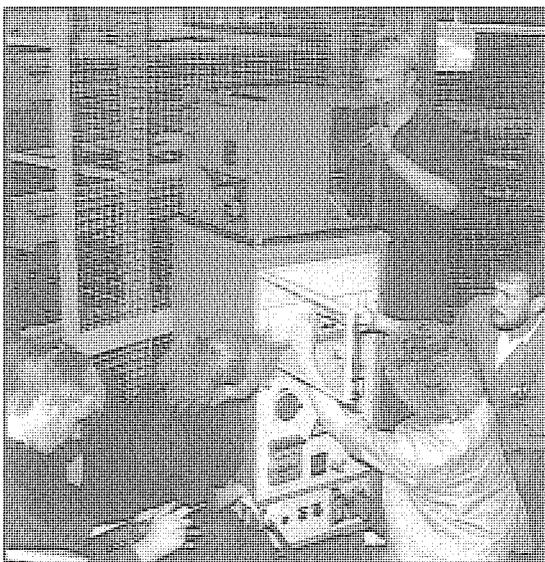


# lernen & lehren

Elektrotechnik / Metalltechnik



*Schwerpunkt:*  
**Instandhaltung**

*Hoppe u.a.:* Instandhaltung  
*Mandel u.a.:* Flexibles Montagesystem  
*Drechsel u.a.:* Eigendiagnose  
*Biber u.a.:* Störung und Fehler  
*Bruns:* Expertensysteme

33

  
Donat Verlag

# lernen & lehren

## Elektrotechnik/Metalltechnik

### Impressum

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

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

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

Heftbetreuung: Jörg-Peter Pahl, Jörg Biber

Schriftleitung: Gottfried Adolph (Köln), Bernd Vermehr (Hamburg)

Redaktion: lernen & lehren  
c/o Bernd Vermehr  
Achter Lüttmoor 28  
22559 Hamburg  
(040) 818646

Layout: Roland Bühs, Bremen

Das Titelfoto ist dem Prospekt „Ein Qualifizierungskonzept für Auszubildende der Volkswagen AG“ (Wolfsburg), S. 16, entnommen.

Alle schriftlichen Beiträge und Leserbriefe bitte an die obenstehende Adresse.

Verlag, Vertrieb und  
Gesamtherstellung: Donat Verlag  
Borgfelder Heerstr. 29  
28357 Bremen  
Tel.: (0421) 274886  
Fax: (0421) 275106

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

Bremen, 1994  
ISSN 0940-7340

Schwerpunkt:  
Instandhaltung

33

<b>Inhalt</b>	
Der Kommentar	
Vorstellungen	6
<i>Gottfried Adolph</i>	
Editorial	9
<i>Bernd Vermehr</i>	
<b>Schwerpunktthema Instandhaltung</b>	
Instandhaltung in der Berufsbildung	12
<i>Manfred Hoppe/Otmar Jacobs</i>	
Das Flexible Montagesystem (FMS)	
- Ein Gegenstand zur Prüfung von Instandhaltungsqualifikationen	25
<i>Manfred Mandel/Reiner Mizdalski/Frank Krzok/Werner Pistor</i>	
Eigendiagnose elektrischer Fahrzeugsysteme	31
<i>Klaus Drechsel/Ingo Niemann</i>	
Das Verhältnis von Störung und Fehler – ein Analogon zu Erscheinung und Ursache?	40
<i>Jörg Biber/Reinhard Malek/Axel Tzschätzsch</i>	
Regeln und Strukturen – Expertensysteme und Simulatoren in der Instandhaltung	49
<i>F. Wilhelm Bruns</i>	
<b>Beiträge von Unterricht und Praxis</b>	
Tiefer, breiter, härter – Ein Unterrichtsvorhaben aus dem Bereich der Kraftfahrzeugtechnik	63
<i>Jörg-Peter Pahl/Jean-Mc Sprathoff</i>	
Schüler experimentieren mit einer Versuchsschwenkbiegemaschine – Ein Unterrichtsbeispiel aus dem Bereich Werkstofftechnik für Konstruktionsmechaniker und Metallbauer im ersten Ausbildungsjahr	70
<i>Jörn Buck</i>	
<b>Forum</b>	
Von der imaginären Einheit zum Scheinstrom	75
<i>Attila Josef Roos</i>	

<b>Rezensionen, Hinweise, Berichte, Mitteilungen</b>	
Instandhaltung – Bewahren – Wiederherstellen – Verbessern. Sekundäre Facharbeit in der beruflichen Bildung	79
<i>Reinhard Malek</i>	
Lexikon der Instandhaltung	82
<i>André Döring</i>	
Einführung in die Instandhaltung	82
<i>André Döring</i>	
Handlungskompetenz als Zielkategorie ganzheitlich orientierten beruflichen Lernens nach der Neuordnung der industriellen Metallberufe	83
<i>Joachim Moyé</i>	
Bericht aus der Arbeit des HGTB	85
<i>Alfred Bannwitz</i>	
Dresden 1993 – Ein Rückblick auf die Mitgliederversammlung der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik	88
<i>Friedhelm Eicker</i>	
Mitteilung der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik	90
<i>Klaus Jenewein</i>	
Mitteilung der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik	91
<i>Peter Schwartau</i>	
Umweltbildung in der Versorgungstechnik – Zweite bundesweite Fachtagung Versorgungstechnik Freiburg 1993	92
<i>Heinz-Dieter Schulz</i>	
Wichtige Mitteilung der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik	93
<i>Gottfried Adolph</i>	
Wichtige Mitteilung der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik	94
<i>Peter Schwartau</i>	
Zu guter Letzt	94
Autorenverzeichnis	95

Gottfried Adolph

## Kommentar

### Vorstellungen

Der Handel auf großen mittelalterlichen Märkten war wegen der fehlenden überregionalen Standardisierung der Maße, Gewichte und Volumen oft eine recht schwierige Angelegenheit. Kein Wunder, daß diejenigen, die das Umrechnen verstanden, immer wieder in Versuchung gerieten, die Unwissenden zu betrügen. Dort, wo das Ausnutzen von Herrschaftswissen eine Tugend war, waren die Unwissenden besonders schlecht dran.

Rechenmeister hatten in diesem Kontext eine gute wirtschaftliche Basis. Zu ihnen ging man, wenn man nicht betrogen werden wollte. Aber Rechenmeister waren teuer, und nicht jeder konnte es sich leisten, sie in Anspruch zu nehmen. Und so waren es, wie so oft in der Geschichte der menschlichen Zivilisation, die Armen, die am meisten zu leiden hatten.

Adam Riese war ein Rechenmeister, den das ärgerte. Deshalb schrieb er ein Rechen-Buch, mit dessen Hilfe die Unwissenden aufgeklärt werden sollten. Dieses Rechenbuch enthielt eine Fülle von Rechenvorschriften. Viele davon waren kompliziert und waren von denen, die sie lernen sollten, in der Regel nicht durchschaubar.

Das schulische Beibringen von nichtdurchschaute Rechenregeln hat eine bis heute erhaltene Tradition. Es ist aber nicht so, als ob diese Regeln nur von den Lernenden nicht durchschaut würden, die Lehrenden haben häufig genau so wenig Einblick in die innere Struktur und notwendige Logik der praktizierten Verfahren. Wer diese Aussage für überzogen hält, möge einmal den Blick in ein Lehrbuch für sogenanntes „Kaufmännisches Rechnen“ werfen oder einmal die Lehrer, die ihren Schülern beibringen, daß man Brüche dividiert, indem man mit dem Kehrwert malnimmt, fragen, warum „Kehrwert“ und warum „malnehmen“ und nicht „addieren“? (Ich habe über Jahrzehnte so gefragt und nie eine vernünftige Antwort erhalten. Aber bei denen, die jetzt diesen Text lesen, wird es natürlich anders sein oder doch nicht?)

Wir haben uns an das Anwenden unverstandener Rechenregeln so gewöhnt, daß wir nichts mehr dabei finden. Eine solche Haltung ist, so meine ich, solange vernünftig, solange man noch abschätzen kann, ob das Errechnete einigermaßen zutreffend ist, und solange man noch erstaunt ist, wenn man z.B. beim Währungsumrechnen aus 100,- DM 1000 englische Pfund errechnet. Das Umgehen mit unverstandenen Rechenregeln ist solange zu akzeptieren, so-

lange der Rechnende im Hinblick auf Input und Output noch den Überblick behält, und das war bei denen, die unser Schulsystem durchlaufen haben, in der Regel der Fall.

Hier scheint sich jedoch in der Gegenwart etwas grundlegend zu ändern. Gewiß, wir hatten immer mal wieder Schüler, die nichts dabei fanden, daß beim Errechnen der Stromstärke z.B. einer 100W-Lampe, 450A herauskamen. Es waren aber immer nur einige mit dieser Auffälligkeit, und es gelang uns manchmal, auch sie davon zu überzeugen, daß es für sie besser wäre, ihre Blindheit zu überwinden. Wenn die Beobachtungen aber nicht täuschen, dann ist heute diese „Blindheit“ im Bereich der Zahlen und Mengen zu einem Massenphänomen geworden.

Ein Kollege beobachtet z.B. einen Schüler bei einer Testarbeit, bei der viel gerechnet werden muß. Der Schüler hat, nachdem er den erforderlichen Algorithmus durchlaufen hat, auf seinem Blatt die Operation „2 mal 3 =“ stehen. Der Schüler bückt sich zu seiner Tasche, öffnet sie, entnimmt ihr den in einer Schatulle eingepackten Taschenrechner, führt die Operation aus, schreibt als Ergebnis 6 hin, packt den Rechner wieder in die Schatulle und versenkt sie sorgsam wieder in die Tasche. Der Kollege, nun in irgendeiner Weise neugierig geworden, spricht den Schüler an und fragt ihn, ob er sich dieses Ergebnisses sicher sei. Der Schüler schaut erstaunt auf, bückt sich zur Tasche, öffnet sie, entnimmt ihr die Schatulle, entnimmt ihr den Rechner, ...

Eine singuläre Episode, eine erheiternde Geschichte fürs Lehrerzimmer? Leider nicht, denn immer mehr junge Menschen können sich unter einer Mengenangabe im wahrsten Sinne des Wortes nichts mehr vorstellen. Das Hören oder Lesen einer Ziffer ruft bei ihnen nicht mehr die Vorstellung einer entsprechenden Menge hervor, sondern nur noch die Vorstellung einer Rechner Taste!

Vor wenigen Tagen berichteten mir Kollegen, daß die Schüler ihrer Unterstufen beim Umgang mit Winkeln keinerlei geometrische Vorstellungen aktivieren können. Beim Hantieren mit Winkelmessern (es ging um Kräftezerlegung) gaben sie z.B. das als 30°-Winkel aus, was als Ergebnis ihres Geschicks oder besser Ungeschicks im Umgang mit Lineal und Winkelmesser herauskam. Sie fanden gar nichts dabei, wenn das Ergebnis ein stumpfer Winkel war. Die Kollegen versicherten mir, diese Schüler können sich unter einem Winkel im wahrsten Sinne nichts, aber auch gar nichts vorstellen.

Eine solche Entwicklung ist in hohem Maße bedenklich. Wir wissen seit langem, daß z.B. im militärischen Bereich die Handelnden häufig nicht mehr beurteilen können, ob das, was ihre hochtechnisierten Meßgeräte anzeigen, mit der Wirklichkeit außerhalb der Apparate noch irgend etwas zu tun hat, ob z.B. das auf dem Bildschirm angreifende Flugzeug wirklich ein angreifendes Feindflugzeug ist oder nur ein harmloses verirrtes Passagierflugzeug.

Daß uns die Apparate an vielen Stellen außer Kontrolle geraten, wissen alle,

die sich im Umgang mit ihnen ihre Kritikfähigkeit erhalten haben, und deshalb nicht aufhören zu fordern, daß die erste Aufgabe technischer Bildung das Durchschaubarmachen der technischen Prozesse sein und bleiben muß.

Die Black-Box-Protagonisten (und mit zunehmend komplexer und abstrakter werdender Technik wächst ihre Zahl) sehen das anders. Ich halte diese Entwicklung für gefährlich. Der Technik-Philosoph Günter Anders schrieb schon vor vielen Jahren, daß unsere Vorstellungskraft hoffnungslos hinter unserer Herstellungskraft herhinkt. Black-Box-Denken fördert die Herstellungskraft und schwächt die Vorstellung.

Nun ist die kognitive Modellierung im Bereich der komplizierten Apparate und Verfahren ein anderes Problem als im Bereich der elementaren Erkenntnis einer durch Maß und Zahl geordneten Welt. Wer hier schon blind herumtapst, ist dieser technischen Welt schon auf der elementarsten Ebene hilflos ausgeliefert. Er hat gar keine Chance mehr, an dem Prozeß der politischen Kontrolle und Gestaltung von Technik teilzuhaben. Ob unter diesen Bedingungen „die Gesellschaft“ noch zur politischen Kontrolle und Gestaltung fähig sein kann, bezweifle ich sehr.

Gäbe es so etwas wie eine pädagogische Ethik, dann müßten wir uns alle weigern, Funktionalität zu fördern, wenn dabei die Durchschaubarkeit des Tuns nicht gewährleistet ist.

Treffen die oben beschriebenen Beobachtungen zu, dann müssen wir manches neu bedenken.

Bernd Vermehr

## Editorial

Aufgaben des Inspizierens, Reparierens und Instandsetzens, kurz gesagt Aufgaben der Instandhaltung, gilt es wahrzunehmen seit es Werkzeuge, Geräte und Maschinen gibt. Allerdings haben sich Umfang und Häufigkeit des Tätigwerdens im Laufe der Zeit gewandelt und die Anforderungen an diese Form des Arbeitshandelns sind in erheblichem Maße gestiegen. Die Veränderungen hatten bislang im berufspädagogischen Bereich nur unzureichend ihren Niederschlag gefunden und Fragen der Instandhaltung waren längere Zeit ausgeklammert worden. Im Gegensatz zu den alten Bundesländern war in der damaligen DDR der Stellenwert der Instandhaltung ein anderer. Dies haben Heinz Rose und Knut Stutzkowski bereits 1990 im Rahmen dieser Zeitschrift (Instandhaltung in der DDR – Wesentlicher Bestandteil elektrotechnischer Facharbeit, *lernen & lehren*, Heft 20) deutlich gemacht. Die letzten Jahre haben eine Änderung gebracht und Fragen der Instandhaltung gewonnen an Bedeutung. Dazu trugen u.a. die Bemühungen des TÜV Rheinland und des Deutschen Komitees Instandhaltung (DKIN) ebenso bei wie die Ergebnisse von Modellversuchen im Bereich der Anpassungsfortbildung der Beschäftigten. Die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik hat die Thematik aufgegriffen und die Fachtagung im Rahmen der Hochschultage Berufliche Bildung 1992 unter dem Motto „Instandhaltung – ein wesentlicher Bereich beruflichen und ökologischen Lernens“ durchgeführt. Die Vorarbeiten und Ergebnisse dieser Tagung wurden zwischenzeitlich zu einem Tagungsband zusammengetragen, der im Donat-Verlag als Band 16 in der Reihe Berufliche Bildung unter dem Titel „Instandhaltung – Bewahren – Wiederherstellen – Verbessern. Sekundäre Facharbeit in der Beruflichen Bildung“ erschienen ist.

Die Sicherstellung der Produktion durch ungestörte Betriebsabläufe sowie das Vermeiden von Funktionsbeeinträchtigungen gewinnen gegenüber den Bemühungen, die Produktionsanlagen vor schneller Abnutzung, vor Leistungsabfall und vor Ausfallzeiten zu bewahren, zunehmend an Bedeutung. Der Anteil der Betriebe, in denen das Werkstattpersonal selbst Instandhaltungsaufgaben vollständig erledigt, hat sich zwischen 1991 und 1992 nahezu verdoppelt (VDI-Nachrichten 19.11.93). Instandhaltung wird zu einem wichtigen Teil der Produktion selbst. Bereits bei der Fabrikplanung werden heute Fragen einer systematischen Instandhaltung erörtert.

In den verschiedenen Bereichen der Elektro- und der Metalltechnik sowie im

Handwerk und in der Industrie haben sich die Aufgaben der Instandhaltung verändert. Die Anforderungen an die in diesem Bereich Tätigen sind erheblich gestiegen, und es reicht keineswegs mehr aus, sich en passant quasi mit Ölkanne, Putzklappen und Spannungsprüfer der Störung in der Produktion zu nähern. Die zum verantwortungsbewußten Ausüben von instandhaltungstypischen Tätigkeiten notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten lassen sich nicht im Vorübergehen erwerben und selbst eine über Jahre erworbene praktische Erfahrung hält mit der Modernisierung der Anlagen kaum Schritt.

Die neuen Qualifikationsanforderungen sind zu ermitteln, zu systematisieren, ggf. zu erweitern und in die vorhandenen Formen der Berufsbildung einzubeziehen. Die derzeit Beschäftigten müssen im nachhinein für die Aufgaben qualifiziert werden, wobei eine ausschließliche Anpassungsfortbildung der bisher in diesem Bereich tätigen Mitarbeiter, die oftmals auch noch herstellerabhängig durchgeführt wird, aber nicht mehr als ausreichend eingeschätzt wird. Es wird gefordert, daß grundlegende Instandhaltungsqualifikationen bereits Bestandteil der Erstausbildung werden müssen. Eine Diskussion darüber hat begonnen, in welchen Zusammenhängen eben diese als notwendig angesehenen Qualifikationen vermittelt werden können und welche Verfahren dafür besser geeignet sind als die fachsystematische Orientierung der bisherigen Ausbildung. Fragen der Instandhaltung sind keineswegs fachspezifisch und nur auf einen Bereich beschränkt, sie sind vielmehr branchenübergreifend, wobei die Bandbreite von der landwirtschaftlichen Produktion bis zur Hochtechnologie der Luft- und Raumfahrt reicht.

Nach den Hochschultagen Berufliche Bildung 1992 wird mit dem Schwerpunkt dieses Heftes das Thema Instandhaltung erneut aufgegriffen, ergänzt und erweitert. Manfred Hoppe und Otmar Jacobs verdeutlichen den zunehmenden Stellenwert der Instandhaltung, gehen auf die derzeitige Definition des Begriffs Instandhaltung nach DIN 31051 ein und zählen zu den Instandhaltungsaufgaben auch die Modernisierung der Geräte und Produktionsanlagen.

Manfred Mandel, Reiner Misdalski, Frank Krzok und Werner Pistor zeigen am Beispiel der Entwicklung des Flexiblen Montagesystems (FMS) Formen der Kooperation zwischen Berufsschule und Ausbildungsbetrieb auf, weisen auf die Einsatzmöglichkeiten des FMS im Rahmen von Funktionsprüfungen oder der Fehlersuche hin und stellen einen Vorschlag für die Gestaltung und praktische Durchführung der Arbeitsprobe 3 der Berufsabschlußprüfung für Energieelektroniker vor. Klaus Drechsel und Ingo Niemann erhellen in ihrem Beitrag den derzeitigen Stand der Diagnosetechnik, stellen Diagnosestrategien vor und wenden sich entsprechenden Fragen der Berufsausbildung im Kraftfahrzeughandwerk zu, ohne die Situation in der Berufsschule dabei auszuklammern. Abschließend entwerfen die beiden Autoren zwei Szenarien, wie im Rahmen der Berufsschule auf die Herausforderung reagiert werden könnte.

In den Mittelpunkt ihres Beitrages rücken Jörg Biber, Reinhard Malek und Axel Tzschätzsch den Zusammenhang von Störung und Fehler, wobei die Autoren um eine grundlegende Klärung bemüht sind. F.W. Bruns stellt Expertensysteme zur Entlastung des Instandhalters vor. Die Programme besitzen eine besondere Softwarearchitektur, in ihnen wird möglichst viel Erfahrung aus Fehlerfällen gespeichert und im Bedarfsfall sollen sie Strategien der Fehlersuche vorschlagen, Funktionszusammenhänge erklären und auf die Vollständigkeit der Analyse und Diagnose achten.

Weitere Beiträge aus Unterricht und Praxis zu unterschiedlichen Themen, ein Forumsbeitrag sowie Rezensionen, Berichte, Hinweise und Mitteilungen der beiden Bundesarbeitsgemeinschaften runden das Heft 33 von *lernen & lehren* ab.

Manfred Hoppe/Otmar Jacobs

## Instandhaltung in der Berufsbildung

### Zunehmende Bedeutung der Instandhaltung

Der Schwerpunkt betrieblicher Aktivitäten verlagert sich heutzutage tendenziell aus der direkten Produktion (z.B. Fertigung, Montage) in nicht unmittelbar zur Produktion zählende Bereiche (z.B. Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Instandhaltung). Die gesteigerte Bedeutung der Instandhaltung ist auf verschiedene – hier analytisch getrennte – Faktoren zurückzuführen.

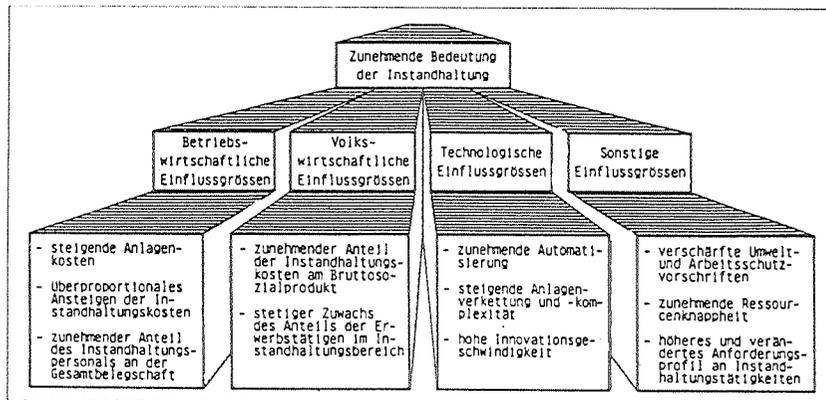


Abb. 1: Ursachen der zunehmenden Bedeutung der Instandhaltung (Quelle: Klein 1988, S. 2)

### Betriebswirtschaftliche Einflußgrößen

Seit Mitte der achtziger Jahre führt die Automatisierung der Produktion zu einem überproportionalen Ansteigen der Kosten für die Instandhaltung. „Für Instandhaltung müssen ca. 8 bis 16 % des Wiederbeschaffungswerts einer Anlage bzw. Maschine ausgegeben werden. Steigender Automatisierungsgrad und stärkere Anlagenverknüpfung sind u.a. Ursache für den wachsenden Anteil der Instandhaltungskosten an den Herstellkosten“ (Hackstein 1991, S. 55). Der Anteil der Instandhaltungsfacharbeiter wächst entsprechend und beträgt derzeit im Durchschnitt 9 % der Gesamtbelegschaft.

### Volkswirtschaftliche Einflußgrößen

Die zunehmende Bedeutung der Instandhaltung aus betriebswirtschaftlicher Sicht hat auch Auswirkungen auf die Volkswirtschaft. In der Bundesrepublik werden jährlich mehr als 10 % des Bruttosozialprodukts für Instandhaltung ausgegeben. Man kann vermutlich die Angaben aus der alten Bundesrepublik auch auf die neuen Bundesländer übertragen, zumal die statistischen Angaben im Rahmen der Zahlen der anderen Industrienationen liegen, die um 11 – 12 % des jeweiligen Bruttosozialprodukts ausgeben (Renkes 1994, S. 13). Die Bedeutungszunahme der Instandhaltung aus volkswirtschaftlicher Sicht wird besonders deutlich, wenn man die Größenordnung des gegenwärtigen Aufwands für Instandhaltung von 240 – 250 Mrd. DM mit den Angaben früherer Jahre vergleicht: 100 Mrd. DM (1986) bzw. 40 Mrd. DM (1976).

### Technologische Einflußgrößen

Die Instandhaltung tritt insbesondere aus dem Schatten der Produktion, weil mit der – mikroelektronisch induzierten – Automatisierung von Maschinen und komplexen Anlagen und der damit einhergehenden Zunahme der Anlagenwerte ein Anlagenausfall nicht kalkulierbare Ausfallkosten für einen Betrieb nach sich zieht. Die Automatisierung der Gestaltungs- und Fertigungsprozesse durch den Einsatz elektronischer Bauteile, die Entwicklung und den Bau mechanisierter, sich selbst steuernder Maschinen und Anlagen durch Modernisierung sowie die Automatisierung der Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungsprozessen in den achtziger Jahren „bescherte der improvisierten Instandhaltung ein unerwartetes Comeback. Statt auf überteuerte Präventions- und Inspektionsstrategien setzte man nach den Jahren der vorbeugenden Planung in zunehmendem Maße wieder auf die Stärkung der dezentralen Störungsbeseitigung in der Produktion“ (Malsch 1993, S. 249). Anlagennahe Störfallbekämpfung durch „Feuerwehreinsätze“ erhalten wieder einen höheren Stellenwert – und damit die Instandhaltung insgesamt. Zugleich steht die Entwicklung instandhaltungsarmer Maschinen immer noch am Anfang.

### Sonstige Einflußgrößen

Die technologische Entwicklung korrespondiert mit der Reorganisation der Instandhaltungsfacharbeit. „Das bedeutete zum einen Stärkung qualifizierter Eigenverantwortung vor Ort, zum anderen Vorausplanung des Eventualfalles, das heißt Ausarbeitung von Notfallstrategien für teure oder gefährliche Produk-

tionsstörungen“ (Malsch 1993, S. 249). Es wurde versucht, Instandhaltungsfacharbeit durch einen breiten Aufgabenzuschnitt und größere individuelle Verantwortung effizienter zu machen. Die „Universalisierung“ und „Flexibilisierung“ der Facharbeit stößt aber auf Grenzen, weshalb Betriebe zunehmend zu einer „Externalisierung“ von Instandhaltungsfunktionen übergehen. Instandhaltung ist also für einen kontinuierlichen Produktionsablauf derart bedeutsam, daß Betriebe bei Störfällen oder notwendigen Instandsetzungen hochqualifizierte Fremdfirmen beauftragen.

Nicht zuletzt tragen die verschärften gesetzlichen Vorschriften und Verordnungen zum Umweltschutz zu einer Erhöhung des Stellenwerts der Instandhaltung bei, denn die zunehmende Verknappung von – preisgünstigen – Rohstoffen und Energieträgern erfordert eine optimale Wartung und Inspektion der Maschinen und Anlagen, um so die Nutzungsdauer dieser Arbeitsmittel zu verlängern und damit die gegebenen betrieblichen Produktionsfaktoren effektiver zu nutzen (vgl. Hoppe/Jacobs 1994, S. 27 f.).

### DIN-orientierte Instandhaltung im Abseits?

#### Instandhaltung nach DIN 31051

Jeder Autofahrer weiß, was Instandhaltung bedeutet. Das Auto muß regelmäßig zur Inspektion, es muß gewartet werden, und nicht nur nach Unfällen sind Instandsetzungsmaßnahmen (Reparaturen) erforderlich. Die Durchführung der verschiedenen Maßnahmen ist notwendig, um das Auto fahrbereit zu halten. Nicht zuletzt kostet die Instandhaltung des Autos Geld. Diese Kostengröße kann der Autofahrer zumindest teilweise selbst beeinflussen, denn je mehr er sich fundiert und sachlich um sein Auto kümmert, um so eher bleibt er vor plötzlich auftretenden Schäden bewahrt.

„Prinzipiell“ scheint es mit der Instandhaltung bei komplexen Maschinen und Anlagen nicht anders zu sein. Doch bezüglich der Instandhaltung überwiegen in der Praxis einseitige Betrachtungsweisen von Instandhaltung: Während die eine Seite – überspitzt ausgedrückt – totale Vorbeugung gegenüber Maschinenausfallzeiten fordert und den Kosten dafür gleichgültig gegenübersteht, sieht die andere Seite in der Minimierung der Instandhaltungsarbeiten und der Kostenreduktion ihre Hauptaufgabe. Entsprechend unterschiedliche Formen betrieblicher Instandhaltung waren und sind in der Realität vorhanden.

Mit der DIN 31051 wurde versucht, „die Verständigung in diesem Bereich zu verbessern“ (DIN 31051, S. 1). Zu diesem Zweck wurde eine allgemein ver-

bindliche Definition des Instandhaltungsbegriffs geschaffen: Instandhaltung beinhaltet demgemäß „Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes von technischen Mitteln eines Systems“ und schließt die „Abstimmung der Instandhaltungsziele mit den Unternehmenszielen“ und die „Festlegungen

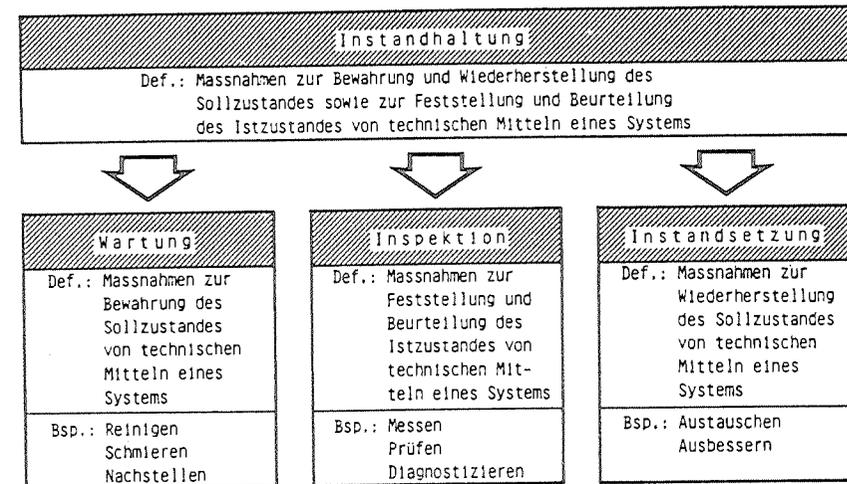


Abb. 2: Definition und Gliederung der Instandhaltung in Anlehnung an DIN 31051 (Quelle: Klein 1988, S. 8)

entsprechender Instandhaltungsstrategien“ mit ein. Einen Überblick über die Maßnahmen der Instandhaltung bietet die Abbildung 2.

Zum Erhalt der Leistungsfähigkeit der Maschinen und Anlagen bedarf es entsprechender spezifischer Maßnahmen der Instandhaltung. Die bei der Instandhaltung wahrzunehmenden Aufgaben gehen aus der Abbildung 3 hervor.

### Konservativer Charakter der DIN 31051

Mit der Definition und Gliederung von Instandhaltung in Wartung, Inspektion und Instandsetzung sind „neutrale“ technische Vorschriften für die Instandhaltungsmaßnahmen geschaffen worden, deren Einhaltung den Abnutzungsvorrat, den möglichen „Funktionserfüllungsvorrat“ der Anlage, erhalten soll. „Im

Sollzustand befindet sich die Anlage in einhundertprozentigem Funktionserfüllungsgrad. Nach einer bestimmten Nutzungszeit verliert die Produktionsanlage an Abnutzungsvorrat (vgl. Abb. 4). Alle Maßnahmen der Instandhaltung zielen darauf ab, den Abnutzungsvorrat so zu erhalten, daß die betrachtete Anlage nutzungsfähig bleibt. Die Instandhaltung versucht also, den Abnutzungsvorrat immer oberhalb der Schadensgrenze zu erhalten, um den Ausfall der Anlage oder des Anlagenteils zu verhindern“ (Schulte 1988, S. 11).

Die Instandhaltung zielt auf die Feststellung und Beseitigung der Folgen der Abnutzung der Maschinen und Anlagen und ist so auf die Herstellung eines definierten Sollzustandes technischer Mittel eines Systems gerichtet. Ihrem Charakter nach ist die Instandhaltung nach der DIN also eher konservativ zu interpretieren.

Die DIN 31051 ist einer Auffassung verpflichtet, die die technische Entwicklung der Maschinen und Anlagen unter dem Aspekt der Abnutzung, speziell des mechanischen Verschleißes (z.B. Gleitreibung, Rollreibung, Glatreibung) betrachtet, also eher „linear“ denn „innovativ“. Das der DIN innewohnende Denken ist von der Abnutzung der Anlagen bestimmt: So wird z.B. durch die Anwendung neuer Verfahren und Wirkungsprinzipien bei der Veredelung von Werkstoffen (Keramik u.a.) und ihrer Oberflächenbehandlung die Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit, also der Abnutzungswiderstand, beständig erhöht. Dieser höhere Abnutzungswiderstand führt zu einer wesentlich längeren Laufzeit der Bauteile und zu einem geringeren Instandhaltungsbedarf.

Doch diese „mechanisierte“ Dimension der Maschinen und Anlagen und deren Bedeutung für die Instandhaltung wird vor allem durch das Vordringen der Mikroelektronik in ihrer – technisch-wirtschaftlichen – Bedeutung relativiert: Bei der Mikroelektronik steht nicht das Abnutzungsverhalten der technischen Systeme im Mittelpunkt der Betrachtung. Als strukturprägende Innovation hat die Mikroelektronik zu einem Entwicklungssprung in der flexiblen Anwendung von Maschinen und Anlagen, Prüfmitteln und -methoden sowie meß- und regeltechnischen Systemen mit der Ablösung konventioneller – von der Mechanik geprägter – Technik durch rechnergestützte Funktionen geführt. Hier wird deutlich, daß der Gebrauchswert einer Maschine oder Anlage nicht durch den Abnutzungsvorrat allein bestimmt wird. Bei CNC-Steuerungen ist dies z.B. offensichtlich, wo sich die Software den „traditionellen“ Kriterien, u.a. dem mechanischen Verschleiß, „nahezu“ entzieht und technisch-ökonomische Gründe für den Einbau „neuester“ oder z.B. facharbeiterorientierter Steuerungen maßgeblich sind.

Die der DIN zugrundeliegende Art des Denkens über die Abnutzung hat zur Folge, daß eine „Leistungssteigerung“ außerhalb des Nutzungsvorrats kaum Thema der Instandhaltung wird. Leistungsverbesserungen einer vorhandenen

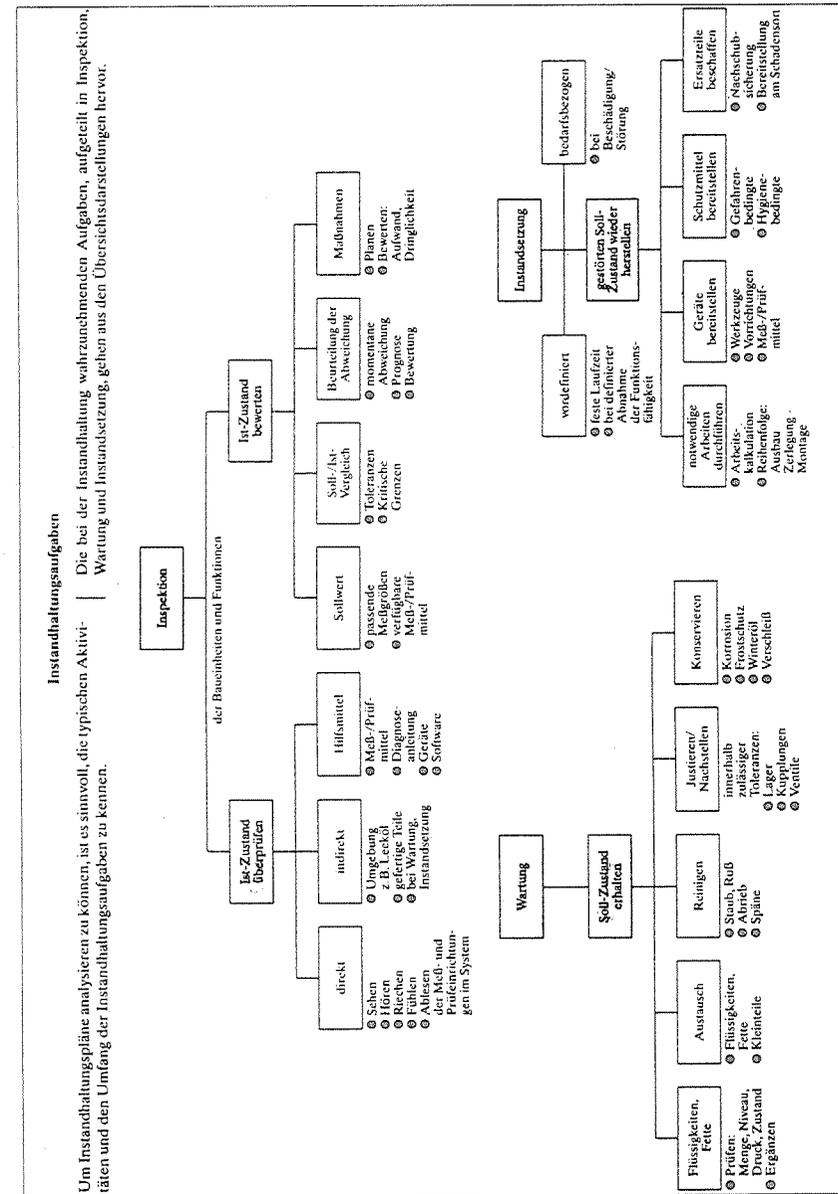


Abb. 3: Instandhaltungsaufgaben (Quelle: Technische Kommunikation 1992, S. 248)

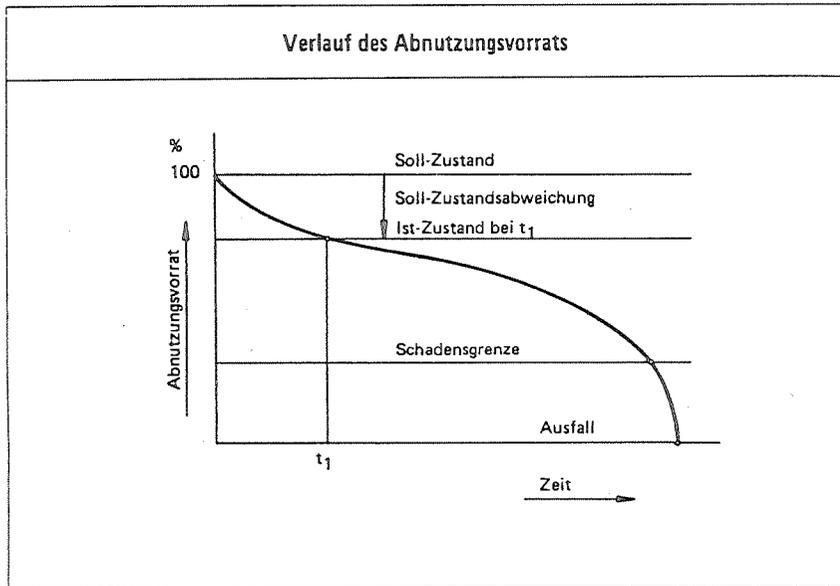


Abb. 4: 'Verlauf' des Abnutzungsvorrats (Quelle: Schulte 1988, S. 12)

Maschine durch Verwendung neuer elektronischer Komponenten, die Installation einer Meßeinrichtung bis hin zum konstruktiven Einwirken auf den Neubau einer Maschine werden von der Instandhaltung gemäß DIN nicht erfaßt. Schon unter diesem – „technischen“ – Gesichtspunkt würde es Sinn machen, die technische Gestaltung von Instandhaltungsmaßnahmen nicht ausschließlich an DIN 31051 im Sinne der Wiederherstellung des Abnutzungsvorrats zu orientieren.

In der Praxis der Instandhaltung sind dementsprechend Um- und Aufrüstungen von Anlagen durchaus vorfindbar. Sie betreffen sowohl die Mechanik als auch die Elektronik der technischen Systeme. Derartige anlagenverbessernde Maßnahmen können eine Erhöhung des Sollzustandes des Abnutzungsvorrats nach einer Instandsetzung bewirken.

Was als eine zufällige Wirkung einer anlagenverbessernden Instandhaltung – quasi als „Abfallprodukt“ – erreicht wird, nämlich die Erhöhung des Abnutzungsvorrats von Anlagen, ist als ein wesentliches Ziel bei Instandhaltungsmaßnahmen systematisch miteinzubeziehen. Es handelt sich bei der Erhöhung des Abnutzungsvorrats um eine tragende Dimension einer „Modernisierung“ der Instandhaltung.

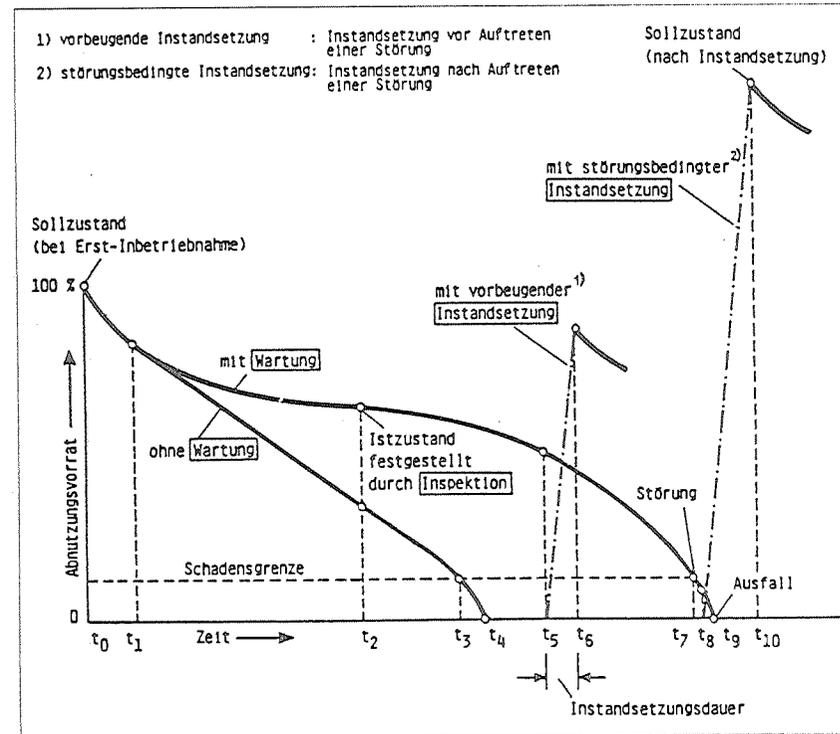


Abb. 5: Erhöhung des Abnutzungsvorrats in Anlehnung an DIN 31051, S. 7

### Herkömmliche Instandhaltung und Modernisierung

Den wachsenden mechanischen, elektrotechnischen, pneumatischen sowie sonstigen Problemen, die defekte, komplexe Maschinen und Anlagen in der Praxis dem Instandhalter bereiten, wird zumeist mit traditionellen, unzureichenden Instandhaltungsmaßnahmen begegnet, die sich in ihrem Kern nach DIN 31051 richten.

Diese Instandhaltungsmaßnahmen beinhalten immer – analytisch gesehen – zwei Ebenen des Umgangs mit den Prozessen, die die Gebrauchseigenschaften an technischen Arbeitsmitteln und ihren Elementen beeinträchtigen: Technische Prozesse (z.B. Abnutzung wie Verschleiß, Korrosion u.a.) führen erstens zu physischem Verschleiß, also Beeinträchtigungen der Funktionsfähig-

keit komplexer technischer Anlagen. Das Vermindern der negativen Wirkungen der technischen Beeinträchtigungen der Arbeitsmittel und die Beseitigung dieser Auswirkungen wird oft als hauptsächliche Aufgabe der Instandhaltung gesehen. Technisch-ökonomische Prozesse bewirken zweitens unter marktwirtschaftlichen Bedingungen Wertminderungen technischer Arbeitsmittel, weil neuartige technische Arbeitsmittel tendenziell den Zweck (Erwerbswirtschaft) der bisher eingesetzten Arbeitsmittel mit höherer Produktivität, besserer Qualität, geringeren Kosten u.a.m. erfüllen können. Dem Prozeß der Veralterung wird – unter verschiedenen Bezeichnungen wie Nachrüstung, Renovierung, Rekonstruktion, Modernisierung u.a. – mit unterschiedlichen Maßnahmen entgegengewirkt. Diese Maßnahmen werden des öfteren als nachgeordnete Aufgaben der Instandhaltung betrachtet.

Eine derartige Instandhaltungsstrategie und das sie tragende funktionalistische Verständnis von Instandhaltung ist in ihrem Kern auf die Wiederherstellung der Betriebsfähigkeit der Maschinen und Anlagen gerichtet, also auf den Erhalt des technischen „status quo“. Innovative technische Entwicklungen werden kaum beachtet, Verbesserungen der Arbeitsqualität und -organisation werden bei dieser Instandhaltungsstrategie nachrangig angegangen. Mit einer solchen Instandhaltungsstrategie kann den angeführten technischen, betriebswirtschaftlichen und anderen Problemen kaum adäquat begegnet werden.

Auch die ständige und vollständige technische Erneuerung der Maschinen und Anlagen als alternative Antwort auf die gestiegenen technischen, ökonomischen und ökologischen Anforderungen an technische Anlagen kann aufgrund beschränkt zur Verfügung stehender natürlicher und betrieblicher Ressourcen sowie investiver Mittel nur teilweise erfolgen, ist also ein unpraktikables Ideal. Bestehende Human- und Produktionsressourcen würden zudem vergeudet.

Herkömmliche Instandhaltung oder Erneuerung scheinen also – vor allem aufgrund ihrer technikzentrierten Ausrichtung – nicht geeignet zu sein, die bestehenden Probleme zu lösen. Den skizzierten traditionellen Umgangsweisen mit nicht funktionsfähigen Arbeitsmitteln – unter manchen Bedingungen vielleicht sinnvoll – müßte unseres Erachtens durch eine umfassende Modernisierung von Maschinen und Anlagen begegnet werden, „mit der die im Betrieb vorhandenen Grundmittel (Gebäude, Maschinen, Anlagen, Fahrzeuge) dem neuesten Stand der Technik angepaßt“ werden (Hartmann 1987, S. 58).

Modernisierung umfaßt jedoch nicht nur technische und technologische Dimensionen, auch ergonomische und umweltschonende Verbesserungen der Maschinen und Anlagen sollen durch Modernisierung erreicht werden:

- „Verbessern des Funktionsniveaus und Erhöhen der Leistungsfähigkeit, z.B. hinsichtlich Bearbeitungsleistung und
- Bearbeitungsqualität sowie Anwendungsbereich einer Werkzeugmaschine,

- Reduzieren des spezifischen Energiebedarfs, Verbessern der Zuverlässigkeit,
- Erhöhung des technischen Niveaus, z.B. Teilautomatisierung, Bordcomputereinbau,
- Verbessern der ergonomischen Eigenschaften sowie Schutzgüte, Verbessern der Umweltfreundlichkeit“ (Eichler 1990, S. 280).

Modernisierung zielt insgesamt auf eine systematische, technische Verbesserung der im Betrieb vorhandenen Anlagen ab und ist auf die Entfaltung facharbeitergerechten Arbeitshandelns und Technikgestaltung ausgerichtet. Modernisierung als Erweiterung und Ergänzung „herkömmlicher“ Instandhaltung gibt die Richtung an, in der sich innovatives Denken und Handeln in der Instandhaltung bewegt.

### Qualifizierte Instandhaltung im Bereich der Elektro- und Metalltechnik

Mit der zunehmenden Bedeutung der Instandhaltung wächst auch die Notwendigkeit der Qualifizierung der Mitarbeiter, die in den Instandhaltungsabteilungen sowie in der Produktion mit Instandhaltungsaufgaben betraut werden. Da es den Beruf des Instandhalters nicht gibt, ist es interessant zu wissen, mit welchen Instandhaltungsaufgaben es ein Facharbeiter aus Elektro- oder Metallberufen zu tun hat (Rose 1994, auf den sich die folgenden Ausführungen beziehen). Instandhaltungstätigkeiten waren schon immer ein wesentliches Merkmal der Facharbeit in der Elektrotechnik. Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungstätigkeiten unterscheiden sich sowohl unter dem Gesichtspunkt der qualitativen Anforderungen, die an den Facharbeiter gestellt werden, als auch hinsichtlich ihres zeitlichen Umfangs.

Für Wartungsarbeiten benötigt der Facharbeiter heutzutage immer weniger elektrotechnische Kenntnisse und 'handwerkliche' Fähigkeiten, da in den elektrotechnischen Anlagen und Systemen teilweise Elemente zur Wartung eingebaut sind. Durch derartige Wartungselemente wird der Arbeitsaufwand zunehmend geringer.

Durch Inspektionen wird die elektrotechnische Sicherheit technischer Geräte und Anlagen überprüft. Die entsprechenden Tätigkeiten sind ihrem Charakter nach als präventive Instandhaltung zu betrachten. Die notwendigen Meß- und Prüfarbeiten und Funktionskontrollen erfordern umfangreiche Qualifikationen im Bereich der Meß-, Steuer-, und Regelungstechnik sowie praktische Fertigkeiten im Umgang mit Meß- und Prüfgeräten.

Der Kern der Instandhaltungsarbeiten in der elektrotechnischen Facharbeit sind – nach Rose – die Instandsetzungsmaßnahmen. Bei elektrotechnischen Stö-

rungen nimmt die Diagnose der Fehlerursachen den zentralen Stellenwert ein. Die Spanne der Instandsetzungsmaßnahmen reicht von der Fehlerbestimmung über die Fehlerbeseitigung an komplexen, vollautomatisierten Systemen bis zum schlichten Auswechseln einer Systemkomponente. Dementsprechend ist bei der Instandsetzung einerseits der kompetente Facharbeiter, andererseits der „Strippenzieher“ gefragt. Das Ende der gegenläufigen Tendenzen hinsichtlich der Anforderungen an elektrotechnischer Facharbeit ist vor dem Hintergrund der Technikentwicklung nicht auszumachen. Den gestiegenen Ansprüchen an das Qualifikationsniveau von Facharbeit durch umfassende und komplizierte Systemtechnik steht so die Tendenz zur Dequalifizierung aufgrund des bloßen Austausches von Modulen eines Systems gegenüber, wie man sie z.B. von Rechnersystemen oder CNC-Maschinen her kennt (vgl. Rose/Stutzkowski 1990, S. 57).

Der Inhalt der Instandhaltung in der Metalltechnik hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen wurden bis in die achtziger Jahren als technische erfolgversprechende Instrumente betrachtet, die Instandsetzungsmaßnahmen quasi überflüssig machen. Doch aufgrund der immer undurchschaubarer und komplexer werdenden Maschinen und Anlagen mit ihren elektrotechnischen/ elektronischen Komponenten rücken die Instandsetzungsmaßnahmen, die sog. „Feuerwehreinsätze“, mehr und mehr in den Mittelpunkt der metalltechnischen Facharbeit. Rose untersuchte die unterschiedlichen Gründe für Ausfälle von Maschinen und Anlagen unter elektro- und metalltechnischen Gesichtspunkten. Danach dominieren in der Elektrotechnik „die Ausfälle durch

- Alterung der Bauelemente und -einheiten, womit die allmähliche und kontinuierliche Änderung der physikalisch-technischen Strukturen und Parameter durch natürliche Prozesse, deren Ablauf nicht von den Betriebsbedingungen abhängt, gemeint ist,
- Abnutzung der Bauelemente und -einheiten, die durch betriebsmäßig auftretende elektrische, thermische, mechanische u. a. Einwirkungen hervorgerufen werden,
- strukturelle Mängel, die auf Herstellungsprozesse zurückführbar sind“ (Rose 1994, S. 108).

Im Unterschied zu diesen Fehlerursachen in der Elektrotechnik liegen die Fehlerursachen in der Metalltechnik vornehmlich in der Abnutzung durch mechanisch bedingten Verschleiß, durch Korrosion und andere Abnutzungsarten, wie Ermüdung etc. In der Elektrotechnik sind Schädigungen durch mechanische Abnutzung nicht relevant.

Überhaupt ist eine Zuordnung von Schädigungsursachen zur Mechanik oder zur Elektrik zunehmend obsolet, denkt man nur an elektrische Maschinen und Anlagen, die elektromagnetischen und mechanischen Einflüssen unterworfen

sind. Eine genaue Unterscheidung zwischen mechanischen und elektrischen Schädigungsursachen ist hier schwierig. Vom Standpunkt der Facharbeit aus sind bei derartigen Schädigungen sowohl Kenntnisse der Elektrotechnik als auch der Metalltechnik gefordert.

Am Beispiel der Metalltechnik unter Berücksichtigung der Elektrotechnik sei abschließend kurz umrissen, welche verschiedenen Aufgaben den „Instandhalter“ heute und zukünftig erwarten:

- „Betriebsmäßiges Warten der in der Arbeit benutzten Betriebsmittel,
- Durchführen von Inspektionen nach vorgegebenen Plänen und Vorschriften zur Ermittlung des Schädigungszustandes des inspizierten Systems,
- optisches, akustisches, taktiles und olfaktorisches Wahrnehmen beginnenden Fehlverhaltens von Maschinen und Systemen sowie Einleiten von Maßnahmen zur Vermeidung von Ausfall,
- Erkennen von Fehlern mechanischer, hydraulischer, pneumatischer und (einfacher) elektrischer Art,
- Diagnostizieren von Fehlern aus wahrgenommenen Erscheinungen, Benutzen und Beherrschen von Diagnosehilfsmitteln in der Spannweite von einfachen Meß- und Prüfmitteln über maschineninterne Diagnosesysteme (z.B. in der Kfz-Technik),
- Entscheiden über Maßnahmen zur Einleitung der Instandsetzung und ggf. zur Wahl der zweckmäßigsten Instandsetzungsstrategie, Beheben von Fehlern entsprechend der arbeitsteiligen Zuständigkeit,
- Kommunizieren (in Umgangs- und Fachsprache) und Kooperieren mit Instandhaltungsspezialisten und Maschinenbedienern“ (Rose 1994, S. 111).

Die aufgeführten Aufgaben enthalten berufsübergreifende – sowohl metalltechnische als auch elektrotechnische – Elemente, die jedoch immer berufsspezifisch auszulegen sind. Bei der Planung und Durchführung von Wartungs-, Inspektions- oder Instandsetzungsarbeiten sowie der Kontrolle der Arbeitsergebnisse ist dementsprechend relevant, welches Erfahrungswissen und fachspezifisches Wissen und Können der Facharbeiter „von Haus aus“ mitbringt. Hier rücken besonders die vielfältigen Wechselbeziehungen von Facharbeit, Technik und Bildung in das Zentrum des Forschungsinteresses. Das Buch „Instandhaltung. Bewahren – Wiederherstellen – Verbessern.“ (Hoppe/Pahl 1994) befaßt sich von verschiedenen Blickwinkeln aus mit diesen Veränderungen auf dem Gebiet der Instandhaltung und deren Wirkung auf die sekundäre Facharbeit. Es stellt didaktische Konzeptionen und methodische Vermittlungsansätze vor, die in Betrieb und Schule erprobt wurden, und ist ein Plädoyer für eine neue Dimension von Technikgestaltung: Instandhaltungsfacharbeit wird als umfassende, sinnvolle und zukunftsweisende Investition sowie als Bestandteil beruflichen Lebens verstanden.

## Literatur

- EICHLER, Chr.: Instandhaltungstechnik, Berlin 1990  
 HACKSTEIN, R.: Effizienzsteigerung in der Instandhaltung, Köln 1991  
 HARTMANN, E.: Einführung in die Instandhaltung, Leipzig 1987  
 HOPPE, M./JACOBS, O.: Instandhaltung, Modernisierung, Erneuerung – zum Verständnis und zur Einordnung der Gegenstandsbereiche: In: HOPPE, M./PAHL, J.-P. (Hrsg.), a.a.O., S. 27-38  
 HOPPE, M./PAHL, J.-P. (Hrsg.): Instandhaltung. Bewahren – Wiederherstellen – Verbessern / Sekundäre Facharbeit in der beruflichen Bildung. Bremen 1994 (= Schriftenreihe Berufliche Bildung, Bd. 16)  
 KLEIN, W.: Optimale Planung und Steuerung der Instandhaltung, Köln 1988  
 MALSCH, T.: Expertensysteme in der Abseitsfalle?, Dortmund 1993  
 RENKES, D.: Instandhaltung heute. Gegenstandsbereiche, Aspekte, Aufgaben. In: HOPPE, M./PAHL, J.-P. (Hrsg.), a.a.O., S. 13-21  
 ROSE, H./STUTZKOWSKI, K.: Instandhaltung in der DDR. Wesentlicher Inhalt elektrotechnischer Facharbeit. In: lernen & lehren, 5. Jahrgang, Heft 20, Bremen 1990, S. 56-63  
 ROSE, H.: Instandhaltung – ein wesentlicher Inhalt technischer Facharbeit und Berufsausbildung. In: HOPPE, M./PAHL, J.-P. (Hrsg.), a.a.O., S. 107-119  
 SCHULTE, W./KÜFFNER, G.: Instandhaltungsmanagement der 90er Jahre, Frankfurt 1988  
 SCHULTE, W.: Ausfallzeiten vermeiden – den Sollzustand wiederherstellen. In: SCHULTE, W./KÜFFNER, G., a.a.O., S. 11-27  
 TECHNISCHE KOMMUNIKATION: Metall, Fachstufe 2 – Industriemechaniker, Essen 1992

Manfred Mandel/Reiner Mizdalski/Frank Krzok/Werner Pistor

## Das Flexible Montagesystem (FMS) – Ein Gegenstand zur Prüfung von Instandhaltungsqualifikationen

### Vom Modellversuch zur praktischen Prüfung

Mit der Neuordnung industrieller Metall- und Elektroberufe sollte dem rasanten Wandel in der Arbeit und der Technik am Arbeitsplatz auf grundlegende Weise auch im (Aus-) Bildungsbereich Rechnung getragen werden. Dieser Anspruch spiegelt sich aber in vielen der bislang nach der Neuordnung durchgeführten Abschlußprüfungen nur unzureichend wider. Insbesondere die Prüfungsgegenstände und Prüfungsstücke im Rahmen der Arbeitsproben von praktischen Prüfungen stellen oft ein Problem dar, weil sie hinsichtlich ihrer Komplexität, ihrer Funktionalität oder ihres Realitätsbezugs die Arbeitswirklichkeit nicht angemessen repräsentieren.

Diesem (und anderen) Problem(en) widmete sich der Modellversuch „Berufliche Weiterbildung im Kooperationsverbund Schule-Betrieb“ (BEWEKO). Er wurde unter Beteiligung von dreizehn Betrieben und drei Berufsschulen durchgeführt und galt der Suche nach neuen Formen und Inhalten zur Fortbildung im Bereich rechnergestützter Facharbeit. In diesem Zusammenhang wurde an den beruflichen Schulen des Schulzentrums Vegesack ein Flexibles Montagesystem (Abb.1) für die Erstausbildung in metall- und elektrotechnischen Berufen, für die Fort- und Weiterbildung von Ausbildern und Lehrern sowie für die Durchführung von Teilen der praktischen Facharbeiterprüfung beschafft.

Das FMS besteht im wesentlichen aus einem Doppelgurt-Umlaufsystem zum Transport von Werkstückträgern in die einzelnen Bearbeitungsstationen, einer automatischen Einlegestation mit Lineareinheit zum Setzen eines Führungstiftes und einer Scheibe sowie einer Roboterstation mit Schwenkarmroboter (wahlweise mit Greifer oder Schrauber auszurüsten).

Gemeinsam besuchten Berufsschullehrer und betriebliche Ausbilder Kurse des System-Herstellers, um das FMS anschließend aufbauen und inbetriebnehmen zu können. Dabei wurden schließlich Unterrichtssequenzen für die Erstausbildung sowie für die Fort- und Weiterbildung entwickelt und erprobt. Im Verlängerungszeitraum des Modellversuchs widmete sich die Arbeitsgruppe Vegesack dem naheliegenden Ziel, die Erfahrungen aus der Ausbildung am FMS auf Teile der Facharbeiterprüfung zu übertragen. In Kooperation mit Ausbildern, Berufsschullehrern sowie Vertretern der zuständigen Kammern

wurden Prüfungsvorschläge für Arbeitsproben bei Industriemechanikern (MS) und Energieelektronikern (BT) erarbeitet, bei denen Qualifikationen zur Instandhaltung sowie Fehlersuche/-beseitigung im Hinblick auf ihre Überprüfbarkeit eine neue, praxistgerechte Rolle spielen.

Die Baugruppen und Komponenten des FMS weisen nämlich Merkmale auf, die sie für den Einsatz in praktischen Prüfungen besonders prädestinieren:

- Sie sind realitätsbezogen und als Teil einer komplexen Anlage bzw. Prozesses erkennbar, damit wird ihre Funktion nachvollziehbar.
- Sie eignen sich für Aufgabenstellungen metall- und elektrotechnischer Facharbeiterprüfungen hinsichtlich unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade sowohl in der Breite als auch in der Tiefe. Die Aufgaben bleiben für Prüfer und Prüflinge einsichtig und nachvollziehbar.
- Sie ermöglichen eine realitätsgerechte, systembezogene und nachvollziehbare Funktionsprüfung, bei der die Funktion nicht nur auf die Baugruppe reduziert bleibt, sondern ein Zusammenhang mit dem gesamten System hergestellt wird.

Für das Berufsfeld Metalltechnik ergeben sich abprüfbare Inhalte vor allem aus den Lerngebieten Maschinentechnik, Fertigungs- und Prüftechnik sowie Technische Kommunikation/Arbeitsplanung. Im Berufsfeld Elektrotechnik können u.a. die Lerngebiete Meßtechnik, Steuerungs- und Regelungstechnik, Analog-/Digitaltechnik, Technische Informatik sowie elektrische Maschinen abgedeckt werden.

Im folgenden wird ein Prüfungsvorschlag zur Durchführung der Arbeitsprobe 3 (Planen, Eingeben und Prüfen von SPS-Steuerprogrammen) für Industrieelektroniker skizziert<sup>1</sup>. Die Gliederung des Schriftsatzes zu Händen der Prüflinge orientiert sich dabei am äußeren Aufbau der bisherigen Prüfungen und umfaßt folgende Aspekte:

- Vorabinformationen, mit einer globalen Beschreibung des in Frage stehenden technischen Zusammenhangs; dazu gehört ein gezeichnetes Technologieschema des Prozeß-Ablaufs, der Beschreibung von Signal- und Stellgliedern hinsichtlich ihrer Bezeichnung und Wirkung sowie der Definition von Steuerungsbedingungen mit einem rudimentären Funktionsplan der Steuerung;
- Prüfungsaufgabenbeschreibung, in der die globalen Zusammenhänge, die mit der Prüfungsaufgabe verbunden sind, beschrieben werden sowie der näheren Beschreibung/Erläuterung der Prüfungsaufgabe;
- Aufgabenstellung, mit einer präzisierten Definition der vom Prüfling zu bewältigenden Aufgaben sowie
- Arbeits- und Informationsblätter mit den für den Prüfling relevanten Daten (einschließlich eines Lösungsvorschlags, natürlich nicht zu Händen des Prüflings).

## Vorschlag für die Arbeitsprobe 3 (Energieelektroniker)

### Vorabinformationen

Das dargestellte Technologieschema stellt eine Umlenkstation für Werkstückträger (WT) dar, die auf einem Gurtransportsystem in der durch Pfeile angegebenen Richtung in verschiedene Arbeitsstationen transportiert werden.

Die Hubquereinheit (HQE) hebt den Werkstückträger über das Niveau der Hauptstrecke und transportiert ihn auf die Querstrecke. Der Vereinzeler (VE), gesteuert durch Z11, kann den Einlauf eines Werkstückträgers in die Umlenkstation sperren oder freigeben. Die induktiven Näherungsschalter S11 bis S14 melden der Steuerung die Position des Werkstückträgers und der Hubquereinheit.

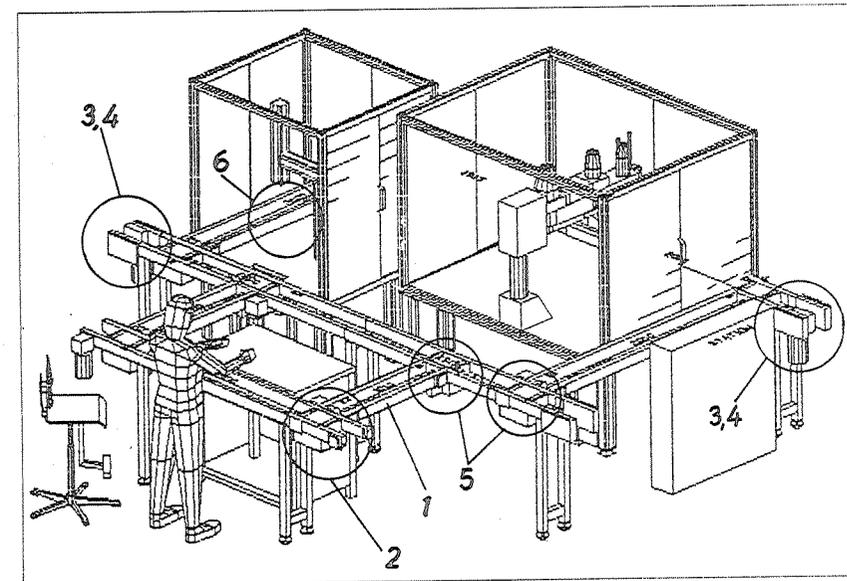


Abb. 1: Technologieschema des FMS

1. Elektrischer Quertransport (komplett)
2. Antrieb mit Getriebe für elektrischen Quertransport
3. Antriebsstation (komplett)
4. Antrieb mit Getriebe für Antriebssystem
5. Hub-Quereinheit
6. Hub-Positioniereinheit

## Prüfungsaufgabe

Es ist ein Steuerprogramm für die korrekte Arbeitsweise der Umlenkstation HQE1 zu erstellen und in den Programmbaustein PB1 der SPS für die Bandsteuerung zu übertragen. Dabei sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

- Nach dem Einschalten der Anlage und der Betätigung des Tasters „BAND EIN“ darf der Einlauf eines WT's in die Umlenkstation und das Abheben von HQE1 erst nach Ablauf von 5 Sekunden erfolgen. Programmieren Sie dazu den Timer T11 (Einschaltverzögerung) und legen Sie ihn in Programmbaustein PB10 ab.
- Wenn der Sensor S3 meldet, daß sich der Werkstückträger in der richtigen Position befindet (WT in Pos. HQE1), darf HQE1 nicht sofort, sondern erst nach Ablauf von 1 Sekunde in die obere Stellung fahren. Diese Funktion soll mit Timer 1 (WT-Einlauf entprellen) programmiert werden.
- Wenn Taster S02 „BAND AUS“ (E 0.2) betätigt wird, soll für die Dauer von 5 Sekunden eine Hupe ertönen. Programmieren Sie dazu den Timer T18.

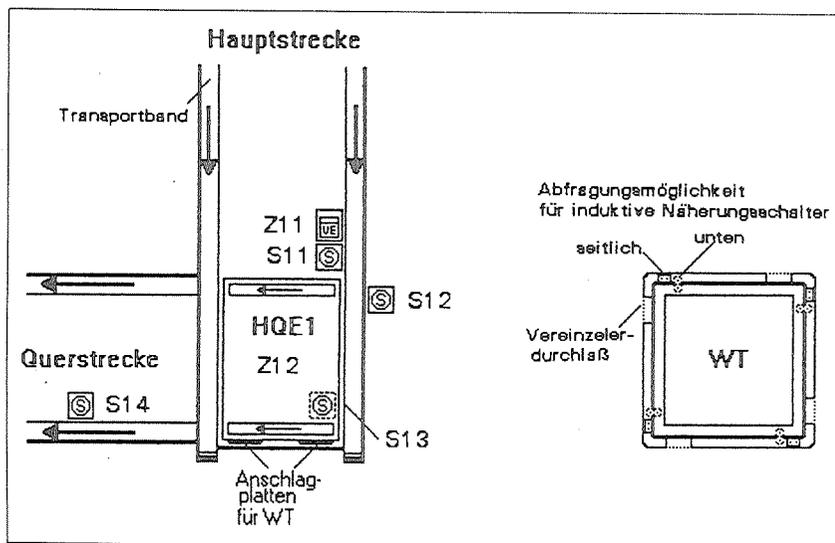


Abb. 2: Hubquereinheit

## Aufgabenstellung

1. Erstellen Sie eine Zuordnungsliste auf Arbeitsblatt 1.
2. Ergänzen Sie den Funktionsplan auf Arbeitsblatt 2.
3. Erstellen Sie die Anweisungsliste gemäß Ihrem Funktionsplan auf Arbeitsblatt 2.
4. Geben Sie das Programm am PC-Arbeitsplatz ein und speichern Sie es auf Diskette.
5. Übertragen Sie das Programm von Ihrer Diskette in das Automatisierungsgerät der Anlage.
6. Nehmen Sie die notwendigen Programmergänzungen des Organisationsbausteins OB1 vor.
7. Starten Sie die Anlage und prüfen Sie Ihr Programm.

## Perspektiven

Inzwischen ist im Sommer 1993 die Arbeitsprobe „Einstellen und Prüfen der Funktion einer Baugruppe“ als Teil der praktischen Abschlußprüfung von Industriemechanikern am FMS erfolgreich durchgeführt worden. Die Mitglieder des Prüfungsausschusses hoben im nachhinein insbesondere das hohe Maß an Funktionalität sowie den Realitätsbezug der Prüfungsaufgabe hervor. Außerdem stellten Sie fest, daß die Betriebe durch die teilweise Verlagerung der praktischen Prüfung an die Berufsschule sowohl organisatorisch als auch finanziell erheblich entlastet würden. Es wurde vereinbart, weiterhin Prüfungen am FMS durchzuführen und dabei auch die Arbeitsprobe „Fehlersuche in elektropneumatischer oder elektrohydraulischer Steuerung“ einzubeziehen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß das FMS ein breites Spektrum metall- und elektrotechnischer Prüfungsmöglichkeiten bietet.

Für Elektroberufe kommen prinzipiell alle vier vorgesehenen Arbeitsproben in Frage. Die Fehlersuche und die Fehlerbeseitigung können sich auf Hard- oder Softwarekomponenten beziehen. Steuerungstechnische Probleme lassen sich an allen Umlenkknäupunkten (vgl. Abb. 1), den Code-Lesern und den Code-Setzern darstellen. Energietechnische Probleme können im Zusammenhang mit der Motorsteuerung und der System-Energieversorgung erörtert werden. Bei den Metallberufen können beide vorgesehenen Arbeitsproben („Einstellen und Prüfen“, „Fehlersuche“) durchgeführt werden. Dazu eignen sich vor allem Baugruppen wie z.B. elektrischer Quertransport, verschiedene Antriebsstationen, Hub-Quereinheiten sowie Hub-Positioniereinheiten (vgl. Abb. 1). Je nach Beruf und Fachrichtung können unterschiedliche Aufgaben gestellt werden, zum Beispiel:

- Die Baugruppe kann vom Prüfling komplett demontiert, anschließend wieder montiert und funktionsgerecht geprüft werden.
- Bei der Baugruppe können Fehler und auszuwechselnde Teile benannt sowie Funktionsbeschreibungen erstellt werden.
- Mehrere Einzelteile können kombiniert und je nach Aufgabenstellung vom Prüfling ausgetauscht werden und anderes mehr.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß durch die teilweise Verlagerung von praktischen Prüfungen an die Berufsschule das gegenseitige Verständnis der dualen Ausbildungspartner vertieft sowie die Rolle der Berufsschule gestärkt wird. Dies kann nur von Vorteil sein, denn beide Seiten, Schule und Betrieb, wollen und müssen die jungen Menschen auf ein Arbeitsleben vorbereiten, in dem sie sich kompetent und qualifiziert behaupten können.

#### Anmerkung

- 1 Die differenziert ausgearbeitete Vorlage sowie ein Prüfungsvorschlag für Industriemechaniker (MS) kann dem Abschlußbericht des Modellversuchs entnommen werden. Aus Platzgründen ist hier lediglich das Gerüst der Prüfung umrissen.

#### Literatur

- FREIE UND HANSESTADT BREMEN/BILDUNGSZENTRUM DER WIRTSCHAFT IM UNTERWESERRAUM: Berichterstattung 2. Zwischenbericht zum Modellversuch Berufliche Weiterbildung im Kooperationsverbund 'Schule-Betrieb'(BEWEKO), Bremen 1989
- FREIE UND HANSESTADT BREMEN/BILDUNGSZENTRUM DER WIRTSCHAFT IM UNTERWESERRAUM: Berichterstattung 3. Zwischenbericht zum Modellversuch Berufliche Weiterbildung im Kooperationsverbund 'Schule-Betrieb'(BEWEKO), Bremen 1991
- FREIE UND HANSESTADT BREMEN/BILDUNGSZENTRUM DER WIRTSCHAFT IM UNTERWESERRAUM: Berichterstattung Abschlußbericht zum Modellversuch Berufliche Weiterbildung im Kooperationsverbund 'Schule-Betrieb' (BEWEKO), Bremen 1992

Klaus Drechsel/Ingo Niemann

## Eigendiagnose elektronischer Fahrzeugsysteme

Für die berufspädagogische Diskussion um die aktuelle wie perspektivische Bewältigung der Dynamik zwischen Technikentwicklung, Wandel in der Facharbeit und Gestaltung beruflicher Bildung besitzt die Kraftfahrzeug-Branche einen mindestens vierfachen Wert.

Erstens stellt dieser gewerblich-technische Bereich eine Schlüsselposition für die deutsche Wirtschaft dar. Erstaunlicherweise existiert zu diesem Tätigkeitsfeld aber kein eigenständiges Berufsfeld.

Zweitens befindet sich somit der Gegenstand der Betrachtung von vornherein im Spannungsfeld scheinbar wohlgeordneter Berufsfelder und daraus abgeleiteter Ordnungsrahmen beruflicher Bildung. Der Metalltechnik formell zugeordnet, aber dem längst entwachsen, berührt die Facharbeit im Kfz-Bereich durch die anwachsende Elektronisierung heute zunehmend auch die Elektrotechnik. Drittens bilden die gerade auch für den Kfz-Sektor äußerst bedeutsamen Serviceanteile in der Berufstätigkeit, und hier insbesondere die Fragen der Fehlerdiagnose, jene Flanke der berufspädagogischen Debatte ab, die die Perspektiven von auf Facharbeiterebene organisierter Arbeit generell betreffen. Viertens schließlich steht aus all den genannten Punkten die Berufsbildungsforschung vor der Frage, inwieweit gegenwärtige Modelle, Strukturen und Ordnungsrahmen beruflicher Bildung hinreichend angemessen für den Wandel in der Technik und in der Arbeitswelt gestaltet sind.

### Diagnose von Fahrzeugsystemen – Tätigkeit mit Schlüsselfunktion für das Kfz-Gewerbe

Die Betreuung des modernen Kraftfahrzeuges stellt sowohl an den Kraftfahrzeugmechaniker wie auch an den Kraftfahrzeugelektriker – die Überlegungen konzentrieren auf diese beiden Kfz-Handwerksberufe – Anforderungen, die typisch für unser „Elektronikzeitalter“ sind: Verfügen über immer größere Mengen an Informationen, schnelles Auswählen der benötigten Informationen, Beherrschen moderner Prüfgeräte, Anwendung der Computertechnik, rasches Verstehen komplexer technischer Systeme.

Die richtige und schnelle Fehlerdiagnose bildet dabei einen Kernbereich für die fachgerechte und wirtschaftliche Arbeitsweise einer Kfz-Werkstatt, denn erst

die exakte Fehlerermittlung als Ursache für eine auftretende Störung ist Voraussetzung für deren Beseitigung. Langwierige Fehlersuche oder gar erneutes Auftreten der Störung nach der Fahrzeugrückgabe sind dem Vertrauen des Kunden in die fachliche Kompetenz des Werkstattpersonals abträglich. Daß die Herausbildung der Diagnose-Befähigung einen sehr komplexen sowie in der Regel langwierigen, an vielgestaltige Erfahrungen geknüpften Prozeß darstellt, ist erkannt und von der Berufsbildungsforschung in den Blick genommen. Unter Bezugnahme auf Dreyfus/Dreyfus haben sich erst jüngst Rauner und Zeymer zu diesem Problem geäußert (vgl. Abbildung 1).

Bestimmten bisher Prüfmittel wie Vielfachmeßgerät, Oszilloskop, Diodenprüflampe oder Kompressionsdruck-Meßgerät die Werkstattechnik, so gewinnt seit einigen Jahren der Diagnosecomputer erheblich an Bedeutung. Ein solches modernes Prüfgerät zeichnet sich nicht allein dadurch aus, physikalische Größen zu messen und darzustellen. Zunehmend entwickelt sich die Kommunikation zwischen Prüfgerät und Steuergerät bzw. Steuergeräteverbund zum Schwerpunkt in der Diagnosetechnik. Nach dreijähriger Erfahrung mit dieser modernen Art der Diagnose verzeichnet beispielsweise BMW einen drastischen Rückgang der Fehlersuchzeiten und der irrtümlich ausgetauschten Steuergeräte (i.O. Anteile), aber einen starken Zuwachs des Datenvolumens im Tester (vgl. Abbildung 2). Das unterstreicht noch einmal die veränderte Situation in der Kraftfahrzeugwerkstatt. Die sich auf ein wachsendes Informationsvolumen stützende Diagnose gestaltete das technische System „Auto“ für den Kraftfahrzeughandwerker durchschaubar und damit die Problemsituation beherrschbar. Voraussetzung für die Beherrschbarkeit ist jedoch das Verständnis des zu prüfenden Systems und der sichere Umgang mit Prüftechnik und Informationssystem. Ein starker Entwicklungsimpuls geht gegenwärtig von der Anwendung von Datenbus-Systemen (Netzwerken) im Kraftfahrzeug aus. Derartige Systeme sind heute bereits in einigen Fahrzeugen der Oberklasse zu finden. Die neue Qualität gegenüber herkömmlichen elektronischen Fahrzeugsystemen ist in der Aufhebung der eindeutigen Zuordnung von Eingabe (Sensor), Verarbeitung (Steuergerät) und Ausgabe (Stellglied) zu sehen. Neben der Mehrfachnutzung von Signalen (z.B. Drosselklappensignal für Motor- und Getriebesteuerung) besteht die Möglichkeit, Stellglieder mit bisher isoliert ausgeübten Funktionen einzusetzen. Die Anwendung der Datenbus-Systeme erfolgt schrittweise. Unter der Bezeichnung CAN (Controller Area Network) entwickelte die Robert BOSCH GmbH ein Protokoll, das durch eine entsprechende Busan-kopplung sowohl als Niedergeschwindigkeitsbus (Multiplex-Bus) als auch als schneller Steuergerätebus anwendbar ist. Die Ausschöpfung der Möglichkeiten, die Datenbus-Systeme bereithalten, steht damit noch am Anfang. Künftige Strukturen (vgl. Abbildung 3), die die Potenzen des Datenbus-Systems erst

Situationen	Fähigkeiten	Handlungen
V Experte Intuition und bessere Rationalität ganzheitlich / komplexe Situation Problemsituation wird im Kontext reflektiert. Experte befindet sich in der Situation Lernchancen durch: tiefe Anteilnahme an Aufgabe unter aktuellem Blickwinkel, eingebunden in eine sinnlich wahrgenommene Gesamtsituation Lernchancen durch: Kombination aus objektiver Not- wendigkeit und Subjektivität; Strukturierung der Problemlösungs- situation nach bewußt und reflek- tiert ausgewählten Zielen Lernchancen durch: wirkliche Situation, gekennzeichnet durch viele kontext-freie Fakten und Regeln Lernchancen durch: objektive, klare, kontext-freie, unabhängige Tatbestände	MOH MON K Können als 'Teil der Person', die in der Situation weiß, was zu tun ist - ohne sich dessen in der Situa- tion reflektierend bewußt zu sein; intuitives Erken- nen von Ähnlichkeiten der Problemsituation Übertragen verinnerlichter Aufgaben jenseits der Grenzen des zweckrationalen Handelns in wenig strukturierten Aufgabenteilen Erinnerung löst Pläne und Hypothesen aus: Fähigkeit, intuitiv auf komplexe Muster zurückzu- greifen; holistisches Erkennen von Ähnlichkeiten; müheloses Verstehen Konfrontation mit komplexen Handlungs- und Problemsituationen ohne vorgedachte Lösungen, nur über erfahrungsgestützte Fähigkeiten lösbar Das Wesentliche der Situation und Faktorenkonstel- lation erkennen und interpretieren; Schlußfolgern. Hypothesen formulieren; reflektiertes Verstehen und Entscheiden Konfrontation mit Situationen, in denen sehr viele Fakten, Muster und Regeln zu beachten und in ihrem situativen Kontext zu gewichten sind Verstehen, wie Fakten und Muster zusammenwirken in ihrer Funktiorbedeutung für Handlungen; Fakten situativ interpretieren und gewichten Erfahrungsmaßnahmen in wirklichen Situationen und bei der Anwendung von, komplizierten, Regeln und weniger eindeutigen Tatbeständen unterschiedliche Fakten und Muster und eindeutige Zuordnungsregeln zwischen Fakten und Handlun- gen erkennen und wählen	engagiertes, distanzloses Lösen von Problemen, geübtes, intuitives Handeln in Situation; teilnehmendes, erfahrungsgestütztes Können, geübt-intuitives Tätigsein geübt-intuitives Handeln Rationales, reflektierte Kombination von intuitivem, engagiertem und auf analysierender Reflexion von Erfahrungselementen beruhendem Handeln hierarchisch-sequentiell geordnetes Handeln nach gewähltem Plan; Situationen organisieren nach der relativ kleinen Menge relevanter Fakten (Auswahl der relevanten Fakten); subjektive Verbundenheit mit der Handlung Muster und Regeln zu beachten Handeln nach kontext-freien und situativen Elementen unter Einbeziehung praktischer Erfahrung Handeln nach kontext-freien Regeln; Informationsverarbeitung
III Kompetenz fortgeschrittener Anfänger II Anfänger I Neuling (Anfänger) typischer Gebrauch kalkulierender Rationalität	LAHT MON K LAHT MON K LAHT MON K	LAHT MON K LAHT MON K LAHT MON K

Abb. 1: Stufen und Bedingungen der Entwicklung zum Experten nach Dreyfus/Dreyfus (nach: Rauner/Zeymer 1991, S. 103)

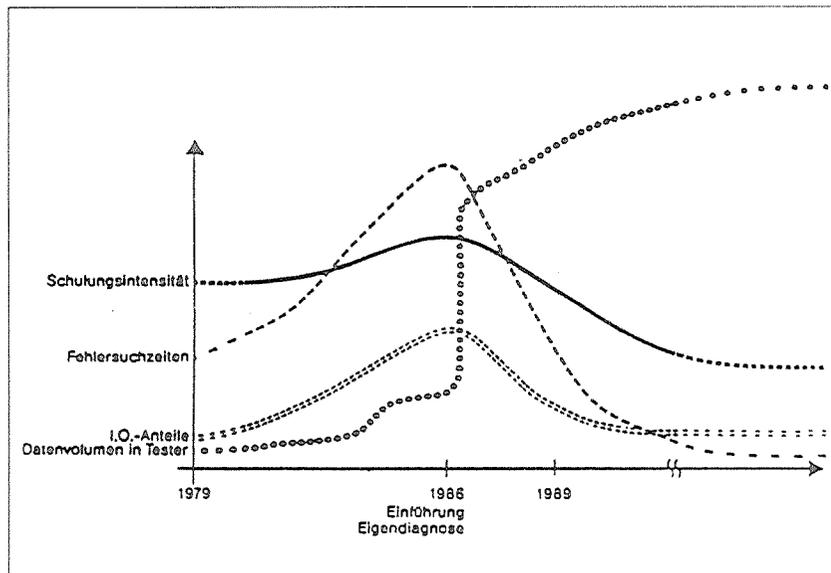


Abb. 2: Bewertung der Eigendiagnose-Technik nach drei Jahren Erfahrung bei BMW (nach: Bourauel 1989, S. 228)

ausschöpfen, werden neue Ordnungskonzepte in der Steuerungs- und Regelungstechnik hervorbringen. Die Ausrüstung von Kraftfahrzeugen mit Datenbus-Systemen und die zu erwartende grundlegende Änderung der Architektur der Steuergeräte bringen für den Kraftfahrzeughandwerker somit wiederum neue geistige Ansprüche mit sich.

### Diagnosestrategien und Diagnosetechniken im Vergleich

Die vergleichende Untersuchung der Diagnosestrategien und Diagnosetechnik bei den Firmen BMW und VW/Audi läßt Entwicklungstendenzen und Probleme beim Wandel von Technik, Facharbeit und beruflicher Bildung erkennen. Die gewonnenen Aussagen können dabei trotz der Einschränkung auf zunächst nur zwei Automobilhersteller als durchaus charakteristisch angesehen werden. Sie spiegeln nämlich eine Situation wider, die mit den Grundgedanken der vorgenommenen Analyse der im Zeitraum von 1986 bis 1992 veröffentlichten Expertenäußerungen deutscher Fahrzeughersteller, Fahrzeugausrüster und deutscher Hochschulen einhergeht.

Ohne an dieser Stelle auf näher recherchierte Details eingehen zu können (vgl.

## Gesamtsystem Kraftfahrzeug

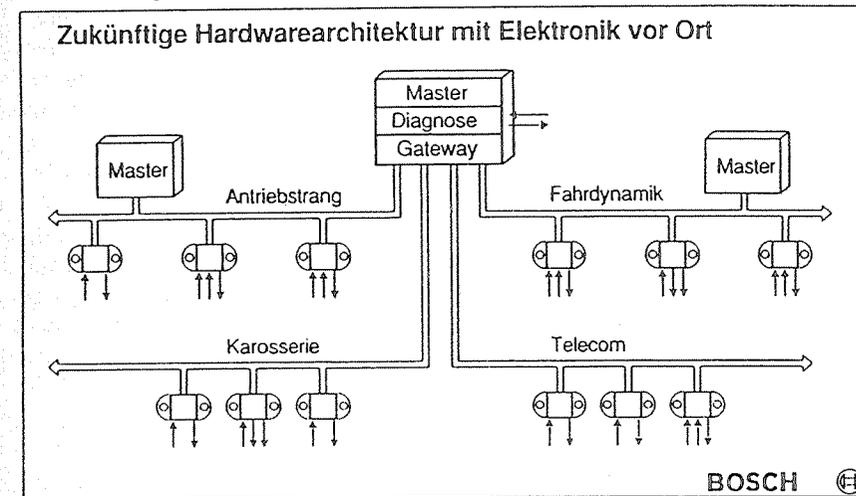


Abb. 3: Mögliche Architektur eines Netzwerkes (Bosch-Pressebild Nr. 7617)

Niemann 1992), lassen sich folgende Problemfelder nennen, die zu teilweise recht einheitlich gehandhabten, aber zum Teil auch differierenden technischen Lösungen geführt haben:

- Verteilung der Intelligenz zur Diagnose zwischen dem Steuergerät im Fahrzeug und in einem externen Testgerät,
- Vorgehensweise in der Protokollebene bei der Datenübertragung sowie Definition der Nutzdaten,
- Vorgehensweise in der hardwareseitigen Gestaltung des Daten-Bus.

Wenngleich mit der ISO-Norm 9141 bestimmte Grundsätze für eine vereinheitlichte Realisierung der Diagnose-Systeme festgeschrieben sind, so wirft der dennoch existierende und auch notwendige Gestaltungsspielraum die Frage nach einer weiteren Vereinheitlichung auf. Eine gewisse Einschränkung hätte zweifelsfrei auch günstige Auswirkungen auf die Möglichkeiten der beruflichen Bildung, denn jeder weiß um die Begrenztheit von Bildungseinrichtungen und um die Problematik einer „exemplarischen Lehre“, etwa zur Vermittlung von „Grundprinzipien“ an dem Beispiel oder an der Hardware- bzw. Softwarelösung – ganz zu schweigen von künstlich geschaffenen Meta-Systemen zu Lehrzwecken.

### Einheitliche Diagnoseschnittstelle

Gegenwärtig, das verdeutlicht die Untersuchung der einzelnen Diagnosestrategien aber auch, gewinnt die Kommunikation mit dem Steuergerät bzw. dem

Steuergeräteverbund Vorrang gegenüber allen anderen Prüfungen. Kommunikation mit Steuergeräten ist aber nun einmal nur über eine Schnittstelle unter Einhaltung eines Protokolls möglich. In der physikalischen und protokollmäßigen Beschaffenheit unterschiedliche Schnittstellen bringen für Ausbildungsträger im Kraftfahrzeughandwerk erst recht eine Reihe von Schwierigkeiten mit sich. Ohne hier im einzelnen zu argumentieren, kann konstatiert werden, daß deutliche Impulse für die Schaffung einer einheitlichen Diagnoseschnittstelle auf der Basis unterschiedlicher Datenbus-Systeme von den Steuergeräteherstellern (BOSCH, GRUNDIG, HELLA, HITACHI, SIEMENS u.a.) und den Vorschriften des California Air Resources Board (CARB) ausgehen. Obwohl noch nicht alle Fragen geklärt sind, widerspiegeln doch die bisher erfolgten Bemühungen der Firmen BMW, BOSCH, Porsche und VW/Audi im herstellerübergreifenden Arbeitskreis On Board Diagnose II-Datenverarbeitung (OBD II-DV) die mögliche Annäherung.

### Zur Situation in der Berufsausbildung im Kraftfahrzeughandwerk

Der Kraftfahrzeughandwerker muß insbesondere auf die angedeuteten Herausforderungen durch die Veränderungen in der technischen Beschaffenheit der Fahrzeuge vorbereitet werden. Meyer hält die neue Situation fest, indem er schreibt: „Die Produktpaletten der Automobilhersteller werden breiter. Gleichzeitig werden die Kraftfahrzeugein bezug auf ihre Technik anspruchsvoller ... Anspruchsvollere Technik führt zwangsläufig zu anspruchsvolleren Meß- und Diagnoseverfahren, deren Anwendung ebenfalls beherrscht werden muß“ (ZDK-Schriftenreihe 35/89, S. 7). Für die Ausbildung lassen sich dazu in den neu eingeführten Ausbildungsverordnungen und Ausbildungsrahmenplänen für den Betrieb sowie in den Rahmenlehrplänen für die Berufsschule dementsprechend veränderte und neu aufgenommene Lernziele, Inhalte und Zeitvorgaben nachweisen. Darüber hinaus besteht seit 1992 als spezielle Ausbildung für den erfahrenen Gesellen die Ergänzungsqualifikation des „Kraftfahrzeug-Servicetechnikers“. Neben der curricularen Grundlage der Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechaniker bzw. Kraftfahrzeugelektriker ist selbstverständlich die technische Ausstattung der Orte beruflicher Ausbildung zu betrachten. Der ZDK benennt für die Ausbildung in den Kfz-Betrieben eine minimale und eine empfehlenswerte Ausstattung mit Meß- und Prüfgeräten, über die der Ausbildungsbetrieb im Sinne der Handwerksordnung verfügen muß (vgl. ZDK-Schriftenreihe 8/92, S. 13).

Mit den Problemen der Fehlersuche, der Informationsaufnahme und der Anwendung von Testgeräten wird der Lehrling im Ausbildungsbetrieb konfrontiert.

Dabei kann die didaktische Aufbereitung einer alltäglichen Problemsituation im Werkstattbetrieb den Ausbilder überfordern. Weiterhin besteht die Gefahr, daß durch eine überaus komfortable Bedienung das Wesen des Problems nicht erfaßt wird und auf andere Fälle übertragen werden kann. Gerade die Simulation von Fehlern und die Begleitung des diagnostizierenden Lehrlings durch ein auf ihn an gepaßtes didaktisches Konzept wird im Betrieb ein anzustrebender, aber eher seltener Fall bleiben. U.a. deshalb kann die betriebliche Ausbildung durch überbetriebliche Ausbildung ergänzt werden. Dort sind in der Regel berufserfahrene Kraftfahrzeugmechanikermeister bzw. Kraftfahrzeugelektrikermeister anzutreffen, die in ein System von Weiterbildungsmaßnahmen integriert sind, das in Kooperation des ZDK mit der Automobil- und Zulieferindustrie, den Importeuren sowie Herstellern von Lehrgeräten entwickelt wurde. Die Situation an der Berufsschule ist nach unseren Untersuchungen differenziert zu bewerten. In einer zwar im statistischen Sinne nicht repräsentativen, jedoch zur Problemerkennung durchaus aufschlußreichen Befragung von Berufsschullehrern in den Regierungsbezirken Magdeburg und Hannover konnten Aussagen zur materiellen Ausstattung, zur Unterstützung der Lehrtätigkeit durch Weiterbildung und zu Problemen, die im Zusammenhang mit unterschiedlichen Diagnoseprozeduren für die Lehrtätigkeit entstehen, zusammengetragen werden. Neben positiv einzuschätzenden Äußerungen überwiegen eher bedenkliche Situationsbeschreibungen. Insbesondere konnte festgestellt werden, daß der Berufsschullehrer in der Kraftfahrzeugtechnik tendenziell vor dem Problem steht

- nicht über Vorlauf an technischem Wissen zu verfügen,
- mit zu allgemeiner Ausbildung nicht genügend auf die gegenwärtigen Anforderungen vorbereitet zu sein,
- aus einer Vielfalt technischer Lösungen Ordnungsprinzipien herauszukristallisieren,
- wegen mangelnder praktischer Erfahrung neben der Funktion des Systems auch die gestörte Funktion zum Gegenstand der Lehre machen zu können,
- Eigendiagnose als komplexe Funktion behandeln zu können.

Rauner und Zeymer kommen zu einem vergleichbaren Untersuchungsergebnis, wenn sie feststellen, daß „...bei Berufsschullehrern, vor allem dann, wenn die Berufsschule weder über Techniker- und Meisterschulen noch über andere Formen weiterführender kraftfahrzeugtechnischer Bildungsgänge verfügt, eher Tendenzen der Dequalifizierung ein(treten). Diese werden verstärkt durch die verbreitete Teilung der Lehrarbeit in 'Theorieunterricht' und 'praktische Fachkunde' ... Die hohe formale und zum Teil auch inhaltliche Qualifikation, die die Berufsschullehrer durch ihre Ausbildung mitbringen, wird in der kfz-techni-

schen Berufsausbildung unzureichend genutzt und oft zum Teil verspielt“ (Rauner/Zeymer 1991, S. 168).

Die begonnene Einführung von Datenbus-Systemen und die veränderte Struktur der Regelungssysteme verschärfen die Probleme beruflicher Ausbildung. Veränderungen in der Ausbildung scheinen unvermeidlich. Inhalt und Struktur der zukünftigen Berufsausbildung im Kraftfahrzeughandwerk werden von der technischen Entwicklung, der Entscheidungsfreudigkeit der Träger gesellschaftlicher Verantwortung, den Problemen der Berufsausbildung überhaupt und nicht zuletzt von der Gestaltung durch die Betroffenen bestimmt. Unter Nutzung der Szenario-Methode lassen sich zwei mögliche Entwicklungsrichtungen aufspannen und weitere wären denkbar.

## Zwei Szenarien für künftige berufliche Ausbildung im Kraftfahrzeugbereich

### 1. Szenario: Die Enttechnisierung der Berufsschule

Das Streben der Automobilhersteller nach komfortablen und zuverlässigen Fahrzeugen hat zum raschen Einsatz von Datenbus-Systemen in Kraftfahrzeugen geführt. Die parallel betriebene Entwicklung von Expertensystemen hält mit der Entwicklung der Technik nicht Schritt. Auf eine Standardisierung der Diagnoseschnittstellen konnten sich die Automobilhersteller nicht einigen. Das Verständnis der vielen unterschiedlichen technischen Lösungen ist nur noch in Verbindung mit Lehrgangsbesuchen in den Kundendienstschulen zu erreichen. Insbesondere Diagnoseprobleme, die auf mechanische Fehler zurückzuführen sind, stellen die Zuverlässigkeit von Expertensystemen in Frage. Einen freien Markt der Testgeräte gibt es nicht mehr. Für jeden Fahrzeugtyp wird eine andere Software im herstellerspezifischen Tester benötigt. Solides handwerkliches Können, Kombinations- und Kommunikationsfähigkeit sowie Systemverständnis sind Eigenschaften, die in der Kraftfahrzeugwerkstatt gefragt sind und gute Bezahlung und Ansehen sichern.

Innerhalb der Werkstätten entstehen Hierarchien von Mitarbeitern mit unterschiedlichem Wissensstand. Die Berufsschulen sind nicht mehr in der Lage, den künftigen Gesellen mit dem notwendigen Wissen auszustatten. Der überwiegende Teil der Berufsschullehrer fühlt sich unzureichend auf den Beruf vorbereitet und beschränkt sich auf die exemplarische Vermittlung physikalisch-technischer Grundlagen. Nach vielen Bemühungen, mit der Entwicklung Schritt zu halten, geben die Idealisten unter den Berufsschullehrern auf. Viele suchen sich neue Aufgaben in der Industrie, in den Kundendienstschulen, den Ausbildungsstätten des Handwerks oder in einer selbständigen Existenz. Der Gesetzgeber reagiert mit einer Korrektur der Ausbildungspläne unter stärkerer Beachtung der Allgemeinbildung und der sozialen Funktion der Berufsschule.

### 2. Szenario: Die Experimentierschule

Das Beispiel der kalifornischen Gesetzgebung, das gestiegene Umweltbewußtsein und der verbreitete Einsatz von Netzwerken beschleunigen die Festlegung einer einheitlichen Diagnoseschnittstelle als Zulassungsvoraussetzung für Kraftfahrzeuge auf dem europäischen Markt. Die Diagnose der Fahrzeuge wird dadurch nicht leichter, da die Probleme an den Schnittstellen der Elektronik mit der Mechanik weiterhin bestehen und das Verständnis der komplexen Regelungstechnik Bedingung für die richtige Diagnose wird. Weitere Entwicklungen im Kraftfahrzeugbereich, wie Antriebe mit Alternativkraftstoffen, die der Gesetzgeber fördert, gehen einher mit einer Reform der Berufsschullehrerausbildung. Künftige Berufsschullehrer erhalten eine Ausbildung in einer beruflichen Fachrichtung, die das fachwissenschaftlich-technische Studium und die berufspädagogische Befähigung einschließen. Der starken Vernetzung der verschiedenen technischen Disziplinen im Kraftfahrzeugbereich wird durch die Schaffung eines speziellen Berufsfeldes Rechnung getragen. Das Ablegen einer Facharbeiter- bzw. Gesellenprüfung wird in den meisten Berufsschulen als Zugangsvoraussetzung für eine Lehrerstelle gefordert. Der Lehrerberuf gewinnt an Attraktivität unter Praktikern, die im Kraftfahrzeugbetrieb nicht genügend Freiheit für ihre Experimentierfreude finden. Die überbetrieblichen Ausbildungsstätten konzentrieren sich auf die Ergänzung der betrieblichen Ausbildung und auf die berufliche Fortbildung.

## Literatur

- BOURAUDEL, F.: Praktische Erfahrungen mit Eigendiagnose und geplante Ausbaustufen. In: VDI-Berichte 780, Düsseldorf 1989, S. 228
- BOSCH Pressebild-Nr. 7617: Gesamtsystem Kraftfahrzeug. Zukünftige Hardware-Architektur mit Elektronik vor Ort
- NIEMANN, I.: Entwicklungsstand und -tendenzen der Eigendiagnose elektronischer Fahrzeugsysteme und Konsequenzen für die Berufsausbildung im Kraftfahrzeughandwerk. Diplomarbeit in Kooperation mit dem ZDK, Institut für Berufliche Fachrichtungen der TU Dresden, 1992 (unveröffentlicht)
- RAUNER, F./ZEYMER, H.: Auto und Beruf. Bremen 1991 (= Reihe Berufliche Bildung, Bd. 12)
- ZDK-Schriftenreihe: Neue Regelungen zur Berufsausbildung im Kraftfahrzeughandwerk. In: ZDK-Schriftenreihe 35/89, S. 7
- ZDK-Schriftenreihe: Empfehlungen zur Eignung der Ausbildungsstätten Kfz-Handwerk. In: ZDK-Schriftenreihe 8/92, S. 13

Jörg Biber/Reinhard Malek/Axel Tzschätzsch

## Das Verhältnis von Störung und Fehler – ein Analogon zu Erscheinung und Ursache?

### Ausgangssituation

An einem flexiblen Montagesystem kommt es während der Phase Dauerbetrieb zu einem Werkzeugträgerstau vor dem Vereinzeler Z 11. Ist das eine „Störung“? Die Fertigung muß unterbrochen werden – Havarie! Hätte sich eine solche Art von Produktionsunterbrechung als Störung ankündigen müssen? Als Ursache wird ermittelt, daß der Pneumatikzylinder Z 11 des Vereinzellers nicht öffnet, d.h. seine Funktion nicht erfüllt. Ist das nun die „Störungsursache“ oder der „Fehler“?

In welchem Ausbildungsberuf wird vorrangig für die Erfassung und Behebung von Störungen an solchen technischen Anlagen ausgebildet? Analysiert man die Ausbildungsrahmenpläne sowie Rahmenlehrpläne der neugeordneten Metallberufe, so kommt man zu dem Schluß, daß der Ausbildungsberuf Industriemechaniker/Industriemechanikerin die meisten Grundbefähigungen für die Realisierung der anfangs angeführten Instandhaltungsmaßnahmen aufweist. So wird beispielsweise für die Fachrichtung „Betriebstechnik“ gefordert, Störungen und Fehler auf mögliche Ursachen hin zu untersuchen, die Möglichkeiten ihrer Beseitigung zu beurteilen und die Instandsetzung einzuleiten (Bundesgesetzblatt 1987, S. 313).

Nach Durchsicht der Ausbildungsunterlagen (Bundesgesetzblatt 1987, S. 302 f. und Bundesanzeiger, S. 134 f.) sowie der DIN 31051 schälen sich u.a. zwei immer wiederkehrende Begriffe im Zusammenhang mit der Vermeidung von Wirkverlusten in der Fertigung heraus:

„Störung“ und „Fehler“.

Diese beiden zentralen Begriffe gilt es von ihrem Umfeld aus näher zu bestimmen, um einen Beitrag zur besseren Lehr- und Lernbarkeit der damit im Zusammenhang stehenden Qualifikationen zu leisten.

### Instandhaltungsaktivitäten im Fertigungsprozeß

Als Ausgangspunkt wird das flexible Montagesystem (FMS) gewählt, das als technische Anlage im Bereich der Fertigung bestimmter Produkte eingesetzt wird. Die Produktion/Fertigung wird in Fertigungsplanung, Fertigungsprozeß

und Fertigungskontrolle unterteilt (Wöhe 1990, S. 487). Der Einsatz der technischen Anlage zur Produktion betrifft – bezogen auf den (Lebens-) Zyklus einer technischen Anlage – die Phase Nutzung (Abb. 1).

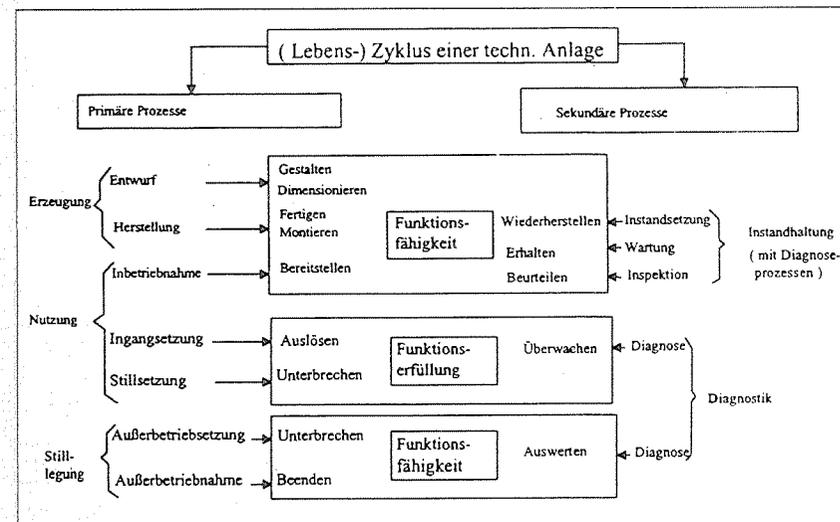


Abb. 1: (Lebens-)Zyklus einer technischen Anlage

Dieses Betreiben der technischen Anlage kann in bezug auf die Tätigkeiten des Facharbeiters in die Bereiche Rüsten (Einrichten, Umrüsten), Betätigen (Inbetriebnehmen und Steuern des Fertigungsprozesses) sowie Instandhalten (DIN 32541 1977, S. 1) untergliedert werden.

Ziel der Instandhaltung ist es, in der Kombination von Wartung, Inspektion und Instandsetzung die Ausfallverluste bzw. Funktionsbeeinträchtigungen der technischen Anlage möglichst gering zu halten. Versucht man den Fertigungsprozeß als solchen in einzelne Phasen zu untergliedern und ordnet diesen Handlungen des Facharbeiters aus dem Bereich Instandhaltung zu, so ergibt sich folgende Übersicht (Abb. 2).

Im Berufsbild des Industriemechanikers/der Industriemechanikerin dokumentiert sich, daß eine zunehmende Automatisierung, Komplexität und Verkettung der Betriebsmittel eine verstärkte vorbeugende Instandhaltung einerseits sowie andererseits eine kurzfristige Störungserkennung und -beseitigung erfordert (Bundesgesetzblatt 1982, §4). Dabei ist zu beachten, daß es innerhalb der Instandhaltung zu organisatorischen Veränderungen kommt. So verlagern sich

Phasen des Fertigungsprozesses	Instandhaltungsmaßnahmen
Inbetriebnahme	- Störungen erkennen - Störungssymptome erfassen - Fehler ausfindig machen und beseitigen - Funktionskontrolle ( "fehlerbedingte Instandsetzung" )
Dauerbetrieb	- sich anbahnende Störungen bzw. Störungsursachen im Frühstadium erkennen und mögliche Fehler lokalisieren ( "vorbeugende Instandsetzung" )
Havarie/Störung	- Störungen erkennen - Störungssymptome erfassen - Fehler ausfindig machen und beseitigen - Funktionskontrolle ( "fehlerbedingte Instandsetzung" )
Umrüsten/Einrichten	- Erkennung/Vermeidung konstruktiv bedingter Fehler - Vermeidung von Fehlern beim Umrüsten und Einrichten
Wartung	- Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes

Abb. 2: Instandhaltungsmaßnahmen in den Phasen des Fertigungsprozesses

die Instandhaltungsaktivitäten in die eigentliche Produktion: „Total Productive Maintenance“ (Müller/Rögnitz 1993, S. 20).

Die „Philosophie“, die dahinter steckt, lautet ganz einfach: Beseitigen der Störungsursachen dort, wo sie auftreten und durch diejenigen (Facharbeiter), die in diesem Technikbereich arbeiten, d.h. Vermeidung aller Wirkungsverluste in der Produktion durch Instandhaltungsaktivitäten (Müller/Rögnitz 1993, S. 20). Damit wird unterstrichen, wie wichtig das Ausprägen einer entsprechenden Handlungskompetenz im Sinne des Feststellens, Eingrenzens und Behebens von Störungen und deren Ursachen sowie zur Inbetriebnahme von Maschinen und Produktionsanlagen ist. Der Nachweis entsprechender Qualifikationen spielt folgerichtig bei der Anfertigung der Arbeitsprobe eine entscheidende Rolle (Bundesgesetzblatt 1987, §14).

### Berufliche Tätigkeit „Diagnostizieren“

Bezugnehmend auf das Ausbildungskonzept zur systematischen Fehlersuche, demonstriert an einem pneumatisch arbeitenden Transportmodell (Biber/Ma-

lek/Tzschätzsch 1993, S. 154 f.) mit den Schritten Struktur- und Funktionsanalyse, Prozeßanalyse, Störungsdiagnose, Fehlerdiagnose und Fehlerbehebung sowie Fehlerprophylaxe (Abb. 3) wird sichtbar, daß in den Ausbildungsabschnitten C und D die berufliche Tätigkeit des „Diagnostizierens“ eine wesentliche Inhaltskomponente darstellt.

- |   |  |
|---|--|
| A | <b>STRUKTUR- und FUNKTIONSANALYSE</b><br>Erarbeitung von System- und Detailkenntnissen über Struktur- und Funktionsbeziehungen in der Anlage                                       |
| B | <b>PROZESSANALYSE</b><br>Erarbeiten von Kenntnissen über den zu realisierenden Prozeß  |
| C | <b>STÖRUNGSDIAGNOSE</b><br>Überwachung des Prozesses während der Installation ( Inbetriebnahme )<br>und während der Führung sowie Erkennung und Beschreibung von Störungssymptomen |
| D | <b>FEHLERDIAGNOSE und FEHLERBEHEBUNG</b><br>Ermittlung und Behebung der Störungsursache in der Anlage  |
| E | <b>FEHLERPROPHYLAXE</b><br>Überprüfung der Anlage hinsichtlich vorhandener gleicher Fehler,<br>die zu neuen Störungen führen könnten   |

Abb. 3: Ausbildungskonzept zur systematischen Fehlerbehandlung

Diagnostizieren (von diagnóstico, griech. das Erkennen, Feststellen, Unterscheiden) ist eine Tätigkeit, die in vielen Berufen ein fester Bestandteil der zu bewältigenden Anforderungen ist. In Analogie zum psychologischen Diagnostizieren kann man für den Bereich der Technik allgemein formulieren:

Das technische Diagnostizieren ist die mit qualitativen und quantitativen Kenndaten zu ermittelnde Charakterisierung

- des Zustandsbildes der Betrachtungseinheit einer technischen Anlage sowie der Stellung und Funktion dieser innerhalb des Systems,
- der Bedingungen und Ursachen, die zur Ausprägung des Zustandsbildes geführt haben, aber auch
- des damit verbundenen Ziels, eine Prognose zu geben und über durchzuführende Maßnahmen zu entscheiden.

Diese Charakterisierung geht davon aus, daß der Facharbeiter unabhängig davon, ob schon eine Störung aufgetreten ist oder nicht, diagnostizieren muß,

und dieses in allen fünf Phasen des Fertigungsprozesses (Abb. 2). Einerseits stehen im Sinne des vorausschauenden Diagnostizierens („Prophylaktische Instandsetzung“) vorbeugende Maßnahmen im Zielbereich; diese Art gewinnt in der Dauerbetriebsphase an Bedeutung. Andererseits stehen im Sinne des schnellen Beseitigens von Störungen (Inbetriebnahme/Havariephase) mehr operative Maßnahmen im Zielbereich.

### Was ist nun eine Störung?

Geht man vom Begriff Störung im Sinne der DIN 31051 „Instandhaltung“ aus, so wird darunter die unbeabsichtigte Unterbrechung oder auch schon Beeinträchtigung der Funktionserfüllung einer Betrachtungseinheit verstanden. Die Störung tritt demzufolge dem Betrachter als Ausdruck einer Wirkung in Form einer Erscheinung (begleitet von Symptomen) entgegen, die die Unterbrechung oder Beeinträchtigung einer Funktionserfüllung signalisiert. Nach DIN 31051 wird unter Funktionserfüllung das „Erfüllen der vom Verwendungszweck unter gegebenen Bedingungen vorgesehenen Aufgabe“ verstanden.

Störung ist eine von Symptomen begleitete Erscheinung, die signalisiert, daß die Funktionserfüllung einer Betrachtungseinheit unterbrochen oder beeinträchtigt ist.

Abb. 4: Der Begriff Störung

Störungssymptome sind optisch, akustisch, taktil oder mit dem Geruchssinn wahrzunehmende Sollwertabweichungen (vielfach unterstützt durch Meßtechnik), die im Zusammenhang mit der auftretenden Störung stehen. Zwischen der Erscheinung (Störung) und der ihr zugrundeliegenden Ursache gibt es folgende „mögliche Grundbeziehungen:

- eine Erscheinung (Störung) hat nur eine Ursache (1 : 1),
- verschiedene Erscheinungen (Störungen) haben nur eine Ursache (N : 1),
- eine Erscheinung kann verschiedene Ursachen haben (1 : N),
- das Zusammenwirken verschiedener Ursachen erzeugt verschiedene Erscheinungen (N : M)“ (Bruns 1991, S. 122).

Aufgrund der zunehmenden Komplexität der technischen Anlagen wird die Erfassung der Erscheinung-Ursache-Beziehungen immer schwerer durchschaubar und die schnelle Störungserkennung und -beseitigung damit zunehmend schwieriger.

Um dem Instandhalter eine notwendige Sicherheit bei der Störungsbeseitigung zu vermitteln, muß das Erfassen von Störungen und deren Ursachen geübt werden. Eine effektive Störungsbeseitigung erfordert das Aufstellen einer Schlußkette von der jeweiligen konkreten Störung:

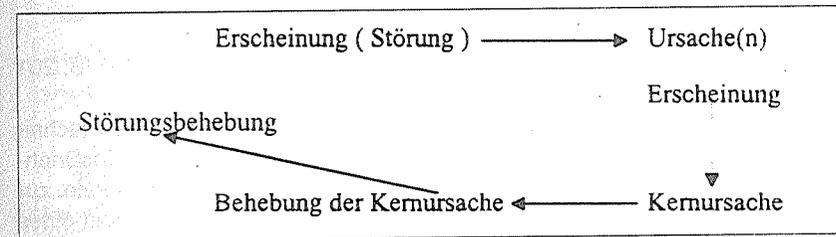


Abb. 5: Schlußkette einer Störung

Diese Schlußkette wiederholt sich je nach Komplexität und Kompliziertheit der technischen Anlage eventuell mehrfach, so daß man von einer spiralförmigen Eingrenzung des (Fehlersuch-) Problems sprechen kann.

### Was ist nun ein Fehler?

Erst die Beseitigung der Kernursache der Störung sichert die vollständige Behebung der Störung und damit (wieder) die Funktionserfüllung der Betrachtungseinheit. Da die Störung im Zusammenhang mit der Funktionserfüllung steht, stellt sich die Frage: Was führt zur Beeinträchtigung oder Unterbrechung der Funktionserfüllung? Eine Antwort darauf lautet: Die Funktionsfähigkeit einer Betrachtungseinheit ist ausgefallen. Da unter Funktionsfähigkeit die „Fähigkeit einer Betrachtungseinheit zur Funktionserfüllung aufgrund ihres eigenen technischen Zustandes“ verstanden wird (DIN 31051 1985, S. 3), so könnte man daraus schließen, daß das Feststellen des Ausfalls oder der Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit einer Betrachtungseinheit eine Kernursache sein kann.

Die „Nichterfüllung vorgegebener Forderungen durch einen Merkmalswert“ wird in der Norm (DIN 31051 1985, S. 4) mit dem Begriff „Fehler“ gekennzeichnet. Der Fehler kann im Kontext der Instandsetzung einer technischen Anlage gekennzeichnet werden.

Demnach ist es legitim, die Suche nach der Ursache einer Störung als „Fehlersuche“ zu bezeichnen. Stellt man Schlußketten für Störungen an einer techni-

Fehler ist die Ursache der auftretenden Erscheinung ( Störung ). Er wird durch den Ausfall oder die Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit einer Betrachtungseinheit sichtbar.

Abb. 6: Der Begriff Fehler

schen Anlage auf, so entstehen „Fehlerbäume“ (Biber/Hoffmann 1993, S. 201 f.) oder „Regelbäume“ (Bruns 1991, S. 122).

Wenn Störungen allgemein als Abweichung vom Sollzustand einer technischen Anlage gekennzeichnet werden können und Instandhaltung „Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes von technischen Mitteln eines Systems“ (DIN 31051 1985) darstellen, dann lassen sich die Qualität und Quantität einer durchgeführten Störungserkennung, Fehlersuche und -beseitigung an folgenden Kriterien messen:

- wie effektiv die Störungen erkannt wurden,
- wie schnell, wirksam und wirtschaftlich die Fehler gesucht und beseitigt wurden,
- wie lange der Sollzustand anhält,
- in welchem Umfang vorbeugende Maßnahmen realisiert wurden.

Unter Beachtung der Gesamtheit des (Lebens-) Zyklus' einer technischen Anlage erweitert sich der Bereich möglicher Störungen (Erscheinungen) und somit möglicher Fehler (Ursachen) erheblich. Damit wird aber erst die Komplexität der Beziehung „Störung und Fehler“ und ihrer Auswirkung auf die verschiedenen damit im Zusammenhang stehenden technischen Berufe sichtbar (Abb. 7).

## Schlußbemerkungen

Die Begriffe Störung und Fehler tauchen in den Lehrplänen und Lernbüchern im Berufsfeld Metalltechnik mehrfach auf. Vielfach werden sie synonym verwendet. Lehrer, Ausbilder, Auszubildende und Facharbeiter sprechen im Zusammenhang mit der Instandhaltung von technischen Anlagen von Störungen und Fehlern, aber vielfach weiß der jeweils andere gar nicht, was direkt gemeint ist. Das läßt den Schluß zu, daß die Begriffe Störung und Fehler sowohl etwas Gemeinsames als auch etwas Trennendes in sich vereinigen müssen. Eine begriffliche Klärung unter Beachtung der Festlegungen der DIN 31051 „Instandhaltung“ erschien als nützliche Vorleistung zur Klärung des Prozesses der Störungserkennung und Fehlerbeseitigung.

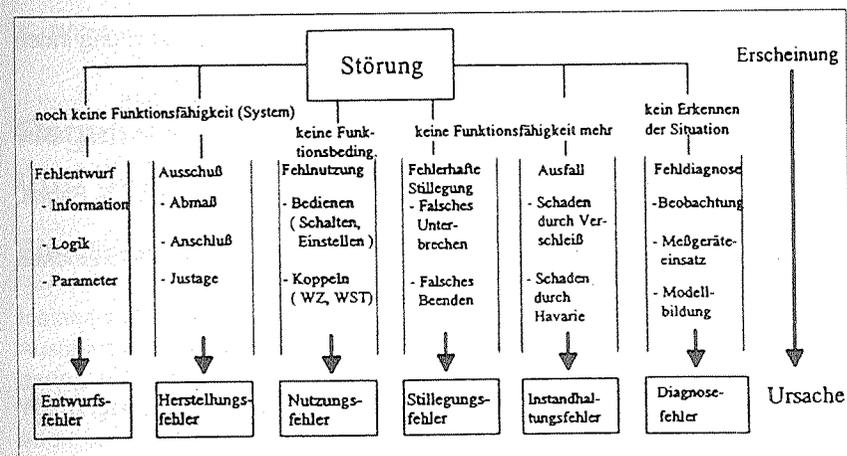


Abb. 7: Fehlerklassen als mögliche Ursachen von Störungen

Wie gezeigt, verhalten sich Störung und Fehler analog zu Erscheinung und Ursache und die eingangs aufgestellte Hypothese kann zur These erhoben werden. Weitere Untersuchungen müssen aufzeigen, wie die methodischen Vorgehensweisen bei der Störungserkennung, Fehlersuche und -beseitigung beschaffen sind, um eine bessere Lehr- und Lernbarkeit dieser in Zukunft noch an Bedeutung zunehmenden Qualifikation gestalten zu können.

## Literatur

- BIBER, J./Hoffmann, H.: Praktische Übungen zur Instandsetzung im Lernort „Betrieb“. In: Hoppe, M./Pahl, J.-P.: Instandhaltung – Bewahren – Wiederherstellen – Verbessern. Sekundäre Facharbeit in der beruflichen Bildung. Bremen 1994 (= Schriftenreihe Berufliche Bildung Band 16)
- BIBER, J./MALEK, R./TZSCHÄTZSCH, A.: Ausprägungen von Handlungskompetenz zur Fehlersuche an einem pneumatischen Ausbildungsmodell. In: 9. Fachtagung Hydraulik und Pneumatik, Dresden 1993
- BRUNS, F. W.: Simulation als Alternative zur Expertensystemtechnik in der Instandhaltung? In: Expertensystemgestützte Instandsetzungsarbeit – ein neuer Kernbereich beruflicher Arbeit und Bildung? Workshop 2 des europäischen Symposiums „Qualifikation: Schlüssel für eine soziale Innovation“, Bremen 1991

- BUNDESGESETZBLATT Teil I, Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen, Bonn 1987/Nr. 6
- DIN 31051, Instandhaltung – Begriffe und Maßnahmen, Berlin 1985
- DIN 32541, Betreiben von Maschinen und vergleichbaren technischen Arbeitsmitteln – Begriffe für Tätigkeiten, Berlin 1977
- MÜLLER, G./RÖGNITZ, A.: Instandhaltung ganzheitlich gestalten. In: Fabrik, Berlin 43 (1993) 7/8
- WÖHE, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. München 1990

*F. Wilhelm Bruns*

## **Regeln und Strukturen – Expertensysteme und Simulatoren in der Instandhaltung**

### **Einführung**

Instandhaltung als Wartung, Inspektion und Instandsetzung hat das Ziel, die Ausfallverluste bzw. Funktionsbeeinträchtigungen eines Systems möglichst gering zu halten. Dabei gilt es, ein optimales Verhältnis von kalkulierbaren Wartungs- und Inspektionsarbeiten zu unsicheren Instandsetzungsarbeiten zu erreichen. Die Instandsetzungsarbeiten erhalten dabei häufig den Charakter der besonderen Spontaneität und Dringlichkeit. Von Expertensystemen, die in Regeln gefaßte Ursache-Wirkungs-Beziehungen möglicher Störfälle enthalten, wird eine Entlastung des Instandhalters erhofft. Dabei ist eine grundsätzliche Tendenz, möglichst viel Erfahrung aus Fehlerfällen im Expertensystem zu speichern, um damit auch weniger qualifizierte und erfahrene Instandhalter einsetzen zu können. Im Bedarfsfall sollen diese Expertensysteme Strategien der Fehlersuche vorschlagen, Erklärungen von Funktionszusammenhängen liefern und auf Vollständigkeit der Analyse und Diagnose achten.

Ein anderer Ansatz ist der, mit Hilfe von Simulatoren den Instandhalter zu qualifizieren. Durch ein aktives Probehandeln soll der Aufbau eines mentalen Modells von der Struktur, Dynamik und von typischem Fehlverhalten einer technischen Anlage unterstützt werden. Dabei kann ein Simulationsmodell grundsätzlich auch verändert werden. Durch Modellvariation und Experimente werden die Auswirkungen von Störungen abgeschätzt und eventuell durch Umkonfiguration der realen Anlage neutralisiert. Bereits die Modellbildung, als Bestandteil der Simulation, kann tiefere Einsichten in das reale System liefern. Beide Alternativen werden im folgenden näher vorgestellt. Dieser Beitrag erfolgt nicht aus der Erfahrung und Perspektive eines Instandhalters, sondern aus den eher punktuellen Erfahrungen eines geplagten Fehlersuchers bei der Entwicklung von Automatisierungssystemen und aus der Auseinandersetzung mit Problemen der Berechenbarkeit und Unschärfe in der KI-Forschung.

### **Expertensysteme für den Einsatz in der Instandhaltung**

Expertensysteme sind Programme, die eine besondere Softwarearchitektur besitzen und häufig in der Diagnostik eingesetzt werden.

Expertensysteme bestehen aus:

- einer natürlichsprachlichen Benutzungsoberfläche (NLP), die es sowohl dem Benutzer als auch dem Programm ermöglicht, Fragen und Antworten zu äußern,
- einer erweiterbaren Datenbasis über ein spezielles, möglichst genau definiertes und scharf abgegrenztes Wissensgebiet,
- einem erweiterbaren Regelsystem, das auch mit unsicheren Daten umgehen kann,
- einem Kontrollsystem zur Steuerung der Regeln, also einem System von Problemlösungsmethoden (Inferenz-Prozedur),
- einer Erklärungskomponente, um dem Benutzer deutlich zu machen, warum bestimmte Entscheidungen zustande gekommen sind und Alternativen ausgeschlossen wurden,
- einem einfach handhabbaren Programm zur Wissensaneignung.

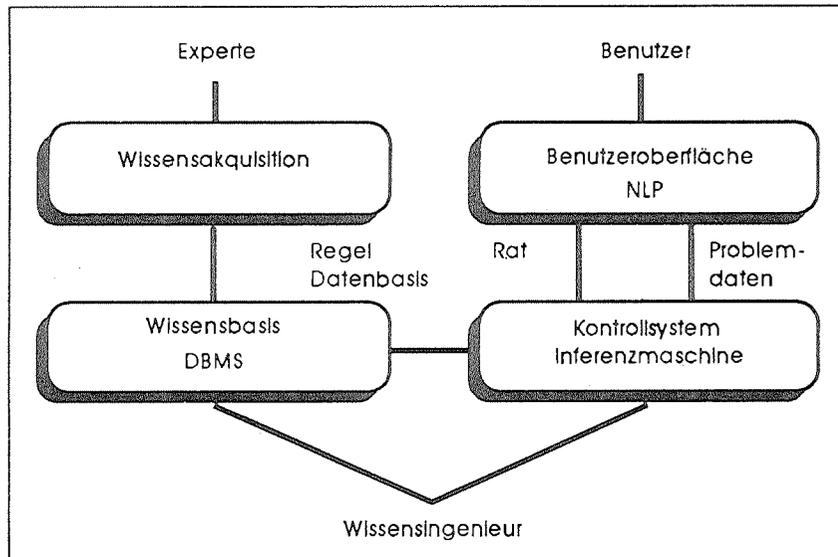


Abb. 1: Aufbau eines Expertensystems (Bruns 1990)

Ein Programm, das einen Experten unterstützt oder ihn zu ersetzen versucht, ist nicht notwendigerweise ein Expertensystem. Wesentliches Merkmal eines Expertensystems ist die Trennung von Steueralgorithmus und Wissensbasis. Um diese Unterscheidung zu verdeutlichen, wird in letzter Zeit auch häufiger

der Begriff „wissensbasiertes System“ verwendet. Ein Programm zur Berechnung des Strömungsfeldes um eine gegebene Kontur kann ein wichtiges Hilfsmittel zur Unterstützung eines Konstruktionsexperten sein, ohne deshalb ein Expertensystem zu sein. Die Softwarestruktur eines Programms zur Strömungsberechnung besteht üblicherweise aus Differentialgleichungen und einem darauf zugeschnittenen Lösungsalgorithmus.

Expertensysteme unterscheiden sich von anderen Programmen durch ihre hohe Modularität und Logikorientiertheit. Während bei letzteren nur eine Trennung zwischen Steuer- und Berechnungsalgorithmus einerseits und Problem- und Daten andererseits angestrebt wird, ist bei Expertensystemen die Trennung zwischen Steueralgorithmus (Problemlösungsstrategie), Wissensbasis (Regeln) und Datenbasis (Problemdaten) üblich. Wissensbasis und Steueralgorithmus sind von besonderer Bedeutung und werden daher näher betrachtet.

## Die Wissensbasis

Die Wissensbasis eines Expertensystems besteht aus Informationen über Objekte und Regeln. Dabei ist ein Objekt ein Phänomen (Person, Gegenstand, Idee, Fehlerdiagnose) mit Merkmalen (z.B. Alter, Haarfarbe) und Werten dieser Merkmale (z.B. 30, braun), auf die bestimmte Regeln anwendbar sind. Eine Regel definiert Operationen, die mit oder von einem Objekt durchgeführt werden können, falls bestimmte Bedingungen erfüllt sind. Sie hat häufig den Aufbau: WENN Bedingungsteil wahr, DANN Anweisungsteil. Ein Bedingungsteil setzt Objektmerkmale und Werte in Beziehung, formuliert also Urteile über Begriffe (z.B. Personenalter ist 30) und bildet damit die Voraussetzung für Schlüsse. An einem vereinfachten Beispiel aus der KFZ-Fehlerdiagnose sollen Aufbau und Struktur einer Wissensbasis erläutert werden. Zunächst setzt ein technisches Diagnosesystem die Existenz und Formulierung des kausalen Zusammenhangs zwischen Ursachen und Wirkungen der Funktionen des zu untersuchenden Systems voraus (eine nicht triviale Voraussetzung). Dann läßt sich ein Problembaum ableiten, der folgende Grundbeziehungen enthält:

- eine Ursache erzeugt genau eine Wirkung (1:1),
- eine Ursache erzeugt verschiedene Wirkungen (1:N),
- verschiedene Ursachen erzeugen eine Wirkung (N:1),
- das Zusammenwirken verschiedener Ursachen erzeugt das Zusammenwirken verschiedener Wirkungen (N:M).

Die Abbildung 2 zeigt einen Problembaum für ein KFZ-Diagnosesystem, in dem diese vier Ursache-Wirkung-Beziehungen auftreten. Zweifellos stellt die letzte Beziehung die höchsten Anforderungen an eine technische Modellierung. Die ersten drei Grundbeziehungen gehen von der Teilbarkeit eines

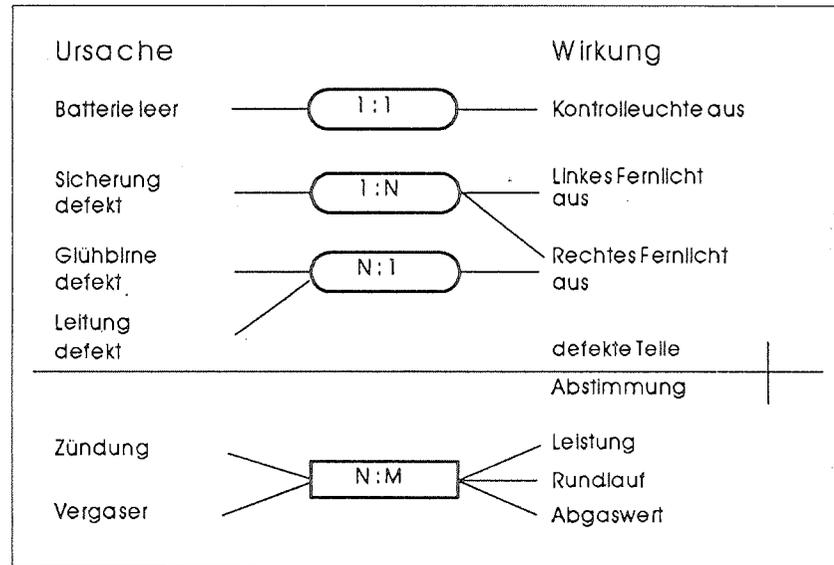


Abb. 2: Ursache-Wirkung-Beziehungen

Systeme in Einzellelemente aus und lassen sich mit logischen Operationen (Regeln) behandeln. Die vierte Grundbeziehung ist nicht immer diskretisierbar, kann also kompliziertere mathematische Methoden erfordern. Dies bedeutet die Einbindung konventioneller Programme der Numerik oder Meß- und Regelungstechnik.

Die Überführung des Problembaumes in einen Regelbaum erfolgt in der Abbildung 3. Daraus läßt sich nun eine Wissensbasis aufbauen. Ein Ausschnitt aus einer Wissensbasis könnte sein:

#### Regel Batteriezustand

**WENN** Kontrolleuchte = „aus“  
**DANN** Fehlerursache = „Batterie ist leer“

#### Regel Einstellung

**WENN** Vergaser = „negativ“  
**ODER** Zündung = „negativ“  
**DANN** Fehlerursache = „Einstellung erforderlich“

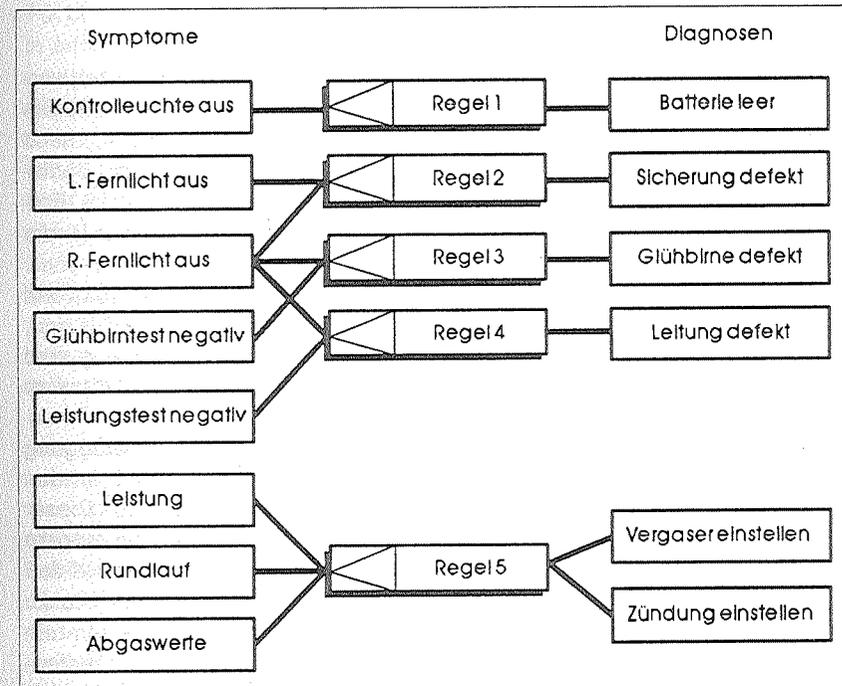


Abb. 3: Regelbaum

Diagnosesysteme können komplexe Objektmerkmale enthalten (Puppe 1988), z.B.:

- A-priori Wahrscheinlichkeit,
- Regeln zur Verdachtsgenerierung,
- Regeln zur kategorischen Bewertung,
- Regeln zur probabilistischen Bewertung,
- Untersuchungen zur Klärung der Diagnose,
- Vorgänger-Diagnosen,
- Nachfolger-Diagnosen,
- konkurrierende Diagnosen,
- Therapien.

## Das Kontrollsystem

Das Kontrollsystem oder die Inferenzmaschine (Schlußfolgerungssystem) versucht, aus den vorhandenen Regeln diejenigen auszuwählen, deren Bedingungsteil erfüllt ist. Der dann durchgeführte Schluß (Anweisungsteil) setzt neue Merkmale, so daß die Regelmenge erneut auf die Erfüllung von Bedingungsteilen durchsucht werden kann. Dabei können unterschiedliche Entscheidungsstrategien zur Abarbeitung der Regeln verfolgt werden, z.B. die Vorwärtsverkettung oder die Rückwärtsverkettung.

Die Vorwärtsverkettung geht von der aktuellen Situation (Datenbasis) aus und arbeitet Regeln ab, deren Vorbedingungen durch die Datenbasis erfüllt sind. Die Aktionsteile der Regeln ändern die Datenbasis und der Vorgang wird wiederholt, bis keine Regel mehr anwendbar ist oder ein Abbruchkriterium erfüllt ist.

Der Vorgang soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. Die Datenübertragung zu einer Produktionsanlage funktioniert nicht richtig. Der Elektriker bittet den Anlagenführer, das Problem möglichst vollständig zu beschreiben. Dieser erklärt, daß die erste Systemmeldung von der Produktionsanlage zwar auf dem Rechnerbildschirm sichtbar ist, aber einige seltsame Zeichen enthält und daß der Rechner nach dem ersten Versuch, einen Befehl an die Maschine zu übertragen, „hängt“. Der Anlagenführer berichtet weiterhin, daß gestern ein Kollege der Spätschicht über dieselbe Datenleitung noch Daten per Telefonmodem an das Zweigwerk übertragen hat.

Unter Verwendung dieser Information antwortet der Experte, daß der Fehler höchstwahrscheinlich an einem falsch eingestellten Übertragungsprotokoll Start-, Stop-, Parity-Bit liegt, weil dieses am Vortag verändert und nicht wieder zurückgesetzt wurde. Dieses angenommene Gespräch würde bei einer Strategie der Rückwärts-Verkettung anders verlaufen. Der Elektriker fragt sofort die Bedingungen der häufigsten Fehlerfälle ab. „Hat gestern in der Spätschicht noch jemand Daten übertragen?“ Die Inferenzmaschine beginnt also mit einer wahrscheinlichen Hypothese und prüft alle Regeln, deren Aktionsteil dieses Ziel enthält, bzw. die sich so zurückverfolgen lassen. Fehlende Informationen werden vom Benutzer angefordert. Das System geht von einer angenommenen Zielhypothese aus und versucht eine Schlußfolgerungskette aufzubauen. Es wird dieses Schlußfolgerungssystem deshalb auch als zielgerichtetes Rückwärts-Verkettung (goal-directed backward chaining) bezeichnet. Beispiele für eine Rückwärtsverkettung findet man bei der Fehlersuche: Das Auto bleibt stehen. Die erste Hypothese ist: kein Benzin. Sie vergewissern sich, daß noch ausreichend Benzin im Tank ist. Die nächste Annahme ist: Zündung defekt. Sie überzeugen sich, daß ein Zündfunke existiert, usw.

Für die Fehlersuche komplexer technischer Systeme ist leicht vorstellbar, daß in einer umfangreichen Wissensbasis eventuell sehr viele Regeln untersucht werden müssen, ehe die Lösung gefunden wird. Entscheidenden Einfluß auf die Suchdauer haben die Struktur und Anordnung der Daten. Die Aufgabe des Knowledge Engineerings ist es, eine auf die Anwendung bezogene, optimale Struktur der Wissensbasis zu finden.

Eine Schwierigkeit im Aufbau einer Wissensbasis liegt in der Befragung des richtigen Experten. Wie können Unsicherheiten und Unschärfen erfaßt werden? Wie sind Widersprüche zu behandeln? Wie kann eine große Wissensbasis später überprüft und verifiziert werden? In der Produktionstechnik interessiert besonders die Möglichkeit, Expertensysteme als Beratungs- und Diagnoseinstrumente einzusetzen. Bei komplexen Zusammenhängen in vernetzten automatisierten Produktionsanlagen können Faktoren eine Rolle spielen, die nur sehr schwer zu überschauen sind. Ein mit der betrieblichen Situation, den sich ändernden Konfigurationen und der Erfahrung wachsendes System kann eine große Hilfe darstellen, erfordert jedoch eine viel stärkere Berücksichtigung der qualifikatorischen Dimension, als dies bisher bei existierenden Expertensystemen erkennbar ist. Wichtige Forderungen, die über die technische Funktionalität des Systems hinausgehen, sind die Qualifizierung und nicht Dequalifizierung des Anwenders und die völlige Transparenz der Operationen und Entscheidungswege. In diesem Zusammenhang ist auch schwer abzuschätzen, wie sich eine technische Unterstützung in 95% der einfachen Fälle, die vom System richtig erkannt werden, auf die Fähigkeiten des Menschen auswirkt, mit den restlichen 5% Problemfällen kompetent umzugehen. Aus Anwendungssicht sind folgende Forderungen an ein Expertensystem zu stellen:

- Qualifizierung des Benutzers, so daß dieser sicherer und autonomer in seinen Entscheidungen wird,
- Konfigurierbarkeit entsprechend der zunehmenden Erfahrung des Benutzers,
- Erklärung der zustande gekommenen Diagnose und Vermittlung der zugrundeliegenden Funktionszusammenhänge (z. B. wie der spezielle Vergaser funktioniert),
- Grafisch unterstützte Navigations- und Orientierungsmöglichkeit (Sichtbarmachen untersuchter Alternativen und Bezüge),
- Plausibilitätsprüfung der Eingaben,
- Möglichkeit der Mehrfachdiagnosen,
- Transparenz der Widersprüche,
- Revidierbarkeit der Eingaben,
- Möglichkeit von Folgesitzungen,
- zeitliche Veränderbarkeit der Wissensbasis.

Darüber hinaus ist zu bedenken, daß der menschliche Experte nicht nur Probleme löst, er erklärt die Ergebnisse in einer Weise, die nicht aus dem Aufzählen der Regeln besteht. Er lernt und strukturiert sein Wissen neu, weiß, wann er Regeln zu verletzen hat, wann eine Entscheidung besonders folgenreich ist und wann unwichtig. Ein guter Experte erkennt insbesondere die Grenzen seines Könnens, wann er also Hilfe holen muß und wann er mit vertretbarem Risiko experimentieren darf oder das Problem von einer ganz anderen Ebene betrachten muß. Ihn interessiert nicht der Buchstabe eines Gesetzes, sondern dessen Geist.

Nach dem augenblicklichen Stand der Technik können Expertensysteme dies alles nicht.

Weitere Defizite heutiger Expertensysteme sind ihre Schwerfälligkeit bzw. Unfähigkeit, mit dynamischen Aspekten, also zeitlichen Veränderungen von Eigenschaften, funktionalen Zusammenhängen, nichtlinearen oder unscharfen kausalen Zusammenhängen, einem sich ändernden situativen Kontext und mit nicht symbolischen Informationen umzugehen.

Neuere Ansätze versuchen diese Defizite durch die Einbindung neuronaler Netze und Fuzzy-Logik zu beheben. Bei ersteren soll über lernfähige Mustererkenner eine vorsymbolische Verarbeitung verrauschter oder inkonsistenter Meßdaten (Palm/Rückert/Ultsch 1991, Simon 1991) möglich werden, bei der Fuzzy-Logik wird auch mit unscharf definierten Regeln geschlußfolgert. Allen Ansätzen gemeinsam ist aber die Tendenz, das Wissen und die Schlußfolgerungskompetenz im Rechner zu stärken, also Erfahrung vom Menschen in Systeme zu verlagern, die schwer durchschaubar sind. Zur Kritik der neuronalen Netztechnik mit ihren möglichen sozialen Implikationen siehe Hoepfner (Hoepfner 1991).

### Möglichkeiten der Simulationstechnik

Simulation ist die Abbildung eines dynamischen Systems in einem Modell und das anschließende Experimentieren mit diesem Modell. Das Ziel ist eine Systemanalyse, Systemoptimierung oder der Erwerb von Fertigkeiten an dem Modell, die hilfreich auch für den Umgang mit der Wirklichkeit sind. Wie in Abbildung 4 dargestellt, lassen sich fünf Vorgänge (oder Transformationen) bei der Simulation unterscheiden:

#### 1. Die Modellbildung

Die Wirklichkeit als System zu betrachten, ist bereits eine Abstraktion, die viele Aspekte vernachlässigt. Selbst technische Konstrukte können oft nicht in ihrer vollen Komplexität und mit beliebiger Genauigkeit abgebildet werden. Es besteht daher die Notwendigkeit, das zu untersuchende System von seiner

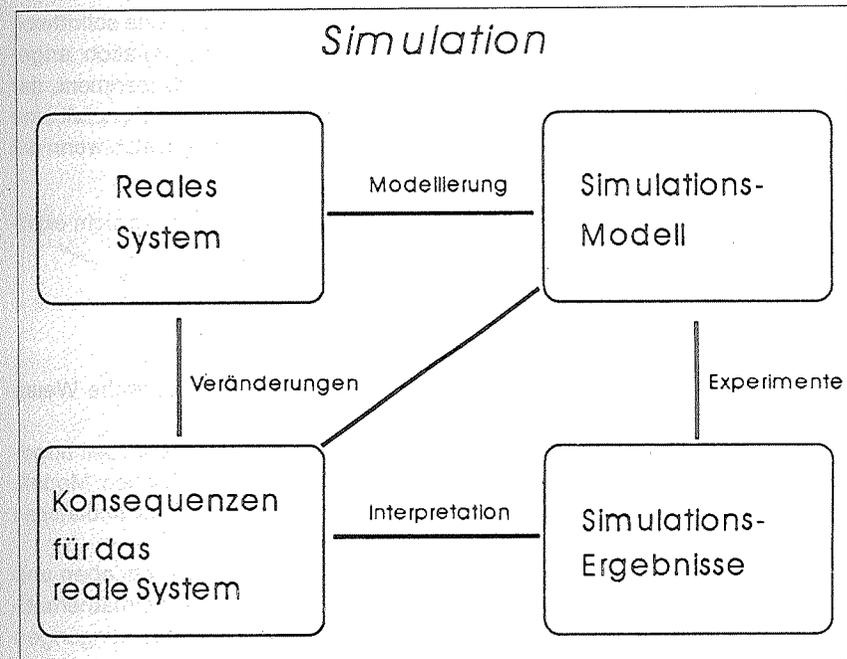


Abb. 4: Simulationszyklus

Umgebung abzugrenzen und die relevanten inneren Zusammenhänge sowie die Wechselwirkungen mit der Umgebung über Schnittstellen zu definieren.

#### 2. Das Experimentieren

Über die Schnittstellen werden in der Experimentierphase verschiedene Umgebungssituationen eingegeben und ihre Wirkung auf das Modellverhalten untersucht.

#### 3. Die Ergebnisdarstellung und -interpretation

Das Verhalten des Modells bei systematisch veränderten Umgebungsbedingungen muß mit Hilfe charakteristischer und aussagefähiger Meßgrößen beschrieben und analysiert werden.

#### 4. Die Veränderung des Modells

Durch Vergleich der Experimentergebnisse mit der Wirklichkeit ergeben sich Korrekturen am Modell.

#### 5. Die Veränderung der Wirklichkeit

Aus der Interpretation des Zusammenhanges von Experiment und Systemverhalten ergeben sich eventuell Strategien für die Veränderung der Wirklichkeit.

Häufig wird dieser Zyklus 1-5 mehrfach durchlaufen und dabei eine schrittweise Verbesserung von Modellbildung, Experiment und Interpretation angestrebt. Auch hierbei kommt, wie bei jedem wissenschaftlichen Experiment, der Frage der Überprüfung der Annahmen an einem gesicherten Referenzfall eine große Bedeutung zu. Die Simulation wird besonders dann eingesetzt, wenn die realen Prozesse

- sehr komplex zusammenwirken und dieser Zusammenhang nicht explizit analytisch darstellbar ist,
- nicht verfügbar sind,
- für Experimente zu gefährlich sind,
- ein sehr zeitkritisches dynamisches Verhalten haben.

Die Modellbildung in einer Simulation kann auf sehr unterschiedliche Weise erfolgen:

1. Die Wirklichkeit wird durch ein maßstäbliches, ähnliches Modell abgebildet. Das Experiment erfolgt direkt an dem physikalischen Modell. Beispiele hierfür sind strategische Sandkastenspiele, Flugsimulatoren oder ein Miniaturfertigungssystem (Klinger 1991).
2. Die Wirklichkeit wird durch ein physikalisches Modell beschrieben und dieses auf ein mathematisches Modell abgebildet. Dieses mathematische Modell wird dann für variierte Anfangs- oder Randbedingungen exakt oder näherungsweise gelöst. Das Experiment erfolgt an dem mathematischen Modell.
3. Es wird ein Ersatzmodell benutzt, das die zu untersuchende, wesentliche Charakteristik der Wirklichkeit abbildet und die Systemdynamik sichtbar macht, ansonsten aber dem Problem gänzlich unähnlich sein kann. Das Experiment erfolgt an einem funktionalen Modell. Ein Beispiel für diese Kategorie ist das Problem der optimalen Standortbestimmung eines Verbrauchers bei vorgegebenen Standorten dreier Lieferanten mit unterschiedlichen Wegkosten (vgl. Abb. 5). Das mathematisch nicht ganz triviale Optimierungsproblem ist durch ein Ersatzmodell leicht zu beschreiben: in eine Tischplatte bohre man drei Löcher an den maßstäblichen Positionen der Lieferanten, knote drei durch diese Löcher geführte Bindfäden über der Tischplatte zusammen und befestige an den anderen Enden Gewichte, die proportional zu den spez. Wegkosten der repräsentierten Lieferanten sind. Die Gleichgewichtslage des Knoten markiert dann den optimalen Standort. Werden die Gewichte dynamisch verändert, so beschreibt der Knoten das optimale Gebiet.

Diese drei Formen der Modellbildung sind durch einen von 1. nach 3. zunehmenden Grad der Abstraktion von der Wirklichkeit gekennzeichnet. Damit wird deutlich, daß Simulation nicht zwangsläufig eine rechnergestützte Untersu-

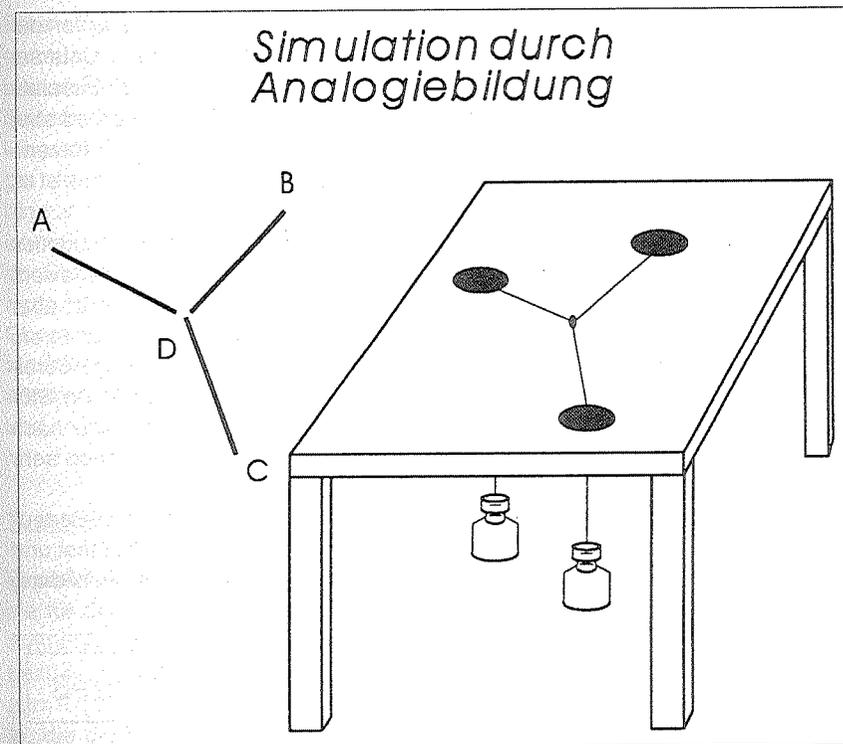


Abb. 5: Analogiebildung

chungsmethode sein muß. Manchmal kann es sinnvoll sein, einfachere Wege zu wählen.

Die Simulation bietet interessante Möglichkeiten. Allein die Vorbereitungen und Vorüberlegungen zur Modellierung der Realität können zu wichtigen Einsichten führen. Systeme mit einer hohen gegenseitigen Beeinflussung gleichzeitig ablaufender Prozesse sind durch eine Simulation mit geeigneten Auswertungshilfsmitteln zu erhellen. Ein wesentlicher Aspekt der Simulation ist der folgenlose Umgang mit Möglichkeiten und Perspektiven von Wirklichkeit. Hier liegen ihre Stärken und auch Schwächen. Vorteilhaft ist bei der Simulation die prinzipielle Möglichkeit, einen Prozeß in unterschiedlichen Abstraktionsebenen zu betrachten und zu steuern, ihn aus einer selbstgewählten Perspektive zu analysieren, ihn in alternative Systemzusammenhänge zu stellen und die Zeitdimension zu variieren.

Die Simulationstechnik wird heute zwar schon erfolgreich zur Planung kom-

plexer Produktionsanlagen eingesetzt, dabei wird jedoch überwiegend von der optimalen Auslegung des störungsfreien Betriebes ausgegangen. Untersuchungen, die eine systematische Betrachtung von Störeinflüssen in Simulationsmodellen zum Gegenstand haben, sind selten, (Noche 1991), werden aber von Simulationsexperten gefordert. In einem Forschungsprojekt zur Weiterentwicklung von Simulatoren wurden hierzu Möglichkeiten aufgezeigt (Bruns et al. 1993).

Eine systematische Untersuchung von Störeinflüssen in Simulationsmodellen ist aber nicht nur unter dem Aspekt einer Systemoptimierung wünschenswert, sie bietet auch Chancen für die Instandhaltung. Voraussetzung dafür ist aber ein hinreichend genaues Abbild einer technischen Anlage nicht nur in ihrem globalen Verhalten, sondern gerade auch in den störungsempfindlichen Bereichen. Dies ist keine triviale Aufgabe für die Simulationsexperten, denn Störungsmodelle sind etwas anderes als normale Funktionsmodelle. Je nach Verlauf der Systemgrenzen, der Perspektive und der Auflösung können sehr unterschiedliche Modelle entstehen.

Bei der Simulation ist die Definition der Systemgrenze von besonderer Bedeutung, denn sie legt den zu modellierenden Ausschnitt der Wirklichkeit fest und soll die Kopplung von realer Welt mit dem Modell erlauben. Bei der Abbildung

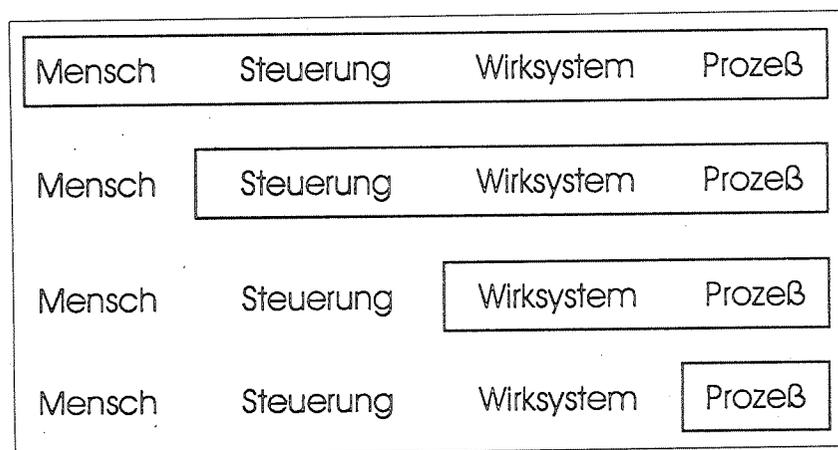


Abb. 6: Verschiedene Modellgrenzen

eines Produktionssystems sind die Möglichkeiten des Systemgrenzenverlaufs vielfältig. Gliedert man eine produktionstechnische Anlage in Steuerungsteil, Wirkungsteil und Umgebungsprozeß, so ergeben sich die in Abb. 6 dargestellten Systemgrenzen und deren Kombinationen.

Eine effektive Fehlersuche in komplexen technischen Systemen setzt eine genaue Kenntnis und Erfahrung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen in den beiden Teilsystemen (steuernd, gesteuert) und im Gesamtsystem voraus. Zum Erwerb dieser Kenntnisse und Erfahrungen in einem experimentellen, handlungsorientierten Sinne könnte die Simulation einen Beitrag leisten, der weniger rezeptiv wäre als die Unterstützung durch ein Expertensystem. Darüber hinaus wird mit einem Simulator ein Verständnis der Struktur vermittelt und das ist mehr als eine Summe von Wenn-Dann-Beziehungen. Ein mentales Modell der Struktur eines Systems befähigt den Instandhalter gerade auch die schwierigen, noch nie dagewesenen 5% Störungen einzuordnen. Der experimentelle Charakter der Modellbildung hat außerdem den Vorteil, daß er ähnlich konstruktive Elemente der Erkenntnisgewinnung enthält wie der Bau eines Realsystems auch. Das Realsystem wird im allgemeinen aber nur einmal aufgebaut und soll dann funktionieren. Das Modell kann beliebig oft rekonstruiert werden.

### Zusammenfassung

Expertensysteme weisen grundsätzliche konzeptionelle Schwächen auf, die sie für den Einsatz als Diagnoseinstrument in der Instandhaltung komplexer Systeme fragwürdig erscheinen lassen. Darüber hinaus werden Bedenken bezüglich eines Einsatzes geäußert, der eine Dequalifizierung des Anwenders zum Ergebnis hat. Demgegenüber werden bisher die Möglichkeiten und Vorteile, die die Simulation für eine qualifikationsorientierte Instandhaltung bieten kann, zu wenig ausgenutzt.

### Literatur

- BRUNS, F. W.: Künstliche Intelligenz in der Technik. München 1990  
 BRUNS, F. W./BUSEKROS, L./FRANK, G./HEIMBUCHER, A./SCHEEL, J.:  
 Simulation als Werkzeug zur Gestaltung von Arbeit und Technik. Abschlußbericht an den Projektträger Arbeit und Technik des Landes Bremen. Bremen 1993  
 HOEPPNER, W.: Konnektionismus, Künstliche Intelligenz und Informatik – Informationsverarbeitung und die Semantik von ‚ist‘. Informatik Spektrum, 14(3), 1991  
 KLINGER, H./NEUMANN, G.: Prozeßsimulation für die Aus- und Weiterbildung in der Automatisierung unter Einsatz neuer didaktischer Medien – Konzepte

- und Erfahrungen. In: Simulation und Verstehen. ASIM Tagungsbericht 1991, gfmt, München, S. 229-239
- NOCHE, B.: Behandlung von Störgrößen – Störverhalten in komplexen Produktionsanlagen. In: Simulation und Verstehen. ASIM Tagungsbericht 1991, gfmt, München, S. 265-281
- PALM, G./RÜCKERT, U./ULTSCH, A.: Wissensverarbeitung in neuronaler Architektur. 4. Internationaler GI-Kongreß Wissensbasierte Systeme. München 1991
- PRITSKER, A. A. B.: Introduction to Simulation and SLAM II. John Wiley & Sons, New York 1986
- PUPPE, F.: Einführung in Expertensysteme. Frankfurt/Berlin/New York 1988
- RAULEFS, P.: Architekturen kooperierender Agenten zur Kontrolle von Fertigungsprozessen. 4. Internationaler GI-Kongreß Wissensbasierte Systeme. München 1991
- SIMON, H.U.: Algorithmisches Lernen auf der Basis empirischer Daten. 4. Internationaler GI-Kongreß Wissensbasierte Systeme. München 1991

Jörg-Peter Pahl/Jean-Mc Sprathoff

## Tiefer, breiter, härter

### Ein Unterrichtsvorhaben aus dem Bereich der Kraftfahrzeugtechnik

#### Eine Unterrichtssituation

Es ist still in der Klasse. Die Schüler sitzen in Kleingruppen an Arbeitstischen mit Versuchseinrichtungen. In den einzelnen Gruppen werden von Schülern von Zeit zu Zeit leise Zahlenwerte angesagt und von den anderen Lernenden in eine Tabelle eingetragen. Die Stille wird nur von den geflüsterten Ansagen und durch Geräusche unterbrochen, die durch Auflegen von Gewichten auf eine Meßeinrichtung, in die eine Feder eingespannt ist, entstehen. Wer jetzt vermutet, „Aha, hier werden Federn und das Federverhalten untersucht und zwar eventuell im Rahmen eines Physikunterrichtes“, der liegt falsch.

Worum handelt es sich aber dann? Wie kam es zu dieser Unterrichtssituation?

#### Der Unterricht als Ganzes

##### Motivationsphase

Zur Einführung in das Unterrichtsthema hatten die Schüler die Tonbandaufzeichnung eines Gespräches zwischen einem Kraftfahrzeugmeister und einem Kunden gehört. Hieraus wurde deutlich: Das Fahrzeug des Kunden hatte einen Federbruch! Der Autobesitzer hatte eine Werbeanzeige gelesen und dem Meister vorgelegt. Aus der Anzeige wußte der Kunde, daß sein Fahrzeugtyp inzwischen serienmäßig mit verbreitertem und tiefergelegtem Fahrwerk lieferbar und dies mit Fahr Vorteilen verbunden sei. Da die Gelegenheit zur optischen und fahrtechnischen Aufwertung des Pkw's jetzt günstig wäre, schloß sich die Frage nach der Möglichkeit einer „Umrüstung“ seines Fahrzeuges an. Gleichzeitig wollte der Kunde genau wissen, welche Vor- und Nachteile eine „Umrüstung“ mit sich brächten. Prinzipiell – so der Meister – sei es möglich, das Fahrzeug „tiefer zu legen und zu verbreitern“. Welche Maßnahmen ergriffen, welche Bauteile man verwenden sollte etc., müsse aber erst geprüft werden. Es gäbe die Möglichkeit, das Fahrwerk entweder mit progressiven oder linearen Federn auszustatten.

Anschließend wurden den Auszubildenden drei unterschiedliche Original-Fahr-

werksfedern gezeigt. Es schloß sich die Frage an, mit welcher Feder sich ein „strafferes und tieferliegendes“ Fahrwerk verwirklichen ließe.

Aus diesen Erläuterungen zum Unterrichtseinstieg wird deutlich, daß es hierbei um mehr geht, als darum, nur eine Formel zur Federberechnung zu entwickeln. Vielmehr ist das Aufnehmen von Federkennlinien und deren Vergleich die Voraussetzung dazu, durch Interpretation und Vergleich solcher Kennlinien den Auszubildenden deutlich zu machen, daß jede Feder – nicht nur für das Kraftfahrzeug, sondern auch ganz allgemein – eine spezifische Eigenschaft besitzt, die u.a. durch den Werkstoff, die Bauform und die Abmaße bestimmt ist.

Erst wenn die Auszubildenden das Federverhalten erkannt und gedeutet haben, können sie danach auf positive und negative Auswirkungen auf das Fahrverhalten, die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort schließen.

### Intuitive Phase

Die Schüler stellten Vermutungen an und versuchten, den gezeigten Federn bestimmte Eigenschaften zuzuordnen. Sie gelangten aber zu keiner gesicherten Aussage. Es wurde ihnen im Lehrer-Schüler-Gespräch klar, daß sie fachliche Informationen benötigen, um ihre Vermutungen bestätigen oder verwerfen zu können. Deutlich war bald: Die Federn müssen vermessen werden.

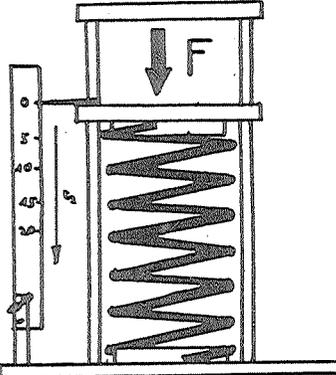
### Versuchsplanung

Es mußte den Schülern erklärt werden, daß die gezeigten Originalfedern sowohl aus technischen Gründen als auch aus Sicherheitsgründen im Schulunterricht nicht vermessen werden können. Es müßten daher Federn untersucht werden, die ein vergleichbares Federverhalten und eine den Original-Fahrwerksfedern identische Bauform besitzen. Solche Federn wurden den Schülern vom Lehrer zusammen mit den notwendigen Materialien zur Versuchsdurchführung zur Verfügung gestellt.

Anschließend planten die Schüler gemeinsam die Versuchsdurchführung und erarbeiteten sich Besonderheiten und Handhabung des Versuchsaufbaus. Außerdem war in dieser Unterrichtsphase zu problematisieren, wie durch Handhabungsfehler oder durch die Meßeinrichtung selbst Fehler entstehen und auf welche Weise Fehler vermieden werden können. Dann wurden die versuchsbegleitenden didaktischen Materialien, Meßprotokoll und Meßdiagramm ausgegeben und erläutert.

Name: _____	<b>Versuch: Ermittlung einer Federkennlinie</b>	
Klasse: _____		
Datum: _____		

**Aufgabe:**  
Eine Schraubenfeder ist in einer Vorrichtung mit folgenden Kräften zu belasten und der zurückgelegte Federweg zu messen:  
2, 4, 6, 10, 12, 14, 16, 20N  
(Zeit: 20 Min)



**Durchführung:**  
Um den Arbeitsauftrag durchzuführen, müssen Sie folgende Arbeiten innerhalb Ihrer Gruppe verteilen:

1. Vorlesen der Werte für die Kraft und Eintragen des Federweges in eine Wertetabelle;
2. Eintragen der Meßwert in das Koordinatensystem;
3. Eintragen der Meßwerte in das Koordinatensystem auf dem Arbeitstransparent und Vortragen des Versuchsergebnisses;
4. Auflegen der Gewichte;
5. Ablesen und Ansagen des Federweges.

**Ziel:**  
Die Meßergebnisse sollen in eine von Ihnen erstellte Wertetabelle eingetragen werden und in das Koordinatensystem eingezeichnet und miteinander verbunden werden.

**Beantworten Sie folgende Fragen:**

- 1) Was gibt der Verlauf (Form) der Federkennlinie an?  
Die Form der Federkennlinie gibt an, wie sich die Feder bei Kräfteinwirkung verhält.  
Bei gerader Federkennlinie ist die Längenänderung bei gleicher Kräftezunahme immer konstant.
- 2) Welche Bedeutung hat die Steigung der Federkennlinie für die Härte der Feder?  
Die Steigung ist ein Maß für die Härte der Feder. Je steiler die Federkennlinie ist, desto härter ist die Feder.

Abb. 1: Arbeitsblatt: Ermittlung einer Federkennlinie

## Versuchsdurchführung

Die Versuche führten die Schüler in Kleingruppen durch. Die Arbeitsteilung war in der Gruppe selbst zu regeln. Anschließend vermaßen die Schüler die Federn und erstellten die Meßprotokolle. Außerdem diskutierte man in den Kleingruppen die Inhalte der zur Verfügung stehenden Materialien.

Jede Gruppe fertigte darüber hinaus ein Arbeitstransparent mit der von ihnen ermittelten Federkennlinie an, um mit Hilfe des Arbeitsprojektors die Gruppenergebnisse dem Plenum vorstellen zu können.

Während dieser Phase beschränkte sich der Lehrer hauptsächlich auf die Beobachtung der Arbeitsgruppen. Hilfestellungen mußten nicht gegeben werden.

## Versuchsauswertung

Die Gruppen stellten ihre Arbeitsergebnisse mit Hilfe des Arbeitstransparentes vor. Schon hierbei wurde den Schülern deutlich, daß sie unterschiedliche Federkennlinien ermittelt hatten und die Meßergebnisse zahlenwertmäßig nicht vergleichbar waren. Dieser Sachverhalt zwang sie dazu, die Bedeutung der Steilheit (Steigungsfaktor) und des Verlaufes (linear/gekrümmt) zu thematisieren. Zum besseren Vergleich wurden die ermittelten und auf Folie gebrachten Federkennlinien übereinandergelegt und gleichzeitig projiziert. Die sich anschließende Interpretation hielten die Schüler als Ergebnissicherung auf einem gesonderten Arbeitsblatt fest. In einem weiteren Schritt mußten die Schüler ihre Erkenntnisse auf die Original-Fahrwerksfedern anwenden.

## Transfer der Erkenntnisse

Nachdem die Eigenschaften verschiedener Federn ermittelt worden waren, blieb noch die Frage zu klären, welche Fahrwerksfeder in das Kundenfahrzeug eingebaut werden sollte. Hierzu wurden die Kennlinien der verschiedenen Fahrwerksfedern den Auszubildenden zur Verfügung gestellt. Ein Fachgespräch, in dem es u.a. um die Interpretation der Federkennlinien ging, klärte darüber auf, welche Fahrwerksfeder dem Kunden zum „Tieferlegen“ seines Fahrzeuges vorgeschlagen werden könnte. Es wurde folgende Empfehlung für den Kunden erstellt:

Grundsätzlich kann durch Verändern der Federn der Schwerpunkt des Fahrzeuges abgesenkt werden. Dadurch ergibt sich eine verbesserte Straßenlage in der Weise, daß u.a. Kurven mit höherer Geschwindigkeit durchfahren wer-

Name : _____	<b>Die Federkennlinie</b>	
Klasse : _____		
Datum : _____		

**Feststellung:**  
Wird eine Schraubenfeder mit einer Kraft belastet, ändert sich ihre Länge. Mißt man die Längenänderung und trägt sie in Abhängigkeit von der Kraft in ein Koordinatensystem ein, so erhält man nach Verbinden der Meßpunkte die sogenannte Federkennlinie. Der Verlauf und die Steigung der Federkennlinie sind bauartbedingte Merkmale der vermessenen Feder.

**Erkenntnis:**

**Die Steigung**  
*Die Steigung der Federkennlinie gibt Aufschluß darüber, wie hart bzw. weich eine Feder ist.*

**Verlauf (Form)**  
*Die Form der Federkennlinie gibt Auskunft über das Federverhalten, d.h. die Längenänderung bei Kraftzunahme. Aus der Längenänderung erkennt man, ob eine Feder ein lineares oder ein progressives Federverhalten besitzt.*

**Schlußfolgerung**  
*Ist die Federkennlinie gerade (linear), so ist die Längenänderung bei gleicher Kraftzunahme konstant (Federweg  $s$  und Kraft  $F$  sind proportional).*  
*Ist die Federkennlinie gekrümmt, so ist die Längenänderung bei gleicher Kraftzunahme nicht kontinuierlich (Federweg  $s$  und Kraft  $F$  sind nicht proportional).*  
*Eine Federkennlinie ist progressiv, wenn die Längenänderung bei gleicher Kraftzunahme immer kleiner wird, d.h. eine progressive Feder ist zuerst "weich" und wird mit zunehmender Einfederung "härter".*

Abb. 2: Arbeitsblatt: Die Federkennlinie

den können. Da Fahrwerksfedern zum „Tieflegen“ härter sein müssen (der zur Verfügung stehende Federweg ist kürzer, ein Durchschlagen des Schwingungsdämpfers ist zu vermeiden), ist das „sich Neigen“ der Karosserie bei plötzlichen Lenkbewegungen geringer. Nachteile entstehen dadurch, daß Fahrbahnunebenheiten stärker auf die Karosserie und die Fahrzeuginsassen übertragen werden.

Die „progressive“ Feder ist zwar die teurere, sie bietet aber bei kleineren Einfederungen (durch geringe Fahrbahnunebenheiten) einen höheren Fahrkomfort (da sie bei kleinen Federwegen „weicher“ ist) als die Tieferlegungsfeder mit „linearer“ Federkennlinie.

### Eine didaktisch-methodische Nachbesinnung

Als fachdidaktisches Problem wird oft diskutiert, ob der Kraftfahrzeugmechaniker als Teiletaucher eine Dequalifizierung erfährt. Unter berufspädagogischer Verantwortung wird deshalb nach Lerninhalten gesucht, mit denen höherwertige Qualifikationen und Kompetenzen vermittelt werden können.

Es ist richtig: Kraftfahrzeugmechaniker tauschen bei Instandsetzungsarbeiten im Regelfalle defekte Bauteile gegen intakte Ersatzteile aus. Dabei ermitteln sie den Ist-Zustand eines Fahrzeuges und vergleichen ihn mit dem Soll-Zustand, der nach einer Instandsetzung wieder hergestellt sein sollte. Die Ersatzteile entsprechen dabei denen der Erstausrüstung oder sind baugleiche Fremdfabrikate gemäß Bautypenzulassung oder allgemeiner Betriebserlaubnis. Die Fehlersuche, Fehlerinkreisung, Fehlerbestimmung und Instandsetzung bleiben dabei ein wesentlicher Lerninhalt.

In der geschilderten Situation war der Sachverhalt etwas anders. Hier sollte ein Auto mit gebrochener Fahrwerksfeder im Rahmen einer erforderlichen Instandsetzung zugleich tiefergelegt und mit „härteren“ Fahrwerksfedern ausgerüstet werden. Es handelte sich also nicht nur um eine reine Austauschinstandhaltung, sondern es wurden zusätzliche Änderungen des Fahrverhaltens und der „Optik“ des Fahrzeuges angestrebt. Hierzu standen dem Kraftfahrzeugmechaniker mehrere Möglichkeiten zur Auswahl, um die Kundenwünsche unter fachlichen, design-technischen und „sportlichen“ Gesichtspunkten optimal befriedigen zu können.

Es werden weiterreichende Facharbeiterkompetenzen der Kundenberatung und konstruktiver Lösungen gefordert. Berufliches Lernen erhält damit für diesen Bereich einen fachdidaktisch anspruchsvollen Inhalt. Als fachmethodische Besonderheit ergibt sich, daß in Abgrenzung zum physikalischen Experiment, das primär kausalen Charakter hat, hier ein „Technisches Experiment“ durchgeführt wird. Solch ein „Technisches Experiment“ ist final orientiert und

klärt über reine naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten hinaus technologische Fragen; es enthält aber in seinem didaktischen Kern eigentlich keine berufsspezifischen Handlungsstrukturen. Das Technische Experiment ist als Unterrichtsverfahren sehr wohl geeignet, die angestrebten fachlichen Inhalte zu vermitteln. Außerdem ist in diesem Beispiel der Vergleich der verschiedenen Fahrwerksfedern mit einbezogen. Das Vergleichen als Arbeitshandlung ist aber schon Bestandteil des Berufsbildes des Mechanikers.

Die Stärke des „Technischen Experiments“ mit Elementen der Methode des Vergleichs ist darin zu sehen, daß neben einer Vielzahl von fachlichen besonders allgemeine und prozessuale Lernziele erreicht werden können. Die handlungsorientierte Gruppenarbeit stellt für solche weitreichende Lernziele eine wesentliche Bedingung dar.

Jörn Buck

## Schüler experimentieren mit einer Versuchsschwenkbiegemaschine

### Ein Unterrichtsbeispiel aus dem Bereich Werkstofftechnik für Konstruktionsmechaniker und Metallbauer im ersten Ausbildungsjahr

Die angehenden Konstruktionsmechaniker bzw. Metallbauer befinden sich im zweiten Drei-Wochen-Block des ersten Halbjahres ihrer Ausbildung. Die Klasse setzt sich aus acht Hauptschülern, neun Realschülern und zwei Abiturienten zusammen, so daß die Leistungsfähigkeit der Schüler sehr heterogen ist. Nach jetzt insgesamt sechs Wochen Ausbildung im Betrieb konnten sie erste Erfahrungen mit verschiedenen Werkstoffen sammeln. Diese Unterrichtsstunde ist der Einstieg in die Thematik der mechanischen Werkstoffeigenschaften, und in methodischer Hinsicht sollen die Schüler erstmalig ein technisches Experiment im Werkstofftechnikunterricht durchführen.

Zu Beginn der Unterrichtsstunde sollen sich die Schüler vorstellen, daß sie im Betrieb Bleche abkanten. Aus Arbeitsaufträgen entnehmen sie, daß verschiedene Bleche aus unterschiedlichen Werkstoffen (Baustahl, Cr-Ni-Stahl, Cu-Zn-Legierung, Kupfer und Aluminium) um  $90^\circ$  abgekantet werden sollen. Zur Arbeitserleichterung wird ein Anschlag an der Schwenkbiegemaschine auf  $90^\circ$  eingestellt und alle Bleche nacheinander abgekantet. Zuletzt werden die Biegewinkel mit einer  $90^\circ$ -Winkellehre geprüft.

Auf die Frage: „Was stellen Sie fest?“ äußern sich die Schüler nun spontan. Zunächst sind sich fast alle Schüler darüber einig, daß keines der Bleche einen  $90^\circ$ -Winkel aufweist. Dann meint ein Schüler, die Winkel müßten weniger als  $90^\circ$  betragen. Zwei andere Schüler sagen, daß die Bleche unterschiedlich zurückfedern. Jetzt wird nachgefragt, welcher der Werkstoffe wohl am meisten zurückfedert. – Kupfer und Aluminium scheiden nach einer kurzen Diskussion aus der näheren Betrachtung aus. Ein paar Schüler, die anscheinend schon die Werkstoffe verarbeitet haben, stellen Werkstoff-Reihenfolgen nach der Größe der Rückfederung auf. Diese Hypothesen schreiben die Schüler an die Tafel. Die angeschriebenen Werkstoff-Reihenfolgen provozieren neue Vermutungen anderer Schüler und in Kürze stehen acht verschiedene Reihen an der Tafel.

Jetzt erwarten die Schüler die Auflösung des Problems; sie werden aber aufgefordert, sich zu überlegen, wie die Vermutungen zu prüfen seien. Hierauf

antworten die Schüler spärlich. Mit der Planung einer Versuchsanordnung sind die Schüler noch zögerlich, da sie erst im Laufe der dreieinhalbjährigen Ausbildung das selbständige Planen, Durchführen und Kontrollieren erlernen. Nach weiteren Impulsen planen einige Schüler, Bleche gleicher Dicke in einer Schwenkbiegemaschine um  $90^\circ$  zu kanten und anschließend den Biegewinkel auszumessen.

Die von den Schülern aufgestellten Anforderungen an eine Versuchseinrichtung gehen in der Versuchsschwenkbiegemaschine auf. Die Versuchseinrichtung wird von dem Lehrer vorgestellt, indem u.a. ein Demonstrationsversuch durchgeführt wird, damit die Schüler wissen, wie die Drähte eingespannt werden und einen visuellen Eindruck für die Versuchsbeschreibung erhalten. (Eine eigenständige Funktionsanalyse der Versuchsbiegemaschine hätte hier stattfinden können, wurde aber aus Zeitgründen nicht eingeschoben.) Bevor die Schüler experimentieren, erhalten sie das Arbeitsblatt (vgl. Abb. 1). Wie der Rückfederungswinkel  $\gamma$  abgelesen bzw. berechnet wird, wird vorerst anhand der Skizze des Versuchsaufbaus besprochen, die vergrößert auf Folie kopiert wurde. Das Ablesen bzw. Berechnen des Rückfederungswinkels  $\gamma$  findet noch Interesse bei den Schülern; die Versuchsbeschreibung führen sie danach nur in Erwartung auf die bevorstehende Versuchsdurchführung aus.

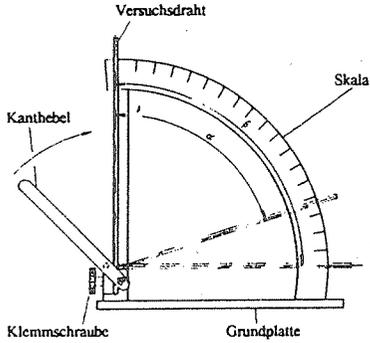
Dann werden endlich die Versuchsschwenkbiegemaschinen und die Biegeproben (2mm Drähte, z.B. Schweißzusätze vom Gasschmelzschweißen oder WIG-Schweißen) ausgeteilt und die Schüler experimentieren in Partnerarbeit. Vor der Versuchsdurchführung hätte eine zweite Hypothesenbildung stattfinden können, in der sich die Schüler auf Rückfederungswinkel der einzelnen Biegeproben festlegen. Drei Schülerpaare beginnen gleich mit dem Versuch, obwohl die Werkstoffidentifikation noch nicht ganz abgeschlossen ist – sie haben zwar schnell die Biegeprobe ermittelt, die am meisten zurückfedert, wissen aber nicht, aus welchem Werkstoff sie besteht. Die Unterscheidung zwischen Aluminium und Cr-Ni-Stahl einerseits und Kupfer und Cu-Zn-Legierung andererseits fällt einigen Schülern noch schwer. Der Baustahl wird nur von einem Schüler nicht erkannt. Freundliche Nachbargruppen helfen hier den Unbedarften bei der Werkstoffidentifikation. Letzte Verwechslungen werden in der Versuchsauswertung aufgelöst. (Ein Schüler: „Sag’ mal, kannst du den Winkel nicht richtig ablesen oder haste den Werkstoff nicht richtig erkannt?!)

Für die Versuchsauswertung erhalten die Schüler viel Zeit, da sie erstmalig in der Berufsschule experimentieren. Die Schüler, die mit der Versuchsdurchführung fertig sind, schreiben ihre Meßwerte in eine, an der Tafel vorbereitete Tabelle. Die eingetragenen Meßwerte der einzelnen Werkstoffe differieren um  $1 - 2^\circ$ . Auf die Frage, welcher der Meßwerte richtig sei, antwortet ein Schüler, daß ein Mittelwert der Meßwerte für die jeweiligen Biegeproben errechnet werden muß. In diesem Zusammenhang wird auf die Aussagekraft von Einzel-

Name: _____	Werkstoffeigenschaften: <b>Elastizität - Plastizität</b>	G 14 Arbb.-Nr.: _____
Klasse: _____		
Datum: _____		

**1. Informationen:** Werkstoffeigenschaften lassen sich durch Versuche nachweisen. Im folgenden Versuch sollen Sie die Werkstoffeigenschaften **Elastizität** und **Plastizität** bzw. **Rückfederung** und **Formänderung** kennenlernen. Sie sollen Drähte aus unterschiedlichen Werkstoffen um (z.B. 90°) abkanten. Die Drähte haben alle die gleiche Dicke. Sie kanten alle Drähte um diesen Winkel. Beim Prüfen stellen Sie fest, daß kein Draht einen (z.B. 90°)-Winkel aufweist.

**2. Versuchsaufbau**                      **3. Versuchsbeschreibung**



Versuchsdraht  
Kranthebel  
Skala  
Klemmschraube  
Grundplatte

(Schülerformulierung): In die Versuchsschwenkbiegemaschine werden nacheinander die Biegeproben eingespannt und mit dem Kranthebel um (z.B. 90°) gebogen. Der verbleibende Winkel  $\alpha$  wird gemessen. Nach der Formel  $\gamma = \beta - \alpha$  wird der Rückfederungswinkel  $\gamma$  berechnet.

**4. Versuchswerte bitte ablesen und in die linke Hälfte der Tabelle eintragen.**      **5. Die Versuchsauswertung erfolgt gemeinsam mit der ganzen Klasse!**

Versuchsprotokoll:				Versuchsauswertung:	
Werkstoff	Biegewinkel in °			Mittelwert der Gruppenauswertung	Reihenfolge nach der Größe der Rückfederung
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$		
Baustahl	86	90	4	4°	3
Aluminium	89	90	1	1°	5
Cu-Zn-Legierung	82	90	8	8°	2
Kupfer	87	90	3	3°	4
Cr-Ni-Stahl	80	90	10	10°	1

**6. Versuchsbeurteilung:** Das Biegen von Werkstücken führt zu einer bleibenden Verformung (hier  $\alpha$ ) und zu einer Verformung, die nach der Entlastung der Kraft zurückgeht (hier  $\gamma$ ). Die bleibende Verformung wird **plastische Verformung** genannt. Die Verformung, die nach der Entlastung der Kraft zurückgeht wird **elastische Verformung** genannt.

Abb. 1: Arbeitsblatt mit den erwarteten Lösungen der Schüler

versuchen eingegangen. Die Schüler errechnen die Mittelwerte der Rückfederung und erhalten dann die Werkstoff-Reihenfolgen nach der Größe der Rückfederung.

Diese Reihenfolge vergleichen die Schüler mit den anfangs aufgestellten Hypothesen. Einige Schüler, deren Vermutungen dem Versuchsergebnis nahe kommen, verkünden stolz, daß sie „fachliche Ahnung“ haben. Andere meinen, daß sie mit ihrer Einschätzung doch nicht ganz so daneben liegen, da sie nur die Reihenfolge ein wenig vertauscht haben. An dieser Stelle ist es wichtig, Schüler, deren Vermutungen nicht im vollen Maße mit dem Versuchsergebnis übereinstimmen, für richtige Einschätzungen zu loben, damit ihnen nicht die Spontaneität beim Aufstellen von Hypothesen genommen wird. Ein Schüler will für sich die Versuchsergebnisse für die Praxis nutzbar machen, indem er die Bleche gleich um den bestimmten Winkel überbiegt, um den erwünschten Biegewinkel zu erhalten.

Um die Schüler aus der Einengung der auf den Werkstoff reduzierten Parameter des Rückfederungswinkels zu führen, können in einer anschließenden Unterrichtsstunde, z.B. in arbeitsteiliger Gruppenarbeit, unterschiedliche Werkstoffdurchmesser, Biegeradien, Biegewinkel  $\alpha$  usw. in Abhängigkeit zur Rückfederung untersucht werden.

Am Ende bewerten die Schüler das Werkstoffverhalten und stellen fest, daß alle Werkstoffe, die gebogen werden, zurückfedern und ordnen zuletzt die Begriffe Elastizität und Plastizität dem Rückfederungswinkel  $\gamma$  und dem Winkel der bleibenden Verformung  $\alpha$  zu.

Der Einsatz der Versuchsschwenkbiegemaschine bietet im Unterricht weitere Möglichkeiten. So könnte als nächste Unterrichtseinheit die Erörterung der plastischen (hier Winkel  $\alpha$ ) und elastischen Verformung (hier Winkel  $\gamma$ ) anschließen, die mit dem Versuchsaufbau veranschaulicht werden. Weitere Fragestellungen, die mit der Versuchsschwenkbiegemaschine geklärt werden können, sind z.B.:

- Ist der Rückfederungswinkel vom Biegeradius abhängig und welcher Zusammenhang besteht zwischen ihnen?
- Ist der Rückfederungswinkel von der Werkstückdicke abhängig und welcher Zusammenhang besteht zwischen Werkstückdicke und Rückfederungswinkel?
- Ist der Rückfederungswinkel vom Biegewinkel  $\alpha$  abhängig und welcher Zusammenhang besteht zwischen diesen beiden Größen?

So ist auch das Phänomen der Kaltverfestigung mit diesem Modell darstellbar, denn ohne Kaltverfestigung beim Kantbiegen müßte es möglich sein, einen Probestab um den Winkel der Rückfederung bei 90° zu biegen, ohne daß eine bleibende Verformung eintritt.

Der Spaß und der Enthusiasmus der Schüler beim Experimentieren und

Herausfinden von technologischen Zusammenhängen, sind für den Lehrer befriedigend anzusehen. Auf die Frage am Blockende, was die Schüler im nächsten Block für den Werkstofftechnikunterricht erwarten, antworten die meisten, daß sie wieder experimentieren wollen.

#### Hinweis der Schriftleitung

Der Autor ist gern bereit, interessierten Kollegen eine Kopiervorlage des Arbeitsblattes zur Verfügung zu stellen. Bei Nachfragen bitte Rückporto nicht vergessen.

Attila Josef Roos

## Von der imaginären Einheit zum Scheinstrom

Auszubildende vermissen wohl kaum die imaginäre Einheit, macht sie doch schon der Glaube selig, den Scheinstrom begriffen zu haben. Aber einige ihrer Lehrer lassen sich vielleicht anregen, über die beiden total mißglückten Fachworte vergangener Jahrhunderte nachzudenken, bevor diese endgültig zu Reliquien erstarren. Immerhin stecken sie ein Gebiet ab, das während des Studiums mehr oder weniger im Nebel lag und daher den Unterricht beeinflusst. Obendrein kommen auch Gymnasiasten in die Berufsschulen, den Kopf voll mit besagtem Nebel. Den haben ihnen jene Lehrer eingeblasen, die den Stoff bestimmten „einschlägigen“ hochschuldidaktischen Publikationen entnehmen. Deren Autoren fühlen sich alle kompetent, was angesichts des Stils oft grotesk erscheint. Zu viele haben uns tatsächlich „Formalismus rücksichtslos um die Ohren gehauen“ und etliche vermitteln nur noch „Undurchschaubarkeit, die hilflos macht“ (Adolph 1986, S. 33, S. 48). Da mischt sich bei manchen Lesern Verzweiflung in die wegweisende Fragestellung „Wie kann mit Hilfe mathematischer Methoden die qualitative Erkenntnis von technischen Sachzusammenhängen eingeleitet, gestützt und vertieft werden?“ (Schmidt 1983, S. 58). Sicher nicht, indem man das Jahrhunderte alte Provisorium imaginäre Einheit (Bombelli 1572) mengentheoretisch neu verpackt und die praxisgerechte Veranschaulichung totschweigt (Roos 1994): Längst ist nämlich die mysteriöse  $\sqrt{-1}$  als Dreheinheit entschleiert worden, ausgehend von der Auffassung des französischen Mathematikers Argand (1768-1822). Nach heutigem Stand läßt sich der Gedankengang folgendermaßen darstellen: Bekanntlich schafft es eine Multiplikation, jeden Punkt  $P(d, 0)$  der Zahlengeraden zu verschieben. Denn ein variabler Faktor  $v > 1$  dehnt die Entfernung  $d$  auf beliebige Längen  $x = vd$  (Abbildung 1), speziell  $v = -1$  stülpt sie um (Abbildung 2).



Abb. 1

Abb. 2

Wer nun auch Punkte außerhalb des  $x$ -Maßstabes erreichen will, besonders die eines  $y$ -Maßstabes, braucht eine Zahl  $v = j$ , die um  $\pi/2$  dreht. Wenn sie existiert, dann wäre die zur ursprünglichen Lage quergestellte Entfernung  $y = jd$  (Abbildung 3) und diese selbst genauso weitergedreht:  $jy = j^2d = -d$  (Abbildung 4). Da  $d$  herausfällt, erhalten wir  $j^2 = -1$  und damit die gesuchte Zahl  $j = \sqrt{-1}$ .

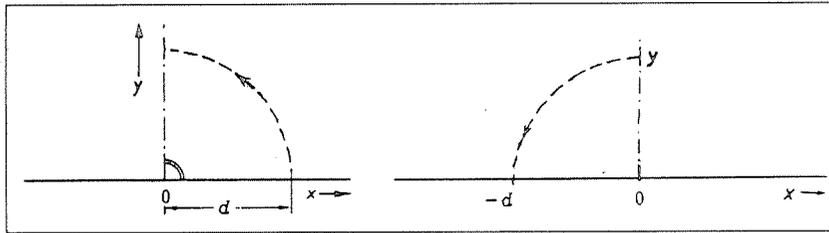


Abb. 3

Abb. 4

Dem amtlichen Namen imaginäre Einheit widerspricht drastisch ihre Wirkung, Orthogonalität zu erzeugen (Abbildung 5). Orthogonale Summanden unterliegen natürlich der allgemeinen Additionsregel: Die geradlinige Verbindung zwischen dem Anfang einer Strecke und dem Ende der angefügten Strecke bildet deren geometrische Summe, die Resultierende, hier  $s = p + jq$  (Abbildung 6). Vermöge der Komponenten

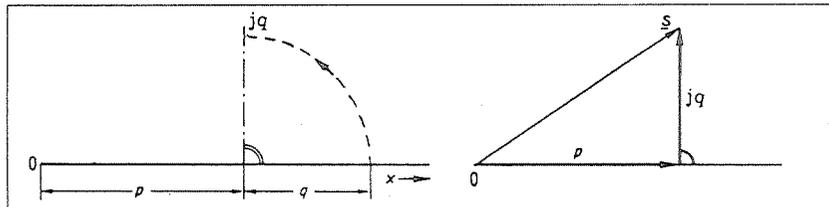


Abb. 5

Abb. 6

$p$ ,  $q$  derselben Dimension und der Dreheinheit  $j$  sind Betrag  $|s|$  und Stellung  $\psi$  der Resultierenden  $s$  besonders „eng verbunden“ – lateinisch: komplex (Abbildung 7). Die Eigenschaft läßt sich demnach konstruktiv definieren: Aus einem Komponentenpaar bestehend, das über die Dreheinheit  $j$  additiv zusammenhängt.

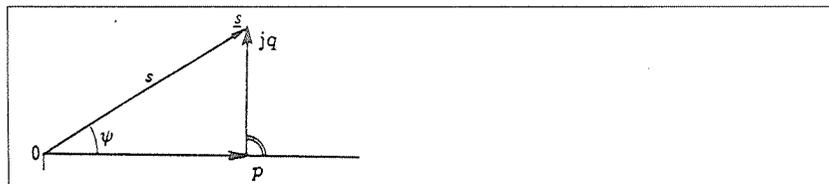


Abb. 7

Die wichtigsten komplexen Größen der Elektro- und der Regelungstechnik verhalten sich glücklicherweise relativ einfach: Sie haben zeitlich konstante Beträge und entweder konstante Stellungen ( $H, Y, Z$ ) oder sich zeitlich linear verändernde ( $U, I, \phi$ ). Die Stellung  $\psi$  zeigt jedoch stets die Phasenlage an, weshalb solche komplexen Größen Zeiger heißen.

Im Falle einer zeitlinearen Stellung  $\psi = \omega t + \phi$  rotiert  $s$  offensichtlich mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  und projiziert dabei über  $\psi$  hinweg ihre orthogonalen Komponenten (Abbildung 8).

$p(t) = s \cos \psi = s \cos(\omega t + \phi)$  und  $q(t) = s \sin \psi = s \sin(\omega t + \phi)$ .

Den zeitlichen Verlauf  $q(t)$  repräsentiert auch ein sinusförmiger Wechselstrom  $\hat{I}$ .

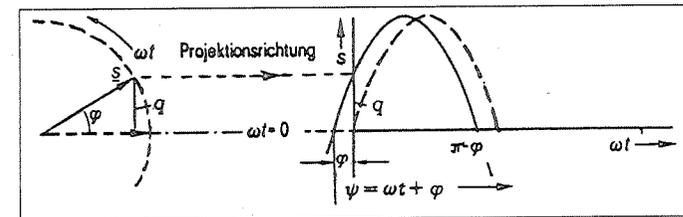


Abb. 8

Andererseits macht das Additionstheorem aus  $\hat{I} \sin(\omega t + \phi)$  die algebraische Summe  $\hat{I} \cos \phi \sin \omega t + \hat{I} \sin \phi \cos \omega t$  (Abbildung 9).

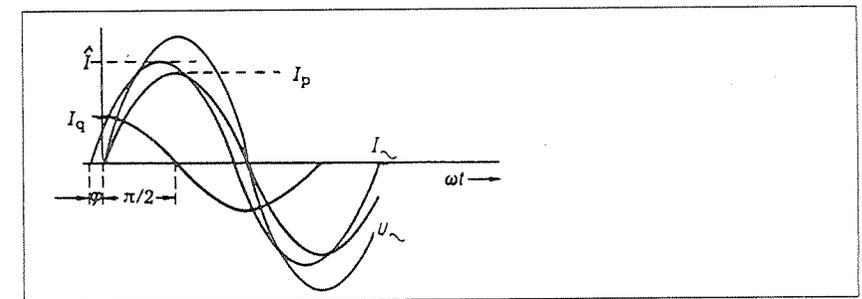


Abb. 9

Die beiden Amplituden, den Wirkstrom  $I_q = \hat{I} \cos \phi$  und den Blindstrom  $I_p = \hat{I} \sin \phi$ , kann man sich jetzt durch Projektion des zeitlich starren Zeigers  $I$  entstanden denken (Abbildung 10).

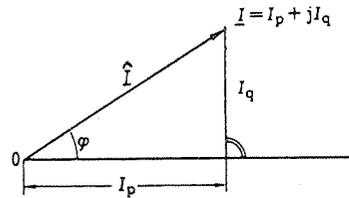


Abb.10

Umgekehrt ergeben  $I_p$  und  $I_q$  geometrisch addiert die Amplitude  $\hat{I}$  des ursprünglichen (unzerlegten) Wechselstroms. Genannt wird dieser Wert aber offiziell „Scheinstrom“, als ob er etwas Unwirkliches wäre.

Demungeachtet basiert die Dimensionierung elektrischer Netze auf ihm, weil er sie voll belastet. Um so erstaunlicher, daß die Rahmenpläne die Zeigerbeiträge unter „Scheingrößen“ führen (Rahmenlehrpläne 1988, S. 78 Pkt. 2.2). Doch der Widersprüche nicht genug: „imaginär“ entstammt dem lateinischen „imaginarius“, was für die Vorsilbe „Schein“ steht! Höhere Lehrstufen erfreuen uns nur „folgerichtig“ mit Imaginärteilen ganz realer Impedanzen...

Wo bleibt der gesunde Menschenverstand? Warum werden eigentlich keine Termini gewählt, die einen Aspekt der physikalischen Welt andeuten? Mancher Ausdruck vermag sogar die teuren Formelsätze zu retten, die zu viel „ImZ“ enthalten.

Beispiel: Die Blindleistung, die einem Übertragungssystem innewohnend – immanent – hin- und herpendelt, legt „Immanentteil“ nahe.

Zum Zeigerdiagramm paßt selbst „Schrägstrom“ besser als „Scheinstrom“. Andererseits erinnern „Superstrom“ und „-widerstand“ an die *S u p e r p o s i t i o n*. Vielleicht ersetzen sie eines Tages die heutigen „Scheingrößen“.

Jedenfalls sollte man endlich neue Möglichkeiten erwägen, statt der Jugend begrifflichen Sperrmüll zu vererben.

#### Literatur

ADOLPH, G.: Das Verschwinden der Gegenständlichkeit. In: lernen & lehren, 2/86, S.33, S.48

BOMBELLI, R.: L'Algebra. I numeri immaginari. Bologna 1572

RAHMENLEHRPLÄNE über die Berufsausbildung in den industriellen Elektroberufen. Bonn 1988, S.78 (Pkt. 2.2), S.91 (Pkt. 2.2)

ROOS, A.J.: Komplexe Zahlen – perplexer Schüler? Bad Wörishofen 1994, Kapitel 1; 2.2; 3.1; 3.4 und 3.6

SCHMIDT, A.: Fachrechnen: Angewandte Mathematik – Anwendung der Mathematik. In: lernen & lehren, 2/83, S. 58

Manfred Hoppe/Jörg-Peter Pahl (Hrsg.):

### Instandhaltung – Bewahren – Wiederherstellen – Verbessern Sekundäre Facharbeit

Reihe Berufliche Bildung, Band 16, Donat Verlag, Bremen 1994,  
ISBN 3-924444-69-2 – 34,00 DM

Die Herausgeber und Autoren des Buches „Instandhaltung“ haben mit dem Untertitel Bewahren – Wiederherstellen – Verbessern ein Programm fixiert, das als „Investition in die Zukunft“ aufgefaßt werden kann: Es geht um die Aufwertung der (bisher vernachlässigten) Instandhaltung sowie der Instandhaltungsausbildung als einem zukünftigen Innovationsbereich des Handwerks und der Industrie. Mit dem zweiten Untertitel – sekundäre Facharbeit – wird aber zumindest der Teilprozeß „Verbesserung/Modernisierung“ nicht charakterisiert. Damit ist man aber schon mitten in die Gesamtproblematik des Bandes eingestiegen; einerseits geht es um die Erfüllung der durch die DIN 31051 geforderten Teilbereiche Wartung, Inspektion und Instandsetzung im Sinne Bewahrung und Wiederherstellung des Ist-Zustandes und andererseits um die Durchsetzung von Modernisierung im Sinne von Verbesserung des Ist-Zustandes (so wie sie in der TGL 39446, aber unter anderen volkswirtschaftlichen Gründen präsent war) und der dazu notwendigen beruflichen Ausbildung.

Um es vorwegzunehmen: Mit 15 von 17 Beiträgen der vier Kapitel wird vor allem der erste Bereich berücksichtigt. Der zweite Aspekt wird insbesondere durch die beiden Beiträge von Hoppe/Jacobs: *Instandhaltung, Modernisierung, Erneuerung* und Schlausch: *Instandhaltungsqualifikationen mittels „doppel-funktionaler Drehmaschine“* repräsentiert. Damit wird zukünftiger Forschungsbedarf signalisiert, der vor allem durch Modellversuche mit Kooperationspartnern der verschiedenen Disziplinen erfüllt werden muß.

Im 1. Kapitel werden Gegenstandsbereiche, Aspekte und Aufgaben der Instandhaltung aus heutiger und zukünftiger Sicht dargestellt. Dabei wird von Renkes der branchen- und berufsfeldübergreifende Charakter der Instandhaltung hervorgehoben. Hieraus hätten aber schon (An-) Forderungen nach extrafunktionalen Instandhaltungsqualifikationen abgeleitet werden können. Im Beitrag von Gülker: *Instandhaltung in Wissenschaft und Forschung* werden aber nur zusammenfassend die Aktivitäten in der FH-Lehre auf diesem Gebiet dargestellt. Den Forschungsaktivitäten des TÜV auf diesem Gebiet wird keine Beachtung geschenkt. Weiterhin wird im Beitrag der Forschungsverlust deutlich gemacht, der mit der Abwicklung von Instandhaltungslehrstühlen auf dem Gebiet der neuen Bundesländer entstanden ist. Der bereits erwähnte Aufsatz von Hoppe/Jacobs beendet diesen Teil.

Das 2. Kapitel stellt den Einsatz wissensbasierter Diagnose- und Expertensysteme in Ausbildung und Praxis vor und zeigt mögliche Trends der Entwicklung an. Rauner hält zwei Wege für die Ausbildungs- und Berufsentwicklung auf dem Gebiet der KFZ-Diagnose für möglich; einerseits führt das technische Informationssystem, das auf CD-ROM gespeichert ist und von der Herstellerfirma geliefert wird, den Instandhalter in der Ausbildung (und) am Arbeitsplatz, andererseits nutzt der auf einer hohen und breiten Ausbildung stehende „Generalist“ diese Systeme als Werkzeuge, die er als Multiplikator für andere einführt und selbst weiterentwickelt (in Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma). Als Ausgangspunkt für die sehr differenziert anzulegenden Instandhaltungsqualifikationen für CNC-Werkzeugmaschinen erweisen sich die empirischen Analysen in kleinen und mittelständischen Unternehmen auf dem Gebiet der unterschiedlich zu realisierenden Wartungs- und Instandsetzungstätigkeiten (Kuhn). Fischer/Jungeblut/Römmermann stellen das Erfahrungswissen von Facharbeitern auf dem Gebiet der Instandhaltung heraus, das vordergründig auf sinnlicher Wahrnehmung beruht und sich im Vorhandensein von „Indizien“ (im Gegensatz zu den „Symptomen“) ausdrückt. Dieses Erfahrungswissen („klappernder Schütz“) wird geringer („stille Steuerungselektronik“) und muß durch systematische Fehlersuche erweitert werden. Der Inferenzmechanismus der Diagnosesysteme der Zukunft muß beide Bereiche berücksichtigen. Wer aber bildet das Erfahrungswissen ab bzw. gibt es weiter, da es meist als „Herrschaftswissen“ auftritt? Striebel gibt mit seinem Beitrag Anregungen zur Überwindung des technikzentrierten Ansatzes bei der Entwicklung von Diagnosesystemen durch Gestaltung qualifikationsorientierter Expertensysteme. Sehr kritisch schätzt Ziegler die von ihr typisierten wissensbasierten Diagnosesysteme ein:

- geringer Leistungsumfang des facharbeiterzentrierten Konzepts
- Themaverfehlung des vom Hersteller entwickelten Konzepts und
- diffuses, unspezifiziertes Multiuser-Konzept.

Im 3. Kapitel werden fachdidaktische Ansätze zur Instandhaltung diskutiert. Rose stellt die mangelnde Repräsentanz vor allem strategischer Ansätze zur Fehlersuche sowohl in den Fachdidaktik- als auch in den Lehrbüchern fest und entwickelt einen methodischen Ansatz, der auf Hypothesenbildung und -verifizierung durch progressive Reduktion basiert (Vorwärtsschließen durch Abarbeiten einer Ursache-Wirkungs-Kette). Ist aber die Fehlersuchstrategie nicht eine regressiv-reduktive Kausalbeziehung (Rückwärtsverkettung im Sinne von Erscheinungs-Ursache-Relationen)? Zuzustimmen ist dem Autor, daß „Diagnose- und Entscheidungsbefähigung“ als eine Schlüsselqualifikation mit Blick auf eine methodische Grundbefähigung anzusehen ist.

Der von Pahl/Vermehr konstatierte Übergang von der herkömmlichen Pflege und Reparatur zur Instandhaltung soll durch einen Übergang von der (bisher verwendeten) funktionsorientierten zur instandhaltungsorientierten Betrachtung

erreicht werden. Ist aber die funktionsorientierte Betrachtungsweise nicht eine unabdingbare Voraussetzung für die systematische Fehlersuche? Carstensen/Wilke-Schnauer formulieren in ihrem Beitrag (Fehlersuche an automatisierten Systemen) Merksätze für den Instandhalter, die diese „Standesdünkel Herrschaftswissen“ überwinden sollen und gleichzeitig als extrafunktionale Richtziele für die Instandhaltungsausbildung dienen können. Bracht stellt in seinem Beitrag das von der VW AG entwickelte Qualifikationskonzept für Anlagenführer unter besonderer Berücksichtigung der Instandhaltung und der Teamarbeit vor. Im 4. Kapitel werden ausbildungs- und unterrichtsrelevante Angebote unterbreitet. Pahl stellt das synthetisierende und analysierende Unterrichtsverfahren für die Umsetzung der drei Bereiche der Instandhaltung heraus. Die ganzheitliche Realisierung des synthetisierenden Verfahrens im Unterricht steht und fällt mit dem Vorhandensein eines realen oder modellierten Objektes und der entsprechend zu simulierenden Fehler(-klassen). Hier ergeben sich Notwendigkeiten der Lernortkooperation. Anders bei dem analysierenden Unterrichtsverfahren, bei dem im geistigen Nachvollzug realisierter Instandhaltungsaufgaben ganzheitliche Betrachtungsweisen angestrebt werden, die in der betrieblichen Ausbildung ihre praktische Umsetzung erfahren müssen. Im Unterrichtskonzept von Spathoff werden Beanstandungen des Kunden als Ausgangspunkt für die Arbeitsablaufplanung zur Fehlerbeseitigung bei der Einstellung des Förderbeginns am VW-Dieselmotor genommen. Hier stellt sich wiederum die Frage nach der effektiven Lernortkooperation. Asmus nutzt für sein Unterrichtskonzept versteckte Schalter, die einzelne Verbindungsleitungen zur SPS zeitweise unterbrechen, als simulierte Fehlerquelle und führt die Schüler durch ein Struktogramm zur systematischen Fehlersuche. Selbstkritisch stellt der Autor fest, daß diese Fehlerklasse nur 5% der Störungen an einer realen Anlage ausmacht und damit natürlich die Praxisrelevanz in Frage gestellt ist. Hieran zeigt sich ein generelles Problem, denn praktisch vorkommende Fehlerklassen sind im Unterricht und in der Ausbildung schwierig zu simulieren.

Auch Biber/Hoffmann widmen sich dem Problem der Gestaltung von Ausbildungssequenzen zur „Fehlersuche/Störungsbeseitigung“, aufgezeigt an FMS-Technik auf der Basis selbsterstellter Fehlerkataloge und Lernaufgabenfolgen. Die Fehler werden vorher vom Ausbilder eingebaut. Damit ist aber die reale Störungssituation schwierig darstellbar.

Mit dem vorliegenden Band wird eine in der Luft liegende berufspädagogische Herausforderung aufgenommen. Die durchweg für den Theoretiker und Praktiker interessant geschriebenen Beiträge sollten durch weitere Untersuchungen fortgeführt sowie in die Praxis umgesetzt werden.

Reinhard Malek

Egon Hartmann:

### Lexikon der Instandhaltung

Berlin 1991, ISBN 3-341-00932-9 39,80 DM

In diesem handlichen Nachschlagewerk werden in ca. 1200 Stichwörtern die grundlegenden Begriffe, Bezeichnungen und Vorschriften der industriellen Instandhaltung erläutert. Die Instandhaltung elektrotechnischer Anlagen sowie von Gebäuden und bautechnischen Anlagen wurde ausgespart. Der Benutzer findet in diesem Lexikon kurze, prägnante Hinweise zum Inhalt und der Durchführung von Instandhaltungsaufgaben. Stichwörter der zentralen Planwirtschaft sind als solche gekennzeichnet und in die allgemeingültigen Formulierungen eingeordnet. In einem Quellennachweis werden die Bezüge zu Fachbüchern, Zeitungen/Zeitschriften, Lexika und Informationen aufgezeigt. Der Anhang bietet eine Gegenüberstellung von instandhaltungsrelevanten Standards (TGL – Technische Güte- und Lieferbedingung) und Normen (DIN) sowie anderer Regelwerke (VDI, DKIN).

Dieses Buch empfiehlt sich für die Erstellung bzw. Überarbeitung von instandhaltungsbezogenen Unterrichtsthemen.

André Döring

Egon Hartmann:

### Einführung in die Instandhaltung

Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1987

Unter den Bedingungen der Mangelwirtschaft wurde der Instandhaltung in der DDR ein hoher Stellenwert zugemessen. Bei der Neuordnung der metall- und elektrotechnischen Ausbildungsberufe fanden aber Lehrplaninhalte aus dem Bereich der Instandhaltung nur unzureichende Berücksichtigung. So findet man im Lehrplan für den Industriemechaniker lediglich den Abschnitt „Einflußgrößen für die Zuverlässigkeit von Bauelementen und Funktionseinheiten beschreiben und Instandhaltungsmaßnahmen ableiten“. Dabei umfaßt dieser Abschnitt (je nach Fachrichtung) gerade einen von sechs bis acht Punkten bei einem Stundenvolumen zwischen 16 und 20 Stunden. In den Lehrplänen anderer Berufe (wie z.B. Zerspanungsmechaniker, Werkzeugmechaniker) wird die Instandhaltung überhaupt nicht erwähnt. Dem stehen aber Forderungen

der Wirtschaft entgegen, welche die Befähigung der Bediener zur Fehleranalyse und Instandsetzung verlangen.

Im Technologieunterricht kann jede Lehrkraft selbst Schwerpunkte setzen und Inhalte auswählen. Doch wie können dabei die vorhandenen Lehrbücher unterstützen? In vielen Fachbüchern Technologie Metall (z.B. aus dem Europa-Verlag oder dem Stam-Verlag) findet die Instandhaltung ebenfalls keine ausdrückliche Erwähnung. Lediglich in den Lernbüchern für den Industriemechaniker (Verlag Handwerk und Technik) sowie Fachwissen für Industriemechaniker (Stam-Verlag) sind Überblicke enthalten. Nicht verschwiegen werden soll aber, daß Inhalte bzw. Elemente der Instandhaltung in vielen Lehrplan- und Lehrbuchkapiteln integriert sind.

Das Lehrbuch von Egon Hartmann bietet unter Beachtung der damaligen Terminologie und dem Vernachlässigen einzelner Abschnitte, einen umfassenden Abriss der Instandhaltung. Folgende Kapitel (und deren wesentlichen Inhalte) können als bemerkenswert eingestuft werden:

- Instandhaltungsbedarf (Zuverlässigkeit, Langlebigkeit),
- Schädigungsarten,
- Formen der Instandhaltung (Technische Diagnostik),
- Vorbereitung, Durchführung und Auswertung einer Instandsetzung (am Beispiel einer Kreiselpumpe),
- Entwicklungstendenzen der Instandhaltung.

Die Lektüre einzelner Kapitel dieses Buches hilft, sowohl die einzelnen Bausteine als auch die Komplexität der Instandhaltung zu erkennen. Einen Schwerpunkt bildet die Darstellung von Handlungsabläufen von der Fehlererkennung bis zur Instandsetzung.

Als gute Ergänzung für die Unterrichtsvorbereitung sollen noch Teile der Unterrichtshilfen für die Facharbeiterausbildung „Ausgewählte Grundlagen der Instandhaltung“ (Staatsverlag der DDR 1987) genannt werden.

André Döring

Erwin Bernhardt:

### Handlungskompetenz als Zielkategorie ganzheitlich orientierten beruflichen Lernens nach der Neuordnung der industriellen Metallberufe

Frankfurt a.M./New York 1993, ISBN 3-631-46266-2, DM 89,00

Der Autor setzt sich in seinem Buch mit einer der zentralen Kategorien im Reformprozeß der beruflichen Bildung, der Handlungskompetenz als Schlüs-

selbqualifikation, kritisch-produktiv auseinander, wobei es ihm besonders darauf ankommt, deren Bedeutungsinhalt, lernorganisatorische und inhaltliche Gestaltung sowie Realisierung im System der Berufsausbildung darzustellen. Dies gelingt ihm in ganz hervorragender Weise, nicht zuletzt auch durch eine gründliche Literaturanalyse, -bewertung und -auswertung. Insofern gewinnt die Arbeit zusätzlich an Wert, da sie den aktuellen Stand zur Diskussion um den Begriff Handlungskompetenz im Zusammenhang mit dem Handlungslernen (gemeint ist ganzheitliches Lernen zur Entwicklung von Handlungskompetenz) widerspiegelt. Dabei kommen dem Autor sicher seine langjährigen Erfahrungen als Berufsschullehrer, der mit den unterschiedlichsten Lernsituationen im Berufsfeld Metalltechnik konfrontiert wurde, zugute. Interessant wird die Darstellung der Problematik dadurch, daß der Autor die Lösung der Aufgabe, nämlich Handlungskompetenz – im Kontext neuer Zielbeschreibungen – als Zielkategorie ganzheitlich orientierten beruflichen Lernens zu erörtern, an dem zentralen Widerspruch ganzheitlichen orientierten Lernens im mehrfach geteilten System der Berufsbildung festmacht, um die daraus resultierenden Probleme aufzudecken und über Möglichkeiten ihrer Überwindung zu reflektieren. Die Gliederung des Buches ist in sich logisch schlüssig, sie ist Spiegelbild der vom Autor bekundeten Absicht, Verständnis über die Zielkategorie Handlungskompetenz in ihrem Bedeutungsinhalt und in ihrem didaktischen Anspruch für die Umsetzung in Lernprozessen zu erreichen. Das Buch ist in die sieben Hauptabschnitte Einleitung, Anspruch an eine Berufsbildung nach der Neuordnung der industriellen Metallberufe, Handlungskompetenz als Zielkategorie beruflicher Bildung, Handlungslernen – Ein Konzept ganzheitlich orientierten Lernens zur Entwicklung von Handlungskompetenz, Probleme ganzheitlich orientierten Lernens in einem differenzierten System der Berufsbildung, Lernortdidaktische Ansätze als Beitrag zur Realisierung ganzheitlich orientierten Lernens im System der Berufsbildung sowie eine Zusammenfassung mit Ausblick gegliedert.

Die Erkenntnisse, die mit der Arbeit gewonnen wurden, u.a. Lerntätigkeit, Lerngegenstand gekennzeichnet, über didaktische Erfordernisse, charakteristische Merkmale von Handlungslernen in Berufsschule und Ausbildungsbetrieb reflektiert zu haben – um nur einiges zu nennen –, drängen nahezu darauf, in Schule und Betrieb angewendet zu werden. Doch die eigentlichen „Umsetzer“, den Lehrer und den Ausbilder werden sie kaum erreichen, da die als Dissertationsschrift veröffentlichte Arbeit für den genannten Adressatenkreis zu wenig transparent, nutzer- und anwendungsmotivierend und -freundlich ist. Dennoch gilt es festzustellen, wenn auch die Verifikation der Aussagen in diesem Buch nicht dargeboten wurde, sollte das nicht die Aussagerichtigkeit des Untersuchungsergebnisses generell in Frage stellen, denn der Blick des

Autors bei der Untersuchung war immer auf das dialektische Wechselverhältnis von Theorie und Praxis gerichtet.

Alles in allem sollte das Buch trotz seines hohen Preises interessierte Aufnahme im Kreise aller Fachkollegen finden; es fordert geradezu heraus, an der Entwicklung von Konzepten teilzuhaben, die die Wirksamkeit der Lerntätigkeit erhöhen helfen.

Joachim Moyé

*Alfred Bannwitz*

### Bericht aus der Arbeit des HGTB

Die 8. Sitzung der Koordinierungskommission der Arbeitsgemeinschaft der Hochschulinstitute für gewerblich-technische Berufsbildung, kurz: HGTB, fand am 13. Januar 1994 in Freital/Dresden statt. Als Sprecher der HGTB eröffnete Alfred Bannwitz die Sitzung und begrüßte Mitglieder und Gäste.

Im ersten Teil der Tagesordnung wurde ausführlich über die Tätigkeit und die Probleme an den Mitgliedsinstituten berichtet. Im zweiten Teil unterstrich Alfred Bannwitz, welche Motive und Aktivitäten zur Gründung der Arbeitsgemeinschaft führten und welche Veranstaltungen bisher durchgeführt werden konnten.

### Sitzungen der Koordinierungskommission

Sitzungen der Koordinierungskommission (KK) fanden statt:

18.04.1990	Gründung der HGTB und 1. Sitzung der KK in Braunschweig
11.09.1990	2. Sitzung der KK in Breitenbrunn (Erzgebirge)
19.11.1990	3. Sitzung der KK in Magdeburg
18./19.03.1991	4. Sitzung der KK in Schloß Gaußig
20.09.1991	5. Sitzung der KK in Bremen
11./12.02.1992	6. Sitzung der KK in Gosen bei Berlin
15./16.05.1992	7. Sitzung der KK in Hamburg
29.06.1993	Kurzes Zusammentreffen von Mitgliedern der KK im Zusammenhang mit dem Workshop „Wissenschaft und Beruf“ in Dortmund
13./14.01.1994	8. Sitzung der KK in Freital/Dresden

### Wissenschaftliche Begegnungen

Die HGTB war Veranstalter bzw. Mitveranstalter folgender wissenschaftlicher Begegnungen:

- 11./12.09.1990 Nationales Symposium zur „Berufsausbildung und Lehrkräfteausbildung im Berufsfeld Elektrotechnik/Elektronik“ (Breitenbrunn/Erzgeb.)
- 18./19.03.1991 Klausurtagung der HGTB zum Thema: „Die beruflichen Fachrichtungen in der universitären Lehre und Forschung“ (Schloß Gaußig)
- 16./18.09.1991 Europäisches Symposium „Qualifikation – Schlüssel für eine soziale Innovation“ (Bremen)
- 19.09.1991 Europäische Konferenz „CIM-Qualifizierung in Europa“ (Bremen)
- 28./29.6.1993 Workshop „Wissenschaft und Beruf“ (Dortmund)

### Publikationen

Im Namen der HGTB erscheinen nach Bedarf einzelne Veröffentlichungen.

- Die HGTB (vertreten durch den 1. und 2. Sprecher) ist Herausgeber des Buches „Wissenschaft und Beruf“, in dem Mitglieder der HGTB ihren Standpunkt zu den „Beruflichen Fachrichtungen im Studium der Berufspädagogen des gewerblich-technischen Bereichs“ vertreten. Das Buch wird vom Donat Verlag in Bremen vertrieben.
- Von der Koordinierungskommission (KK) der HGTB wurden 4 „Empfehlungen“ erarbeitet und veröffentlicht. Diese „Empfehlungen“ richten sich an Politiker, Bundes- und Landesbehörden, wissenschaftliche Einrichtungen, Verbände u.a. Darin wird kritisch Stellung genommen zu aktuellen Fragen von
  - Inhalt und Ausgestaltung der Ausbildung von Lehrern an beruflichen Schulen für alle Lernorte beruflicher Bildung,
  - der Evaluation der Berufsschullehrerausbildung unter besonderer Berücksichtigung der Beruflichen Fachrichtungen aus den Lernbereichen des Studiums,
  - der Entwicklung von Rahmenstudienordnungen für Berufliche Fachrichtungen,
  - der Weiterbildung der Berufsbildungsforschung und
  - einer noch stärkeren Berücksichtigung der Berufsbildungspraxis bei der Berufsschullehrerausbildung.

Die HGTB beschränkte sich bei diesen Veröffentlichungen nicht nur auf ein Feststellen des IST-Standes, sondern erarbeitete Vorschläge zur Veränderung und erklärte gleichzeitig die Bereitschaft, die Umsetzung wissenschaftlich zu begleiten und zu unterstützen. Darüber hinaus

- verabschiedete die KK im Verlaufe ihrer Tätigkeit Rahmenstudienordnungen für die Beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Metalltechnik und gab Anregungen für die Beruflichen Fachrichtungen Chemie und Bautechnik,
- beteiligen sich die Mitglieder der HGTB mit zahlreichen Beiträgen zu aktuellen Problemen in einschlägigen Fachzeitschriften,
- veröffentlichte die HGTB Informationen über wissenschaftliche Veranstaltungen oder Aktivitäten der Arbeitsgemeinschaft,
- fördert die HGTB den Wissenschafmleraustausch innerhalb der Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft. Das erbrachte viele Vorteile für die Umgestaltung in den neuen Bundesländern und gab umgekehrt den Wissenschaftlern aus den alten Bundesländern die Möglichkeit, objektiver die Ausbildung in der ehemaligen DDR kennenzulernen.
- wurden Kontakte für eine künftige Zusammenarbeit geknüpft mit der Kommission Berufs- und Wirtschaftspädagogik der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft, den Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung in den Fachrichtungen Elektrotechnik und Metalltechnik, dem Bundesinstitut für Berufsbildung sowie der Arbeitsgemeinschaft Hochschultage Berufliche Bildung.

Nicht immer gelang es dabei, die anvisierten Ziele in der Forschungsarbeit zu bewältigen. Insgesamt wird die Tätigkeit der HGTB positiv eingeschätzt, auch wenn die Mahnungen an die Politiker hinsichtlich der Zersplitterung der Berufsschullehrerausbildung und andere Hinweise zur Verbesserung dieser Ausbildung noch wenig bewirkt haben.

Im dritten Teil unterstrichen die Teilnehmer, daß die Mitgliedschaft in der HGTB an Institutionen und nicht aber an Personen gebunden sei. Oberstes Kriterium für eine weitere Öffnung soll weiterhin die Berufliche Fachrichtung bzw. die Entwicklung in dieser Richtung dazu bleiben. Anschließend wurde eine neue Vereinbarung für die HGTB beraten und verabschiedet.

Aus Altersgründen ist der bisherige 1. Sprecher der HGTB von seinem Amt zurückgetreten. Als 2. Sprecher dankte Felix Rauner mit herzlichen Worten Alfred Bannwitz für sein Wirken.

Durch die nachfolgenden Wahlen wurde Jörg-Peter Pahl zum 1. Sprecher gewählt und Felix Rauner in dem Amt als 2. Sprecher bestätigt.

Friedhelm Eicker

## Dresden 1993 – Ein Rückblick auf die Mitgliederversammlung der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik

Anlässlich der Jahrestagung der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik in der Technischen Universität Dresden wurde am 29.9.1993 eine öffentliche Mitgliederversammlung durchgeführt. Der Leiter der Geschäftsstelle, Herr Dr. Eicker, begrüßte die erschienenen Landesvertreter sowie Gäste der BAG.

### Vorstellung der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik

Zur Information der Anwesenden, vor allem aus den neuen Bundesländern, wurde ein Rückblick über die Geschichte der Bundesarbeitsgemeinschaft (BAG) gegeben. Die eigentlichen Wurzeln der BAG liegen in dem Modellversuch „Mehrmediensystem Elektrotechnik/Elektronik“ (MME), der in den Jahren 1972-1977 in 56 Schulen aller westlichen Bundesländer durchgeführt wurde. Ursprüngliches Ziel des Feldversuches war die Untersuchung, ob Funktionen eines Lehrers an Medien wie Lernprogramme, Tonbildschauen oder Experimentiersysteme übertragen werden können, um evtl. Personalkosten zu sparen. Sehr schnell zeigte sich jedoch, daß auch unter diesem ökonomischen Zwang die Persönlichkeit des Lehrenden Voraussetzung für einen effizienten Unterricht bleibt. Medien als Bestandteile eines offenen, komplexen Unterrichts sind dagegen wichtige Hilfsmittel für einen schülerorientierten Unterricht, der neben dem reinen Erwerb von Fachwissen auch auf die Persönlichkeitsbildung der Lernenden abzielt.

Ein Novum für manche Schulen war der Einsatz von Experimentalübungen für Schüler, zunächst mit detaillierter Anleitung, dann als lernergesteuerte Übungen. Hierbei dominierte der Gedanke einer Integration von Theorie und Praxis durch praktisch handelndes Lernen der Schüler; erst die Neuordnung der Berufe mit der Forderung nach selbständigem Planen, Durchführen und Kontrollieren ließ diese frühen Intentionen zum Allgemeingut für Lehrer, Ausbilder und Bildungsinstitutionen werden!

Da nach Abschluß des Modellversuchs die gewonnenen Erkenntnisse nicht hinreichend in der Lehreraus- und -fortbildung berücksichtigt wurden, schlossen sich Mitarbeiter des Projektes bundesweit zusammen, um z.B. Fachraum- und Ausstattungsempfehlungen zu erstellen, fachdidaktische Konsequenzen zu erörtern oder Probleme des dualen Ausbildungssystems zu besprechen.

Dazu waren aber weitere Vertreter aus den Bereichen der Hochschulen und Betriebe erforderlich, so daß 1982 die „Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik“ gebildet wurde. Sie war ein loser Zusammenschluß von Lehrern, Ausbildern und Hochschullehrern mit dem Ziel, Erfahrungen überregional auszutauschen und die Entwicklung der Berufsbildung im Fachbereich Elektrotechnik mitzugestalten. Das Kommunikationsmittel dazu war die Zeitschrift „lehren & lernen“; ein Forum zur direkten Aussprache waren die „Hochschultage Berufliche Bildung“, deren jeweilige Fachtagung von der BAG gestaltet wurde, sowie die regelmäßigen Tagungen der Landesvertreter.

Im Jahre 1989 wurde die BAG schließlich ein eingetragener Verein und führt seitdem die Bezeichnung „Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V.“; die Organe des Vereins sind der Vorstand und die Mitgliederversammlung. Für jedes Bundesland wird ein Landesvertreter und dessen Vertreter gewählt.

### lernen & lehren

Zwischenzeitlich wurde die „Vereinszeitschrift“ in „*lernen & lehren*“ umbenannt und zusammen mit der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik herausgegeben.

Ziel der Zeitschrift ist auch weiterhin, dem in der Berufsbildung Tätigen konkrete Hilfen, Informationen und Anregungen zu geben. Dies ist bisher – trotz mancher Schwierigkeiten – gut gelungen; leider mußten aber fast alle Beiträge der Mitglieder hierfür investiert werden, so daß der bisherige Bezugspreis kaum zu halten sein wird.

### Zukünftige Aktivitäten der BAG

Nach den vielfältigen bundesweiten Aktivitäten der letzten Jahren im Bereich der Berufsbildung (z.B. Modellversuche, neue Technologien, Lehrerfortbildung, Neuordnung der Berufe, didaktisch-methodische Modelle und dgl.) scheint nun eine gewisse Stagnation eingetreten zu sein, die eine progressive Weiterentwicklung hemmt. Aber ist eine solch heftige und schnelle Entwicklung mit ständig neuen brisanten Themen unbedingt wünschenswert? Ist nicht vielmehr auch eine Phase der Konsolidierung nötig, in der Lehrer fachlich und pädagogisch Sicherheit gewinnen können?

Für die zukünftige Arbeit der BAG wurde angeregt, ihre Erfahrungen und Kompetenz im Bereich der Berufsbildung einzubringen. Möglichkeiten dazu wären:

- zu aktuellen Fragen der Berufsbildung öffentlich Position zu beziehen, z.B. gegenüber Regierungen, Wirtschaftsverbänden, Institutionen u.ä.,
- auf die Existenz und Ziele der BAG in den Bildungs- und Kultusministerien hinzuweisen,
- Veranstaltungen der BAG als Fortbildung durch die Schulaufsichtsbehörde anerkennen zu lassen,
- als Träger von Fortbildungsveranstaltungen mit anderen Institutionen zusammenzuarbeiten,
- bei Entscheidungen im dualen Ausbildungssystem als neutraler Experte zu fungieren,
- mehr Öffentlichkeitsarbeit zu leisten, z.B. Selbstdarstellung bei Tagungen, Veranstaltungen und regionalen Projekten,
- neben dem Themenbereich „Neue Technologien“ wieder die Basis des Fachwissens, auch für lernschwache Schüler, als Schwerpunkt aufzunehmen.

Mehrfach wurde der Wunsch geäußert, über die BAG überregional Informationen auszutauschen. In jedem Bundesland existieren in Schulen, Instituten, Ministerien usw. zahlreiche Aktivitäten, die auch anderen Lesern und Mitgliedern der BAG bei der Lösung ihrer Aufgaben nützlich sein könnten. Auch die Kenntnis über schulische und schulaufsichtliche Rahmenbedingungen in anderen Bundesländern könnte für alle Beteiligten hilfreich sein. Das Spektrum dieser Informationen reicht vom Wissen über Modellversuche, Projekte, Lehrpläne bis hin zu Ausstattungen, Lehrereinsatz, Fortbildung und dgl.

Die nächste Mitgliederversammlung der BAG ist im Rahmen der Beruflichen Hochschultage '94 vorgesehen.

### Mitteilungen der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik

Vom 14. bis zum 16. September 1994 werden die Hochschultage Berufliche Bildung '94 in München stattfinden. Im Rahmen dieser Hochschultage lädt die Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik ein zur Fachtagung Elektrotechnik: 'Neue didaktische und methodische Ansätze für die Ausbildung in handwerklichen und industriellen Elektroberufen'. Die Mitglieder der BAG Elektrotechnik sind aufgerufen, sich mit eigenen Beiträgen an der Fachtagung zu beteiligen. Die Beiträge sollen in einem Tagungsband zusammengefaßt und veröffentlicht werden. Interessenten werden gebeten, eine Kurzfassung ihres Beitrags von nicht mehr als einer Seite zu übersenden an

Dr. Bernd Lübben  
BBS 4 Hannover  
Gustav-Bradtke-Allee 1  
30169 Hannover  
Tel: 0511/1684831  
Fax: 0511/13320

Dr. Klaus Jenewein  
Universität -GH- Duisburg  
Lotharstr. 1  
47057 Duisburg  
Tel: 0203/379-2229  
Fax: 0203/379-3163

Klaus Jenewein

### Mitteilungen der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik

Der Vorstand der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e.V. hat am 19.11.93 in Hamburg getagt. Es wurden zwei Entscheidungen zu den „Hochschultagen Berufliche Bildung“ 1994 getroffen:

1. Der Arbeitstitel für das Thema der Fachtagung 'Metall- und Maschinentechnik' im Rahmen der Hochschultage lautet 'Arbeitsorganisation und Berufsbildung'.
2. Mit der Vorbereitung der Veranstaltung werden Walter Lehl und Jörg-Peter Pahl betraut.

Interessenten an Thematik und Mitwirkung möchten sich bitte mit den Veranstaltern in Verbindung setzen.

Kontaktadresse: Prof. Dr. Jörg-Peter Pahl  
Technische Universität Dresden  
Institut für Berufliche Fachrichtungen  
Weberplatz 5  
01217 Dresden

Die Hochschultage Berufliche Bildung werden von Mittwoch, den 14.09.94, bis einschließlich Freitag, den 16.09.94, in München stattfinden.

Peter Schwartau

Heinz-Dieter Schulz

## Umweltbildung in der Versorgungstechnik

### Zweite bundesweite Fachtagung Versorgungstechnik in Freiburg vom 8. bis 10. November 1993

„Umweltbildung in der Versorgungstechnik“ lautete das aktuelle Thema, zu dem das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), das Institut Technik und Bildung (ITB) der Universität Bremen und die Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule (RFGS) vom 8.-10.11.93 nach Freiburg eingeladen hatten. Mehr als 170 Teilnehmer aus Berufsschulen, Betrieben, Behörden und Verbänden folgten dieser Einladung. Vertreten waren Fachleute aus fast allen Bundesländern Deutschlands, einzelne Teilnehmer waren aus Österreich und Italien angereist. Die große Resonanz auf die Tagung zeigt, daß einerseits ein großer Bedarf an Diskussionen und Informationsaustausch zwischen Berufspädagogen/Praktikern/Funktionsträgern besteht. Andererseits präsentiert sich mit der Versorgungstechnik ein Bereich, dem bis Mitte der 80er Jahre in der Berufsbildungslandschaft eher ein „Mauerblümchendasein“ beschieden war und der sich heute (Freiburg richtete bereits die zweite bundesweite Fachtagung Versorgungstechnik aus, die erste fand in Bremen 1991 statt) selbstbewußt und offensiv der Öffentlichkeit darstellt. So war während der Fachtagung „Umweltbildung in der Versorgungstechnik“ eine öffentliche Ausstellung zu sehen, auf der Hersteller moderne Heizungstechnik, Dämmstoffe und -materialien, Brennwertechnik und Solartechnik präsentierten, aber auch Informationen und Materialien u.a. der Fraunhofer-Gesellschaft sowie des Öko-Instituts Freiburg wurden mit sachkundiger Beratung angeboten.

Die Fachtagung selbst wies eine abwechslungsreiche Palette von Angeboten auf. Während Montag, der 8.11.93, im Zeichen von Fachreferaten zur Thematik und einer Einführung in die Ausbildungskonzeption der Freiburger Berufsschule stand, wurden am Dienstagmorgen vier Exkursionen angeboten, in denen praktische Umsetzungen zu Photovoltaik, Blockheizkraftwerk, Solartechnik und zu einem energieautarken Solarhaus erkundet wurden. Am Nachmittag konnten die Teilnehmer zwischen fünf Workshops wählen, in denen die Themenbereiche

- Konzepte zur Energie- und Wassersparkompetenz,
- Mediendidaktische Ansätze für Umweltlernen,
- Verbindung von bau- und versorgungstechnischer Ausbildung,

- Labor für Gebäudeautomation/Gebäudeleittechnik,
- Vorstellung von Unterrichtseinheiten aus der Freiburger FAS-Konzeption

bearbeitet wurden. Den Abschluß der Tagung bildete ein Curriculum-Basar mit Medien, Materialien und Unterrichtseinheiten zur Versorgungstechnik, eine Vorstellung mit Übungen aus FAS-Modulen im Freiburger Labor sowie eine eindrucksvolle Vorführung im Richard-Fehrenbach-Planetarium, welches in der RFGS untergebracht ist, zum Ozonloch und Treibhauseffekt.

Ein attraktives Rahmenprogramm mit Weinprobe und Besuch des Jazzhauses machte zusätzlich die Kommunikation unter den Teilnehmern in einer aufgelockerten Atmosphäre möglich. Die Resonanz der Fachtagungsteilnehmer war – zusammengefaßt – ausgesprochen positiv. Die Beiträge und Ergebnisse der Tagung werden in einem vom ITB, BIBB und RFGS herausgegebenen Tagungsband mit dem Titel „Umweltbildung in der Versorgungstechnik“ in der Schriftenreihe des BIBB „Tagungen und Expertengespräche“ voraussichtlich im März 1994 erscheinen. Dieser Tagungsband kann ebenso wie der Ergebnisband der Fachtagung Versorgungstechnik 1991 „Hoppe, M. (Hrsg.): Versorgungstechnik und Berufsausbildung. Entwicklungen“ zum Preis von 19,00 DM über nachstehende Adresse bestellt werden:

Arbeitskreis Versorgungstechnik  
c/o Institut Technik und Bildung  
z. Hd. Frau Marion Scholz  
Grazer Str. 2 B  
28359 Bremen  
Tel.: 0421/218-2303/-4623 Fax: 0421/218-4624

### Wichtige Mitteilung für die Mitglieder der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik

Der Vorstand hat es nun über viele Jahre geschafft, so gut wie nichts von den Mitgliedsbeiträgen für die Verwaltung auszugeben. Fast alles, was an Beiträgen einkam, verbrauchte die Herstellung und der Versand unserer Zeitschrift *lernen & lehren*. Der Verlag teilte uns nun mit, daß er – infolge der Portoerhöhung im letzten Jahr – mit den bisherigen Mitteln nicht mehr zurecht kommt. Deshalb mußte der Vorstand auf seiner Sitzung am 25.2.94 in Hannover satzungsgemäß den Jahresbeitrag erhöhen. Ab 1.1.94 macht der Jahresbeitrag 53,- DM aus. Wir bitten alle Mitglieder, die uns noch keine Einzugsermächtigung erteilt haben, den neuen Jahresbeitrag für 1994 zu überweisen. Wie sorgfältig der Vorstand mit den Mitgliedsbeiträgen umgeht, können alle

Mitglieder auf unserer nächsten Jahreshauptversammlung während der Hochschultage im September 1994 in München erfahren, wenn unser Schatzmeister seinen Rechenschaftsbericht vorlegen wird.

Gottfried Adolph

### Wichtige Mitteilung für die Mitglieder der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik

Der Mitgliedsbeitrag der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik wurde bei Gründung des Vereins (in Anlehnung an die derzeit bereits bestehende Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik) äußerst knapp kalkuliert. Im Alltagsbetrieb stellte sich heraus, daß von dem Beitrag, wenn die Kosten der Zeitschrift *lernen & lehren* abgezogen sind, zu wenig für die allgemeinen Verwaltungskosten wie Kontogebühren, Porto und Bürobedarf zur Verfügung steht. Angesichts der überraschenden, aber nachzuvollziehenden Preiserhöhung für die Zeitschrift, sah sich auch der Vorstand der BAG Metalltechnik in seiner Sitzung am 25.3.94 gezwungen, die Beitragssätze entsprechend dem Beschluß der BAG Elektrotechnik auf 53.- DM anzuheben.

Der Vorstand bittet um Nachsicht für die sehr späte Entscheidung, die in der gegebenen Situation aber unvermeidbar war. Selbstzahler werden gebeten, für 1994 den neuen Beitrag zu überweisen. Einzelne Abbuchungen im Lastschriftverfahren in der Höhe des alten Betrags beziehen sich noch auf das Jahr 1993. Im Rahmen der Hochschultage 1994 in München wird eine Jahreshauptversammlung der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik stattfinden, zu der auch gesondert eingeladen wird.

Peter Schwartau

### Zu guter Letzt

Zu guter Letzt eine Bitte an alle Lehrer, Mentoren, Seminarleiter und Referendare unter unseren Lesern. Die Zeitschrift *lernen & lehren* wird von den Mitgliedern oder mit Fragen der Berufsausbildung in der Elektro- oder Metalltechnik Befasster gestaltet und bietet die gute Möglichkeit, einem interessierten Leserkreis von gelungenen Projekten, besonderen Unterrichtsvorhaben oder neuen Unterrichtsansätzen zu berichten. Die Schriftleitung möchte jeden ermuntern, seinen Lösungsansatz im Rahmen dieser Reihe vorzustellen, und sie ist bestrebt, dazu jede notwendige Hilfestellung zu geben. Die Anschrift der Redaktion finden Sie auf der Innenseite des Umschlags.

### Autorenverzeichnis

ADOLPH, Gottfried

Prof. Dr., Schwerfelstr. 22, 51427 Bergisch-Gladbach

BANNWITZ, Alfred

Prof. Dr., BEST-Sabel-Bildungszentrum, Kirchstr. 1, 01705 Freital

BIBER, Jörg

Dr., Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, Weberplatz 5, 01217 Dresden

BUCK, Jörn

Studienreferendar, Fuhlendorfweg 29, 22589 Hamburg

BRUNS, F. Wilhelm,

Prof. Dr., Forschungszentrum Arbeit und Technik, Universität Bremen, Bibliothekstr., 28359 Bremen

DÖRING, André

Dipl.-Ing.-Päd., Berufliches Schulzentrum für Technik Pirna, Siegfried-Rädel-Str. 13, 01796 Pirna

DRECHSEL, Klaus

Dr.paed. habil., Dozent Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, Weberplatz 5, 01217 Dresden

EICKER, Friedhelm

Dr., Berufsschule für Elektrotechnik, An der Weserbahn 4-5, 28195 Bremen

HOPPE, Manfred

Prof. Dr., Institut Technik und Bildung, Grazer Str. 2, 28359 Bremen

JACOBS, Otmar

Mitarbeiter am Institut Technik und Bildung, Grazer Str. 2, 28359 Bremen

JENEWEIN, Klaus

Dr. paed., Dipl.-Ing., Oberingenieur an der Universität -GH- Duisburg, Technologie und Didaktik der Technik, Lotharstr. 65, 47057 Duisburg

KRZOK, Frank

Berufsschullehrer für Metalltechnik, Schulzentrum Vegesack, Kerschensteinerstr. 2, 28757 Bremen

MALEK, Reinhard

Dr. paed. habil., Technische Universität Dresden, Institut Berufspädagogik, Weberplatz 5, 01217 Dresden

MANDEL, Manfred

Berufsschullehrer für Metalltechnik, Schulzentrum Vegesack, Kerschensteinerstr. 2, 28757 Bremen

MIZDALSKI, Reiner

Dr., Berufsschullehrer für Elektrotechnik, Schulzentrum Vegesack, Kerscheneinsteinerstr. 2, 28757 Bremen

MOYÉ, Joachim

Dr., Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, Weberplatz 5, 01217 Dresden

NIEMANN, Ingo

Dipl.-Ing.-Päd., Mitarbeiter am Bildungs- und Technologiezentrum des Kfz-Gewerbes Möckern in Sachsen-Anhalt, Buchenweg 16, 39120 Magdeburg

PISTOR, Werner

Berufsschullehrer für Elektrotechnik, Schulzentrum Vegesack, Kerscheneinsteinerstr. 2, 28757 Bremen

TZSCHÄTZSCH, Axel

Dipl.-Ing., Ingenieurbüro Tzschätzsch, Am Glaswerk 12, 11705 Freital

PAHL, Jörg-Peter

Prof. Dr., Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, Weberplatz 5, 01217 Dresden

ROOS, Attila Josef

Dipl.-Ing., freiberuflicher Autor, Alpenstr. 8, 86825 Bad Wörishofen

SCHULZ, Heinz-Dieter

Dr., Dipl.-Ing., wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts Technik und Bildung, Grazer Str. 2, 28359 Bremen

SCHWARTAU, Peter

Studiendirektor, Staatliche Gewerbeschule Maschinenbau Hamburg, Angerstr. 7, 22087 Hamburg

SPRATHOFF, Jean-Mc

Berufsschullehrer, Ginsterweg 20, 27356 Rotenburg/Wümme

VERMEHR, Bernd

Studiendirektor, Achter Lüttmor 28, 22559 Hamburg

## Beitrittserklärung

Ich bitte um die Aufnahme in die **Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e. V.** Es entsteht mir damit ein Jahresbeitrag von DM 53,- (einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift 'lernen & lehren'). Den Gesamtbetrag überweise ich auf das Konto der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e. V., Konto-Nr. 103 8314 bei der Sparkasse in Bremen (BLZ 290 501 01).

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

Anschrift: .....

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

### Ermächtigung zum Einzug des Beitrags mittels Lastschrift:

Hiermit ermächtige ich die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e. V. widerruflich, den von mir zu zahlenden Beitrag einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift 'lernen & lehren' zu Lasten meines Girokontos mittels Lastschrift einzuziehen.

Kreditinstitut: .....

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

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

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

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

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

Absenden an: BAG Elektrotechnik e. V., Geschäftsstelle: Berufsschule für Elektrotechnik, An der Weserbahn 4-5, 28195 Bremen

## Beitrittserklärung

Ich bitte um die Aufnahme in die **Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V.** Es entsteht mir damit ein Jahresbeitrag von DM 53,- (einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift 'lernen & lehren'). Den Gesamtbetrag überweise ich auf das Konto der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V., Konto-Nr. 1203 124 274 bei der Haspa Hamburg (BLZ 200 505 50).

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

Anschrift: .....

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

### Ermächtigung zum Einzug des Beitrags mittels Lastschrift:

Hiermit ermächtige ich die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V. widerruflich, den von mir zu zahlenden Beitrag einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift 'lernen & lehren' zu Lasten meines Girokontos mittels Lastschrift einzuziehen.

Kreditinstitut: .....

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

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

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

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

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

Absenden an: BAG Metalltechnik e. V., Geschäftsstelle: Gewerbeschule Maschinenbau (G1), Angerstr. 7, 22087 Hamburg

### Plakataktion der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung (BAG) in der Fachrichtung Elektrotechnik

Einem Teil dieser Auflage liegen zwei Plakate bei, mit denen die BAG Elektrotechnik über ihre Arbeit und über die Jahrestagung '94 in München informiert. Die BAG hofft, auf diesem Wege weitere Kolleginnen und Kollegen für ihre Arbeit zu interessieren und gleichzeitig einen großen Interessentenkreis für ihre Jahrestagung '94 in München ansprechen zu können.

Die Mitglieder der BAG werden gebeten, diese Plakate potentiellen Interessenten durch Aushang in Ausbildungsbetrieben, berufsbildenden Schulen, Studienseminaren und Weiterbildungsinstitutionen zugänglich zu machen.

Sollte es erforderlich sein, ist es möglich, weitere Exemplare der beiden Plakate zur Verfügung zu stellen. Melden Sie sich in diesem Fall bitte bei der Geschäftsstelle.

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

„lernen & lehren“ erscheint vierteljährlich, Bezugspreis DM 56,- (4 Hefte)  
zuzüglich Versandkosten (Einzelheft DM 12,- /Doppelheft DM 24,-)

---

**Inhalte:**

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

**Folgende Hefte sind noch erhältlich:**

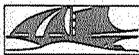
- 11: Eine Berufsschule in München
- 12: Kunst für Elektrotechniker
- 15: Automation in der Produktion
- 16: Neuordnung im Handwerk
- 18: Grundbildung
- 20: Berufsbildung in der DDR
- 21: Lehrerkoooperation und Kreativitätsförderung
- 22: Automatisierungstechnik
- 23: Gebäudeleittechnik
- 24: Aufgabenwandel der Berufsschule
- 27: Duales System
- 28: Lernen durch Arbeiten
- 29: Auto und Beruf
- 30/31: Berufliche Umweltbildung
- 32: Betriebliche Weiterbildung

---

Von den Abonnenten der Zeitschrift „lernen & lehren“ haben sich allein über 500 in der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V. sowie in der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e.V. zusammengeschlossen.

Auch Sie können Mitglied in einer der Bundesarbeitsgemeinschaften werden. Sie erhalten dann „lernen & lehren“ zum ermäßigten Bezugspreis.

Mit dem beigefügten Bestellschein können Sie „lernen & lehren“ bestellen und Mitglied in einer der Bundesarbeitsgemeinschaften werden.



Donat Verlag, Borgfelder Heerstr. 29, 28357 Bremen  
Telefon (0421) 274886 Fax (0421) 275106