristen, die an historischen Orten Grafiken von Gebäuden in ihrem ursprünglichen Aussehen dem heutigen Erscheinungsbild überlagern oder mittels Wegpfeilen, ähnlich einem Navigationssystem, dem Besucher eine Route durch das Areal weisen und Jahreszahlen oder ähnliche Zusatzinformationen anbieten. Im industriellen Alltag erhofft man sich zukünftig von dieser Technologie erhebliche Nutzenpotenziale im Bereich der Anlagenwartung und bei Montagetätigkeiten. So können Arbeitsreihenfolgen oder Hinweise zu besonders zu beachtenden Bauteilen in die Brille projiziert werden, sodass der entsprechende Mitarbeiter keinen Arbeitsgang vergessen und besonders sicherheitsrelevante Vorgänge sorgfältig ausführen kann. Hinzu kommt weiterhin der Vorteil, den Schulungsaufwand für neue Mitarbei-

ter minimieren zu können und variantenabhängig abweichende Vorgänge bei bestimmten Produkten immer vom Techniker beachtet werden. Dies hat besondere Bedeutung vor dem Hintergrund, dass in fast jeder Branche eine zunehmende Zahl von kundenspezifischen Varianten zukünftig zu bedienen sein wird.

Gegenwärtig ist allerdings die Technik noch nicht so weit vorangeschritten, alle Vorteile der augmented reality auszunutzen. Damit nämlich die richtige Information an die richtige Stelle projiziert werden kann, muss das dazugehörige Computersystem den Blickwinkel des Betrachters ermitteln können. Dazu dient ein Trackingsystem, das die Position der Brille ortet und die somit für den Betrachter zu sehenden realen Elemente identifizieren muss. Der technische Aufwand dafür ist im Moment noch sehr groß und führt unter anderem dazu, dass der Anwender neben der Brille noch das Tracking- und ein Eingabesystem in Verbindung mit einem entsprechend leistungsfähigen Computer mitführen muss. Im jetzigen Entwicklungsstadium sind diese Komponenten aber noch zu groß und zu unhandlich. Zusätzlich entstehen Probleme mit den

Brillen, da die Anpassung des menschlichen Auges auf Fern- und Nahsicht eine genaue Festlegung der Schärfe für die Einblendung der Informationen erschwert.

### Fabrikplanung mit virtual reality

Die am IMAB vorhandene VR-Großprojektionsanlage (vgl. FAHLBUSCH 2001) mit insgesamt knapp 30 Quadratmeter Projektionsfläche besteht aus drei Segmenten, von denen die beiden äußeren in einem Winkel von 0 bis 90 Grad zum mittleren Segment schwenkbar sind. Auf diese Weise wird eine große Flexibilität in Bezug auf die Art der Projektion erzeugt, da Darstellungen sowohl auf einer Powerwall als auch in einer CAVE bzw. in sämtlichen denkbaren Zwischenformen („L-Bench“ o. ä.) möglich sind.

In Abb. 2 ist eine Prinzipdarstellung der Anlage mit Anwendungsbeispielen zu sehen. Das Bild wird auf jedes der drei Leinwandsegmente über eine Rückprojektion aufgebracht, die von jeweils einem PC gesteuert wird. Die Grafikkarten sind über ein Genlock-Device synchronisiert, sodass auch eine aktive Stereo-Projektion möglich

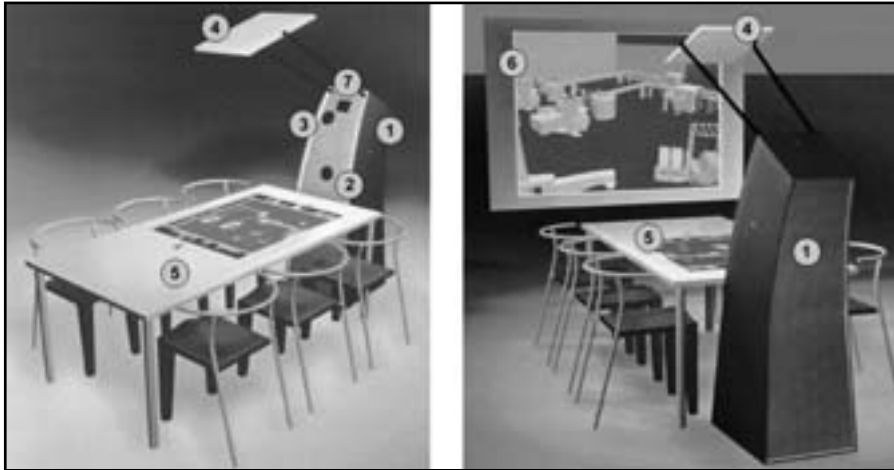


Abb. 3: Planungstisch Build-IT®

ist. Unter Nutzung einer Shutter-Brille kann beispielsweise eine Fabrikanlage immersiv besichtigt werden, bevor in der Realität auch nur der erste Stein gesetzt ist.

Zur Darstellung dreidimensionaler „Welten“ wird eine selbst entwickelte Software genutzt, die sehr detailreiche Darstellungen bei hoher Verarbeitungsgeschwindigkeit ermöglicht. Sie ist zudem sehr offen gestaltet, um beispielsweise das fremdgesteuerte Einladen von Objekten oder die Verknüpfung der Darstellung mit weiteren Planungswerkzeugen einfach zu ermöglichen.

Weiterhin wird am IMAB zur Layoutplanung bei höchstmöglichem Partizipationsgrad ein so genannter „Pla-

nungstisch“ genutzt (vgl. MASURAT 2001). In Abb. 3 ist eine Darstellung des eingesetzten Systems zu sehen.

Die Haupt-Hardwarekomponente des Planungstisches ist ein Rack (Punkt 1), in dessen unterem Teil sich ein Rechner befindet. Er verwaltet die zur Planung nutzbaren Objekte und berechnet die verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten.

Im oberen Teil des Racks sind zwei Beamer angebracht (Punkte 2 und 3), von denen der eine über einen Umlenkspiegel (Punkt 4) ein Bild auf die Fläche eines weißen Tisches projiziert, der vor dem Rack steht (Punkt 5). Der andere Beamer wirft sein Bild an die Wand an der Stirnseite (Punkt 6). Diese Zweiteilung der visuellen Ausgabe

ermöglicht es, einen Planungszustand am Planungstisch auf zwei verschiedene Arten zu betrachten: Auf dem Tisch ist eine Draufsicht des zu planenden Bereiches zu sehen, an der Wand hingegen eine 3D-Darstellung der Szene (Abb. 4).

Die Manipulation von Objekten in der Draufsicht wird über die so genannten Bricks ermöglicht. Bei ihnen handelt es sich um kleine metallene Klötzchen, die innen mit einer infrarotreflektierenden Folie beschichtet sind. Über einen ebenfalls mithilfe des Umlenkspiegels auf den Tisch gerichteten Infrarotemitter und -sensor (Punkt 7) lässt sich so die Position der Bricks auf dem Tisch bestimmen. In der Draufsicht wird sie durch ein Fadenkreuz, das in die Mitte des Bricks projiziert wird, angezeigt. Wird nun ein Brick auf dem Tisch beispielsweise auf die Position einer Maschine gelegt, wird sie „aktiviert“ und digital mit dem Brick verbunden. Dies wird sowohl in der Draufsicht als auch in der 3D-Darstellung durch einen roten Kasten um das jeweilige Objekt visualisiert.

Nun kann das Objekt durch Verschieben oder Drehen des Bricks in der Draufsicht an seinen neuen Platz bewegt werden. Wenn die gewünschte Position für das Objekt erreicht ist, kann durch Verdecken des Bricks mit der Hand die Infrarotverbindung zum Sensor unterbrochen werden. Dadurch wird auch die Verbindung zwischen Brick und Objekt gelöst; der Brick kann von der Planungsfläche

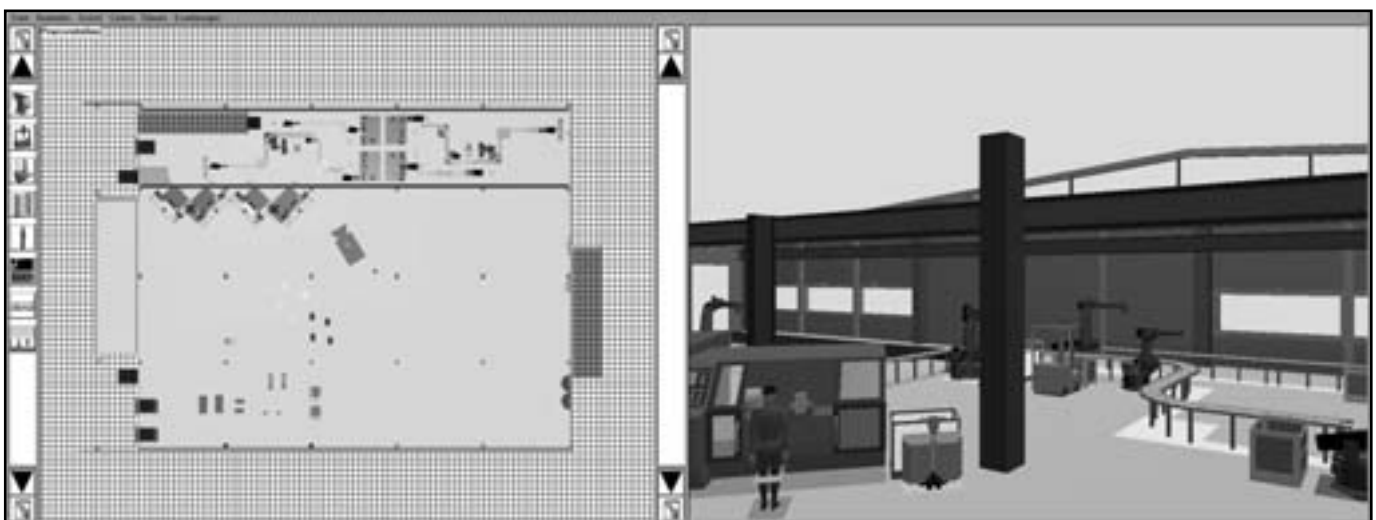


Abb. 4: Ansichten des Planungstisches



entfernt werden, und das Objekt verbleibt an seinem neuen Platz.

Auf die gleiche Weise lässt sich auch die in der 3D-Sicht dargestellte Ansicht verschieben oder anpassen: Der in der 3D-Sicht visualisierte Blickpunkt wird durch ein Kameraobjekt in der Draufsicht repräsentiert, das ebenfalls mithilfe der Bricks manipuliert werden kann.

Neben der Visualisierung von Objektanordnungen in 2D und 3D bietet der Planungstisch dem Nutzer weitere digitale Hilfsmittel zur Erleichterung seiner Planungsanstrengungen an.

Es ist möglich, den Planungstisch in einen „Mess-Modus“ zu schalten. Wenn er aktiviert ist, sind keine Manipulationen von Objekten möglich. Stattdessen werden Maße zwischen zwei auf dem Tisch platzierten Bricks auf dem Tisch abgelesen.

Weiterhin ist ebenfalls eine automatische Kollisionskontrolle der in der Draufsicht platzierten Objekte zuschaltbar. Wichtig für die Durchführung einer systematischen Planung ist weiterhin die Möglichkeit, das Layout in mehrere Ebenen unterteilen zu können. Dabei ist frei einstellbar, ob mehrere bzw. wie viele Ebenen gleichzeitig in Drauf- und 3D-Ansicht angezeigt werden sollen. Da die zur Planung verwendeten Objekte auch über mehrere Ebenen reichen können, ist somit z. B. auch die Planung vertikaler Fördersysteme möglich.

### Die digitale Fabrik in der Lehre

Zusätzlich zu dem bereits beschriebenen Nutzen der digitalen Fabrik bietet das Konzept grundlegende Vorteile im Bereich der Mitarbeiterausbildung und bei deren Weiterqualifizierung. Gerade weil sich der Einsatz von VR und AR anbietet ein virtuelles Testfeld zu betreten, lassen sich Neuerungen ohne Risiko erproben (vgl. WIENDAHL 2002). Ein besonders gutes Beispiel für eine zielführende Anwendung dieser neuen Technologien in der Ausbildung ist der Simulator für Baumerntemaschinen, den so genannten Harvestern (Abb. 5), am Institut für Roboterforschung der Universität Dortmund.



Abb. 5: Harvester-Simulation mit COSIMIR® VR  
(Quelle: Internetauftritt der EF-Robotertechnik GmbH)

Angesichts der Tatsache, dass es sich bei diesen Geräten um äußerst teure Maschinen handelt, ist eine gute Ausbildung und ein intensives Training im Umgang damit notwendig. Da aber die realen Maschinen wegen sehr hoher Betriebskosten permanent im Einsatz sein müssen und Fehlbedienungen zu teuren Schäden und kostenintensiven Ausfällen führen können, lag der Ansatz nahe, mit einer VR-Simulation die notwendigen Schulungen durchzuführen. Dazu sitzt der Trainingskandidat im realen Cockpit eines Harvesters und blickt auf eine passive 3D-Stereoprojektion. Mithilfe einer entsprechenden Brille kann er so die virtuelle Umgebung dreidimensional wahrnehmen, kann wie in der Realität mit den Werkzeugen des Baumernters agieren und die Auswirkungen seiner Arbeit erleben.

Ein ähnlicher Ansatz wird seit dem Jahr 2000 am IMAB im Bereich der Fabrik- und Logistikplanung verfolgt. Mit den am Institut vorhandenen Werkzeugen werden nicht nur im Rahmen von Industrieprojekten (vgl. BRACHT/MASURAT 2002 und BRACHT/ECKERT 2004) sondern auch in der Lehre neue Wege in der Fabrikplanung beschritten. Im Folgenden sei hier nun das Lehrmodell für die Fabrikplanung am IMAB beschrieben.

Zielsetzung des Lehrmodells ist es, die Studierenden an die Thematik Fabrik- und Logistikplanung sowie an Methoden und Werkzeuge für den effizienten Fabrikbetrieb heranzuführen. Die Basis für das Lehrmodell bilden in diesem Zusammenhang die Vorlesungen zu den entsprechenden Themen. Ergänzend dazu wird eine Lehrveranstaltung zu den Grundlagen des Projektmanagements angeboten, sodass auch ein Methodenwissen bezüglich der Durchführung von Projekten vermittelt wird. Vertieft werden die Grundlagen aus den Vorlesungen, wie auch bei anderen Universitäten üblich, durch zusätzlich abgehaltene Übungen, in denen besondere Bereiche des Lehrstoffes noch genauer behandelt und mit praktischen Beispielen belegt werden. Schon dabei werden die Studenten mit den Instrumentarien des Institutes vertraut gemacht und erhalten einen ersten Überblick über die neusten technischen Möglichkeiten bei der Planung von Fabrikanlagen. Im nächsten Schritt des Lernprozesses erhalten die Studenten die Gelegenheit, ihre Grundkenntnisse in vorgegebenen Szenarien anzuwenden. Man kann von einer gezähmten, kontrollierten Realität auf dem Campus sprechen, in der unter gegebenen Randbedingungen Aufgabenstellungen zu bearbeiten sind und eigene Erfahrungen mit der entsprechenden Materie ge-



Abb. 6: Partizipative Planungssitzung am Build-IT® des IMAB

macht werden können. Diese Praktika werden für den Bereich Fabrikplanung und Materialflusssimulation durchgeführt. Die oberste Stufe der Ausbildung am IMAB ist mit der Anfertigung einer Studien- bzw. Diplomarbeit erreicht, die entweder zu einem realen Industrie- oder zu einem Forschungsprojekt auf dem Gebiet der digitalen Fabrik gehören kann.

So setzen die Studierenden in allen Phasen bis hin zur Studien- bzw. Diplomarbeit verstärkt die Planungsinstrumente ein. Schritt für Schritt erfolgt eine Einarbeitung in jedes einzelne Tool, sodass bei einer Forschungs- oder Projektarbeit schließlich alle Planungsinstrumente im Verbund Verwendung finden können.

Durch das Erstellen von Ablaufsimulationen können optimale Produktionsabfolgen und Materialflüsse im Simulationslabor am Computer experimentell bestimmt werden. Diese Ergebnisse fließen dann in die Layoutplanung einer neuen Fabrikanlage mit ein.

Das Layout selbst kann in einem interdisziplinären Team partizipativ am Planungstisch entwickelt werden (Abb. 6).

Schließlich kann die fertig geplante Fabrik vom Planungstisch in das VR-

Labor des IMAB übertragen werden (Abb. 7).

Alle diese Systeme sind weitestgehend miteinander verbunden. Über den Institutsserver ist ein Anschluss an das Internet möglich, sodass zukünftig Studententeams in verschiedenen Instituten am selben Planungsmodell arbeiten können.

Alle Instrumente zusammen bilden einen Baustein auf dem Weg zur digitalen Fabrik. Das frühe Heranführen der

Studierenden an neue Vorgehensweisen und Instrumente zur umfassenden Planung von ganzen Fabriken inklusive aller Technologie-, Arbeits- und Logistikprozesse eröffnet neue Möglichkeiten für die spätere Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams, da besonders die fachübergreifende Kooperation gefördert werden kann. Zusätzlich erzeugen die anschaulichen digitalen Modelle ein besseres Verständnis für die Zusammenhänge bei der Planung und dem Betrieb von Produktionsanlagen und ganzen Fabriken. Besonders komplexe Zusammenhänge, wie sie in stark dynamischen Systemen zu finden sind, lassen sich auf diese Weise viel besser verstehen und Planungsfehler, wie sie z. B. bei der rein statischen zweidimensionalen Planung entstehen, können weitestgehend vermieden werden. Auch der motivierende Aspekt der mittels Simulation und Animation belebten funktionstüchtigen Modelle (vgl. BRACHT/MASURAT 2003) trägt zu einer positiven Aufnahme der Lehrinhalte bei und lässt daher einen weiteren Vorteil der digitalen Fabrik zum Tragen kommen (Abb. 8).

Dass zukünftig auch die kontinuierliche Weiterbildung aller Experten notwendig sein wird, ist allseits bekannt und führt zu neuen Anforderungen an den Lehrbetrieb. Dazu wird es notwendig sein, auch für diesen Zweck neue Konzepte zu entwickeln und in den betrieblichen Alltag zu integrieren. Das aber bedeutet, dass auch die

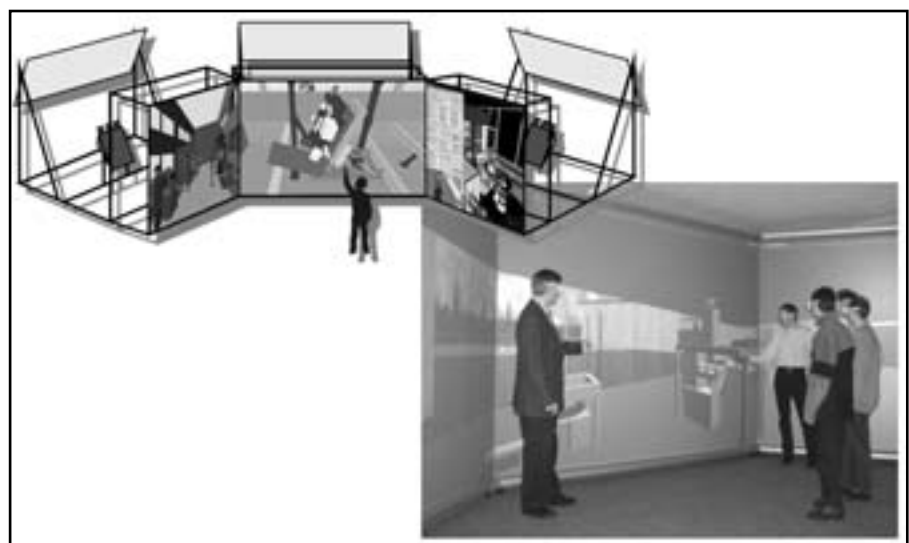


Abb. 7: Projektbesprechung mit Studenten im VR-Labor des IMAB

Hochschulen und Universitäten nicht mehr nur in der Erstausbildung tätig sein werden können. Daher sollen besonders auch im Bereich der Weiterbildung zukünftige neue IT-gestützte Lehrmodelle für die Fabrikplanung am IMAB der TU Clausthal entwickelt werden.

## Literatur

BERGBAUER, J.: Entwicklung eines Systems zur iterativen Simulation von Produktionssystemen in einer virtuellen Umgebung. In: BRACHT, U. (Hrsg.): Innovation der Fabrikplanung und -organisation. Shaker Verlag, Band 8, Aachen 2002.

WALTER, T.: Einsatz von Methoden der digitalen Fabrik bei der Planung von Produktionssystemen für die Automobilindustrie. In: BRACHT (Hrsg.): Innovation der Fabrikplanung und -organisation. Shaker Verlag, Band 6, Aachen 2002.

BRACHT, U./FAHLBUSCH, M.: Fabrikplanung mit Virtual Reality. In: ZWF, 2001, Heft 1-2, S. 20-26.

FAHLBUSCH, M.: Einführung und erste Ansätze von Virtual Reality-Systemen in der Fabrikplanung. In: BRACHT, U. (Hrsg.): Innovation der Fabrikplanung und -organisation. Shaker Verlag, Band 4, Aachen 2001.



Abb. 8: Funktionstüchtige Produktionszelle im VR-Labor des IMAB

MASURAT, T.: Partizipatives Planen von Fabrikanlagen am Planungstisch Build-It. In: Tagungsband Tag der Forschung „Informationstechnologie“. Clausthal 2001, S. 8-9.

WIENDAHL, H.-P.: Die digitale Fabrik – Mehrwert in der Fabrikplanung durch den Einsatz von VR. In: Tagungsband „Die digitale Fabrik“. Bären 2002, Workshop der Unity AG.

BRACHT, U./MASURAT, T.: Die vergessenen Fabriken. In: wt-online, 2002, 4, S. 154-158.

BRACHT, U./ECKERT, C.: Mut zur Unschärfe hilft neuen Planungstechniken. In: CAD-plus, Heft 3, 2004, S. 64-66.

BRACHT, U./MASURAT, T.: Integration von Virtual Reality und Materialflusssimulation zum digitalen Prozessmuster. In: wt-online, 2003, 4, S. 249-253.

Markus Mohr

## Die digitale Fabrik – Ein Quantensprung in der Fertigungsplanung

Die digitale Fabrik wird bei Bosch bereits praktiziert. Die besondere Herausforderung liegt vor allem bei den Mitarbeitern in Planung und Konstruktion, denn für sie ändert sich sehr viel bei ihrer Zusammenarbeit und den Werkzeugen, mit denen sie arbeiten (Abb. 1). Dabei gilt es beispielweise, in der digitalen Fabrik langjährige Erfahrung von „traditionell“ arbeitenden Mitarbeitern mit einzubeziehen und dieses Know-how mit den virtuellen Werkzeugen zu paaren.

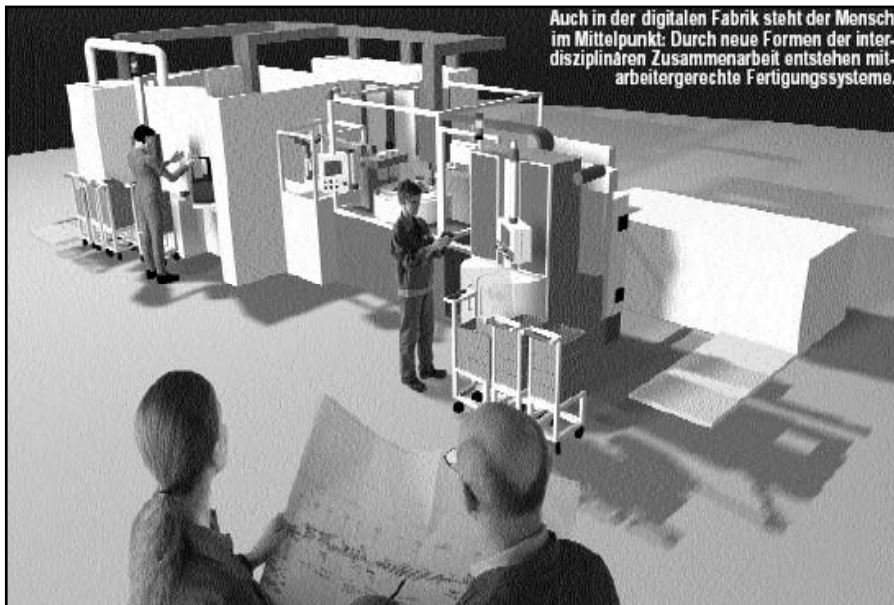
Die anfangs 2001 aufgestellte Vision der digitalen Fabrik wird immer greif-

barer. In der ersten Reihe stehen die OEMs, die ihre Ziele konkreter als noch vor einigen Jahren sehen. Aber auch die Anlagenlieferanten und Zulieferer der OEMs haben die digitale Fabrik für sich entdeckt. Die frühe Einbindung des Zulieferers zusammen mit einem sehr schnellen und weit vor der Hardware einsetzenden durchgängigen Datenaustausch steht für eine neue Qualität im Konstruktions- und Planungsprozess.

Das Rückgrat der digitalen Fabrik bei der Robert Bosch GmbH bildet der datenbankbasierte Process Engineer

der Fa. Delmia (DPE) aus dem Hause Dassault. Sowohl der Kostenvergleich kompletter Fabrik-Konzepte mit verschiedenen Stückzahl Szenarien als auch die ergonomische Ausgestaltung des Handarbeitsplatzes und kompletter Linienlayouts erfolgen auf derselben Datenbasis und werden von der Software unterstützt.

Alle Fakultäten sind dadurch neu gefordert, wie z. B. die Teilekonstruktion, Fertigungsplanung, Arbeitswirtschaft etc. Hierbei werden sie in Bamberg durch die Abteilung Industrial Engineering (IE) unterstützt. Ihnen kommt



Auch in der digitalen Fabrik steht der Mensch im Mittelpunkt: Durch neue Formen der interdisziplinären Zusammenarbeit entstehen mitarbeitergerechte Fertigungssysteme.

Abb. 1: Übersicht über Fabrikstruktur\*

die Aufgabe zu, die Einführung der digitalen Fabrik mit ihren Methoden und Tools zu fördern und den Anwendern Hilfestellung zu geben. Die Funktionsstelle Industrial Engineering zielt darauf ab, dass durch frühestmögliche Einbeziehung der Fachabteilungen ein optimaler Fertigungshochlauf erreicht wird. Dies gilt insbesondere auch für standortübergreifende (globale) Planungsprojekte. Mit diesem Vorgehen wird eine hohe Planungssicherheit bei minimalen Planungszeiten und exakter Dokumentation der Planungsschritte sowie ein kürzerer Fertigungshochlauf erreicht.

Fortschritte bringt die digitale Fabrik u. a. auch durch neues Denken. Deshalb unterstützt eine Bildungsoffensive, das Qualifizierungskonzept, die Einführung der neuen Methodik. In mehr als 20 aufeinander abgestimmten Seminaren werden jährlich über 3500 Teilnehmertage Schulung im Unternehmen geleistet. Das Seminarangebot reicht dabei von den Themen der Arbeitssystemgestaltung und Zeitwirtschaft über rechnergestützte Fertigungsplanung bis hin zur Fertigung und Fabrik-Layoutplanung.

Die Schulung und vor allem die Einarbeitung der Mitarbeiter in die neue Vorgehensweise benötigt Zeit. Diese Zeit brauchen die Mitarbeiter, weil die Methoden sonst eventuell falsch oder unvollständig angewendet werden

und so die Vorteile nicht zum Tragen kommen.

Die digitale Fabrik bietet eine Fülle von Möglichkeiten für die Fertigungsplanung, die alle auf eine integrierten Datenbasis zugreifen: zum Beispiel fertigungs- und montagegerechte Produktgestaltung, Logistikplanung, entwicklungsbegleitende Kostenschätzung, Arbeitsplatzgestaltung, Zeitwirtschaft und Ablaufsimulation. Mit dem Fortschreiten des gesamten Projektes werden die Daten zunehmend detaillierter.

Mit der digitalen Fabrik sollen die Fertigungsplaner von vielen Routineaufgaben entlastet werden. Die vernetzte Datenbasis macht es einfacher, Planungen schnell zu ändern und Varianten schnell zu erstellen.

Eine für den Fertigungsplaner alltägliche Situation: Am Produkt wird ein Bauteil geringfügig geändert oder zum Beispiel die geplante Stückzahl durch einen neuen Kundenauftrag erhöht. Beide Änderungen sind durch die zentrale Datenablage schnell erledigt. Ein weiterer Vorteil ist die Minimierung der Reibungsverluste zwischen Entwicklung und Planung. Durch die Übernahme der Entwicklungsdaten in den Delmia Process Engineer hat der Fertigungsplaner zu einen sehr frühen Zeitpunkt die Möglichkeit, sich die Bauteile in 3D darzustellen und Einfluss auf die Konstruktion zu nehmen, um das

Bauteil montagegerecht mitzugestalten.

DFMA (Design for Manufacture and Assembly) ist die methodische Unterstützung der fertigungs- und montagegerechten Produktgestaltung. Ziel ist es hierbei, das neue Produkt in einer frühen Phase des Entstehungsprozesses so zu gestalten, dass seine Herstellung unter den Gesichtspunkten von Qualität, Liefererfüllung und Logistik einen möglichst großen Anteil zum Wertbeitrag leistet. Durch eine konsequente Anwendung der Methode können folgende Verbesserungen erzielt werden:

- Geringere Komplexität (Varianten, Teilezahl, Prozesse etc.),
- Minimierung der Herstellkosten,
- Kürzere time-to-market,
- Sicheres Beherrschen der Prozesse,
- Minimierung des Planungsaufwandes.

Die Erarbeitung findet im Rahmen von Workshops im interdisziplinären Team (Fertigungsplaner, Entwickler, Einkäufer und Mitarbeiter aus der Qualitätssicherung) statt. Durch die rechnergestützte Fertigungsplanung stehen allen Projektbeteiligten die benötigten Informationen zur Verfügung, wie z. B. Erzeugnisstruktur, Prozessgraf und das 3D-Modell selbst. Dadurch werden Leerlaufplanungen vermieden.

Durch den Einsatz des Planungsleitfadens ist sichergestellt, dass die Planungsergebnisse mit dem Bosch Produktion System konform sind. Der Einsatz der digitalen Fabrik führt zu standardisierten Planungen. Dadurch lassen sich leichter bewährte und einheitliche Fertigungsprozesse, Maschinen und Fertigungskonzepte planen, die später in der Produktlebenszyklusberechnung auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft und berechnet werden.

In der Produktlebenszyklusberechnung werden verschiedene Fertigungskonzepte mit verschiedenen Stückzahlprognosen bewertet. Durch die Anwendung der Methode ist ein Ratiopotenzial von bis zu 1% der Produktherstellkosten über den Produktlebenszyklus möglich. Durch die digitale Fabrik entsteht mehr Raum für Kreativität. So lassen sich viel mehr Ideen und Varianten durchplanen und

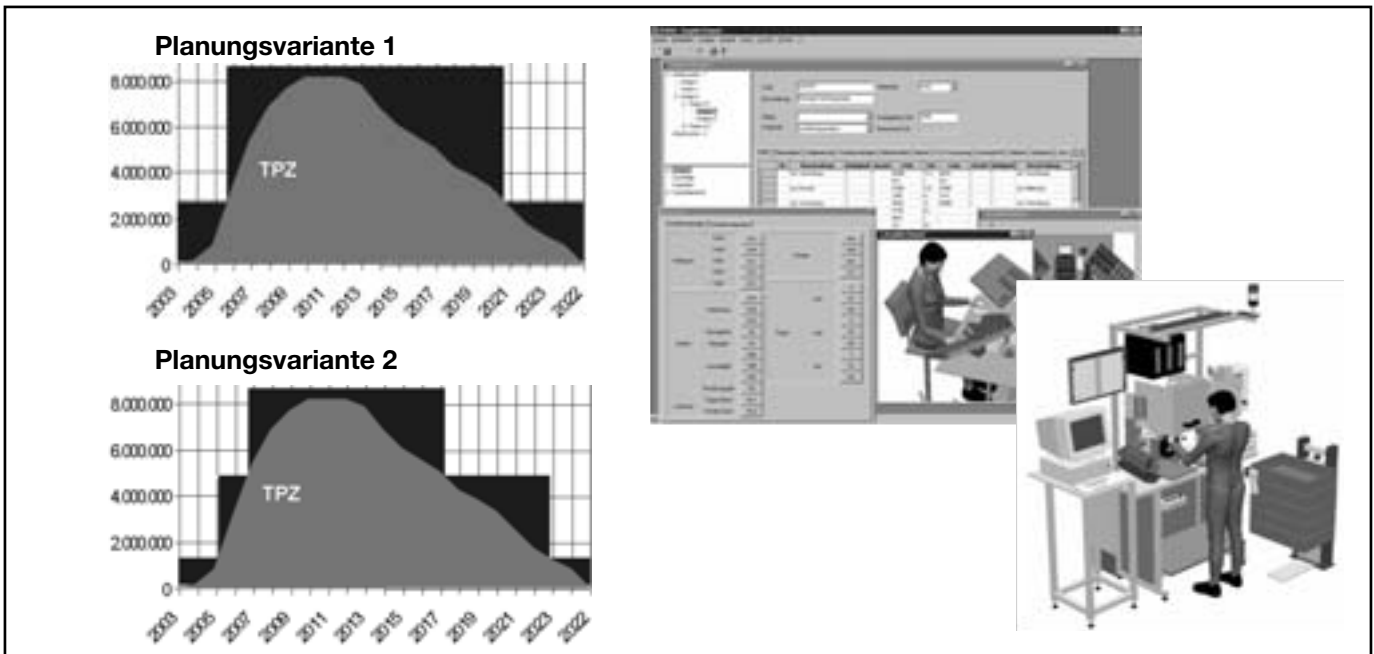


Abb. 2: Datenübersicht zur Kapazitätsplanung

bewerten. Die Produktlebenszyklusberechnung läuft in folgenden Schritten ab:

- Auf Basis des Prozessgraphen werden alternative Fertigungskonzepte entwickelt.
- Für jedes Fertigungskonzept wird dann eine Kapazitätsrechnung auf Basis der technischen Kriterien durchgeführt.
- Für jedes Fertigungskonzept werden die maßgeblichen Werttreiber wie Investition und Personalkosten ermittelt.
- Aus diesen Kosteninformationen werden unter Berücksichtigung der ökonomischen Standardabschreibungswerte die jährlichen Gesamtkosten und die minimalen Vergleichsstückkosten berechnet.
- Aus den geplanten Fertigungskonzepten werden durch Kombination verschiedene Fertigungsszenarien für den Produktlebenszyklus erstellt. Zur Bewertung werden die dynamischen Kosten der Szenarien verwendet. Darin sind die jährliche Auslastung der einzelnen Fertigungskonzepte und die geplante ökonomische Nutzungsdauer berücksichtigt.
- In einer Sensitivitätsanalyse wird der vorhergehende Schritt für verschiedene Planzahlen-Verläufe

wiederholt, um die Flexibilität der Szenarien zu beurteilen.

- Die Berechnung wird dann auf den gesamten Wertstrom ausgedehnt. Die daraus resultierenden Fabrikkonzepte bilden alle Phasen des Produktlebenszyklus ab.

Durch den Einsatz der Software Delmia Process Engineer werden alle Daten für die Berechnung der maximalen Kapazitäten systematisch erfasst und berechnet (Abb. 2).

Nachdem die Entscheidung für das wirtschaftlichste Fertigungskonzept gefallen ist, wird in Bamberg mit der Arbeitssystemplanung begonnen. Die Arbeitssystemplanung umfasst die technische und räumliche Neu- sowie Umplanung von Arbeitsplätzen und komplexen Montagesystemen.

Ziel ist das optimale Zusammenwirken von Mitarbeitern, Technik, Information und Organisation unter wirtschaftlichen Erfordernissen. Durch den Einsatz der digitalen Fabrik ist es schon in der Planung möglich, die Arbeitssysteme in 3D zu erstellen. Zum Leistungsumfang zählen:

- Aufbau von Arbeitsplätzen und Anordnung zu Arbeitssystemen aus 3D-Bibliotheken, Stücklistenfunktionen, 3D-Grafik-Modellierer für werkspezifische Arbeitsplatzausrüstungen und Systemelemente;

- Import/Export von Daten aus CAD-Systemen über Schnittstellen;
- Beschriftung und Bemessung von Arbeitsplätzen;
- Einblenden von Werker-Modellen unterschiedlicher Körperhöhen und Nationalitäten; Beurteilung der Körperhaltung, der Greifräume und der Blickfelder;
- u. a. ergonomische Berechnungsalgorithmen für Arbeitsplatzmaße, ausführbare Körperkräfte und Drehmomente an Vorrichtungen bzw. Stellteilen, zumutbare Körperkräfte beim Handhaben von Lasten;
- Verschiedene Checklisten.

Auch die Logistikplanung hat in der digitalen Fabrik ihren Platz gefunden. Die Logistikplanung ist Bestandteil der Fabrikplanung und erfordert durch die starken gegenseitigen Abhängigkeiten mit den vor- bzw. nachgelagerten Bereichen eine abgestimmte, iterative Vorgehensweise mit der Fertigungsplanung.

Funktionsbereiche zur Gestaltung:

- Wareneingang sowie Versorgung der Fertigung mit Rohstoffen und Komponenten von Zulieferern;
- Verknüpfung von Fertigungs- und Montagebereichen;
- Ablieferung von Fertigerzeugnissen aus der Fertigung/Montage ein-

schließlich Verpackung und Versand an den Kunden.

Planung in den Funktionsbereichen

- Ablauforganisation;
- Ausrüstung, Transport, Lager/Puffer;
- Fertigungssteuerung und Informationsfluss.

Projektziel und Basisdaten der Planungsaufgabe werden festgelegt (Information zum Erzeugnis und der Fertigung, Typenzahl, Stückzahlen, Zeitplan). Ebenso sind fixierte Randbedingungen zu nennen. Die Basisdaten für die Logistikplanung entsprechen zum großen Teil denen, die auch in der Fertigungsplanung benötigt werden. Aus den Basisdaten werden die lösungsneutralen Grunddaten des Mengengerüsts für den Logistikprozess ermittelt, wie Transportbedarf (Transportbeziehungen, Teile/Volumen je Zeiteinheit) und Lagerbedarf (Anzahl Teile, Volumen).

Ergebnis der Mengengerüstermittlung sind Bedarfslisten für die Lager- und Materialflussmatrix. Unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen lassen sich daraus die lösungsorientierten Mengengerüste für unterschiedliche Konzepte ableiten.

Aufbauend auf den Basisdaten werden alternative Konzepte für den Logistikprozess entwickelt. Organisation, Ausrüstung, Fertigungssteuerung und Informationsfluss sind die bestimmenden Elemente.

Die Konzepte werden hinsichtlich Zielerfüllung, Maschinen, Gemeinkosten und Passungsfähigkeit an sich ändernde Randbedingungen bewertet. Ergebnis der Konzeptplanung ist ein maßstäbliches Layout mit Beschreibung der Abläufe. Als Orientierungshilfe im Planungsprozess ist es sinnvoll, unabhängig von eventuell vorhandenen Einschränkungen als erstes ein Idealkonzept zu entwickeln (vgl. Abb. 3).

Aus den Lösungskonzept werden Varianten ausgewählt und detailliert ausgeplant. Ergebnisse der Detailplanung sind maßstabsgerechte Modelle und Pflichtenhefte für die Anlage sowie detaillierte Aussagen zu den Abläufen, Maschinen, Gemeinkosten und Mitarbeiterbedarf.

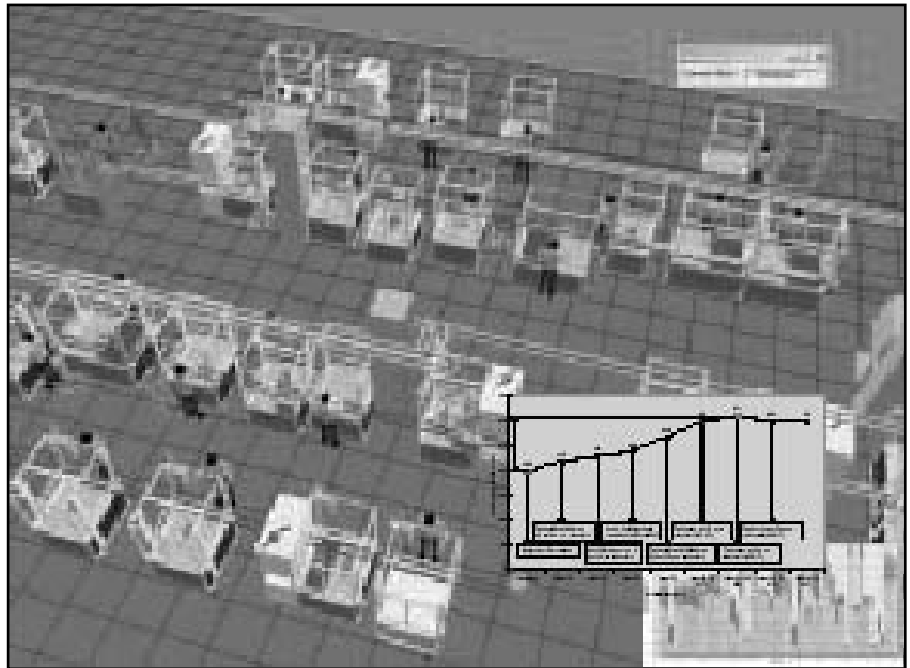


Abb. 3: Gesamtdesign des Produktionssystems

Um möglichst kurze Transportzeiten und somit auch geringe Transportkosten zu ermöglichen, geben Optimierungsverfahren zu Materialflussplanung Hinweise zur materialflussgerechten Anordnung der Betriebsmittel.

Ein weiterer Schwerpunkt im Rahmen der Arbeitssystemplanung ist die Ermittlung von Montagezeiten (Vorgabezeiten). Durch Nutzung der 3D-Modelle aus der Arbeitssystemplanung können die einzelnen Geometriedaten und Bewegungslängen ermittelt werden und mithilfe von MTM-Grundverfahren bewertet werden. Die ermittelten Zeitdaten dienen als Führungsgröße für Planung (z. B. Investitionen, Personalbedarf), Steuerung (z. B. Nutzung/Belegung, Durchlaufzeiten, Termine), Controlling (z. B. Nachkalkulation, Kennzahlen) und Entlohnung (z. B. Akkord, Prämie, Pensum). Zum gleichen Zeitpunkt wird abteilungsübergreifend in Workshops mittels Rechner und Beamer unter Berücksichtigung von verschiedenen Prämissen, angefangen von Flächenbelegung über Materialfluss bis hin zum Mitarbeiterfluss, das optimale Linienlayout erstellt. Durch die 3D-Abbildung ist es allen Beteiligten sehr schnell möglich, eine gemeinsame Diskussionsgrundlage zu schaffen. Durch die schnelle und flexible Erstellung der Linienlayouts kann schon in einer sehr frühen Phase

der Hochlauf mit Ausbaustufen und auch der Auslauf des Produktes geplant werden. Dies gilt sowohl „global“ für das Design einer ganzen Fabrikhalle als auch für einzelne Details einer Werkzeugmaschine und den Montage-Arbeitsplatz eines Mitarbeiters.

Planungen mit komplexen Fertigungsstrukturen müssen durch eine frühzeitig Nivellierung der Fertigung abgesichert werden. Mit statischen Bewertungsverfahren können Fragestellungen komplexer Fertigungsstrukturen oftmals nur unzureichend beantwortet werden. Die Fabriksimulation soll hier für mehr Planungssicherheit sorgen. Mit der Rechengeschwindigkeit der Computer wachsen auch die Möglichkeiten der Simulation ins nahezu Grenzenlose. Die Fabriksimulation basiert auf der Simulationssoftware eM-Plant mit dem Zusatzmodul eM-Plant-Shop. Kern von eM-Plant-Shop ist ein integriertes PPS-System, mit dem verschiedene Fertigungssteuerungs-Prinzipien (Push-, Pull-) getestet und eingestellt werden können. Doch nicht nur neue, auch bestehende Produktionsstätten lassen sich mithilfe der Simulationswerkzeuge „auf Vordermann bringen“. Zum Beispiel, indem die Simulationsexperten am Computer berechnen, in welcher Reihenfolge sie die Aufträge eines Tages am wirtschaftlichsten abarbeiten.

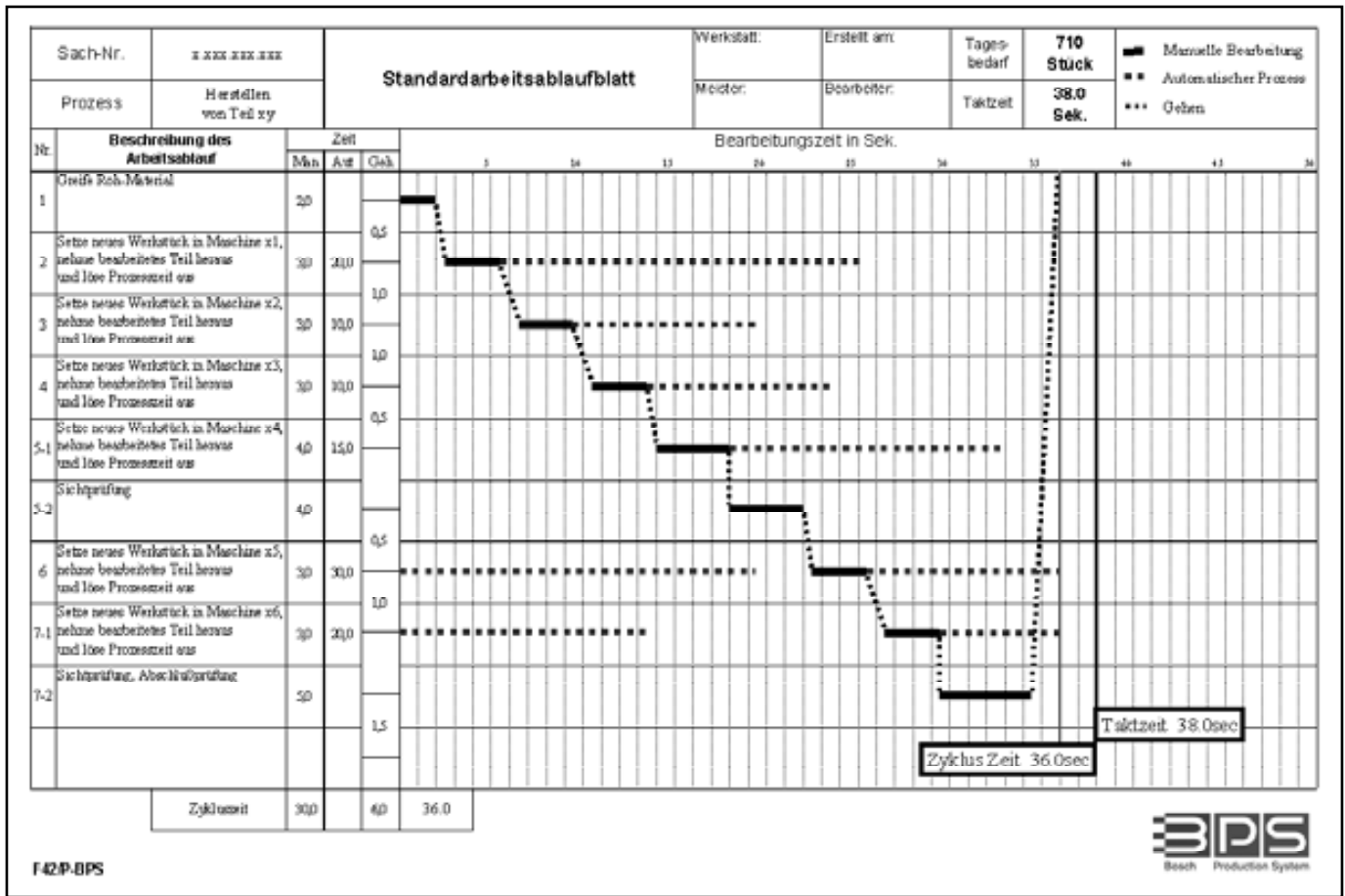


Abb. 4: Übersicht zur Transportplanung

Einzelne Lösungen existieren schon länger. Der Qualitätssprung ergibt sich daraus, dies zu einem komplexen Gesamtmodell zusammenzuführen. Änderungen, egal an welcher Stelle, werden sofort für alle sichtbar. Statt isolierter Verbesserung ist es dann möglich, ein Gesamtoptimum über sämtliche Prozesse hinweg zu finden. Deshalb ist man im Bamberger Werk sehr daran interessiert, das Simulations-Tool Quest mit Kopplung des Delmia Process Engineer einzuführen, um auch eine bessere Datenredundanz zu erreichen (Abb. 5).

Nutzen der Fabriksimulation sind:

- Aufzeigen von Potenzialen zur Reduzierung von Beständen und Durchlaufzeiten;
- Aufzeigen von möglichen Engpässen und Eliminierung durch veränderte Kapazitätszuordnung;
- Auslegung von Puffern und materialflussgerechte Layoutgestaltung;

- Unterstützung bei der Auswahl von Fertigungssteuerung nach dem Push- oder Pull-Prinzip;
- Zeigen der Auswirkung von Eilaufträgen auf die Fertigung.

Aber nicht nur die Betrachtung, Auswertung und Optimierung von Maschinen soll in der digitalen Fabrik abgesichert werden. In der nahen Zukunft wird es auch möglich sein, eine virtuelle Inbetriebnahme manueller Arbeitssysteme durchzuführen. Die Planung von manuellen Arbeitsplätzen mit einem *man-model* veranlasst den Planer zu einer detaillierten Betrachtung des dynamischen Ablaufes des Mitarbeiters. Dadurch kann eine verbesserte Analyse, Optimierung und Neu-/Umplanung von Arbeitsplätzen und Arbeitssystemen erfolgen.

Die *man-model*-Darstellung kann an den 3D-Daten, die bei der Erstellung der Arbeitssysteme entstanden sind, durchgeführt werden. Die dreidimensionale (Abb. 6) Darstellung von Anlagenkomponenten und deren dynamischen Verhalten erlaubt die Interaktion zwischen Mitarbeitern und Umge-

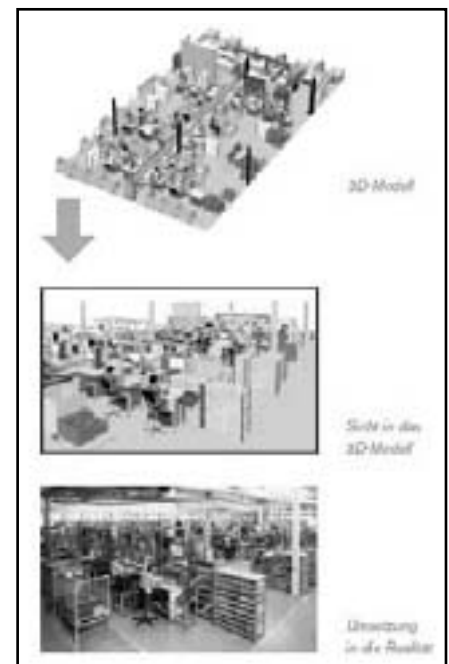


Abb. 5: Schritte zur Optimierung

schem Verhalten erlaubt die Interaktion zwischen Mitarbeitern und Umge-



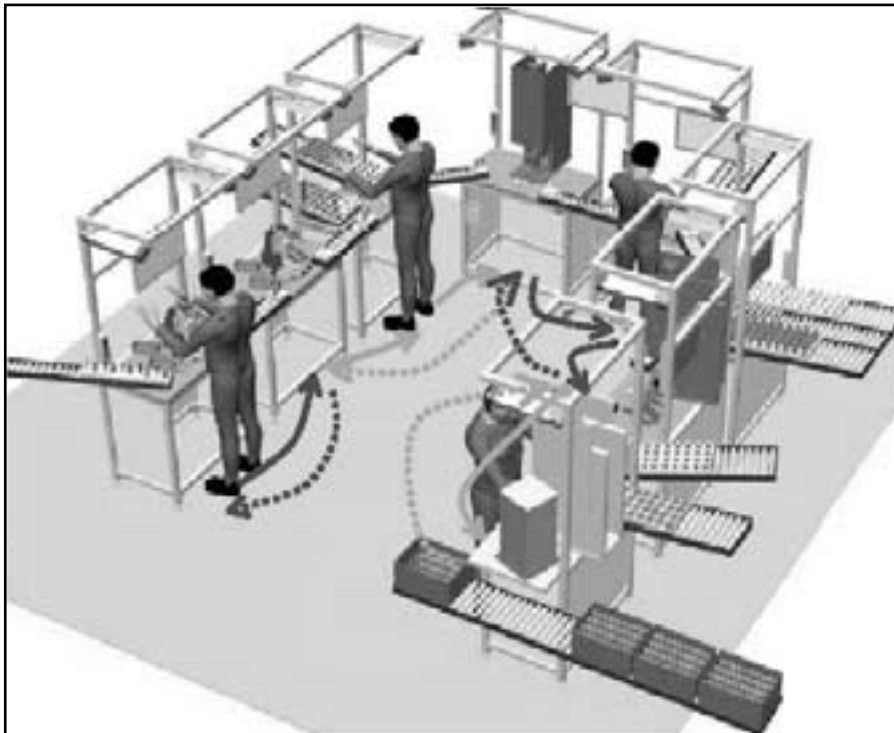


Abb. 6: Dreidimensionale Darstellung eines Arbeitssystems

bung. Die Mitarbeiter können über das Arbeitssystem informiert, trainiert und geschult werden. Die erlernten Arbeitsschritte werden in der virtuellen Umgebung ausgeführt, ohne reale Konsequenzen zu verursachen. Durch die virtuelle Inbetriebnahme erhofft man sich ein frühzeitiges Erkennen und Korrigieren von Fehlplanungen, insbesondere der Abläufe und der Gestaltung und eine Verkürzung und Inbetriebnahme von Arbeitssystemen in der Hochlaufphase.

Damit eine geschlossene Prozesskette erreicht wird und um die Daten, die man in der Planung gewonnen hat, auch in den laufenden Betrieb zu übernehmen, ist eine Kopplung zwischen Delmia Process Engineer und SAP geplant. Besonderer Fokus liegt zunächst auf den Nutzdaten der Arbeitspläne. Ein Normalarbeitsplan referenziert in der Regel mehrere Standardpläne. Ein Standardplan besteht aus genau einem Arbeitsvorgang. Im Delmia Process Engineer können Arbeitsvorgänge nochmals detailliert werden. Bei der Anpassung des Delmia Process Engineer wurden spezielle SAP-Register konfiguriert und der Grundstock für die Kopplung geschaffen.

Mit der digitalen Fabrik werden folgende Ziele erreicht:

- *Aufdecken und Lösen von möglichen Problemen vor der Inbetriebnahme von Fertigungen.* Durch die standardisierte und rechnergestützte Planung können vorzeitig Schwachstellen in Konzeption und Auslegung von Fertigungsanlagen erkannt werden.
- *Systematische Vorgehensweise.* Der Planer wird systematisch durch den Planungsprozess geleitet. Das abstrakte Denken in Prozessen verhindert, dass der Planer sich frühzeitig auf ein Konzept festlegt. Er wird systematisch zum Denken in Alternativen angehalten.
- *Einflussnahme auf die Konstruktion.* Die frühzeitige Einbindung des Planers in den Produktentstehungsprozess verbessert die Möglichkeit einer fertigungs- und montagegerechten Produktgestaltung.
- *Hohe Reaktionsfähigkeit.* Veränderte Rahmenbedingungen wie Änderung am Erzeugnis oder Stückzahlenkorrekturen können unmittelbar erfasst und ihre Einflüsse auf die Planung und Konstruktion beurteilt werden. Dementsprechend kann flexibel und schnell reagiert werden.

- *Vermeidung von Datenredundanz.* Sämtlich für ein Planungsprojekt notwendigen Daten werden in der Datenbank gesammelt und sind für die an der Planung beteiligten Personen zugänglich. Eine Mehrfacheingabe der gleichen Information ist nicht notwendig.

Die Umsetzung der digitalen Fabrik hat im Bamberger Werk einen besonderen Stellenwert. Als erstes Werk innerhalb der Bosch Gruppe wurde der Projektantrag für den Einsatz des Delmia Process Engineer (DPE) gestellt.

Man ist von der Methode und dem Softwaretool DPE „überzeugt“. Das Werkzeug bietet „eine integrierte Plattform zum Wissenstransfer der Mitarbeiter untereinander“. Durch die Verstärkung der Teamarbeit werden unterschiedliche Bereiche zusammengebracht. Für die Entwicklung und Fertigungsplanung vereinfacht sich der Informationsaustausch erheblich. Den Nutzen sieht man vor allem in der Zukunft, deshalb ist „der betriebliche Aufwand es auch wert“. Um weiterhin bei den Erzeugnissen eine Spitzenposition einzunehmen, müsse man besser und schneller als andere sein: ein nicht zu unterschätzender Wettbewerbsvorsprung. Trotz aller Schwierigkeiten, die der Piloteinsatz einer neuen Software mit sich bringt, ist man im Bamberg hoch motiviert, die Methode voranzutreiben. Die tägliche Arbeit mit der Software zeigt Verbesserungspotenziale auf. Die Anforderungen aus dem Werk werden aufgegriffen und umgesetzt. Seit dem Start hat sich deshalb die Software auch kontinuierlich weiterentwickelt.

Der Einsatz der digitalen Fabrik implementiert ein neues Denken bei den Planern. Arbeitsweisen ändern sich, Probleme werden früh erkannt und gelöst. Die Software hilft und unterstützt in der ganzheitlichen Fertigungsplanung. Dadurch können sich die Fertigungsplaner ganz auf ihre Kernaufgabe konzentrieren: neue, kreative Ideen umzusetzen.

In Bamberg kommt man zu einem positiven Fazit: die drei Welten CAD, DPE und SAP werden mittels definierter Schnittstellen weiter zusammenrücken.

\* Leider standen dem Autor keine besseren Bilder zur Verfügung.



# Die „digitale Fabrik“ – CIM in neuen Schläuchen?

## Einführung

Die Dynamisierung und Globalisierung der Märkte, ihre Fragmentierung und die Differenzierung der Kundenbedürfnisse hat eine starke Erweiterung der Produktpalette produzierender Unternehmen zur Folge. In immer kürzer werdenden Abständen müssen neue Produkte entwickelt, hergestellt, vertrieben, in Stand gehalten und recycelt werden. Dies gilt nicht nur für unterschiedliche Konsumgüter, Automobile und Produkte der Informations- und Kommunikationsbranche, sondern zunehmend auch für Investitionsgüter des Maschinen- und Anlagenbaus. Waren in der Vergangenheit Serienanläufe in produzierenden Unternehmen noch außergewöhnliche Ereignisse im betrieblichen Ablauf, so sind sie mittlerweile auf Grund der steigenden Innovationsgeschwindigkeit und paralleler Entwicklungsprozesse beinahe alltäglich: Die Veränderung in der Fabrik wird paradoxer Weise zunehmend zur „Routine“.

Der skizzierte Wandel der Anforderungen des Marktes wird flankiert von veränderten wettbewerblichen Randbedingungen, die u. a. auf die globale Vernetzung der Weltwirtschaft, die politischen Veränderungen in Osteuropa und Asien und die nahezu weltweite Verfügbarkeit von modernen Informations-, Kommunikations- und Fertigungstechnologien zurückzuführen sind. Die Industrieunternehmen in Deutschland – und in anderen westlichen Industrieländern – sehen sich einer zunehmend härter werdenden globalen Konkurrenz ausgesetzt und versuchten bereits in der Vergangenheit mit traditionellen Methoden (Rationalisierung, Outsourcing in so genannte „Niedriglohn-Länder“, verstärkte Lenkungen etc.) die betrieblichen Zielgrößen Kosten, Zeit und Qualität zu verbessern.

In dem Beitrag werden die bisherigen Rationalisierungsstrategien der produ-

zierenden Unternehmen in Deutschland resümiert und anschließend der Versuch unternommen, die „Krönung“ der technikzentrierten Rationalisierungsstrategie der 80er-Jahre, das Konzept des Computer Integrated Manufacturing (CIM) mit zumindest geplanten menschenleeren Fabriken, mit dem Konzept der „digitalen Fabrik“ zu vergleichen. Besonders interessant scheint die Frage, welche Elemente der auf die Nutzung der Humanressourcen setzende „arbeitsorientierte Rationalisierungsstrategie“ (MOLDASCHL/SCHULTZ-WILD 1994) der 90er-Jahre in der „digitalen Fabrik“ Berücksichtigung finden werden.

## Bisherige Rationalisierungsstrategien

### Technikzentrierte Rationalisierung

In den 70er- und 80er-Jahren führte die Implementierung von flexibler Hochtechnologie in traditionellen, stark arbeitsteiligen Organisationsstrukturen nicht zu den erhofften ökonomischen Effekten. Zahlreiche Experten aus Industrie, Forschung und Wissenschaft favorisierten zwar noch bis weit in die 80er-Jahre neo-tayloristische Produktionskonzepte und sahen in erster Linie im Einsatz einer entsprechenden (CIM)Technik die Lösung aller Produktionsprobleme. An die Technik sollte nach deren Vorstellung die Arbeitsorganisation und die Qualifikation der Arbeitskräfte angepasst werden. Das technizistische CIM-Modell basierte auf einer weiterhin stark arbeitsteiligen und zentralistischen Arbeitsorganisation, bei der weitgehend alle dispositiven Aufgaben der Planung, Steuerung und Terminierung in den technischen Büros der Arbeitsvorbereitung zusammengefasst werden. Indirekte Bereiche wie z. B. die Instandhaltung und die Qualitätskontrolle werden in ebenfalls zentralistischer Form organisiert. In einer nach dem Verrichtungsprinzip strukturierten Fertigung verbleiben der Werkstatt nur

die direkt fertigungsbezogenen Aufgaben wie Werkstückhandhabung, Maschineneinrichtung und -überwachung.

Die „Übertechnisierung“ der Produktion führte in den wenigen tatsächlich realisierten CIM-Fabriken zu einer hohen Störanfälligkeit, und die arbeitsteiligen Strukturen verhinderten kurzfristig erforderlich werdende Entscheidungen, sodass die technische und organisatorische Verfügbarkeit der teuren Produktionsmittel sowie die Flexibilität vielfach zu gering war, und somit eine wirtschaftliche Produktion nicht realisiert werden konnte. Die in diesem Zusammenhang häufig verwendete Metapher „CIM-Ruine“ steht für einen technologischen und ökonomischen Irrweg der 70er- und 80er-Jahre, mit dem der Versuch unternommen wurde, Humanressourcen durch Automatisierungstechnik zu ersetzen (vgl. SCHLAUSCH 1997, S. 33 f.).

### Arbeitsorientierte Rationalisierung

In den 90er-Jahren wurde nicht zuletzt durch die Erfolge der japanischen Automobilindustrie, die insbesondere durch die weltweit rezipierte und vielfach zitierte MIT-Studie (WOMAK et. al. 1992) auch und gerade in Deutschland für Aufsehen und „Pilgerströme“ insbesondere von Managern in Richtung Japan sorgte, ein neues Kapitel der Rationalisierungsstrategien aufgeschlagen. Relativ schnell verbreitet sich weitgehender Konsens darüber, dass es den produzierenden Unternehmen in Deutschland und anderen westlichen Industrieländern mit dem Fortschreiben des tayloristischen Produktionskonzepts nicht gelingen würde, die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten bzw. zurückzugewinnen. Unter dem Stichwort „lean production“ wurden Produktionskonzepte diskutiert und in zahlreichen Branchen auch realisiert, die zu einem grundlegenden Wandel in der Arbeitsorganisation, der Technikanwendung

und -entwicklung sowie zu einem veränderten Anforderungsprofil der Mitarbeiter führen. Die „schlanken“ Produktionskonzepte zielten in erster Linie darauf ab, die bisher kaum genutzten Humanressourcen produktiv zu erschließen, um damit die anstehenden Probleme in puncto Kosten, Qualität, Flexibilität und Innovation zu lösen. Im Kontext dieser post-tayloristischen Produktionskonzepte wird dementsprechend der Mensch nicht mehr als Stör- und Kostenfaktor betrachtet, den es durch Automatisierung weitgehend zu eliminieren gilt, sondern er wird als der bedeutende Produktionsfaktor angesehen. Insbesondere seine Problemlösungskapazitäten werden als wertvolle Ressourcen betrachtet, deren Nutzen es zu maximieren gilt. Ferner wird im Kontext der „neuen“ Produktionskonzepte der Produktionsprozess als zusammenhängende Einheit von Arbeitsorganisation, technischer Ausstattung und Qualifikation der Mitarbeiter mit ihren wechselseitigen Beziehungen begriffen. Selbst ehemalige CIM-Promotoren (darunter sehr renommierte Ingenieur-Wissenschaftler) wurden in den 90er-Jahren zu Befürwortern von menschenzentrierten Produktionskonzepten (vgl. beispielsweise WARNEKE 1992). Im Zusammenhang dieser „neuen“ Produktionskonzepte wurde der Computer als Arbeitsmittel und nicht (mehr) als Automatisierungsmittel gesehen:

„Im Zusammenhang damit sind Funktionalitäten und Interaktionsformen von DV-Systemen derart zu gestalten, dass sie die qualifizierte Arbeit der betrieblichen Fachleute unterstützen und nicht ersetzen. Es gilt, sie als menschengerecht und aufgabenangemessen gestaltete Arbeitsmittel zu konzipieren und einzusetzen.“ (BRÖDNER/PREKUHL 1991)

Im Folgenden wird der Frage nachgegangen, welche Bedeutung die Nutzung der Humanressourcen im Konzept der „digitalen Fabrik“ haben wird.

### **Facharbeit und Technik im Kontext der „digitalen Fabrik“**

Die Feststellung, dass Produktionssysteme auf Grund einer veränderten Marktsituation heute flexibler und reaktionsschneller geplant und auch realisiert werden müssen, damit die

internationale Wettbewerbsfähigkeit erhalten bleibt, ist nicht nur unter Fertigungsexperten unbestritten. Als Lösungsweg, mit der dieser produktionstechnischen Herausforderung zukünftig begegnet wird, existiert seit geraumer Zeit die Vision der „digitalen Fabrik“. In zahlreichen wissenschaftlichen und industriellen Veröffentlichungen sowie Tagungen, Workshops und Ausstellungen werden die ersten Lösungsansätze beschrieben bzw. präsentiert. Auf der Industriemesse 2004 in Hannover stellte beispielsweise die „digitale Fabrik“ mit 150 Ausstellern einen Ausstellungsschwerpunkt dar. Insbesondere die Automobilindustrie nimmt in Kooperation mit Softwarehäusern resp. IuK-Unternehmen hier eine Vorreiterposition ein. Eine vergleichbare Konstellation existierte bereits im Zusammenhang mit der CIM-„Einführung“ in den 80er-Jahren.

Während manche die „digitale Fabrik“ als ein bereits in der Umsetzung begriffenes Projekt sehen, ist sie für andere noch eine ferne Zukunftsvision, die weit über derzeit diskutierte Konzepte hinausgeht. So vielfältig wie die unterschiedlichen Nutzenpotenziale, die der digitalen Fabrik zugeordnet werden, sind auch die Vorstellungen über den Begriff der „digitalen Fabrik“ und die Strategien zu ihrer Umsetzung.

Im Grundsatz werden mit dem Begriff „digitale Fabrik“ Planungsansätze bezeichnet, die darauf abzielen, bereits vor dem Aufbau einer Fabrik bzw. eines Produktionssystems ein möglichst realistisches Abbild des zukünftigen Produktionsablaufes im Computer zu schaffen. Da in vielen Branchen der Entwicklungs- und Konstruktionsprozess überwiegend durch die Anwendung von CAD erfolgt, liegen entsprechende digitale Daten bereits vor. Zu diesen Branchen zählen insbesondere die Automobilindustrie, die Luft- und Raumfahrt und der Maschinen- und Anlagenbau. Durch eine datentechnische Verzahnung von Produktentwicklung und Produktionsplanung und dem Einsatz sowohl von Softwarewerkzeugen zur geometrischen Darstellung des Aufbaus aller Anlagen, Maschinen, Fördersysteme etc., als auch Simulationssysteme zur (z.T. 3D-) Abbildung des dynamischen Produk-

tionsgeschehens, soll eine virtuelle Fabrik bzw. ein virtuelles Produktionssystem geschaffen werden. Durch Rückgriff auf diese virtuelle Realität sollen die Planer bereits in der Designphase eines Produktionssystems umfangreiche Optimierungsüberlegungen anstellen und Designvarianten zuverlässig beurteilen können.

Wie in nächster Zukunft (für die Automobilindustrie wird mit der Realisierung bis zum Jahr 2010 gerechnet) die Produktionsplanung sein wird, beschreibt der Leiter der Abteilung digitale Produktionsplanung und Projektleiter digitale Fabrik bei DaimlerChrysler, DR. EMMERICH SCHILLER, wie folgt:

„Das digitale Fahrzeug durchläuft die digitale Fabrik. In der Montage sieht dies heute etwa so aus: Im Rahmen von DMU-Untersuchungen (Digital Mock-up) wird das Fahrzeug vollständig virtuell zusammengebaut: Es wird also überprüft, wie und in welcher Reihenfolge die einzelnen Teile montiert werden können. Gleichzeitig lassen sich die Montagezeit oder die nötigen Werkzeuge bestimmen. Wichtig ist vor allem die enge Zusammenarbeit zwischen Entwickler und Produktionsplaner, um Verbesserungen diskutieren zu können: Habe ich z. B. den Freiraum, um den Montageort optimal zu erreichen, also z. B. an die Schraube zu gelangen? Auf dieser Basis werden dann automatisch Montagelinien gestaltet, das Fabriklayout beschrieben und anschließend die Fertigungshalle in der digitalen Welt geplant. Dies erfolgt lange, bevor der erste reale Prototyp gebaut wird.“ (SCHILLER 2002, S. 14)

Für die virtuelle Fabrik werden jedoch nicht nur die Simulationsmodelle von technischen Artefakten wie z. B. Fördersystemen und Robotern benötigt. Da die zukünftigen digital entworfenen und wenig später dann real existierenden Fabriken im Gegensatz zu den – zumindest damals als menschenleer geplanten – CIM-Fabriken auch den Einsatz von Menschen bei der Produktion vorsehen, werden auch so genannte „digitale Menschmodelle“ zur Simulation der zukünftigen Produktion bzw. der menschlichen Produktionsarbeit benötigt und eingesetzt. Derartige Modelle werden nicht erst im Zusammenhang mit der digitalen Fabrik

entwickelt und genutzt. Sie werden heute in vielen Bereichen eingesetzt, um die Interaktionen zwischen Mensch und Umwelt zu simulieren. In der Ergonomie spielen „digitale Menschmodelle“ eine entscheidende Rolle in der Produktentwicklung (z. B. ergonomische Gestaltung von Cockpits in der Automobil- und Flugzeugindustrie) und bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen in unterschiedlichen Bereichen.

Den Unterschied zwischen dem Konzept der „digitalen Fabrik“ und dem des Computer Integrated Manufacturing (CIM) stellt SCHILLER (2002) wie folgt dar:

„Ich denke nicht, dass CIM gescheitert ist. Vielleicht war jedoch die erste Euphorie zu groß und die geweckten Erwartungen überzogen. Doch bei der durchgängigen Nutzung von Daten – das war und ist ja Ziel von CIM – haben wir sicher einen großen Schritt nach vorne gemacht. Auch sind wichtige Teilaspekte von CIM bereits zur Normalität geworden. Und eines haben wir aus der CIM-Diskussion auf jeden Fall gelernt: Ein so grundlegender Eingriff in Abläufe und Arbeitsweisen kann nicht allein aus der Sicht der Informationstechnik betrachtet werden. Vielmehr müssen organisatorische, technologische und auch personelle Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden. Alles in allem bin ich mir sicher, dass wir die digitale Fabrik realisieren werden. In ein paar Jahren wird sie genauso selbstverständlich sein, wie dies CAD im Entwicklungsbereich heute schon ist.“ (ebd., S.13)

Ein wesentlicher Unterschied zur CIM-Fabrik scheint also darin zu liegen, dass im Zusammenhang mit der „digitalen Fabrik“ nicht die *menschenleere* Fabrik angestrebt wird. Der Anteil der menschlichen Arbeit wird u. a. sicherlich sehr stark vom Standort – oder genauer den Lohnkosten an dem Standort – der (realen) Fabrik abhängen. Aber eines wird bei der Lektüre der einschlägigen Publikationen sehr deutlich: Gegenüber den technizistischen CIM-Konzepten wird bei der digitalen Fabrik offensichtlich stärker auf die menschlichen Fähigkeiten gesetzt. Hier scheinen die Erfahrungen aus der CIM-Ära ihre Wirkungen zu zeigen: Ein hoher „Hightech“-Anteil in Produk-

tionssystemen und ein insgesamt hoher Automatisierungsgrad korrespondiert eben nicht mit einer hohen technischen Verfügbarkeit. Die Erfahrung zeigt, dass eine hohe Komplexität das Ausfallrisiko der Produktionsanlagen überproportional erhöht (vgl. z. B. MILLBERG 1989). Bei einer stark vernetzten Produktion hat zudem der Ausfall einzelner Systeme einen unmittelbaren Einfluss auf das gesamte Produktionssystem, auf die gesamte Fabrik.

Ferner haben die technikzentrierten Rationalisierungsstrategien der 70er- und 80er-Jahre die Grenzen der Objektivierung und die Bedeutung des Erfahrungswissens von betrieblichen Akteuren aufgezeigt. Ohne erfahrene Facharbeiter „vor Ort“, z. B. als „Systemregulierer“ (SCHUMANN et. al. 1994) direkt an den Produktionsanlagen, wird eine effiziente und vor allem flexible Produktion auch in Zukunft nicht möglich sein. Hierüber scheint weitgehender Konsens zu bestehen. Insofern zeichnet sich ab, dass das Konzept der „digitalen Fabrik“ zwar Elemente des CIM-Konzepts beinhaltet (z. B. durchgängige Nutzung von digitalen Daten), dies jedoch verbindet mit der Nutzung von Humanressourcen. Damit gibt es gute Chance im Kontext der „digitalen Fabrik“ ein „Human Centred CIM System“ (RAUNER 1992) zu gestalten, wie es Anfang der 90er-Jahre vor dem Hintergrund des technizistischen CIM-Konzepts bereits diskutiert wurde.

### **Ausblick: Chancen für die Facharbeit im Kontext der „digitalen Fabrik“**

Abschließend soll der Frage nachgegangen werden, welche Chancen für die Facharbeit sich im Konzept der „digitalen Fabrik“ eröffnen. Im Rahmen dieses Beitrags kann dabei lediglich ein Aspekt – die Beteiligung von Facharbeitern an Planungsprozessen – kurz angerissen werden. Nach meiner Einschätzung bieten gerade die digitalen Planungswerkzeuge eine sehr gute Möglichkeit der Partizipation von betrieblichen Akteuren aus dem Produktionsbereich (Facharbeiter, Meister) an der (Mit)Gestaltung von Produkten und Prozessen.

Mobile Planungstische ermöglichen beispielsweise, dass ein zweidimensionaler Grundriss für eine aufzubauende oder umzustrukturierende Fabrik projiziert wird. Gleichzeitig wird eine dreidimensionale Ansicht auf eine Leinwand an der Stirnseite des Tisches projiziert. Das Planungsteam erhält so eine räumliche Ansicht (3D) dessen, was sie flächig (2D) planen. Mithilfe des mobilen Planungstisches können mehrere Know-how-Träger aus unterschiedlichen Bereichen der Unternehmung in die Planung einbezogen werden. Mittels Internet-Technologie kann gleichzeitig die verteilte Planung an ermöglicht werden. So können Planungsteams an unterschiedlichen Standorten zusammenarbeiten (vgl. DOMBROWSKI et. al. 2001)

### **Literatur**

- BRÖDNER, P./PEKRUHL, U.: Rückkehr der Arbeit in die Fabrik. Wettbewerbsfähigkeit durch menschenzentrierte Erneuerung kundenorientierter Produktion. Institut Arbeit und Technik, Gelsenkirchen 1991.
- DOMBROWSKI, U./TIEDEMANN, H./BOTHE, T.: Auf dem Weg zur digitalen Fabrik. *Carolo Wilhelmina*, Forschungsmagazin der TU Braunschweig, Heft 1/2001. <http://www.umi.cs.tu-bs.de/full/information/literature/sonderheft/shvrt9.pdf>
- MILLBERG, J.: Entwicklungstendenzen im Hinblick auf die Fabrik der Zukunft. Manuskript, München 1989.
- MOLDASCHL, M./SCHULTZ-WILD, R. (Hrsg.): Arbeitsorientierte Rationalisierung. Fertigungsinseln und Gruppenarbeit im Maschinenbau. Frankfurt/M., New York 1994.
- RAUNER, F.: Gestaltung von „Human Centred CIM Systems“. Erfahrungen aus einem ESPRIT-Projekt. In: BERGSTERMANN, J./MANZ, T. (Hrsg.): Technik gestalten, Risiken beherrschen: Befunde der Sozialforschung zur Entwicklung moderner Produktionstechnik. Berlin 1992, S. 199-219.
- SCHILLER, E.: „Bis 2005 haben wir alle wesentlichen Eckpfeiler der digitalen Fabrik“. In: Siemens AG (Hrsg.): *Pictures of the Future*. Zeitschrift für Forschung und Innovation, Heft Herbst 2002, München 2002, S. 13-15.
- SCHLAUSCH, R.: Arbeiten und Lernen mit facharbeitergerechten Drehmaschinen.

Der Beitrag des Drehmaschinenkonzepts „Konventionell-Plus“ für eine humanzentrierte Produktion. Bremen 1997.

SCHUMANN, M./BAETHGE-KINSKY, V./KUHLMANN, M./NEUMANN, U.: Trendreport Rationalisierung: Automobilindustrie, Werk-

zeugmaschinenbau, chemische Industrie. Berlin 1994.

WARNEKE, H.-J.: Die fraktale Fabrik – Revolution in der Unternehmenskultur. Reinbek 1992.

WOMACK, J. P./JONES, D.T./ROOS, D.: Die zweite Revolution in der Automobilindustrie. Frankfurt/M. 1992.

Michael K. Brandt/Jörg-Peter Pahl

# Lern- und Arbeitsumgebung „Werkstattbüro“ – Ein Konzept zur Vermittlung von Arbeits- und Geschäftsprozesswissen

## Einordnung des Ausbildungs- und Unterrichtsverfahrens

Das Lernbüro hat sich im kaufmännischen Ausbildungsbereich längst etabliert und zählt heute zu den selbstverständlichen didaktisch-methodischen Einrichtungen an zahlreichen berufsbildenden Schulen und betrieblichen Aus- und Fortbildungsstätten. Es stellt sich daher die Frage, warum dieses Verfahren, das dem geforderten „Lernen im Arbeitsprozess“ infolge des Strukturwandels in der beruflichen Ausbildung Rechnung trägt (vgl. RAUNER 2002, S. 25), nur selten in der gewerblich-technischen Berufsbildung anzutreffen ist.

Für eine gewerbliche Lernfirma spricht nicht nur das hohe Ausstattungsniveau heutiger technischer Büros, das zahlreiche Arbeitsbereiche abdeckt und vielfältige Möglichkeiten eröffnet, praxisnahe Lernumgebungen zu schaffen. Sondern es geht auch um eine neue Qualität der Simulation von Arbeits- und Geschäftsprozessen. Durch ein Werkstattbüro erhalten die praktischen Arbeitshandlungen in der Regel einen übergeordneten Rahmen und damit Sinn. Außerdem kann eine „Außenwelt“ aufgebaut werden, in der beispielsweise Kunden, Meister, Vorarbeiter, Lieferanten usw. aktiv als Partner miteinander in Beziehung stehen. Dabei lässt sich ein anderes Verständnis für Arbeits- und Geschäftsprozesse vermitteln, weil das Werkstattbüro viele dafür relevante Bereiche integriert. So könnten z. B. neben den fachlichen Inhalten der neuen Informations- und Kommunikations-

technologien auch deren arbeitsorganisatorische Folgen erfahrbar werden.

## Kennzeichnung des Ausbildungs- und Unterrichtsverfahrens in der Lern- und Arbeitsumgebung

Das didaktisch-methodische Konzept „Werkstattbüro“ – als eine Form simulierter Lernfirmen – kann es ermöglichen, das Lernen problem- und arbeitsorientiert zu gestalten. Das Werkstattbüro ist dadurch gekennzeichnet, dass die Auszubildenden bzw. Schülerinnen und Schüler nicht nur praxisnah zum eigenständigen und selbstverantwortlichen Handeln angeregt und motiviert werden, sondern darüber hinaus können sie in einem überschaubaren Raum auch die Auswirkungen ihres Tuns und ihrer Entschei-

dungen auf andere Teilbereiche des Lernbetriebes erfahren.

Mit diesem Konzept für Ausbildung und Unterricht sind zwar noch keine konkreten Handlungen verbunden. Das Werkstattbüro steht eher für ein allgemeines Ordnungs- bzw. Strukturprinzip (vgl. Abb. 1). Den inhaltlichen Ausgangspunkt des Lernens bilden aber möglichst selbst ausgeführte oder zumindest gedanklich nachvollzogene Arbeits- und Geschäftsprozesse. Innerhalb des Werkstattbüros sind also andere arbeitsprozessorientierte Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren zu integrieren, wie z. B. die Montageaufgabe, Fehleranalyse, Bedienungsaufgabe usw.

Durch den äußeren Rahmen des Werkstattbüros sollen die Lernenden dazu aufgefordert werden, den jeweili-

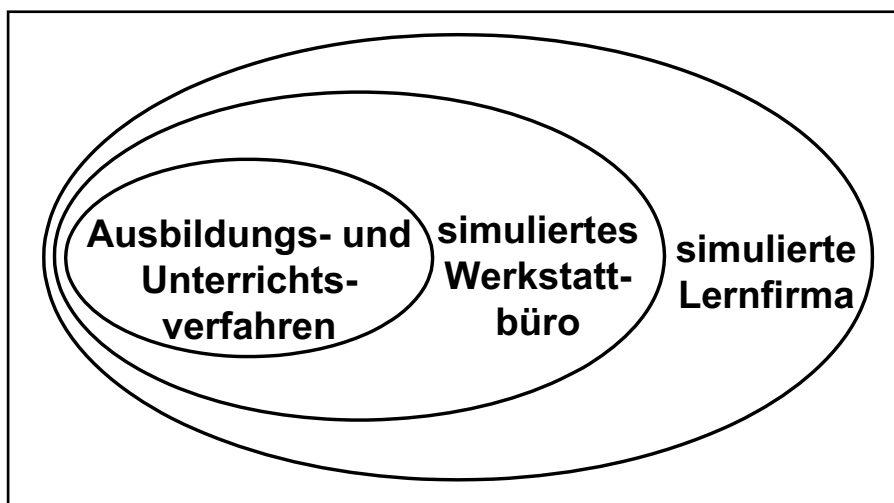


Abb. 1: Zur Stellung des Werkstattbüros

Beurteilungskriterien	Werkstattbüro
Kennzeichnung und Kurzbeschreibung	Das Werkstattbüro stellt eine didaktisch-methodische Einrichtung mit einem ganzheitlichen, berufsorientierten und synthetisierenden Ausbildungs- und Unterrichtskonzept dar. Kennzeichnend ist, dass die Lernenden möglichst selbstständig, in einem arbeitsteiligen Team, Aufträge annehmen, planen, ausführen, überprüfen, gegebenenfalls korrigieren und schließlich bewerten.
Erreichbare Lernziele	Die Schüler sollen ... <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Arbeitsauftrag analysieren;</li> <li>• Lösungsansätze entwickeln, die im Rahmen der Arbeits- und Geschäftsprozesse möglich erscheinen;</li> <li>• in der Gruppe mit anderen über die technische Realisierung kommunizieren und kooperieren;</li> <li>• Informationsmaterial, Fachliteratur und Arbeitsmittel nutzen;</li> <li>• erkennen, wie sich technische Arbeitsaufträge grundsätzlich bearbeiten lassen und sich daraus eine systematische Vorgehensweise aneignen;</li> <li>• werkstattgerechte Urteils- und Begründungsfähigkeit entwickeln;</li> <li>• Pflichtenhefte erarbeiten, Prinzipskizzen erstellen und bewerten, Bauteile und Baugruppen gestalten sowie Entwurfszeichnungen, Stücklisten, technische Texte und Modelle erstellen;</li> <li>• über die sozialen und kommunikativen Prozesse reflektieren, die sich aus der Teamarbeit ergeben.</li> </ul>
Didaktische Bedeutung	Mit dem handlungsorientierten Ansatz „Werkstattbüro“ können berufsrelevante Arbeitsaufgaben sowohl theoretisch als auch praktisch bearbeitet und gelöst werden. Die Auseinandersetzung mit realen Arbeits- und Geschäftsprozessen ermöglicht es, technische, ökonomische, ökologische, soziale und politische Aspekte miteinander zu vernetzen, wodurch ein ganzheitliches und fächerübergreifendes Denken vermittelt werden kann. Darüber hinaus fordern reale Arbeitsaufgaben die Auszubildenden bzw. Schülerinnen und Schüler zu einem selbst entdeckenden Lernen auf. Durch den berufspraktischen Bezug können die Lernenden außerdem motiviert werden, sich aktiv und eigenverantwortlich mit den berufstheoretischen Zusammenhängen auseinander zu setzen.
Stellung zu anderen Verfahren und Einordnungsmöglichkeiten für andere Verfahren und Methoden	Das Konzept „Werkstattbüro“ stellt, ähnlich wie ein Projekt, ein Experiment oder ein Simulationsspiel, ein Ordnungs- bzw. Strukturprinzip dar, das sich mit jedem konkret-handlungsorientierten Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren in Form eines Arbeitsauftrages verbinden lässt, wie z. B. mit der Montage-, Instandsetzungs- oder Fertigungsaufgabe. Darüber hinaus könnte die Organisation von Exkursionen oder Expertenbefragungen auch zur Aufgabe des Werkstattbüros werden.
Artikulationsschema (Grobstrukturierung)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Problemstellung</li> <li>2. Planung</li> <li>3. Durchführung und Dokumentation</li> <li>4. Bewertung und Optimierung</li> <li>5. Reflexion und Transfer</li> </ol>
Anforderungen an die Lernenden	Die Lernenden sollten in der Lage sein, einen Arbeitsauftrag weitgehend selbstständig zu planen, zu kalkulieren, vorzubereiten, auszuführen und abschließend zu bewerten. Für die Auftragsbearbeitung ist es zumeist erforderlich, sich selbstorganisierend neues Wissen zu erschließen und praktisch anzuwenden. Darüber hinaus stellt der Problemlösungsprozess hohe Anforderungen an die kreativen Fähigkeiten der Lernenden. Entscheidende Voraussetzung für die Lösung der komplexen Arbeitsaufgabe ist die Kooperationsfähigkeit der Lernenden innerhalb des Werkstattbüros.
Anforderungen an die Lehrenden	Die Lehrenden müssen den beruflichen Arbeitsauftrag nicht nur selbst lösen, sondern auch auf das Leistungsniveau der Lernenden anpassen können. Darüber hinaus sollte sie das Lernarrangement derart gestalten, dass ein selbstgesteuerter Lernprozess möglich wird. Deshalb ist der Lehrende in hohem Maße als Lernorganisator und als Moderator gefordert, der die Lernenden nur unterstützt, wenn sie mit einer Teilaufgabe überfordert sind.
Art und Höhe des organisatorischen Aufwandes	Ist eine entsprechend ausgestattete Lernfirma bereits an der Schule bzw. in dem Betrieb etabliert, reduziert sich die Vorbereitung für das Werkstattbüro auf eine Zusammenstellung und gegebenenfalls Überarbeitung geeigneter Fachliteratur sowie auf das Finden geeigneter Experten. Darüber hinaus ist zu empfehlen, ein Lösungskonzept zumindest theoretisch auszuarbeiten.

Abb. 2: „Werkstattbüro“ in der Übersicht

gen Kunden- oder Arbeitsauftrag möglichst selbstständig zu planen, auszuführen, zu überprüfen, gegebenenfalls zu korrigieren und anschließend zu bewerten.

Die didaktische Bedeutung liegt vor allem darin, dass die Handlungen, die sich aus der Bearbeitung eines realen Kundenauftrages ableiten lassen, ein ganzheitliches Erfassen der beruflichen Wirklichkeit fördern (und technische, sicherheitstechnische, ökonomische, rechtliche, ökologische, soziale usw. Aspekte mit einbeziehen). Außerdem können die geforderten beruflichen Handlungen auch die Erfahrungen der Lernenden integrieren und darüber hinaus eine Reflexion der gesellschaftlichen Auswirkungen ermöglichen.

Die berufsorientierten Aufträge sollten grundsätzlich im Team bearbeitet werden. Dadurch beziehen die Handlungen auch soziale Prozesse, z. B. der Interessenklärung oder Konfliktbewältigung mit ein.

Wenn sich die Handlungen im simulierten Werkstattbüro an realen Projekten orientieren, wird nicht nur ein stärkerer Praxisbezug erreicht, sondern es kann sich auch positiv auf die Motivation der Lernenden auswirken. Die Auszubildenden bzw. Schülerinnen und Schüler könnten z. B. eine Raumplanung oder -optimierung für die Schule durchführen. Derartige Projekte umfassen die Handlungsbereiche Kalkulation, Arbeitsplanung, Entscheidungsfindung und nach Möglichkeit auch die Durchführung sowie abschließende Bewertung.

Als weitere Projektthemen für das Werkstattbüro bieten sich beispielsweise die Fachberatung (für Lehrkräfte, Schülerinnen und Schüler oder externe Kunden), das Erstellen von Produktkatalogen, der Internetauftritt für bestimmte (Freizeit-)Aktivitäten an der Schule oder auch die Planung einer technischen Dienstleistung (z. B. die Installation eines Netzwerkes) an. Die Lernenden könnten als Dienstleistung aber genauso eine Videokonferenz zwischen zwei Schulen durchführen (Nachrichtentechnik), konkrete Konzepte für die Schule im Bereich der Sicherheitstechnik oder Umwelttechnik usw. erarbeiten, eine Werkstatt zur Inspektion und Instandsetzung von

Fahrrädern, Mopeds oder Autos planen, die von den Mitschülerinnen und Mitschülern als „reale Kunden“ nutzbar sind. Gleichfalls wäre es denkbar, dass von dem Werkstattbüro auch allgemeine Aufträge bearbeitet werden, wie z. B. die Organisation von Exkursionen, Klassenfahrten, Schulreisen etc. oder die Planung von Fortbildungsveranstaltungen z. B. für Lernende mit anderen beruflichen Schwerpunkten.

Die Tabelle (Abb. 2) ermöglicht einen Überblick über das Konzept „Werkstattbüro“.

### **Verlaufphasen des Ausbildungs- und Unterrichtsverfahrens**

In dem Werkstattbüro sind arbeitsprozessorientierte Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren integriert (Abb. 1), weshalb es nicht sinnvoll erscheint, die Planung, Durchführung, Kontrolle und Bewertung eines bestimmten Arbeitsauftrags exemplarisch darzustellen. Aus diesem Grund wird im Folgenden das Ausbildungs- und Unterrichtsvorhaben „Gründung eines Werkstattbüros“ beschrieben. Für die Grobstruktur einer entsprechenden Lerneinheit bieten sich fünf Phasen an:

1. Problemstellung: Die Lernenden erhalten den Arbeitsauftrag, an ihrer Schule bzw. in ihrem Betrieb eine gewerblich-technische Lernfirma zu gründen.
2. Planung: Mithilfe verschiedener Quellen informieren sich die Lernenden über Aufbau, Ziele, Organisationsstrukturen, Arbeitsformen usw. von Betrieben im Allgemeinen und von Lernfirmen im Besonderen. Sie erstellen ein Gründungskonzept.
3. Durchführung und Dokumentation: Das Gründungskonzept wird entsprechend umgesetzt. Alle dafür erforderlichen Ausstattungsgegenstände werden angeschafft.
4. Bewertung und Optimierung: In dieser Phase bewerten und diskutieren die Lernenden das Gründungskonzept.
5. Reflexion und Transfer: Abschließend bewerten die Lernenden die Lerneinheit „Gründung eines Werk-

stattbüros“, die Zusammenarbeit und ihr eigenes Verhalten in der Arbeitsgruppe, das Verfahren als solches sowie das Transferpotenzial.

Mit dem vorgestellten Schema (s. Abb. 3) wird am Beispiel der Gründung eines Werkstattbüros ausführlicher beschrieben, wie die Lerneinheit gestaltet werden kann.

### **Schlussbemerkung**

Die empirische Basis für gewerblich orientierte Werkstattbüros ist zwar gering und es fehlt noch an praktischen Erfahrungen, wie sich das Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren beispielsweise im neuen Lernfeldkonzept einzusetzen lässt. Unterrichtspraktische Versuche sollten initiiert werden. Es ist zu erwarten, dass sich die Auszubildenden bzw. Schülerinnen und Schüler durch die Mitarbeit im Werkstattbüro einerseits Arbeitsprozesswissen und andererseits Geschäftsprozesswissen – wenn auch eingeschränkt – aneignen können. Darüber hinaus können sie jene beruflichen Schlüsselqualifikationen erwerben, die insbesondere von der Wirtschaft zunehmend eingefordert werden, wie Eigenverantwortlichkeit, Handlungs- und Sozialkompetenz (insbesondere das Einüben von Teamfähigkeit), Organisationstalent und Kreativität. Zudem können die Lernenden wirtschaftliches Grundwissen praxisnah anwenden sowie betriebliche Strukturen und Abläufe kennen lernen.

Im Unterschied zu den bisherigen rein kaufmännisch ausgerichteten Lernfirmen geht es bei dem Werkstattbüro nicht nur um die Simulation von Kauf-, Buchungs-, Abrechnungs- und Verkaufsvorgängen, sondern mehr um die reale Bearbeitung von berufsrelevanten Aufträgen, die für den laufenden Arbeits- und Geschäftsprozess von Bedeutung sind. Durch die Einbindung der Ausbildungsinhalte in den äußeren Rahmen eines Werkstattbüros lässt sich die Authentizität der Themen erhöhen. Die berufs- und praxisnahe Umsetzung der Lernsituation kann zur Vermittlung der geforderten Handlungskompetenz führen. Außerdem kann sich die weitgehend selbstständige Bewältigung berufsnaher Aufträge im Rahmen von Arbeits- und Geschäftsprozessen zumeist höchst motivierend auf die Lernenden auswirken.

Handlungsablauf	Didaktischer Kommentar
<p><b>1 Problemstellung</b></p> <p>Die Lernenden erhalten den Arbeitsauftrag, an ihrer Schule bzw. in ihrem Betrieb ein Werkstattbüro zu gründen.</p> <p>Die Lehrkraft stellt die Lern- und Arbeitsumgebung vor, die aus einem Internetzugang, Fachliteratur, einer Liste von Experten (der eigenen Schule bzw. dem eigenen Betrieb bzw. den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Werkstattbüros anderer Schulen bzw. Betriebe) sowie weiteren multimedialen Lernhilfen besteht. Anschließend weist sie darauf hin, dass die Lernenden selbstständig und eigenverantwortlich alle Rahmenbedingungen zur Gründung einer Lernfirma (Ausstattung, Zielsetzung, Positionen usw.) erarbeiten müssen.</p>	<p>Die „Gründung“ eines Werkstattbüros weicht zwar von ihrer eigentlichen Ausrichtung ab, berufsrelevante Kundenaufträge praxis- und realitätsnah zu bearbeiten, diese Aufgabenstellung steht aber im Zusammenhang mit dem grundlegenden Lernziel, einen Betrieb als Subsystem der Wirtschaft mit seinen strukturellen, organisatorischen, strategischen, hierarchischen, rechtlichen usw. Bestandteilen zu verstehen.</p> <p>Die zu planende Unternehmensstrategie sollte im Kontext mit den zukünftigen Ausbildungsinhalten stehen (entsprechend der Ausbildungsordnung bzw. den einzelnen berufsschulischen Lernfeldern).</p>
<p><b>2 Planung</b></p> <p>Die Lernenden bilden Arbeitsgruppen, analysieren die Aufgabenstellung, arbeiten heraus, welches Wissen bzw. welche Kompetenzen ihnen zur Gründung eines Werkstattbüros fehlen und leiten aus ihrem Wissens- bzw. Kompetenzdefizit die zu bearbeitenden Themen ab.</p> <p>Mithilfe verschiedener Quellen informieren sich die Lernenden über Aufbau, Ziele, Organisationsstrukturen, Arbeitsformen, Arbeitssicherheit, rechtliche Grundlage usw. von Betrieben im Allgemeinen und von Lernfirmen im Besonderen, stellen alle wesentlichen (fächerübergreifenden) Faktoren für ein Gründungskonzept zusammen und diskutieren über die Bedeutung und Gestaltung der einzelnen Punkte.</p> <p>Es wird vorgeschlagen, den Gründungsprozess in vier Schritten abzuarbeiten:</p> <p><b>1. Ideenfindung</b></p> <p>Gründungsbedingungen vor Ort feststellen (regionale sowie schulische bzw. betriebliche Rahmenbedingungen)</p> <p>Dienstleistungen und Marktposition finden und formulieren (Inhalte, Dienstleistungen für die Schule bzw. Betrieb, für die Lerngruppe usw.)</p> <p>Experten (wie z. B. Lehrkräfte, Lernende, Geschäftsführer aus der Region, Kunden usw.) interviewen (z. B. anhand der Fragestellungen: „Was ist bei einer Gründung zu beachten? Was halten Sie für wichtig?“)</p> <p>Ideen aufschreiben, wichtige Punkte aus den Interviews zusammenfassen.</p> <p>Die Bestandteile eines Werkstattbüros auflisten.</p> <p><b>2. Kundenbestimmung</b></p> <p>Wer sind meine Kunden (innerhalb eines Geschäftsprozesses)?</p> <p>Wie erreiche ich meine Kunden (Kommunikationswege)?</p> <p>Wie halte ich meine Kunden (Kundenbindung und -orientierung)?</p> <p><b>3. Finanzierung</b></p> <p>Was kostet die Gründung eines Werkstattbüros?</p> <p>Investitionskosten, fixe Kosten, variable Kosten auflisten</p> <p>Rentabilität (Kostendeckung; Einnahmen kontra Ausgaben)</p> <p><b>4. Persönliche Fähigkeiten u. Organisationsfragen</b></p> <p>Welche Kompetenzen braucht der Unternehmer, Betriebsleiter, Facharbeiter?</p> <p>Welche Anforderungen stellt die Facharbeit in dem Ausbildungsberuf?</p> <p>Wer macht bei der Auftragsbearbeitung was im Werkstattbüro?</p>	<p>Um auf die Erfahrungen der Lernenden zurückzugreifen, kann die Methode „Brainstorming“ eingesetzt werden. Ziel ist es, sowohl ein Verständnis für Lernfirmen zu erzeugen als auch das Thema in den Fragehorizont der Lernenden zu übertragen.</p> <p>Für die Darstellung der ökonomischen und arbeitsorganisatorischen Zusammenhänge empfiehlt es sich, das Lernvorhaben übergreifend mit dem mit dem Fach „Wirtschaftskunde“ zu verbinden.</p> <p>Falls es die Lernenden nicht gewohnt sind, weitere Recherchemöglichkeiten zu nutzen, sollte die Lehrkraft die Arbeitsgruppen dazu anregen, bei offenen Fragen auf die Hilfe von Experten sowie auf inner- und außerschulische bzw. -betriebliche Lernpartner zurückzugreifen.</p> <p>Mit den einzelnen Punkten können neben den fachlich-inhaltlichen auch fachlich-prozessuale und soziale Lernziele verbunden werden. Bevor das Projekt bzw. die Lerneinheit „Gründung eines Werkstattbüros“ durchgeführt wird, sollten hinreichende Übungen zu Gruppenarbeitsprozessen (wie Planung, Organisation, Verantwortlichkeit, Kommunikation usw.) vorausgehen. Darüber hinaus sind die Lernenden in die verschiedenen Recherchemöglichkeiten (wie Internet, Expertenbefragung, Fachliteratur usw.) einzuführen. Außerdem sollten grundlegende Präsentationstechniken (wie farbliche Gestaltung, Schriftgröße, Anschaulichkeit usw.) sowie Methoden zur Textarbeit vermittelt werden (z. B. wie Fachtexte zu lesen, zu bearbeiten und auszuwerten sind). Die Grundlagen der verschiedenen EDV-Standardanwendungen lassen sich hingegen während des Gründungsprozesses „verzahnt“ unterrichten. Zur Präsentation der Firmengründung in der Schule bzw. im Betrieb könnte z. B. auf das Programm „MS PowerPoint“, zur Dokumentation des Gründungsablaufs „MS Word“ und zur Finanzkalkulation „MS Excel“ bzw. artverwandte Produkte von anderen Mitbewerbern eingesetzt werden.</p> <p>Die Anschaffungskosten (z. B. Möblierung, Bürogeräte, wie Telefax, Kopierer, Telefonanlage, Werkzeuge usw.) könnten durch Spendenaktionen, über Fördervereine oder gezielte Schulveranstaltungen gedeckt werden. Weitere Fördermittel sind von einigen Kultusministerien, über die Heinz Nixdorf Stiftung und über die Deutsche Kinder- und Jugendstiftung (DKJS) mit dem Förderprogramm „SCHÜLER UNTERNEHMEN was!“ beziehbar. Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass unbedingt ein ausreichendes Budget für die flexible Anschaffung von Verbrauchsmaterialien sowie für zusätzlich benötigte Arbeits- und Hilfsmittel eingeplant werden sollte.</p>

<b>3 Durchführung und Dokumentation</b>	
<p>Die Arbeitsgruppen stellen die einzelnen Schritte zur Gründung einer Lernfirma sowie die Kostenkalkulation, die voraussichtliche Organisationsform und -struktur, die strategische Ausrichtung, den zukünftigen Namen der Lernfirma usw. im Plenum vor. Die Lerngruppe diskutiert über die einzelnen Gründungskonzepte und entwickelt eine gemeinsame Strategie.</p> <p>Die Lehrkraft moderiert die Diskussion, klärt weiterführende fachliche Fragen und fasst die Ergebnisse der Lernenden an der Tafel zusammen.</p> <p>Anschließend setzen die Lernenden das gemeinsam erarbeitete Gründungskonzept um, organisieren (innerhalb der Schule oder des Betriebes) bzw. erwerben alle dafür erforderlichen Ausstattungsgegenstände und dokumentieren den Gründungsprozess. Die Lehrkraft unterstützt die Lernenden bei der Gründung und klärt weiterführende Fragen.</p>	<p>Für die Diskussion lässt sich die Mind-Map-Methode einsetzen. Mind-Maps erfordern weniger Schreibaufwand als konventionelle, lineare Methoden (wie z. B. die „Hierarchie-Methode“) und ermöglichen es, alle wichtigen Punkte schnell zuzuordnen. Außerdem ist es einfacher, Querverbindungen zwischen einzelnen Gedanken herzustellen.</p> <p>Die Gründung einer Lernfirma stellt relativ hohe Anforderungen an die Lernenden. Sollte die Schule oder der Betrieb noch keine technisch- gewerbliche Übungsfirma eingerichtet haben, sollte diese Aufgabe von den Auszubildenden bzw. Schülerinnen und Schülern höherer Jahrgangsstufen umgesetzt werden. Sonst wäre es erforderlich, die Lernenden zu befähigen, selbstständig und eigenverantwortlich zu lernen, Lerntechniken, -methoden und -strategien einzuüben usw. zu können.</p>
<b>4 Bewertung und Optimierung</b>	
<p>Auf der Grundlage des gemeinsam entworfenen Gründungsprotokolls diskutieren die Lernenden darüber, welche Schritte problematisch waren und wie sich diese Schwierigkeiten vereinfachen lassen. Sie berücksichtigen dabei die unterschiedlichen (fächerübergreifenden) Aspekte, die zu Beginn der Lerneinheit aufgestellt wurden.</p> <p>Zusammen mit den Lernenden erarbeitet die Lehrkraft heraus, wie sich die Gründung einer Lernfirma optimieren lässt. Sie unterstützt den Reflexionsprozess der Lernenden gegebenenfalls über die zum Teil abstrakten fächerübergreifenden Zusammenhänge (z. B. mithilfe eines leittextorientierten Fragebogens).</p>	<p>Die Gründung der Lernfirma kann je nach finanzieller und materieller Ausstattung der Schule bzw. des Betriebes und den Kenntnissen der Lernenden einen längeren Zeitraum beanspruchen. Dennoch sollte im Anschluss eine ausführliche Bewertung und auch Verbesserung des Gründungsprozesses zur Vertiefung des Lerngegenstandes durchgeführt werden.</p> <p>Mit der Gründung einer Lernfirma sind ökonomische, organisatorische, rechtliche, verfahrens- und sicherheitstechnische usw. Kriterien zu berücksichtigen. Für schwächere Lerngruppen ist zu empfehlen, Prämissen zu setzen, um die Anzahl der relevanten Aspekte zu begrenzen.</p>
<b>5 Reflexion und Transfer</b>	
<p>Die Lernenden bewerten abschließend die Mitarbeit und Gesprächsform der Gruppenmitglieder sowie das Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren als solches. Sie überlegen, wofür die Kompetenzen, die durch die Gründung sowie die anschließende Mitarbeit in einer Lernfirma ausgebildet werden, bedeutsam sind.</p> <p>Die Lehrkraft moderiert die Diskussion, visualisiert die Argumente und Meinungen, gibt neue Impulse und begründet, warum sich eine gewerblich-technische Lernfirma für eine berufs- und handlungsorientierte Ausbildung eignet.</p>	<p>Zu bewerten sind neben dem Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren die eingesetzten Lernstrategien und die Zusammenarbeit innerhalb der Arbeitsgruppen. In dem Reflexionsprozess sollte den Lernenden auch bewusst gemacht werden, warum sie sich zukünftig die Lerninhalte durch die Methode „Lernfirma“ weitgehend selbstständig und eigenverantwortlich erschließen sollen.</p> <p>Einige Bewertungsaspekte sind relativ abstrakt. Deshalb ist zu empfehlen, allgemeine Bewertungsbögen als Orientierungshilfe und als Impuls für die anschließende Diskussion einzusetzen.</p>

Abb. 3: Schema der Ausbildungs- und Unterrichtsplanung für das Beispiel „Gründung eines Werkstattbüros“

Des Weiteren können durch das Ausbildungs- und Unterrichtskonzept zum Werkstattbüro und darüber hinaus einer Lernfirma verschiedene Lerngruppen der gewerblichen und kaufmännischen Schulen klassen- und schulübergreifend zusammenarbeiten.

**Literatur**

FISCHER, W. L./HARTWIG, A. E./REUEL, G.: Lernbüro Volt und Watt. Veröffentlichung des BIL (Berliner Institut für Lehrerfort- und -weiterbildung und Schulentwicklung), Berlin 1994.

KORBMACHER, K.: Zur Geschichte des Lernbüros. In: Erziehungswissenschaft und Beruf, 37. Jg., 1989, Heft 4, S. 387-404.

RAUNER, F.: Die Bedeutung des Arbeitsprozesswissens für eine gestaltungsorientierte Berufsbildung. In: Lernfeld: Arbeitsprozess. FISCHER, M./RAUNER, F. (Hrsg.): Bildung und Arbeitswelt. Band 6, Baden-Baden 2002, S. 25-52.

SCHMITZ, E.: Das Übungskontor. In: Die Berufsschule in der industriellen Gesellschaft. RÖHRS, H v. (Hrsg.): Akademische Reihe. Frankfurt a. M. 1968, S. 150-156.



Marc Schütte/Reiner Schlausch

# Der Beitrag von Auszubildenden an betrieblichen Verbesserungen und Innovationen

## Einführung

Nicht erst im Zusammenhang mit dem aktuellen Mangel an Lehrstellen wird intensiv über Kosten und Nutzen der betrieblichen Ausbildung diskutiert. Seit Mitte der 70er-Jahre erhebt das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) etwa alle zehn Jahre die den Unternehmen entstehenden Ausbildungskosten. Bei der Berechnung der Nettokosten der Ausbildung werden von den Bruttokosten (Personalkosten der Auszubildenden und des Ausbildungspersonals, Anlage- und Sachkosten sowie sonstige Kosten) die so genannten Ausbildungserträge abgezogen.

Unter Ausbildungserträge wird zunächst der direkte Nutzen für den Betrieb subsumiert, der auf Grund produktiver Mitarbeit der Auszubildenden entsteht. Neben diesem direkten Nutzen entsteht für Betriebe noch ein indirekter Nutzen, der – analog zum betriebswirtschaftlichen Begriff der Opportunitätskosten – als Opportunitätsleistungen bezeichnet wird, wie z. B. die eingesparten Kosten für die Rekrutierung und Einarbeitung von Personal auf dem Arbeitsmarkt. Hinzu kommen weitere Nutzendimensionen, die sich nur schwer monetär erfassen lassen. Dazu zählen u. a.:

- Verringerung des Fehlbesetzungsrisikos
- flexibler Personaleinsatz selbst ausgebildeter Fachkräfte
- Imagegewinn nach innen (positives Betriebsklima) und nach außen (z. B. bei Kunden, Lieferanten und potenziellen Mitarbeitern).

Im Folgenden möchten wir einen Nutzeneffekt in der letztgenannten Kategorie herausarbeiten, der in dieser Diskussion bisher nicht oder allenfalls an ihrem Rand auftauchte: Den Beitrag von Auszubildenden an betrieblichen Verbesserungen und Innovationen. In einer angemessenen Beteiligung von Auszubildenden am Wis-

sensmanagement liegen, so lautet unsere These, noch weitgehend ungenutzte Chancen, individuelles und organisationales Lernen wechselseitig aufeinander zu beziehen und füreinander fruchtbar zu machen. Insbesondere in kleineren und mittelständischen Unternehmen, wo das mittlere Management kaum ausgeprägt ist, dem aber eine Schlüsselrolle für kontinuierliche Innovation zugeschrieben wird (NONAKA/TAKEUCHI 1997), können Auszubildende komplementäre oder zentrale Funktionen des Wissensmanagements ausfüllen.

Diese Perspektive impliziert zuvorderst ein neues Rollenverständnis von Auszubildenden in Betrieben. Des Weiteren erwächst daraus ein (zusätzlicher) Bedarf an neuen, zukunftsorientierten Methodenkonzepten und Organisationsformen des betrieblichen Lernens. Dabei gilt es, das Lernen der Subjekte einerseits zu fördern und auf ein Ziel – bis auf weiteres die berufliche Handlungsfähigkeit – hin auszurichten und andererseits für die Weiterentwicklung bzw. Reflektion der Arbeits- und Geschäftsprozesse aufzuschließen.

Andererseits ist das tradierte Bild bereits obsolet, wonach lediglich ein unidirektionaler Wirkungseinfluss zwischen Auszubildenden und Betrieben (als sozio-technische Systeme) besteht. Demnach eignen sich Auszubildende unter präfabrizierten Bedingungen, die der Betrieb zur Verfügung stellt, Praxisroutinen und Werthaltungen eines Berufs und des Unternehmens an. In traditionellen als auch neuen Branchen und Berufen stellen wir jedoch fest, dass Auszubildende zunehmend als Wissens- und Kompetenenträger tätig sind, z. B. als Grenzgänger zwischen Abteilungen oder auf Grund von Erfahrungen und Kompetenzen, die immer mehr auch außerhalb von Arbeits- und formellen Bildungskontexten entstehen. Aus Sicht sowohl der betrieblichen als auch beruflichen Bildung gehen mit

dieser neuen Rolle Chancen ebenso wie Gefahren einher.

Der vorliegende Beitrag ist wie folgt angelegt. Direkt im Anschluss werden Überlegungen angestellt, mit denen wir, kurz gesagt, einen Wandel im Rollenparadigma von Auszubildenden postulieren. Der Anstoß dafür geht zunächst vom Anpassungsdruck der Unternehmen an gesellschaftliche Veränderungen aus, die jedoch neue Lernpotenziale eröffnen. Es folgen Darstellungen von drei Fallbeispielen, welche unsere Sichtweise und Argumente stützen und ergänzen. Die Beispiele stammen aus dem industriellen, dem IuK- und dem handwerklichen Bereich. Am Ende steht ein Fazit mit einem methodologischen Bestimmungsversuch, der aufzeigt, wie individuelles mit organisationalem Lernen innovationsauslösend und persönlichkeitsförderlich zu verknüpfen wäre.

## Ausbildung als Innovations- und Wissensmanagementansatz

### Die Rolle von Auszubildenden verändert sich

Bei der Rollenzuschreibung von Auszubildenden ist ein Paradigmenwechsel erkennbar. Der Auslöser ist in der „Neuformierung von Arbeit, Beruf und Beschäftigungsverhältnissen“ (DEHN-BOSTEL 2001, S. 53) zu sehen, die gemeinhin als Übergang von der Industrie- zur Wissens- und Dienstleistungsgesellschaft gedeutet wird.

In einer zunehmend kundenorientierten und globalisierten Ökonomie sind Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit entscheidend. Arbeitsprozesse und -ergebnisse sind unter diesen Vorzeichen kontinuierlich in Veränderung begriffen und werden permanent als optimierbar angesehen. Das Prinzip der Selbststeuerung ist auf diesem Hintergrund sowohl in moderne Arbeits- als auch Lernformen fest verankert. Als Beispiel für eine entspre-

chend prononcierte Arbeitsform ließe sich etwa die (teil)autonome Gruppenarbeit anführen. Im Rahmen des betrieblichen Lernens wird Selbststeuerung hingegen vor allem so ausgelegt, dass Individuen zwischen verschiedenen Lernmöglichkeiten und Lernwegen (im Sinne der Methodenpluralität) auswählen können und die Durchführung und den Lernerfolg eigenverantwortlich kontrollieren. Hierbei sind jedoch die jeweiligen Funktionen und Inhalte noch weitgehend von außen determiniert.

Gleichwohl scheint in der sich entwickelnden „Wissens- und Dienstleistungsgesellschaft“ der Charakter von Arbeit grundlegender verändert. Ihre „objektive Logik“ – im Sinne klarer Arbeitsaufträge mit mehr oder weniger standardisierten Handlungen und Entscheidungen (denen wiederum qualifizierungsrelevante Arbeitsfähigkeiten gegenüberstehen) – wird durch die wachsende Bedeutung eines selbst organisierten und subjektivierenden Arbeitens relativiert. Als „Subjektivierung von Arbeit“ werden dabei Befunde gedeutet, wonach Arbeit (im Hinblick z. B. auf Methoden, Arbeitsstile, bis hin zu Zielen und Inhalten) zunehmend stärker durch individuell-biografische Momente bestimmt ist als etwa durch Formen betrieblicher Arbeitsorganisation, Personalentwicklung usw. (vgl. KLEEMANN/MATUSCHEK 2001). Statt dessen kristallisiert sich, wie DEHNBOSTEL (2001) feststellt, die Integration von Arbeit und Lernen im Sinne einer kontinuierlichen, verschränkten Organisations- und Personalentwicklung als Hauptaufgabe der betrieblichen Bildungsarbeit heraus.

Demgegenüber sind Auszubildende durch die vorherrschenden Methoden in der betrieblichen Bildungspraxis mehr oder weniger auf eine rezeptive Lernerrolle festgelegt. Vor allem in der gewerblich-technischen Erstausbildung sind ausbilderzentrierte bzw. unterweisungsorientierte Formen, wie z. B. die „Vier-Stufen-Methode“ oder das Lehrgespräch, noch stark vertreten (PÄTZOLD et al. 2000). Diese und entsprechende Organisationsformen der Ausbildung korrespondierten in der Vergangenheit mit stark arbeitsteiligen Strukturen. In vielen Unternehmen wurden allerdings im Kontext von Reorganisationsmaßnahmen diese zu

Gunsten ganzheitlicher Aufgabenschnitte verändert, sodass Lernmethoden und Arbeitsorganisation disparat gegenüberstehen. Es muss stark bezweifelt werden, dass mittels Methoden, die Auszubildende tendenziell in eine rezeptive Rolle verweisen, heute und zukünftig relevante Qualifikationen und Kompetenzen (wie z. B. Selbststeuerung oder reflexive Handlungsfähigkeit) erworben werden können.

Auf der anderen Seite erlauben es traditionelle Methoden und Organisationsformen auch nicht, dass Auszubildende ihr Vorwissen und ihre Vorerfahrungen einbringen können. Auszubildende in den neuen gewerblich-technischen Berufen (IT-Berufe, Mechatroniker) – aber auch andere Auszubildende – sind in Alter und Vorbildung jedoch nicht mehr mit Auszubildenden der 70er- und 80er-Jahre vergleichbar. Insbesondere in den IuK-Technologien bringen Auszubildende heute teilweise ein erhebliches berufsrelevantes Wissen und Können mit. Gerade von Unternehmen der IuK-Branche, deren (zukünftige) Kompetenzanforderungen noch in hohem Maße unbestimmt sind, wird dies wahrgenommen und der „Wissenstransfer von der Ausbildung in das Unternehmen“ (für die Deutsche Telekom: HASEWINKEL 2003) als Anpassungsstrategie an dynamische Marktbedürfnisse instrumentalisiert. „Es gibt in unserem Unternehmen bestimmte Arbeitsaufgaben, die nur Auszubildende ausführen können“, sagte uns dazu der Ausbildungsleiter eines anderen großen IT-Unternehmens.

Bei diesem Trend zur Subjektivierung bzw. Selbstorganisation der Ausbildung, den wir gegenwärtig vor allem in IT-Berufen beobachten können, liegen die Probleme auf der Hand. Die beliebige Kontinuierung und Entgrenzung der Generierung von beruflicher Identität und Handlungssicherheit bringt Orientierungs- und Kontrollverluste mit sich (SCHÜTTE/SCHLAUSCH 2003). Es fehlen Methodenkonzepte, welche gerade das Erfahrungs- und informelle Lernen zu gestalten und in Richtung Kompetenzentwicklung auszurichten suchen. Die wichtigsten hier zu nennenden Ansätze stellen bislang u. a. Coaching und Mentoring oder auch dezentrale Lernortkonzepte wie Lern-

insel oder Lernstatt dar. Dieser Bedarf wird zumindest in den IT-Berufen heute teilweise auch dadurch überdeckt, dass Abiturienten und Studienabbrecher dort in der Mehrzahl sind, welche die hohen Anforderungen an die Selbstorganisation möglicherweise besser kompensieren können.

Auch aus diesem Grund ist die Rolle Auszubildender als Wissensträger vermutlich nur für eine Übergangszeit haltbar, so lange z. B. Auszubildende einen Wissensvorteil gegenüber Mitarbeitern haben, die nicht mit moderner IT-Technik aufgewachsen sind. Die Vorzeichen und ersten Beispiele deuten vielmehr auf einen neuerlichen Paradigmenwechsel (im Sinne einer Synthese?) hin, der auf praktische Wissensarbeit hinausläuft. Dieser wäre jedoch auch im Hinblick auf die Persönlichkeits- und Kompetenzförderlichkeit zu begrüßen.

## Kontext von Wissensarbeit

Unter den Randbedingungen einer dynamischen Umwelt und vernetzten, dezentralen Strukturen des Wirtschaftens wird „Wissen“ zur Ressource und zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor. Mit dem Begriff Wissensmanagement (WM) wird ein systematischer und zielorientierter Umgang mit Wissen vordergründig auf der Ebene organisationalen Handelns postuliert (Wissen als Gegenstand von Interventionen oder als Geschäftsprozess). Der Ausgangspunkt von WM kann in der Feststellung von NONAKA und TAKEUCHI (1997, S. 8) gesehen werden, dass ein Unternehmen „Wissen nicht nur verarbeitet, sondern auch erzeugt.“ Dies wäre noch zu steigern durch die Annahme, dass in post-tayloristischen, „wissensintensiven“ Arbeitszusammenhängen die Individuen ihre Tätigkeit partiell und substanziell immer wieder neu kreieren (vgl. DERBOVEN et al. 2002, S. 372). Um den Beitrag von Auszubildenden am WM im Folgenden besser abschätzen zu können, gehen wir auf zwei wichtige Modelle näher ein.

In der Theorie der Wissensschaffung von NONAKA und TAKEUCHI etwa ist die Annahme zentral, dass implizites, operationales Wissen – durch schrittweise Externalisierung über Metaphern, Analogien und Modelle – in explizites umgewandelt wird. Explizites

Wissen ist symbolisch vermittelt, dekontextualisiert und kann z. B. mittels Medien ausgetauscht und (neu-)kombiniert werden (NONAKA/TAKEUCHI 1997, 73 ff.). Auf diese Weise entsteht neues, vergemeinschaftetes Wissen. Die individuelle Integration und Aneignung dieses Wissens (z. B. ein neues Werkzeug, eine neue Methode) führt wiederum zu personalen Verhaltensänderungen, bis hin zur Routinisierung. Indem nun andere Personen sich an diesem Verhalten orientieren und es, sei es durch Imitation, sei es durch Kooperation, reproduzieren, erwächst schließlich kollektives Wissen bzw. organisationale Fähigkeiten. Für die beiden letztgenannten Übergänge stehen die Begriffe Internalisierung und Sozialisation bei NONAKA und TAKEUCHI. Zusammenfassend zeigt Abb. 1 die Wissensspirale, laut NONAKA und TAKEUCHI (1997, S. 88) eine zentrale Managementaufgabe in Unternehmen.

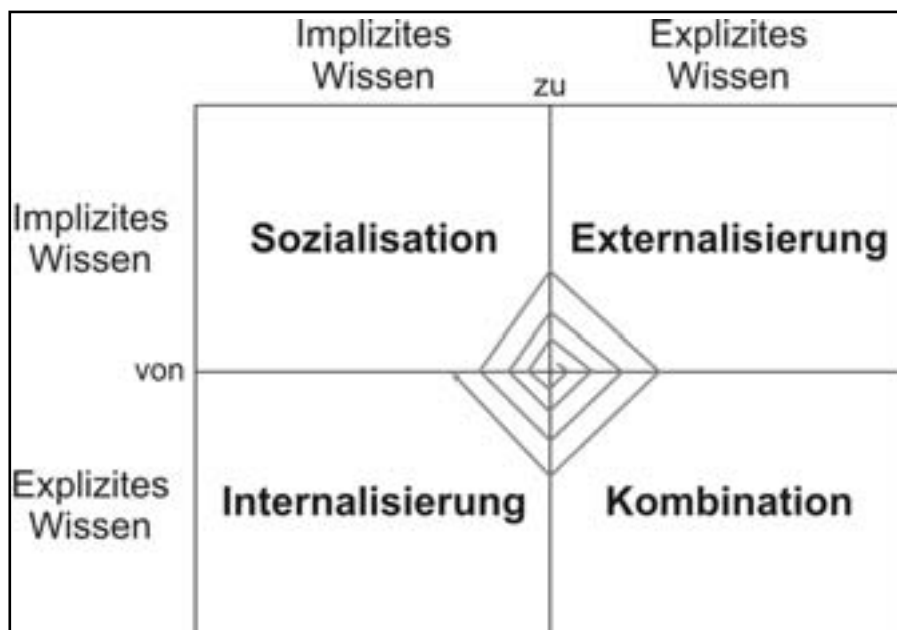


Abb.: 1: Wissensspirale (Quelle: NONAKA/TAKEUCHI 1997,S. 84)

Relevante Handlungsfelder für Unternehmen im Sinne von sechs Kernprozessen des WM haben außerdem PROBST et al. (1999) identifiziert: Die Identifikation, Bewahrung, Nutzung, Verteilung, Entwicklung und den Erwerb von Wissen. Durch Hinzufügung der Bausteine „Wissensziele“ und „Wissensbewertung“ gelangen sie zu einem WM-Regelkreis (Abb. 2).

Die Frage für die Unternehmen lautet mithin, wie sie gezielt zu Verbesserungen oder Korrekturen auf der Grundlage gegebener Lösungsstrategien kommen oder Innovationen nach innen wie nach außen auslösen können. Unter Innovationen verstehen auch wir, nach einschlägiger Auffassung, einen „qualitativen Sprung“, der sich aus einer „reflektierten Differenz zwischen subjektiver Erfahrung und kollektivem Wissen entwickelt“ (WEHNER/WAIBEL 1997, S. 73) und aus dem etwas Neues entsteht. Veränderungsfähige und innovative Unternehmen müssen demnach vor allem Antworten auf zwei Fragen finden: Erstens, wie lassen sich veränderungsrelevante Differenzen zwischen subjektiver Erfahrung (einschließlich Kompetenzen, Wertehaltungen, Erwartungen) und kollektivem Wissen einschließlich der organisierten Arbeitsinfrastruktur feststellen? Und zweitens, wie führt dies zu kreativen Gestaltungsleistungen der Organisa-

tion? Wie im Folgenden zu zeigen ist, können Auszubildende vor allem mit Blick auf die erste Frage, einen originären Beitrag leisten.

Betrachten wir jedoch zunächst, welche Antworten in der Praxis bereits vorzufinden sind. Beim Thema WM kommt es entscheidend darauf an, personales Wissen (Erfahrung) und organisationales Wissen wirkungsvoll miteinander zu verknüpfen (WILLKE 2001, S. 18). Zum betrieblichen Me-

thodenrepertoire gehören diesbezüglich bereits seit langer Zeit das betriebliche Vorschlagswesen (erstmalig 1888 bei Krupp eingeführt), womit Anreize und eine eigene Organisationsform für das Einbringen von Ideen der Basismitarbeiter geschaffen wurden. In neuerer Zeit gibt es Zirkel, welche die Idee moderierter Gruppenarbeit zur ausführungsnahen Mitgestaltung von lokalen Problemlösungen (Problemlösezirkel) oder geplanten Innovationen (Erfahrungszirkel) umgesetzt

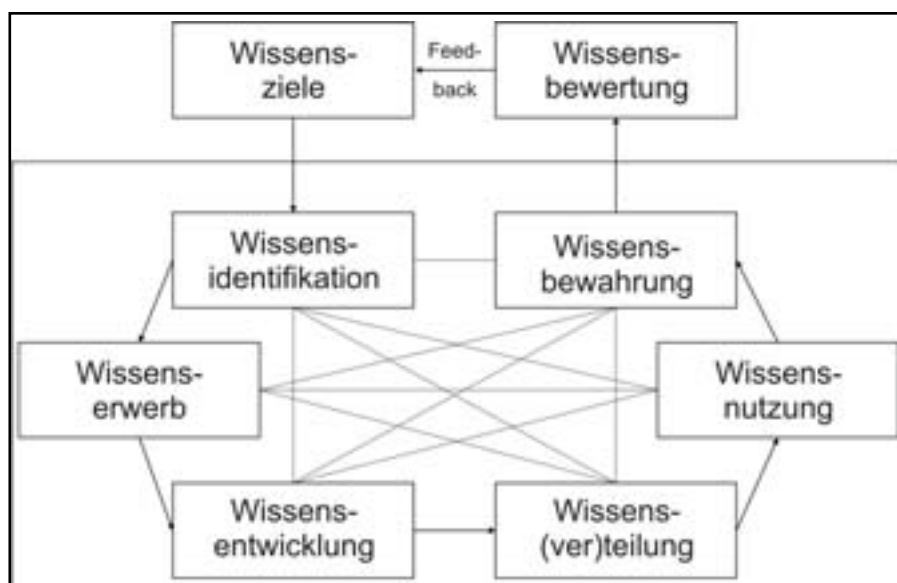


Abb. 2: Bausteine des Wissensmanagements (Quelle: PROBST et al. 1999, S. 58)

haben. Vordergründig dienen diese Formen dem Zweck, Planungsunsicherheiten und -grenzen durch lokales Know-how aufzufangen. DERBOVEN et al. (2002, S. 371) bilanzieren, dass Zirkel in ihrer traditionellen Form ein „korrekatives Potenzial durchaus entfalten, ohne jedoch Humanisierungs- und Partizipationsansprüche einzulösen.“

Als Haupthindernis für eine innovationsauslösende Erfahrungsnutzung oder, mit anderen Worten, für reflexive Distanz zum eigenen Tun erweisen sich jedoch fast immer Handlungs- und Wahrnehmungsfixierungen der Akteure. Verbesserungsvorschläge, die im Rahmen einer Studie ausgewertet wurden, thematisierten in 50% der Fälle einen Mangel, der bereits „zwischen einem und fünf Jahren“ existierte und offenbar auch beherrscht wurde (WEHNER/WAIBEL 1997, S. 93; siehe auch SCHLAUSCH/SCHÜTTE 2003). Als eine besondere Lernform, die Arbeit und Lernen programmatisch zu verbinden sucht, sollte auch das Lerninsel-Konzept nicht unerwähnt bleiben.

### Und jedem Anfang wohnt ein Zauber inne...

Wir verdanken LAVE und WENGER (1991) eine Klärung der Doppelfunktion von Novizen (die Leser mögen Novizen ≈ Auszubildende gelten lassen) in Praxisgemeinschaften. Demzufolge stellen Novizen einerseits die Reproduktion der Praxisgemeinschaft als soziales System (z. B. die Angehörigen eines bestimmten Berufs oder die Mitarbeiter eines Betriebes) sicher. Andererseits bringen die Reproduktionsversuche von Novizen auch Variabilität hervor oder aber ihre Bemühungen, z. B. bestimmte Handlungssequenzen zu reproduzieren, scheitern gar. Gerade die Misserfolge (geseiterte Reproduktionen) können jedoch zum Ausgangspunkt für Neues werden im Sinne der Formierung sowohl von beruflichen Identitäten oder (neu)gestalteter Arbeit. Sie „führen zur *Entselbstverständlichung* des Geforderten und ermöglichen eine erneute bzw. eine erneuernde Auseinandersetzung mit den Anforderungen an die Praxisgemeinschaft und an ihre Ziele“ (WEHNER/WAIBEL 1997, S. 79).

Bei der Entwicklung von Novizen zu vollgültigen Mitgliedern einer Praxisgemeinschaft liegt, so LAVE und WENGER (1991, S. 114), ein Spannungsverhältnis zwischen Kontinuität und Wandel vor. Aus ethnografischen Feldstudien schließen sie auf eine universelle kulturelle Form des Lernens, die zur Teilhabe an und zur verändernden Reproduktion von Praxisgemeinschaften führt: „*legitimate peripheral participation*“. Novizen haben im Gegensatz zu Außenstehenden die Zugangsberechtigung zur sozialen Reproduktionspraxis, zu Arbeits- und Geschäftsprozessen (*legitimate*). Sie sind allerdings vom Druck des Handlungserfolges befreit, ihnen wird jedoch zunehmend Verantwortung übertragen (*peripheral*). Schließlich wirken Novizen aktiv an der Reproduktion der sozialen Praxis mit (*participation*). Mit der zunehmenden Involviertheit geht einher, dass irgendwann die Novizen die Experten/Altvorderen positionell ablösen.

LAVE und WENGER können sich bei ihrem kognitiv-anthropologischen Einheitsverständnis von individueller und sozialer Entwicklung auf eine reichhaltige Evidenz zum situierten Lernen stützen. Gegenüber rationalistischen Lerntheorien, die auf die Verwirklichung oder Anwendung von zunächst erworbenen Ideen oder Einsichten setzen und damit das Wissen *als* Wissen forcieren, bestehen diese Autoren darauf, dass sich Lernen in der Entwicklung von personaler Identität (ebd., S. 115) und von Fähigkeiten zur praxisbezogenen bzw. praxisintegrierten Kommunikation und Interaktion (ebd., S. 109) ausdrückt.

### Auszubildende in der Rolle von Brückenbauern und Transparenzschaffern

Der vorangegangene Abschnitt hat deutlich gemacht, dass Lern- und Aneignungsprozesse von Novizen in Arbeits- und Geschäftsprozessen ein Innovationspotenzial für Organisationen haben. Darüber hinaus liegt es nahe, Auszubildende für Aufgaben in Unternehmen heranzuziehen, bei denen *organisierte Wissensarbeit* (vgl. WILLKE 2001, S. 21) im Zentrum steht. In Anlehnung an WATKINS und MARSICK (1992) könnte man sagen, dass „*legitimate peripheral participation*“ ein in-

formelles Lernen und organisierte Wissensarbeit ein formelles Lernen der Organisation ermöglicht.

PROBST et al. (1999, S. 367-370) skizzieren „neue Berufsfelder im Bereich des Wissensmanagements“. Obwohl die Autoren ausgesprochene Spezialistentätigkeiten im Sinn haben, ergeben sich durchaus Anknüpfungspunkte eines erweiterten Rollenverständnisses von Auszubildenden. Auch das Qualitätsmanagement entwickelte sich ja von einer Spezialisten- zu einer Querschnittsaufgabe. Mit PROBST et al. können Auszubildende insbesondere als „*Brückenbauer*“ und „*Transparenzschaffer*“ gesehen werden. „*Brückenbauer*“ werden Personen genannt, die ungenutzte Wissensbestände in Organisationen aufspüren und in relevante Kompetenzfelder einführen. Die Aufgabe der „*Transparenzschaffer*“ stellt demgegenüber die Bestandsaufnahme des zugänglichen Wissens der Organisation und dessen Weitergabe an potenzielle Nutzer dar.

Auszubildende profitieren von Wissensarbeit, indem sie etwa Arbeits- und Geschäftsprozesse aus unterschiedlichen Perspektiven kennen lernen und sich Spielregeln der Kommunikation erschließen. Denn Wissensarbeit ist zumeist arbeitsplatz-, abteilungs- und sogar hierarchieübergreifend. Zudem stellt Wissensarbeit eine bedeutsame Tätigkeit im Unternehmen dar. Dies kann die Identifikation mit dem Ausbildungsbetrieb erleichtern und zum sozialisatorischen Aufbau von „*Auftragsorientierung*“ in Abgrenzung etwa von bloßer „*Aufgabenorientierung*“ oder „*Zeitorientierung*“ befördern. Schließlich entwickeln Auszubildende wohl eher eine Bereitschaft sowie praktische Fähigkeiten zur Wissenskooperation mit Kollegen und Kunden. Die folgenden Fallbeispiele werden diese Einschätzungen weiter vertiefen.

### Innovation durch Ausbildung und Auszubildende: Drei Beispiele

Die Fallbeispiele (Industrie, IuK-Branche, Handwerk) haben wir im Rahmen dreier vom bmbf geförderten und vom Bundesinstitut für Berufsbildung begleiteten Modellversuche bzw. Forschungsvorhaben ermittelt. In ihnen

wird ein individuelles und organisationales Lernpotenzial deutlich, das gegenwärtig nicht systematisch genutzt wird, wie ihre mehr oder weniger zufällige Entstehung zeigt. Eine hervorsteckende Gemeinsamkeit ist die Dienstleistungsorientierung der jeweils innovationsauslösenden Aktivitäten von Auszubildenden, die sich auf interne oder kundenbezogene Bedarfe für Problemlösungen richteten.

### Wissensidentifikation und -verteilung durch die Ausbildungswerkstatt<sup>1</sup>

Die Demag Cranes & Components GmbH löst Materialfluss, Logistik- und Antriebsaufgaben. In drei Geschäftszweigen: Antriebstechnik, Handling Technology und Krane, werden Branchenlösungen für Fahraufgaben, Lastenhandhabung sowie Materialfluss realisiert. Ein weiterer Geschäftszweig widmet sich dem After Sales Business. In sechs deutschen Werken sowie 19 Auslandsgesellschaften sind über 6.000 Mitarbeiter beschäftigt. An den Standorten in Deutschland werden gegenwärtig 105 junge Menschen ausgebildet. Am Hauptsitz Wetter/Ruhr, an dem das Beispiel entstand, wird in IT-, kaufmännischen und gewerblich-technischen Berufen ausgebildet. Die Ausbildung im gewerblich-technischen Bereich hat einen relativ hohen Anteil in der zentralen Ausbildungswerkstatt, die sich als Dienstleister für die wertschöpfenden Bereiche versteht und sich an Arbeits- und Geschäftsprozessen ausrichtet.

Im Verlauf der Standardisierung von Bauteilen für Prozesskrane waren sowohl Mitarbeiter in der Konstruktionsabteilung als auch im Bereich Fertigung/Montage zu der Auffassung gelangt, dass die ausschließlich textuelle Dokumentation der wesentlichen Bauelemente in einem Handbuch (Bezeichnung plus Kennziffer) nicht praxisgerecht ist. Der Leiter der mechanischen Konstruktion und der Produktionsleiter Prozesskrane wandten sich mit diesem Problem an die Ausbildungswerkstatt. Daraufhin wurde ein Projektteam aus Auszubildenden und erfahrenen Mitarbeitern der genannten Bereiche gebildet. Das Projektteam spezifizierte zunächst den Projektauftrag genauer und entwickelte dann im Dialog mit den Bereichen einzelne Schritte zur Problemlösung.

Das Projekt stellt somit ein Beispiel für organisierte Wissensarbeit von Auszubildenden dar. Dabei ging es zunächst um die Frage der Wissensidentifikation (welche Standardteile gibt es?). Wie PROBST et al. (1999) bemerken, fällt es Betrieben auf Grund der hohen Variabilität ihrer Produkte und Dienstleistungen heute schwer, „den Überblick über interne und externe Daten, Informationen und Fähigkeiten zu behalten“ (S. 54). Eine Folge mangelnder Transparenz ist die Vergeudung von Ressourcen.

Des Weiteren ging es in dem Projekt bei Demag um die Wissensverteilung und die Wissensnutzung als weitere Kernprozesse des WM, also um die Fragen, wie das Wissen an den richtigen Ort gelangt und dort in Handeln umgesetzt wird. Hierzu erstellten die Auszubildenden zum einen eine Dokumentation mit Visualisierungen der Bauteile in deren Originalgröße, die inzwischen auch in das firmeneigene

Intranet Eingang gefunden hat. Zum anderen konstruierten sie fahrbare Stellwände, auf denen die Bauelemente angebracht und somit plastisch/erfahrungsorientiert verfügbar sind (Abb. 3).

Zusammenfassend haben Auszubildende hier als Transparenzschaffer und Brückenbauer (zwischen Konstruktion und Fertigung) des Unternehmens gewirkt. Die Transparenz und Effektivität des betrieblichen Wissens konnte durch die Maßnahmen erheblich gesteigert werden. Die Auszubildenden haben wichtige Erkenntnisse über das Produkt und über die Arbeitsprozesse gewinnen können. Sie haben nicht zuletzt nach Einschätzung ihrer Ausbilder an Fähigkeiten in der Projektarbeit und Wissenskooperation hinzugewonnen. Insgesamt handelte es sich bei diesem Beispiel um einen wichtigen Beitrag zum Wissensmanagement.

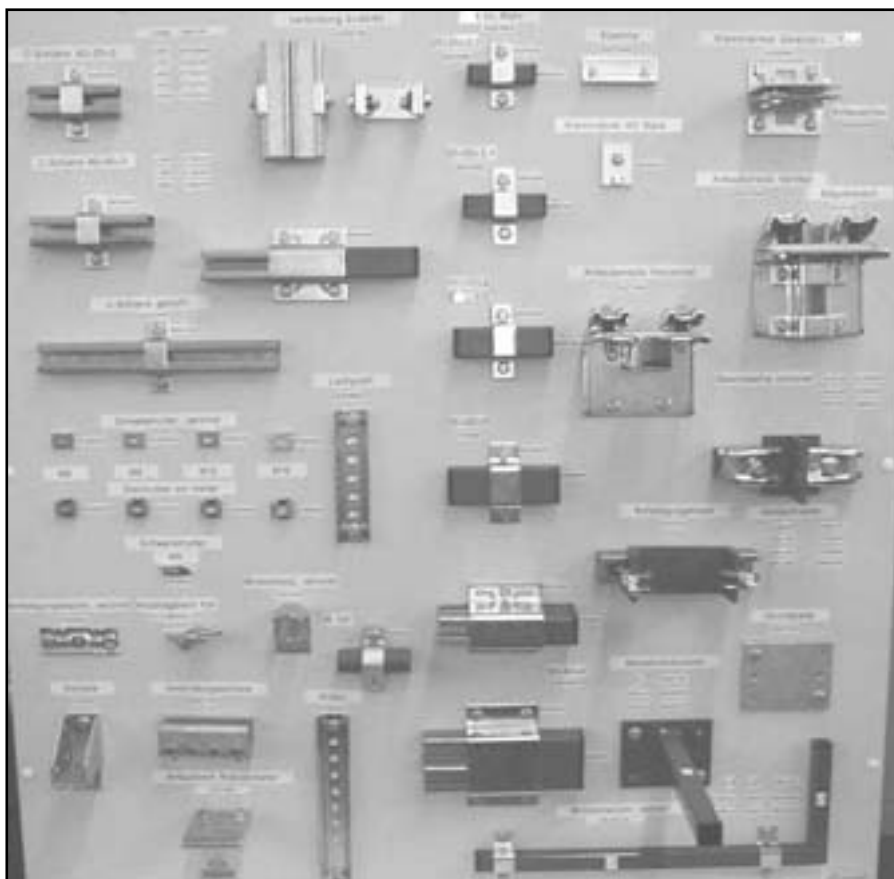


Abb. 3: *Fahrbare Wand zur Visualisierung von Anbauteilen für den Betrieb (Quelle: Demag Cranes & Components GmbH, Aus- und Fortbildung, Wetter, Ruhr)*

### Wissensschaffung an der Kundenschnittstelle im IT-Beruf<sup>2</sup>

Die Tenovis GmbH & Co. KG ist ein Unternehmen der Telekommunikationsbranche. Von den rund 6.000 Beschäftigten werden europaweit etwa 200.000 Kunden betreut. Der Dienstleister für Business Kommunikation bietet modulare Kommunikationslösungen speziell für kleine und mittelständische Unternehmen an. Im Mittelpunkt des Leistungsportfolios steht der Kunde – nach dessen Anforderungen und Wünschen wird ein jeweils maßgeschneidertes System entwickelt. Lösungen aus den Bereichen Telephony, Call- und Contact Center, Service, Internet, Customer Relation, Messaging und Networking werden dazu optimal kombiniert.

Das Unternehmen bildet ca. 300 Auszubildende vorwiegend in IT-Berufen an verschiedenen Standorten aus. Die IT-Ausbildung ist im hohen Maße nach dem Prinzip der Selbstorganisation angelegt: Lerninhalte werden zum einen möglichst in Arbeitsprozesse einzubinden versucht, zum anderen werden die Auszubildenden als Know-how-Träger gesehen. Entsprechend werden den Auszubildenden früh anspruchsvolle Aufgaben im Zusammenhang mit internen und externen Kundenaufträgen übertragen, die sie teilweise über eine eigene Organisationseinheit akquirieren und selbstständig bzw. in Kooperation mit Mitarbeitern ausführen. Strategisch flankiert und abgesichert wird das selbst organisierte Lernen und Arbeiten im Unternehmen durch einen Ausbildungscoach und die Nutzung von Lehrgangsangeboten des unternehmenseigenen Schulungsbereichs Tenovis Campus.

Im Rahmen des Modellversuchs ELA-IT (Erfahrungsgelitetes Lernen und Arbeiten in IT-Berufen), der am Standort Hamburg bei Tenovis durchgeführt wird, geht es um informelles Lernen von angehenden Fachinformatikern/Fachinformatikerinnen mit dem Schwerpunkt Systemintegration (vgl. auch SCHÜTTE/ SCHLAUSCH 2003). In der untersuchten Gruppe (Jahrgänge 1999-2003) sind ausschließlich Abiturienten zu finden, darunter viele Studienabbrecher (ca. 30%); der Altersdurchschnitt beträgt 23 Jahre.

Dem in unserem Zusammenhang interessanten Fall lag die Zusammenarbeit eines Auszubildenden mit einem erfahrenen Monteur zugrunde. In der Arbeit von Monteuren und Servicetechnikern, die bei Kunden z. B. Störungsbehebungen sowie die Modifikation vorhandener und Installation bzw. Inbetriebnahme neuer TK-Anlagen vornehmen, ist der Computer als Werkzeug unentbehrlich geworden. Vielfach sind jedoch die älteren Servicetechniker in der Nutzung der unterschiedlichsten Software-Applikationen und der damit in Verbindung stehenden Möglichkeiten weniger vertraut als die Auszubildenden. Jene bringen aber Erfahrungen in der Bewältigung von Anforderungen der unmittelbar kundenbezogenen Arbeit (z. B. Fähigkeiten in der Strukturierung von Experten-Laien-Kommunikation) mit, über die Auszubildende (noch) nicht verfügen, aber von den Erfahrenen lernen können.

Bei einem Kunden sollte eine TK-Anlage mit etwa 400 Teilnehmern konfiguriert werden. Der Servicetechniker wollte zunächst die Telefone einzeln manuell einrichten. An einer anderen Stelle im Unternehmen hatte der Auszubildende jedoch Kenntnis davon erhalten, dass die Konfigurierung mithilfe einer Software automatisch vorgenommen werden kann. Auf Grund dieser Mitteilung forderte der Servicetechniker den Auszubildenden auf, die Aufgabe auf diese neue, zeitsparende Art zu lösen. Unter Ausnutzung seiner informellen Kontakte zu anderen Mitarbeitern (mithin als Brückenbauer) gelang es diesem zunächst die benötigte Software zu beschaffen, die er nach anfänglichen Schwierigkeiten so programmierte, dass sie für die Aufgabenlösung genutzt werden konnte. Hierbei kam ihm nach eigener Aussage zugute, dass er Vorkenntnisse bei der Programmierung in einem anderen Tool besaß und über informelle Kontakte zu Mitarbeitern und Auszubildenden weitere Informationen und Tips beschaffen konnte. Nach erfolgreicher Durchführung erläuterte er dem Servicetechniker die Problemlösung, die dieser übernommen und seither häufiger angewendet hat. Darüber hinaus, so hat unsere Nachanalyse des Falles ergeben, haben jedoch wenig andere Personen von der Problemlösung erfahren.

Das Beispiel zeigt, wie anhand einer Aufgabe an der Kundenschnittstelle im Prozess der Leistungserbringung zwischen Auszubildenden und Mitarbeitern neues Wissen entsteht. Unterschiedliches Wissen und Nicht-Wissen auf beiden Seiten werden wechselseitig füreinander wirksam und bringen eine neue Fähigkeit hervor. Allerdings wird an diesem Fall auch deutlich, dass es einer organisationalen Gestaltung bedarf, damit innovative Lösungen zum Allgemeingut werden können. In vielen Unternehmen ist heute der Charakter der Wissensorganisation, denkt man z. B. an die Genese, Verteilung und Nutzung von Wissen, mehr oder weniger zufällig und stark auf informelle Aktivitäten angewiesen (vgl. SHIRE et al. 2003).

### Wissensspirale durch „Lernen im Kundenauftrag“<sup>43</sup>

Die Gebr. Steffen GmbH ist ein Handwerksbetrieb der Sanitär-Heizung-Klima-Branche mit Sitz in Alsdorf. Gegenwärtig sind etwa 32 Mitarbeiter in dem 1983 gegründeten Betrieb voll beschäftigt, darunter befinden sich auch fünf ehemalige Auszubildende. Im Betrieb wird ein modernes Management praktiziert, welches das in der Branche noch weit verbreitete „Meistermodell“ (Der Meister plant und koordiniert nahezu sämtliche Schritte) abgelöst hat. Dazu gehört unter anderem eine Offenlegung der Betriebskalkulation und eine transparente Arbeitsorganisation, die von allen Mitarbeitern verantwortlich mitgestaltet wird. Der Betrieb ist nach ISO 9001 zertifiziert. Ungewöhnlich ist auch, dass neben dem klassischen SHK-Bereich ein zweiter Geschäftsbereich mit Managementseminar- und Trainingsangeboten für das Handwerk zum Unternehmen gehört. In eigenen Schulungsräumen werden die betriebsinternen Lösungen und Erfahrungen zur kundenorientierten Organisation und Betriebsführung an die Kursteilnehmer (in der Regel Inhaber von Handwerksbetrieben) weitergegeben. Die Gebr. Steffen GmbH hat sich damit einer kontinuierlichen Innovation ihrer Arbeits- und Geschäftsprozesse verschrieben.

Der Betrieb bildet zurzeit 13 Auszubildende aus, davon 11 in SHK-Berufen. Im Betrieb kommt es durchaus vor, dass sich Auszubildende an betrieb-

lichen Verbesserungen mit erfolgreichen Ideen beteiligen. Man führt dies auf die hohen Anforderungen bei der Bewerberauswahl zurück aber auch darauf, dass Auszubildende „nicht so im Trott drin stecken, wie die älteren Mitarbeiter.“ Besonders förderliche Bedingungen für die Reflektion der Arbeit sind mit dem Ausbildungskonzept „Lernen im Kundenauftrag“ (LIKA) geschaffen worden: Leistungsstarke Lehrlinge erhalten ab dem dritten Lehrjahr die Möglichkeit, in der Endphase ihrer Ausbildung selbstständig Kundenaufträge zu bearbeiten. Den LIKA-Auszubildenden steht hierfür ein eigenes Fahrzeug zur Verfügung. Um Kunden für die Mitwirkung zu gewinnen, wird bei LIKA-Aufträgen ein Preisnachlass beim Stundenlohn gewährt (siehe SANDER/STEFFEN 2003). Das vorliegende Fallbeispiel ist im Kontext von LIKA entstanden und zeigt die aktive Rolle von Auszubildenden an Prozessen der Wissensexternalisierung und Wissenskombination. Zusammenfassend stellt das vorliegende Beispiel eine Wissensspirale im Sinne von NONAKA und TAKEUCHI (vgl. Abb. 1) dar.

Im Rahmen seiner LIKA-Aufträge machte ein Auszubildender wiederholt die Erfahrung, dass Kunden erforderliche Isolierarbeiten an Rohrleitungen selber bzw. in Nachbarschaftshilfe ausgeführt hatten. In einem offiziellen Verbesserungsvorschlag, in dem er diesen Ist-Zustand darlegte, regte er an, diese Arbeiten zukünftig durch den Betrieb anzubieten (Externalisierung). Die Geschäftsleitung griff diesen Vorschlag auf und realisierte das zusätzliche Angebot im Rahmen einer Kooperation mit einem Fremdunternehmen, da man im eigenen Haus keinen Isolierfacharbeiter beschäftigte (Kombination, Internalisierung einer neuen Praxis). Trotz einer ungünstigen Rendite bei diesem Angebot (hohe Anfangskosten der Fremdfirma) sah die Geschäftsführung diese Lösung als gelungen an. Nach einigen Monaten wurde wiederum durch einen LIKA-Auszubildenden diese Sicht jedoch infrage gestellt. Kunden hatten ihm gegenüber geäußert, dass die Qualität der Auftragsabwicklung durch die Fremdfirma vor Ort nicht dem gewohnten Standard der Fa. Steffen hinsichtlich Termintreue, Freundlichkeit und Sauberkeit entsprach („Die arbei-

	Traditionelle Ausbildung im Handwerk	Moderne Ausbildung im Handwerk
	Auszubildende	Auszubildende
Auftragsanalyse	✗	○
Auftragsplanung	✗	●
Auftragsdurchführung	○	●
Auftragsauswertung	✗	○

Legende: ● vollständiger Einbezug  
○ teilweiser Einbezug  
✗ kein Einbezug

Abb. 4: Die Einbeziehung von Lehrlingen in den Kundenauftrag in modernen Ausbildungskonzepten des Handwerks

ten nicht so wie ihr“). In einem eigenen Verbesserungsvorschlag regte er nun an, dass ein Mitarbeiter, der bislang als „Helfer“ den Technikern im Betrieb zur Hand ging, doch diese Aufgabe übernehmen könne (Externalisierung, Kombination). Nach anfänglicher Überraschung auf Grund dieser unerwarteten Lösung griff die Geschäftsleitung diesen Vorschlag auf. Der Mitarbeiter wurde zum Isolierer weiterqualifiziert und führt seither die Isolierfacharbeiten des Betriebes durch (Internalisierung).

In diesem Fallbeispiel haben zweimal jeweils Auszubildende eine Wissensspirale und damit eine Innovation im Betrieb ausgelöst. Beim ersten Mal hat der Lehrling einen spezifischen Kundenbedarf im direkten Kundenkontakt festgestellt, der für ihn einen Aufforderungscharakter (nach dem Prinzip „Alles aus einer Hand“) besaß. Beim zweiten mal handelt es sich um einen Vorschlag zur Personal- und Organisationsentwicklung. Es steht au-

ßer Frage, dass moderne Ausbildungskonzepte, welche die aktive Partizipation von Auszubildenden in Arbeits- und Geschäftsprozessen vorsehen, für solche Innovationen eine zentrale Bedeutung haben. Abb. 4 stellt zusammenfassend die Veränderungen in der Einbeziehung von Lehrlingen in den Kundenauftrag, wie dies in LIKA erfolgt, zur traditionellen Lehrlingsausbildung dar.

**Methodologische Konsequenzen**

Was sind vor diesem Hintergrund methodologische Konsequenzen, von denen eine an Innovationsfähigkeit und Persönlichkeitsförderlichkeit ausgerichtete Bildungsarbeit in Betrieben auszugehen hätte? Die Antwort darauf kann nur vorläufig ausfallen. Zum einen besteht hinsichtlich der hier thematisierten Zusammenhänge noch ein beträchtlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Andererseits gibt es in der betrieblichen Bildungspraxis

und in der berufspädagogischen Diskussion bereits Ansätze, die Problemlösungsversuche aufgreifen können.

In der hier eingenommenen Perspektive kristallisieren sich für neue betriebliche Bildungskonzepte vor allem zwei Prinzipien heraus: Partizipation und Narrativität. Diese beiden Prinzipien sind nicht unabhängig voneinander zu sehen. Es war im Gegenteil unser zentrales Anliegen, in dem vorliegenden Beitrag zu zeigen, dass nur ihre gemeinsame Verwirklichung den Schlüssel liefert, um individuelles und organisationales Lernen funktionell zu verbinden, sodass reflexive Handlungsfähigkeit und Innovationsfähigkeit (als organisierte Prozesse reflexiven Handelns) entstehen und Schieflagen vermieden werden können. Schieflagen entstehen dann, wenn entweder die Individuen auf Kosten der Organisation oder aber Organisationen auf Kosten der Individuen lernen und das Lernen folglich desintegriert ist.

Das Prinzip Partizipation nimmt in der gegenwärtigen berufspädagogischen Theorie und Praxis heute bereits einen hohen Stellenwert ein. Dies kommt nicht zuletzt in einer zunehmenden Arbeitsorientierung von didaktischen Überlegungen und Ansätzen zum Ausdruck, für die etwa kompetenzanalytische und/oder lernpsychologische Vorteile reklamiert werden. Der im letzten Fallbeispiel genannte Ansatz des auftragsorientierten Lernens lässt sich als praktische Konsequenz solcher Überlegungen verstehen (siehe HOPPE et al. 2003).

Auftragsorientiertes bzw. arbeitsintegriertes Lernen steht einerseits für die Einverleibung von Strukturen in motorische und perzeptive Fähigkeiten oder auch Gewohnheiten – mit Husserl ließe sich von einer „vorprädikativen Erfahrung“ sprechen. Ein weiterer Effekt dieser Lernform ist auch darin zu sehen, dass für die theoretische Wissensvermittlung eine Verankerung in praktischen Relevanzzusammenhängen geschaffen wird, welche eine problemorientierte Wissensaneignung anregt (vgl. dazu auch den „Anchored Instruction“-Ansatz, Cognition and Technology Group at Vanderbilt 1990). Insgesamt sind mit dem Ansatz günstige Bedingungen für die Entwicklung von Handlungsfähigkeit gegeben. Auf der anderen Seite stellt sich die Frage, wie Reflexion als Ver-

fahren zur Erfindung von Neuem und Anpassungsfähigkeit gegenüber Veränderungen und Unerwartetem (im Gegensatz zu trial and error) auf organisationaler und individueller Ebene vorkommt. Hierfür ist eine Metaebene der Repräsentation und Transformation von Erfahrung in der Sprache die Voraussetzung. Eine entsprechende Position nehmen LAVE und WENGER (1991) ein, die, wie erwähnt, stark auf situiertes Lernen abstellen. Sie verweisen auf Storytelling in Praxisgemeinschaften (*talking about and talking within a practice*) als Möglichkeit zur Reflexion und Überlieferung primärer Erfahrung („... supporting communal forms of memory and reflection ...“, S. 109). Damit wird die Artikulation und Kommunikation von Erfahrung, in sozialen Akten des Geschichtenerzählens, zu einem vitalen Komplement von Partizipation. Eine narrative Strukturierung von Erfahrung haben bestehende Ansätze zum auftragsorientierten Lernen gleichwohl noch nicht systematisch inkorporiert. Beispielhaft zu denken wäre hier nur etwa an Barrierefreiheit der vertikalen und horizontalen Kommunikation, an generationsübergreifenden Kooperationsformen des Lernens und Arbeitens oder an Formen des Briefings und Debriefings von Aufträgen.

Narrative Ansätze, die etwa auf eine reichhaltige Forschung zur Oral History in Organisationen aufsetzen können, sucht man in der betrieblichen Bildungspraxis insgesamt eher vergeblich – ihrer zunehmenden Bedeutung für die Instruktionstheorie (vgl. das „White Paper“ zum „story-centered curriculum“ von SHANK) und die Managementtheorie (vgl. LOEBBERT, 2003) zum Trotz. Das Prinzip der Narrativität greift eine phänomenologische Erkenntnis auf, wonach Geschichten „transsubjektive“ (über das einzelne Individuum hinausweisende) „Ordnungsfiguren gelebter Wirklichkeit“ sind. Geschichten machen zum einen den Individuen einer Praxisgemeinschaft komplexitätsreduzierende Deutungs- und Sinnangebote. Eine wesentliche strukturelle Leistung von Geschichten stellt darüber hinaus die Verbindung von Vertrautem mit Neuem dar, indem sie Erfahrungsbegebenheiten verstehen helfen und strukturieren, die gewohnte Handlungs- und Wahrnehmungsmuster infrage stellen. Insgesamt lassen sich in Ge-

schichten eine soziale Mnemotechnik (Merktechnik) und grundlegende Einheiten eines kollektiven Bewusstseins sehen. Die Vorstellung, dass Storytelling als (internalisierbare) soziale Praxis reflexive Handlungskompetenz ermöglicht, vermeidet zumal jene Verdopplungen des Bewusstseins, vor denen insbesondere GILBERT RYLE (1969) in seiner bekannten Kritik rationalistischer Erklärungsversuche des Handelns eindringlich warnte.

Die Bedeutung des Zusammenhangs von Partizipation und Narrativität für die Wissensschaffung von Unternehmen ist unmittelbar evident. Es wird immer wieder betont, dass die Wissensschaffung an der Kundenschnittstelle ansetzen muss (vgl. SHIRE et al. 2003, S. 106). Dies bringt in der Realität gleichwohl das Problem mit sich, dass gestandene Berufspersonen bei gescheiterten oder unsicheren Reproduktionsversuchen nicht ihre aktuelle und vorgängige Erfahrung artikulieren und hinterfragen, sondern Kontrollverlust erleben, der ein selbstwertdienliches oder strukturerhaltendes Attributionsverhalten nach sich zieht. Wir haben versucht, zu zeigen, dass Lernprozesse von Auszubildenden etwa im Rahmen einer auftragsorientierten Partizipation auf Grund ihrer „Naivität“ eine diagnostische Validität für die Identifikation von innovationsauslösendem Wissen beanspruchen können.

## Anmerkungen

- 1 MV-Zusammenhang: Dialogische Medienentwicklung – Handlungsorientierte Aus- und Weiterbildung unter Nutzung und Gestaltung einer netzgestützten Plattform für kollektives Lernen am Beispiel des Gerätesicherheitsgesetzes (DiaMedia.) FKZ: D 6132.00+B. Wir danken der Demag Cranes & Components GmbH, Aus- und Fortbildung, Wetter ([www.demagcranes.com](http://www.demagcranes.com)), insbesondere Herrn Klaus-Peter ROTTMANN.
- 2 MV-Zusammenhang: Erfahrungsgelitetes Lernen und Arbeiten in IT-Berufen (ELA-IT). FKZ: D 0969.00 B (12/2001–5/2005). Wir bedanken uns bei der Tenovis GmbH & Co KG ([www.tenovis.de](http://www.tenovis.de)) für das Beispiel, insbesondere allen Teilnehmern unserer Workshops in Hamburg sowie Herrn GAMER (Projektleiter ELA-IT).



3 MV-Zusammenhang: Verstetigung und Transfer moderner Unternehmenskulturen im Handwerk durch die Gestaltung einer arbeitsplatznahen, auftragsorientierten und IT-gestützten Weiterbildung (Tr@nsit). BIBB-Forschungsvorhaben (03/2002–02/2005). Wir danken der Gebr. Steffen GmbH, Alsdorf ([www.steffen.de](http://www.steffen.de)), insbesondere Herrn Udo STEFFEN.

## Literatur

Cognition & Technology Group at Vanderbilt: Anchored instruction and its relationship to situated cognition. *Educational Researcher*, Jg. 19, Heft 6, 1990, S. 2-10.

DEHNBOSTEL, P.: Perspektiven für das Lernen in der Arbeit. In Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V. (Hrsg.): *Kompetenzentwicklung: Tätigkeit – Lernen – Innovation*. Waxmann, Münster 2001.

DERBOVEN, W./DICK, M./WEHNER, Th.: Die Transformation von Erfahrung und Wissen in Zirkeln. In FISCHER, M./RAUNER, F. (Hrsg.): *Lernfeld: Arbeitsprozess*. Nomos, Baden-Baden 2002, S. 369-391.

HASEWINKEL, V.: Kosten und Nutzen der Berufsausbildung aus der Sicht der deutschen Telekom. Vortrag auf der BIBB-Fachtagung: *Zukunft der Berufsausbildung in Deutschland*. Bonn: 4./5. November 2003.

HOPPE, M./HUMMEL, J./GERWIN, W./SANDER, M. (Hrsg.): *Lernen im und am Kundenauftrag – Konzeption, Voraussetzung, Beispiele*. Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn 2003.

KLEEMANN, F./MATUSCHEK, I.: Subjektive Leistungen in informatisierter Arbeit. In MATUSCHEK, I./HENNINGER, A./KLEEMANN, F. (Hrsg.): *Neue Medien im Arbeitsalltag*. Westdeutscher Verlag, Wiesbaden 2001.

LAVE, J./WENGER, E.: *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge: University Press, 1991.

LOEBBERT, M.: *Storymanagement. Der narrative Ansatz für Management und Beratung*. Klett-Cotta, Stuttgart 2003.

NONAKA, I./TAKEUCHI, H.: *Die Organisation des Wissens: wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen*. Campus, Frankfurt/Main 1997.

PÄTZOLD, G./WINGELS, J./KLUSMEYER, J./LANG, M.: Erfassung und Analyse vorherrschender Lehrmethoden und Unterrichtsstile im berufsbezogenen Unterricht in ausgewählten Berufsfeldern der dualen Ausbildung. Forschungsauftrag 4/2000 im BLK-Programm „*Neue Lernkonzepte in der dualen Berufsausbildung*.“

PROBST, G./RAUB, S./ROMHARDT, K.: *Wissen managen: wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. Gabler, Frankfurt/Main 1999.

RYLE, G.: *Der Begriff des Geistes*. Reclam, Stuttgart 1969.

SANDER, M./STEFFEN, R.: LIKA – Ein Beispiel für eine firmenspezifische Umsetzung. In HOPPE, M./HUMMEL, J./GERWIN, W./SANDER, M. (Hrsg.): *Lernen im und am Kundenauftrag – Konzeption, Voraussetzung, Beispiele*. Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn 2003, S. 219-226.

SCHLAUSCH, R./SCHÜTTE, M.: Zur partizipativen Reorganisation eines Unternehmens des Maschinen und Anlagenbaus. In *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, Heft 01, 2003, S. 42-47

SCHÜTTE, M./SCHLAUSCH, R.: Welche Rolle spielt Erfahrung in IT-Berufen. In: JENNEWEIN, K./KNAUTH, P./RÖBEN, P./ZÜLCH, G. (Hrsg.): *Kompetenzentwicklung in Arbeitsprozessen*. Nomos, Baden-Baden 2003, S. 273-283, im Druck.

SHANK, R.: *Every Curriculum Tells a Story*. <http://www.socraticarts.com/documents/SCC%20white%20paper.pdf>.

SHIRE, K.A./BIENZEISLER, B./MILL, U./ZEINI, S.: Wissensdesign an der Kundenschnittstelle. In: HERRMANN, Th./MAMBREY, P./SHIRE, K. (Hrsg.): *Wissensgenese, Wissensteilung und Wissensorganisation in der Arbeitspraxis*. Westdeutscher Verlag, Wiesbaden 2003, S. 71-107.

WATKINS, K.E./MARSICK, V.J.: Towards a theory of informal and incidental learning in organizations. In: *International Journal of Lifelong Education*, Heft 4, 1992, S. 287-300.

WEHNER, Th./WAIBEL, M.C.: *Erfahrungsbegebenheiten und Wissensaustausch als Innovationspotenziale des Handelns – Die Analyse betrieblicher Verbesserungsvorschläge*. In: UDRIS, I. (Hrsg.): *Arbeitspsychologie für morgen*. Roland Asanger, Heidelberg 1997, S. 72-100.

Willke, H.: *Systemisches Wissensmanagement*. Fischer, Stuttgart 2001.

Jessica Blings/Georg Spöttl

# Ein europäisches Berufsbild für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft (Teil I)

## Einleitung

Bisher spielte eine „nachhaltige Entwicklung“ in der Berufsbildung kaum eine Rolle, schon gar nicht wird sie mit der Agenda 21 in Verbindung gebracht. Nachhaltigkeit ist aber nicht nur ein Schlüsselbegriff für sozial-ökologisches Handeln, sondern läuft auf ein radikales Umdenken in allen Le-

bensbereichen und auf globales Lernen und Handeln hinaus (KUTT 2001, S. 50).

KUTT stellt fest: „Der durch die Ökologiebewegung eingeleitete Paradigmenwechsel hat das Denken verändert: von der Perfektionierung der Teile zu einer Optimierung des Ganzen, vom linearen Denken zum vernetzten

und systemischen Denken, vom statischen zum prozesshaften Denken. Die Nachhaltigkeit erweitert diese Ansätze mit einem sozialen Paradigmenwechsel: Gerechtigkeit, Solidarität, Toleranz, Ehrlichkeit, sichere und gesunde Lebensgrundlagen für alle werden als Werte nicht länger nur von einzelnen Gruppen (z. B. Parteien, Kirche, Schule) getragen, sondern fortan als Maxi-

me des Handelns in Wirtschaft und Gesellschaft anerkannt.“ (KUTT 2001, S. 51)

Berufliche Bildung ist durch Nachhaltigkeit mehrfach gefordert, denn

- sie kann der Ort wirtschaftsethischer Grundbildung sein und
- die Mitgestaltung von Wirtschaftsleben und Gesellschaft fördern.

Was liegt bei dieser Perspektive näher, als Berufsbildung und Berufsbilder nicht mehr nur auf Herausforderungen einzelner Nationen auszurichten, sondern gleich europäisch anzulegen. Naheliegend ist auch, konkrete Berufsbildung auf Sektoren zu beziehen, die von hoher europäischer Relevanz sind. Für die Kreislaufwirtschaft trifft dieses in doppelter Perspektive zu:

1. Die Kreislaufwirtschaft wird von der europäischen Gesetzgebung dominiert.
2. Durchgängige Stoffkreisläufe sichern die Lebensgrundlagen der Menschen.

Nachstehend wird auf der Grundlage genannter übergeordneter Ansprüche über ein europäisches Berufsprofil nachgedacht, das konkret an den Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft anknüpft und die Überlegungen mit deutlichen Bezügen zum Recyclingsektor präzisiert. Für diesen Sektor gibt es bisher in Europa kaum Berufsbildungsinitiativen.<sup>1</sup> Es war deshalb naheliegend, mit Leonardo-Projekten<sup>2</sup> die Initiative zu ergreifen, für den Recyclingsektor ein europäisches Berufsbild zu entwickeln und zu implementieren.

### Die Herausforderungen in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft

Durch die europäischen und nationalen Gesetzgebungen (bspw. die europäische Abfallrahmenrichtlinie, Deponierichtlinie und Richtlinien zu Batterien, Altfahrzeugen und Elektroschrott und deren nationalen Umsetzungen) wurden Rahmenbedingungen und Marktmechanismen geschaffen, die zu neuen Geschäftsbereichen und Beschäftigungsfeldern führten und noch führen. Schwerpunkt der Regelungen ist es, der Abfallvermeidung Priorität vor der Verwertung und Beseitigung zu geben. Die Vision eines nachhaltigen

Wirtschaftens soll durch eine umfassende Kreislauf- und Abfallwirtschaft umgesetzt werden. Durch die hochgradige Regulierung bestimmen Gesetzesvorgaben zu einem erheblichen Teil Geschäftsfelder und entsprechende Aufgabenfelder der Unternehmen.

Die Fähigkeiten zum Umgang mit einer Vielzahl verschiedener Stoffe, die Ausrichtung auf den Recyclingprozess sowie die große Markt- und Dienstleistungsorientierung der Kreislaufwirtschaft werden im Rahmen der eher entsorgungsorientierten, kommunal geprägten Qualifizierungsmaßnahmen bisher wenig berücksichtigt. Die europäische Abfallgesetzgebung hat zur Folge, dass die Konkurrenz um die Abfälle am Markt zugenommen hat, was zu einer erhöhten Bedrohung für KMU führt (vgl. BLINGS/SPÖTTL 2003a). Die verschiedenen gesetzlichen Regelungen führten dazu, dass Teile des Abfalls aus der kommunalen Zuständigkeit herausfielen, Abfall zu einem begehrten Wirtschaftsgut wurde, neue Sparten für die Verwertung und Beseitigung lohnend und bestehende ausgebaut wurden. Die Entwicklung hin zur Etablierung des Sektors führte zu einem erheblichen Aufgabenwandel. Dieser lässt sich wie folgt charakterisieren:

- umfassende gesetzliche Vorgaben, die ständigen Veränderungen unterliegen,
- Zertifizierungs- und Qualitätsmanagementkonzepte, deren Einführung ein notwendiges Instrument für das Bestehen am Markt ist,
- Kundenorientierung, die auf Grund der Produkthaftung der Kunden und der starken Konkurrenz immer wichtiger wird,
- Spartenvielfalt und Flexibilität ermöglicht kleinen und mittleren Unternehmen die Konkurrenzfähigkeit gegenüber den Großen,
- die Technikentwicklung ist bei weitem nicht abgeschlossen, die Automatisierung wird noch zunehmen.

Sind Unternehmen auf nur wenige Sparten oder gar nur auf eine spezialisiert, sind sie höchst gefährdet. Nur wenn sie sich mit den Parametern

- Perspektivwechsel,
- permanente Gesetzesänderungen,

- Informationspflicht gegenüber dem Kunden,
- Wettbewerb mit Konzernen,
- erhöhte Produkthanforderungen,
- Innovationen in Anlagentechnik und Personalabbau,
- ständiges Auftun neuer Geschäftsfelder,
- Kooperation mit Unternehmen und
- ein schrumpfender Markt

mit Blick auf eine Existenzsicherung auseinander setzen und daraus Strategien für ihren eigenen Betrieb entwickeln, können sich die Überlebenschancen verbessern. Das erfordert hohen Kapitalbedarf, Einlassen auf neue Entsorgungsverfahren, Kooperationen mit anderen Unternehmen, erfolgreichen Zugriff auf Nischen, Planungs- und Beratungskompetenz und eine hohe Kundenbindung. Voraussetzung ist in allen Fällen bestens qualifiziertes Personal, weshalb Personalentwicklungskonzepten eine besondere Bedeutung zukommt.

Eine Flut von gesetzlichen Regelungen mit ständigen Änderungen, starke Konkurrenz durch zunehmende Unternehmenskonzentration, das Auffinden neuer Geschäftsfelder, das Angebot von „Full Service“-Leistungen, sind die Hauptprobleme der Unternehmen im Alltagsgeschäft.

Unternehmen, die dies nicht leisten können, die nicht in der Lage sind, auf „Full-Service-Angebote“ umzuschwenken, haben nur noch geringe Zukunftschancen. In Tabelle 1 sind die Anforderungen an Facharbeiter im Recyclingsektor zusammenfassend dargestellt. Deren Vielfalt ist ein deutlicher Beleg dafür, dass sich der Sektor in der Phase der Professionalisierung befindet. Entsprechend massiv ist der Druck, Erstausbildungskonzepte mit europäischer Ausrichtung zu etablieren.

Die kleinen und mittleren Unternehmen zeichnen sich durch eine Arbeit in mehreren Betriebssparten (Altpapier, Altglas, Bauschutt, Altmetalle usw.) und Dienstleistungen aus. Sie können gegenüber den Großunternehmen flexibler auf Marktänderungen reagieren und als Komplettanbieter gegenüber ihren Kunden auftreten. Diese

Flexibilität spiegelt sich auch bei den Aufgaben der Mitarbeiter wider. Die Aufgabenabgrenzungen sind wesentlich weniger ausgeprägt als in Großunternehmen, wenn großdimensionierte Anlagen nach industriellen Maßstäben für Zerlegen, Sortieren, Verwerten usw. eingesetzt werden. Der Instandhalter, der z. B. einen Berufsabschluss als Industrieelektroniker hat, wird gleichzeitig als Maschinenführer, Vorarbeiter, Anlagenbauer, Warenannahmer und anderes eingesetzt. Die Aufgabenzuschneide korrelieren stark mit der vorherrschenden Arbeitsorganisationsform und besonders zertifizierte Unternehmen oder solche, die QM-Konzepten folgen, haben die Prozessabläufe, deren Effizienz und den störungsfreien Ablauf im Blickfeld und schaffen sich Organisationsformen, die dieses ermöglichen. Eine Strategie, die bei vielen Unternehmen feststellbar ist, ist, dass für ausgewählte Aufgabengebiete „Arbeitsgruppen“ (Teams!) zusammengestellt werden, die diese Aufgaben nach einer eigenen inneren Organisation wahrnehmen. Bei einer kleinen Fragebogenumfrage in ausgewählten Unternehmen gaben die Mitarbeiter in der Produktion interessanter Weise ganz unterschiedliche Aufgaben an, die sie besonders gut beherrschen müssen, wie *Flexibilität am Arbeitsplatz, Menschenführung, PC-Kenntnisse, Umgang mit den Kunden, Abrechnungswesen, handwerkliches Geschick, Materialkenntnisse, Gesetze und Verordnungen, Marktkenntnisse, Teamarbeit, Organisation*.

### **Defizitäre Qualifizierung im Sektor**

„An erster Stelle steht im Betrieb die Teamfähigkeit. Weitere Voraussetzungen sind Arbeitsmotivation und Grundkenntnisse in EDV ... Wir brauchen qualifizierte, hervorragend ausgebildete Leute, die ein Grundwissen haben, mit dem entsprechenden Verständnis für die derzeitige Situation. Dann können wir die betrieblich einsetzen, wo auch immer ... Wir brauchen eine solide Grundausbildung auf Facharbeiterebene, in die verschiedene Bereiche hereingebracht werden. Diese Leute könnte man dann mit Weiterbildungsmaßnahmen weiterqualifizieren.“ (Experte A)

So lautet das Statement eines Betriebsinhabers zu den Qualifikationsanforderungen im Recyclingsektor. In der Realität klafft zwischen den Anforderungen und der tatsächlichen Qualifikation eine große Lücke. Die Mehrzahl der Mitarbeiter wird aus ganz verschiedenen Berufsfeldern rekrutiert und im Betrieb angelernt. Die Fokussierung auf die Erfüllung der gesetzlich vorgeschriebenen Schulungsmaßnahmen und fehlende Karriereprofile für die Weiterbildung führen dazu, dass inner- und außerbetriebliche Weiterbildung sich auf die Führungsebene und die verschiedenen Beauftragten (Abfall, Umwelt, Gefahrgut etc.) konzentriert. Dies spiegelt sich auch in einem mangelnden Angebot seitens der Weiterbildungsinstitutionen für die „shop-floor“-Ebene wider. Die Kluft im Qualifikationsniveau zwischen den Mitarbeitern, die häufig an Weiterbildung teilnehmen und denen, die nahezu gar nicht erreicht werden, wird immer größer.

Die häufig in dieser Branche eingesetzten Kraftfahrer sind ein Musterbeispiel für die Aufgabenvielfalt. Sie übernehmen das Akquirieren von Kunden, weil sie zu diesen vielfältige Kontakte haben, handeln Preise aus, nehmen die Ware/Stoffe in Empfang und bieten auch weitere Dienstleistungen an. Die angenommene Ware unterwerfen sie einer Vorabprüfung nach Verunreinigungen und wickeln die Annahme, den Transport und die Vereinnahmung im eigenen Betrieb nach den gültigen Vorschriften und der zugehörigen Dokumentation ab. Das Fahren wird so zur Teilaufgabe. Zusätzlich benötigt werden Qualifikationen zur Auftragsabwicklung und der Einhaltung abfallrechtlicher Ansprüchen sowie die Fähigkeit, mit Kunden umzugehen.

Diese und andere Fallbeschreibungen (vgl. BLINGS/SPÖTTL/WINDELBAND 2002) legen es nahe, auch bei Mitarbeitern, die einfachere Aufgaben wahrnehmen, eine ausreichende Problemorientierung aufzubauen, damit sie diese mit geringer Fehlerquote bewältigen. Für die gewerblich technische Ebene sind wenig Angebote vorhanden. Für die Branche bedeutet das, dass die existierenden Qualifizierungsangebote für (Fach-) Arbeiter<sup>3</sup> erheblich ausgeweitet werden müssen,

um den Anforderungen des Sektors standzuhalten.

In Großbritannien hat sich die Weiterbildung von Fachkräften in den vergangenen sieben Jahren stark verbessert. Am wichtigsten sind die „Zertifikate für technische Kompetenz“ (Certificates of Technical Competence). Trotzdem beinhalten die Qualifizierungsmaßnahmen hier ebenso wie Erstausbildungsmaßnahmen im Sektor vornehmlich entsorgende Abfallstrategien und vernachlässigen die Recyclingverfahren (vgl. O'NEILL 2002).

In Deutschland sind seit August 2002 die umwelttechnischen Berufe neu geordnet. Damit wurde auch eine Fachkraft für Kreislauf- und Abfallwirtschaft ins Leben gerufen, die mit drei weiteren Berufen an die Stelle des ehemaligen Ver- und Entsorgers tritt. Inhaltlich ist der Beruf derart angelegt, dass er nicht nur in großen Entsorgungsanlagen zum Einsatz kommen wird, sondern auch in kleinen und mittleren Recyclingbetrieben sinnvoll eingesetzt werden kann. Der Weiterbildungsmarkt für die Branche ist in Deutschland stark ausgeprägt. Eine Vielzahl von Angeboten existiert, die sich zu meist mit den Anforderungen die sich aus den neuen gesetzlichen Regelungen ergibt, auseinandersetzt. Die gewerblich technische Ebene wird dabei nur in den seltensten Fällen angesprochen. Die meisten Veranstaltungen richten sich an die Führungsebene, was für die Betriebe insofern besonders schmerzlich ist, als das hierdurch der Qualifikationsunterschied zwischen der Führungsebene und den Mitarbeitern der „Produktionsebene“ immer größer wird (vgl. BLINGS/SPÖTTL/WINDELBAND 2002).

Herausforderungen mit Arbeitsprozessbezug	Herausforderungen mit Bezug zu Arbeitsorganisation und Geschäftsprozess	Herausforderungen durch Staat und Gesellschaft (gesetzliche Vorgaben)	Subjektive Herausforderungen an und durch den Betrieb
<p><b>Anlagen</b>                      Beurteilen von Zuständen, Abläufen/Prozessen (technologische, bioenergetische, hygienische ...).                      Zustand technischer Anlagen beurteilen.                      Warten / Instandhalten / Reparieren technischer Anlagen (Pressen, Scheren, Bagger ...).                      Anlagen und Verfahren durchschauen und bauen / konstruieren (z. B. Schredder, Schneiden, Pressen, Fördereinrichtung, Sortierer).                      Installationen (elektrisch, mechanisch ...).                      Fertigungs- und Fügeverfahren nutzen für Montage/ Demontage.</p>	<p><b>Kreislauf</b>                      Von der Herstellung zum Recycling (Wertschöpfung, Standortbestimmung, Identifikation mit Stoffströmen).  <b>Betrieb</b>                      Wie bekommt ein Mitarbeiter Einblick / Durchblick in betriebliche Abläufe?                      Wie kann ein Mitarbeiter betriebliche Strukturen erschließen?                      Wie sind die Aufgaben in die Betriebsorganisation eingebettet?  <b>Arbeitsorganisation</b>                      Sind die Arbeitsabläufe effizient gestaltet? Welche Optimierungsprozesse gibt es und wie werden sie realisiert?                      Wird bei der Gestaltung der Arbeitsorganisation auf Kundenkontakte geachtet?                      Optimieren der Abläufe (hohe Effizienz bei Humanorientierung).</p>	<p><b>Vorgaben vom Gesetzgeber</b>                      Kreislaufwirtschaftsgesetz, Entsorgungsverträge nach Kreislaufwirtschaftsgesetz, Entsorgungsfachbetriebeverordnung.  <b>Rahmengesetze zum Kreislaufwirtschaftsgesetz</b>                      Verpackungsverordnung, TASI, BimSchV.  <b>Gesellschaftliche Vorstellungen</b>                      Aufrechterhaltung der Stoffströme.                      Ökologische Kreisläufe respektieren.                      Kreislaufphilosophie durchsetzen (Vermeiden, Vermindern, Verwerten).</p>	<p><b>an (Fach)Arbeiter</b>                      Werkstoffe (Bewertung, Trennen ...),                      Werkstoffauswahl,                      Sortieren von E-Schrott, Papier, Kunststoff, Textilien, Bioabfällen ...,                      Sensibilität für optimales Zerlegen, Sortieren.                      Teamkompetenz.                      Kommunikative Kompetenz.                      Wissenstransfer praktizieren.                      Recyclingspezifisches Know-how anwenden.</p>
<p><b>Probleme lösen</b>                      Mechanische, elektrische, hydraulische Probleme lösen und Defekte beheben.                      Situationsbezogene Probleme lösen.                      Schnelle, erfolgreiche Reaktion bei Problemen.                      Systematische Fehlersuche in Systemen.                      Gesetzliche Vorgaben bei Problemlösung / Aufgabenlösungen zu Rate ziehen.  <b>Aufgabenbewältigung</b>                      Erfahrungswissen sammeln/ einbringen.                      Arbeitsinhalte von Aufgaben identifizieren.                      Zuverlässigkeit bei der Auftrags erledigung.                      Gespür, Erfahrung, Intuition zunutze machen.                      Verfahren zur Verwertung, Beseitigung nutzen.</p>	<p><b>Personalentwicklung</b>                      Erschließen der vollständigen Ressourcen der Mitarbeiter.                      Motivation der Mitarbeiter.                      Erhöhen der Flexibilität.                      Begleitung von Umstrukturierungsmaßnahmen.  <b>Initiieren kontinuierlicher Verbesserungsprozesse (KvP)</b>                      Arbeitsabläufe,                      Umweltschutz,                      Qualitätssicherung,                      Arbeitssicherheit,                      Beiträge zur Qualitätssicherung.</p>	<p><b>Subjektbezogene Vorschriften</b>                      Betriebsbeauftragter,                      Umweltschutzbeauftragter,                      Gesundheitsschutz,                      Unfallschutz,                      Arbeitsschutz.</p>	<p><b>an Betrieb</b>                      Erschließen neuer Geschäftsfelder,                      Vermarktung von betrieblichem Know-how,                      Nutzen neuer Medien                      – Internet,                      – CD-ROMs,                      – (Fach)Zeitschriften,                      – Video-Kommunikation etc.  <b>Datenbanken mit Daten, Problemlösehinweisen</b></p>

Abb. 4: Anforderungen an Betriebe und (Fach)Arbeit – potenzielle Felder für Ausbildung (Artikel wird fortgesetzt)

Matthias Becker, Ulrich Schwenger, Georg Spöttl, Thomas Vollmer (Hrsg.):

### **Metallberufe zwischen Tradition und Zukunft.**

Donat Verlag, Bremen 2004, 198 Seiten, ISBN 3-934836-80-1, 15 Euro

Die Herausgeber dokumentieren mit diesem Sammelband die Ergebnisse der unter dem gleichen Motto durchgeführten BAG-Fachtagung 2003.

Deutliches Anliegen ist dabei die Darstellung und Begründung eines Paradigmenwechsels für eine der traditionsreichsten Fachrichtungen in der gewerblich-technischen Ausbildung: Nicht mehr das Aufgabengebiet, also das Zerspanen, Montieren, Instandsetzen und Warten soll länger die Struktur der Ausbildung bestimmen, sondern berufliche Arbeitsaufgaben beschreiben künftig metalltechnische

Kernberufe, die durch das bereits erfolgte Herauslösen der fahrzeugtechnischen Berufe zusätzlich an Kontur gewinnen.

Ein besonderes Verdienst dieses Bandes ist, dass er nicht nur die Erfolge und Schwierigkeiten dieser ordnungspolitischen Diskussion aufzeigt, sondern die weit umfassenderen Kontexte, die jeweils Einfluss auf die Neuordnung der Metallberufe haben, dokumentiert. So sind Beiträge zu den Themen „Neue Leitbilder und Europäisierung“, „Ermitteln des Qualifikationsbedarfs“, „Innovationen durch das Lernfeldkonzept“ und „Neuausrichtung metalltechnischer Berufe“ zu finden.

Damit richtet sich dieser Sammelband nicht nur an all jene, die sich sowohl ordnend wie curricular-entwickelnd mit den neuen Metallberufen beschäftigen, sondern vor allem auch an die-

jenigen, auf die es später ankommen wird, dass diese Bemühungen um eine Neuausrichtung der metalltechnischen Berufe auch fruchten: Die Lehrkräfte, die die berufspädagogischen und berufswissenschaftlichen Erkenntnisse, wie sie hier als Ergebnis des Neuordnungsprozesses eindrucksvoll fassbar und theoretisch untermauert dokumentiert sind, in arbeits- und geschäftsprozessorientierte Unterrichtsvorhaben vor Ort umsetzen wollen. Denn dieser Sammelband baut in äußerst gelungener Weise Brücken zwischen Theorie und Praxis. Damit stellt er eine wertvolle Hilfe dar, wenn es um die Umsetzung moderner berufsbildender Konzepte speziell für die Metalltechnik geht. Dass er in der inzwischen sehr etablierten Schriftenreihe „Berufliche Bildung“ des Donat-Verlages erschienen ist, dokumentiert dabei seine Relevanz.

*Ralph Dreher*

Georg Spöttl/Oskar Hecker/Claus Holm/Lars Windelband:

### **Dienstleistungsaufgaben sind Facharbeit. Qualifikationsanforderungen für Dienstleistungen des produzierenden Gewerbes.**

Hrsg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung, Bielefeld 2003, 227 Seiten, ISBN: 3-7639-0994-X, Preis: EUR 26,90

In dem Band „Dienstleistungsaufgaben sind Facharbeit“ werden die Ergebnisse eines Forschungsprojekts des Bundesinstituts für Berufsbildung dargestellt und ausgewertet. Positiv auffallend sind die gute Strukturierung, der starke Praxisbezug und der gut verständliche Sprachstil des sehr empfehlenswerten Fachbuchs.

Im ersten Kapitel wird die Zielsetzung beschrieben: Die Bedeutung von Dienstleistungstätigkeiten im Fertigungsbereich der Metallbranche zu untersuchen, um daraus neue „Dienstleistungskompetenzen“ zu ermitteln.

SPÖTTL u. a. informieren im zweiten Kapitel ausführlich über den Forschungsauftrag, in dem insgesamt 20

Betriebe mit unterschiedlichen Produktionsschwerpunkten und Betriebsgrößen involviert waren.

Im dritten Kapitel hinterfragen die Verfasser, in wie weit das Qualifikationselement „industrielle Dienstleistung“ zur Bewältigung der gegenwärtigen und zukünftigen Facharbeit beitragen kann. Durch den Begriff „industrielle Dienstleistung“ soll vor allem die Kunden-Lieferanten-Beziehung in den Vordergrund gestellt werden. Hinzuwiesen ist, dass neben den externen Kundenkontakten auch verstärkt interne Kundenbeziehungen existieren, wie z. B. die Projektübergabe an die Projektleitung.

Gegenstand des vierten Kapitels ist der gesellschaftliche Wandel von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft, der maßgeblich aus dem Automatisierungs- und Rationalisierungsbestreben der Unternehmer resultiert und zu einem stetigen Rückgang der Beschäftigtenzahlen in allen Fertigungsberufen führt. Dadurch unterliegen die internen Aufgaben einem strukturellen Wandel hin zu mehr Dienstleistungen. Die Autoren plädieren dafür, dass die Bedeutung von Dienstleistungen als Inhalt der Ausbildung bzw. der ersten Berufsphase zu nehmen muss.

Im fünften Kapitel zeigen die Verfasser, wie sich der gesamtgesellschaftliche Strukturwandel auf die industriellen Metallberufe auswirkt und dass die Mitarbeiter stärker in den wertschöpfenden Prozess („Shop-floor-Ebene“) eingebunden werden (vgl. S. 78). Durch den höheren Dienstleistungsanteil und den neuen betrieblichen Organisationsstrukturen, wie z. B. die Produktion in (teil-)autonomen Gruppen, wird die Facharbeit komplexer, weshalb sich sowohl das Anforderungsprofil der Fachkräfte als auch deren Schulungsbedarf verändert.

Die Arbeitsaufgaben der Facharbeiter, die in unterschiedlichen Produktionsfeldern tätig sind, werden im sechsten Kapitel analysiert. Für die Datenerhebung wurden die Facharbeiter und deren Vorgesetzte schriftlich befragt. Die Auswertung ergab, dass die Grenze zwischen eigentlicher Produktion und den damit verbundenen Dienstleistungen fließender wird. Außerdem werden in produzierenden Tätigkeiten ehemals vor- und nachgelagerte Aufgaben verstärkt integriert, die im traditionellen Verständnis Dienstleistungscharakter haben.

Im siebten Kapitel leiten die Autoren drei grundsätzliche Ausbildungsphilosophien ab: das Lernen durch die Mit-

arbeit in einzelnen Abteilungen, die fachsystematische Ausbildung, die meist um Projektarbeiten erweitert wird und die Ausbildung „im Sinne einer zweisepurigen Autobahn“, die sich durch komplexere Inhalte ergänzen lässt „im Sinne einer sechsspurigen Autobahn“! (vgl. S. 125). Dieses Konzept soll die Jugendlichen auf die erweiterten Aufgabenfelder und die eigenverantwortliche Rolle in der Produktion vorbereiten.

SPÖTTL u. a. analysieren im achten Kapitel die Kernaufgaben der gegenwärtigen Facharbeit sowie die darin enthaltenen produktions-, prozess- und kundenbezogenen Dienstleistungsaufgaben. Anschließend arbeiten sie neue Qualifikationsaufgaben für Metallberufe heraus.

Die Frage, wie sich die existierenden Berufsprofile um die Dienstleistungsdimensionen erweitern lassen, ist Gegenstand des neunten Kapitels. Auch wenn sich die Verfasser auf die 1987 neu geordneten metalltechnischen Produktionsberufe beziehen, kann die Darstellung vielfältige Anregungen geben, wie sich die einzelnen Lernfelder für die 2004 neu geordneten metalltechnischen Ausbildungsberufe inhaltlich gestalten lassen.

Im zehnten Kapitel fassen die Autoren die grundlegenden Fakten und Ergebnisse des Forschungsprojekts zusammen. Für die Facharbeit ist festzuhalten, dass Dienstleistungen gegenwärtig einen bedeutenden Anteil einnehmen. Entgegen dieser Entwicklung sind Dienstleistungsaufgaben ein bis-

her vernachlässigtes Segment in der Erstausbildung von Metallberufen. Selbst die Weiterbildungsstrukturen in den untersuchten Unternehmen entsprechen kaum den erforderlichen Dienstleistungskompetenzen.

Fazit: Der Band „Dienstleistungsaufgaben sind Facharbeit“ von SPÖTTL u. a. ist für alle Leser besonders zu empfehlen, die in der beruflichen Erst- und Weiterbildung von Metallberufen involviert sind. Besonders hervorzuheben sind die zahlreichen Anregungen, die vielfältigen praktischen Beispiele und die konkreten inhaltlichen Empfehlungen für die Aus- und Weiterbildung, die sich auch problemlos auf das neue Lernfeldkonzept übertragen lassen.

Michael K. Brandt



### Diagnosearbeit im Kfz-Handwerk als Mensch-Maschine-Problem

Konsequenzen des Einsatzes rechnergestützter Diagnosesysteme für die Facharbeit

Matthias Becker

Band 20 der Reihe Berufsbildung, Arbeit und Innovation, W. Bertelsmann Verlag: Bielefeld 2003, 348 Seiten, EUR 35.-. ISBN 3-7639-3145-7/Bestellnr. 60.01.466

Können Diagnosesysteme Facharbeiter ersetzen? Wird die Kompetenz von Facharbeitern für die Diagnose noch gebraucht und welche Bedeutung hat die Diagnosearbeit für den Beruf des Kfz-Mechatronikers?

Diesen Fragen wird durch Untersuchungen in Kfz-Werkstätten und der

Automobilindustrie nachgegangen. Mensch und Maschine stehen in einem Wettbewerb um die Fahrzeugdiagnose, die facettenreich ist und viele Einflussfaktoren hat. Das Wissen und Können von Kfz-Mechatronikern bei der Lösung von Diagnoseaufgaben mit rechnergestützten Diagnosesystemen wird ebenso untersucht wie die Prinzipien der Konstruktion von Expertensystemen für die Diagnose und dessen Einfluss auf die Facharbeit.

Das Buch wendet sich an Berufspädagogen, Berufsbildungsforscher, Arbeitswissenschaftler, Ingenieure und Informatiker und an alle, die sich dafür interessieren, wie Probleme an modernen Fahrzeugen gelöst werden und welchen Einfluss die künstliche Intelligenz auf den Erwerb und die Anwendung von Kompetenzen hat.

### Auszeichnungen und Preise

#### Das Leonardo da Vinci Projekt „RecyOccupation“ wurde als „best practice“ Projekt ausgezeichnet

Das europäische Projekt „RecyOccupation“ ist von der Europäischen Kommission als „best-practice“ Projekt des Leonardo da Vinci Programms ausgewählt worden. Vom 14. bis 16. Dezember wurde es im Rah-

men der Berufsbildungskonferenz „From Copenhagen to Maastricht – Strengthening European Cooperation in Vocational Education and Training“ in Maastricht, zusammen mit anderen ausgewählten Projekten politischen Entscheidungsträgern und der interessierten Öffentlichkeit präsentiert. Unter der Leitung des biat – Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik der Universität Flensburg (Prof. DR. GEORG SPÖTTL) – hat die Projektgruppe ein eu-

ropäisches Kernberufsprofil für die Kreislauf- und Abfallwirtschaft entwickelt. Das arbeitsprozessorientierte Profil des „ECO-Recyclers“ wird inzwischen in einem Folgeprojekt in sieben Ländern implementiert.

Kontakt: Jessica Blings, Tel. 0461/805 2161, Blings@biat.uni-flensburg.de; weitere Informationen unter <http://www.recyoccupation.eu.tc/> und <http://www.biat.uni-flensburg.de>.

**Hermann-Schmidt-Preis 2004 für die „Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung“ der Universität Bremen**

„Der Kunde ist König“ – ein Slogan, der die Kundenorientierung von Unternehmen zum Ausdruck bringt. Damit die Kundenorientierung in der Ausbildung einen noch wichtigeren Stellenwert bekommt, hat der Verein Innovative Berufsbildung e.V. den Hermann-Schmidt-Wettbewerb 2004 zu diesem Thema ausgeschrieben. Den mit 2.000 Euro dotierten 1. Preis hat die Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung (FPB) an der Universität Bremen – als Verbund mit 3 Projektpartnern – erhalten. Die Preisverleihung fand am 23. September 2004 in Konstanz statt.

Mit Kundenorientierung ist aber nicht nur der freundliche Umgang mit Kunden gemeint: Vielmehr geht es um den gesamten Geschäftsprozess, angefangen bei der Entwicklung, Konstruktion, Fertigung bis hin zur Beratung oder der Dienstleistung. Ging es früher in erster Linie nur um die Erstellung von guten Produkten, so rückt die Dienstleistungsgesellschaft den Kunden stärker ins Zentrum. Voraussetzung dafür ist ein Perspektivwechsel von traditioneller zu kundenorientierter Sicht, der auch und gerade aus der



*Vergabe des Hermann-Schmidt-Preises 2004 an Vertreter der FPB (Im Bild: Vertreter des FPB unter Leitung von Prof. Dr. Manfred Hoppe und Vertreter des BIBB unter Leitung von Generalsekretär Prof. Pütz)*

beruflichen Bildung nicht mehr weg zu denken ist. Der 1. Preis wurde für das Konzept „Lernen im und am Kundenauftrag“ vergeben. Das FPB-Team um Professor MANFRED HOPPE arbeitet seit 1999 daran. Wer über das auftragsorientierte Lernkonzept mehr erfahren möchte, ist auf das folgende Buch verwiesen: HOPPE u. a. (Hrsg.): Lernen

im und am Kundenauftrag – Konzeption, Voraussetzungen, Beispiele, Bertelsmann Verlag, Bielefeld 2003, 271 Seiten, ISBN 3-7639-1006-9, Preis von 19,90 EUR.

Kontakt: Marion Scholz, Tel. 0421 218 2303, mscholz@uni-bremen.de, Universität Bremen, Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung (FPB)

*Adolph, Bieda, Hagmanns, Nagel, Rompeltien:*

**Arbeitsfeld Elektrotechnik.**

Bildungsverlag EINS, Troisdorf 2003, EUR 12,50

Eine sehr interessante Idee verfolgen die Autoren des Buchs „Arbeitsfeld Elektrotechnik“. Knappe, auf zwei Seiten übersichtlich gehaltene Darstellungen z. B. über Geräte- und Technologiebereiche (wie Schutzschalter, Transformator, Gefahrenmeldeanlage, Kühlschrank und Wärmepumpe, European Installation Bus oder Netzwerkprotokoll), jedoch auch – unter der Bezeichnung „Denkwerkzeuge für die Elektrotechnik“ – über elektrotechnische Grundlagenbereiche werden durch eine so genannte „Softlink-Datenbank“ ergänzt. Lehrer und Schüler finden in jedem Buchkapitel einen

Link, der auf der Verlagshomepage [www.arbeitsfeld-et.de](http://www.arbeitsfeld-et.de) eingegeben werden kann.

Hier finden sich zu den einzelnen Buchkapiteln weiter gehende Informationen zu Herstellerangaben und -katalogen, Fachbüchern und Fachzeitschriften u. a. m., sodass sowohl für die Unterrichtsvorbereitung als auch für die Nutzung durch Schüler innerhalb einschlägiger Lernsequenzen umfangreiche Vertiefungs- und Konkretisierungsmöglichkeiten bestehen. Ein Beispiel: Für das Kapitel „Leitungsschutzschalter“ finden sich nach Eingabe der Kennung 8729 Links zu im Netz vorhandenen erweiterten Grundlagendarstellungen ebenso wie zu einschlägigen Herstellerkatalogen und -datenblättern.

Ein entsprechendes Arbeitsbuch, das die im Internet vorliegenden Informa-

tionen für den Lernprozess erschließt, war schon seit einiger Zeit überfällig. Das Lernkonzept in Verbindung eines „klassischen“ Printmediums mit netzbasierter Informationstechnologie ist aus didaktischer Sicht hoch interessant und eröffnet in Zukunft sicherlich Weiterentwicklungen in vielerlei Hinsicht. Die Ergänzung klassischer Lehr- und Lernmedien um netzbasierte Informationsquellen, die durch den Lernenden weitgehend selber erschlossen werden können, trägt ganz sicher auch zur Motivationssteigerung junger Menschen bei, die sich mit Elektrotechnik beschäftigen sollen und wollen.

Fazit: Eine interessante Buchveröffentlichung, deren Einbeziehung in das berufliche Lehren und Lernen auf jeden Fall lohnt.

*Klaus Jenewein*



## **Mechatronik**

Grundlagen und Komponenten

von *Berthold Heinrich, Peter Döring, Lutz Klüber, Stefan Nolte, Rolf Simon*

Wiesbaden: Vieweg Verlag, 1. Aufl. 2004, 318 Seiten. Mit 398 Abb. u. 34 Tab. Broschur, EUR 25,90. ISBN 3-528-03957-4

Dieses Buch bietet eine anschauliche Einführung in das Gebiet der Mechatronik und deren Denkweise. Am Anfang steht die Systemanalyse. Zu-

grunde liegende wichtige Komponenten, deren Wirkweise und Integration in einem mechatronischen System werden dargestellt. Das Kapitel Mechanik behandelt wichtige Funktionseinheiten im Maschinenbau. Sensoren und Verstärkerschaltungen sowie SPS, Robotik und Bussysteme werden dargestellt. Eine Systemsynthese beschließt folgerichtig den Themenkomplex. Hilfreiche Informationen zur Inbetriebnahme und Fehlersuche werden am Ende des Buchs gegeben.

---

# **Jahrestagung der BAG-Metalltechnik in Zusammenarbeit mit der Technikerschule Weilburg**

**Thematik: Aus- und Weiterbildung in europäischen Bildungsstrukturen**

**Termin:** 17.06.2005 bis 18.06.2005

**Start:** Freitag 17.00; **Ende:** Samstag – 15.30

### **Programmschwerpunkte – Hauptvorträge:**

1. Ist die Europäisierung der Berufsbildung erforderlich?
2. Europäischer Qualifikationsrahmen – ist das deutsche Berufsbildungssystem noch aufrecht zu erhalten?
3. Modelle der Weiterbildung in Europa

### **Diskussionsrunde zu:**

Europäische Perspektiven in der beruflichen Erst- und Weiterbildung

1. Modularisierung und Hochschulzugang
2. Modularisierung und Berufsbildung
3. Struktur-Bildung mit europäischer Ausrichtung
4. Innovationen durch die Neuordnung

### **Workshops mit Bezügen zur beruflichen Aus- und Weiterbildung:**

1. Ausbildung im europäischen Kontext – die Folgen des Kopenhagen Prozesses
2. Doppelqualifikation – Duales System und Fachhochschulreife
3. Nachhaltigkeit in der beruflichen Bildung durch Systemkompetenzen und Neuordnung
4. Weiterbildung zum Techniker – eine Pole-Position in Europa?
5. Selbstständige Schule und unternehmerisches Denken

### **Schlussvortrag:**

Brauchen Großkonzerne noch Fachkräfte in der Produktion?

**Rahmenprogramm:** Ausstellung; Festzeltbesuch; Abendprogramm

**Veranstalter:** BAG-Metalltechnik, [www.bag-metalltechnik.de](http://www.bag-metalltechnik.de); Technikerschule Weilburg; Bundesverband staatlich geprüfter Techniker e. V. (angefragt)

Beiträge sind bereits zugesagt von Vertretern aus Landes- und Bundesministerien, beruflichen Schulen, BAG-Mitgliedern, Wissenschaft, BiBB und den Technikerverbänden.

**Moderation:** Hess. Rundfunk



## Autorenverzeichnis

### Adolph, Gottfried

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

### Bierschenk, Sabine

Dipl.-Ing., Leitung der Abteilung Engineering-IT am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, IPA, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart. E-Mail: bierschenk@ipa.fraunhofer.de

### Blings, Jessica

Dipl.-Biol., Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Berufliche Fachrichtung Metalltechnik, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik – biat, Universität Flensburg, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg. E-Mail: blings@biat.uni-flensburg.de

### Brandner, Carsten

Dipl.-Ing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Engineering-IT am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, IPA, Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart. E-Mail: brandner@ipa.fraunhofer.de

### Brandt, Michael K.

Dipl. Berufspäd. Wiss. Mitarbeiter am Institut für Berufliche Fachrichtungen der Technischen Universität Dresden, Weberplatz 5, 01217 Dresden. E-Mail: Michael.Brandt@mailbox.tu-dresden.de

### Dreher, Ralph

Dr., Studienrat, Pädagogischer Mitarbeiter am Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik der Universität

Flensburg, Berufliche Fachrichtung Metalltechnik, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg. E-Mail: dreher@biat.uni-flensburg.de

### Eckert, Clemens

Dipl.-Wirtsch.-Ing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, Bereich Anlagenprojektierung und Materialflusslogistik, Technischen Universität Clausthal, Leibnizstraße 32, 38678 Clausthal-Zellerfeld. E-Mail: clemens.eckert@imab.tu-clausthal.de

### Jenewein, Klaus

Prof. Dr. paed., Fachdidaktik technischer Fachrichtungen am Institut für Berufs- und Betriebspädagogik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Zschokkestraße 32, D-39016 Magdeburg, Tel.: (03 91) 67-16 602. E-Mail: klaus.jenewein@gse-w.uni-magdeburg.de

### Masurat, Thomas

Dipl.-Ing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, Bereich Anlagenprojektierung und Materialflusslogistik, Technischen Universität Clausthal, Leibnizstraße 32, 38678 Clausthal-Zellerfeld. E-Mail: thomas.masurat@imab.tu-clausthal.de

### Mohr, Markus

Mitarbeiter bei Bosch BaW/TEF6.35, Robert Bosch GmbH, Robert-Bosch-Str. 40, 96050 Bamberg. E-Mail: markus.mohr2@de.bosch.com

### Pahl, Jörg-Peter

Prof. Dr., Technische Universität Dresden, Institut für berufliche Fachrichtungen, Weberplatz 5, 01217 Dresden. E-Mail: pahl@rcs.urz.tu-dresden.de

### Reiner Schlausch

Dr., Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung (FPB), Universität Bremen. Wilhelm-Herbst-Str. 7; 28359 Bremen. Vertretungsprofessur Metall- und Maschinentechnik/Berufliche Didaktik, TU Dresden. E-Mail: info@reiner-schlausch.de

### Schütte, Marc

Dr., Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung (FPB), Universität Bremen. Wilhelm-Herbst-Str. 7; 28359 Bremen. E-Mail: marc.schuette@uni-bremen.de

### Spöttl, Georg

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

### Stuber, Franz

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

## Ankündigung einer Fachtagung:

Erfolgreiche Berufspädagogen erschließen den Arbeitsprozess ihrer Klienten. Dafür benötigen sie geeignete Instrumente.

Welche Anforderungen an ein handhabbares Methodendesign gestellt werden, zeigt die Fachtagung

### Methoden der Arbeitsanalyse für kompetenzorientierte Praxisforschung

am 9. und 10. Juni 2005

am Institut für Berufliche Lehrerbildung IBL

der Fachhochschule Münster

Nähere Information und Anmeldung unter

[www.fh-muenster.de/ibl](http://www.fh-muenster.de/ibl)

### Ständiger Hinweis

#### Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik

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

Die Anschrift der Geschäftsstelle der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik-Informatik lautet:

BAG Elektrotechnik-Informatik

Geschäftsstelle, z. H. Herrn A. Willi Petersen

c/o biat – Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik

Auf dem Campus 1

24943 Flensburg

Tel.: 0461 / 805 2155

Fax: 0461 / 805 2151

Konto-Nr. 7224025,

Kreissparkasse Südholstein (BLZ 250 510 30).

Die Anschrift der Geschäftsstelle der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik lautet:

BAG Metalltechnik

Geschäftsstelle, z. H. Herrn Michael Sander

c/o Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung (FPB)

Wilhelm-Herbst-Str. 7

28359 Bremen

Tel.: 0421 / 218 4924

Fax: 0421 / 218 4624

Konto-Nr. 10045201,

Kreissparkasse Verden (BLZ 291 526 70).

### Beitrittserklärung

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

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

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

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

Anschrift: .....

E-mail: .....

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

Ermächtigung zum Einzug des Beitrages mittels Lastschrift:

Kreditinstitut: .....

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

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

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

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

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

Bitte absenden an:

**BAG Elektrotechnik-Informatik e. V.**, Geschäftsstelle:  
biat – Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik, z. H. Herrn  
A. Willi Petersen, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg.

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

vakat

---

# **lernen & lehren**

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

Betrieblicher Ausbildung,  
Berufsbildender Schule,  
Hochschule und Erwachsenenbildung sowie  
Verwaltung und Gewerkschaften  
im Berufsfeld Elektrotechnik-Informatik/Metalltechnik tätig sind.

### **Inhalte:**

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

---

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

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

---

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

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 58: Lernfelder in technisch-gewerblichen Ausbildungsberufen | 64: Arbeitsprozesse und Lernfelder                        | 70: Modellversuchsprogramm „Neue Lernkonzepte“           |
| 59: Auf dem Weg zu dem Berufsfeld Elektrotechnik/Informatik | 65: Kfz-Service und Neuordnung der Kfz-Berufe             | 71: Neuordnung der Elektroberufe                         |
| 60: Qualifizierung in der Recycling- und Entsorgungsbranche | 66: Dienstleistung und Kundenorientierung                 | 72: Alternative Energien                                 |
| 61: Lernfelder und Ausbildungsreform                        | 67: Berufsbildung im Elektrohandwerk                      | 73: Neue Technologien und Unterricht                     |
| 62: Arbeitsprozesswissen – Lernfelder – Fachdidaktik        | 68: Berufsbildung für den informatisierten Arbeitsprozess | 74: Umsetzung des Lernfeldkonzeptes in den neuen Berufen |
| 63: Rapid Prototyping                                       | 69: Virtuelles Projektmanagement                          | 75: Neuordnung der Metallberufe                          |
|   |   | 76: Neue Konzepte betrieblichen Lernens                  |

Bezug über:

Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft GmbH  
Postfach 1559, 38285 Wolfenbüttel  
Telefon (05331) 80 08 40, Fax (05331) 80 08 58

---

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