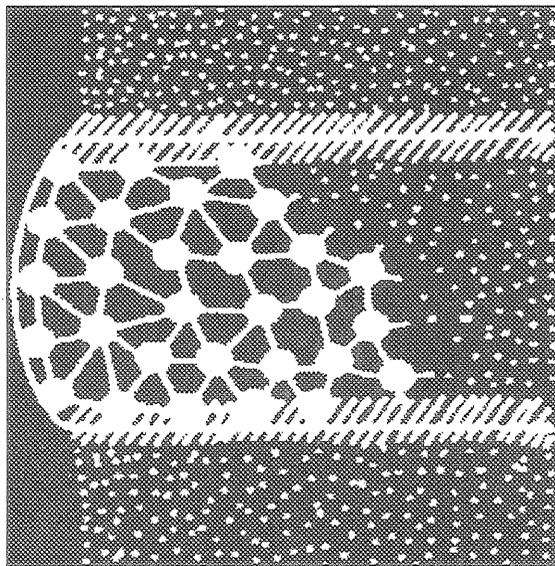


lernen & lehren

Elektrotechnik / Metalltechnik



Schwerpunkt:

Klebertechnik in der Fertigung

van Halteren: Klebstoffmarkt und Entwicklungen
Hennemann/Groß: Klebertechnik - eine Einführung

Groß: Chemische Härtung, Oberflächen

Schenkel: Industrielle Fertigung

25/26



Donat Verlag

lernen & lehren Elektrotechnik/Metaltechnik

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), Karlheinz Geißler (München), Manfred Hoppe (Bremen), Jörg-Peter Pahl (Hamburg), Felix Rauner (Bremen), Werner Thomas (Chemnitz)

Ständige Mitarbeiter: Klaus Beuth (Freiburg), Hans Borch (Berlin), Peter Collingro (Berlin), Friedhelm Eicker (Bremen), Detlef Gronwald (Bremen), Hans-Dieter Hellige (Bremen), Wolfhard Horn (Köln), Heinrich Hübscher (Lüneburg), Gerhard Karweg (Berlin), Rolf Katzenmeyer (Gießen), Ute Laur-Ernst (Berlin), Hans Linke (Hildesheim), Wolf Martin (Hamburg), Klaus Rütters (Hannover), Ernst-Günter Schilling (Hamburg), Otto Ullrich (Berlin), Helmut Ulmer (Homburg/Saar)

Heftbetreuung: Manfred Hoppe

Schriftleitung und
Redaktion: Gottfried Adolph (Köln), Peter Gerds (Bremen)

Geschäftsstelle: lernen & lehren
c/o Institut Technik & Bildung
z.Hd. Frau Karin Hohenspein
Grazer Str. 2
2800 Bremen 33
Tel.: (0421) 2380926

Layout: Roland Bühs, Bremen

Alle schriftlichen Beiträge und Leserbriefe bitte an die obenstehende Adresse.

Verlag, Vertrieb und
Gesamtherstellung: Donat Verlag
Brandenweg 6
2800 Bremen 33
Tel.: (0421) 274886/273917

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

Bremen, 1992
ISSN 0940-7340

Schwerpunkt:
Klebtechnik in der Fertigung

25/26

Editorial	6
Der Kommentar	
Lehrer ist Lehrer <i>Gottfried Adolph</i>	8
Schwerpunkt Klebtechnik in der Fertigung	
Der Klebstoffmarkt und Entwicklungen in der Klebtechnik <i>Ansgar van Halteren</i>	11
Klebtechnik - eine Einführung <i>Otto-Diedrich Hennemann und Andreas Groß</i>	16
Chemisch härtende Klebstoffe und ihre Anwendung <i>Andreas Groß</i>	22
Kleben: Oberflächen, Adhäsion und Langzeitbeständigkeit <i>Andreas Groß</i>	37
Kleben von Kunststoffen <i>Georg Krüger</i>	51
Praktische Tips „Rund ums Kleben“ <i>Petra Theuerkauff</i>	63
Einsatz verschiedener Klebstoffsysteme in der Industrie <i>Robert Saller und Wolfgang Fleischhauer</i>	73
Kleben in der industriellen Fertigung <i>Hubert Schenkel</i>	87
Klebstoffanwendungen im industriellen Einsatz unter Berücksichtigung umweltfreundlicher Aspekte <i>Helmut Doyen und Hans-Günther Cordes</i>	91
Unterricht und Ausbildung - Zum Schwerpunktthema	
Metallkleben in der beruflichen Bildung Ein Ausbildungsmittel für die Qualifizierung in der Klebtechnik <i>Rolf Gänger und Denny Glasmann</i>	96
Der Einfluß von Überlappungslänge und Breite einer Klebnaht auf die Zugscherfestigkeit von geklebten Metallverbindungen <i>Henning Juhl</i>	106
Beispiele aus der Praxis von Unterricht und Ausbildung außerhalb des Schwerpunktthemas	
Handlungsorientierter Unterricht im Berufsschulalltag <i>Albert Häusler, Günther Hörlein, Gert Pitscheneder, Karl-Heinz Schmidt</i>	113

Das Ausbildungsprojekt „Prüfgerät für die Anhängersteckdose“. Ein Beispiel für eine integrierte Grundbildung Metall/Elektrotechnik <i>Peter Gerds, Hermann Hitz, Jürgen Raab, Claus Schumacher, Klaus Walendi</i>	129
FAS - Ein Ausbildungskonzept für versorgungstechnische Berufe <i>Olaf Srowig, Gottfried Wetzel</i>	143
Forum	
Zur Entwicklung der Berufsschule: Aufgabenwandel oder auslaufendes Modell? <i>Peter Gerds</i>	149
Ausbildung von Berufspädagogen - Neue Ansätze in den technischen Fachrichtungen <i>Jörg-Peter Pahl</i>	151
Berichte	
Bericht über die Landesvertretertagung der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Elektrotechnik <i>Helmut Ulmer</i>	159
Berufsausbildung in der Versorgungstechnik <i>Otmar Jacobs</i>	163
Automatisierungstechnik in der beruflichen Bildung - Workshop in Dresden <i>A. Richter</i>	165
Münchener Berufsschüler in Plymouth <i>Helmut Klüsener und Karl Gramling</i>	168
Rezensionen	
Horst Crome: Fachkunde CAD-Technik	170
Jörg-Peter Pahl: Grundbildung zwischen Schule und Beruf	171
Peter Gerds: Reihe Arbeitspapiere des Instituts Technik & Bildung	172
Hinweise und Mitteilungen	
Ankündigung der Fachtagung Elektrotechnik der Bundesarbeitsgemeinschaft im Rahmen der Hochschultage Berufliche Bildung '92	174
Mitteilungen der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V.	179

Editorial

Das Anwendungsspektrum für Kleben reicht von der traditionellen Holzverbindung über die Raumfahrttechnik bis hin zur Medizin. Wichtige Berufsfelder für Klebtechnik - so der Terminus - sind Elektro- und Metalltechnik.

Kleben wurde in den vergangenen Jahren Bestandteil des Alltags - nicht nur im Privatleben, sondern auch im Handwerk und in allen Zweigen der Industrie. Kleben bietet sich heute als Alternative für viele der traditionellen Verbindungsverfahren an.

In den neu geordneten Berufen der Metall- und Elektrotechnik ist Kleben sowohl in den Ausbildungsordnungen als auch in den Lehrplänen ausgewiesen - wenn auch in unterschiedlichem Umfang.

Für die elektrotechnischen Berufe (Industrie) sind in der betrieblichen Ausbildung im 1. Jahr insgesamt 2 Wochen als Richtwerte für das Herstellen mechanischer Verbindungen vorgesehen, darunter «Kleben nach Eigenschaften und Verwendungszweck auszuwählen sowie Klebeverbindungen zwischen gleichen und verschiedenen Werkstoffen nach Anweisung und Unterlagen herstellen».

Für Metaller der industriellen Berufe werden für das «Fügen», also insgesamt für Schraub- und Bolzenverbindungen, Löten, Schmelzschweißen und Kleben global 8 Wochen angeführt.

Kleben ist natürlich auch Ausbildungsinhalt der neu geordneten Handwerksberufe. Die Darstellung entsprechender Einzelheiten wird an dieser Stelle jedoch nicht weiter verfolgt.

Für den schulischen Teil der Berufsausbildung sind in den KMK-Rahmenlehrplänen zur Klebtechnik unterschiedliche Aussagen zu finden, z.B. für den/die Anlagen- und Konstruktionsmechaniker/in im 2. Ausbildungsjahr unter Lernziele: „Physikalische und chemische Grundlagen des Klebens beschreiben“.

Bei den angeführten beispielhaften Richtwerten bleibt offen, wieviel Zeit wirklich für das Kleben verwendet werden kann und auch wird. Die für eine gute Ausbildung erforderliche Zeit sollte man sich aber nehmen, denn ein qualifiziertes Angebot in Klebtechnik ist unverzichtbar, wenn die Möglichkeiten des Klebens in den Berufen der Elektro- und Metalltechnik genutzt werden sollen. Nichts ist der Zukunft dieses entwicklungsfähigen Bereichs abträglicher, als wenn ein laienhafter Umgang mit dem Kleben zu negativen Erfahrungen führt, in deren Folge die Abwahl der Klebtechnik steht.

Ob die Ausbildung für das Kleben mit den gegenwärtig vorgesehenen Zeitanteilen in diesem Sinne gelingen kann, ist wohl noch eine offene Frage. Es wird auch darüber nachgedacht werden müssen, wie Fachkräfte in Handwerk und Indu-

strie für Klebtechnik Anwendungen der verschiedenen Berufe im Zusammenspiel von Erstausbildung und Fort- und Weiterbildung zu gewinnen sind.

Bei der Realisierung des Heftes «Klebtechnik» standen wir vor der Entscheidung, entsprechende Ausbildungsbeispiele und Unterrichtseinheiten zu präsentieren, zu deren Gunsten aber die Darstellung der Klebtechnik zu reduzieren. Wir haben uns in diesem Fall dafür ausgesprochen, den Abdruck recht umfangreicher Materialien zur Klebtechnik in einem Doppelheft vorzunehmen, um damit die Planungen und Vorbereitungen für die Umsetzung in Unterricht und Ausbildung in den Berufsfeldern Elektro- und Metalltechnik anzuregen. Wir wissen zwar, daß Kleben in der betrieblichen Ausbildung großer Unternehmen des Flugzeugbaus, der Automobilbranche, der Elektronik angeboten wird, relativ unklar scheint aber zu sein, wie entsprechende Unterrichtseinheiten in Kleinbetrieben und in der Berufsschule aussehen. Lernen & Lehren hat daher vorgesehen, Angebote zur Ausbildung in Klebtechnik in den nächsten Heften abzudrucken. Wir bitten zur Einlösung dieses Vorhabens um Unterstützung - sprich Zusendung von Manuskripten - zur Einlösung dieses Vorhabens.

Gottfried Adolph

Kommentar

Lehrer ist Lehrer

Kritisches Denken unterscheidet. Das ist sein Wesentliches. Durch Unterscheiden offenbart sich die Komplexität des Realen. Eines ist nicht wie das andere. Wer es mit der theoretischen, d. h. kritischen Bewältigung von realen Problemen zu tun hat, wird deshalb häufig von der übergroßen Komplexität der realen Ereignisse und Gegebenheiten überwältigt. Das läßt ihn oft zögern, wenn es um das Handeln geht.

Vom Standpunkt desjenigen aus, dem es um die praktische Bewältigung von realen Problemen geht, wirkt der kritisch Denkende als Verkomplizierer. Er steht dem Machen hindernd im Wege. Der Macher hat die Tendenz zu generalisieren. Generalisieren bedeutet Vereinfachen durch Gleichsetzung: „Im Prinzip ist das eine wie das andere.“ Generalisieren macht uns die Welt übersichtlicher. In einer übersichtlichen Welt fühlen wir uns vertraut. In einer uns vertrauten Welt fühlen wir uns handlungssicher und deshalb handlungsfähig. Aus dieser emotionalen Lage heraus nährt sich diese allgemeine Tendenz zur Vereinfachung.

Aus dem Gefühl der Handlungsfähigkeit erwächst jedoch keine Handlungskompetenz. Das offenbart sich häufig im Feld der praktischen Politik. Am Mangel des kritischen Unterscheidens erweist sich die Schwäche eines Politikers und die seiner Politik. Eine starke Politik stemmt sich gegen die Tendenz der Vereinfachung durch Gleichsetzen. Das ist hart und mühevoll, besonders in einer demokratischen Gesellschaft und das noch in besonderem Maße, wenn es sich, wie bei der unsrigen, um eine Stimmungsdemokratie handelt.

Für die Gestaltung gesellschaftlicher Realität wirkt sich die allgemeine Generalisierungstendenz, das Fehlen des Mutes, Unterschiedliches auch unterschiedlich zu behandeln, häufig verhängnisvoll aus. So stehen die beruflichen Schulen für Metall- und Elektrotechnik wegen des immer größer werdenden Fachlehrermangels vor dem existentiellen Abgrund. Obwohl diese Entwicklung seit Jahren erkennbar war und von vielen auch erkannt und benannt wurde, machte das Postulat „Lehrer ist Lehrer“ die Schulpolitik handlungsunfähig. Besonders auch deshalb, weil der Lehrerüberschuß und die damit verbundene Lehrerarbeitslosigkeit in vielen allgemeinen Fächern in den Medien nie qualitativ, sondern stets quantitativ dargestellt wurde. Hier wurde stets von zu vielen Lehrern gesprochen und so gut wie nie von zu vielen Deutsch- und viel zu wenig Techniklehrern. Das

hielt viele junge Menschen davon ab, ein Techniklehrerstudium zu beginnen. Wenn man dazu noch bedenkt, daß 1. der Arbeitsmarkt für gut ausgebildete Ingenieure in den letzten Jahren ständig besser wurde, 2. die gezahlten Löhne gleichfalls stiegen und ihr Abstand von den Lehrergehältern entsprechend wuchs und daß 3. insgesamt die Zahl der Studierenden, die ihre Lebensplanung auf eine technische Beruflichkeit hin ausrichten, zurückgeht, kann man ermes- sen, was alles hätte getan werden müssen, um den realen Erfordernissen Rechnung zu tragen.

Im gesamten produktiven Bereich wird immer deutlicher, daß die taylor'sche Arbeitsorganisation der Wettbewerbsfähigkeit mehr und mehr im Wege steht. Der Ruf nach hochqualifizierten mitdenkungsfähigen, verantwortungsfähigen, selbständigen, selbstbewußten, kooperationsfähigen und gestaltungsfähigen Mitarbeitern wird in immer mehr Bereichen immer lauter. Während also der Bedarf an technischer Bildung auf einem hohen Niveau wächst, die Ansprüche an die technischen Schulen damit immer größer werden, überaltern ihre Kollie- gen, fehlt ihnen schon seit Jahren der notwendige Nachwuchs.

Gewiß hat es in manchen Bereichen die eine oder andere Sonderregelung gegeben, um einem differenzierten Problem mit differenzierten Maßnahmen zu begegnen. Das Postulat „Lehrer ist Lehrer“ hat aber meist sehr schnell solche Regelungen verallgemeinert und damit unwirksam gemacht. Über diesen Me- chanismus ist im Laufe der Zeit eine so große Unübersichtlichkeit von verallge- meinerten Sonderregelungen entstanden, daß der Kultusminister eines großen Bundeslandes sich nicht mehr anders helfen konnte, als sich der analytischen Hilfe eines Wirtschaftsprüfungsunternehmens zu bedienen.

Wirtschaftsprüfer prüfen nach ökonomischen Gesichtspunkten. Prüfen sie Schu- len, so können sie gar nicht anders als Schulen wirtschaftenden Unternehmen gleichzusetzen. Dem „Lehrer ist Lehrer“ setzen sie nun durch „Betrieb ist Betrieb“ noch eins drauf. Entsprechend ist das Ergebnis und seine Wirkung. Alle die vielen Lehrer, die ihren Beruf nicht nur als Job auffassen und deshalb sehr viele - wirtschaftlich nicht mehr meßbare - Humanarbeit leisten, fühlen sich nun dem „Mark und Pfennig“-Prinzip unterworfen. (Ich glaube, der Minister kann gar nicht ermes- sen, was er damit der Schulkultur in seinem Lande und darüber hinaus angetan hat.

Wer nach wirtschaftlichen Kriterien prüft, kann nicht umhin, auch die wirtschaft- liche Situation der Lehrerfort- und -weiterbildung zu untersuchen. Sie wurde im Gutachten deshalb auch besonders kritisiert, was den Herrn Kultusminister zu einer außergewöhnlich schnellen Reaktion im Hinblick auf die Zurücknahme von für Fort- und Weiterbildungen eingeräumten Unterrichtsermächtigungen brachte. Und schon wieder schlug das Prinzip „Lehrer ist Lehrer“ voll durch. Nicht der unterschiedliche Fortbildungsbedarf in den unterschiedlichen Unterrichtsfä- chern gab den Maßstab, sondern das Prinzip „Alles gilt für alle“.

Das trifft die Lehrer für Metall- und Elektrotechnik wiederum besonders hart. Es gibt wohl kaum eine andere Lehrerguppe, die soviel Zeit und Energie für die eigene Kompetenzerweiterung aufgebracht hat und hat aufbringen müssen und auch weiterhin aufbringt. Es gibt keinen anderen Bereich, der von solch einem rasanten Innovationstempo bestimmt war. Wer die Lehrer in diesem Bereich im Hinblick auf Fort- und Weiterbildung genau so behandelt wie Lehrer für Deutsch, Religion, Sport und Latein, der hat die Realität nicht mehr kritisch, ja überhaupt nicht mehr im Blick.

Eine kritische, d. h. unterscheidende Schulpolitik ist dringend vonnöten. Gerade auch im Hinblick auf eine handlungs- und gestaltungsorientierte Didaktik muß das Verhältnis von Unterrichts- und Arbeitszeit neu geordnet werden. Handlungs- und gestaltungsorientierte Didaktik realisiert sich in der kooperativen Planung von Unterrichtsprozessen und der in diesen Prozeß voll integrierten und so ebenfalls handlungsorientierten Fort- und Weiterbildung der Lehrer. Dafür muß ein zu anderen Berufen vergleichbarer Arbeitszeitrahmen eingeräumt werden. Mit ausgebrannten Techniklehrern und halbwegs ausgeruhten Allgemeinlehrern läßt sich das Niveau der technischen Bildung weder heben noch halten.

Ansgar van Halteren

Der Klebstoffmarkt und Entwicklungstendenzen in der Klebtechnik

Weltweit bieten etwa 1.000 Klebstoffhersteller eine Palette von ungefähr 250.000 unterschiedlichen Kleb- und Dichtstoffen an und erzielten damit 1990 einen Umsatz von etwa 25 Mrd. DM.

Auf den deutschen Klebstoffmarkt, der weltweit ca. 10 % ausmacht, entfällt ein Umsatzvolumen von etwa 2 Mrd. DM (ohne Dichtstoffe), dessen Anteil gemessen am gesamten Chemieumsatz der Bundesrepublik Deutschland nur etwa 1 % beträgt.

Erwirtschaftet wird dieser Umsatz von einer Industrie, bestehend aus etwa 100 Klebstoffherstellern, die primär klein- bzw. mittelständisch strukturiert sind, was sich aus der folgenden Umsatzklassifizierung der einzelnen Unternehmen deutlich zeigt:

Umsatz	Prozent der Unternehmen
< 30 Mio DM	65
> 30 < 80 Mio DM	26
> 80 Mio DM	9
Summe	100

Hinter diesem Umsatz von 2 Mrd. DM für 1990 steht eine Produktionsmenge von fast 500.000 t (ohne Leimharze), die nach folgenden Klebstoffarten folgendermaßen aufgeteilt werden können:

- synthetische Klebstoffe 58 %
- pflanzliche Klebstoffe 16 %
- Kautschukklebstoffe 5 %
- Kaseinklebstoffe 2 %
- Glutinleime 2 %
- Schmelzklebstoffe 10 %
- sonstige Klebstoffe 7 %

Summe	100 %
-------	-------

Mit diesen Klebstoffen, die durch Variation in Art und Quantität ihrer Basisstoffe, Additive, Härter, Antioxydantien etc. für den spezifischen Anwendungszweck modifiziert werden, versorgt die Klebstoffindustrie die verschiedenen Abnehmerbereiche; ein Spektrum, das von A - Z, nämlich von der Automobilindustrie bis hin zur Zigarettenindustrie reicht.

Der mengenmäßig größte Anteil von Klebstoffen wird verbraucht von traditionellen Abnehmerbereichen wie der Bauindustrie, der Möbelindustrie sowie der Papier- und Verpackungsindustrie, die zusammen mehr als 75 % der produzierten Klebstoffe jährlich verbrauchen.

Für dieses Heft liegt der Schwerpunkt jedoch auf anspruchsvolleren Anwendungen der Klebtechnik, kurz beschrieben durch Schlagworte wie 'High-Tech- oder Strukturklebungen'.

Als Klebstoffe gehören hierzu im wesentlichen:

- Acrylatklebstoffe,
- anaerobe Klebstoffe,
- Cyanacrylat-Klebstoffe,
- Epoxidharz-Klebstoffe,
- Phenolharz-Klebstoffe,
- Polyesterharz-Klebstoffe,
- Polyamid-Klebstoffe,
- Polyurethan-Klebstoffe,
- UV-härtende Klebstoffe,

die ihre Anwendung neben anderen Bereichen primär in den Sektoren

- Elektro- und Elektronikindustrie,
- Fahrzeugbau:
 - PKW
 - Nutzfahrzeuge,
 - Caravans,
 - Kühltechnik (-fahrzeuge/-container),
 - schienengebundene Fahrzeuge,
- Flugzeugbau,
- Raumfahrttechnik,
- Schiffbau,
- und in sonstiger Industrie finden.

Um diesen Klebstoffmarkt näher beleuchten zu können, ist es zunächst notwendig, die Position 'Synthetische Klebstoffe', die immerhin 58 % der bundesdeutschen Klebstoffproduktion ausmacht, aufzuschlüsseln.

Die Produktionsstatistik erlaubt einen tieferen Einblick in diese Position, die sich wie folgt aufgliedert:

Synthetische Klebstoffe

wasserlöslich	200.000 t
in organ. Lösemitteln	52.000 t
sonstige	31.500 t
<hr/>	
Summe	283.500 t

Für die weiteren Betrachtungen ist nur die Position 'sonstige synthetische Klebstoffe' von Bedeutung, da sich hinter dieser Rubrik die Produktionszahlen für die auf S. 2 beschriebenen Klebstoffe verbergen.

Es existieren zwar keine abnehmerspezifisierten Klebstoffverbrauchsstatistiken, aber anhand des veröffentlichten Produktionszahlenmaterials der Industriezweige, die die vorgenannten Klebstofftypen einsetzen, kann von einer Verbrauchszahl von ca. 12.500 - 13.500 t Klebstoff p.a., der ausschließlich für strukturelle Klebungen Verwendung findet, ausgegangen werden. Klebstoffe für nicht strukturelle Klebungen, wie beispielsweise für die Textilkaschierung von Fahrzeuginnenteilen, d.h. für dekorative Zwecke, Unterbodenschutz, um beim Beispiel des Fahrzeugbaues zu bleiben, oder die Anwendung von Epoxidharzklebstoffen zur Klebung von Fliesen für z.B. den Schwimmbadbau oder in Chemikalienlagern sind hier nicht mit eingerechnet.

Der Anteil der verschiedenen Klebstofftypen an der Gesamtverbrauchsmenge für strukturelle Klebungen, gegliedert in zwei Gruppen, stellt sich nach Expertenschätzungen wie folgt dar:

- PUR-/Epoxidharzklebstoffe ca. 93 %
- Anaerobe-/Cyanacrylat
Acrylat-/UV-härtende/
Phenolharz-/sonstige Klebstoffe ca. 7 %

Im Vergleich zur Gesamtklebstoffproduktionsmenge von 500.000 t p.a. sind es in etwa 3 % oder vielleicht 4 % an Klebstoffen, die für strukturelle Anwendungen eingesetzt werden. Dies ist eine fast verschwindend geringe Zahl - aber es wäre nicht auszudenken, was heutzutage Konstrukteure ohne diese Klebstoffe machen würden. Die Entwicklung der Klebtechnik und damit des Klebstoffmarktes wird allgemein sehr optimistisch eingeschätzt. Grund für diesen Optimismus liefert zum einen die Entwicklung des Klebstoffmarktes in der Vergangenheit. So hat sich der Klebstoffmarkt weltweit in den Jahren 1965 bis 1985 verdreifacht,

und schaut man sich die Entwicklung des Umsatzes der bundesdeutschen Klebstoffindustrie in den letzten 10 Jahren an, so kann man immerhin auf eine respektable Verdopplung der Umsätze blicken.

Andererseits ist die Klebstoffindustrie eine Zulieferindustrie, d.h. ihr kann es prinzipiell nur so gut gehen, wie ihren Abnehmern. Deren Prognosen für die nächsten 5 Jahre sind angefangen von der Automobilindustrie über die Elektro- und Möbelindustrie, sogar bis hin zur Zigarettenindustrie durchweg positiv, was sich auch in den von renommierten Marktforschungsinstituten prognostizierten weltweiten geltenden Wachstumsraten für Klebstoffe in ausgewählten Anwendungsbereichen niederschlägt.

Die Analysen beinhalten einschlägige technische Entwicklungsprognosen, die besagen, daß sich die europäische Automobilbautechnologie bis 1995 in Richtung einer verstärkten Anwendung heiß applizierbarer Klebstoffe entwickelt. PUR-Hotmelts werden sich durchsetzen. Das Positionierungsmodell zeigt den hohen technischen Standard dieser Produkte und gleichzeitig die hohen Wachstumsperspektiven.

Hart und/oder flexibel formulierte Epoxydharz- und Acrylatklebstoffe sind ebenfalls hochentwickelt. PVC-Plastisole bieten höhere Flexibilität und ausreichende Festigkeiten bei einem sehr niedrigen Produktpreisniveau.

Die Analyse zeigt ebenfalls deutlich, daß Lösemittelklebstoffe, lösemittelhaltige Wachse, Bitumenmassen und Standard-Epoxydklebstoffe einem rückläufigen Trend unterliegen.

Die Klebstoffindustrie ist und wird bemüht sein, das Kleben als Fügetechnik auch über die bereits heute schon bekannten Anwendungsgebiete hinaus zu forcieren. Inwieweit sich bereits eingeführte, technisch ausgereifte Klebverfahren, wie beispielsweise das Scheibenkleben im Automobilbau weiter durchsetzen werden, ist weniger eine Frage der mangelnden Akzeptanz der Automobilindustrie gegenüber dem Kleben, als vielmehr abhängig von den Modellneukonstruktionen dieser Industrie. Eine Umstellung bereits bestehender und vor Einführung der Scheibenklebung konzipierter Fertigungsbänder ist in der Regel sehr kompliziert und aufwendig, aber angesichts der vielen Vorteile, die diese Art der Montage von Scheiben sowohl für den Hersteller als auch für den Verbraucher bietet, wird dieses Verfahren sicherlich bei einer Neukonzeption von Fahrzeugen Berücksichtigung finden.

Schließlich hat die von Klebstoffherstellern, Anwendern und wissenschaftlichen Instituten gemeinsam durchgeführte Forschung, die im Rahmen des Verbundprojektes 'Fertigungstechnologie Kleben' ermöglicht wurde, einen erheblichen Forschungs- und Entwicklungsbeitrag zur Förderung der Klebtechnik geleistet. Die Klebstoffindustrie ist dankbar für jede Hilfe, die sich ihr bietet, ihre noch junge

Technologie, die sie anzubieten hat, weiterzuentwickeln und auf einen noch höheren Standard zu bringen, um das 'Kleben' letztlich „kalkulierbar“ zu machen.

Aber in diesem Zusammenhang soll auch noch einmal hingewiesen werden auf den klein- und mittelständischen Charakter der Klebstoffindustrie, deren finanzielle und personelle Ressourcen limitiert sind.

Darüber hinaus steht die Klebstoffindustrie teilweise unter starkem Druck ihrer Abnehmer, die immer höhere Qualitätsansprüche an die Produkte stellen und verstärkte Serviceleistungen der Hersteller verlangen; allerdings bei gleichzeitiger Forderung nach Preisreduktionen, was sich nicht gerade positiv auf die Erträge und damit wiederum auf die zur Verfügung stehenden Mittel für Forschung und Entwicklung auswirkt.

Aber dennoch wird die Klebstoffindustrie im Rahmen ihrer Möglichkeiten jede sich ihr bietende Chance nutzen, die der Zukunftstechnologie 'Kleben' hilft, in immer neue und anspruchsvollere Anwendungsgebiete vorzudringen und dabei traditionelle Fügetechniken ablösen.

Ansgar van Halteren ist Geschäftsführer im Klebstofffachverband e.V.

Otto-Diedrich Hennemann und Andreas Groß

Klebtechnik - eine Einführung

Die Fügetechnik „Kleben“ hat in den letzten Jahren an Bedeutung immer mehr zugenommen (A. Brief, J. Skeist, 1983). Ein wesentlicher Grund dieser Tatsache liegt in ihrer erstaunlichen Vielseitigkeit verborgen, die das Fügen unterschiedlicher Materialien erlaubt, was mit konventionellen Verbindungstechniken wie Schweißen, Nieten, Schrauben oder Löten etc. nicht oder nur bedingt möglich wäre. So können mit Klebstoffen gleiche Materialien, aber auch einander artfremde Stoffe wie Kunststoff/Metall, Glas/Kunststoff, Kunststoff/Holz etc. miteinander verbunden werden (Ciba Geigy, W. Brockmann, H. Kollek, 1978).

Auch wenn vom wissenschaftlichen Standpunkt aus zwar noch nicht alle Einzelheiten verstanden und gedeutet werden können, dafür aber ein großer Erfahrungsschatz vorhanden ist, beinhaltet die Klebtechnik ein erhebliches Innovationspotential. Viele technische Produkte, die wir mit großer Selbstverständlichkeit benutzen, wären in ihrer modernen Form heute ohne Klebtechnik nicht mehr herzustellen (W. Brockmann, 1987, W. Stiell, 1989, A. Matting, 1969). Die nachfolgend zusammengefaßten Vor- bzw. Nachteile (siehe Tabelle 1) haben im Regelfall ihre Gültigkeit. Selbstverständlich sind im spezifischen Anwendungsfall Ausnahmen von der Regel möglich.

Neue, moderne Werkstoffe zeigen herausragende mechanische und/ oder technologische Eigenschaften, welche beim Verarbeiten erhalten bleiben müssen; also auch beim Fügen.

So ergeben sich Einsatzmöglichkeiten solcher sowie konventioneller Werkstoffe aus ihren Verarbeitungseigenschaften, d.h. ihr Einsatz ist durch die Möglichkeit sie zu formen und zu fügen limitiert. Werden moderne Werkstoffe mit klassischen Verfahren gefügt, besteht die Gefahr, daß der Werkstoff seinen innovativen Charakter verliert. So können z.B. durch zu hohe Wärmebeeinflussungen beim Fügen spezifische Werkstoffeigenschaften verlorengehen. Diesem Verlust wird durch das wärmearme Kleben begegnet, sogar ohne unzulässiges Beeinflussen der jeweiligen Oberflächeneigenschaften. Des weiteren ermöglicht diese Fügetechnik, auch unterschiedliche Werkstoffe miteinander zu verbinden. Aus beiden Gründen kommt der Klebtechnik eine herausragende Stellung unter den Fügeverfahren zu.

Vorteile	Nachteile
Gleichmäßigere Spannungsverteilungen und Kraftübertragung	Spezifische Prozeßführung erforderlich (Oberflächenvorbehandlung, Aushärtung, Kontrolle). Für den Einsatz im Betrieb ist eine hohe Fertigungsqualität erforderlich.
Verbinden unterschiedlicher Werkstoffe: miteinander und untereinander wie z.B. Metalle, Keramik, Glas, Kunststoffe	
Erhalt d.Fügewerkstoffeigenschaften	Begrenzte thermische Belastbarkeit der Klebstoffe (und Klebungen) im Vergleich zu anderen Werkstoffen (z.B. Metalle)
Keine Kontaktelementbildung: Klebstoff = Isolator	
Flüssigkeits- und Gasdichtheit der Klebungen	Zerstörungsfreie Qualitätsprüfung nur bedingt möglich, die Qualität muß produziert werden
Designfreiheit	Degradationsmechanismen bei der Langzeitbeständigkeit sind zu beachten
Klebstoff überbrückt teilweise Toleranzen	
Herstellbarkeit glatter, großflächiger Verbindungen	Auftreten neuer, weniger untersuchter Belastungen durch das Kleben
Gute Dämpfungseigenschaften Gewichtersparnis	
Wegfall arbeitsbezogener Belastungen i. Vgl. zum Schweißen und Löten	
Gute Kombinierbarkeit als additives Fügeverfahren	
Anwendungsspezifische Klebstoffauswahl (breite Klebstoffpalette, daher breites Anwendungsfeld)	

Tabelle 1: Vor- und Nachteile des Klebens im Vergleich zu anderen Verbindungstechniken

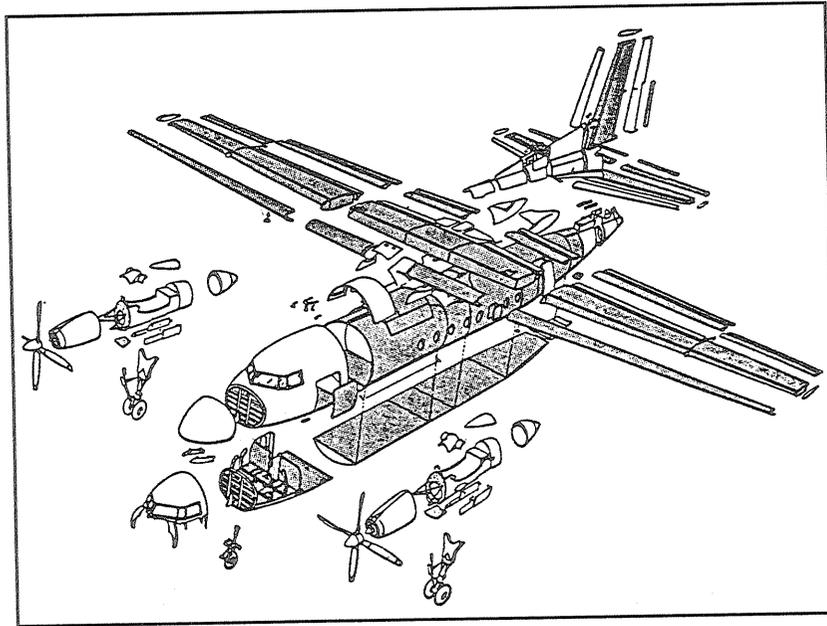


Abb. 1: Kleben im Flugzeugbau: Fokker F 27 Friendship 8)

Vorreiter der modernen Klebtechnik war sicherlich der Flugzeugbau. Ein herausragendes Beispiel dazu ist in Abb. 1 wiedergegeben. Bei der Fokker F 27 Friendship handelt es sich um ein bereits 1954 erfolgreich eingeführtes Kurzstreckenflugzeug, worin über 70 % aller Verbindungen geklebt sind. Langzeituntersuchungen über drei Jahrzehnte hinweg haben ergeben, daß die Klebungen nicht versagt haben oder beschädigt wurden.

Die Klebtechnik ermöglichte neue Bauweisen und Konstruktionswege; ein Grund für die enorm langen Betriebszeiten von 20 Jahren und länger für Flugzeuge. Im Automobilbau wird die Klebtechnik auch im konstruktiven Bereich heute verstärkt eingesetzt. Abb. 2 zeigt Modellstudien dazu. Doppelhutprofile, die punktgeschweißt, punktgeschweißt und geklebt sowie nur geklebt waren, wurden gecrasht. Geklebte und punktschweiß-geklebte Profile zeigen bessere Eigenschaften. Dadurch z.B. werden optimierte Konstruktionen mit verbesserten Fahreigenschaften, geringerem Gewicht und reduzierter Korrosionsanfälligkeit ermöglicht.

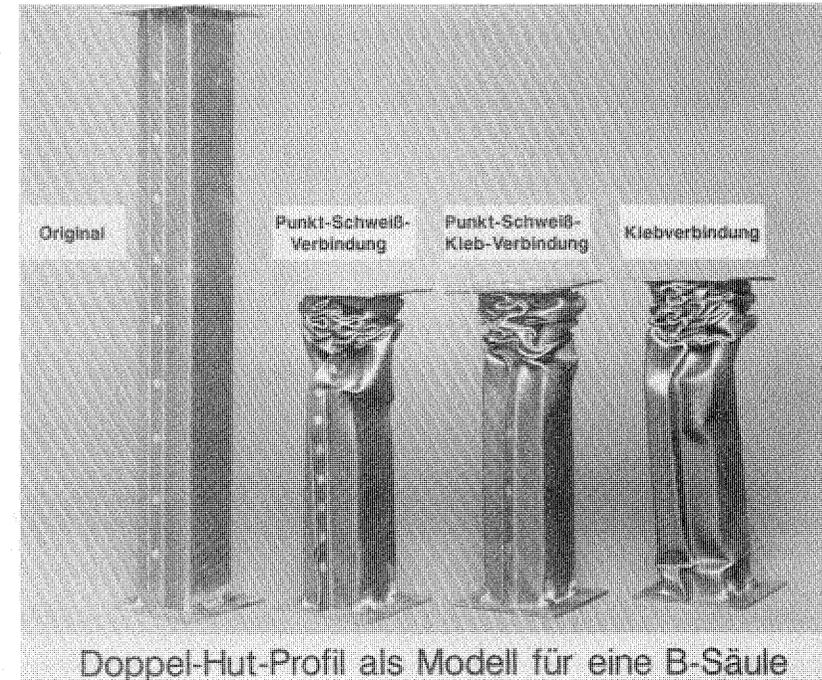


Abb. 2: Kleben im Automobilbau: Doppelhut-Profile als Modell für eine B-Säule (Von links nach rechts: Originalzustand $l = 500$ mm, gecrasht: punktgeschweißt, punktschweiß-geklebt, geklebt, $l = 300$ mm)

In der Elektronik wird das Lötens als klassisches Fügeverfahren bereits partiell durch die Klebtechnik ersetzt, um das anspruchsvolle Anforderungsprofil an die Verbindungstechnik in diesem Bereich zu erfüllen.

Zusammenfassung und Ausblick:

Die Klebtechnik, in der Weise, wie wir sie heute kennen und einsetzen, ist eine sehr junge Fügetechnik. Auch aus diesem Grunde besteht neben der Installation der klebtechnischen Ausbildung Handlungsbedarf für das weitere Erforschen von Grundlagen wie z.B. der Adhäsion. Eine Folge dieser Forschungen wäre eine gezielte, wissenschaftlich fundierte, von der derzeit noch vorherrschenden

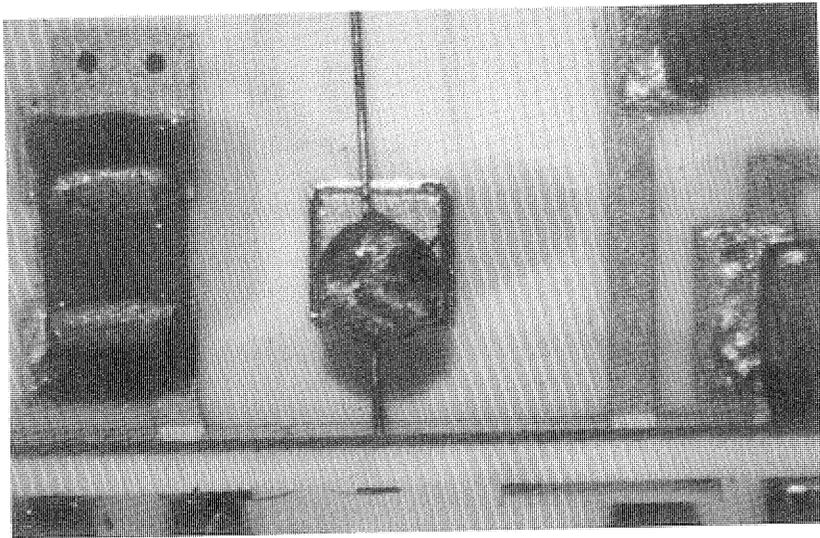
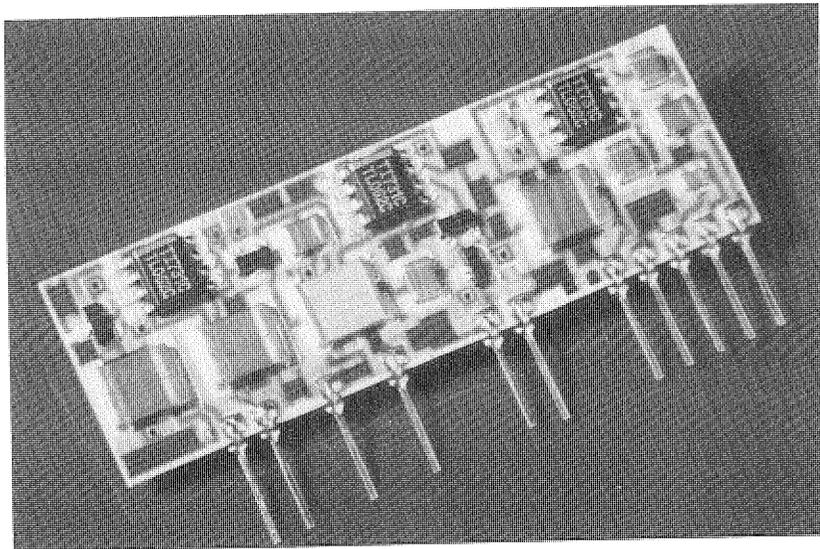


Abb. 3: Kleben in der Mikrosystemtechnik: OMB-Technik (oben) und Faseroptik (unten)

Empirie befreite Optimierung von Klebstoffen, Kleb- und Beschichtungssystemen sowie -verfahren. Ein Vergleich mit der Schweißtechnik ist an dieser Stelle angebracht. In der Vergangenheit wurden dort umfangreiche Forschungsleistungen erbracht. Darüber hinaus wurden Ausbildungssysteme erfolgreich etabliert. Beides hat zu ihrem Erfolg beigetragen.

Um die Möglichkeiten, die die Klebtechnik bietet, in adäquater Weise nutzen zu können, ist die Qualifizierung der Mitarbeiter/innen zwingend notwendig. Vor Ort kann die Klebtechnik dann praxisqualifiziert eingesetzt werden. Häufig noch wird dem Kleben Versagen zugerechnet, das mit dieser Fügetechnik selbst nicht, umso mehr aber mit deren falschen Einsatz- und Ausführungsweise in Verbindung steht. Im weiteren muß die Klebtechnik in den Studiengängen der Ingenieurs- und Universitätsausbildung installiert und auch in der Aus- und Weiterbildung von Facharbeitern stärker berücksichtigt werden. Zusammengefaßt liefern die qualifizierten und qualifizierenden Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen wesentliche Beiträge im Rahmen der Qualitätssicherung für die Klebtechnik.

Literatur

- A. BRIEF, J. SKEIST: Adhesive Age 26 No. 6, 12 (1983)
 L.-H. LEE: Recent Development in Adhesive and Sealant Chemistry, in: Adhesive Chemistry, (1984), Plenum Publishing Corp., S. 6
 CIBA GEIGY Resin Aspects 10, Structural Adhesives
 W. BROCKMANN, H. KOLLEK: Metallkleben im Maschinenbau, Forschungshefte Forschungskuratorium e.V. 69 (1978)
 W. BROCKMANN: Fertigungssystem Kleben, TUB-Dokumentation, Band 21, (1984), S. 43-51
 R. J. SCHLIEKELMANN: Metallkleben - Konstruktion und Fertigung in der Praxis, Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf
 W. STIELL: Adhäsion 4 (1989), S. 26-29
 A. MATTING: Anwendungsbeispiele für Metallklebverbindungen, in: A. Matting, Metallkleben, (1969), Springer-Verlag, Berlin

Otto-Diedrich Hennemann ist Leiter der Abteilung Klebtechnik und Andreas Groß Gruppenleiter Technologietransfer, IFAM, Bremen.

Andreas Groß

Chemisch härtende Klebstoffe und ihre Anwendung

Einteilungsverfahren der organischen Klebstoffe

Bei allen ausgehärteten organischen Klebstoffen handelt es sich grundsätzlich um Kunststoffe. Es sind dies Makromoleküle (Polymere), die durch chemische Reaktionen aus kleineren Molekülen, sog. Monomeren bzw. Oligomeren, hervorgegangen sind. Aufgrund der Verschiedenheit ihres chemischen Aufbaus besitzen sie unterschiedliche technologische Eigenschaften. Ausgehend von chemischen Gesichtspunkten lassen sie sich wie folgt einteilen:

Klebstoffe	
<p>physikalisch abbindende Klebstoffe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klebstoffe ohne Lösemittel: Schmelzklebstoffe • Klebstofflösungen: Das Lösemittel entweicht vor dem Klebvorgang • Klebstofflösungen: Das Lösemittel entweicht während des Klebvorganges • Wässrige Klebstoffdispersionen 	<p>chemisch härtende Klebstoffe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polykondensationsklebstoffe (Abb. 1a) • Polymerisationsklebstoffe (Abb. 1b) • Polyadditionsklebstoffe (Abb. 1c)
Haftklebstoffe	

Tabelle 1: Einteilung der Klebstoffe nach dem Abbinde- bzw. Härtungsmechanismus

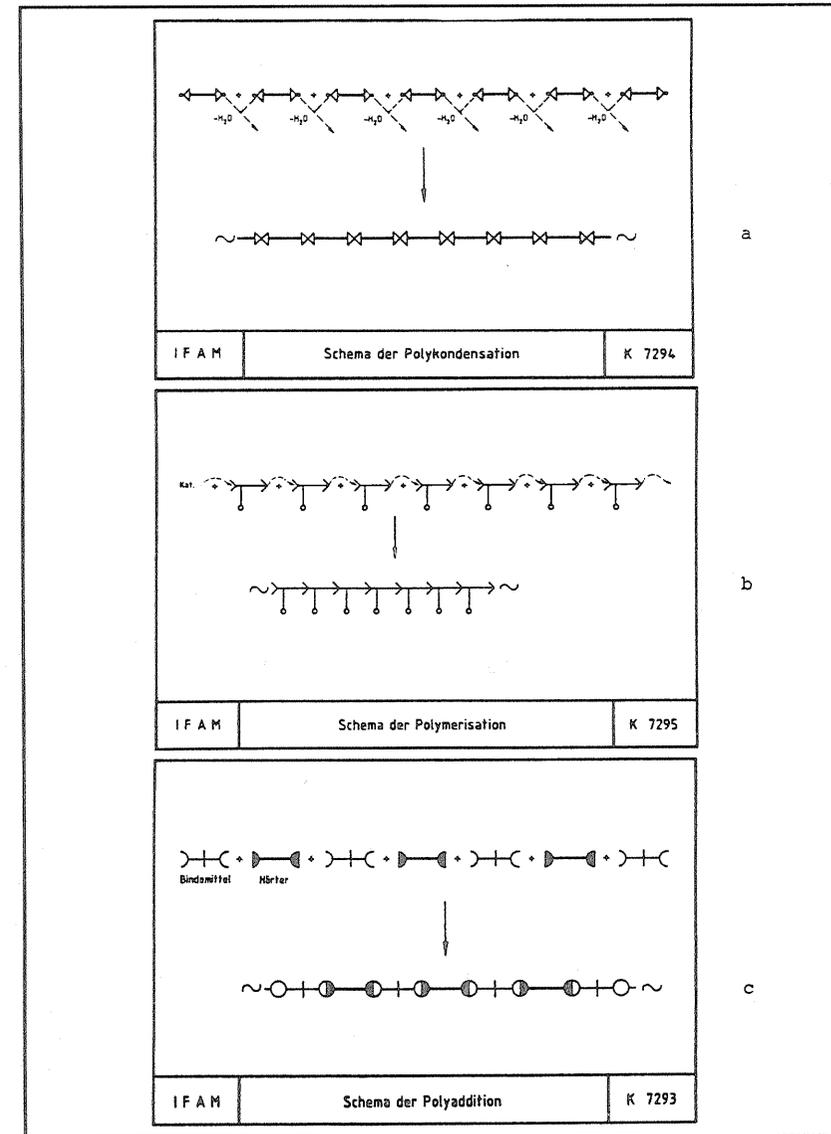


Abb. 1: Schematische Darstellungen der chemischen Aushärtungsmechanismen
 a: Polykondensation/b: Polymerisation/c: Polyaddition

Einkomponenten-Klebstoffe:	Zweikomponenten-Klebstoffe:
<p>physikalisch abbindend:</p> <p>Schmelzklebstoffe Dispersionklebstoffe Lösemittelklebstoffe Plastisole</p> <p>chemisch härtend:</p> <p>warmhärtende Epoxidharzklebstoffe reaktive Schmelzklebstoffe Formaldehydkondensate (z.B. Phenolharze) Polyimide Polybenzimidazole Cyanacrylate Anaerobe Klebstoffe feuchtigkeitshärtende Silicone Licht- und UV-härtende Systeme</p>	<p>chemisch härtend:</p> <p>Methacrylate Zweikomponenten-Silicone kalthärtende Epoxidharz- klebstoffe kalthärtende Polyurethan- klebstoffe</p>

Tabelle 2: Einteilung der Klebstoffe nach Anlieferungszustand

Wie in den Tabellen 1 und 2 gezeigt werden konnte, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Vielzahl der Klebstoffe einzuteilen bzw. einzuordnen. Unterteilt man die Klebstoffe nach dem Mechanismus ihrer Verfestigung (Tab. 1), so sind zwei große Klebstoffklassen zu bilden. Auf der einen Seite sind da die physikalisch abbindenden Klebstoffe, auf der anderen Seite die chemisch aushärtenden (Abb. 1). Der grundsätzliche Unterschied ist der, daß die physikalisch abbindenden Klebstoffe bereits ein „fertiges“, d.h. polymeres System enthalten. Der für das Entstehen der Adhäsion notwendige flüssige Zustand wird durch physikalische Prozesse wie Schmelz- oder Lösevorgänge sowie umgekehrt das für die Kohäsion notwendige Verfestigen (Abbinden) des Klebstoffs durch Erstarren bzw. Lösemittelentweichen erreicht. Die chemisch aushärtenden Klebstoffe liegen im Ausgangszustand flüssigviskos, weil normalerweise monomer oder präpolymer vor. Sie härten auf chemischem Wege, d.h. durch chemisches Verknüpfen reaktiver Moleküle aus (Abb. 1, 2).

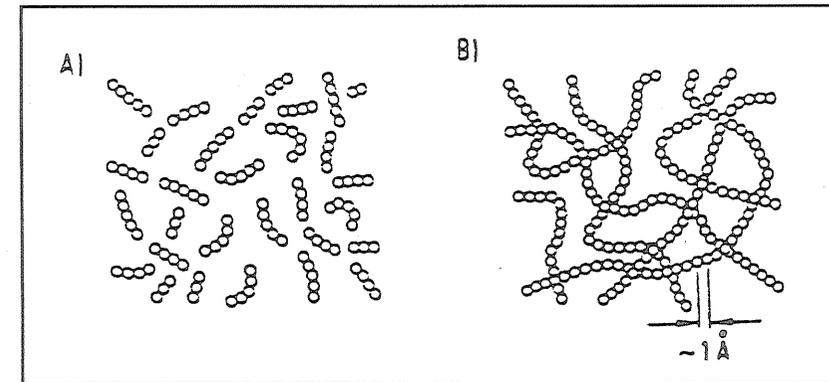


Abb. 2: Prinzip der Klebstoffhärtung durch Molekülzusammenschluß
 A) Ausgangsmoleküle, B) Makromoleküle

Eine andere Einteilung richtet sich nach der Anzahl der Komponenten, also der Lieferform (Tab. 2).

Höchste Festigkeiten und Beständigkeiten von geklebten Verbindungen lassen sich mit chemisch härtenden Klebstoffen erreichen. Sie verfestigen zu einer zumindest teilweise vernetzten makromolekularen Substanz. Eine Ausnahme stellen hier die Cyanacrylate dar, die ein nicht vernetztes, thermoplastisches Polymersystem bilden. Die anderen, partiell vernetzten Polymere sind nicht schmelzbar und nicht in normalen Lösemitteln löslich. Ihre Wärmebeständigkeit ist erheblich größer als die Verarbeitungstemperatur. Der Härtungsprozeß läuft z.B. bei Phenolharzen als Polykondensation, als radikalisch initiierte Polymerisation z.B. bei Polyestern oder als Polyaddition z.B. bei Epoxidharzen ab. Die Klebfuge muß ein reaktionsfähiges Gemisch monomerer oder präpolymerer Substanzen enthalten, die allerdings erst hier reagieren dürfen. Eine chemische Reaktion muß vorher unterbunden, d.h. blockiert sein. Dies kann mechanisch oder chemisch geschehen (W. Brockmann, 1977).

Unter mechanischer Blockierung versteht man die Trennung der Reaktionspartner im Anlieferungszustand (vgl. Tab. 2). Sie befinden sich als Klebstoff und Härter oder Aktivator in getrennten Behältern und werden erst kurz vor dem Auftrag von Hand oder automatisch gemischt. Die chemischen Reaktionen setzen sofort, bei Raumtemperatur aber meistens so langsam ein, daß bis zur beginnenden Verfestigung genügend Zeit zur Verarbeitung (sog. Topfzeit) bleibt, beispielsweise etwa 30 min bei Standard-Epoxidharzen. Zur Durchhärtung benötigen diese Klebstoffe bei Raumtemperatur normalerweise Stunden. Diese Zeit läßt sich durch Temperaturerhöhung abkürzen.

Ein besonders interessantes Verfahren der mechanischen Blockierung ist die Mikroverkapselung mindestens einer Komponente. Sie kann dann in die übrigen Bestandteile vom Hersteller eingemischt werden. Die Härtung setzt erst ein, wenn die Mikrokapseln z.B. durch mechanischen Druck, etwa beim Festziehen von Gewinden, zerstört werden und die Komponenten sich mischen.

Unter chemischer Blockierung versteht man Reaktionssysteme, in denen alle Partner bereits enthalten sind, deren Reaktion aber erst unter bestimmten Bedingungen einsetzt, die nur in der Klebfuge herrschen. Die bekanntesten derartigen Systeme sind Epoxidharze, in denen die Reaktion zwischen Epoxidpräpolymer und Dicyandiamid erst oberhalb von 120 °C einsetzt. Die Klebfuge muß während der ganzen Härtezeit auf dieser Temperatur gehalten werden. Chemisch blockiert sind auch die Cyanacrylate, die nur in Gegenwart des an den Fügeflächen adsorbierten Wassers als Katalysator in Form einer schnellen Polymerisation aushärten, und die Diacrylsäureester (anaerobe Klebstoffe), die nur unter Sauerstoffabschluß, also erst in der Fuge härten.

Kleben mit Polymerisaten und Polyaddukten

Einkomponentenklebstoffe mit Energiezufuhr

Unter den chemisch blockierten Polymersystemen für Klebstoffe nehmen die warmhärtenden Epoxidharze bis heute den breitesten Raum ein. Sie werden gewöhnlich einkomponentig in Form von Flüssigkeiten, Pasten, als Pulver oder als Klebfilme geliefert, die alle zur Reaktion und Plastifizierung notwendigen Komponenten enthalten. Aufgrund der Tatsache, daß die Reaktivkomponenten gemischt nebeneinander vorliegen, ist der Begriff „einkomponentig“ technisch zu verstehen. Vom chemischen Standpunkt (Abb. 1c) aus handelt es sich zweifelsohne um „Zweikomponenten-“ bzw. „Mehrkomponenten“-Klebstoffe. Lagerung, Handhabung und Klebstoffauftrag sind einfach.

Flüssige Klebstoffe werden gegossen oder gespritzt, pastöse mit Rakeln oder Rillenspachteln möglichst auf beide Fügeflächen aufgetragen. Die fixierte und unter Kontaktdruck befindliche Klebung wird auf Härtetemperaturen gebracht und über die klebstoffspezifische Härtezeit auf dieser Temperatur gehalten. Nach anschließender Abkühlung können die Klebungen entnommen und sofort voll belastet werden.

Warmhärtende Einkomponenten-Klebstoffe finden daher bei höchsten Beanspruchungen ihre Anwendung (W. Brockmann, 1977). Beispiele sind das Einkleben von nassen Laufbuchsen in Dieselmotoren, das Aufkleben von Spurkränzen an Lokomotivrädern, das Kleben von Beschlägen an Glas, das Kleben der Magnetbleche im Linearmotor von Magnetschwebbahnen, die Fertigung von Fahrradrahmen mittels Muffen-Rohr-Klebung etc.. Vollständig

geklebte Stahlblechkarosserien sind in der Entwicklung. Neuesten Entwicklungen zufolge können mit speziell entwickelten warmhärtenden Epoxidharz-Klebstoffen nicht vorbehandelte Stahlbleche strukturell geklebt werden und für Großserienproduktionen zur Verfügung stehen. Der organisch aufgebaute Klebstoff übt über das Verbinden hinaus eine isolierende Wirkung zwischen den Stahlblechen aus.

Am Beispiel des Flugzeugbaus als Vorreiter moderner Klebtechnik lassen sich die Möglichkeiten, die die Klebtechnik im Vergleich zu anderen Fügetechniken bietet, gut demonstrieren. Vorzugsweise geklebt werden im Flugzeugbau derzeit Flächen- und Längsnahtdoppler im Hautbereich des Rumpfes, Längsversteifungen der Rumpfhaut (Stringer) und teilweise Spanten. Unabdingbare Voraussetzung ist das Kleben bei der Fertigung von Leichtkernbauteilen (Sandwich) etwa für Seiten- und Querruder oder Landeklappen. Hubschrauberrotorblätter sind oft reine Klebkonstruktionen. Im Vergleich zur Niettechnik lassen sich in Metallflugzeugen 15 % Strukturgewicht einsparen und gleichzeitig hohe Sicherheit gegen unkontrollierten Rißfortschritt sowie extreme Ermüdungsfestigkeit der Struktur bei hoher Steifigkeit und guten aerodynamischen Eigenschaften erreichen (E.W. Thrall, 1979).

Klebungen müssen in Verkehrsflugzeugen eine Lebensdauer von mindesten 20 Jahren mit etwa 60.000 Flugstunden (Automobil: 4.000 - 6.000 Betriebsstunden), erreichen. Sie sind korrosiven Medien, Feuchtigkeit und wechselnden Temperaturen von -50 °C bis +80 °C laufend ausgesetzt. Erreicht wird die geforderte hohe Qualität z.B. durch Verwendung moderner Einkomponenten-Epoxidharzklebstoffe in Filmform. Die Aluminiumoberflächen werden vor dem Kleben entfettet, gebeizt und in Chromsäure anodisiert. Dann wird ein korrosionshemmender Primer aufgespritzt und separat ausgehärtet. Nach Aufbringen der Klebfilme und Fixieren der Teile werden diese in den Klebvorrichtungen in Autoklaven gehärtet. Die Härtung verläuft unter exakter Einhaltung von Druck- und Temperaturprogrammen. Zerstörungsfreie Prüfungen aller Klebflächen folgen.

Härtung unter Luftabschluß

Anaerobe Klebstoffe (Abb. 1b) härten unter Luftabschluß (also anaerob) und Metallkontakt. Sie werden als flüssiges Gemisch aus Basis harz und Härtungsinitiator mit anwendungsorientierter Viskositätseinstellung geliefert. Bis zum Verbrauch muß der Klebstoff im Behälter mit Sauerstoff Kontakt haben, damit Aushärtungsreaktionen ausbleiben. Wenn nach der Verarbeitung die Klebschicht im Fügepaß vom Luftsauerstoff abgeschlossen ist, tritt durch Polymerisation rasch die Aushärtung ein. Metalloberflächen katalysieren die Reaktionen (Fauner G., Cecetka O., 1983, Hartshorn, S.R., 1986).

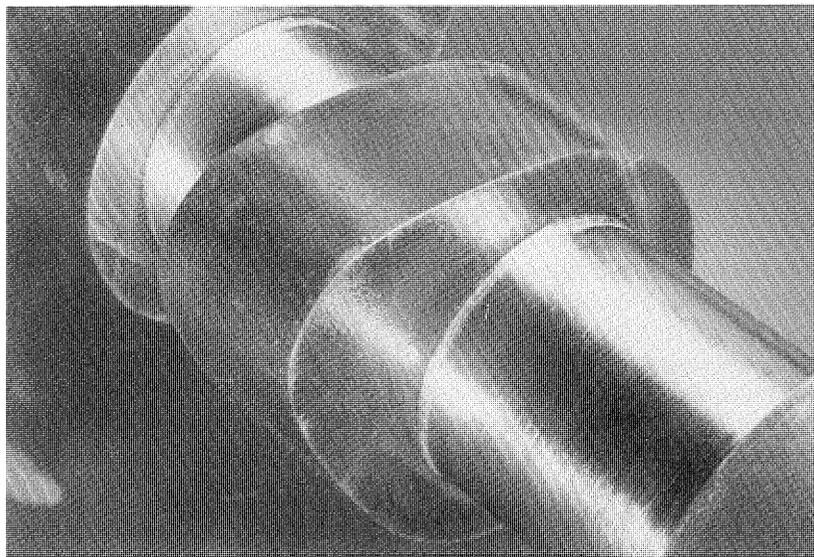
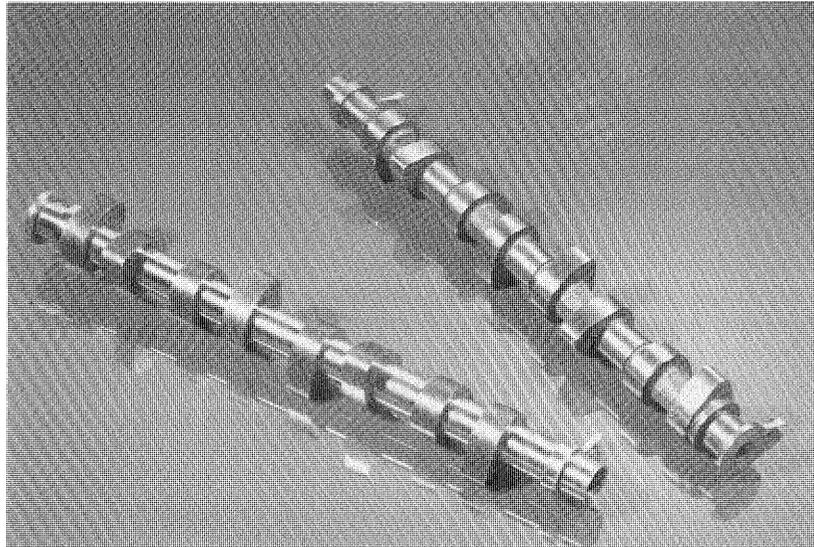


Abb. 3: Geklebte Nockenwelle

Ursprünglich erfolgte die Anwendung dieser Klebstoffe bei Verbindungen mit spezifischem Anforderungsprofil wie etwa zur Schraubensicherung oder zur Befestigung von Kugellagern und Buchsen, bei denen die Wiederlösbarkeit ohne Beschädigung der Fügeteile gefordert wird. Hier wirkt der Klebstoff mechanisch verklammernd, der den meist rotations-symmetrischen Fügspalt und die Rauigkeitstäler des Oberflächenreliefs gut ausfüllt. Erst in jüngerer Zeit die Klebstoffe zu Konstruktionsklebstoffen weiterentwickelt.

Ein interessantes Anwendungsbeispiel hochfester Verbindungen in neuerer Zeit ist die geklebte Nockenwelle für den Automobilmotor (Abb. 3). Durch Weiterentwicklung der anaeroben Klebstoffe konnten die Nocken auf die Welle geklebt werden.

Härtung durch Feuchte- und Metallkontakt

Durch Feuchte- und Metallkontakt härten Klebstoffe, die nach Aufbau, Reaktionsablauf und Anwendbarkeit mit den anaeroben Klebstoffen verwandt oder auch mit ihnen identisch sind. Mit Feuchtigkeit reagieren Einkomponentenklebstoffe auf Basis von α -Cyanacrylsäure-Estern, deren Aushärtung über eine Polymerisation bei Raumtemperatur nach anionischer Reaktion abläuft (Abb. 1b). Als Initiatoren bzw. Startmedien dienen meist die auf allen technischen Oberflächen vorzufindenden Feuchtigkeitfilme aus der Kondensation der Luftfeuchte oder alkalische Oberflächen. Es erfolgt nahezu sofortige Anhärtung und langsame Durchhärtung. Die Endfestigkeit wird nach etwa 24 h erreicht. Sie werden häufig für das Kleben von Kleinteilen eingesetzt (Beispiel Abb. 4).

Eine andere Gruppe, die ebenfalls unter Feuchtekontakt, jedoch durch Polykondensation (Abb. 1a) härtet, stellen die vernetzbaren stabilisierten Einkomponentenklebstoffe auf Basis von Polydiorganosiloxanen (Siliconkautschuken) dar. Ihre Vernetzung zu Elastomeren erfolgt ebenfalls durch den Einfluß der Luftfeuchte. Ähnliches gilt für feuchtigkeitshärtende Einkomponentenpolyurethane, die für Metallklebungen vor allem dann eingesetzt werden, wenn die niedrigen Festigkeiten zugunsten höherer Flexibilität und Beständigkeit bei kryogenen Temperaturen in Kauf genommen werden können (Schliekelmann, R. J., 1972).

Das Anwendungsgebiet der durch Feuchte- und Metallkontakt härtenden Klebstoffgruppen erstreckt sich vom Einsatz als Sicherungsmittel für Schraubenverbindungen über die Befestigung von Lagern und Buchsen bis zu Verbindungen der Feinmechanik und Schmuckindustrie sowie dem allgemeinen Werkstattbedarf.

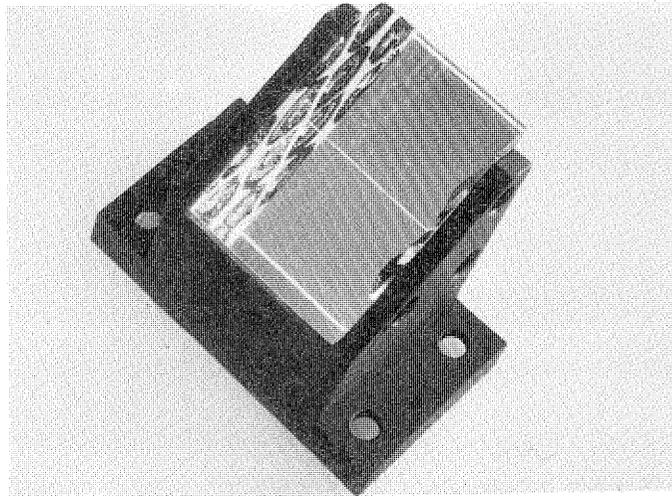


Abb. 4: Kleben von Kleinteilen

Härtung mit Aktivator

Werden Acryl-Klebstoffe, speziell anaerob härtende, zum Kleben weniger aktiver Werkstoffe angewendet, etwa für anodisierte, verzinkte oder nichtrostende Stähle sowie Nichtmetalle, so muß meist mit Aktivatoren gearbeitet werden. Hiermit werden Zusätze bezeichnet, die den Haftgrund aktivieren und damit die Klebstoffhärtung günstig beeinflussen. Der Begriff wird jedoch nicht immer einheitlich verwendet und umschließt oft auch Zusätze mit katalytischer oder chemisch additiver Wirkung. Damit wird der Übergang zum Zweikomponentenklebstoff oft gleitend und eine Abgrenzung hinsichtlich der Härtungsreaktionen uneinheitlich. Licht- bzw. UV-härtende Klebstoffe werden durch Licht im geeigneten Wellenlängenbereich ausgehärtet bzw. wie bei den UV-härtenden Spezies initiiert. Beim Einsatz ist daran zu denken, daß mindestens eines der zu klebenden Teile lichtdurchlässig sein sollte. Glas, Kunststoff, Metall und Holz können mit- und untereinander schnell geklebt werden.

Mehrkomponentenklebstoffe

Diese Klebstoffe werden in Form von zwei, seltener von drei Komponenten geliefert, die bis zur Verarbeitung in getrennten Behältern und möglichst gekühlt aufbewahrt werden. Bei den Komponenten handelt es sich üblicherweise um

das Basisharz und den Härter, meist ein Beschleuniger oder Auslöser des Härtungsprozesses, bzw. um eine Harzkomponente, die mit der ersten Zuzusatzung reagiert (Abb. 1c). Nach Mischung der Komponenten im festgelegten Verhältnis verbleibt dem Anwender die Topfzeit, innerhalb der er die Verarbeitung des Klebstoffs vornehmen muß (Tauber, G., 1977). Es hat sich jedoch gezeigt, daß schon ab dem Zeitpunkt der Mischung der Komponenten rasch Viskositätsänderungen auftreten können, die sich für die Verarbeitung nachteilig auswirken. Deshalb sollte die Topfzeit möglichst nicht vollständig ausgenutzt werden. Dies kann durch maschinelle Mischung und Verarbeitung erreicht werden. In der Praxis wird die Härtung durch Energiezufuhr in Form von Wärme, Licht und hochfrequenten Wellen, beschleunigt und gesteuert.

Dabei kommt es im Klebstoff zu Reaktionen, die im wesentlichen Molekülwachstum mit mehr oder weniger ausgeprägten Vernetzungen zur Folge haben (Abb. 2).

Aus der Gruppe der Mehrkomponentenklebstoffe stammen überwiegend die hochfesten und nach Härtung unschmelzbaren und unlöslichen, also durmeren Strukturklebstoffe. Sie werden inzwischen auch für hochbeanspruchte tragende Konstruktionsabschnitte im Maschinenbau und natürlich im Leichtbau wie dem Flugzeugbau eingesetzt.

Nachstehend werden einige wichtige Systeme dieser Gruppe beschrieben, wobei die Vereinfachung der Darstellung und Beschränkung auf die elementaren Zusammenhänge notwendig ist:

Die Härtung bei Epoxidharz-Klebstoffen erfolgt entweder über Eigenvernetzung, wobei der dazu notwendige Katalysator die zweite Komponente darstellt, oder die zweite Komponente enthält reaktionsfähige Partner als Härter, mit denen eine Polyaddition zustande kommt. Die erreichbaren Bindefestigkeiten sind sehr hoch, der Schälwiderstand ist jedoch geringer, was durch besondere konstruktive Maßnahmen ausgeglichen werden muß. Durch Zugabe von organischen Siliziumverbindungen, Siliconen, als Polymerkomponente wird die Wärmebeständigkeit der Epoxid-Klebstoffe auf 250 bis 300°C und für Kurzzeitbeanspruchung auf 500°C erhöht. Entsprechende Anwendungen erfordern die Kenntnis der reproduzierbaren Restfestigkeiten in Abhängigkeit von der Temperatur. Die dazu erforderlichen Härtungstemperaturen oberhalb 300°C führen jedoch oft zu Problemen (Schliekelmann, R. J., 1972). Üblicherweise erfolgt die Aushärtung je nach Typ zwischen Raumtemperatur, Kalthärtung und maximal ca. 150°C Warmhärtung. Die Anwendungen sind überaus vielfältig.

Phenolformaldehyd-Klebstoffe (Schliekelmann, R. J., 1972) werden oft vereinfachend als Phenolharzklebstoffe bezeichnet. Sie sind Kondensationsprodukte

(Abb. 1a), deren Molekülstruktur durch aneinandergereihte Phenolringe gekennzeichnet ist. Bis zur klebtechnischen Verarbeitung sind die Moleküle unvernetzt bis schwach verzweigt und damit noch flüssig bis pastös bzw. schmelzbar und löslich. Da die Härtung bei 120 - 170°C über weitere Kondensationsreaktionen abläuft, müssen oft Anpreßdrücke bis zu 0,8 N/mm² angewendet werden. Da Phenolharze in reiner Form u.a. wegen zu großer Sprödigkeit und der damit verbundenen Schälempfindlichkeit nur selten anwendbar sind, werden sie entweder modifiziert oder mit flexibilisierenden Zusätzen, z.B. Kunstkautschuk, versehen. Typische Anwendungsgebiete sind der Flugzeugbau (Fokker) und beispielsweise das Aufkleben der Bremsbeläge im Automobilbereich.

Als Beispiel für Mehrkomponentenklebstoffe auf der Basis ungesättigter monomerer oder linear molekularer Verbindungen seien noch die ungesättigten Polyesterharz-Klebstoffe genannt. Ausgangsprodukte hierfür sind unvernetzte Polyester-Molekülketten, die aktivierbare Kohlenstoffdoppelbindungen enthalten (Abb. 5). Bei Verarbeitung wird die Härtung über Polymerisationsvorgänge meist durch Mischung des im Monomeren, z.B. Styrol, samt weiteren Zusätzen gelösten ungesättigten Polyesters mit Peroxid in Form einer Härtepaste eingeleitet. Diese Klebstoffe werden bevorzugt für die Verbindung von Nichtmetallen untereinander oder von Metallen mit Nichtmetallen eingesetzt.

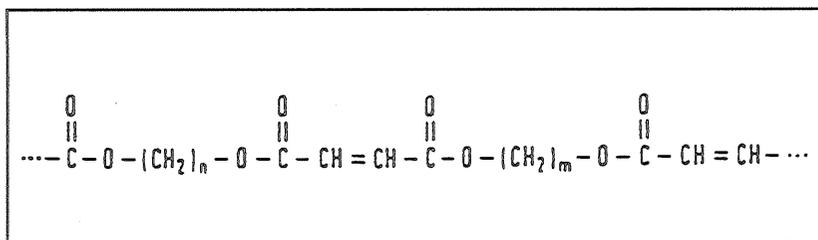


Abb. 5: Strukturausschnitt von ungesättigtem Polyesterharz mit aktivierbaren Kohlenstoffdoppelbindungen

Zu den neueren Systemen zählen Klebstoffe auf Basis von Polyaromaten, Polyimiden und davon abstammenden Verbindungen, die sich durch ihre durch Ringverbindungen begünstigte sehr starke Vernetzung und durch hohe Wärmebeständigkeiten mit Dauereinsatztemperaturen bis 260 °C und Kurzzeiteinsätzen bis 500 °C bei reproduzierbaren Restfestigkeiten auszeichnen. Sie werden in einem Polykondensationsprozeß mit aromatischen Säuren und aromatischen Aminen als mögliche zweite Komponente bei höheren Temperaturen ausgehär-

tet. Da hierbei, ähnlich wie beim Phenolharzklebstoff, Kondensatwasser frei wird, sind auch hier hohe Anpreßdrücke erforderlich.

Die Härtungsdauer von Mehrkomponentenklebstoffen hängt überwiegend vom Mischungsverhältnis zwischen Basisharz und Härter sowie von der Härtungstemperatur ab und variiert normalerweise im Bereich von einigen Stunden bis zu einigen Tagen. In jedem Falle sind die Angaben des Klebstoffherstellers zu beachten.

Sonstige Klebstoffe

Modifizierte Klebstoffe

Unter dem Begriff modifizierte Klebstoffe sind zunächst Mischungen aus verschiedenartigen Kunststoffverbindungen einzuordnen, deren Komponenten sich zwar gegenseitig beeinflussen können, die aber nicht miteinander reagieren. So werden oft härtbare, also nach Verarbeitung vernetzenden und somit duromeren Basisverbindungen vor allem flexibilisierende Verbindungen beigegeben. Als Beispiel seien hier Klebstoffe aus Mischungen von flüssigem Polyvinylformaldehyd mit flüssigem Phenolformaldehyd genannt. Sie enthalten dadurch viele Lösemittelanteile, deren Ablüften fertigungstechnisch problematisch ist. Deshalb werden diese Klebstoffe auch in Form getrockneter und auf Glasgewebe aufkaschierter Klebfolien geliefert. In flüssiger Form werden sie auch als Primer auf vorbehandelte und damit aktivierte Fügeoberflächen aufgebracht. Sie schützen diese vor erneuter Verschmutzung und bilden für die spätere Verklebung einen guten Haftgrund, mit dem sich der eigentliche Klebstoff, der vor der Endmontage aufgetragen wird, verbindet (Schliekelmann, R. J., 1972). Modifizierungen solcher oder ähnlicher Art werden auch bei vielen Kautschukklebstoffen angewandt.

Eine zweite Gruppe stellen Klebstoffe dar, deren chemische Basis aus verschiedenen meist organischen Verbindungen durch chemische Reaktion gewonnen wurde, oder bei denen verschiedene niedermolekulare Komponenten erst durch die Härtungsreaktion zu modifizierten Makromolekülen zusammenwachsen. Solche, im Sinne der Kunststoffchemie echten Modifikationen kommen heute bei den meisten Klebstoffsystemen zur Anwendung. So werden Epoxidharzklebstoffen, sofern sie nicht durch Eigenvernetzung härten, grundsätzlich modifizierende, höhermolekulare Partner als zweite Komponente zur Vernetzung beigegeben. Auch die Phenolharze und die strukturell ähnlichen Aminoplaste werden vor allem wegen ihrer Sprödigkeit und zu geringer Löslichkeit oft als ölmodifizierte oder harzmodifizierte Varianten eingesetzt. Ähnliches gilt für Kautschukklebstoffe, bei denen z.B. die Co-Polymerisation, d.h. der Zusammenbau verschie-

denartiger Kautschukmoleküle zu einem Makromolekül vor oder während der Härtung, ein übliches und in der Kautschuk-Chemie schon seit langem gebräuchliches Verfahren darstellt.

Die dritte Gruppe wird von Klebstoffen gebildet, deren Modifikation in der Variation chemischer Zusätze wie Härter, Beschleuniger, Katalysatoren, Weichmacher oder Stabilisatoren besteht. Diese Art der Modifikation überschneidet sich jedoch teilweise mit den vorstehend erläuterten.

Des Weiteren sind Klebstoffe auf dem Markt, denen organische und anorganische Zusätze in Form von Geweben, Fasern, Flocken und Pulvern beigemischt werden, wodurch vor allem anwendungstechnische Eigenschaften beeinflusst werden. Sie werden auch als Verbundklebstoffe oder füllstoffhaltige Klebstoffe bezeichnet. Die genannten Zusätze dienen beispielsweise zur Andickung bei Überbrückung größerer Spalte oder zur Beeinflussung physikalischer Eigenschaften wie der elektrischen und der Wärmeleitfähigkeit. Letztere können durch Zugabe von Leitpulvern aus Al, Ag, Graphit und Quarz verbessert werden (Fauner, G., Endlich W., 1979).

Schließlich sind mikroverkapselte Klebstoffe aufzuführen, also in Tröpfchenform mit neutralen Substanzen ummantelte Klebstoffe, die durch den Verarbeitungsdruck aus den aufgeplatzten Kapseln austreten, um dann z.B. unter Feuchteinwirkung oder Metallkontakt zu härten. Sie werden u.a. in Form von Vorbeschichtungen auf Gewinden zur Schraubensicherung eingesetzt.

Die aufgeführten Beispiele verdeutlichen, daß modifizierte Klebstoffe eigentlich kaum mehr eine Sondergruppe darstellen, da die anwendungsorientierte Modifizierung eher dem Normalfall in der Klebstoffherstellung entspricht.

Haftklebstoffe

Haftklebstoffe nehmen eine Sonderstellung innerhalb der Klebstoffe ein, da sie nicht aushärten und vor und nach dem Kleben newtonsche Flüssigkeiten sind. Sie erzeugen an den Fügepartnern, soweit bisher bekannt, keine physikalische oder chemische Adhäsion, sondern haften ähnlich wie Saugnapfe. Mit diesen Bindemitteln, die auf Mischungen aus Kautschuken oder Ethylen-Vinylacetate (EVA) basieren (Miron, J., Skeist I., 1978), läßt sich Haftung auf allen nichtporösen Stoffen, d.h. auch auf den schwer klebbaren, ohne Vorbehandlung erreichen. Klebstoffe dieser Art sind in vielfachen Variationen meist als Klebbänder mit weichen Trägermaterialien verfügbar. Ihre Verarbeitung ist naturgemäß sehr einfach.

Haftklebstoffe könnten, da sie Flüssigkeiten sind und ihrer speziellen Haftung auch unbedingt bleiben müssen, nur relativ niedrige Kräfte übertragen und ihr Schälwiderstand ist gering. Andererseits widerstehen sie heute Temperaturen

bis 120°C und den meisten schädigenden Umwelteinflüssen. Ihre Weiterentwicklung eröffnet jedenfalls immer weitere Anwendungsbereiche. So können auch diese Klebstoffe z.T. bereits lösemittelhaltige Systeme ersetzen.

Anorganische Klebstoffe

Neben organischen sind immer auch anorganische Klebstoffe gebräuchlich, von denen der Mörtel zweifellos der bekannteste ist. Schon aus dem 18. Jahrhundert kennt man anorganische Kittrezepturen, die teilweise auch organische Bestandteile enthalten. So läßt sich z.B. die Beständigkeit von Kalkmörtel durch Beigabe von Rinderblut (Blutalbumin) und Milch (Casein) wesentlich verbessern, wie mittelalterliche Burgen lehren, und eine pastöse Mischung aus Bleioxid (Bleiglätte) und Glycerin erstarrt zu einem außerordentlich harten und wasserbeständigen Klebstoff, der auch auf Metallen in Gegenwart von Wasser lange haftet. Keramische Klebstoffe sind oft Mischungen aus anorganischen Füllstoffen mit Wasserglas und härten bei Raumtemperatur. Ihre Festigkeit ist niedrig, sie sind spröde, erreichen aber Wärmebeständigkeiten bis zu 1000°C. Man kann sie als Kitten bezeichnen. Eine zweite Gruppe wird von frittierten Gläsern unterschiedlicher Zusammensetzung gebildet, die zur Steigerung der Warmfestigkeit manchmal Metalle enthalten und damit den Loten ähnlicher werden. Klebstoffe dieser Gruppe werden aufgeschlämmt oder aufgestreut und in der Klebfuge wieder erschmolzen. Ihre Verarbeitungstemperatur beträgt 400 bis 600°C. Sie eignen sich demnach nur zum Verbinden von Metallen und keramikähnlichen Stoffen. Die erreichbaren mechanischen Eigenschaften sind minimal. Die Klebstoffe sind schlagempfindlich und versagen oft in feuchten Umgebungen (Brockmann, W., Lange, H., 1974). Ihr Anwendungsfeld erstreckt sich von der Festigung elektrischer Widerstände bis zum Befestigen von Isolatoren in Zündkerzen. Allerdings werden diese Klebstoffe in vielen Fällen von der Löttechnik verdrängt, insbesondere bei der Verbindung von Keramiken mit der direkten Aktivlötlötung.

Zusammenfassung

Für den Chemiker ist der vorliegende Artikel wahrscheinlich ein wenig unbefriedigend. Er mag sich trösten: für den Techniker ist er es auch. Es wurde der Versuch unternommen, Klebstoffe aus der Sicht des Technikers, in diesem Fall des Anwenders, weitgehend zu beschreiben und dabei chemische Fragestellungen zu berücksichtigen. Nichtsdestotrotz erhält der geneigte Leser einen Überblick über die aktuellsten Reaktionsklebstoffe und gewinnt einen Eindruck hinsichtlich ihrer Vielfalt und Einsatzmöglichkeiten. Ähnlich wie auf dem Gebiet

der Adhäsion geht auch für den Bereich der Kohäsion die Forschung immer weiter. Wir sind glücklicherweise inzwischen schon weit entfernt vom sog. „Alleskleber“ und die Bemühungen gehen immer mehr hin zum anwendungsspezifischen „Spezialklebstoff“. Damit entsteht für die Anwender ein zunehmender Qualifikations- und Informationsbedarf.

Literatur

- BROCKMANN, W.: Klebstoffe vereinfachen Fügeprobleme. In: Elektrotechnik 59 (1977) 11, S. 35-38.
- BROCKMANN, W.: Das Langzeitverhalten von Metallklebverbindungen. In: Zeitschrift für Werkstofftechnik 8 (1977) 8, S. 259-267.
- BROCKMANN, W., LANGE, H.: Wärmebeständigkeit geklebter Metallverbindungen. In: Maschinenmarkt 80 (1974) 80, S. 1563-1566.
- FAUNER, G., ENDLICH, W.: Angewandte Klebtechnik. Carl Hanser Verlag, München (1979).
- FAUNER, G., CECETKA, O.: Atlas der Schraubmontage. Expert Verlag, Grafenau 1983.
- GROSS, A.: Modellreaktionen zum Aushärtungsverhalten von Epoxidharz-Klebstoffen. Dissertation, Universität Bielefeld (1987).
- HARTSHORN, S.R.: Structural Adhesives Plenum Press, New York, (1986)
- LEES, W.A.: Anaerobic Adhesives and their Application. In: Plastica 28 (1975) 4, S. 76-79.
- MATZ, C.W.: Klärung der adhäsiven Bindungsmechanismen von strukturellen Aluminiumklebungen, Phase II. In: Forschungsbericht LFF 82509 Luftfahrtforschung. BMFT, Bonn 1984.
- MIRON, J., SKEIST, I.: Trends in Pressure Sensitive and Heat-Seal Materials. In: Adhesives Age 21 (1978) 1, S. 35-38.
- SCHLIEKELMANN, R.J.: Metallkleben - Konstruktion und Fertigung in der Praxis. DVS-Verlag, Düsseldorf 1972.
- TAUBER, G.: Zum Problem der Topf- bzw. Verarbeitungszeit von Reaktionsklebstoffen. In: Adhäsion 21 (1977) 4, S. 99-103.
- THRALL, E.W.: Failures in Adhesively Bonded Structures. In: Bonded Joints and Preparation for Bonding. AGARD Lecture Series No. 102, S. 5/1-5/89. Advisory Group for Aerospace Research NS Development (AGARD), London 1979.
- WEGEMUND, B.: Unter Luftabschluß aushärtende Einkomponenten-Metallklebstoffe. In: Adhäsion 12 (1968) 9, 402-405.

Andreas Groß ist Gruppenleiter Technologietransfer im IFAM, Bremen.

Andreas Groß

Kleben: Oberflächen, Adhäsion, Langzeitbeständigkeit

Was ist ein Klebstoff?

Gemäß der entsprechenden DIN 1) läßt sich der Klebstoffbegriff wie folgt beschreiben:

- Klebstoffe sind nichtmetallische Werkstoffe.
- Klebstoffe verbinden Körper durch Oberflächenhaftung zwischen Füge- teil und Bindemittel (Adhäsion) und innerer Festigkeit des Bindemittels selbst (Kohäsion).
- Klebstoffe verändern das Gefüge der zu verbindenden Körper nicht wesentlich.

Aufgrund des nichtmetallischen Werkstoffcharakters (a) lassen sich Klebstoffe gegenüber den Fügetechniken Löten und Schweißen abgrenzen, da für diese beiden zumindest Punkt b gilt. In Abhängigkeit von der Verarbeitungstemperatur kommt für diese Verbindungstechniken auch Punkt c zum Tragen. Die Punkte b und c grenzen dann die Fügetechnik Kleben gegenüber dem Schrauben, Nieten und Nageln ab. Diese Verbindungstechniken bedürfen keiner Oberflächenhaftung (b: Adhäsion) und das Körpergefüge wird bei ihrem Einsatz verletzt (c). Dieses trifft in der Wärmeeinflußzone auch für das Schweißen und Löten zu.

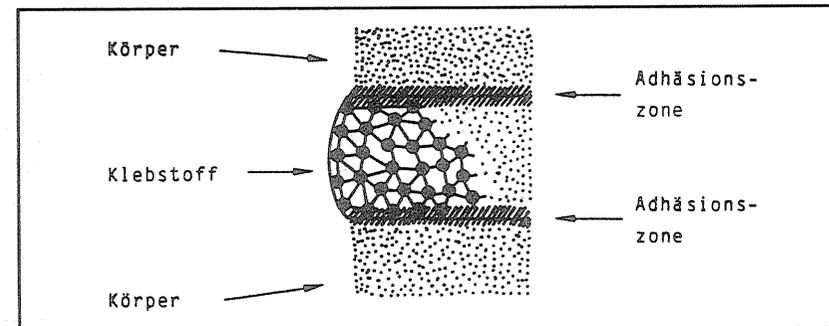


Abb. 1: Vereinfachte schematische Darstellung einer Klebfuge nach 2)

Über die Klebfähigkeit eines Klebstoffs entscheiden nun zwei Faktoren, die gleichberechtigt und in erster Näherung auch voneinander unabhängig sind (3, 4):

Adhäsion (→	Adhäsionstheorien:	Warum und wie haftet ein Klebstoff?)
und		
Kohäsion (→	Härtungsmechanismen:	Warum und wie entsteht ein Polymersystem in der Klebfuge?)

Oberflächenvorbehandlung⁵⁻⁷

Mit dem Vorbehandeln von Werkstoffoberflächen werden grundsätzlich die Ziele verfolgt, die Haftfreundlichkeit und die Oberflächen definiert und reproduzierbar zu gestalten. Metalle müssen oft einer Vorbehandlung unterzogen werden, da durch unterschiedliche Verarbeitungsschritte Walzöle, Staub und Schmutz die Oberfläche kontaminiert haben. Diese sind vollständig zu entfernen, um eine Benetzung des Grundwerkstoffes durch den Klebstoff zu ermöglichen. Das Reinigen der Werkstoffoberfläche als Minimalforderung für die meisten Klebungen ist für nachfolgende Vorbehandlungsschritte von elementarer Bedeutung, da diese eine saubere Oberfläche voraussetzen.

Es gibt verschiedene, sehr wirkungsvolle Arten, Oberflächen zu entfetten. Hierzu gehören das Ultraschallentfetten oder Dampfentfetten mit Lösungsmitteln und in manchen Fällen auch das Waschen mit heißen Waschlösungen'. Der Ersatz halogenierter Kohlenwasserstoffe als Lösungs- und Entfettungsmittel ist auf jeden Fall notwendig. Sauerstoffhaltige, flüchtige Lösungsmittel wie beispielsweise Aceton oder Methanol sind besonders geeignet für das Entfernen von tierischen oder pflanzlichen Fetten und von geackerten Fettsäuren.

Bei allen Entfettungsvorgängen sollte darauf geachtet werden, daß nicht durch häufig benutztes Entfettungsmittel ein Rückfetten der Oberflächen erfolgt. Demzufolge sind die Entfettungsmittel entsprechend oft auszutauschen.

Bei wäßrigen Waschprozessen besteht immer die Gefahr, daß es zu einem korrosiven Angriff an der Oberfläche kommt, der in jedem Fall so gering wie möglich gehalten werden muß.

Zum alkalischen Reinigen bzw. Beizen werden oft Mischungen von Trinatriumphosphat oder Natriumpyrophosphat mit Natriummetasilikat verwendet. Ferner enthalten die Bäder Tenside. Für Stähle sind saure Beizen bekannt.

Die chemischen und physikalischen Haftkräfte sind von sehr geringer Reichweite und können bei verschmutzten Fügeflächen wirkungslos bleiben. Abbildung 2 zeigt schematisch die verschiedenen Oberflächenschichten eines Werkstoffes.

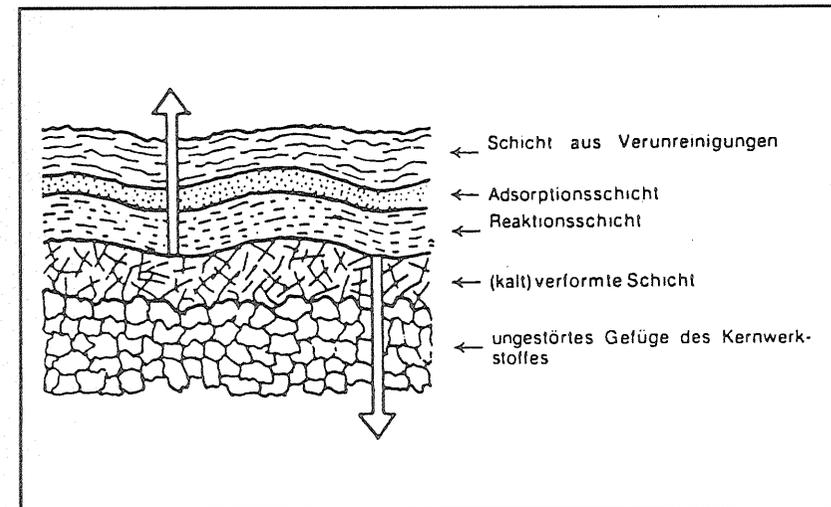


Abb. 2: Oberflächenschichten eines Werkstoffes

Nach dem Entfetten/Reinigen einer Werkstoffoberfläche schließen in Abhängigkeit vom Werkstoff und den zu erwartenden Beanspruchungen der späteren Klebung verschiedene Vorbehandlungsschritte an, die in Abbildung 3 zusammengefaßt sind.

Die dargestellten Oberflächenvorbehandlungen gliedern sich auf in mechanische und chemische Verfahren.

Mechanische Oberflächenvorbehandlungsverfahren

Zu den mechanischen Oberflächenvorbehandlungsverfahren zählen

- das Schleifen,
- das Bürsten,
- das Strahlen.

Es hat sich herausgestellt, daß eine ca. einstündige Wartefrist zwischen mechanischer Oberflächenvorbehandlung und Kleben zu empfehlen ist. Während dieser Zeit muß jedoch sichergestellt sein, daß die vorbehandelte Oberfläche nicht kontaminiert wird.

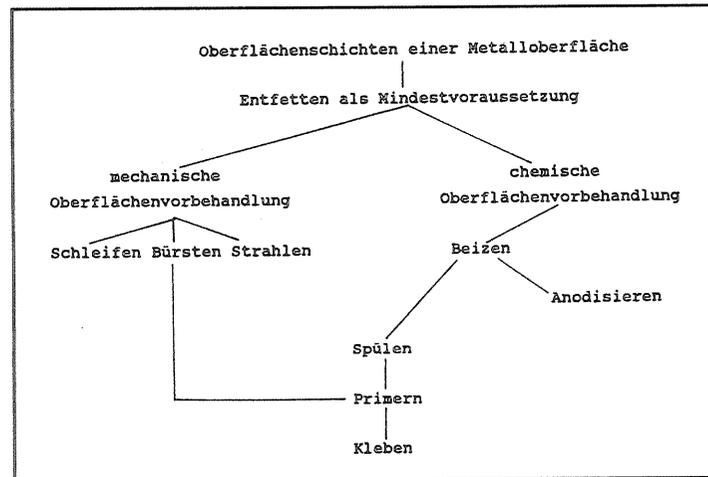


Abb. 3: Übersicht der verschiedenen Vorbehandlungsverfahren für Metalle

Das Schleifen

Die Haftungseigenschaften einer geschliffenen Oberfläche sind sicherlich besser als die einer ausschließlich entfetteten Oberfläche. Das Aufräumen der Oberflächen ist verhältnismäßig gering. Hinzu kommt, daß bei dieser Oberflächenvorbehandlung die Gefahr besteht, Verunreinigungen nicht nur abzutragen, sondern auch über die Fläche zu verteilen. Vor dem Schleifen ist auf jeden Fall ein Entfetten vorzunehmen. Das Schleifen ist möglichst quer zur Beanspruchungsrichtung oder über Kreuz vorzunehmen.

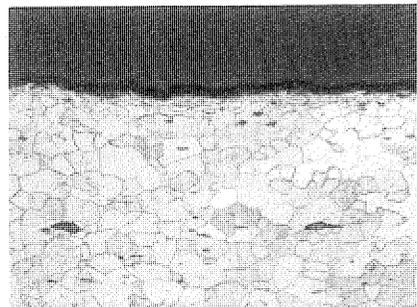


Abb. 4: Querschliff durch eine geschliffene Stahloberfläche/250:1

Das Bürsten

Beim Bürsten, oder besser: Bürst-Schleifen, handelt es sich um ein abrasives Oberflächenvorbehandlungsverfahren. Bei diesem Verfahren wird die Oberfläche ebenfalls aufgeraut. Auch hier kann die Bürstrichtung quer zur Beanspruchungsrichtung gewählt werden.

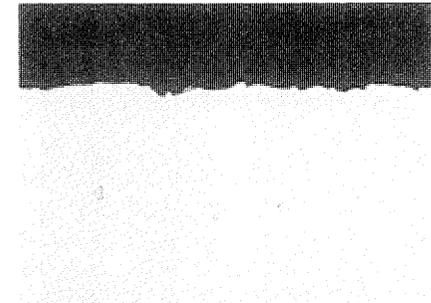


Abb. 5: Querschliff durch eine gebürstete Stahloberfläche/500:1

Das Strahlen

Das Strahlen hat sich für viele metallische Werkstoffe als die beste Haftgrundvorbereitung für das Kleben erwiesen. Es bewirkt nicht nur hohe Anfangsfestigkeit, sondern auch gute bis sehr gute Langzeitbeständigkeit bei Fügeteilen aus Stahl, Aluminium oder Titan. Ein weiterer Vorteil ist, daß durch das Strahlen sehr gleichmäßige Klebergebnisse zu erzielen sind.

Das Strahlen bewirkt eine tiefe Zerklüftung und Verformung der Oberfläche (Abb. 5), die einerseits die Klebfläche vergrößert, andererseits aber auch für das Kleben besonders günstige oberflächenenergetische Zustände bewirkt.

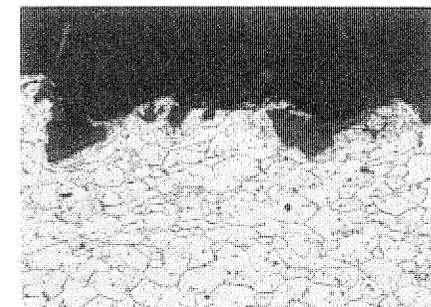


Abb. 6: Querschliff durch eine gestrahlte Stahloberfläche/250:1

Chemische Oberflächenvorbehandlungsverfahren

Chemische Verfahren zur Oberflächenvorbehandlung für das Kleben werden überwiegend in der Luft- und Raumfahrtindustrie für Aluminium- und Titanlegierungen eingesetzt. Sie sind zwar sehr aufwendig, liefern aber auch bis heute die besten bekannten Ergebnisse. Die Übersicht 6 faßt die einzelnen Verfahren zusammen. Abbildung 7 zeigt transmissionselektronenmikroskopische Aufnahmen unterschiedlich vorbehandelter Aluminium-Oberflächen.

(Lösungsmittelentfetten)

alkalisches Entfetten (Entfernen der Oxidschichten und Verunreinigungen)

alkalisches Beizen (weitere Reinigung und Konditionierung)

CSA: Beizen in Chromschwefelsäure
Oxidschicht ca. 400 Å

CAA: stromführendes Verfahren, Anodisieren in Chromsäure, dünne CSA-Schicht verdickt auf 30000 Å, erheblich stabilere Oxidschicht, Zellöffnungen 800-1000 Å, Zellwandstärken ca. 300 Å

PAA: Anodisieren in Phosphorsäure, Oxid ca. 6000 Å, fingerartig geformte Spitzen, stark aufgelöste Struktur, Haftfestigkeiten vergleichbar zu CAA, Oxide mechanisch empfindlich

FPL: ähnlich CSA, Oxidschicht < 400 Å, Struktur etwas feiner als bei CSA, dem CSA unterlegen

Übersicht zu chemischen Oberflächenvorbehandlungsverfahren

Im weiteren sind alternative Oberflächenvorbehandlungsverfahren neu entwickelt worden, die hier nur kurz erwähnt werden sollen. Bei dem sog. Silicoater-Verfahren wird eine haftvermittelnde Schicht flammenpyrolytisch auf die Werkstoffoberfläche aufgebracht. Bei dem sog. SACO-Verfahren geschieht dies durch Strahlen mit einem entsprechend belegten Spezial-Strahlgut. Der Klebstoff wird anschließend in beiden Fällen auf die haftvermittelnde Schicht aufgetragen.

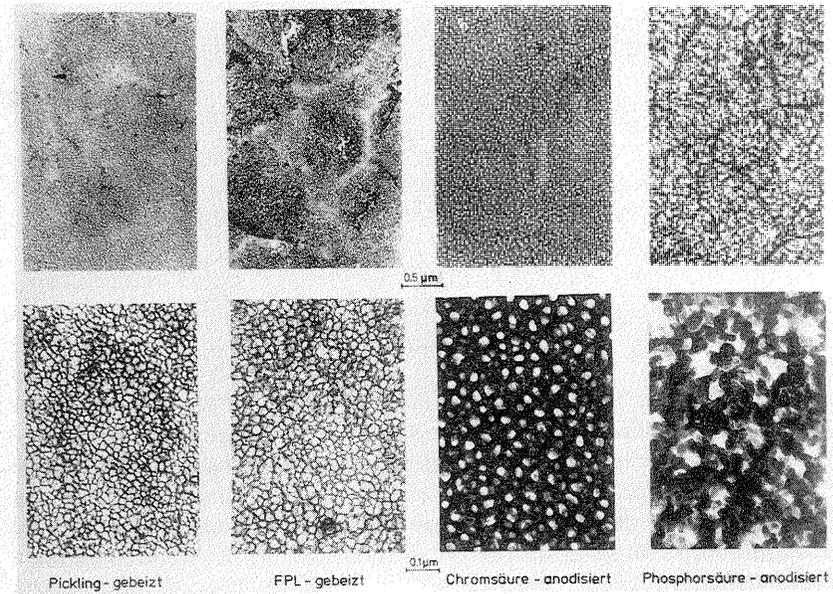


Abb. 7: TEM-Aufnahmen vorbehandelter A1 2024-T₃-Oberflächen

Adhäsion

Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Frage nach den Interaktionen zwischen Fügepart und Klebstoff in der Klebfuge führt zu verschiedenen Adhäsionstheorien, die anhand unterschiedlicher Denkansätze Beiträge zum Erklären und Beschreiben der Haftungsphänomene liefern ⁴⁾.

Die Benetzungstheorie

Das grundsätzliche Kennzeichen einer Klebsubstanz, wobei an dieser Stelle die selbsthaftenden Klebbänder ausgenommen sind, ist das Überführen einer Flüssigkeit in einen Kräfte übertragenden Festkörper. Dieser ist dann für die hier nicht weiter betrachtete Kohäsion verantwortlich. Die Adhäsion entsteht ausschließlich im flüssigen Zustand, da nur dann der Klebstoff die Fügepartoberfläche benetzen, d. h. sich in molekularen Dimensionen die Festkörperkonturen anpassen kann.

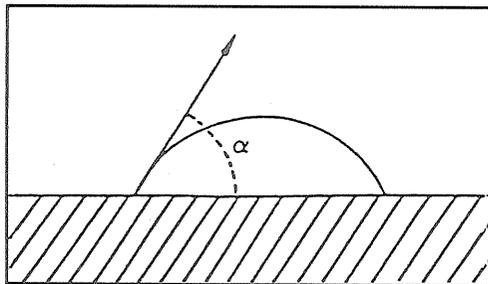


Abb. 8: Tropfen auf einer Werkstoffoberfläche

Günstige Verhältnisse bezüglich des späteren Haftvermögens sind dann wahrscheinlich, wenn ein Tropfen des flüssigen Klebstoffs eine möglichst große Fläche bedeckt, also spreitet. Dieses Spreiten ist dabei mit verschwindendem Randwinkel verbunden. Das Benetzen einer Oberfläche durch den Klebstoff ist eine notwendige, keinesfalls jedoch hinreichende Voraussetzung für eine erfolgreiche Klebung⁸⁻¹⁰.

Die verschiedenen Bindungen in Klebungen¹¹⁻¹⁵

Die Bindungskräfte in Klebungen sind physikalischer oder chemischer Natur. Zu den physikalischen Bindungskräften (Adsorption) gehören z. B. :

- Dispersionskräfte, verursacht durch Wechselwirkungen von Elektronen in grenzflächennahen Molekülen von Werkstoff und Klebstoff.
- Dipolkräfte, hervorgerufen durch elektrostatische Wechselwirkungen zwischen teilweise positiv und teilweise negativ geladenen Teilchen (Sonderfall: Wasserstoffbrücken-Bindung, in der Natur am häufigsten),
- van der Waalsche Kräfte: elektrostatische Kraftwirkung bedingt durch induzierte Dipolmomente.

Zu den chemischen Wechselwirkungen (Chemisorption) gehören die folgenden Bindungsarten:

- kovalente (Atom-)Bindung,
- Ionenbindung: Zusammenhalt durch zwischen entgegengesetzten Ladungen (Ionen) auftretende Kräfte,
- koordinative Bindung: Komplex-Bindung (Hier: zwischen Klebstoff und Füge teil).

Unter dem Begriff der Adhäsion versteht man das Haften gleich- oder verschiedenartiger Stoffe (hier: Klebstoff/Fügeteil) aneinander. Die Adhäsion hat folgende Ursachen:

- physikalische Anziehungs- bzw. Adsorptionskräfte
- chemische Bindungen, die zwischen den Atomen und Molekülen der aufeinanderliegenden Oberflächen entstehen (Chemisorption).

Eine Adhäsion, die nur auf physikalischen Anziehungskräften beruht, ist grundsätzlich schwächer als die, der chemische Wechselwirkungen zugrundeliegen. Bei Metallen z. B. ist bezüglich adhäsiver Wechselwirkungen zu beachten, daß diese deren Oxide betreffen.

Aus diesem Grunde müssen die Metalloxide, also auch die in elektrochemischen Vorbehandlungen erzeugten (s. Abb. 6 und 7), eine ausgeprägte Adhäsion zum metallischen Stoff aufweisen. Die ebenfalls notwendige Haftung des Klebstoffs auf dem Metalloxid wäre nutzlos, würde sich im Belastungsfall oder durch Langzeiteinflüsse das Oxid vom Grundwerkstoff lösen. Beide Adhäsionsvoraussetzungen müssen erfüllt sein. Die völlig verschiedenen Strukturen von Metalloxiden und organischen Molekülen führen dann zu der Frage nach den Bindungsmöglichkeiten zwischen beiden.

Über die Art chemischer Bindungen ist bisher nur wenig bekannt. Grundsätzlich sind es nicht allein Wasserstoff-Brücken und salzartige Bindungen wie beispielsweise Phenolate. Beide sind gegenüber Wasser zu empfindlich, um gemessene Haftung zu erklären. Lediglich für Phenolharze können koordinative Bindungen als gesichert betrachtet werden.

Chemische Bindungen können nur dann entstehen, wenn Verunreinigungen und Adsorptionsschichten vor dem Klebstoffauftrag entfernt worden sind, so daß zwischen Reaktionsschicht auf dem Metall (oxid) und Klebstoff feste Bindungen ermöglicht werden. Untersuchungen mit Phenolharzen haben das Entstehen sehr fester Haftung ergeben, was auf die Ausbildung chemischer Bindungen zurückgeführt wurde.

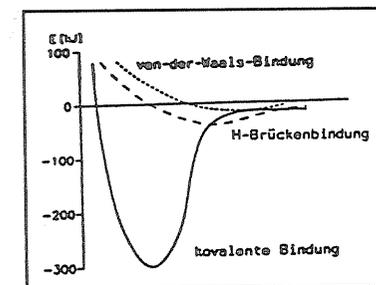


Abb. 9: Bindungsenergien und Reichweiten physikalischer und chemischer Bindungen.

Kritische Bewertung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß für die Bindefestigkeit einer Klebverbindung sowohl Kohäsions- als auch Adhäsionskräfte verantwortlich sind. Sie überlagern und überschneiden sich gegenseitig, so daß eine eindeutige, widerspruchslöse theoretische Erklärung noch nicht möglich ist. Die Vielzahl der denkbaren Wechselwirkungskräfte zwischen unterschiedlichen Stoffen in den Grenzflächen in chemisch-physikalischer Hinsicht erlauben kaum eine exakte Vorhersage über die Höhe der Bindungskräfte. Die praktisch meßbaren Bindungskräfte stellen immer nur einen Teil der theoretisch möglichen und maximalen Bindefähigkeit dar.

Langzeitbeständigkeit ^{7,16,17)}

Das Kleben unterscheidet sich von anderen Fügeverfahren hinsichtlich der Voraussagen zur Beständigkeit dadurch, daß der meistens nicht kalkulierbare Einfluß der Umwelt auf das mechanische Verhalten von Klebungen einwirkt. Die Beständigkeit konventionell gefügter Verbindungen wird nahezu ausschließlich von mechanischen Aspekten bestimmt, die im Fall geklebter Verbindungen zweifelsohne nicht vernachlässigt werden dürfen, aber eben hier nicht die alleinigen Einflußparameter darstellen und hinter Umweltbedingungen oft scheinbar zurücktreten.

Die Langzeiteinflüsse verändern im Lauf der Zeit die Festigkeitseigenschaften. Dieses Verändern wird in der Regel durch äußere Einflüsse wie z. B. Temperatur, Feuchtigkeit oder auch Belastungen hervorgerufen. Es stellt sich daher die Frage nach geeigneten Prüfverfahren, um das Langzeitverhalten von Klebungen beurteilen zu können. Folgende Einflußgrößen sind näher zu betrachten:

- Wasseraufnahme und Festigkeit
- Wasseraufnahme und Adhäsion
- Korrosion und
- Lagerung unter Last

Wasseraufnahme und Festigkeit

Das Eindringen von Feuchtigkeit in den Klebstoff ist der wesentlichste bekannte Einfluß. Dieses Verhalten ist von anderen polymeren Werkstoffen her bekannt: Das Wasser diffundiert in den Werkstoff ein und wird dort absorbiert. Durch die Aufnahme von Wasser sinkt die Festigkeit der Klebung. Parallel dazu wird der Klebstoff aber leichter plastisch verformbar.

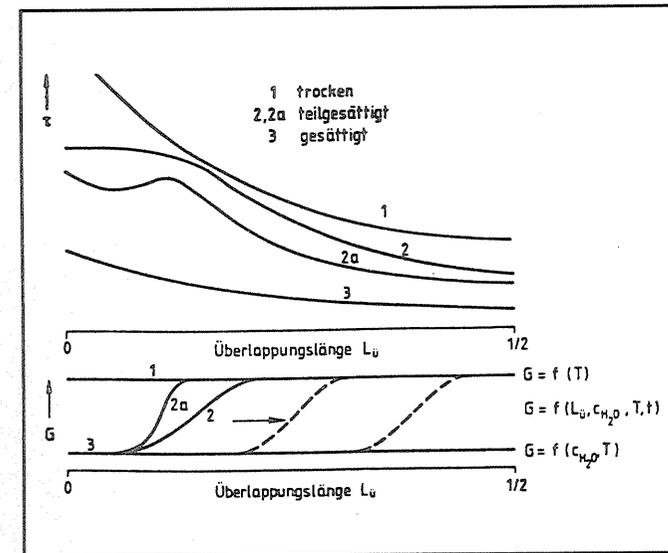


Abb. 10: Schematische Darstellung des Schubmoduls (unten) und der Spannungsverteilung in einer Klebfuge (oben, parallele Verschiebung)

Ist nach einem Übergangszustand schließlich der Gleichgewichtszustand in der Klebfuge erreicht und der Klebstoff in der gesamten Überlappung gleichmäßig mit Wasser beladen, entstehen bei Belastung an den Enden wieder Spannungsspitzen, die aufgrund der höheren plastischen Verformbarkeit des Klebstoffs deutlich weniger ausgeprägt sind.

Reale Zugscherfestigkeitsuntersuchungen bestätigen diesen Mechanismus. Die geringe Diffusionsgeschwindigkeit des Wassers macht eine Klebung jedoch zu einem äußerst trägen System.

Wasseraufnahme und Adhäsion

Auf die Adhäsion wirkt die Feuchtigkeit ebenfalls ein. Bei mangelhaftem Oberflächenvorbehandeln kann die Haftung rasch zerstört werden. Aus diesem Grunde ist es bei zerstörenden Prüfverfahren unbedingt notwendig, das Augenmerk nicht nur auf das Festigkeitsverhalten zu richten, sondern ebenfalls die Bruchbilder optisch zu analysieren.

Korrosion

Eng verbunden mit der Wasseraufnahme einer Klebung ist die Korrosion derselben. Korrosion führt zu einem raschen Versagen der Klebung und ist deshalb als kritisch einzustufen.

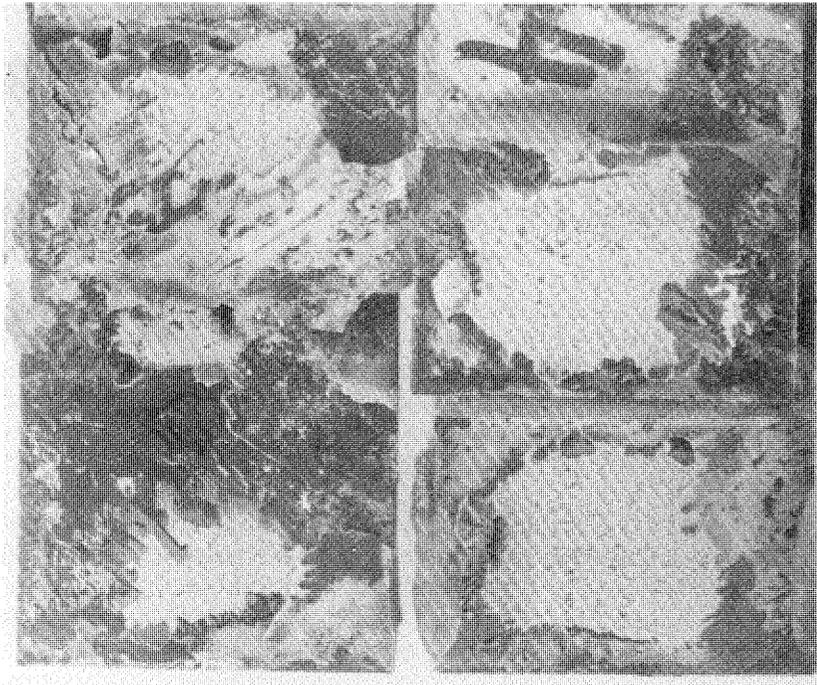


Abb. 11: Durch Korrosion zerstörte Klebung

Sie verläuft besonders rasch, besonders dann, wenn von außen neben Wasser noch andere korrosionsfördernde Stoffe angreifen können bzw. diese im Klebstoff selbst enthalten sind. Durch Schützen der gesamten Bleche (Stahl) und insbesondere der Kanten bei Aluminium ist dieser Einfluß in vielen Fällen jedoch zu beherrschen. Dieses ist beim Stahl durch Phosphatieren und Lackieren möglich, bei Aluminium durch Beizen oder Anodisieren.

Lagerung unter Last

Ein Beeinflussen von Klebungen kann auch durch mechanisches Belasten hervorgerufen werden. Allerdings muß hierzu ein bestimmtes Lastniveau überschritten werden. Der Klebstoff kriecht dann über das zulässige Maß hinaus. Durch diesen Vorgang bilden sich Mikrorisse im Polymerverbund, die irreversibel sind. Gleiches gilt auch für dynamische Lasten.

Das mechanische und dynamische Belasten wirkt sich ebenfalls auf die Feuchtigkeitsaufnahme aus. Nach Überschreiten eines bestimmten Lastniveaus muß von einer höheren Diffusionsgeschwindigkeit ausgegangen werden, wie Versuche mit Epoxidharzen gezeigt haben. Ebenso nimmt die Maximalkonzentration erheblich zu, was auf die Bildung von Mikrorissen zurückgeführt werden kann. Aus diesen Gründen laufen Langzeitbeeinflussungen deutlich schneller als in unbelasteten Klebungen ab.

Zusammenfassung

Wenngleich auch noch nicht alle Mechanismen und Vorgänge, die eine Klebung betreffen, verstanden und wissenschaftlich zu begründen sind, handelt es sich beim Kleben trotzdem um eine Hochleistungstechnologie, die sich in vielen Bereichen der Industrie, insbesondere in der Massengüterindustrie etabliert hat. Ziel der interdisziplinären Forschungsaktivitäten ist, die Kalkulierbarkeit des Klebens weiter zu optimieren. Ebenso wichtig ist, durch seriösen Technologietransfer Hemmschwellen und Skepsis abzubauen, um dieser Fügetechnik weiter zu der Bedeutung zu verhelfen, die ihr gebührt. Die Langzeitbeständigkeitsmechanismen sind weitgehend bekannt und können von vornherein in die konstruktive Dimensionierung integriert werden. Schutzmaßnahmen werden berücksichtigt und tragen zum Erfolg des Klebens bei.

Literatur

1. DIN 16921 (1954)
2. E. HEIMANN: Kosmos 78 (1982), S. 34-47
3. M. MICHEL: Adhäsion und Klebtechnik, (1969), Carl-Hanser-Verlag, München
4. C. BISCHOF, W. POSSART: Adhäsion, (1983), Akademie-Verlag, Berlin
5. W. BROCKMANN: Grundlagen und Stand der Metallklebtechnik, (1971), VDI-Verlag, Düsseldorf
6. O.-D. HENNEMANN: Oberflächenvorbehandlung für das Metallkleben, TUB-Dokumentation, Band 21, (1984), Berlin, S. 236-245
7. P. THEUERKAUFF, A. GROSS: Praxis des Klebens, (1989), Springer-Verlag, Berlin, S. 86-111
8. U. ZORLL: Adhäsion 9 (1974), S. 262-270
9. G. A. DYCKERHOFF, P. J. SELL: Angew. Makromol. Chem. 21 (1972), S. 169-185
10. U. ZORLL: Adhäsion 9 (1981), S. 122-127
11. O.-D. HENNEMANN: Oberfläche, Surface 12 (1979), S. 288, Oberfläche, Surface 1 (1980), S. 2
12. W. BROCKMANN, O.-D. HENNEMANN, H. KOLLEK: Farbe und Lack 5 (1980), S. 420-425
13. H. BROCKMANN: J. Adhesion 22 (1987), S. 71-76
14. H. KOLLEK, C. MATZ: Adhäsion 12 (1989), S. 27
15. W. BROCKMANN, O.-D. HENNEMANN: Adhäsion 11 (1989), S. 33
16. H. KOLLEK: Adhäsion 6 (1986), S. 17
17. H.-G. CORDES: Alterung von Klebverbindungen - realistische Prüfung oder Philosophie? DECHEMA-Monographie Vol. 119 (1990), Verlag Chemie, Weinheim, S. 205

Andreas Groß ist Gruppenleiter Technologietransfer IFAM, Bremen.

Georg Krüger

Kleben von Kunststoffen

Einführung

In der Verbindungstechnik gibt es zwei große Gruppen von Verbindungen: die lösbaren und die unlösbaren Verbindungen. Unlösbare Verbindungen entstehen durch

- spezielle mechanische Klemmprozesse,
- das Schweißen,
- das Lötens und
- das Kleben.

Kunststoffe werden besonders mit Hilfe verschiedener Schweißverfahren verbunden, das gilt vorrangig beim Verbinden teilkristalliner Kunststoffe. Sind dagegen Kunststoffe verschiedener Typen, amorphe Kunststoffe, Kunststoffe mit Netzwerkstrukturen (Duomere), hochwarmfeste thermoplastische Kunststoffe oder Kunststoffe mit anderen Werkstoffen (Metallen, Keramik, Baustoffen, Holz) zu verbinden, ist das Kleben die wichtigste Verbindungstechnik innerhalb der unlösbaren Verbindungen.

Mit dem Kleben lassen sich auch weitere Forderungen erfüllen: es entstehen feste, flüssigkeits- und gasdichte Verbindungen - auch bei großflächigen Verbindungen.

Über das Kleben von Metallen liegen viele Erkenntnisse vor, sowohl werkstoffspezifischer als auch verfahrensspezifischer Art. Diese Erkenntnisse sind nicht in allen Fällen auf das Kleben von Kunststoffen übertragbar. Für das Kleben von Kunststoffen ergeben sich einige Besonderheiten, die berücksichtigt werden müssen, da anderenfalls ein Versagen der Kunststoff-Klebung unvermeidbar wäre.

Für die Besonderheiten beim Kleben von Kunststoffen untereinander oder mit anderen Werkstoffen gibt es mehrere Gründe:

- der sehr unterschiedliche strukturelle Aufbau der Kunststoffe im Vergleich zu den relativ streng kristallin aufgebauten Metallen,
- das zeit- und lastabhängige Deformationsverhalten in einem relativ niedrigen Temperatureinsatzbereich,
- die niedrige Oberflächenenergie im Vergleich zu den Metallen,

- die Fähigkeit zur Diffusion von Flüssigkeiten, insbesondere von organischen Flüssigkeiten,
- der sehr unterschiedliche makromolekulare Aufbau, wobei die Palette der Kunststoffe durch das Herstellen von Polymerlegierungen (Mischungen aus verschiedenen Kunststoffen) ständig zunimmt,
- die Vielzahl von herstellungs- und anwendungsbedingten Zusätzen wie Stabilisatoren, Weichmacher, Gleitmittel, die das Klebverhalten nachhaltig beeinflussen.

Bei den Kunststoffen muß berücksichtigt werden, daß

- ihre Festigkeit nur etwa 10 % der Metallfestigkeit,
- ihre Steifigkeit nur etwa 1 % der Metallsteifigkeit ausmacht.
- und ihre Dehnung etwa ein bis zwei Zehnerpotenzen über der Dehnung der Metalle liegt.

Damit weichen die mechanischen Kennwerte der zu verbindenden Kunststoffe und der dazu verwendeten Klebstoffe wenig voneinander ab. Zugleich sind die Festigkeit, Dehnung und Steifigkeit der Kunststoffe und Klebstoffe sehr stark temperaturabhängig, ihre Werte ändern sich in einem Temperaturbereich von -40°C bis +120°C um 2 bis 3 Zehnerpotenzen.

Werkstoff	Elastizitätsmodul N/mm ²	Marktanteil %
Polyethylen	200 bis 300	
Polypropylen	800 bis 1300	35
Polyvinylchlorid	2500 bis 3000	19
Polystyrol		8
Polyamide	1500 bis 4000	
Polycarbonat	2300	
Polymethylmethacrylat	3000	
Epoxidharze, ungefüllt	2000 bis 4000	10
Polyesterharz, ungefüllt	3500	
Polyesterharz, verstärkt	12000 bis 15000	
Aluminium	70000	
Stähle, unlegiert	215000	

Tabelle 1: Vergleich der Elastizitätsmoduli verschiedener Werkstoffe

Einflußfaktoren auf die Klebfestigkeit

In einer überlappenden Klebung, aber auch in stumpfgeklebten Verbindungen, wie sie bei Kunststoffen durchaus auch vorkommen können, entstehen bei einer mechanischen Belastung Zug-, Druck- und/oder Schubspannungen. Die Spannungsverteilung in einer Klebung ist dabei sehr stark von der Verformungsfähigkeit des Fügeteils, also des jeweiligen Kunststofftyps, und des Klebstoffs abhängig. In jedem Fall entstehen aber zum Überlappungsende und zum Klebstoffrand hin Spannungsspitzen, die zum Teil erheblich von der mittleren errechneten Spannung abweichen. Die Höhe der Spannungsspitzen wird in erheblichen Maße von der Differenz der Verformungsfähigkeit von Fügeteil und Klebstoff bestimmt. Es ist deshalb erforderlich, die zum Teil großen Unterschiede in der Verformung bei den Kunststoffen zu kennen und den Klebstoff mit seiner Verformungsfähigkeit seinerseits darauf abzustimmen.

Geht man davon aus, daß die Klebfestigkeit einer Verbindung von Kunststoffen die Summe aus Adhäsion und Kohäsion im Klebflächenbereich ist, so erfordert mindestens die Adhäsion einen guten Kontakt von Kunststoff und Klebstoff. Ein sehr inniger Kontakt stellt sich dabei immer dann ein, wenn sich zwei Phasen, hier handelt es sich im allgemeinen um die feste Phase des Kunststoffs und die flüssige Phase eines Klebstoffs, sehr gut benetzen. Die Benetzungsfähigkeit einer Kunststoffoberfläche läßt sich relativ einfach mit Hilfe von Randwinkelmessungen quantifizieren. Der Randwinkel, der sich bei einem flüssigen Tropfen auf einer festen Kunststoffoberfläche einstellt, ist ein Ausdruck für die Differenz der Oberflächenenergien des jeweils flüssigen und festen Werkstoffs. Je größer diese Differenz der Oberflächenenergien ist, desto kleiner wird der Randwinkel, der sich im Übergangsbereich der beiden Phasen einstellt. Voraussetzung ist dabei immer, daß die Oberflächenenergie des festen Stoffes größer ist als die Oberflächenenergie des Klebstofftropfens.

Die meisten der zum Kleben eingesetzten makromolekularen Klebstoffsubstanzen besitzen selbst, sofern sie noch in flüssiger Form vorliegen oder appliziert werden, eine relativ niedrige Oberflächenenergie, so daß viele Bemühungen im fertigungstechnischen Ablauf darauf abzielen, die Oberflächenenergie des Kunststoffoberfläche zu erhöhen.

Die Oberflächenenergien einiger Kunststoffe und Metalle sind in der Tabelle 2 zusammengestellt worden. Die Oberflächenenergien der Metalle wurden an Flüssigkeiten gemessen, da sich in diesem Zustand die Werte besonders leicht ermitteln lassen.

Werkstoff	Oberflächenenergie mJm ⁻²
Polypropylen	29
Polyethylen	31
Polymethylmethacrylat	33 ... 44
Polycarbonat	34 ... 37
Polyvinylchlorid	40
Polyethylenterephthalat	43
Polyamid 6,6	46
Epoxidharz	47
Wasser	72,8
Aluminium	1200
Chrom	2400
Eisen	2550
Kupfer	850
Nickel	2450
Titan	2050
Zink	1020

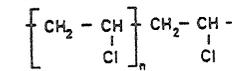
Tabelle 2: Oberflächenenergien einiger Polymere

Eine gute Benetzung allein ist nicht ausreichend für eine hohe Festigkeit einer Klebung. Als nächster Schritt müssen sich zwischen den Makromolekülen der Kunststoffoberfläche und des Klebstoffs hohe zwischenmolekulare Kräfte ausbilden. Hierbei handelt es sich um van der Waalsche Kräfte, insbesondere um Dipol- und Dispersionskräfte. Bei einigen Kunststoff/Klebstoff-Kombinationen entstehen auch Wasserstoffbrückenbindungen, die dann besonders feste Klebungen ergeben. Es ist also zu erkennen, daß die Haftung in einer Kunststoffklebung sehr stark vom chemischen Aufbau, der Mikrostruktur der Makromoleküle, der Oberflächenmorphologie und des energetischen Zustands in der Grenzschicht und den oberflächennahen Bereichen abhängt. Eine Größe, die sich aus dem chemischen Aufbau der Makromoleküle ergibt und zugleich den energetischen Zustand an der Kunststoffoberfläche mitbestimmt, ist die Polarität der Kunststoffe.

Die Kunststoffe lassen sich in verschiedene typische Gruppen einteilen:

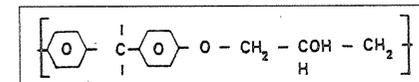
- hohe Polarität, sehr gut klebbar

PVC



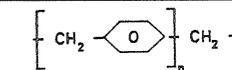
- Kunststoff leicht polarisierbar

EP



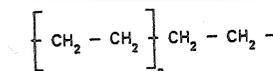
- Kunststoff relativ unpolar, aber aufgrund einer delokalisierten Elektronenbeweglichkeit geringe Dipolanregung und großer Anteil an Dispersionskräften

PS



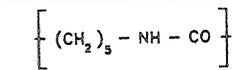
- aufgrund eines symmetrischen Aufbaus ohne delokalisierte Elektronen, unpolare Struktur

PE



- Kunststoff mit Möglichkeit zur Wasserstoffbrückenbindung

PA



Als Schlußfolgerung aus dem Zusammenhang von Kunststoffstruktur (Kunststofftyp), Benetzung, Polarität und hoher Haftung ergibt sich die Grundforderung, durch eine gezielte Vorbehandlung optimale Voraussetzungen für eine hohe Klebfestigkeit zu schaffen.

Als Besonderheit bei den Kunststoffen muß aber auch noch berücksichtigt werden, daß die Kunststoffe aufgrund ihres makromolekularen Aufbaus „Hohlräume“ und „Fehlstellen“ zwischen den einzelnen Makromolekülen besitzen. Damit unterscheiden sie sich sehr wesentlich von den Metallen, die relativ geordnet kristallin aufgebaut sind, mit einem sehr geringen Abstand der Kationen in einem Kristall. Die „Hohlräume“ in Makromolekülen ermöglichen, im Gegensatz zu den Metallen, eine Diffusion niedrigmolekularer und damit räumlich kleinerer Stoffe. Dazu zählen unter anderem auch organische Lösemittel und z.B. Wasser. Die organischen Lösemittel besitzen zusätzlich noch die

Eigenschaft, daß sie den Abstand zwischen den Makromolekülen vergrößern, was sich in einem Quellen der Kunststoffe äußert. Dabei erhöht sich auch die Beweglichkeit der Makromoleküle, bis hin zu der Fähigkeit, daß sich die Makromoleküle bei der Berührung durchdringen. Dieser Effekt wird beim Diffusionskleben - auch als Diffusionsschweißen bezeichnet - direkt ausgenutzt. In einigen Fällen ist es möglich, eine Verbindung von zwei Kunststoffoberflächen über das Diffusionskleben zu erreichen, ohne daß ein weiterer Klebstoff erforderlich ist. Hierbei reicht das Auftragen eines Lösemittels auf beiden Kunststoffklebflächen und das anschließende Quellen aus, daß sich nach einem intensiven Kontakt und nach einer längeren Fixierzeit eine feste Verbindung einstellt. Während der Fixierzeit muß das Lösemittel - möglichst über den Klebschicht- rand - schnell abdunsten können. Da dieser Vorgang aufgrund der langen Diffusionswege zeitaufwendig ist, ergeben sich lange Fixierzeiten, ein Nachteil, der in kontinuierlichen Fertigungsprozessen nicht mehr akzeptiert wird. Das Diffusionskleben ist deshalb häufig auf den handwerklichen Bereich beschränkt. Das Lösungsverhalten von organischen Lösemitteln gegenüber den verschiedensten Kunststoffen ist keine zufällige Größe: zwischen der Löslichkeit eines Kunststoffs in einem Lösemittel besteht über den sog. Löslichkeitsparameter ein Zusammenhang.

Dieser Löslichkeitsparameter läßt sich über die Gleichung

$$\delta = \text{Kohäsionsenergiedichte}$$

aus der Kohäsionsenergiedichte, sowohl für den Kunststoff als auch das Lösemittel, ermitteln.

Eine gute Löslichkeit ergibt sich immer dann, wenn die Differenz der Löslichkeitsparameter zwischen Kunststoff und Lösemittel besonders klein ist, also gegen Null geht.

Vorbehandlung von Kunststoffen

Kunststoffoberflächen sind in Abhängigkeit

- vom Kunststofftyp (PE...PVC) und
- vom Herstellungsverfahren (Spritzgießen, Extrusion, Kalandrieren)

sehr glatt, schlecht benetzbar und wenig oberflächenaktiv.

Die Erhöhung der Haftung erfordert deshalb häufig eine Vorbehandlung, das gilt besonders für Kunststoffe mit geringer Polarität oder mit hoher Teilkristallinität. Es gibt mehrere, sehr unterschiedliche Vorbehandlungsverfahren, die nach verschiedenen Gesichtspunkten und Materialien eingesetzt werden (Tabelle 3). Vielen Vorbehandlungsverfahren werden eine Grob- oder Feinreinigung vorangestellt, um den eigentlichen Vorbehandlungsprozeß ungestört ablaufen lassen zu können.

• Feinreinigung

Zur Feinreinigung werden organische Lösemittel, die einerseits schädliche Stoffe auf der Oberfläche auflösen, andererseits die Kunststoffoberfläche nicht anquellen, verwendet.

Bei einigen Lösemitteln muß beachtet werden, daß sie die Kunststoffe verspröden, eventuell im Kunststoff enthaltende Weichmacher herauslösen und die Spannungsrißempfindlichkeit erhöhen.

Als Alternative zu den organischen Lösemitteln; auch aus Umweltschutzgründen und zur Gewährleistung der TA-Luft, werden alkalische Reinigungsmittel verwendet. Die Wirksamkeit dieser Mittel nimmt mit steigender Temperatur der Reinigungsbäder überproportional zu. Dabei dürfen allerdings bestimmte Temperaturobergrenzen nicht überschritten werden, da sich sonst die Kunststoffbauteile deformieren würden.

mechanische Methoden	chemische Methoden	physikalische Methoden
Beseitigung haftungshemmender Trennmittel, Erhöhung der wahren Oberfläche	Umwandlung der Oberflächenmorphologie, Einbau von aktiven Stoffen zur Erhöhung der Chemisorption, OH-, COOH-, -CO-Gruppen	Erhöhung der Oberflächenenergie, Veränderung der Mikrostruktur, Veränderung der chemischen Zusammensetzung
Schleifen, Strahlen mit „unscharfen“ Strahlmitteln, Bürsten, Schmirgeln	Beizen in Säuren, Laugen oder starken Oxidations- und Reduktionsmitteln, Beispiel: Chromschwefelsäurebeizen, PTFE-Behandlung in einer Na-Naphthalin-Lösung trockenchemische Vorbehandlung: Ozonisierung, Fluoridisierung, Silicoaterbehandlung, Saco-Behandlung, Flammenbehandlung nach dem KREIDL-Verfahren	Nieder-Druck-Plasma-Behandlung, Corona-Vorbehandlung,

Tabelle 3: Prinzipielle Einteilung von Vorbehandlungsmethoden für Kunststoffe

Beschreibung der Vorbehandlungsverfahren

• KREIDL-Verfahren (Beflammen)

Großflächige, kostengünstige Vorbehandlungen - auch im eingebauten Zustand der Bauteile und unter Reparaturbedingungen - ermöglicht das KREIDL-Verfahren.

Es handelt sich um eine etwa eine Sekunde dauernde Beflammung mit einem Propangas/Sauerstoff-Gemisch, wobei auf der Kunststoffoberfläche kurzzeitig und nur in einem eng begrenzten oberflächennahen Bereich 200 bis 400°C erreicht werden. Diese Temperaturen und der erhöhte Sauerstoffgehalt in der Flamme bewirken eine oxidative Veränderung der Oberfläche, insbesondere die Bildung von C-O-Verbindungen, die die Haftung wesentlich verbessern. Zugleich wird auch die „Mikrorauigkeit“ im Nanometerbereich verändert. Die Veränderung der Oberfläche nach einer optimalen Beflammung äußert sich unter anderem darin, daß die häufig glänzenden Kunststoffoberflächen matt werden. Kommt es zu ersten Verbrennungen durch eine zu lange unkontrollierte Beflammung, entstehen erste kleine Bläschen und die Oberfläche wird zunehmend rauher. Die Beflammung eignet sich nur für relativ massive Bauteile, da bei dünnwandigen Teilen die Gefahr zunimmt, daß es zu Überhitzungen bzw. Verbrennungen kommt, zumal die Temperaturen in einer Flamme erheblich schwanken können.

Das Arbeiten mit einer offenen Flamme erfordert besondere Aufwendungen für die Arbeitssicherheit.

• Beizen

Die Beizverfahren gehen davon aus, die Kunststoffoberfläche durch sehr starke Oxidations- oder Reduktionsbedingungen chemisch so anzugreifen, daß die ansonsten reaktionsträgen Kunststoffe in ihrer Zusammensetzung verändert werden. Die hohe chemische Aktivität der Beizen erfordert besondere anlagentechnische Aufwendungen und Maßnahmen zum Schutz des Bedienungspersonals und der Umwelt.

Das Beizen in einer Lösung von Chromatsalzen in einer konzentrierten Schwefelsäure (Chromschwefelsäure) dauert etwa 1 bis 10 Minuten bei 70°C.

Die Beizlösung hat folgende Zusammensetzung:

100	Gewichtsteile	H ₂ SO ₄ , konzentriert
5	Gewichtsteile	K ₂ Cr ₂ O ₇ 2H ₂ O
8	Gewichtsteile	H ₂ O, destilliert

Die Entsorgung der Chromatsalze nach Benutzung der Beizlösung bereitet besondere Probleme, so daß auf das Beizen nur bei besonders hohen Anforderungen an eine Klebung zurückgegriffen wird bzw. Alternativen nicht bekannt sind.

• Niederdruck-(ND)-Plasmabehandlung

In einem Reaktor mit ausreichend großem Volumen wird bei sehr geringen Drücken (etwa 0,6 bis 2,0 mbar) durch eine Gasentladung in einem hochfrequenten Wechselfeld ein Plasma aus Gasionen und Bruchstücken davon (Radikale spezieller Gase) gebildet. Dieses Plasma reagiert mit der Kunststoffoberfläche, dabei bilden sich aufgrund einer chemischen Wechselwirkung der Ionen und Radikale mit einzelnen Segmenten der makromolekularen Oberfläche chemische Verbindungen, die die Benetzung und die Chemisorption zwischen Kunststoff und Klebstoff fördern.

Die Wirkung einer ND-Plasmabehandlung mit Sauerstoff, Sauerstoffgemischen, Stickstoff, Ammoniak, Argon, Argon-Wasserstoffgemischen oder mit Fluorkohlenwasserstoffen ist nicht als Einzelprozeß zu verstehen, sondern

- es werden neue chemisch aktive Stoffe auf der Oberfläche gebildet,
- es werden einige Makromoleküle gespalten, vernetzt oder polarisiert und
- es wird die Oberflächenmorphologie verändert.

Die Rauheit steigt bei glatten Kunststoff-Folien von 10 auf 20 nm an.

Da im Vakuum gearbeitet wird, ist die Entladungsenergie der Plasmateilchen sehr groß, so daß die Eindringtiefe des Vorbehandlungseffektes etwa 2,5 nm beträgt. Dies entspricht etwa 5 Molekularlagen. Trotz dieser geringen Eindringtiefe wird die Haftfestigkeit einiger Kunststoffe um ein Vielfaches gesteigert. Charakteristische Prozeßdaten sind:

Hochfrequenzleistung des Generators	0,1 bis etwa 5 kW
Prozeßzeit	1 bis 20 min
Oberflächentemperatur	60 bis 100°C
Gasfluß	50 bis 1000 ml/min.

Das Arbeiten im Vakuum bedeutet, daß der Prozeß nur diskontinuierlich abläuft, was der wesentliche Nachteil dieses Verfahrens ist.

Besonders günstig ist die hohe Zuverlässigkeit von Klebungen, die nach diesem Verfahren behandelt wurden. Wichtige Parameter, die sich auf die Klebfestigkeit auswirken, sind:

- Gasart und Gemischzusammensetzung,
- Behandlungszeit,
- Zwischenlagerzeit Vorbehandlung-Klebstoffauftrag.

Das ND-Plasma-Verfahren hat sich besonders bei folgenden Kunststoffen durchgesetzt: PE, PS, POM (Polyacetal).

- **Plasma-Gun-Verfahren**

Um nicht diskontinuierlich im Vakuum arbeiten zu müssen, wurde das Plasma-Gun-Verfahren entwickelt. Das Verfahrensprinzip entspricht der Plasmabehandlung. Die Besonderheit besteht darin, daß die im Plasma entstandenen Ionen oder radikale über einen Gasstrom aus dem Vakuum herausgeführt und dann auf die Kunststoffoberfläche geleitet werden. Die Wirkung dieses Ionenstroms ist zwar nicht so ausgeprägt wie bei einer Behandlung im Vakuum, dafür arbeitet das Verfahren ortsunabhängiger und eignet sich zur Vorbehandlung größerer Flächen.

Die Wirkung dieser Vorbehandlung wird im wesentlichen von der Düsegestalt, der Vorschubgeschwindigkeit (Ionenichte je Flächeneinheit und Zeit) und dem Düsenabstand bestimmt.

Klebbarkeit von Kunststoffen

- **Polyethylen, Polypropylen**

Im allgemeinen werden diese Werkstoffe geschweißt. Beim Verbinden mit anderen Werkstoffen greift man aber auf das Kleben zurück und muß in jedem Fall vorbehandeln, da ansonsten keine Verbindung zustande kommt.

Geeignete Vorbehandlungsverfahren sind:

- das Chromschwefelsäure-Beizen,
- die Corona-Behandlung bei Folien und Platten,
- die ND-Plasma und Plasma-Gun-Behandlung bei geometrisch komplizierten kleineren Bauteilen,
- die Fluoridierung bei großen Bauteilen,

- das KREIDL-Beflammen bei geringeren Ansprüchen und unter Baustellenbedingungen.

Geeignete Klebstoffe sind:

- 2-Komponenten-Epoxidharze
- 1-Komponenten-Polyurethanharze
- 2-Komponenten-Polyurethanharze
- EVA-Schmelzklebstoffe
- PE-Schmelzklebstoffe.
- Polystyrol

Dieser Kunststoff ist sehr gut in Methyläthylketon, in Estern organischer Säuren, Toluol und chlorierten Kohlenwasserstoffen löslich. Eine Reinigung in Ethanol oder auch in einer alkalischen wässrigen Lösung ist ausreichend, um hohe Klebfestigkeiten zu erreichen.

Im einfachsten Fall werden die Lösemittel auf die Klebfläche aufgetragen und danach die Flächen kurzzeitig zusammengedrückt.

Besonders hohe Klebfestigkeiten ergeben sich mit Cyanacrylatklebstoffen (sog. "Sekundenklebern") oder polymerisierbaren Methylmethacrylaten. Seltener werden 2K-PUR- oder 2K-EP-Klebstoffe verwendet.

In ähnlicher Weise lassen sich auch Mischungen von Polystyrol mit anderen Kunststoffen (ABS-sog. schlagzähes Polystyrol-, SAN) kleben.

Für das Kleben von Polystyrolschaum eignen sich besonders wässrige Polyvinylacetat-Dispersionen. Die Anwendung von lösemittelhaltigen Klebstoffen muß vermieden werden, da die dünnwandige Schaumstruktur schon von geringen Mengen Lösemittel zerstört wird.

Werden Polystyrolprodukte mit anderen Werkstoffen verbunden, eignen sich vorrangig die EP-, PUR- und Cyanacrylatklebstoffe zum Verbinden.

- **Polycarbonat**

Dieser Kunststoff ist lösemittellempfindlich, so daß eine Reinigung mit organischen Mitteln nicht günstig ist, ausgenommen das Ethanol, Isopropanol und Isobutanol. Günstig sind alkalische Reinigungsmittel.

Mit Ethylenchlorid läßt sich das Lösungskleben realisieren: nach etwa 10 s Abdunstzeit werden die Fügeflächen mit einem Kontaktdruck verbunden. Das Ethylenchlorid sollte anschließend innerhalb von mehreren Stunden bei 80°C „ausgeheizt“ werden, da die Polycarbonate leicht zur Spannungsrißkorrosion neigen.

Eine 6%ige Lösung von Polycarbonat in Ethylenchlorid ergibt einen gut klebenden Kleblack.

Werden Polycarbonate mit anderen Werkstoffen verbunden, eignen sich EP-Harze zum Kleben. Wichtig ist dabei aber, daß keine aminisch härtenden EP-Harze eingesetzt werden, sondern nur EP-Harze, die mit Polyaminoamiden härten.

Amine - auch in kleinen Mengen - lösen in Polycarbonaten Spannungsrisse aus. Als Klebstoffe eignen sich auch 2K-PUR-, 1K-PUR-, Cyanacrylat- und Siliconklebstoffe.

Zusammenfassung

Eine wichtige Entwicklungsrichtung im nächsten Jahrzehnt besteht darin, Materialien in Bauteilen, Geräten und Anlagen miteinander zu kombinieren. Diese Tendenz gilt besonders bei der Kombination von Kunststoffen und Metallen. Ein weiterer Weg, bestimmte Materialeigenschaften zu verbessern, besteht darin, verschiedene Kunststoffe miteinander zu mischen (Polymerlegierungen, Polymerblends). In beiden Fällen ist eine optimale Verbindungstechnik für neue Applikationen sehr wichtig, insbesondere bei sehr kleinen und leichten Bauteilen. Traditionelle Verbindungstechniken wie das Schrauben und Schweißen scheiden dabei häufig aus bzw. führen nicht zu optimalen Lösungen.

Gerade für diese Bereiche ergeben sich bei Nutzung der Klebtechnik neue Problemlösungen, zumal die Temperaturbeständigkeit vieler Klebstoffe und Kunststoffe in der gleichen Größenordnung liegt. Durch die zunehmende Vielfalt der Klebstoffe bestehen auch kaum Einschränkungen hinsichtlich der Festigkeit, Medienbeständigkeit, Temperaturbeständigkeit und anderer Forderungen.

Die innovative Nutzung der Klebtechnik, auch bei den Kunststoffen, ist deshalb im wesentlichen von den Kenntnissen über diese Technik bei Entwicklungsingenieuren und Konstrukteuren sowie der fachgerechten Anwendung in der Werkstatt abhängig. Der Forschung im Bereich der Klebtechnik kommt dabei die Aufgabe zu, noch teilweise offene Fragen wie die optimale Vorbehandlung, das Deformationsverhalten bei längerer mechanischer und thermischer Belastung oder die Schaffung einfacher Berechnungsgrundlagen zu lösen.

Georg Krüger ist Gruppenleiter Allgemeine Klebtechnik im IFAM, Bremen.

Petra Theuerkauff

Praktische Tips „Rund ums Kleben“

Vorbereitungen zum Kleben

1. Arbeitsunterlage: Papier, kunststoffbeschichtetes Papier, Glasplatten oder PTFE-Platten.
2. Behälter zum Anrühren bzw. Abwiegen von Klebstoffen: Einwegartikel aus PP, PA, aber Vorsicht bei PS (PS kann angelöst werden). Keine Becher mit Strukturvertiefungen am Boden verwenden (Mischungsfehler).
3. Rührstäbe zum Rühren aus Holz- oder nichtrostende Metallspatel oder Glasstäbe verwenden.
4. Zum Reinigen der Metall-, Glas-Rührstäbe: Aceton o.ä. und fusselfreie Papiertücher. Holzspatel sind zu verwerfen.
5. Nicht verbrauchter Klebstoff am besten im Ansatzbecher härten lassen, er kann als Probe für das Härungsverhalten genutzt werden.
6. Putzlappen, die mit unausgehärtetem Klebstoff verunreinigt sind, sind als Sondermüll zu entsorgen.

Das Abwiegen von Klebstoffen

Alle Klebstoffe müssen grundsätzlich laut Herstellerangaben verarbeitet werden.

1. Eingangsdatum des Klebstoffs und Tag der ersten Klebstoffentnahme auf den Originalgebinden vermerken.
2. Mischungsverhältnis mit wasserfestem Schreiber auf allen Behältern vermerken.
3. Kühl gelagerte Klebstoffgebilde rechtzeitig (mind. 6 Stunden vor der Verarbeitung), ungeöffnet auf Raumtemperatur bringen, um Kondenswasserbildung in den Gebinden zu verhindern.
4. Klebstoffansätze über 50 g vermeiden, da sich dann die vom Hersteller angegebene Topfzeit verringert (exotherme Reaktion).
5. Ansatzbecher geeigneter Größe wählen, damit beim Verrühren der Klebstoff nicht überläuft, sich aber gleichmäßig im Becher verteilen kann.
6. Bei Zweikomponenten-Systemen zuerst die Harzkomponente an den

einen Rand des Ansatzbechers - die Härterkomponente an den anderen Rand geben, um zuviel abgewogenen Klebstoff problemlos wieder entnehmen zu können.

7. Überflüssige Harz- oder Härterkomponente niemals in die Originalgebinde zurückfüllen, um die Gebinde nicht zu verunreinigen.
8. Nicht mehr benötigte Harz- oder Härterkomponente in einem verschließbaren Behälter aus Kunststoff sammeln und sachgerecht entsorgen.
9. Rührstäbe bzw. Spatel für das Abwiegen zwischen der Entnahme des Harzes und des Härters gründlich mit einem Tuch und Lösemittel reinigen.

Das Vermischen von Klebstoffen

1. Während des Rührvorganges den Spatel mehrfach am Becherrand abstreifen.
2. Um Mischungsfehler zu vermeiden, bitte den Bodensatz am Becher mit aufrühren.
3. Nicht zu schnell rühren (Blasenbildung vermeiden).
4. Bei zähflüssigen Klebstoffen kann das Mischen der beiden Komponenten durch leichtes Erwärmen erleichtert werden.
5. Die vom Hersteller angegebenen Topfzeiten beachten.
6. Ein Vermischen der Komponenten im Vakuum kann die Bildung von Luftblasen verhindern.
7. Rührzeit: Faustregel ca. 5 min, jedoch die vom Hersteller im Datenblatt angegebene Topfzeit beachten. „Wer gut rührt, der gut klebt.“

Das Auftragen von Klebstoffen

Die Art des Auftragens hängt von der Viskosität der Klebstoffe ab. Nach Möglichkeit sollte auf beide Fügeflächen Klebstoff dünn aufgetragen werden. Bei zähflüssigen Produkten kann das Auftragen durch geringfügiges Erwärmen der Fügeile erleichtert werden. Nach erfolgtem Aufbringen ist die zulässige „offene Wartezeit“ (Lagerung der offenliegenden Fügeile) zu beachten, die insbesondere bei den kaltaushärtenden Produkten relativ kurz sein kann.

1. Schichtdicke des Klebstoffs ca. 0,2 mm, d.h. je Fügeile 0,1 mm.
2. Aus der Klebfuge ausgetretenen Klebstoff schon im ungehärteten Zustand beseitigen; die meisten Klebstoffe lassen sich im ausgehärteten Zustand nur schwierig entfernen.

3. Der aufgetragene Klebstoff muß einen geschlossen und gleichmäßigen Film bilden.
4. Flächen, die nicht verklebt werden sollen, jedoch dicht an der Klebstelle liegen, sollten vorher mit Isolierband (Temperaturbeständig bis ca. 120°C) oder ähnlichem abgeklebt werden. Nachdem Aushärten läßt sich dann das Isolierband mit dem überschüssigen Klebstoff leicht entfernen.

Das Fixieren der Proben

Um ein Verrutschen der Fügeile, z.B. Zugscherproben, bei der Aushärtung des Klebstoffs zu verhindern, ist die Verwendung einer Klebvorrichtung (siehe Bild 1) zu empfehlen. Weiterhin kann bei dieser Vorrichtung die erforderliche Überlappungslänge genau eingestellt werden. Es handelt sich bei der im Bild 1 dargestellten Vorrichtung um einen Eigenbau aus Aluminium. Die Gewichtsbelastung, in diesem Fall Stempel mit Federn, erlaubt eine genaue Einstellung des Anpreßdruckes (Kontaktdruck), der auch bei Schrumpfung der Klebschicht konstant bleibt. Die Bohrungen in der Vorrichtung sowie die Verwendung von Leichtmetall erlauben ein gleichmäßiges und schnelles Erwärmen der Fügeile.

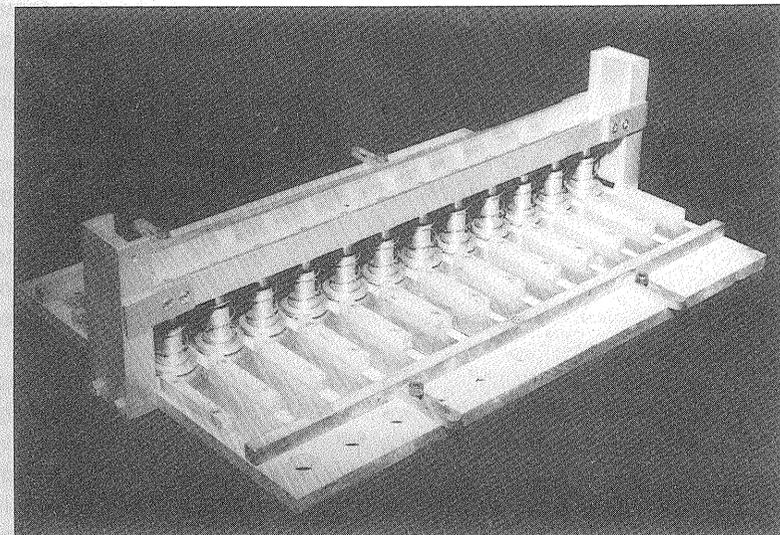


Bild 1: Klebvorrichtung mit Zugscherproben

Die Fügeteile werden vor dem Kleben zugeschnitten und entgratet. Es ist besonders darauf zu achten, daß die Fügeteile plan und nicht verkantet aufliegen. Dafür sind beispielsweise Distanzstücke entsprechend der jeweils zu verklebenden Blechdicke zu verwenden. Zweckmäßig ist auch die Verwendung eines Trennmittels um ein Verkleben der Fügeteile mit der Vorrichtung zu vermeiden (z.B. PTFE-Spray, aber PTFE-Spray möglichst im Freien, niemals jedoch in geschlossenen Räumen in denen geklebt wird, verwenden!). Bei einer Warmaushärtung wird die gesamte Vorrichtung in einen Umluftofen eingebracht.

Geräte und Hilfsmittel: Klebvorrichtungen mit Einrichtung für Kontaktdruck und Vakuumofen bzw. Umluftofen

Die Aushärtung

Bei den warmaushärtenden Klebstoffen wird durch langsames und stetiges Erwärmen (Aufheizrate) die vorgeschriebene Temperatur erreicht, die für die Aushärtungsdauer konstant und überall gleichmäßig sein muß. Die Härtungstemperatur sollte in oder an der Klebfuge gemessen werden. Die Abkühlung muß langsam und gleichmäßig erfolgen. Es muß bei der Aushärtung darauf geachtet werden, daß der Klebstoff die Fügeteile ausreichend benetzt. Ein zu rasches Härten behindert diesen Vorgang. Einzelne Produkte sind laut Datenblatt der Hersteller wahlweise warm oder kalt härtbar. In vielen Fällen bestimmt die Aushärtungstemperatur die Dauer des Abbindeprozesses.

Die meisten Metallklebstoffe, mit Ausnahme der Polykondensations-Typen, benötigen keinen erhöhten Anpreßdruck, jedoch muß manchmal eine geringe Klebfilmstärke verwirklicht werden. In jedem Fall müssen aber Fixierung und Klebflächenanlage gewährleistet sein. Muß jedoch mit Anpreßdruck gearbeitet werden, so ist dieser vor der Erwärmung aufzubringen, während der Aushärtung konstant zu halten und bis zur Abkühlung von mind. $+80^{\circ}\text{C}$ beizubehalten (Bild 2).

Bei Klebstoffen bzw. Fügeteilen, die während des Aushärtens stärker schrumpfen, muß der Druck konstant gehalten werden. Die Zeitdauer des Aushärtens zählt erst nach Erreichen der vorgeschriebenen Temperatur in der Klebfuge. Im Zweifelsfalle sind Musterklebungen mit Thermoelementen in der Klebschicht anzufertigen und die Erwärmungskurven zu messen.

Mit Rücksicht auf die Fügeteile ist die Aushärtezeit/Aushärtetemperatur, allerdings immer unter Berücksichtigung der Herstellerangaben, so niedrig wie möglich zu halten. Aluminium beispielsweise erfährt bei Temperaturen von über

200°C bereits eine Wärmebehandlung. Lösemittelhaltige Produkte erfordern eine Vortrocknung bei offenen Fügeteilen.

Bei den kalthärtenden Klebstoffen können die relativ langen Aushärtezeiten durch leichtes Erwärmen erheblich, in einigen Fällen bis auf wenige Sekunden verkürzt werden.

Geräte: - Umluftofen
- Heizpresse
- Autoklaven
- Heizschlangen

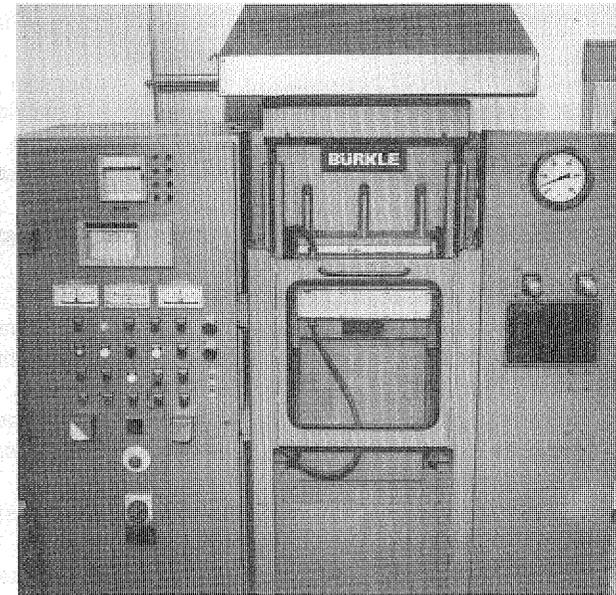


Bild 2: Programmgesteuerte Klebpresse

Umgang mit Primern

Um ein Verunreinigen der Klebflächen nach der Oberflächenvorbehandlung zu verhindern, können die Oberflächen konserviert (geprimert) werden. Eine so geprimerte Oberfläche kann nun in einem trockenen und staubfreien Raum ca. 14 Tage gelagert werden. Weiterhin kann der Primer in manchen Fällen eine Festigkeitssteigerung bewirken.

Primer bestehen in der Regel aus verdünnten Lösungen der Basiskomponenten der nachfolgenden Klebstoffe; d.h. jeder Klebstoff benötigt neben der optimalen Oberflächenvorbehandlung auch seinen speziellen Primer.

Die Primer werden grundsätzlich ähnlich wie Lacke verarbeitet, sind aber hinsichtlich ihrer Verarbeitbarkeit unterschiedlich. Bei dem Primerauftrag hat sich das luftlose Sprühverfahren (airless) besonders bewährt. Eine absolut konstante Primerschicht ist bei Handauftrag nur sehr schwer zu realisieren. Die jeweiligen Spezifikationen von Primerschichtdicken lassen einen Bereich von 2 bis 8 µm im getrockneten Zustand zu.

Primervorgang anhand eines Beispiels aus der Luftfahrtindustrie (Laborverlauf)

1. Primergebinde mind. 6 Stunden vor der Verarbeitung aus der Tiefkühltruhe nehmen und geschlossen auf Raumtemperatur erwärmen.
2. Vorbehandelte und getrocknete Fügeteile müssen Raumtemperatur haben.
3. Primer gut aufrühren, bis sich der Bodensatz (Pigmente) vollständig „gelöst“ hat.
4. Arbeitsmenge abfüllen; Probeprimerung herstellen.
5. Primerauftrag (bei fast senkrecht stehenden Fügeteilen) mit einer Spritzpistole (airless). Schichtdicke trocken 4 bis 8 µm. Abstand Spritzpistole/Fügeteil ca. 30 bis 40 cm.
6. Bei Serienfertigungen muß für ein ausreichendes Umrühren des Primers gesorgt werden, um ein Absetzen der Feststoffe am Boden des Primergefäßes zu vermeiden.
7. Geprimerte Fügeteile zum Trocknen (Ablüften des Lösemittels) in einen trockenen und staubfreien Raum bzw. Abzug stellen.
8. Nach Trocknung bei Raumtemperatur die geprimerten Fügeteile zur Härtung des Primers in einen Umluftofen einbringen.
9. Nach der vom Hersteller angegebenen Härtungszeit und Temperatur die Fügeteile auf Raumtemperatur abkühlen lassen, Schichtdicke messen und dann verkleben.

Bei einigen Primern ist ein Aushärten zeitgleich mit dem Klebstoff möglich; d.h. der Primer wird vor dem Verkleben nur getrocknet. Wenn keine Serienfertigungen angestrebt werden, ist eine Abfüllung der großen Primergebinde in kleinere Vorratsgefäße praktisch und zweckmäßig (Haltbarkeit des Primers verkürzt sich mit jedem Auftauen auf Raumtemperatur).

Datenblätter der Hersteller unbedingt beachten!

- Geräte und Hilfsmittel:
- Magnetrührer
 - Spritzpistole (airless)
 - Spritzkabine
 - Vorratsbehälter
 - Umluftofen
 - Schichtdickenmeßgerät
 - Zur Reinigung der Spritzpistole, Düse und der Vorratsbehälter kann ein Lösemittelgemisch Toluol/Ethanol (im Verhältnis 7:3) verwendet werden.
 - Für eine ausreichende Be- und Entlüftung des Arbeitsplatzes ist unbedingt zu sorgen.

Fehler, die beim Kleben auftreten können

Klebstoffe:

- Klebstoffauswahl
- Klebstoffsystem ist für die Fügeteile nicht geeignet z.B. Viskosität zu hoch/niedrig Oberflächenvorbehandlung der Fügeteile ist für den Klebstoff nicht geeignet
 - Klebfilm ist für die Fügeteile nicht geeignet: Härtungstemperatur beeinflusst das Gefüge der Fügeteile (Wärmebehandlung)
 - Klebfilm ist für die Oberflächenvorbehandlung der Fügeteile nicht geeignet: z.B. gestrahlte Oberfläche mit einem sehr dünnen Klebfilm.

- Lagerung
- zu warm/kalt
 - nicht lichtgeschützt (bei UV-härtenden Klebstoffen)
 - undichte Behälter
 - Material der Behälter nicht geeignet
 - undichte Verpackung der Klebfilme
 - Klebfilme vor Feuchtigkeit nicht geschützt

- Lagerstabilität
- Verfallsdatum überschritten
 - gemäß Herstellerangabe nicht sachgemäß gelagert

- Kennzeichnung
- Klebstoffbezeichnung löst sich von den Gebinden (Verwechslungsgefahr)

- Gebindeverunreinigung - z.B. überflüssig abgewogene Klebstoffkomponenten in die Originalgebinde zurückgefüllt
- Auftauzeit - bei kalt gelagerten Klebstoffen Gebinde vor dem Öffnen nicht ausreichend erwärmt (Kondenswasserbildung)
- Klebfilm im kalten bzw. gefrorenen Zustand verarbeitet (Kondenswasserbildung)
- Ansatzbecher - Material des Ansatzbechers ist für den Klebstoff nicht geeignet (z.B. Polystyrol-Becher und Polyurethan-Klebstoff)
- Boden des Ansatzbechers mit Vertiefungen (z.B. Rauhenmuster) macht das korrekte Aufrühren unmöglich.
- Mischungsfehler beim Abwiegen - Allgemein wird die Harzkomponente vom Hersteller mit „A“ und die Härterkomponente mit „B“ bezeichnet. Bei Produkten z.B. aus der USA kommt es vor, daß die Harzkomponente mit „B“ (Basis) und die Härterkomponente mit „A“ (Accelerator = Härter/Beschleuniger) bezeichnet wird. Verwechslungsgefahr!
- Angaben zum Mischungsverhältnis nach Gew.% oder Vol.% nicht beachtet (verwechselt).
- Mischungsfehler beim Rührvorgang - zu schnelles/langsames Rühren (Luftblasen)
- Rührzeit zu kurz/lang
- Rückstände am Becherboden nicht aufgerührt
- Ansatzbecher nicht geeignet (Form/Größe)
- Topfzeit überschritten
- Verarbeitung von Klebfilmern - Berührung des Klebfilms mit bloßen Händen
- offener Klebfilm durch Staub o.ä. verunreinigt
- Abdeckfolie(n) nicht entfernt
- Faltenbildung des Klebfilms zwischen den Füge-teilen
- Klebstoffauftrag - Auftragsgeräte für speziellen Anwendungsfall ungeeignet
- Klebstoffschicht zu dick/dünn
- Keine gleichmäßige Klebschichtdicke
- Keine geschlossene Klebschicht

- Beim Auftrag mit Pinseln Borstenqualität falsch
- Borstenrückstände vom Pinselauftrag
- starkes „Kratzen“ mit dem Auftragsgerät (Spatel) beschädigt oder zerstört die Oberflächenbeschaffenheit des Füge-teils
- aus der Klebfuge ausgetretener Klebstoff verschmutzt die Füge-teile
- Automatische Misch-, Dosier- und Auftragsgeräte - mit ausgehärteten Klebstoff verunreinigt
- nicht regelmäßig gewartet
- wasserundurchlässiges Schlauchmaterial für die Verarbeitung von PU-Klebstoffen zwingend notwendig
- Temperatureinstellung falsch
- falsche Drehzahl der Mischschnecke
- Füge-teiltemperatur nicht auf den jeweiligen Klebstofftyp abgestimmt
- Blasenbildung im Zuleitungssystem
- Härtung - Temperatur zu hoch/niedrig bzw. nicht konstant
- Zeit zu lang/kurz
- Fixierdruck zu hoch/niedrig bzw. nicht konstant
- Abkühlung zu schnell/langsam
- Aufheizrate (Temperatur/Zeit) nicht eingehalten
- Füge-teile Füge-teilauswahl - Füge-teil ist für das Klebsystem ungeeignet z.B. Härtungstemperatur Klebstoff ist für Füge-teil zu hoch (Gefügeänderung)
- Füge-teil vor dem Kleben nicht entgratet
- Füge-teil „krumm“ (keine geschlossene Klebschicht möglich)
- Lagerung - Lagerräume mit zu hoher Luftfeuchtigkeit oder Staubkonzentration; Lagerräume dürfen nicht für Lackierarbeiten o.ä. benutzt werden, da sich Lackpartikel auf den Proben niederschlagen könnten. Weiterhin darf in den Lagerräumen auf keinen Fall mit PTFE-Spray o.ä. gearbeitet werden.
- Handhabung der Füge-teile Entfettung - Anfassen der Füge-teile mit den bloßen Händen ist zu vermeiden (Handschuhe verwenden)
- Lösemittel verschmutzt bei Ultraschallentfettung: Füge-

- teillagerung nicht senkrecht
- nach dem Entfetten Kondenswasserbildung auf der Fügeiteiloberfläche
- Trockenflecke

- Schleifen
- Schleifmittel zu grob/fein
 - verschmutztes Schleifmittel
 - nicht ausreichend geschliffen
 - Schleifrichtung falsch
 - Schleifmittelrückstände nicht entfernt
 - nachträgliches Entfetten (kann schädlich sein)

- Strahlen
- Strahlmittel zu grob/fein
 - verschmutztes Strahlmittel
 - zu hoher/geringer Strahldruck
 - verölte Preßluft
 - falscher Abstand Strahldüse/Fügeiteil
 - falscher Winkel Strahldüse/Fügeiteil
 - Fügeiteil „krumm“ gestrahlt
 - Strahlmittelrückstände nicht entfernt
 - nachträgliches Entfetten (kann schädlich sein)

Die Auflistung dieser beim fachgerechten Kleben zu beachtenden Gesichtspunkte macht deutlich, daß hierfür ein erheblicher Fundus an Wissen und Erfahrungen erforderlich ist. Für die berufliche Aus- und Weiterbildung eröffnet sich damit ein weites Feld.

Petra Theuerkauff ist technische Mitarbeiterin im IFAM, Bremen

Robert Saller und Wolfgang Fleischhauer

Einsatz verschiedener Klebstoffsysteme in der Industrie

DIN 16920 und 16921 definieren das Kleben als stoffschlüssiges Verbindungsverfahren, wobei zwei Substrate gleichen oder unterschiedlichen Materials verbunden werden. Das Gefüge der verklebten Fügepartner bleibt dabei im wesentlichen unverändert.

Dies geschieht unter Ausnutzung der Oberflächenhaftung (Adhäsion) und der inneren Festigkeit (Kohäsion) des Klebstoffes. Die Adhäsion bezieht sich auf die Summe der Wechselwirkung zwischen den berührenden Oberflächen benachbarter Körper meist verschiedenen Materials, von Kohäsion hingegen spricht man als Summe der Wechselwirkungskräfte zwischen Teilchen innerhalb desselben Körpers.

Die Kohäsion ist somit praktisch eine Konstante und vom Anwender kaum zu beeinflussen. Die Adhäsion hingegen ist stark von den zu verbindenden Werkstoffen mit deren Oberflächenzustand abhängig.

So ist z.B. eine vollständige Benetzung der zu verbindenden Fügeiteiloberflächen mit Klebstoff notwendig. Anstatt einer seitenlangen Auflistung unterschiedlichster Werkstoffe und deren Verklebbarkeit, sollen hier nur grundsätzliche Einflußgrößen angesprochen werden.

Viele Kunststoffe haben im Gegensatz zu Metallen sehr geringe Oberflächenspannungen, was ihre Benetzbarkeit mit Klebstoff negativ beeinflusst. Somit sind manche Kunststofftypen mit niedriger Oberflächenspannung, wie z.B. Polyethylen (PE) oder Polyoxymethylen (POM) ohne Vorbehandlung nur mit niedrigen bis mittleren Festigkeitsergebnissen zu kleben.

Metalle besitzen zwar meist eine hohe Oberflächenspannung, jedoch wird die Klebbarkeit häufig durch eine sich schnell aufbauende Oxidschicht beeinflusst (Tabelle 1).

Darüber hinaus spielen auch noch Faktoren wie Rauhtiefe und Verschmutzungsgrad eine erhebliche Rolle. Es zeigt sich, daß die Substratoberflächen klebgerecht vorbehandelt werden müssen. Durch geeignetes Vorbehandeln können Oberflächen gereinigt und aktiviert, „alte“ Oxidschichten entfernt und „neue“ definiert, wieder aufgebaut sowie oft auch die entsprechende Rauhtiefe erreicht werden.

Das fertigungstechnische und konstruktive Einbinden von Klebstoffen in die Produktion erfordert eine Kenntnis der verschiedenen Aushärtemechanismen.

Klebstoff-Gruppe	Klebstoff-Bezeichnung	Aushärtung	Einsatzgebiete
Einkomponentige Klebstoffe	Anaerobe Klebstoffe	anaerob, d.h. unter Luftabschluss mit gleichzeitigem katalytischen Einfluß von Metallionen	<ul style="list-style-type: none"> - formschlüssiges Verbinden rotations-symmetrischer Fügeteile - Sichern von Schraubverbindungen - Dichten von Rohr-, Schraub- und Flanschverbindungen - als Korrosionsschutz im Fugespalt
	Cyanacrylate	durch katalytische Wirkung der Oberflächeneuchtigkeit	schnelle Verklebung von Metallen, Kunststoffen, Gummi, Keramik mit- und untereinander
	Lichthärtende Klebstoffe	Aushärtung durch Licht im jeweils geeigneten Wellenlängenbereich	unter Berücksichtigung, daß mind. eines der zu verklebenden Teile lichtdurchlässig sein sollte, können Verklebungen von Glas, Kunststoff, Metall und Holz mit- und untereinander schnell erreicht werden. Anwendungsmöglichkeiten z.B. in der Elektronik.
	Lichtaktivierbare Klebstoffe	Aktivierung durch Licht im jeweils geeigneten Wellenlängenbereich, Aushärtung nachfolgend bei Raumtemperatur	wie lichthärtende, es können jedoch durch die Voraktivierung auch lichtundurchlässige Materialien miteinander verklebt werden.
Zweikomponentige Klebstoffe	Heißhärtende Klebstoffe	Aushärtung unter hoher Temperatur (ca. 150° C)	Hochleistungsklebstoffe für besonders beanspruchte Verbindungen, Fügeteile müssen hitzebeständig sein! Eigenschaften: zähhart bzw. zähelastisch.
	Kalthärtende Klebstoffe	Aushärtung bei Raumtemperatur durch Zutischen eines Härters	Hochleistungsklebstoffe für besonders beanspruchte Verbindungen, universell einsetzbar, hochfest
	Reparaturspachtel	Harz + Härter-System. Aushärtung bei Raumtemperatur durch Zutischen eines Härters	Vielseitige Reparaturmöglichkeiten in Industrie, Handwerk und Haushalt z.B. Spachteln, Fügen, Füllen, Dichten, Ausgleichen, Anpassen.

Tabelle 1: Einteilung gebräuchlicher Klebstoffe

Tabelle 1 gibt einen Auszug gebräuchlicher Klebstoffarten, gegliedert nach ihrem jeweiligen Aushärtemechanismus, wieder.

Das Kleben stellt heute eine moderne und innovative Lösung innerhalb der Verbindungstechnik dar. So können unter anderem leichtere Bauweisen, einfachere Konstruktionen und vor allem unterschiedliche Materialpaarungen realisiert werden. Die nachfolgend beschriebenen Anwendungsbeispiele sollen einen praxisnahen Einblick in die moderne Klebtechnik vermitteln. Nur die Kenntnis der Vorteile und Merkmale kann zu einem Einbeziehen des Klebens als Fügetechnik bereits in der Konstruktionsphase führen.

Beispiel 1: Rückenlehnenverklebung von Rollstühlen

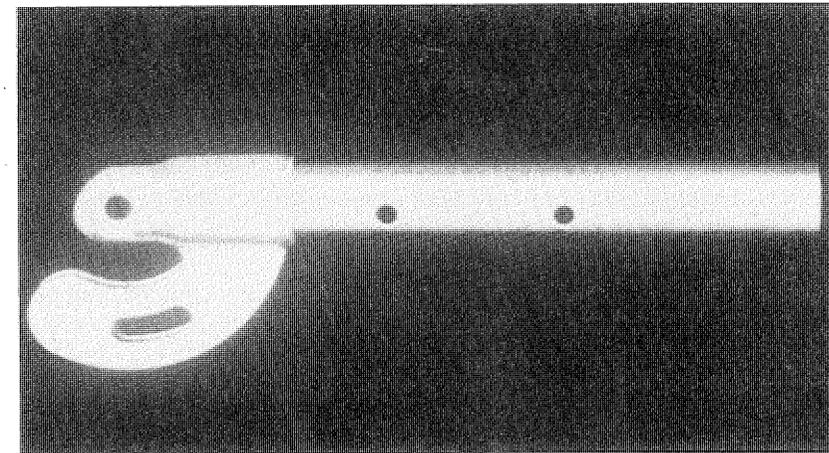


Abb. 1: Geklebte Rückenlehnenverstellung

Anhand eines hochbeanspruchten Rollstuhlbauteiles läßt sich die Entscheidung für das Kleben durch die unterschiedlichen Anforderungen sehr gut verdeutlichen. Speziell, wenn schwere Personen über Treppen oder ähnliches befördert werden, treten hohe Zug- und Scherbelastungen in der Rückenlehnenverstellung auf. Zusätzlich muß die Verbindung einen glatten Übergang aufweisen, da sie sich direkt im Körperbereich des Rollstuhlfahrers befindet.

Bisheriges Verfahren:

Realisierung mit Stahl-/Stahl-Verbindung, reibgeschweißt, anschließend abgedreht und geschliffen.

Neue Lösung als Klebung:

- Aufgabe der Klebung:
 - hochfeste Verbindung
 - Ausgleich unterschiedlichen Spieles
 - kostengünstigere Fertigung
- Zu verklebende Werkstoffe:
Für das Gelenkteil wurde in Folge der hohen Belastungen eine hochfeste Stahlverbindung gewählt. Das in das Gelenk zu fügende Rohr für die Rückenlehnen wird aus Gewichtsgründen aus einer Aluminiumlegierung hergestellt.
- Klebschichtdicke und fertigungstechnische Toleranzen der Fügeteile:
Spaltendicken von 0,25 - 0,35 mm sind durch Fügeteiltoleranzen zu erwarten.
- Vorbehandlung der Fügeteile:
Entfernung von Fett- bzw. Schmutzrückständen mittels Sprühreiniger.
- Belastungsprofil und Prüfkriterien:
Durch die schwer erfaßbare Belastungsrichtung kann lediglich eine Zugprüfung vorgenommen werden. Die Festigkeit der Klebstelle muß diejenige des Rohres übertreffen.
- Klebstoff:
Zähelastifizierter Einkomponenten-Konstruktionsklebstoff auf der Basis von Epoxidharz. Zugscherfestigkeiten nach DIN 54451 auf Aluminiumblech Al Cu Mg 2; 6 mm dick $r_B = 66 \text{ N/mm}^2$ dynamische Viskosität bei 25°C ca. 3500 mPas
- Fertigung:
 - a) Applikation:
Der Klebstoffauftrag erfolgt halbautomatisch aus Dosiergerät mit Kartuschenhalterung und Dosierventil zur Mengenabgabenregelung. Der Klebstoff wird jeweils am Einsteckende des Gelenkes innen und des Rohres außen raupenförmig auf den gesamten Umfang verteilt.

b) Möglichkeiten der Klebstoffaushärtung:

- IR-Bestrahlung
- reine Konvektionswärme (Umluft) ggf. IR-unterstützt
- in geschlossenen Öfen bzw. Durchlauföfen
- Heizplattenkontakt

Der Klebstoff härtet dann bei

- Temperaturen von 150°C in ca. 80 min bzw. 180°C in ca. 40 min oder 200°C in ca. 20 min vollständig aus.

c) Nachbehandlung:

keine, außer Abkühlung auf Raumtemperatur.

• Bemerkungen

Die Fügeverbindung Aluminium/Stahl mittels Einkomponenten-Klebstoff zu realisieren, brachte gegenüber allen konkurrierenden Methoden deutliche Vorteile.

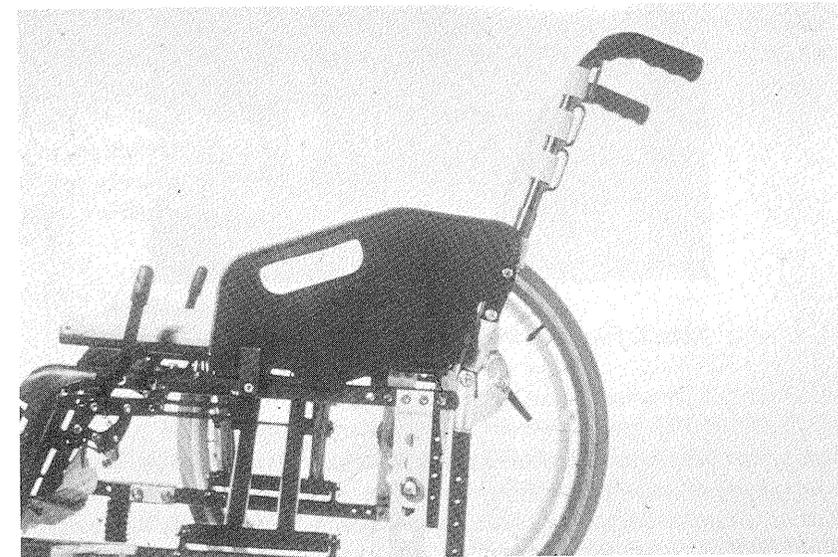


Abb. 2: Rollstuhl mit geklebter Rückenlehnenverstellung

Beispiel 2: Herstellung eines schrumpfgeklebten Welle/ Nabe-Verbundes

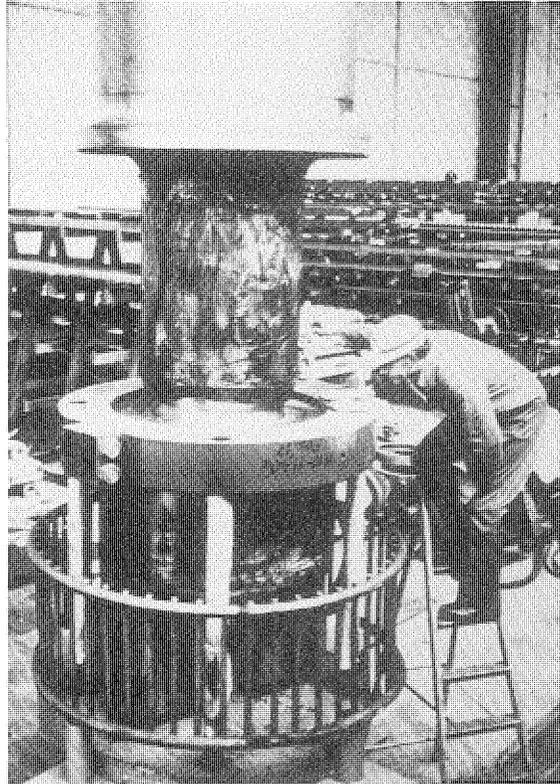


Abb. 3: Fügen des Welle/Nabe-Verbundes

Neben den vielfältigen Möglichkeiten Welle/Nabe-Verbindungen zu realisieren, wird gerade in jüngerer Zeit immer mehr die Kombination von Schrumpfen und Kleben in den Vordergrund gestellt. Es handelt sich hierbei um die Kombination eines Schrumpfverbundes, allerdings mit erheblich geringerer Überdeckung und reinem Kleben, um somit durch die Kombination der Verfahren hochfeste und dynamisch äußerst stark belastbare Verbindungen zu erzielen. Das darge-

stellte Beispiel wurde bisher durch reines Schrumpfen verwirklicht, jedoch haben immer wieder Ausfälle dazu geführt, diese Verbindung neu zu überdenken.

- Aufgabe der Klebung:
 - Übertragung hoher Momente und Dämpfung von Spannungsspitzen
 - Vermeiden von Korrosion
 - Herabsetzen des Montageaufwandes
 - Ermöglichung der Demontage ohne Bauteildeformation
 - gleichzeitig erhebliche Kostensenkung durch Wegfall beispielsweise von Feinstbearbeitungsschritten
- Zu verklebende Werkstoffe: Stahl/Stahl-Verbund.
- Klebschichtdicke und fertigungstechnische Toleranzen der Fügeteile: Die Klebschichtdicke geht gegen 0 und baut sich nur in einem Micrometerbereich auf, zusätzlich Ausgleich der Rauhtiefen. Fertigungstechnische Toleranzen der Fügeteile sind für den Klebspalt unerheblich, da in jedem Falle eine Überdeckung vorliegt.
- Vorbehandlung der Fügeteile: Die Fügeteile werden, um ein ausreichendes Verklammern des Klebstoffes zu erzielen, sandgestrahlt und nachträglich mit Aceton von Fett und anderen Rückständen befreit.
- Belastungsrichtung und Prüfkriterien: In diesem Falle ist lediglich eine Einsatzprüfung möglich. Hierzu die relevanten Maße:
 - Durchmesser der zu fügenden Mantelfläche 600 mm
 - Breite des Treffens 1500 mm
 - Gewicht 4000 kg
 - zu übertragendes Drehmoment 500 kNm
- Klebstoff: Anaerob härtender Klebstoff, einkomponentig, auf der Basis von Acrylat. Druckscherfestigkeiten in Anlehnung DIN 53283 Stahl/Stahl 21 N/mm² Viskosität bei 125°C 700 mPas.
- Fertigung:
 - a) Applikation: Der Klebstoffauftrag erfolgt von Hand mit einem Pinsel. Der Klebstoff härtet lediglich unter Luftabschluß bei gleichzeitiger Einwirkung von

Metallionen aus. Dies bedeutet, daß der Klebstoff in aller Ruhe verteilt werden kann und erst im gefügten Verbund aushärtet. Um das Übermaß auszugleichen, wird die Zahnradbandage auf ca. 120°C erwärmt. Dies geschieht im aktuellen Fall durch mehrere Flammen, die am Umfang verteilt sind. Das Erwärmen kann jedoch auch mit jeder anderen Methode erzielt werden. Nach Aufweitung der Nabe wird die mit Klebstoff benetzte Achse in die Zahnradbandage eingefügt.

b) Klebstoffhärtung:

Während des Fügens verteilt sich der Klebstoff durch den sich aufbauenden hydrostatischen Druck absolut gleichmäßig am Umfang und härtet nun durch den Einfluß der Temperatur sehr schnell aus. Die Endaushärtung ist nach ca. 5 Stunden gegeben. Nach dieser Aushärtezeit kann das Bauteil wieder verwendet werden.

c) Nachbehandlung: - keine

• Bemerkungen:

Klebschrumpfen als moderne Fügetechnologie hat ihre fertigungstechnischen und wirtschaftlichen Vorteile mehrmals bewiesen, was in zahlreichen Veröffentlichungen und Dissertationen belegt wurde. Gerade der Reparaturfall teigt die Vorteile des Verfahrens. Die Zahnradbandage ist durch erhebliche Aufheizung wieder ohne großen Pressendruck vom Antrieb zu trennen und ebenso leicht nach Reinigung und Fügeiteilvorbehandlung wieder zu fügen. Gerade Pressverbände in den dargestellten Größenordnungen bedienen sich immer häufiger dieser Verfahren, da die Schrumpfspannungen des normalen Schrumpfens meist bei Überlagerungen der normalen Betriebsspannungen zu einem Versagen der Bauteile führt. Aber auch zahlreiche Anwendungen im Automobil- und Maschinenbausektor beweisen, daß dieses Verfahren zukunftsweisend ist.

Beispiel 3: Abdichtung elektrischer und elektronischer Bauteile

In der Elektrotechnik und Elektronik besteht das generelle Problem, Schalter, Relais o.ä. gegen Medien, wie Wasser, Öl und viele andere Chemikalien abzudichten. Zusätzlich sollten die Kontakte im Inneren der Bauteile gegen ständigen Sauerstoffkontakt abgedichtet werden, um somit Korrosion zu vermeiden. Dies wird erreicht, indem diese Bauteile meist nach der Fertigstellung vergossen werden.

In neuerer Zeit werden für solche Abdichtungen lighthärtende Klebstoffe verwen-

det, um die Fertigung mit schnellen Taktzeiten zu ermöglichen. Diese Methode wird anhand eines Druckschalters, bei welchem Kontaktfahnen abgedichtet werden, erläutert.

• Aufgabe der Klebung:

- Auffüllen des Spaltes und Abdichten des Schalters
- Klebstoffreste dürfen nicht in den Schalter gelangen
- sicherer Einsatz bis 100°C

• Zu verklebende Werkstoffe:

- Schaltgehäuse: ABS
- Kontakte: Kupferfahnen

• Klebschichtdicke und fertigungstechnische Toleranzen der Fügeteile:

- Spaltbreite ca. 0,1 mm
- fertigungstechnische Toleranzen $\pm 0,05$ mm.

• Vorbehandlung der Fügeteile:

- wirtschaftlich nicht möglich

• Belastung und Prüfkriterien:

- Die Belastung besteht in den unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten bei ca. 160°C. Die Prüfung erfolgt zunächst optisch und zum zweiten durch einen an IP 67 angenäherten Versuch: Hierbei werden die Schalter in ca. 40°C warmes Wasser 10 min lang 1 m tief gehalten. Danach werden sie sofort in ca. 0°C kaltes Wasser getaucht. Im Anschluß dieser Prüfung werden die Schalter aufgebrochen und nach eingedrungenem Wasser untersucht. Die Kontaktfahnen bestehen aus Kupfer, das durch den Klebstoff nicht oxidiert werden darf.

• Klebstoff:

- UV-härtender Klebstoff, einkomponentig auf der Basis von polyurethanmodifiziertem Acrylat.
- Druckscherfestigkeiten in Anlehnung an DIN 53283 Glas/Glas ca. 22 N/mm² / Viskosität bei 25°C ca. 5000 mPas.

• Fertigung:

a) Applikation

- Der Klebstoff wird beidseitig der Fahnen über Dosierspitzen punktgenau dosiert. Die Viskosität ist genauso eingestellt, daß der Klebstoff

zwar ausreichend verläuft, aber nicht durch den Spalt in das Innere des Schalters dringt.

b) Klebstoffhärtung

Die Aushärtung erfolgt mittels eines emissionsstarken Flächenstrahlers. Es werden gleichzeitig mehrere Schalter ausgehärtet. Die Aushärtezeit beträgt ca. 15 s. Nach dieser Belichtungszeit wird der Klebstoff für Versuche bei 60 % rel. Luftfeuchte und 85°C mehrere Stunden gelagert und es konnten bisher keine Schäden festgestellt werden.

c) Nachbehandlung: keine

• Bemerkungen:

Durch die extrem schnelle Abdichtung der Schalter können gegenüber herkömmlichen Materialien erhebliche Fertigungsvorteile erzielt werden, ohne irgendwelche Nachteile bezüglich des Klebstoffes und dessen Festigkeiten in Kauf nehmen zu müssen.

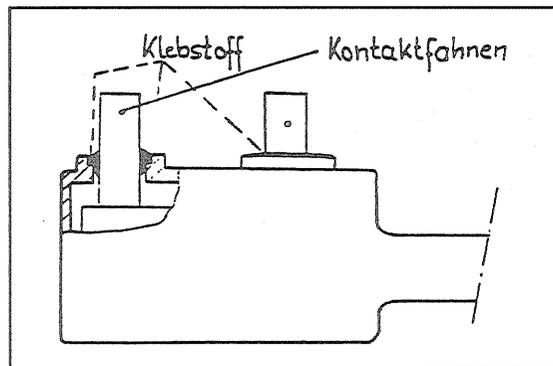


Abb. 4: Druckschalter (Schema)

Beispiel 4: Einkleben von Sintermetalleinsätzen in Kipphebel

Kipphebel werden u.a. in Ventiltrieben von Verbrennungsmotoren eingesetzt und haben die Aufgabe, die Ventile zu steuern. Die mechanischen Beanspruchungen sind sowohl statischer als auch dynamischer Natur.

Die Forderung nach geringem Gewicht und hoher Verschleißfestigkeit, speziell im Berührungsbereich Ventil/Kipphebel führen meist zu Kompromissen. Um möglichst wenig Kompromisse einzugehen, versucht man verschiedene Materialien einzusetzen und diese dauerhaft miteinander zu verbinden. So wird in diesem Fall der Kipphebel aus Aluminium mit einem speziellen Verschleißteil mittels Kleben dauerhaft verbunden.

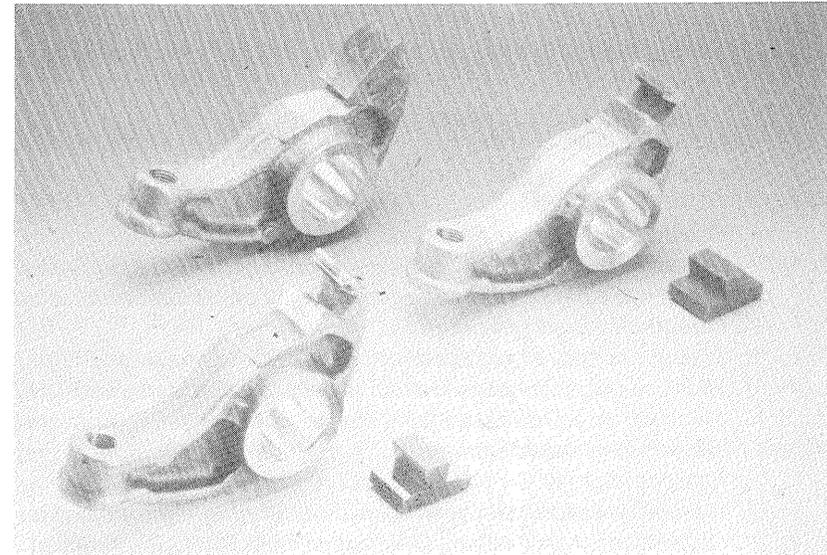


Abb. 5: Kipphebel mit Sintermetalleinsätzen

- Aufgabe der Klebung:
 - hochfeste Verbindung
 - Ausgleich von Fertigungstoleranzen der Fügeteile
- Zu verklebende Werkstoffe:

Der Kipphebel besteht aus Aluminiumdruckguß, auf den ein Verschleißschutz aus Sintermetall aufgeklebt wird.
- Klebschichtdicke und fertigungstechnische Toleranzen der Fügeteile:

Spaltbreiten zwischen 0,01 und 0,3 mm, bedingt durch die Toleranzen der prismatischen Führung sind auszugleichen.

- Vorbehandlung der Fügeteile:
Um entsprechende Festigkeitswerte und Langzeitbeständigkeiten zu erhalten, wurde in diesem Fall eine SACO-Vorbehandlung gewählt.
- Verfahrensweise:
 - Strahlen beider Fügeteile mit SACO-Plus (dadurch Auftragen einer besonders gut klebbaren silikatischen Schicht)
 - Aufbringen des Haftvermittlers SACO-SIL E
(bifunktionelle Gruppe als „chemische Brücke“ zwischen Fügeteil und Klebstoff)

Nach dieser Vorbehandlung sind die Teile sofort verklebbar, können aber auch mehrere Tage gelagert werden.

- Belastungsprofil und Prüfkriterien:
 - die verklebten Teile werden in einem praxisnahen Prüfstand, bestehend aus einem elektrisch angetriebenen Zylinderkopf mit Kipphebelsteuerung getestet,
 - maximale Kraft an der Kontaktstelle Nocken-Kipphebel = 975N,
 - das beim Versuch verwendete Öl war ein Altöl der Klasse SAE 10 W 40, dem zwei Gewichtsprozent Wasser und fünf Gewichtsprozent Benzin zugemischt wurden.
Öltemperatur: 40°C / 100 Stunden
Nockenwellendrehzahl von 750 min - 1500 min zyklisch an- und abschwellend. Anschließend Öleinlagerung bei 130°C/200 Stunden.
- Klebstoff:
Zähelastifizierter Einkomponenten-Konstruktionsklebstoff auf der Basis von Epoxidharz.
Zugscherfestigkeiten nach DIN 54451 auf Aluminiumblech Al/Cu/Mg 2; 6 mm dick.
 $r_b = 60 \text{ N/mm}^2$.
dynamische Viskosität bei 25°C ca. 4000 mPas.
Thixotropiert, um Verfließen des Klebstoffes bei der Warmaushärtung zu vermeiden.
- Fertigung:
Klebstoffhärtung und Nachbehandlung wie bei Beispiel 1, allerdings mit folgenden Aushärtezeiten
 - 130°C ca. 75 min bzw.

- 150°C ca. 40 min oder
- 180°C ca. 15 min.
- Bemerkungen:
Speziell die Vorbehandlung brachte derart hohe Klebfestigkeit, so daß die Teile derzeit nicht durch praxisnahe Tests zerstört werden können. Auch zerstörte werkstoffliche Prüfungen konnten bisher keine Schädigung der Klebung ermitteln.

Beispiel 5: Herstellen eines hochgenauen Empfangsmoduls mittels licht-härtenden Klebstoffes

Bei der Neuentwicklung einer Funkuhr mit speziell entwickelten Empfänger wurden höchste Anforderungen an die Fertigung gestellt, um kostengünstig auf dem Markt anbieten zu können.

Das Ziel, eine Uhr herzustellen, die nie die falsche Zeit anzeigen kann, wurde verwirklicht. Hierzu wird das per Funk übertragende Zeitnormal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig genutzt. Für den Empfang der Funksignale sorgt eine Antenne, die aus einem Ferritkern besteht, der in einer Spulenwicklung fixiert ist.

- Aufgabe der Klebung:
 - sekundenschnelles Fixieren der Spule auf dem Ferritkern
 - exaktes Einhalten der Relativposition, um die eingestellte Frequenz des Antennensystems nicht zu verändern.
- Zu verklebene Werkstoffe:
Antennenkern: Ferrit
Wicklung: Kupferdraht
- Klebschichtdicke und fertigungstechnische Toleranzen der Fügeteile:
Spaltbreite: 0
Schichtaufbau: bis zu 0,15 mm notwendig
Toleranzen der Werkstücke ohne Bedeutung für den Klebstoff
- Vorbehandlung der Fügeteile:
 - wirtschaftlich nicht möglich

- Belastungsrichtung und Prüfkriterien:
 - geringe Wärmebelastung
Der Klebstoff darf keine frequenzändernde Wirkung ausüben.
- Klebstoff:
 - Thixotropierter, lichthärtender Klebstoff, einkomponentig auf der Basis von Acrylat
 - Druckscherfestigkeiten in Anlehnung an DIN 53283
 - Glas/Metall ca. 12,5 N/mm²
 - Viskosität bei 25°C ca. 2500 mPas (thixotrop).
- Fertigung:
 - a) Applikation:
 - Die Klebstoffauftragung erfolgt vollautomatisch mit einem Dosiergerät mit integriertem Tank und Dosierventil zur Mengenabgabenregelung. Der Klebstoff wird mittels zweier Formdüsen halbkreisförmig jeweils am Spulenende aufgetragen. Dadurch wird eine optimale Benetzung und somit auch Festigkeit erzielt.
 - b) Klebstoffaushärtung:
 - Die Aushärtung erfolgt mittels emissionsstarken Punktstrahlers. Die Aushärtungszeit beträgt 12 s. Nach dieser Belichtungszeit ist das Antennensystem voll einsatzfähig, was in Klima-/Temperatur- und Rütteltests nachgewiesen wurde.
 - c) Nachbehandlung: keine.
- Bemerkungen:
 - Die äußerst kostengünstige Fertigung für das System so notwendiger Bauteile wurde lediglich durch Einsatz des lichthärtenden Klebstoffs realisierbar.

Robert Saller ist Dipl.-Ingenieur und Wolfgang Fleischhauer Produktions-/Vertriebsleiter in der Firma DELO-Kunststoffchemie GmbH, München.

Hubert Schenkel

Kleben in der industriellen Fertigung

Vom Kindergartenalter an ist Kleben jedermann als gängige Verbindungstechnik vertraut. Klebstift und „Alleskleber“ gibt es in jedem Haushalt. Das Bild vom Kleben des Heimwerkers ist vom Mischen der Komponenten und Spachteln geprägt. Durch mangelhafte Verarbeitung und nicht sachgerechte Anwendung sind schlechte Ergebnisse oftmals vorprogrammiert und führen so zu Unrecht zu einem etwas zweifelhaften Ansehen der Klebtechnik in der breiten Öffentlichkeit. Ganz anders ist die Situation mit der professionellen industriellen Anwendung des Klebens. Neben traditionellen Anwendungen wie Holzverklebung, Verpackung, Buchbinderei, Flaschenetiketten, etc. gewinnt die strukturelle, d.h. tragende, belastbare Verklebung von Kunststoffen, Faserpreßstoffen und vor allem von Metallen seit langem stark an Gewicht. Diese Verfahren wurden seit geraumer Zeit in der Großserie im Automobilbau praktiziert.

Anhand von drei Beispielen sollen die Verarbeitungsverfahren beschrieben werden:

- Bördelnahtverklebungen an Automobiltüren (Abb. 1)

Eine Autotür besteht aus einem Innen- und einem Außenblech. Das Außenblech wird um das Innenblech herum gebördelt. Diese Naht wird zusätzlich verklebt. In der automatischen Fertigungsstraße wird das flach liegende Außenblech, das mit Korrosionsschutzöl versehen ist, in die Station eingefahren, in der der pastöse oder warmapplizierbare Klebstoff per Roboter aufgebracht wird. Der Klebstoff wird dabei aus dem Faß unter Druck durch eine Pumpe mit Folgeplatte über ein Rohrleitungssystem zum Band gefördert. Am Roboter sitzt die Dosiereinheit, die den Auftrag einer gleichmäßigen Kunststoffraupe ermöglicht. Der Roboterarm folgt in allen drei Dimensionen der Kontur der Automobiltür. Je nach Programmierung folgt er der Tür frei, oder angelehnt an den vertikal aufgestellten Flansch.

In der Folge wird das Innenblech eingelegt. Dabei wird die Klebstoffraupe breitgedrückt und der Klebstoff verteilt sich im Flansch. Als nächsten Schritt durchläuft die Tür Pressen, in denen der Flansch umgebördelt wird.

Zum Schutz gegen Auswaschen in den nachfolgenden Bädern zur Entfettung, Phosphatierung und der kathodischen Tauchlackierung wird der Klebstoff im Falz vorgehärtet oder vorgeliert. Vorhärtung bedeutet, der Klebstoff wird durch einen induktiv erzeugten Hitzestoß teilweise gehärtet.

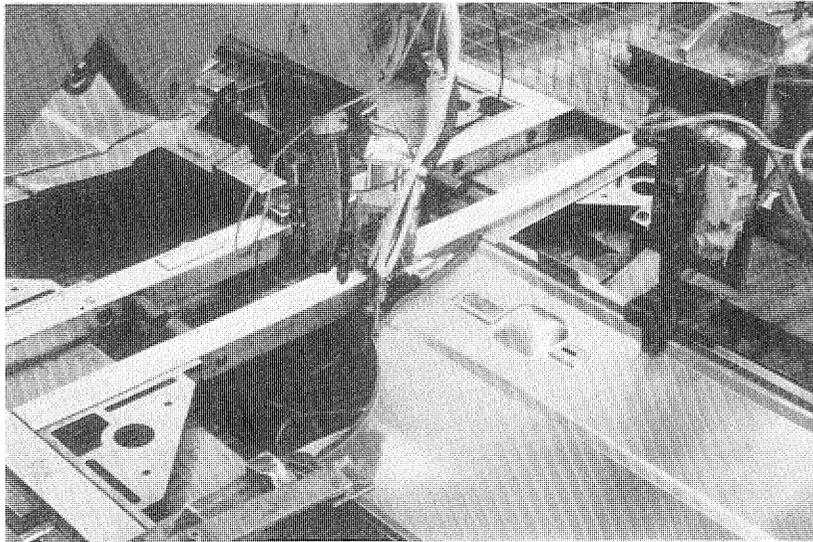


Abb. 1: Bördelnahtverklebungen an Automobiltüren

Mit dem gleichen Verfahren der induktiven Heizung kann auch vorgeliert werden. Dabei werden im Klebstoff fein dispergierte Partikel aufgeschmolzen. Beim Erkalten bilden sie mit der Klebstoffmatrix eine homogene Gelphase, die dann nicht ausgewaschen werden kann.

Die eigentliche Härtung des Klebstoffes erfolgt zusammen mit der kathodischen Lackierung in einem Durchlaufofen, während etwa 30 Minuten bei 180°C. Dieses Verfahren, das einen hohen technischen Aufwand erfordert, ist seit vielen Jahren gängige Praxis bei allen Automobilbauern und somit millionenfach bewährt.

• Kleben von Autositzlehnen (Abb. 2)

Die Lehnenschale eines Autositzes besteht aus zwei Halbschalen aus faserverstärktem Polyurethaninjektionsmassen, die ineinander verklebt werden. Durch ihre spezielle Formgebung mit Verstärkungsrippen ergibt sich ein hochfester, bruchfester Verband.

Als Klebstoff wird ein Zweikomponenten-Polyurethan-System verwendet, bestehend aus einem Isocyanat und der Polyolmischung. Beide Komponenten

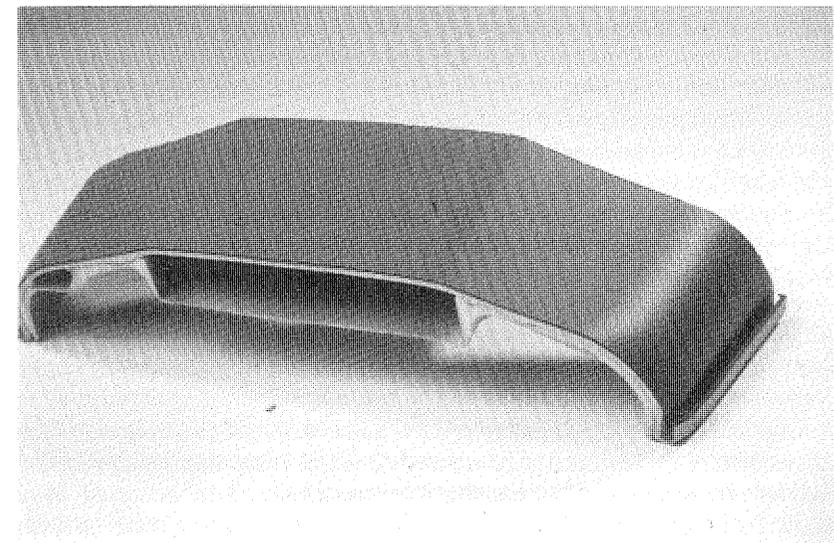
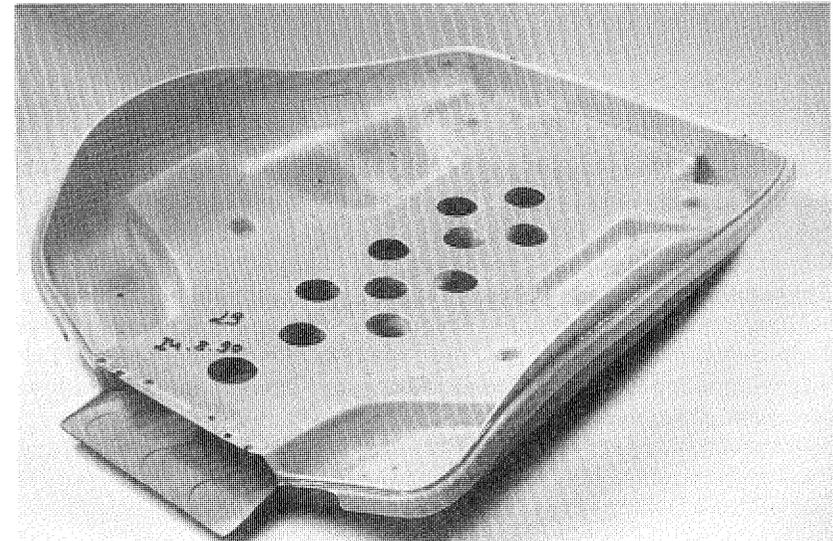


Abb. 2: Kleben von Autositzlehnen - Kaschierung von Türinnenverkleidungen

sind niederviskose Newtonsche Flüssigkeiten. Sie müssen in einem definierten Mengenverhältnis gefördert und gemischt werden.

Die Förderung der Komponenten erfolgt durch Zahnradpumpen im vorgegebenen Mischungsverhältnis. Das Vermischen erfolgt unmittelbar vor der Auftragsdüse in einem dynamischen Mischer, d.h. in einer Kammer mit einem schnell laufenden Rührer, der die, von einer Seite zugeführten, Komponenten mischt. Auf der anderen Seite wird die Mischung extrudiert und auf das Füge teil aufgetragen. Der Mischkopf ist direkt am Arm des Auftragsroboters installiert. Wie im Falle der Bördelnahtklebung folgt der Auftragsroboter dreidimensional der programmierten Kleblinie. Der gemischte Klebstoff ist standfest, d.h. er tropft nicht ab und verläuft nicht. In die so mit Klebstoff versehene Außenschale wird die Innenschale eingesetzt. Die Härtung wird durch Pressen der gefügten Teile in der Wärme beschleunigt. Eine Nachhärtung erfolgt bei Raumtemperatur nach dem Auswurf aus der Heizpresse.

Türinnenverkleidungen oder Armaturentafeln von PKWs bestehen z.B. aus Faserpreßrohstoffen, ABS oder Polypropylen. Sie werden zur Dekoration mit Textilien oder Dekorfolien im Tiefziehverfahren überzogen (kaschiert).

Das Kaschieren verläuft in folgenden Schritten:

Das Trägerteil wird mit dem Klebstoff - einer wässrigen Dispersion - eingesprüht. Diese Dispersion wird, unterstützt von Wärmestrahler, Warmluftstrom, Durchlauföfen oder ähnlichen Einrichtungen, getrocknet. Das griffrockene Trägerteil, das porös oder fein gelocht sein muß, wird dann in die Vakuumtiefziehform eingelegt, von oben wird die durch Strahler vorgewärmte Dekorfolie aufgebracht. Durch das gleichzeitig angelegte Vakuum in der Tiefziehform wird die durch das Erwärmen geschmeidige Dekorfolie auf das Trägerteil gezogen. Sie folgt allen Formen und Vertiefungen und erzeugt ein auch optisch ansprechendes Formteil.

In einem weiteren Fertigungsschritt muß der beschnittene Rand noch über die Ränder des Formteils gezogen und verklebt werden. Dieser sogenannte Umbug kann ebenfalls mit wässrigem Dispersionsklebstoff durchgeführt werden, wobei ein Verpressen der Ränder notwendig ist.

Durch diese Beschreibung einiger gut etablierter Fertigungsverfahren sollte gezeigt werden, welche anspruchsvollen und attraktiven Fertigungsverfahren des Klebens heute gängige Techniken sind. Selbstverständlich gibt es eine Fülle von weiteren Anwendungen und Varianten von Verfahren, die zu diskutieren den Rahmen dieser Übersicht sprengen würde.

Hubert Schenkel ist Chemiker/Anwendungstechnik in der Firma Teroson GmbH, Heidelberg.

Helmut Doyen und Hans-Günther Cordes

Klebstoffanwendungen im industriellen Einsatz unter Berücksichtigung umweltfreundlicher Aspekte

Das Kleben zählt heute zu den bewährten und zuverlässigen Fügeverfahren. Viele Verbindungen - auch Kombinationen unterschiedlicher Werkstoffe - können nicht anders hergestellt werden.

Um dem steigenden Umweltbewußtsein gerecht zu werden, entwickelte die klebstoffherstellende Industrie entsprechende Produkte, die ein hohes Maß an Umweltverträglichkeit besitzen.

Dispersionsklebstoffe

Die für die Klebschichtbildung maßgeblichen Polymere sind bei diesen Klebstoffen in Wasser dispergiert. Nach der Verdunstung des Wassers bilden die auf der Oberfläche zurückbleibenden Polymere den Klebstoff-Film.

Polyurethandispersionen

finden z. B. Anwendung als Ersatz von lösungsmittelhaltigen Kaschierklebstoffen für Innenausstattungssteile wie Schalttafeln, Türseitenteile, Hutablagen in der Automobilindustrie. Die vorwiegend zweikomponentigen Systeme werden gemischt und im Walzen- oder Sprühauftrag auf eines oder beide der zu verbindenden Werkstücke aufgetragen.

Die Abtrocknung des Film erfolgt bei Raumtemperatur oder in beheizten Trockenstrecken. Unmittelbar vor der Verklebung wird der abgetrocknete Film durch eine Erwärmung auf ca. 90°C reaktiviert, wodurch eine Klebrigkeit erreicht wird. Das geformte Trägerteil und das Dekormaterial werden dann durch Anlegen eines Vakuums oder in entsprechenden Pressen durch Druck miteinander verklebt. Hauptanforderungen an das Klebstoffsystem sind neben der Prozeßsicherheit die Möglichkeit, hohe Anfangsspannungen aufzunehmen (starke Verformung von Folien mit hohen Rückstellkräften in engen Radien) und später allen denkbaren klimatischen Bedingungen in den Fahrzeugen gerecht zu werden.

Dispersionskontaktklebstoffe

werden unter anderem für die Verklebung von Sandwichsystemen eingesetzt. Im Fassadenbau handelt es sich dabei z. B. um den Isolierstoff, der einerseits mit dem Außendekor (z. B. Aluminium, Spiegelglas, Kunststoff) und andererseits mit der Innenseite (z. B. Holzfaser, Rigips, Kunststoffe) verklebt wird.

Grundvoraussetzungen sind die produktionstechnische Möglichkeit der Trocknung (Wärmekanal) und ein ausreichend hoher Anpreßdruck.

Dispersionshaftklebstoffe

sind anwendungstechnisch den Schmelzhaftklebstoffen gleichgestellt. Allgemein ist die Wärmebeständigkeit bei den Dispersionen besser als bei den Schmelzhaftklebstoffen, während die Wasserfestigkeit geringere Werte aufweist.

Haftung erzielt man auf nahezu allen Substraten.

Der Klebstoff wird vornehmlich im Walzenauftrag appliziert und dann abgetrocknet.

Die haftklebende Seite muß nach der Trocknung gegen Verschmutzung oder unbeabsichtigtes Verkleben geschützt werden. Dieses geschieht bei Bändern durch Aufrollen, bei flächenbeschichteten Teilen durch Abdeckung mit Trennpapier.

Wichtige Anwendungen sind:

- Bänder
 - Teppichklebebänder
 - Verpackungsklebebänder
 - Elektroisolierbänder
 - Befestigungsklebebänder
- Selbstklebende Folien
- Selbstklebende Teppichfliesen, Fußleisten
- PE-Beutelverschlüsse
- Selbstklebende Dämmstoffe
- Selbstklebende Filze
- Zettelblöcke
- Trägerlose Filme
- Dekorationsfolien

Schmelzklebstoffe

Schmelzklebstoffe sind physikalisch abbindende, einkomponentige, lösungsmittelfreie Klebstoffe, die bei Raumtemperatur in fester Form vorliegen.

Bei Verarbeitungstemperaturen, je nach Klebstofftyp von 120°C bis 240°C, wird der Klebstoff flüssig und kann dann die zu verklebenden Teile benetzen. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur sind die konventionellen Schmelzklebstoffe belastbar, während die reaktiven Systeme, z. B. mit Feuchtigkeit, Wärme oder Strahlung bis zur Endfestigkeit reagieren.

Konventionelle Schmelzklebstoffe

Auf Basis von Polyamiden, Polyestern oder EVA/Olefin werden diese Klebstoffe in nahezu allen Industriezweigen eingesetzt. Der umweltgerechte Vorteil der Lösungsmittelfreiheit, die steuerbare Abbindezeit und die Möglichkeit der thermischen Lösbarkeit solcher Verbindungen bieten ein weites Einsatzfeld.

Einige Beispiele von uns betreuter Anwendungen sind:

- Furnierklebung
- Verklebung von beim Zuschnitt von Schaum entstehenden Resten zur Wiederverwertung
- Umbugverklebung von Teppich auf Hartfilz
- Schaumstoffverklebung auf PP-Träger
- Deckelverklebung von Lautsprechern
- Luftkanalverklebung im Fahrzeugbau
- Folienkaschierung für Formhimmel
- Polycarbonatverklebung in Lampengehäusen
- PE-Beschichtung von Wasserrohren

Schmelzhaftklebstoffe (SHK)

Schmelzhaftklebstoffe enthalten neben dem Polymer Harzzusätze, die nach dem Klebstoffauftrag einen mehr oder weniger dauerklebrigen Film bilden. Gegenüber dem lösungsmittelhaltigen Haftklebstoffen haben sie den Vorteil unverzüglicher Weiterverarbeitbarkeit. Dafür ist die Wärmebeständigkeit naturgemäß eingeschränkt.

Anwendungsgebiete sind z. B.:

- Selbstklebende Ausrüstung von Textilien Dämm-Materialien, Teppichen und Schäumen für die Automobilindustrie

- Selbstklebende Ausrüstung von PE-Schaum als Distanzrahmen im Fensterbau
- Selbstklebende Ausrüstung von Aluminium-Folien
- Selbstklebende Ausrüstung von Etiketten, auch für Tiefkühlbereiche
- Selbstklebende Ausrüstung von Textiletiketten
- Montagehilfe für diverse Materialien im Automobilbau
- Selbstklebende Ausrüstung von Klettbandern

Reaktive Schmelzklebstoffe (RHM)

Diese Klebstoffgruppe vereint die Vorteile der Schmelzklebstoffe (lösungsmittelfrei, einkomponentig, fest bei Raumtemperatur, hohe Anfangsfestigkeit) mit denen der Reaktionsklebstoffe (Wärmebeständigkeit, hohe Festigkeit, Flexibilität einstellbar).

Basis ist ein Polyurethan, das durch Reaktion mit der Luftfeuchtigkeit oder der in den Substraten enthaltenen Feuchtigkeit zu einem nicht schmelzbaren Film aushärtet.

Diese Klebstoffgruppe wird unter anderem eingesetzt für

- Tunnelabdeckung im Automobilbereich
Verklebung eines Teppichs auf Kunststoffträger
- Türseitenverkleidungen im Automobilbereich
Verklebung von Halteclipsen
- Textilbeschichtung
Verklebung unterschiedlicher Textilien miteinander für spezielle Eigenschaften
- Klarsichtverpackungen
Verklebung von Klarsichtverpackungen in transparenter Einstellung
- Schleifpapier
Verklebung von Schleifpapier mit Klebstoff
- Air-Bag
Verklebung PUR-Schaum auf Aluminiumblech
- Verklebung von Reflektoren in Strahlern
- Montageklebungen in verschiedenen Industriezweigen

Metallklebstoff

In sehr enger Zusammenarbeit mit dem Kunden aus der Automobilindustrie wurden verschiedene Metallklebstoffe auf Basis modifizierter einkomponentiger

Polyurethane entwickelt. Diese lösungsmittelfreien Klebstoffe härten heiß im Lackierprozeß aus, wobei eine Vorhärtung möglich ist. Sie müssen den Anforderungen des Automobilrohbaus gerecht werden.

Hierzu gehören:

- eine gute Ölaufnahme
- kein Ablaufen an senkrechten Flächen
- Punktschweißfähigkeit
- Spaltüberbrückbarkeit
- Überlackierbarkeit
- ET-Beschichtbarkeit
- Überbrennbeständigkeit

Hauptanwendungen finden sich im konstruktiven Kleben des Karosserierohbaus, wobei die Kombination mit Punktschweißen einen optimalen Arbeitsfluß erlaubt. Hierbei ist gewährleistet, daß sich die zu verbindenden Teile nicht gegeneinander verschieben können, die Anzahl der Schweißpunkte auf ein Minimum reduziert werden kann.

Neben einer Steigerung der Festigkeit und Steifigkeit gegenüber nicht verklebten Bauteilen wird der Fahrkomfort durch die Dämpfungseigenschaften verbessert.

Helmut Doyen ist Dipl.-Ingenieur und Hans-Günther Cordes technischer Vorstand der TIVOLI Werke AG, Hamburg.

Rolf Gänger und Denny Glasmann

Metallkleben in der beruflichen Bildung

Ein Ausbildungsmittel für die Qualifizierung in der Klebtechnik

Die Autoren stellen erst die allgemeine „Philosophie“ der BIBB-Ausbildungsmittel vor und zeigen auf, daß die Vermittlung fachübergreifender Qualifikationen in besonderer Weise methodenabhängig ist.

Danach wird das mehrteilige Ausbildungsmittel „Metallkleben“ beschrieben, das in der beruflichen Grundbildung eingesetzt werden kann, um die Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen zu erfüllen.

Ausbildungsunterlagen für die betriebliche Berufsausbildung wurden schon lange von Körperschaften, Selbstverwaltungsorganen oder staatlichen Einrichtungen entwickelt. Die Entwicklungskosten und der Aufwand für die Pflege derartiger Materialien sind hoch, die Auflagen relativ niedrig, so daß sich privatwirtschaftliche Verlage nur vereinzelt damit beschäftigten. Aus diesem Grunde fördert der Staat im Rahmen des Subsidiaritätsprinzips die Medienentwicklung. So auch jetzt durch die Medienabteilung des Bundesinstituts für Berufsbildung.

Im folgenden sollen einige generelle Aussagen zu den Ausbildungsunterlagen des BIBB gemacht werden. Danach wird die Intention des Ausbildungsmittels „Metallkleben“ verdeutlicht. Der vielfach verwendete Begriff „Lehrgang“ wird bei den BIBB-Ausbildungsunterlagen nicht mehr wie früher gebraucht. Ausbildungsmittel für bestimmte Fachbereiche wurden und werden im allgemeinen Sprachgebrauch auch heute noch als „Lehrgang“ bezeichnet (Lehrgang Pneumatik). Der Begriff ist nicht nur doppeldeutig und unscharf (z.B. Herr/Frau XY ist auf einem Lehrgang) (vgl. Tilch, 1977), sondern suggeriert auch ein festgefügtes Curriculum. Das war aber seitens des BIBB nicht beabsichtigt. Die Arbeiten des BIBB sind immer als offenes Angebot gedacht, aus dem der Ausbilder auch nur Teile auswählen kann. Die vorausgegangenen Lernziele und übersprungenen Inhalte sind dann durch andere Ausbildungsmittel zu ersetzen oder es wird auf deren Vermittlung verzichtet. Der Ausbilder und die Auszubildenden sollen mit dem Material arbeiten, z.B. Maße ändern, wenn es sinnvoll ist, Kopien anderer Unterlagen oder Abbildungen aus Prospekten einfügen und handschriftliche Ergänzungen vornehmen, so daß allmählich ein selbsterarbeitetes Werk ent-

steht. Aus diesem Grund verwendeten wir statt „Lehrgang“ den Begriff „Übungsreihe“ für die Ausbildungsunterlagen, die noch immer aus mehreren Teilen bestehen: dem Übungsheft für den Auszubildenden, dem Begleitheft für den Ausbilder und den Aufgaben, die den Lernfortschritt aus der Kenntnisvermittlung dokumentieren sollen. Darüber hinaus sind viele Übungsreihen noch mit einem Satz von Arbeitstransparenten versehen. Die Arbeitstransparente enthalten keine vollständigen Darstellungen, sondern die Inhalte werden mit oder auch ohne Ausbilder auf entsprechenden Blättern erarbeitet.

Weil aber auch der Begriff Übungsreihe noch nicht offen genug erschien, präferieren wir jetzt den neutralen Ausdruck Ausbildungsmittel. Aber nicht nur die Begrifflichkeit hat sich gewandelt. Die neuen Ausbildungsordnungen gaben Anstöße, neue Konzepte zu überdenken und exemplarisch einige Ausbildungsmittel neu zu entwickeln. Dazu gehört auch das Ausbildungsmittel „Metallkleben“. Die Selbständigkeit des Auszubildenden durch Selbsttätigkeit als Qualifikationsziel ist als Postulat schon in den Anfängen der neuzeitlichen Berufspädagogik in den 20er Jahren zu finden. Auch in Aufsätzen aus dieser Zeit werden Qualifikationen gefordert, die den heute so beliebten „Schlüsselqualifikationen“ ähneln, wenn auch oftmals im Sinne von Arbeitstugenden („Sorgfalt, Sauberkeit, Genauigkeit“), die weniger einen emanzipatorischen Charakter hatten. Es sollten aber auch „geistige Bildungswerte“ (Beil, 1926, S. 9) aus den Lernarbeiten im Lehrling entwickelt werden.

Insofern sind die neuen Ausbildungsordnungen in einer alten Tradition verankert. Es besteht aber trotzdem ein wesentlicher Unterschied. Waren die extrafunktionalen Qualifikationen damals Gegenstand pädagogischer Diskussion und sicher auch berufspädagogischen Handelns, so sind sie heute in einer staatlichen Verordnung festgelegt, die Gesetzescharakter hat. Neben dem selbständigen Planen und Durchführen und Bewerten von Arbeiten und dem Umweltschutzhandeln sind alle anderen nicht direkt fachlichen Qualifikationen mehr versteckt aus den Verordnungen herauszulesen (z.B. Maßnahmen einleiten, Werte dokumentieren, Daten erfassen und bewerten, Störungen beheben lassen).

Um diese beruflichen Handlungen durchführen zu können, sind bestimmte außerfachliche Qualifikationen und Kompetenzen notwendig, z.B. Kooperationsfähigkeit (Teamfähigkeit), Selbstlernfähigkeit, Verantwortungsfreude, Kreativität und noch andere mehr.

Für die Berufsausbildung stellt sich nun die Frage, wie neben den fachlichen „Fertigkeiten und Kenntnissen, die unter Einbeziehung selbständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens zu vermitteln sind“, die anderen eben genannten Qualifikationen erreicht werden können.

Der Zugang zur Lösung des Problems liegt offensichtlich in der Methode des Lernens. Der Lernweg des Auszubildenden muß die Aneignung der Qualifikatio-

nen ermöglichen. So wird eine Selbständigkeit wohl kaum durch den ständigen Lehrvortrag eines dozierenden Ausbilders erreicht werden. Bei fortwährender Einzelarbeit kann schwerlich Teamfähigkeit gelernt werden. Die Negativbeispiele sollen ins Positive gewendet werden: Gruppenarbeit statt Einzelarbeit, Selbstlernen mit Medien statt Dozentenvortrag, wobei der Ausbilder für Fragen bereitstehen sollte, Verantwortung durch Selbstbewertung der Arbeit und nachfolgender Entscheidung mit dem bewußten Eingehen eines Risikos. Die wenigen Fälle sollten aufzeigen, daß die gewählte Methode für den Erfolg des Erreichens eines Qualifikationszieles ausschlaggebend ist. Der Ausbilder ist jedoch als Lernorganisator mehr gefordert als ehemals. Er muß die verschiedenen Methoden des Lernens ermöglichen, was sicher aufwendiger ist, als die Stoffvermittlung in Form einer Unterweisung. Die neuen Medien des Bundesinstituts für Berufsbildung wollen ihn dabei unterstützen. Die Medien, überwiegend Druckmedien, aber auch Videofilme oder Arbeitstransparente, geben keine bestimmte Methode vor. Einzellernen, Gruppenarbeit, aber auch die traditionelle Unterweisung - die nach wie vor auch noch ihren Wert hat - sind möglich. In der Entscheidung der Methode ist der Ausbilder frei. Bei den Druckmaterialien sind mehr Arbeitsfreiräume als früher gegeben. Die Hefte für den Auszubildenden und die Aufgaben sind nicht mehr reine Lesebücher zur Stoffaufnahme. Während des Lernfortschritts werden zwischendurch Denkanstöße gegeben, oder es müssen Arbeitsblätter bearbeitet werden. Es sind auch mehr freie Arbeiten als früher enthalten, die selbst durchgeplant werden müssen.

Das Ausbildungsmittel Metallkleben ist in seiner neu bearbeiteten Auflage eine konsequente Umsetzung der vorangegangenen Überlegungen. Das spiegelt sich auch in den formulierten Lernzielen zu diesem Ausbildungsmittel wider. Dort heißt es unter anderem:

Wenn Sie die Übungen durchgeführt haben, können Sie

- Kenntnisse über das Fertigungsverfahren Metallkleben anwenden und
- selbständig nach Zeichnung Einzelteile durch Kleben fügen.

Insofern wird die nach der Verordnung geforderte Fachkompetenz erfüllt (Bundesgesetzblatt, 1987, S. 298).

Um diese Lernziele zu erreichen, werden 10 Übungen mit einer leittextorientierten Kenntnisvermittlung angeboten. Diese Form, also die Aufbereitung in Bild und Text in Verbindung mit einer konkreten Übung, ermöglicht eine weitgehend selbständige Erarbeitung der Ausbildungsinhalte durch den Auszubildenden. Der didaktische Aufbau kann dadurch besonders kleinen und mittleren Betrieben die Ausbildung erleichtern.

Die komplexen Sachverhalte wie

- unterschiedliche Klebstoffe mit verschiedenartigen Abbindeverhalten,
- Fügebauteile aus verschiedenen Werkstoffen mit den jeweils artspezifischen Klebeigenschaften und
- die Beachtung der Einflüsse der Klebflächen auf den Klebvorgang

stellen hohe Anforderungen an das Wissen und Können des Facharbeiters.

Die Vermittlung des Metallklebens setzt aber auch Ausbilder voraus, die auf aktuellem Stand die Klebtechnik fachlich und methodisch beherrschen. Die Forderungen werden durch eine adressatengerechte Aufbereitung des Ausbildungsmittels erfüllt.

Während der Auszubildende „seine Unterlagen“ erhält, bekommt der Ausbilder mit dem Begleitmaterial gezielte Anweisungen und Zusatzinformationen.

Das Ausbildungsmittel Metallkleben besteht insgesamt aus vier Teilen:

- Heft mit den Übungen für den Auszubildenden,
- Begleitheft für den Ausbilder,
- Aufgabenteil zu den Übungen und
- Foliensatz mit Arbeitstransparenten.

Die Handhabung dieser bewährten Konzeption wird durch die Konfektionierung zusätzlich erleichtert. Dazu zählen:

- Farbgebung der einzelnen Teile,
- Vierfachlochung aller Blätter und Folien,
- Schnellheftung bzw. Loseblattsammlung,
- seitenweise Abstimmung der Inhalte.

Mit dieser Gliederung wird es dem Ausbilder einfach gemacht, sich eine individuelle Ausbildungsunterlage zusammenzustellen.

Die insgesamt 10 Übungen im Heft für den Auszubildenden werden durch eine Abschlußarbeit und durch ein Projekt ergänzt (Bild 1).

In den Übungen werden werkstattgerecht aufbereitete Werkstücke hergestellt, wie sie auch in der Praxis auftreten können. Für die Ausbildung ist natürlich die Vielzahl von Klebstoffen eingeschränkt. Dennoch soll mit möglichst unterschiedlichen Klebstoffen gearbeitet werden. Neben Zweikomponentenklebstoffen mit unterschiedlichen Topfzeiten werden Einkomponentenklebstoffe wie z.B. anaerobe Klebstoffe und Cyanacrylatklebstoffe verwendet. Um die gesamte Bandbreite

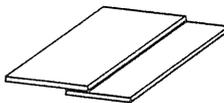
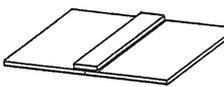
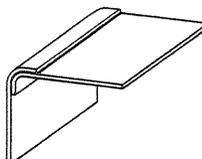
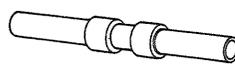
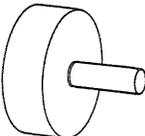
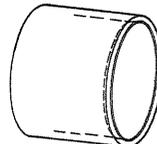
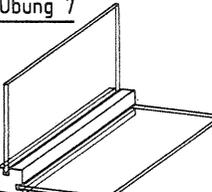
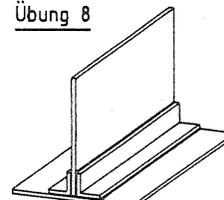
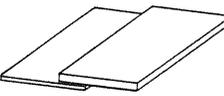
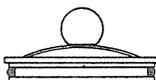
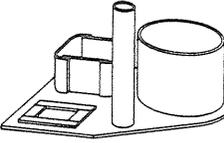
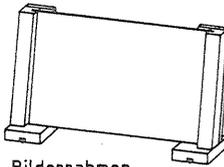
<p><u>Übung 1</u></p>  <p>Überlappstoß</p>	<p><u>Übung 2</u></p>  <p>Überlappstoß mit einfacher Lasche</p>	<p><u>Übung 3</u></p>  <p>Eckverbindung</p>
<p><u>Übung 4</u></p>  <p>Rohrverbindung</p>	<p><u>Übung 5</u></p>  <p>Verbindung Welle/Nabe</p>	<p><u>Übung 6</u></p>  <p>Rohr mit Boden</p>
<p><u>Übung 7</u></p>  <p>Eckverbindung</p>	<p><u>Übung 8</u></p>  <p>Stegverbindung</p>	<p><u>Übung 9</u></p>  <p>Stahl-Gummi-Verbindung</p>
<p><u>Übung 10</u></p>  <p>Deckel mit O-Ring</p>	<p><u>Abschlußübung</u></p>  <p>Schreibtischboy</p>	<p><u>Projekt</u></p>  <p>Bilderrahmen</p>

Abb. 1: Übersicht über die Übungen

Die drei zu verbindenden Flächen müssen gründlich gereinigt und zum Kleben vorbereitet werden. Vorbehandelt werden die Aluminiumbleche in dieser Übung wie die Stahlbleche in der Übung 1.

Vorbehandlung der Klebflächen

Als Unterlage wird eine Spanplatte verwendet. Auf diese legen Sie den ersten Zuschnitt. Parallel zur Vorderkante wird die Holzleiste mit einem Abstand von etwa 10 mm gelegt. Alles zusammen wird mit den beiden Schraubzwingen auf die Werkbank gespannt (Bild 1). Ein sauberes Einwegtuch wird mit dem Entfettungsmittel befeuchtet. Die Klebfläche wird mehrmals kräftig abgerieben.

Dann wird die Klebfläche mit dem Schleifklotz und Schmirgelleinen geschmirgelt (Bild 2). Da Aluminium kerbempfindlich ist, wird eine feine Körnung für das Schmirgelleinen gewählt.

Looser Schleifstaub wird mit einem fusselfreien weißen Tuch abgewischt.

Die Überlappung von 9 mm wird angezeichnet.

Der zweite Zuschnitt wird ebenso vorbereitet.

Der schmale Zuschnitt wird auf einer Seite gründlich mit Entfettungsmittel abgerieben und dann geschmirgelt, bis die Oberfläche gleichmäßig blank erscheint.

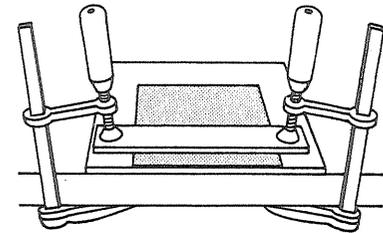


Bild 1 Spannen eines Zuschnitts

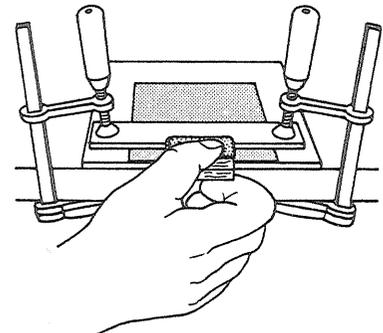


Bild 2 Schmirgeln der Klebfläche

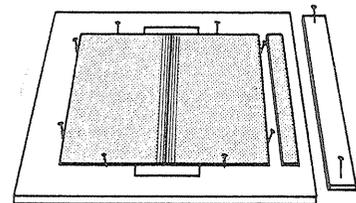


Bild 3 Zuschnitte zum Kleben fixieren

Auf die Mitte der Spanplatte legen Sie einen Streifen PE-Folie, um ein Ankleben der Fügeile auf der Unterlage zu verhindern. Die großen Zuschnitte werden so auf die Folie gelegt, daß die vorbehandelten Klebflächen oben liegen. Durch Anheften mit Nägeln an den Kanten werden die Zuschnitte gegen seitliches Verschieben gesichert (Bild 3).

An jedem Ende der Holzleiste wird ebenfalls ein Nagel eingetrieben, bis die Spitzen etwa 2 mm herausstehen.

Abb. 2: Vorbehandlung der Klebeflächen

von möglichen Klebstoffen zu verdeutlichen, ist aber auch die Verwendung eines durch Ultraviolettstrahlung abbindenden Klebstoffs vorgesehen.

Mit einem kleinen Wegweiser ist versucht worden, einen „passenden“ Klebstoff für die einzelnen Übungen zu beschreiben, jedoch ist dies wegen der vielfältigen Anforderungen an die Klebstellen sehr schwierig.

Bei der didaktischen Gestaltung wurde großer Wert darauf gelegt, die Lerninhalte seitenweise aufzuarbeiten, d.h. auf einer Seite ist ein Lernabschnitt geschlossen dargestellt. Für Lernende mit einem bildhaften Gedächtnis ist dies von Vorteil. Eine ausgewogene Bild-Text-Darstellung soll dazu beitragen, daß für den Auszubildenden der Inhalt leicht überschaubar ist (Bild 2).

Die mit den einzelnen Übungen erworbenen Qualifikationen werden in einer Abschlußübung wiederholt und gefestigt. Das fertige Werkstück soll vom Auszubildenden selbst bewertet werden. Ein Bewertungsbogen bietet dafür einen Maßstab mit einheitlichen Beurteilungsmerkmalen. Dieser Vorschlag einer Bewertung muß ggf. den betrieblichen Gegebenheiten angepaßt werden.

Mit dem Projekt (Bilderrahmen) sollen die erlernten Kenntnisse und Fertigkeiten durch eigenes Planen, Organisieren und Handeln vertieft werden. Durch die Beantwortung formulierter Leitfragen verschafft sich der Auszubildende die erforderlichen Informationen und stellt diese zusammen. So wird Klarheit über die anzuwendenden Klebstoffe und den Ablauf des Arbeitsvorganges gewonnen.

Arbeitssicherheit und Umweltschutz gewinnen zunehmend an Bedeutung. Entsprechend stark sind beide Bereiche im Ausbildungsmittel herausgearbeitet. Alle für das Metallkleben wichtigen Informationen wurden gesammelt und thematisch im Begleitheft als Handreichung zusammengefaßt. In den Übungen sind die zu beachtenden Vorschriften, Regeln und Hinweise gezielt in die betreffenden Übungen eingefügt und grafisch hervorgehoben (Bild 3).

Die organisatorischen und didaktischen Hinweise zur Vorbereitung und Durchführung jeder einzelnen Übung, aber auch des gesamten Ausbildungsmittels erhält der Ausbilder in seinem Begleitheft. Weitere Hilfen geben die Übersichten über den Werkstoff-, Zeit- und Arbeitsmittelbedarf sowie die Lösungen zu den Aufgaben.

Der Aufgabenteil dient vorrangig als Lernkontrolle und Lernhilfe für den Auszubildenden. Zunehmend wurden Aufgaben vorgesehen, deren Beantwortung offen ist, d.h., der Auszubildende ist gefordert, seine Vorstellungen selbst zu formulieren und zu beschreiben. Neben den Aufgaben, dem Bewertungsblatt zur Abschlußübung, den Leitfragen zum Projekt sind im Aufgabenteil weitere Arbeitsblätter enthalten. Diese Arbeitsblätter entsprechen den Arbeitstransparenzen und werden gemeinsam erarbeitet.

Die im Foliensatz enthaltenen 10 Arbeitstransparenzen stellen besondere Sachverhalte der Klebtechnik dar. Der Zusammenhang zu den Übungen wird durch

Anschlüsse geklebt
(anaerober Klebstoff)

2	Rohr	DIN 1786	SF-CuF37	2	22x1x75	
1	Muffe	DIN 2856	SF-Cu	1	22	
Stck.	Benennung	Normblatt Zeichn.-Nr.	Werkstoff	Lfd. Nr.	Halbzeug	Bemerkung

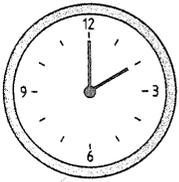
Rohrverbindung

M1:1

<p>Arbeitsstufen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rohrstücke und Muffe bereitlegen 2. Klebspalt prüfen, ggf. Rohrenden nacharbeiten 3. Klebflächen vorbehandeln 4. Erstes Rohrende mit Muffe kleben 5. Zweites Rohrende mit Muffe kleben <p>Arbeitsmittel</p> <p>– Einkomponentenklebstoff (Anaerober Klebstoff)</p> <p>Welche Arbeitsmittel werden noch benötigt?</p> <p>Zu übende Fertigkeit</p> <p>Kleben und Dichten von Kupferrohren mit Muffen.</p> <p>Lernziele</p> <p>Wenn Sie die Übung durchgeführt haben, können Sie ...</p> <ul style="list-style-type: none"> – den Unterschied von Zwei- und Einkomponentenklebstoffen nennen, – die Anwendung anaerober Klebstoffe beschreiben, – den notwendigen Klebspalt zwischen Rohren und Muffen beachten, – Rohre mit Muffen durch Kleben mit anaeroben Klebstoff fügen. 	<p>Hinweise</p> <p>Die Rohrstücke sollen gerade sein und sich mit Spiel in die Muffe schieben lassen. Der Klebspalt soll etwa 0,1 mm betragen.</p> <p>Hände und Augen dürfen nicht mit dem Klebstoff in Berührung kommen. Bei Spritzern in die Augen spülen Sie diese mit viel Wasser. Verschmutzte Haut wird abgetupft und mit viel Wasser und Seife gründlich gewaschen.</p> <p>Nicht abgebundener Klebstoff ist als Sondermüll zu behandeln.</p>
--	--

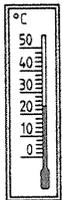
Abb. 3: Kleben mit Einkomponentenklebstoff

Mögliche Zuordnung:
Einleitung
Übungen 1, 4

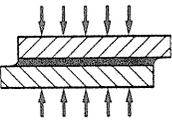


Zeit
z. B.
- Topfzeit
- Endfestigkeit

Weitere Einflußgrößen bei
z. B. anaeroben Klebstoffen: Metallkontakt, Luftabschluß
z. B. Cyanacrylatklebstoffen: Feuchtigkeit



Temperatur
- Erwärmung
beschleunigt das
Abbinden



Druck
- Fixieren

Auf das Abbinden von Klebstoffen haben die Einflußgrößen

- Zeit
- Temperatur
- Druck maßgebliche Bedeutung.

Zu beachten sind bei der Zeit

- Topfzeit
- die Zeit bis zur Handfestigkeit
- die Zeit bis zur Endfestigkeit.

Eine Erwärmung kann das Abbinden beschleunigen.

Eine Reihe von Klebstoffen bindet unter einem Anpreßdruck ab. Der Anpreßdruck fixiert einerseits die Fügeteile, bestimmt die Klebschichtdicke, verhindert aber auch eine Schrumpfung und Luftpneinschlüsse.

Alle drei Einflußgrößen sind den Unterlagen des Klebstoffherstellers zu entnehmen.

In speziellen Fällen können noch weitere Einflußgrößen wirksam werden, z. B.

- bei Cyanacrylatklebstoffen: Feuchtigkeit und
- bei anaeroben Klebstoffen: Metallkontakt, Luftabschluß.

Abb. 4: Einflußgrößen auf das Abbinden der Kunststoffe

kurze Begleittexte hergestellt (Bild 4). Die Begleittexte enthalten auch die zu erarbeitenden Details zu den Transparenten. Der Auszubildende bekommt die auf die Themen der Transparente abgestimmten Arbeitsblätter. Damit ist die Möglichkeit des Dialogs zwischen Ausbilder und Auszubildende gegeben, um Themen des Metallklebens in direkter Zusammenarbeit zu vertiefen.

Das Ausbildungsmittel enthält Inhalte zu allen wichtigen Aspekten des Metallklebens. So wird die Wichtigkeit des fachgerechten Zurichtens der Fügeteile hervorgehoben, es wird aber auch die noch nicht ausreichend entwickelte zerstörungsfreie Werkstoffprüfung als ein Schwachpunkt der Metallklebtechnik angesprochen.

Mit dem Ausbildungsmittel Metallkleben erhält die Ausbildungspraxis eine geeignete Grundlage, die in den neuen Ausbildungsordnungen aufgeführten Ziele zu erreichen. Das gilt für alle Berufe im Berufsfeld Metalltechnik, wodurch das Ausbildungsmittel Metallkleben auch eine grundlegende Bedeutung erhält.

Literatur

- BEIL, E.: Entstehung und methodische Anwendung des Schlosserlehrgangs. In: Lehrgang für Schlosserlehrlinge. Leipzig, Berlin 1926
- TILCH, HERBERT: Zur Definition des Terminus Lehrgang. In: Die berufsbildende Schule, H. 7/8, 1977, S. 428

Rolf Gänger und Denny Glasmann sind wissenschaftliche Mitarbeiter in der Abteilung Medienentwicklung und Mediendidaktik des BIBB.

Henning Juhl

Der Einfluß von Überlappungslänge und Breite einer Klebnaht auf die Zugscherfestigkeit von geklebten Metallverbindungen

Ein Unterrichtsbeispiel aus dem Fach Fertigungstechnik mit einer Berufsschulklasse Industriemechanikern der Fachrichtung Geräte- und Feinwerktechnik im 3. Ausbildungsjahr

Das Fertigungsverfahren Kleben hat ständig an Bedeutung gewonnen: seit 1965 hat sich der Kleb- und Dichtstoffverkauf etwa verdreifacht. Einerseits ist diese Fügetechnik, angeführt durch die Flugzeugindustrie, in allen Industriebereichen zu einem ernstzunehmenden Verfahren geworden. Andererseits hat das Kleben durch die scheinbar einfache Anwendung, auch durch den Laien, vielfach noch den Ruf eines minderwertigen 'Heimwerkerverfahrens'. Beides zusammen macht die Notwendigkeit deutlich, das Thema Kleben zu thematisieren und die Möglichkeiten, aber auch Grenzen dieses Verfahrens für die Schüler erkennbar zu machen. Die Grenzen sind im wesentlichen durch die vergleichsweise niedrige Festigkeit von Klebstoffen gegenüber jener der Fügeteilwerkstoffe (z.B. Metalle) begründet. Vielfältige Möglichkeiten ergeben sich daher für den Einsatz dieses Fertigungsverfahrens nur dann, wenn die besonderen Voraussetzungen an konstruktive Gestaltung und fachgerechte Ausführung der Klebnaht beachtet werden.

Inhalt der geplanten Unterrichtsstunde ist der Einfluß von Überlappungslänge und Breite einer Klebnaht. Ein Unterschied in der Wirkung dieser beiden Faktoren scheint auf den ersten Blick nicht einleuchtend. Gerade dies macht die besondere Bedeutung dieses Inhalts aus. Ausgehend von einem einfachen Phänomen wird eine sehr komplexe Erklärung erarbeitet. Die wiederum einfache Arbeitsregel fußt damit auf einem tieferen Verständnis. Außerdem wird die Behandlung von weiteren Möglichkeiten in der Gestaltung von Klebverbindungen angebahnt. Insbesondere die Tatsache, daß die Breite einer Klebnaht oft kaum zu beeinflussen ist, hat in der Praxis interessante gestalterische Lösungen zur Erhöhung der Zugscherfestigkeit hervorgebracht.

Ziel der Stunde ist es, daß die Schüler eine Klebverbindung gestalten können, indem sie die Erkenntnis, daß der bestimmende Faktor für die maximale Zugkraft einer Klebverbindung die Breite und nicht die Überlappungslänge ist, fachgerecht übertragen und anwenden können.

Quantitative Aussagen über die Festigkeit einer Klebverbindung in Abhängigkeit von der Überlappungslänge (l_0) und Breite (b) sind unter schulischen Versuchsbedingungen aufgrund der Vielzahl von unzureichend kontrollierbaren Einflußgrößen auf die Festigkeit nicht möglich. Sie sind jedoch auch deshalb nicht nötig, weil für den Schüler ein Handlungsschema mit einer qualitativen Aussage (z.B.: Für die Belastbarkeit einer Klebverbindung ist die Breite der bestimmende Faktor.) eher eine heuristische Regel bilden kann, und insofern die fachgerechte Gestaltung einer Klebverbindung erleichtert, als dies mit einer quantitativen Aussage möglich wäre.

Durch das Unterrichtsverfahren des 'Technischen Experiments' soll den Schülern eine wissenschaftliche Arbeitsweise nahegebracht werden. Das Gewicht liegt in dieser Stunde allerdings auf der Anwendung dieser Arbeitsweise und nicht auf ihrer kritischen Reflektion. Der Versuch wird als Schülerexperiment durchgeführt. Das unmittelbare Erleben der hohen Kräfte (im durchgeführten Experiment lag die maximale Zugkraft F_m zwischen 6-15 kN) welche von Klebverbindungen übertragen werden können, spielt hier eine besonders wichtige Rolle. Angestoßen durch ein realitätsnahes Problem, findet eine Verzahnung von praktischem Handeln, Sprechhandeln und theoretischem Erschließen (Denkhandeln) statt. Somit ist es möglich, die Schüler durch handlungsorientiertes Lernen mit der Thematik vertraut zu machen. Durch gezielte Beobachtungsaufträge soll die Beobachtungsfähigkeit gefördert werden. Die Arbeitsteilung in der Gruppenarbeitsphase soll die Kooperationsfähigkeit der Schüler fördern.

Der Verlauf der Stunde entspricht folgendem Schema:

1. Problemstellung,
2. Versuch und Auswertung mit 1. Lösungsangang für das Ausgangsproblem,
3. Klärung,
4. Konsequenzen, die sich aus (3) ergeben und 2. Lösungsangang.

Zu 1.: Zum Einstieg schildert der Lehrer als Problemstellung folgende Situation: „Ein Griff (Abb.1), verschraubt mit zwei Halbleblechen, soll an eine Transportbox geklebt werden. In welcher Lage müssen die Halblebleche befestigt werden, quer, hochkant, oder ist dies egal?“ Die Schüler äußern nun spontan ihre Vermutungen, die Mehrzahl ist für die Lage 'längs zur Zugrichtung'. (Einwände der Schüler, daß es sich hier nicht um eine reine Zugscherbelastung handele, werden bestätigt. Ein Vergleich verschiedener Belastungsarten von Klebverbindungen wird für eine Folgestunde angekündigt.)

Zu 2.: Die Frage des Lehrers, wie eine Entscheidung über die korrekte Befestigungslage zu treffen ist, bevor die Reklamationen vom Kunden der Transportbox

kommen, führt die Schüler sehr schnell zu dem Vorschlag einen Versuch durchzuführen. Der Versuchsaufbau wird kurz mit den Schülern erörtert. Falls die Schüler mit der Durchführung von Versuchen vertraut sind, wird an dieser Stelle nur kurz darauf eingegangen, daß die Konstanz der Versuchsbedingungen zu wahren ist. (Die Klebproben können vom Lehrer vorbereitet sein. Falls sie nun von den Schülern fertiggestellt werden, muß ausreichend Zeit zum Aushärten der Klebverbindungen zur Verfügung stehen.) Nun können in mehreren Gruppen, abhängig von der Anzahl der zur Verfügung stehenden Zerreißmaschinen, die Klebproben (siehe Arbeitsblatt) zerrissen und die Werte in das Arbeitsblatt eingetragen werden. Jede Gruppe formuliert gemeinsam ein Versuchsergebnis. Anschließend werden die ermittelten Werte vom Lehrer auf Zuruf in eine vorbereitete Folie (Ausschnittvergrößerung des Arbeitsblatts) eingetragen, um eventuell aufgetretene „Ausreißer“ erkennen zu können. Die formulierten Ergebnisse werden von Schülern vorgetragen und mit den Meßergebnissen verglichen. Die möglicherweise notwendige Korrektur der Formulierungen sowie eine Erklärung von „Ausreißern“ wird, soweit möglich, von Schülern vorgenommen. Das Versuchsergebnis wird nun auf die eingangs geschilderte Situation angewendet und die Frage der Befestigungslage beantwortet (quer zur Zugrichtung).

Zu 3.: Durch Rückbezug auf die Hypothesenbildung werden die Schüler ange-regt, nach dem „Warum“ zu fragen. Zur Klärung des Phänomens fragt der Lehrer nach den Beobachtungen beim Zerreißen der Klebverbindungen. Er demonstriert den Effekt des Abschälens an den Enden der Klebverbindung mit dem Modell 1 (Abb.2). Die unterschiedlichen Dehnzonen innerhalb der zu verbindenden Elemente werden mit Modell 2 verdeutlicht (Abb.2). Ein Schüler kann hier die unterschiedliche Längendehnung messen. Die Beobachtungen der Schüler werden schrittweise, im Zusammenwirken mit einer Schemazeichnung (Bildteil vom Informationsblatt auf Folie), zur Erklärung des Versuchsergebnisses benutzt.

Zu 4.: Die Schüler können nun unter Einbeziehung der vorher erarbeiteten Erkenntnisse den Grund für die Gestaltung einer Klebnaht mit zwei unterschiedlichen Klebstoffen erläutern (Folie 3). Zum Abschluß wird noch einmal Bezug auf die Problemstellung genommen und auf die Frage zurückgegangen, wo auf die Haltebleche welcher Klebstoff aufzutragen sei.

Folgendes Material wurde verwendet:

- Bleche für den Zerreißversuch (siehe Arbeitsblatt),
- Griff mit Halteblechen (Abb.1) und beliebigem Kasten,
- Modell 1 (Abb.2),

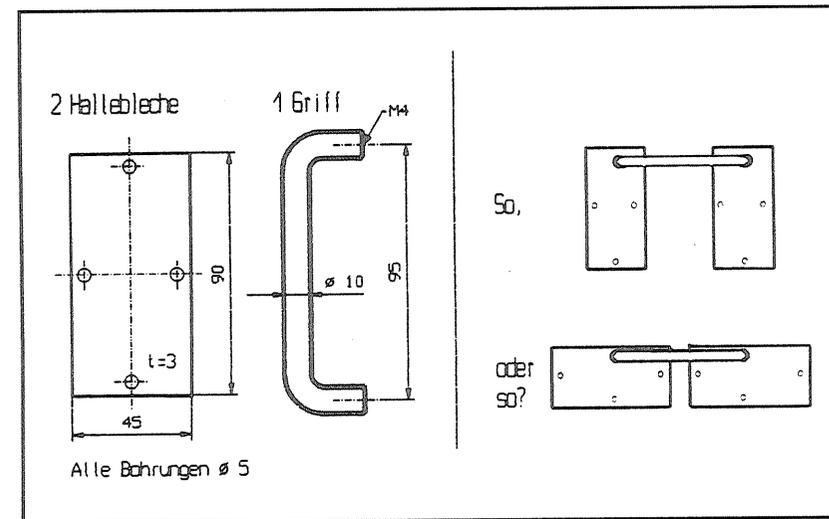


Abb. 1: Griff mit Halteblechen

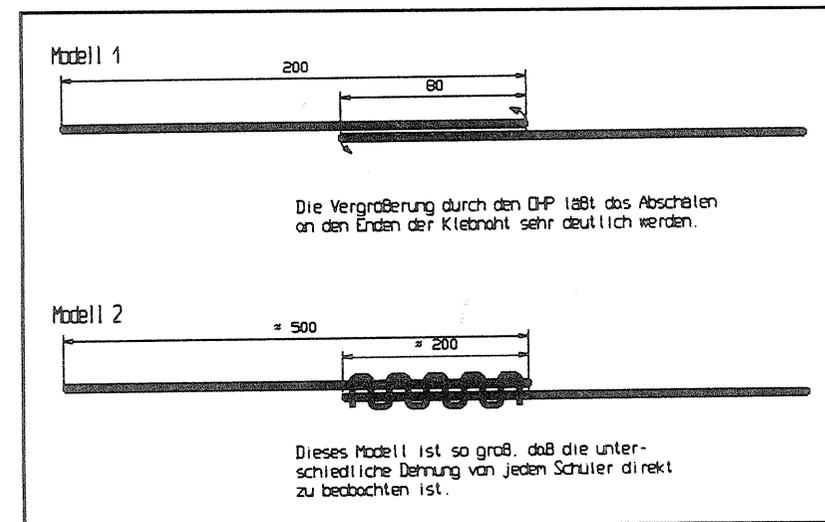


Abb. 2: Modelle zur Verdeutlichung von Dehnzonen

Fertigungstechnik	Festigkeit von Klebverbindungen (1)	AB
Fügetechnik		FWT
Klasse:	Namen:	Datum:

Ermittlung der Festigkeit (Zugscherfestigkeit) von einschneittig überlappten Klebverbindungen in Abhängigkeit von

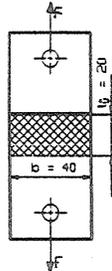
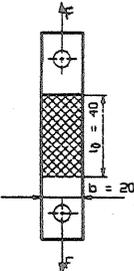
- Überlappungslänge (l_1) und
- Breite (b) der Klebnaht.

Arbeitsauftrag:

1. Sie haben 10 Minuten Zeit!
2. Teilen Sie Ihre Arbeitsgruppe auf (1 zerreißt, 1 beobachtet die Klebstelle, 1 protokolliert)!
3. Zerreißen Sie die 2 Proben und tragen Sie jeweils den Wert für die max. Zugkraft (F_B) in die Tabelle ein.
4. Formulieren Sie gemeinsam das Versuchsergebnis.

Materialien:

- Klebproben aus AlCuMg1 (3mm dick), Klebstoff: Pattex Stabilit ultra, 45 Minuten bei 75°C ausgehärtet
- Probe 1: $l_1=20\text{mm}$, $b=40\text{mm}$
- Probe 2: $l_1=40\text{mm}$, $b=20\text{mm}$
- 1 Zerreißmaschine

Protokoll:

Gruppe	max. Zugkraft F_B in kN Probe 1	max. Zugkraft F_B in kN Probe 2
Gruppe 1		
Gruppe 2		
Gruppe 3		
Gruppe 4		
Gruppe 5		
Gruppe 6		
Gruppe 7		

Ergebnis:

.....

.....

.....

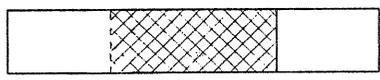
(Benutzen Sie für die Formulierung die Begriffe "Überlappungslänge", "Breite" und "maximale Zugkraft"!)

Arbeitsblatt 1: Festigkeit von Klebverbindungen

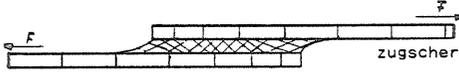
Fertigungstechnik	Festigkeit von Klebverbindungen (2)	1B
Fügetechnik		FWT
Klasse:	Name:	Datum:

Für die maximale Zugkraft einer zugscherbelasteten Klebverbindung ist die Breite die bestimmende Größe, nicht die Überlappungslänge.

Der Grund dafür ist die unterschiedliche Längendehnung innerhalb der zu verbindenden Werkstücke:

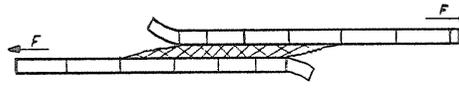


unbelastete Klebverbindung



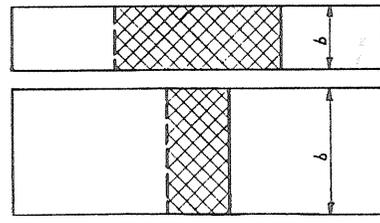
zugscherbelastete Klebverbindung

Die unterschiedliche Längendehnung (am rechten Ende der Klebnaht z.B.: oberes Blech - maximale Dehnung, unteres Blech - minimale Dehnung) führt in der Klebnaht zu einer Verformung des Klebstoffs. Wird die Zugfestigkeit des Klebstoffs an dieser Stelle überschritten, kommt es hier zum Bruch. Von dort pflanzt sich der Bruch weiter fort.

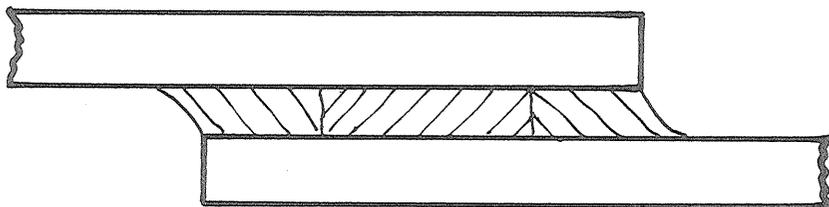


Beginn des Bruches an den Enden der Klebnaht

Der Bruch beginnt also entlang einer Linie quer zur Zugrichtung. Für die max. Zugkraft ist demnach die Länge dieser Linie (also die Breite der Klebnaht) bestimmend.



Arbeitsblatt 2: Festigkeit von Klebverbindungen



Folie 3

- Modell 2 (Abb.2),
- Arbeitsblatt,
- Ausschnittvergrößerung des Arbeitsblatts als Folie 1,
- Informationsblatt,
- Skizzen des Informationsblatts auf Folie 2,
- Folie 3.

Modell 1 hat den Vorzug, tatsächlich geklebt zu sein. Es besteht aus zwei Streifen handelsüblichem Elastikband (25mm breit) wie es beispielsweise in Handarbeitsgeschäften erhältlich ist. Die Klebflächen wurden zunächst beidseitig mit einem Layout-Klebstoff (z.B. Fixogum) bestrichen. Ungefähr eine Stunde vor der beabsichtigten Demonstration wird eine Seite nochmals mit dem Klebstoff bestrichen. Das Verbinden der beiden Teile geschieht direkt vor der Demonstration. Das Zerreißen geschieht auf dem OHP. Die Vergrößerung läßt das Abschälen beginnend an den Enden der Klebnaht sehr deutlich werden.

Modell 2 besteht aus zwei Gummistreifen (ca. 500x20x5mm), welche mit einem Gummifaden ($\varnothing 1\text{mm}$) niedrigerer Elastizität miteinander vernäht sind. Dieser Faden kann an den Enden beispielsweise mit einem Knopf gesichert werden. An den Kanten sind im Bereich der „Klebnaht“ in regelmäßigen Abständen Markierungen aufgebracht, um die unterschiedliche Dehnung bei einer Zugscherbelastung nachmessen zu können. Dieses Modell verdeutlicht die unterschiedliche Dehnung innerhalb der zwei Fügeiteile.

Henning Juhl ist Berufsschullehrer in Hamburg.

Albert Häußler, Günther Hörlein, Gert Pitscheneder, Karl-Heinz Schmid

Handlungsorientierter Unterricht im Berufsschulalltag

Ein Beispiel aus der Berufsschule für Elektroinstallationstechnik und Elektromechanik im BBZ Elektrotechnik, München

Vorbemerkung

An der Berufsschule für Elektroinstallationstechnik und Elektromechanik wird seit September 1990 in der 12. Jahrgangsstufe der gesamte Fachunterricht für Elektroinstallateure handlungsorientiert durchgeführt und ist fächerübergreifend organisiert. Die Fachräume sind als sogenannte Integrierte Fachräume umgebaut und ausgestattet worden. Wir Autoren bilden zwei Lehrerteams und unterrichten fast ausschließlich in diesen Klassen.

Es ist für uns sehr wichtig zu bemerken, daß diese Form des Unterrichts bei unseren Schülern gut funktioniert, obwohl unsere Fachklassen sehr heterogen zusammengesetzt sind und einen großen Anteil leistungs- und motivationsschwacher Schüler haben.

Schulische Vorbildung der Berufsschüler an der Berufsschule für Elektroinstallationstechnik und Elektromechanik. (Stand Okt. 1991)

Abitur und Mittl. Reife	10,6 %
Qualifizierter Hauptschulabschluß	39,1 %
Einf. Hauptschulabschluß und Sonderschulabschluß	31,3 %
Kein Schulabschluß und sonst. Abschlüsse	19,0 %

Quote der Ausbildungsabbrecher

1. Ausbildungsjahr	21,9 %
2. Ausbildungsjahr	14,8 %
3. Ausbildungsjahr	10,9 %
4. Ausbildungsjahr	0,6 %

Anteil der ausländischen Auszubildenden pro Jahrgangsstufe (Stand Oktober 1991)

10. Jahrgangsstufe	30,6 %
11. Jahrgangsstufe	27,2 %
12. Jahrgangsstufe	27,8 %
13. Jahrgangsstufe	23,6 %

Unterrichtsdarstellung

Wir wollen Ihnen unseren Unterricht in Form einer kommentierten Mitschrift vorstellen und haben dazu einen Vormittag in einer Fachklasse Elektrotechnik im Technologiebereich Steuerungstechnik ausgewählt und das Unterrichtsgeschehen mitprotokolliert. Die Beschreibungen erscheinen im folgenden in normaler Schrift, *die Kommentare in kursiver Schrift.*

Erleben Sie am praktischen Fall, zwar nur ausschnitthaft, aber doch exemplarisch die wesentlichen Komponenten unserer Unterrichtsgestaltung.

Integrierter Praxis-Theorieraum - Situationsbeschreibung

Unterrichtsbeginn ist an diesem Tag 7³⁰. Die Schüler kommen in den Fachraum und setzen sich an die Arbeitstische, an denen sie am vorhergehenden Tag gearbeitet haben und holen sich die notwendigen Unterlagen vom Medienschränk, bzw. die Disketten für die PC-Arbeit. In dieser Klasse ist gestern kein Schüler mit seiner Aufgabe fertig geworden, so daß heute alle an ihren Aufgaben weiterarbeiten.

So sitzen dreizehn Schüler an den Laborplätzen, die Schaltungen von gestern sind noch aufgebaut. Die Schüler arbeiten an unterschiedlichen Problemen. Fünf Schüler arbeiten an den PC-Arbeitsplätzen und starten ihre Programme. Sie arbeiten einzeln an unterschiedlichen Aufgaben. Zwei Schüler zeichnen ihre Schaltplanentwürfe am PC (CAD-Handwerk 3000), und die anderen drei Schüler testen ihre Schaltungen mit einem Simulationsprogramm (Logicad).

Sechs Schüler arbeiten an den Theorieplätzen. Zwei Schüler sind dabei, sich in Motorschutzprobleme einzuarbeiten und berechnen u.a. den Auslösestrom bei einer Stern-Dreieck-Schaltung. Die anderen vier Schüler erarbeiten sich die theoretischen Grundlagen des Aufbaues und der Wirkungsweise eines Automatisierungsgerätes.

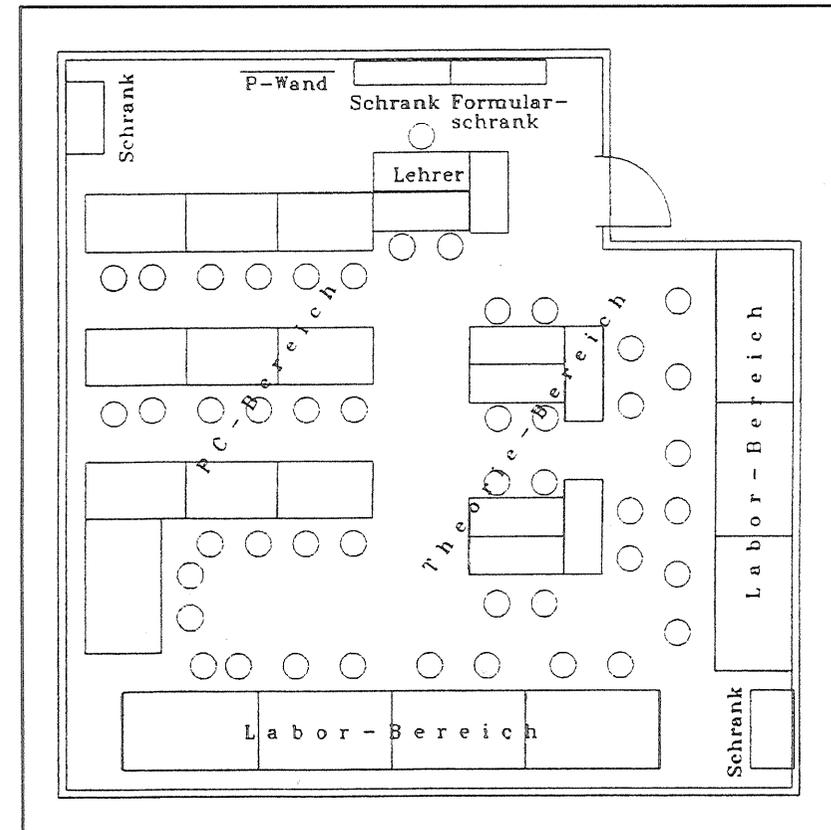


Abb. 1: Grundriß des integrierten Fachraums

Integrierter Praxis-Theorieraum - Kommentar

In diesem integrierten Fachraum stehen den Schülern drei unterschiedliche Arbeitsbereiche zur Verfügung: Theoriearbeitsbereich (8 Arbeitstische, 16 Schülerplätze); PC-Arbeitsbereich (8 Rechner, 16 Schülerplätze); Laborarbeitsbereich (8 Praktikumsstische, 16 Schülerplätze).

Die Integration der drei Arbeitsbereiche in einem Raum optimiert schülergesteuertes Lernen und Arbeiten.

1. Die Einheit von Planen, Erarbeiten, Umsetzen und Kontrollieren wird für den Schüler zeitlich und räumlich nicht unterbrochen.

So können z. B. die Schüler direkt an die Labor-, bzw. PC-Plätze

wechseln und müssen nicht warten, bis das Stundenraster den fachpraktischen Unterricht vorsieht oder ein entsprechender Fachraum frei ist.

2. Auf die unterschiedlichen Lerntypen der Schüler und auf deren individuellen Lernerfahrungen und Lernfortschritte kann im Unterricht besser Rücksicht genommen werden.

Ein mehr praktisch veranlagter Schüler probiert z. B. eine Aufgabe zuerst am Labortisch aus und erarbeitet sich dann erst die Theorie, während andere sich zusammensetzen und gemeinsam eine Lösung suchen und die Ergebnisse erst später erproben.

Betrachten wir nun die einzelnen Schülergruppen näher.

Handlungsorientierung - Situationsbeschreibung

An einem der Labortische sitzt eine Gruppe von zwei Schülern und bearbeitet einen Wiederholungslehrgang „Schütztechnik“. Sie sind gerade mit dem Thema „Unterschied zwischen Motorschutzrelais und Motorschutzschalter“ beschäftigt. Sie haben diese beiden Betriebsmittel als Originalbauteile vor sich, ebenso die Herstellerdatenblätter und notieren sich Schaltzeichen, Anwendungsfälle, Gemeinsamkeiten, Unterschiede und vergleichen die Klemmenbezeichnungen an Original und Schaltzeichen. An der Laborwand ist die Schaltung einer Torsteuerung mit Motorschutzrelais aufgebaut. Diese Schaltung soll jetzt umgerüstet werden, den Motorschutz soll ein Motorschutzschalter übernehmen. Die Schüler beginnen den Hauptstromkreis neu zu zeichnen, wobei es nochmals zu einer Diskussion über die Aufgabe und den Einbauort des Normalhilfsschalters kommt. Ergebnis dieser Diskussion ist eine andere Variante des Steuerstromkreises, die von Hand neu gezeichnet wird. Im Anschluß daran bauen die Schüler die vorhandene Schaltung sofort nach den geänderten Plänen um. Zur Inbetriebnahme der Schaltung rufen die Schüler den Lehrer. Er überprüft die Schaltung nur kurz auf grobe Mängel und schaltet die Spannungsversorgung ein. Die Schüler versuchen, die Torsteuerung zu starten. Der Antriebsmotor bewegt sich nicht.

Fehlersuche: Der Lehrer wiederholt mit den Schülern kurz die Fehlersuche nach dem Prinzip der Spannungsverfolgung. Die Schüler prüfen die Schaltung und verwenden dabei „ihr“ Prüfgerät - Testofon, das sie im Elektronikunterricht gebaut haben.

Fehlerursache: Am Normalhilfsschalter wurde der Öffner- mit dem Schließerkontakt verwechselt.

Der Lehrer gibt den Schülern den Tip, sich anhand der Unterlagen nochmals genau mit dem Zustand „unbetätigt“ bei Motorschutzschaltern und Motorschutzrelais zu beschäftigen.

Handlungsorientierung - Kommentar

Nach der neu geordneten Ausbildung wird auch von den Elektroinstallateuren verlangt, daß sie lernen, selbständig zu planen, durchzuführen und zu kontrollieren. Diese Schlüsselqualifikationen können sich nur herausbilden, wenn Planungen direkt zum Handeln führen, dabei auftretende praktische Probleme auch theoretisch durchleuchtet werden und die neuen Überlegungen zur Korrektur der Praxis dienen.

So war für die beiden Schüler die theoretische Durchdringung der Thematik Motorschutz notwendig, um fachkompetent über die Abänderung der Steuerung zu entscheiden und den Einbau fachlich richtig ausführen (handeln) zu können. Für eine spätere Erweiterung oder Fehlersuche ist es unerlässlich, daß die Änderung in der Schaltung normgerecht dokumentiert wird. So war es den beiden Schülern bei der Fehlersuche von Nutzen, daß sie die Änderung genau und fachlich richtig gezeichnet haben. Der aufgetretene Fehler zwang die Schüler noch einmal, sich in die kleinsten Funktionseinheiten der Schaltung hineinzudenken.

Unumgängliche Voraussetzungen für den handlungsorientierten Unterricht ist der integrierte Fachraum:

Bei getrennten Praxis-/Theorieräumen wird praktische Fachkunde normalerweise mit geteilter Klasse unterrichtet, d. h. in der Fachstufe sind an einem Tag bestimmte Versuche nur für die Hälfte der Klasse zugänglich. Ein Schüler, der also in der Mitte einer Fachtheorie-Doppelstunde soweit ist, daß er seine Gedanken experimentell überprüfen will, muß warten, bis er tätig werden kann, im Normalfall sind dies 2 - 3 Stunden, und für die Hälfte der Klasse besteht diese Möglichkeit frühestens am nächsten Schultag. In der Zwischenzeit erledigt der Schüler andere Arbeiten und Überlegungen; der Zusammenhang von eigenem Denken und Planen mit zugehörigen Experimenten und Schaltungsaufbauten wird dadurch schwach oder verschwindet.

Praxisbezug - Praxisgeräte - Situationsbeschreibung

An den Labortischen neben den beiden Schülern bauen sieben Schüler die Steuerung des Schulhoftores in SPS-Technik. Die Klasse besichtigte zu Beginn der Blockwoche das motorbetriebene Schultor und ließ sich Bedienung und Betrieb zeigen. Während manche Mitschüler die Schultorsteuerung noch in Schütztechnik ausführen, leisten diese rasch arbeitenden Schüler bereits den Umbau in SPS-Technik. Die Schüler arbeiten in drei Gruppen an jeweils einem Arbeitsplatz. So beschäftigen sich momentan drei Schüler mit Sicherheitsfragen der Steuerung. Sie bauen ihre Schaltung mit Originalbauteilen, wie Endtaster mit

Rollstößel, Berührungsleiste, usw. auf. Dabei müssen sie die Schaltglieder (Öffner, Schließer) an den Bauteilen mit ihrem Prüfgerät heraustesten.

Als Arbeitsunterlagen stehen den Schülern Informationsmappen und Leittexte zur SPS-Programmierung zur Verfügung, in denen Auszüge aus Sicherheitsvorschriften und Herstellerunterlagen zu finden sind.

Zwei Schüler sind gerade dabei, ihren Schaltungsentwurf zu verbessern. Die aufgebaute NOT-AUS-SCHALTUNG mit zentralem Not-Aus-Relais schaltet bei Betätigung zu viele Teile der Stromversorgung für die SPS ab und damit auch alle Sicherheitstromkreise. Sie haben für ihren Entwurf ein Schaltbeispiel aus dem Schaltungsbuch der Firma Klöckner-Moeller herausgezeichnet und entsprechend abgeändert. Hier ist ihnen ein Fehler unterlaufen, den sie jetzt finden sollen.

Die letzten beiden Schüler sind mit dem Aufbau und der Inbetriebnahme der Torsteuerung fertig. Ihr Tormodell läuft ohne Fehler. Sie ordnen jetzt alle Unterlagen (Stromlaufpläne, Zuordnungs- und Anweisungsliste, Geräteleiste und Anordnungsplan) und wechseln an die PC-Plätze, um die Pläne mit dem dort installierten CAD-Programm zu zeichnen.

Praxisbezug - Praxisgeräte - Kommentar

Nach langen Diskussionen, vielen Fachgesprächen und etlichen Betriebspraktika sind wir inzwischen soweit, daß der ganze Fachunterricht ausschließlich anhand von Praxisproblemen durchgeführt wird.

Im Bereich Steuerungstechnik haben wir zwei Praxisfälle ausgewählt, die die Lernziele gut abdecken: Zum einen ist es die Schultorsteuerung und deren Umrüstung auf SPS, an dem die Schüler gerade arbeiten, zum anderen entwickeln und bauen die Schüler im Anschluß daran eine Hebeanlage für eine Verladestation.

Nicht nur Aufgaben und Projektthemen wählen wir aus der Praxis, sondern geben den Schülern bei der Bearbeitung der Themen praxisgerechte Planungs- und Lösungsstrategien an die Hand: z. B. wird nicht jede Schaltung von Grund auf neu entwickelt, sondern Standardschaltungen werden abgeändert. Die Schüler führen systematische Fehlersuche an ihren Laborschaltungen durch. Sie dokumentieren ihre Lösungen und Arbeitsergebnisse normgerecht und sauber (CAD-Zeichnungen), wobei als Beurteilungskriterium neben Sicherheit und fachlicher Richtigkeit auch die Praxistauglichkeit der Schaltung herangezogen wird.

Fast alle bei uns eingesetzten Geräte sind Originalbauteile ohne Blackbox-Abdeckung und Schaltzeichen-Aufdruck, wie sie die Schüler auch in ihren Betrieben vorfinden. Um Berührungssicherheit zu erreichen und den Anschluß

von Laborleitungen zu ermöglichen, sind direkt an den Schraubklemmen Laborbuchsen angebracht, Abdeckungen von spannungsführenden Teilen bestehen aus Plexiglas. Der Einsatz von Praxisgeräten vermittelt den Schülern die Sicherheit, daß sie das in der Berufsschule erworbene Wissen, verbunden mit dem Umgang der Geräte, auch in ihrer späteren Praxis umsetzen können. Damit steigt die Lernmotivation erheblich. Solche praxisnahen, aber trotzdem für Schülerversuche geeigneten Geräte werden von den Lehrmittelherstellern kaum angeboten. Wir mußten mit viel Eigeninitiative und mit Unterstützung durch die schuleigene Werkstatt die Bauteile zum größten Teil selbst aufbereiten.

Kurssystem - Situationsbeschreibung

Alle Schüler dieser Klasse beschäftigen sich in dieser Woche mit dem Thema Steuerungstechnik. Die Schüler verlassen diesen Raum nur während des Unterrichts für Religion/Ethik und teilweise zu den Fächern Deutsch und Sozialkunde. So können die Schüler ihre Schaltungen aufgebaut und ihre persönlichen Arbeitsunterlagen am Platz lassen, und am nächsten Unterrichtstag ohne Verzögerung an ihren Aufgaben und Schaltungen weiterarbeiten.

Gehen wir nun zur nächsten Gruppe. Sie besteht aus vier Schülern, die gerade dabei sind, den Aufbau eines Automatisierungsgerätes (SPS) näher zu untersuchen, wobei sie einerseits die Herstellerunterlagen über die in diesem Raum verwendete PS3 von Klöckner-Moeller benutzen und andererseits auch herstellernerutrales Informationsmaterial zur Verfügung haben. Sie sollen das Automatisierungsgerät in Betrieb nehmen, Programme schreiben und die Schultorsteuerung mit SPS verwirklichen. Damit diese Arbeit erfolgreich geleistet werden kann, müssen sich die Schüler mit dem Automatisierungsgerät vertraut machen. Der Aufbau, die Wirkungs- und Verarbeitungsweise, die komplexe Technik des Gerätes ist für die Schüler Mittelpunkt ihrer Arbeit im Unterricht. Sie erarbeiten sich mit einem leittextgeführten Lehrgang gemeinsam die Technik, skizzieren, lesen, besprechen, berechnen und zeichnen. Die Schüler vergessen dabei die bisher im Unterrichtsalltag übliche Fächertrennung. Sie erfassen den prinzipiellen Unterschied der Steuerungsarten (VPS-SPS), untersuchen die Funktionsblöcke des Automatisierungsgerätes (PS3) und berechnen in diesem Zusammenhang bei gegebener Zahl der Anweisungen den Speicherbedarf. Wie immer, wenn Rechenprobleme zu lösen sind, warten die Schüler nicht bis Fachrechnen im Stundenplan steht, sondern lösen diese sofort. Nachdem sie das Verhalten der Ein- und Ausgabegruppe verstanden haben, zeichnen sie den Anschlußplan der SPS-PS3 und führen die praktische Beschaltung der SPS nach ihrem Plan durch. Dazu wechseln sie direkt an einen der Laborplätze. Die vier Schüler

bearbeiten alle technischen und fachspezifischen Aspekte eines Technikbereiches zusammenhängend und fächerübergreifend. Für diese Gruppe ist das sehr motivierend, und man merkt dies auch an ihrem Arbeitseifer. Sie haben sich sehr schnell einen Einblick in das Automatisierungsgerät verschaffen können und sind auch bei Teilaufgaben darauf bedacht, den Zusammenhang mit der eingangs gestellten Aufgabe (Torsteuerung mit SPS ausführen) nicht zu verlieren.

Kurssystem - Kommentar

Wir haben die Lernziele der Fachstufe 2 in fünf Technologie-Schwerpunkte („Kurse“) zusammengefaßt: Anlagentechnik 1, Anlagentechnik 2, Steuerungstechnik, Elektronik/Regelungstechnik und Leistungselektronik. Der zeitliche Umfang pro Technologie beläuft sich auf drei Wochen (Richtwerte im Lehrplan). Jeder Technologie-Schwerpunkt ist in 1 - 2wöchige Blöcke unterteilt und wird zeitlich so versetzt, daß die Schüler mehrmals im Jahr mit jedem der Technikbereiche in Berührung kommen. Innerhalb der Technologie-Schwerpunkte werden den Lernzielen Praxisfälle zugeordnet.

Im herkömmlichen Berufsschulunterricht werden häufig 2 - 3 verschiedene Themenkreise zeitlich parallel unterrichtet (in Schaltungstechnik wird ein anderer Stoff behandelt als in Fachtheorie, usw.). Daß dies mehr schulorganisatorischen Überlegungen als pädagogischer Überzeugung entspringt, zeigt folgende Betrachtung: Fast die gesamte betriebliche Ausbildung, ebenso wie die kommerzielle Fortbildung erfolgt themenzentriert: einen Tag, eine Woche oder noch länger geht es ausschließlich um ein Thema. Erzwungen wird das durch zwei massive Vorteile: höherer Lernerfolg gekoppelt mit größerer Teilnehmerzufriedenheit.

Fächerübergreifender Unterricht - Kommentar

Wird eine Technologie in Einzelfächer zerlegt, so ist selbst bei optimaler Kollegenabsprache kaum handlungsorientierter Unterricht möglich, da sich eigenständige Denk- und Handlungsschritte nun einmal nicht an den Stundenplan halten. Um das noch einmal zu verdeutlichen, zeigen wir auf, welche klassischen Unterrichtsstunden die Schüler hätten durchlaufen müssen, damit sie den Stoff der eben beobachteten zwei Stunden gelernt hätten.

Fachtheorie: Galvanische Trennung der Eingangskreise durch Optokoppler bzw. der Ausgangskreise mit Relais.

Fachrechnen: Berechnung der maximalen Zahl der Anweisungen bei gegebener Speicherkapazität.

Schaltungstechnik: Zeichnen der Spannungsversorgung der SPS.

Praktische Fachkunde: Umsetzen der Zeichnung in eine Laborschaltung. Unsere Erfahrung hat gezeigt, daß die hier unangemessene Zerstückelung in Einzelfächer sich an der Berufsschule, wo viele Kollegen fast alle Fächer unterrichten, aufheben läßt. Es ist zwar zu Beginn einer Umstrukturierung ein enorm hoher Planungs- und Organisationsaufwand zu leisten, allerdings gemessen an dem, was wir dabei an Unterrichtsqualität gewonnen haben, scheint uns dieser Aufwand gerechtfertigt.

Differenzierung - Leittexte - Situationsbeschreibung

Außer den beiden schon genannten Gruppen arbeiten noch eine 3er-Gruppe und ein einzelner Schüler an den Labortischen.

Die 3er-Gruppe arbeitet ebenfalls an dem Wiederholungslehrgang „Schütztechnik“, allerdings ist sie schon fast am Ende. Diesen Lehrgang durchlaufen die Schüler leittextgeführt. Vor ihnen liegt die Informationsmappe „Schütztechnik 1“, bei der gerade die Seite über Norm-Grenztaster aufgeschlagen ist. Diese Seite ist aus einem technischen Handbuch eines Grenztaster-Herstellers herauskopiert. Hier finden die Schüler praxisnahe Information über die Sicherheitsnormen und Ausführungsformen von Grenztastern. Sie heften gerade das Blatt 11 der Leitfragen in ihren Schülerordner. Die Schüler haben sich, angeregt durch die Leitfragen auf diesem Blatt, mit der Sprungfunktion, den Kontaktbestückungen usw. von Norm-Grenztastern beschäftigt. Das war als Vorbereitung für den nächsten Arbeitsauftrag notwendig. Die genaue Beschreibung dieses Auftrags finden Sie auf Blatt 12: Erweiterung der Torsteuerung mit Sicherheitsgrenztastern. Dieses Blatt holt jetzt einer der Schüler für die Gruppe aus einem Formularschrank, in dem alle Leitfragen-Blätter für die Schüler frei zugänglich bereitliegen.

Der einzeln arbeitende Schüler ist ein Iraner mit großen Theoriedefiziten. Um Erfolge erzielen zu können, muß er sich die Zeit nehmen, jeden kleinen Überlegungsschritt mit Skizzen, Rückfragen und Versuchsaufbauten abzusichern. Er arbeitet im ersten Drittel des Wiederholungslehrgangs an einer einfachen Steuerung mit 2 Befehlsstellen. Auch er benutzt das Leittext-Paket Schütztechnik. Seine momentane Aufgabe ist es, seine Steuerung mit Meldeleuchten zu versehen. Durch die Leitfragen von Blatt 7 des Leittextes wird er dazu gebracht, sich die vorgeschriebenen Normfarben zu überlegen. Da er sich nicht sicher ist, blättert er in der Infomappe und findet einen DIN-Auszug über die Kennfarben von Tastern und Meldeleuchten. Damit ist seine Unsicherheit beseitigt, und er beginnt damit, seinen Stromlaufplan mit den geforderten Leuchten zu ergänzen.

Seine Mitschüler um ihn herum sind alle schon viel weiter. Dies hat ihn anfänglich sehr verunsichert. Erst der Überblick über die angebotenen Lehrthemen und die Entscheidung, sich vorerst auf ein Mindestwissen (Was ist wichtig für die Prüfung?) zu beschränken, haben bei ihm bewirkt, daß er bereit war, sich realistische Ziele zu setzen. Die ersten Lernerfolge, die er bei der gründlichen Bearbeitung der eingeführten Leitfragen erzielte, haben bei ihm einiges an Versagensangst abgebaut.

Die Lernthemen-Übersicht hängt in Plakatgröße im Klassenraum. Die Schüler können daran den eigenen Lernweg planen und mitverfolgen. Für manche Schüler ist es auch eine Meßlatte für den eigenen Lernfortschritt.

Differenzierung - Leittexte - Kommentar

Fängt eine Klasse an, handlungsorientiert und praxisnah zu arbeiten, kommt es sehr schnell zu folgender Situation:

Einige Schüler entdecken große Lücken in ihrem Vorwissen und müssen mit Wiederholungen an diesen Lücken arbeiten. Andere eignen sich mit sehr unterschiedlichem Lerntempo neue, praktische Fertigkeiten und theoretische Kenntnisse an. In kurzer Zeit zerfällt die Klasse in Gruppen, die an sehr verschiedenen Themen arbeiten. Frontalunterricht kann dieser differenzierten Situation nicht gerecht werden. Ebenso wenig darf man aber Schüler, die noch wenig Erfahrung mit selbstorganisiertem Lernen haben, hier alleine weiterarbeiten lassen, sie wären hoffnungslos überfordert. Um dennoch selbständiges Arbeiten zu fördern, sind Leittexte mit anfangs sehr eng gefaßten Aufgaben, kleinen Lösungsschritten und stark strukturierten Informationstexten eine hervorragende Alternative.

Die Industrieausbilder haben das seit Jahren erkannt (Mercedes, Ford, Salzgitter, Hoesch, Siemens, Bundespost, usw.), nur von den Berufsschulen hörte man kaum etwas über leittextgestützten Unterricht. Bei uns gibt es inzwischen Leittextpakete für alle Projekte, Wiederholungen, Wissens- und Fertigkeitsvermittlungen, d. h., jeder Schüler hat zu seinem aktuellen Thema eine Informationsmappe, in der sich Herstellerunterlagen, Fachbuch- oder Fachzeitungsartikel bzw. von uns verfaßte Informationstexte befinden. Zusätzlich erhält jeder Schüler einen Satz Aufgabenblätter mit Leitfragen, die seine Aufmerksamkeit auf wesentliche Punkte lenken und die Gesamtaufgabe in Einzelschritte unterteilen, die von unseren Schülern auch erfolgreich bearbeitet werden können. Alle diese Texte sind sehr genau auf das Vorwissen und die Leistungsfähigkeit unserer Schüler abgestimmt. Die Erfahrungen, die wir damit machen, sind sehr ermutigend.

Mit Leittexten kann jeder Schüler mit seiner eigenen, individuellen Lerngeschwindigkeit arbeiten. Die leistungsstärkeren Schüler reagieren darauf, als ob eine schon lange hinderliche Bremse gelöst worden wäre: Sie erhöhen ihre Lerngeschwindigkeit und arbeiten sich nach Intensität und Umfang viel tiefer in eine Technologie ein, als dies beim normalen, lehrerzentrierten Unterricht erreichbar wäre. Die langsameren und leistungsschwächeren Schüler können länger, manchmal ausschließlich, bei den Grundlagen bleiben und haben oft seit langer Zeit ihr erstes Erfolgserlebnis. Dadurch werden auch schwankende Schüler stark motiviert und die Disziplinschwierigkeiten in Handwerksklassen nehmen drastisch ab.

Erwerb von Schlüsselqualifikationen - ein harter Weg für manche Schüler - Situationsbeschreibung

Der Lehrer wird von zwei Schülern an den Labortisch geholt. „Die Schaltung funktioniert nicht“. Bei der Besprechung der Schaltung merkt der Lehrer, daß die vorgelegte Zeichnung mit dem Schaltungsaufbau nicht übereinstimmt und die Schüler die Schaltungsfunktion nur ungenau beschreiben können. Es stellt sich heraus, daß die beiden Schüler die Funktion und den Einbau von Verriegelungskontakten nicht verstanden haben. Der Lehrer läßt die Schaltung abbauen und setzt sich anschließend mit den beiden Schülern zur weiteren Klärung an einen Theoretisch. Das Gespräch bringt zutage, daß einer der Schüler grundlegende Schaltungsfunktionen nicht versteht. Er hat Teile des Wiederholungskurses Schütztechnik von seinem Freund abgeschrieben. Verärgert nimmt der Lehrer die bisherigen Arbeitsblätter an sich. Nach ein paar klärenden Worten von beiden Seiten, händigt der Lehrer dem Schüler eine neue Aufgabe aus (Einführung Steuerungstechnik, Unterscheidung von Öffner und Schließer, Schaltglieder bei Schützen usw.), spricht sie mit ihm durch, händigt ihm die dazugehörigen Originalbauteile und Informationstexte aus und veranlaßt, daß der Schüler alleine die Arbeit wieder aufnimmt.

Der andere Schüler kann mit mehreren Hilfestellungen die Grundfunktionen einer einfachen Wendeschützsteuerung (Tippbetrieb) erklären. Für ihn stellt der Lehrer einfache Steuerungsaufgaben zusammen. Auch dieser Schüler arbeitet jetzt alleine. Jeder Schaltplanentwurf wird mit dem Lehrer durchgesprochen und anschließend vom Schüler aufgebaut und getestet. Beide Schüler werden vom Lehrer jetzt intensiv betreut. Diese Zeit geht den anderen Schülern natürlich ab, obwohl der Lehrer immer wieder zu den anderen Gruppen wechselt. So ist es gut, daß zum Stundengong ein zweiter Kollege in die Klasse kommt. Im herkömmlichen Unterricht wäre jetzt laut Stundenplan praktische Fachkunde und die Klasse würde geteilt werden.

**Erwerb von Schlüsselqualifikationen -
ein harter Weg für manche Schüler - Kommentar**

Handlungsorientierten Unterricht empfinden die Schüler zuerst einmal anstrengend. Rückblickend erzählen sie, daß ihnen das selbständige Lernen und das eigenverantwortliche Arbeiten im Unterricht ein hohes Maß an Kraft abverlangt hat. Zitat eines Schülers: „Wenn ich z. B. nicht mehr mögen hab', dann haben die anderen weitergearbeitet, und ich saß alleine da. Da hab ich halt dann auch wieder weitergemacht und mir aber dann schon gedacht, ja hört denn des gar nicht mehr auf.“

Erst nach ca. eineinhalb Wochen Umstellungsphase, beginnen sich die ersten Lernerfolge auszuwirken. Die Erfahrung der Schüler, daß sie diese Erfolge durch eigenständige Arbeit erreicht haben, ist dabei sehr motivierend. Die aktive Auseinandersetzung mit der Technik zeigt den Schülern sehr schnell eigene Stärken und Schwächen auf. Spätestens dann, wenn eine Schaltung in Betrieb genommen wird oder wenn die Lernzieltests besprochen werden, und das ist in den ersten Tagen sehr oft der Fall, können viele Schüler ihre Leistung realistischer einschätzen und bewerten.

Die Konfrontation ihrer tatsächlichen Leistung mit der oft trügerischen Selbsteinschätzung ist für Schüler besonders hart, die an ihrer Berufsentscheidung zweifeln und wenig persönliches Engagement in ihre Ausbildung stecken (siehe dazu die Statistik Ausbildungsabbrecher im Vorspann unseres Artikels). Diese Schüler versuchen immer wieder den „leichteren Weg“ zu gehen und schreiben häufig ab. Wie in der Unterrichtsbeschreibung auch geschildert wird, kommt dieses ausweichende Verhalten in unserem Unterricht sehr schnell zutage. Dem Lehrer bietet sich somit rechtzeitig die Chance, beratend einzugreifen und dem Schüler bei seiner Entscheidung für den weiteren beruflichen Weg zu helfen. Bei einem kleinen Teil unserer Schüler gelingt es uns trotzdem nicht, eine konsequente Lern- und Arbeitshaltung zu erreichen. Diese Schüler benötigen permanent den engen Kontakt zum Lehrer und müssen von diesem häufig angeleitet und kontrolliert werden.

Leistungstests - Situationsbericht

Die Gruppe, die aus zwei Schülern besteht und den Wiederholungslehrgang „Schütztechnik“ bearbeitete (wir haben sie bereits ganz am Anfang kurz beobachtet), ist mit diesem Teilabschnitt der Wiederholung fertig. Wie den Schülern bereits vorher angekündigt worden war, findet jetzt ein Test über das durchge-

arbeitete Fachgebiet statt. Die Schüler wissen, daß der Test einerseits eine Rückmeldung über ihren Wissensstand ist und andererseits eine mündliche Note in Fachtheorie liefert. Die Zuordnung dieser Note zu Fachtheorie ist notwendig, solange keine Technologie-Noten gegeben werden können. Der hinzugekommene Kollege ist immer noch anwesend, er korrigiert im Beisein der Schüler gleich die Tests und bespricht die Stärken und Schwächen der Lösungen. Ein Schüler hat nur 30 % der Punkte erreicht, und es ist offensichtlich, daß er wesentliche Überlegungen nicht korrekt durchführen kann.

Die Teilgebiete, die er im Test ungenügend bearbeitet hat, muß er anhand der Leitfragen nochmals durcharbeiten, wobei der Lehrer ihn intensiv betreut und kontrolliert.

Sein Mitschüler hat 60 % der Punkte erreicht und geht vorerst allein das nächste Thema des Wiederholungskurses an.

Leistungstests - Kommentar

Wie bereits angesprochen, testen wir nach jedem Teilthema Wissen und Können eines Schülers. Ist der Kenntnisstand unzureichend, so verlangen wir von dem Schüler eine Wiederholung, die mit nochmaligem Durcharbeiten der Leittexte und z. T. mit Zusatzaufgaben geleistet wird. Anschließend wird wieder getestet. Bei wichtigen Grundlagenthemen sind wir unerbittlich und lassen manche Schüler erst nach 3 Wiederholungsschleifen an das nächste Thema. Das hat den großen Vorteil, daß über untragbare Wissenslücken nicht lamentiert zu werden braucht, sondern im schulischen Bereich ihre Schließung forciert wird. Voraussetzung für diese Arbeit ist natürlich die Möglichkeit, daß einzelne Schüler oder Schülergruppen nebeneinander unterschiedliche Themen bearbeiten können, d. h. die Leittext-Methode.

Neben den Tests finden die üblichen Schulaufgaben, auch nach Fächern getrennt, statt. Dem fachübergreifenden und handlungsorientierten Unterricht sehr viel angemessener wären Schulaufgaben, Zeugnis- und Prüfungsnoten in den einzelnen Technologieschwerpunkten. Die jetzige Praxis der fächergetrennten Noten ist für die Schüler nicht mehr einsichtig. Denn diese Art der Leistungserhebung steht in krassem Gegensatz zu ihrer neu praktizierten Lern- und Arbeitsweise. Solange fächergetrennt geprüft werden muß, ziehen wir aus den Technologiegebieten fachspezifische Inhalte heraus und prüfen diese ab. Wenn die Schüler neu zu uns kommen, ist die Folge der Tests sehr dicht: Täglich ein Test. Haben die Schüler eine selbstkritische Arbeitshaltung entwickelt, so ist nur noch jeweils am Ende eines Themas ein Test nötig.

Lehrerrolle

Wir haben den Anspruch, daß die Schüler so weit wie möglich ohne Lehrerhilfe zurechtkommen. Dazu haben wir schriftliche Unterrichtsvorbereitungen erstellt wie Leitfragen und -aufgaben, Bedienungsanleitungen, Projektbeschreibungen und Informationstexte.

Die Praxis zeigt, daß das Arbeiten damit für die meisten Schüler sehr anstrengend ist, aber daß es auch viele Schüler schaffen.

WAS BLEIBT UNS LEHRERN ZU TUN?

Wir Lehrer mußten uns grundlegend umstellen, was uns anfangs sehr schwer fiel. Neu war für uns, einen Teil der Unterrichtszeit gemeinsam mit einem/er Kollegen/Kollegin im Klassenraum zu sein und gemeinsam zu unterrichten. Alle Unterrichtsvorbereitungen wurden im Lehrerteam gemeinsam erarbeitet. Aufgaben und Projekte wählten wir gemeinsam aus, wir knüpften Kontakte zu Herstellerfirmen, um angemessene Praxisgeräte bestellen zu können, wir konzipierten und planteten die „Integrierten Fachräume“, wir bereiteten die Praxisgeräte für den Laborbetrieb vor und erstellten die Leittextpakete.

Wir mußten uns darin üben, Schülerlösungen und -probleme schnell zu erfassen und damit umgehen lernen, auf manche überraschende Schülerfrage keine Antwort geben zu können.

Die neue Art des Unterrichts forderte von uns Pädagogen, andere Schwerpunkte in der Unterrichtsarbeit zu setzen. Die gewohnte Form, den Lernprozeß einer Klasse mit Tafel, Overheadprojektor und Arbeitsblatt zu organisieren, war so nicht mehr sinnvoll. Die einzelnen Schüler und kleinen Schülergruppen müssen direkt betreut werden.

Wir arbeiten jetzt überwiegend an folgenden pädagogischen Aufgaben.

1. Aufgaben, die wir bisher auch erfüllt haben, die jetzt aber eine wesentlich zentralere Stelle in unserem Unterricht einnehmen:
 - Wir leiten zum selbständigen Arbeiten an und geben Hilfestellungen, aber so, daß keine Abhängigkeit von ständigen Hilfestellungen daraus wird, sondern immer größere Selbständigkeit eingeübt wird.
 - Wir unterweisen Schüler, indem wir einzelnen Schülern bzw. kleineren Schülergruppen fachliche Zusammenhänge erklären.
 - Wir kontrollieren und bewerten die Arbeitsergebnisse von Schülern, geben ihnen unsere Anerkennung; bestehen aber auch auf Beseitigung und Korrektur von mangelhaften Arbeiten.
 - Wir sorgen mit bereitgehaltenen Tests dafür, daß die Schüler sehr schnell Rückmeldung über ihr erworbenes Wissen und Können erhalten.

2. Pädagogische Aufgaben, die durch die neue Unterrichtsform hinzugekommen sind:

Wir strukturieren den Lernweg des Schülers, in dem wir mit ihm zusammen die für ihn optimale Reihenfolge der Themen festlegen. Z. B. müssen Schüler mit geringeren Vorkenntnissen mit einer umfassenden Wiederholung beginnen.

Wir raten leistungsschwächeren Schülern, daß sie sich realistische Ziele setzen. Lieber im Extremfall zwei Wochen für Wiederholung verwenden, um die Minimalanforderungen zu erfüllen, anstatt sich ständig selbst zu überfordern. Wir ermutigen aber auch immer wieder, die nächsten Schritte zu gehen, wenn Schüler ein Gebiet erfolgreich abgeschlossen haben.

Wir moderieren, indem wir einzelne Schüler zur Gruppenarbeit zusammenbringen, indem wir nicht arbeitsfähige Gruppen auflösen und Schüler zur Einzelarbeit anhalten, wenn es notwendig erscheint.

Wir organisieren während einer einwöchigen Projektphase die Schüler in leistungsheterogenen „Übungsfirmen“, die aus einem „Chef“ und vier bis fünf „Mitarbeitern“ bestehen.

Wir führen während der Projektphase sogenannte „Fortbildungen“ durch, d. h., einzelne Schüler von den „Übungsfirmen“ werden von uns in ganz bestimmten technischen Einzelgebieten beschult. Diese Schüler müssen ihr neues Wissen in ihre „Übungsfirmen“ einbringen.

Wir tragen aber auch Sorge, daß leistungsstarke Schüler in ihrem Vorankommen bei Lernschritten und Problemlösungen nicht gebremst werden und ihre Vorbildfunktion zum Tragen kommt. Wir delegieren Hilfsfunktionen an sie, indem wir sie z. B. als „Chefs“ bei „Übungsfirmen“ einsetzen.

Viel Kraft und Energie hat uns die Durchsetzung des handlungsorientierten Unterrichts im eigenen Kollegium gekostet. Neben konstruktiven Beiträgen und Kritiken gab es zur Genüge Abwehr, Ängste, Konkurrenzdenken und Vorurteile. Nicht nur einmal war die Durchführung unseres Unterrichtsmodells an unserer Schule gefährdet.

Wir konnten die Schulverwaltung (Schulreferat, Bezirksregierung, Kultusministerium) nach längerem Diskussionsprozeß von unserem Unterricht überzeugen und arbeiten jetzt bei dem Modellversuch „Handlungsorientierter Unterricht“ des bayerischen Kultusministeriums mit. In diesem Rahmen ergab sich auch eine Zusammenarbeit mit dem pädagogischen Lehrstuhl der Technischen Universität München.

Neben der eigentlichen Unterrichtsarbeit haben wir uns immer wieder um angemessene Rahmenbedingungen für unseren Unterricht gekümmert und

unsere Erfahrungen und Wünsche mit Schulleitung und Schulverwaltung diskutiert.

Wünschenswerte Verbesserungen der Rahmenbedingungen

Unser handlungsorientiertes Unterrichtsmodell, das wir eben dargestellt haben, führten wir unter ganz normalen Bedingungen bezüglich Lehrplänen, Stunden- tafeln, Lehrerpflichtstunden usw. durch. Möglich war das nur durch einen extremen Arbeitseinsatz aller beteiligten Kollegen, der auf längere Dauer so nicht vertretbar ist. Nicht nur die Unterrichtsorganisation muß sich ändern, sondern auch die Rahmenbedingungen. Es ist aber unserer Meinung nach nicht sinnvoll, daß jedes Lehrerteam individuell mit Schulleitung und Schulverwaltung um angemessene Arbeitsbedingungen ringen muß. Wünschenswert sind folgende, generelle Veränderungen:

- Mehr Teilungsstunden: Wenn eine Klasse permanent theoretisch und praktisch arbeitet, braucht sie auch täglich mehrere Unterrichtsstunden, während der sie von zwei Kollegen betreut wird. Bisher ist das nur in den Stunden möglich, die im herkömmlichen Unterricht als Fachpraxis ausgewiesen sind. Eine deutliche Verbesserung wäre möglich, wenn zusätzlich die Hälfte des Stundenanteils für Fachtheorie (herkömmliche Stundentafel) für den Lehrer-Doppeleinsatz zur Verfügung stünde.
- Verfügungsstunden für die Vorbereitung handlungsorientierten Unterrichts.
- Freistellung für notwendige Fortbildungen und Betriebspraktika.
- Änderung der Schulbaurichtlinien: Integrierte Fachunterrichtsräume mit Flächen über 100 m² müssen in die Richtlinien mit aufgenommen werden (dort fehlen sie derzeit z. B. in Bayern noch).
- Zusätzliche Finanzmittel zur Errichtung und Ausstattung von praxisorientierten integrierten Fachunterrichtsräumen.
- Änderung der Lehrpläne: Weg von der Fächertrennung, hin zu Technologieschwerpunkten. Stärkere Unterteilung der Lernziele in verbindlichen Mindeststoff und in weitergehende Ziele, wo von mehreren angegebenen Gebieten nur eines exemplarisch bearbeitet werden muß. Damit wird Raum geschaffen für schülerzentrierte Projektarbeit.
- Schulnoten und Kammerprüfungen: Weg von fächergetrennten Noten und Standardbemerkungen, hin zu Technologie-Noten und Würdigung der gezeigten Schlüsselqualifikationen.

Albert Häußler, Günther Hörlein, Gert Pitscheder und Karl-Heinz Schmid sind Lehrer an der Berufsschule für Elektroinstallationstechnik und Elektromechanik in München.

Peter Gerds, Hermann Hitz, Jürgen Raab, Claus Schumacher, Klaus Walendi

Das Ausbildungsprojekt „Prüfgerät für die Anhängersteckdose“

Ein Beispiel für eine integrierte Grundbildung Metall/Elektrotechnik

Die starre Funktionsteilung zwischen Betrieb und Schulen, fachpraktischer Unterweisung und theoretischer Belehrung oder Fertigkeiten- und Kenntnisvermittlung löst sich auf.

Damit stehen auch die alten Grenzziehungen zwischen Ausbildern, Lehrmeistern oder Lehrern für Fachpraxis und „Theorielehrern“ zur Diskussion.

An der Universität Bremen wurde im Rahmen eines vom BMBW geförderten Modellversuchs ein „Weiterbildendes Kontaktstudium Berufspädagogik“ (WBB) erfolgreich erprobt, um betrieblichen Ausbildern und Lehrmeistern/Lehrern für Fachpraxis aus beruflichen Schulen ein Angebot für ihre berufspädagogische und fachdidaktische Weiterbildung zu bieten. Kernstück dieses dreisemestrigen Studiums ist das „fachdidaktische Projekt“. In folgendem Beitrag wird ein Ergebnis dieser Veranstaltung vorgestellt: Das Ausbildungsprojekt „Prüfgerät für die Anhängersteckdose“⁽¹⁾

Mit der Entwicklung eines Prüfgeräts für die Kfz-Anhängersteckdose als Ausbildungsprojekt sollen auch die in den neuen Ordnungen vorgeschriebenen berufsfeldübergreifenden Qualifikationen der beruflichen Grundbildung Elektro- und Metalltechnik erreichbar sein.

Im Zusammenhang mit der Neuordnung geforderte Schlüsselqualifikationen können an dieser konkreten Aufgabe geweckt, gefördert und dargestellt werden, wie:

- selbständige Informationsbeschaffung
- Abstimmung im Team
- Planung und Synchronisation von Arbeitsschritten
- fachübergreifende Teamarbeit und Kommunikation
- berufsfeldübergreifende Fachkompetenz
- Selbstbewertung der eigenen Leistung

Diese Fähigkeiten werden aber nicht für sich, sondern immer zusammen mit konkreten Inhalten bzw. Aufgaben erworben.

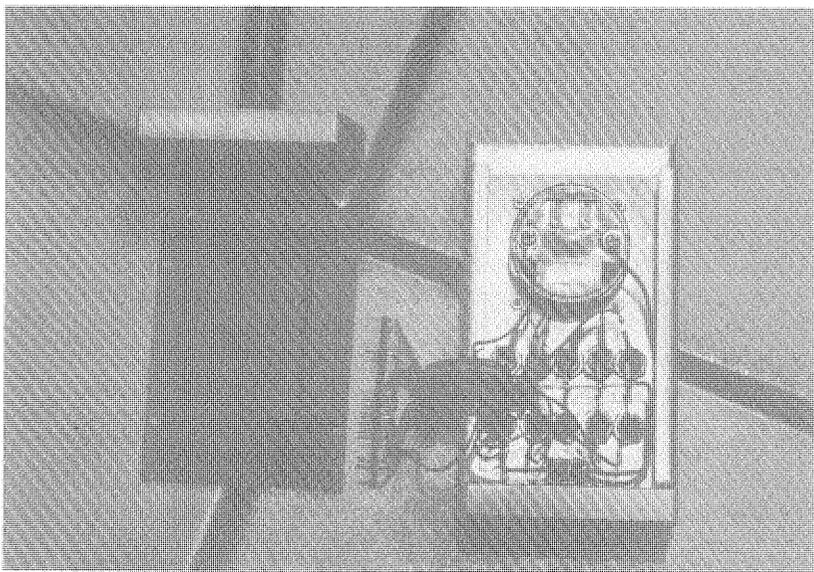
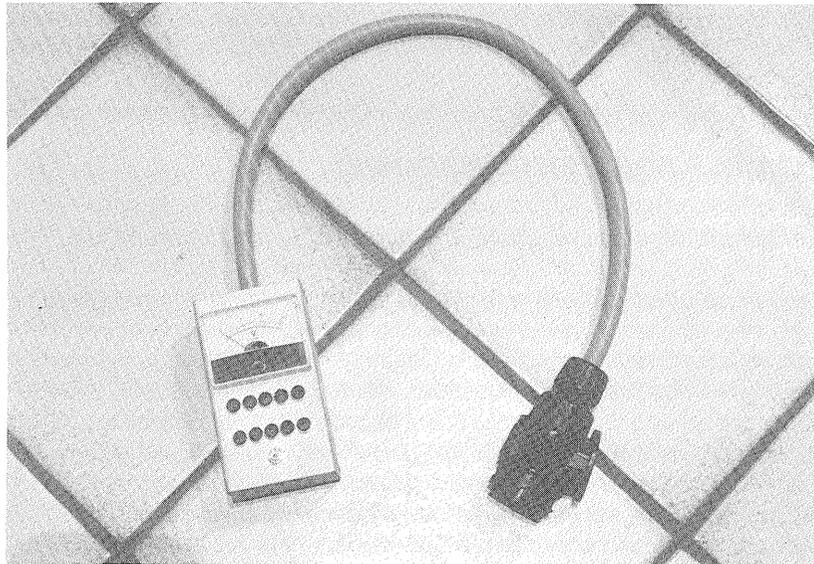


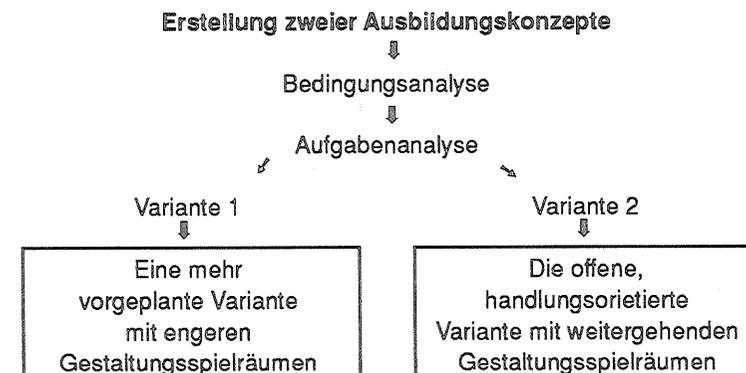
Abb. 1 und 2: Prüfgerät für die Anhängersteckdose

Das Projektkonzept

Der Projektunterricht hat das Ziel, komplexes und realitätsnahes Arbeitshandeln durch vielgestaltiges selbständiges Lernen zu ermöglichen.

Folgende Kriterien sollen eine Berücksichtigung finden:

- Die Arbeitsaufgabe(n) soll(en), wie oben näher begründet, in ihrem Schwierigkeitsgrad differentiell ausgestaltet sein, um eine selbstgesteuerte Problemlösung entsprechend den Lernvoraussetzungen des Auszubildenden zu ermöglichen.
- Die Arbeitsaufgabe(n) soll(en) in ihrer Zielsetzung eine Vernetzung von Fach, Methoden und Sozialkompetenz aufweisen, um zu einer adäquaten Handlungskompetenz zu führen.
- Die Planungsarbeit der Auszubildenden sollte als Ergebnis einen Gegenstand mit möglichst hohem Gebrauchswert aufweisen, in dem auch ökologische Aspekte berücksichtigt worden sind.
- Das Projekt sollte in einem überschaubaren Zeitrahmen und mit vertretbaren Kosten verwirklicht werden.
- Die offenen und nicht genau kalkulierbaren Lernabläufe können durch vor- oder zwischengeschaltete Leittexte, mit deren Hilfe sich die Auszubildenden Kenntnisse selbständig erarbeiten, in ihrem Lernerfolg abgesichert werden.
- In einer differentiellen Ausbildungsgestaltung, je nach Bildungsvoraussetzung und Fortschritten der Lernenden, ist die Verwirklichung des Projektes sowohl in einer vorgegebenen Lehrgangsform, als auch in einer sich öffnenden, mehr Handlungsräume zulassenden Form denkbar.



Die Ausarbeitung der beiden Projektvarianten erfolgte auf der Grundlage einer Bedingungsanalyse und einer Aufgabenanalyse.

Die Bedingungsanalyse umfaßt (wie in der Langfassung der Projektbeschreibung näher aufgeführt) eine Kennzeichnung der

- Rahmenbedingungen für die Lernorte,
- ökonomischen Anforderungen an das Projekt,
- pädagogischen Anforderungen an das Projekt,
- technischen Anforderungen an das Projekt,
- ökologischen Anforderungen an das Projekt.

Die Benennung dieser Rahmenbedingungen und Anforderungen ist von großer Bedeutung für die weitere Projektplanung, weil dadurch allen Beteiligten die Möglichkeit gegeben wird, ihre jeweiligen Vorstellungen und Wünsche hinsichtlich der gemeinsamen Aufgabe zu äußern.

Die Aufgabenanalyse erfolgt, wenn die Gruppe sich auf einen Projektgegenstand geeinigt hat. Sie soll die Handlungs- und Lernchancen, die die Aufgabenstellung ermöglichen kann, aufzeigen.

Bei der Erstellung der Aufgabenanalyse gehen wir nicht von genau getrennten Kompetenz- und Aufgabenbereichen aus. Die einzelnen Kompetenzbereiche sind miteinander verzahnt und besitzen in vielen Bereichen sogenannte Schnittmengen, so ist z. B. Fachkompetenz ohne Methodenkompetenz und diese wiederum ohne Sozialkompetenz in der Realität nur sehr schwer vorstellbar.

Die eindeutige Zuordnung und strikte Trennung läßt sich nicht vornehmen und ist immer von der jeweiligen Situation und dem Einsatzbereich abhängig.

(Ausbildungsplan)	Aktivitäten Handlungen (Was können die Azubi's tun?)	Lernziele (Was können die Azubi's lernen?)	Inhalte (Bezug zu AO)
Fachkompetenz Qualif. Anford.	Anlage 1 ²⁾	Anlage 1	Anlage 1
Methoden Kompetenz	Anlage 2	Anlage 3	Anlage 1
Sozial Kompetenz	Anlage 4	Anlage 5	Anlage 5

Projektvarianten

Die vorstrukturierte Variante mit engeren Handlungsspielräumen

Technisches Pflichtenheft

Zu Beginn des Projektes sollen die Anforderungen an die technische Lösung nach Möglichkeit mit den Auszubildenden erarbeitet werden. Das zu entwickelnde Prüfgerät für die Kfz-Anhängersteckdose dient zur Überprüfung und Fehleinkreisung der einzelnen Stromkreise der 7- und 13poligen Anhängersteckdose. Diese Überprüfung wird aufgrund der allgemeinen Grundsätze für lichttechnische Einrichtungen nach § 49a STVZO und folgende, vorgenommen.

Das Gerät soll in einem Metallgehäuse untergebracht und mit einem ca. 2 m langen Anschlußkabel sowie dem 13poligen Anschlußstecker versehen sein. Die Kontrollsignale der einzelnen Stromkreise werden auf der Funktionsseite durch optische Melder angezeigt. Eventuell auftretende Massefehler (z. B. Spannungsverluste aufgrund von Übergangswiderständen an den Steckkontakten), sollen über ein umschaltbares Voltmeter erkennbar sein.

Die Einteilung der Funktionsseite muß eine für jedermann schnell erfaßbare Übersicht bieten. Die anzufertigende Lochrasterplatine kann frei belegt werden. Das Kontrollsignal am Armaturenbrett, welches die Blinkerkontrolle darstellt, wird durch einen simulierten Anhängerbetrieb erzeugt. Das Prüfgerät soll über ein Adapterkabel auch die 7polige Anhängersteckdose prüfen können, da es zukünftig zwei Steckdosensysteme geben wird.

Arbeitsbegleitende Fragen

Die selbständige Arbeitsplanung ist ein wesentliches Ziel der Neuordnung. Auch in dieser vorstrukturierten Variante sollten die Arbeitsinhalte und -schritte nur soweit wie nötig vorgegeben werden.

Durch Fragen kann der Ausbilder/Lehrer Hilfestellungen bei der Arbeitsplanung geben, ohne diese festzulegen und sie den Lernenden abzunehmen.

Herstellen des Gehäuses

1. Kontrollieren der Stückliste:
 - Liegen alle Rohteile vor?
2. Kontrolle des Gehäuses:
 - Sind die Gehäuseteile winklig?

- Stimmen die Gehäusemaße und die Bohrungen?
- Ist das herzustellende Gewinde nach den Vorgaben der Zeichnung fertiggestellt?
- Sind alle Teile entgratet?
- Gab es irgendwo Probleme mit der Fertigung, gibt es Verbesserungsvorschläge?

Wenn ja:

- Montieren Sie die Teile und prüfen Sie die Passgenauigkeit. Ist alles in Ordnung?

Wenn nicht:

- Suchen Sie die Fehler, haben Ihre Kollegen die gleichen Fehler?
- Suchen Sie gemeinsam nach Lösungsmöglichkeiten.

Herstellen des elektrischen Teiles

- Liegen Ihnen die Einzelteile lt. Stückliste vor?
- Haben Sie die Widerstände bezüglich ihrer Werte überprüft?
- Wurde der Schalter bezüglich der Anschlüsse in der Ruhelage überprüft?
- Haben Sie mit Hilfe des Schaltplanes alle Strompfade auf der bestückten Lochrasterplatine überprüft?
- Haben Sie die Adernbelegung mit Hilfe des Belegungsplanes geprüft?
- Ist das eingebaute Voltmeter richtig angeschlossen?
- Gab es irgendwo Probleme mit der Fertigung, gibt es Verbesserungsvorschläge?
- Haben Sie die Funktionskontrolle des fertigen Prüfgerätes an einer Kfz-Anhängersteckdose vorgenommen?

Aufgabenstellung

Planung und Herstellung eines Prüfgerätes mit optischer LED-Anzeige und einem Voltmeter, für die 7- und 13polige Kfz-Anhängersteckdose. Das Kontrollsignal am Armaturenbrett soll durch einen simulierten Anhängerbetrieb erzeugt werden. Eventuelle Spannungsverluste auf den beiden Masseleitungen, werden mit Hilfe eines Wechselschalter auf dem Voltmeter dargestellt.

Anforderung an die technische Lösung

Das zu entwickelnde Prüfgerät für die Kfz-Anhängersteckdose dient zur Überprüfung und Fehlereinkreisung der einzelnen Stromkreise der 7- und 13poligen Anhängersteckdose. Diese Überprüfung wird aufgrund der allgemeinen Grundsätze für lichttechnische Einrichtungen nach § 49a STVZO und folgende vorgenommen.

Das Gerät soll in einem Metallgehäuse untergebracht und mit einem ca. 2 m langen Anschlußkabel sowie dem 13poligen Anschlußstecker versehen sein. Die Kontrollsignale der einzelnen Stromkreise werden auf der Funktionsseite durch optische Melder angezeigt. Eventuell auftretende Massefehler (z. B. Spannungsverluste aufgrund von Übergangswiderständen an den Steckkontakten), sollen über ein umschaltbares Voltmeter erkennbar sein.

Die Einteilung der Funktionsseite muß eine für jedermann schnell erfassbare Übersicht bieten. Die anzufertigende Lochrasterplatine kann frei belegt werden. Das Kontrollsignal am Armaturenbrett, welches die Blinkerkontrolle darstellt, wird durch einen simulierten Anhängerbetrieb erzeugt. Das Prüfgerät soll über ein Adapterkabel auch die 7polige Anhängersteckdose prüfen können, da es zukünftig zwei Steckdosensysteme geben wird.

Ökonomische Anforderungen

Bei der gesamten Konstruktion des Prüfgerätes soll darauf geachtet werden, daß einerseits eine in der Industrie übliche Lebensdauer und Festigkeit erreicht wird, andererseits nach wirtschaftlichen Aspekten eingekauft und gehandelt wird.

Pädagogische Anforderungen

- Fertigkeiten der Metall-Grundbildung
- Planungsoffenheit (wo sind Gestaltungsmöglichkeiten?)
- Kenntnisse der Elektrotechnik-Grundbildung
- Verbindung von Metall- und Elektrotechnik

Technische Anforderungen

- DIN-Vorschriften
- VDE-Vorschriften

- Funktionen
- Ergonomie

Ökologische Anforderungen

- Kenntnisse in der Umweltverträglichkeit der verwendeten Werkstoffe, Hilfsmittel und Werkzeuge
- Kenntnisse in der umweltgerechten Entsorgung der Abfallstoffe
- Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Bedarf, Nutzen und - Anwendung des Prüfgerätes für die Kfz-Anhängersteckdose

Möglicher Ablauf des offenen handlungsorientierten Projekts: (Zusammenfassung siehe Ablaufdiagramm³)

Der Ausbilder stellt das unter Berücksichtigung der Interessen und Vorqualifikation der Auszubildenden ausgewählte Projekt dar.

Die ersten wesentlichen Informationen zum Projekt sind aus der Aufgabenstellung, dem Einsatz des Prüfgerätes und der technischen Beschreibung zu entnehmen. Die Auseinandersetzung der Auszubildenden mit der Aufgabenstellung und den Qualifikationsbeschreibungen des Ausbildungsrahmenplanes ist erforderlich, damit ihnen vor der Bearbeitung die Zielsetzungen und Absichten der mit diesem Projekt geforderten Qualifikationen deutlich werden. Dabei geht es ausdrücklich nicht um die mechanische „Abarbeitung“ der Arbeitsschritte bei gesetzten Zielen, sondern um die ständige Suche nach neuen Zielen und Wegen.

Der Ausbilder kann den Auszubildenden zu diesem Zeitpunkt eine eventuell vorgesehene Fremdbewertung der Arbeitsergebnisse bekanntgeben.

Dr. Peter Gerds ist Dozent im Weiterbildenden Studium Berufspädagogik an der Universität Bremen (Institut Technik und Bildung), Hermann Hitz, Jürgen Raab, Claus Schumacher und Klaus Walendi sind Ausbilder bzw. Lehrer für Fachpraxis und Studenten des Weiterbildenden Studiums Berufspädagogik (WBB).

- 1 Die Langfassung des Projekts (70 Seiten) kann gegen eine Schutzgebühr von 10,00 DM angefordert werden bei Dr. P. Gerds, Institut Technik & Bildung, Grazer Straße 2, 2800 Bremen 3.
- 2 Die Spezifizierung der Anlagen erfolgt im ausführlichen Projektbericht.
- 3 Die Arbeitsschritte sind in der Langfassung des Projekts ausführlich beschrieben. Sie fungieren als Hilfen und Beobachtungsverfahren für die Unterstützung des Projektverlaufs durch den Ausbilder/Lehrer, ohne diesen im einzelnen festzulegen.

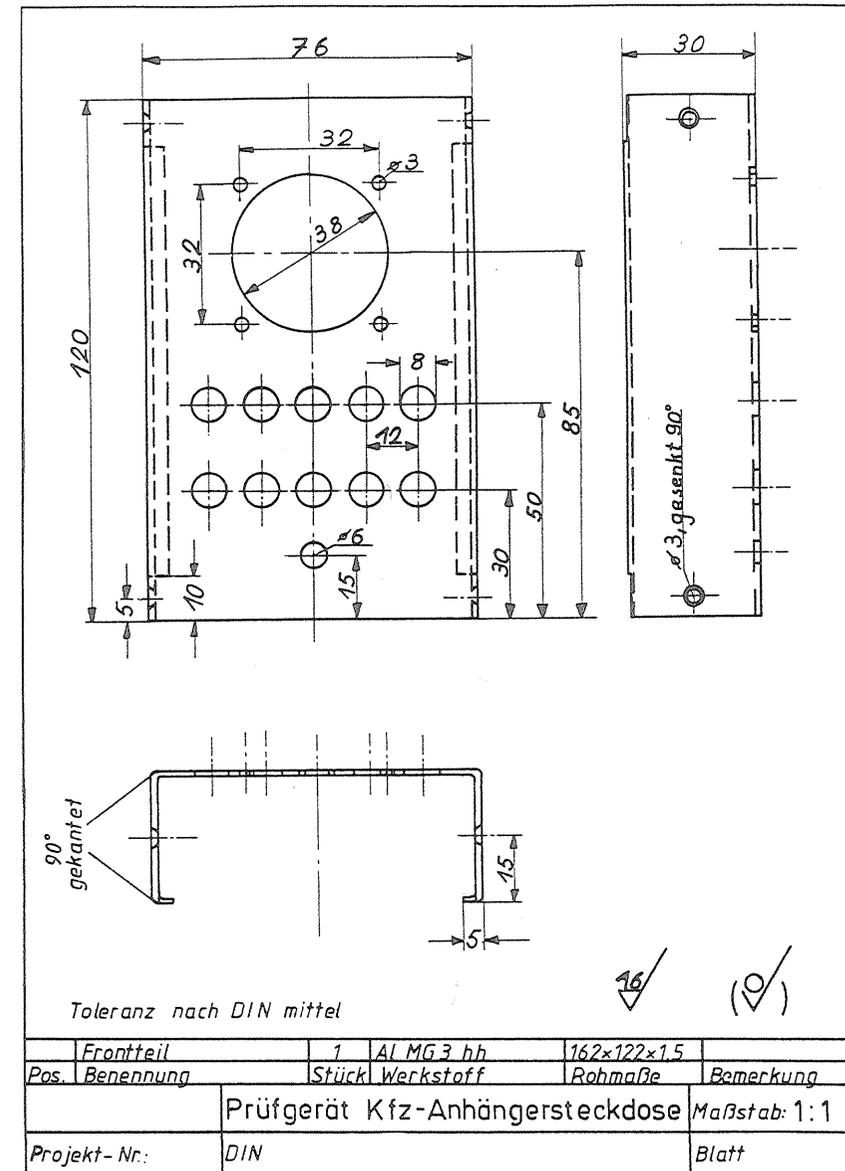


Abb. 3: Frontteil

Kontakt	Farbe	Beleg	Leiterquer-schnitt	Stromkreis
1	ge	L	1,5	Fahrtrichtungsanzeiger links
2		54g	1,5	Nebelschlußleuchte
3 ¹⁾	ws	31	2,5	Masse Stromkreiskontakte 1-8
4	gn	R	1,5	Fahrtrichtungsanzeiger rechts
5	br	58R	1,5	rechte Schluß-, Umriß-, Begren-zungs-, Kennzeichenbeleuchtung
6	rt	54	1,5	Bremsleuchten
7	sw	58L	1,5	Linke Schluß-, Umriß-, Begren-zungs-, Kennzeichenbeleuchtung
8			1,5	Rückfahrleuchte
9	bl		2,5	Stromversorgung (Dauerplus)
10			1,5	Ladeleitung Plus für Batterie im Anhänger
11			1,5	Noch nicht zugeteilt
12			1,5	Noch nicht zugeteilt
13 ¹⁾			2,5	Masse Stromkreiskontakte 9-12

1) Beide Masseleitungen dürfen anhängerseitig nicht elektrisch leitend verbunden werden

Abb. 4: Kontaktbelegung

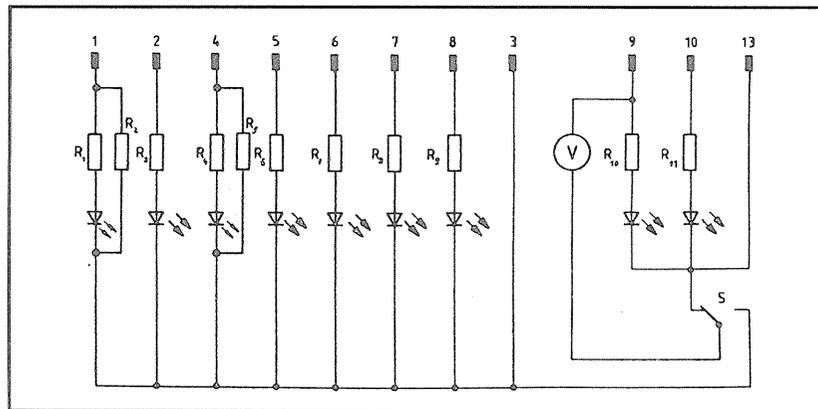


Abb. 5: Schaltplan des Prüfgeräts

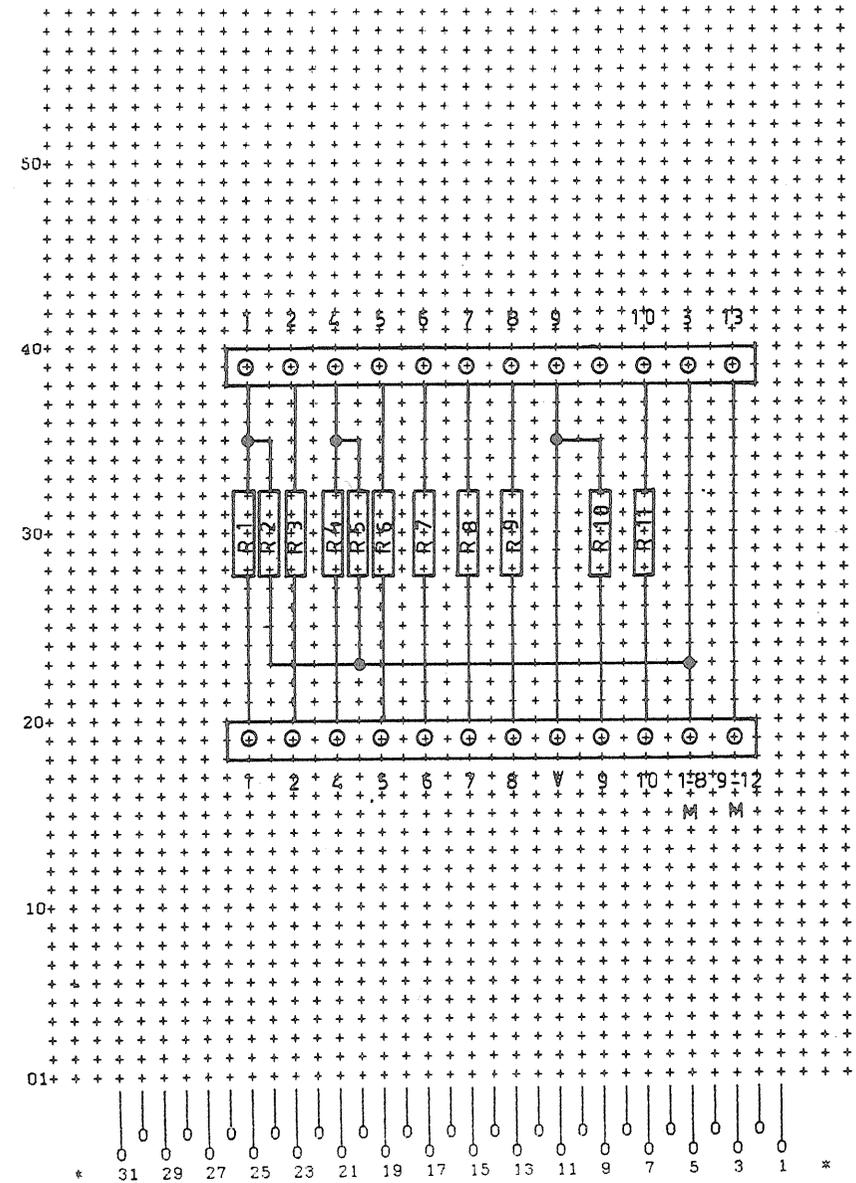


Abb. 6: Platine

Nr.	Benennung	Stck	Werkstoff	Maße	Bemerkung
1	Frontteil	1	Al MG3 hh	162x122x1,5	
2	Bodenteil	1	Al MG3 hh	162x122x1,5	
3	Deckel	2	Al 99,5 hh	75x 59x10	
4	Lochrasterplatte	1	Pertinax	160x100	R 2,54
5	Einbau-Drehspulinstrument	1		60x 45	15V=
6	LED mit Innenreflektor	10	verchromt	5mm 0	
7	Anschlußklemmleisten	2		8x 60	R 5,04
8	Metallschichtwiderstand	9		6806/0,6W	
9	Keramikwiderstand	2		5,66/25W	
10	Flachbandleitung	1	1,0m	FBL-A 6201	12 Adern
11	Schalt Draht	1	LiY	ca.0,2m	1x0,75rot
12	Schalt Draht	1	LiY	ca. 0,2m	1x0,75blau
13	Vers.Kupferschalt Draht	1		ca. 0,15m	1,0mm 0
14	Steuerkabel	1	AGW 24	ca. 1,20m	12 Adern
14	Distanzhülsen	4	Kunststoff	3,5x8mm 0	
15	Linsenkopfschrauben	8	Stahl verch	M3 x 5	DIN964/966
16	Linsenkopfschraube	2	Stahl verch	M3 x 16	DIN964/966
17	Zylinderschraube	2	Stahl verch	M3 x 20	DIN 787
18	Zylinderschraube	2	Stahl verch	M3 x 16	DIN 787
19	Kabelverschraubung mit Zuge	1	Kunststoff	10 - 12mm 0	Biegeschu.
20	Stecker Fz	1			13 polig
21	Gummifüß	4	Kunststoff		grau
22	Unterlegscheibe	4	Stahl/verz.	3,2 x 5 mm	
23	Aderendhülsen	22			0,5 mm»

Abb. 7: Materialliste

Auswertebogen 2. Ausbildungshälfte		Prüfgerät Kfz-Anhängersteckdose			
Gruppe	Name, Vorname	Fremdbeurteilung <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein		Tatsächliche Bearbeitungszeit h	
2 ERGEBNISBEREICH über wesentliche Besprechungspunkte des Nachbereitungsgesprächs					
3 BEWERTUNGSBEREICH		BEWERTUNGSERGEBNISSE			
Bewertungskriterien		Bewertungen	Teil- Gewich- tung	Teilpunkte Azb	Abd
1. PLANUNG/ARBEITSVORBEREITUNG					Bemerkungen
Arbeitsplan			6	..	..
Dokumentation			4	..	..
...					
Summe		10			
					Gewichtung Punkte Azb Punkte Abd
					0,3
2. ARBEITSAUSFÜHRUNG					Bemerkungen
Maße, Winkel			2	..	..
Oberfläche			3	..	..
Lötungen, Ltg.'s-Abschlüsse			3	..	..
Kabelform, Platinenaufbau			2	..	..
...					
Summe		10			
					Gewichtung Punkte Azb Punkte Abd
					0,4
3. KONTROLLE/DOKUMENTATION					Bemerkungen
Elektr. Funktion			4	..	..
VDE-Prüfung			2	..	..
UVV, Umweltschutz			4	..	..
Summe		10			
					Gewichtung Punkte Azb Punkte Abd
					0,3
					Gesamt 1
1 Unterschrift Azb, Datum					

Abb. 8: Beobachtungsbogen

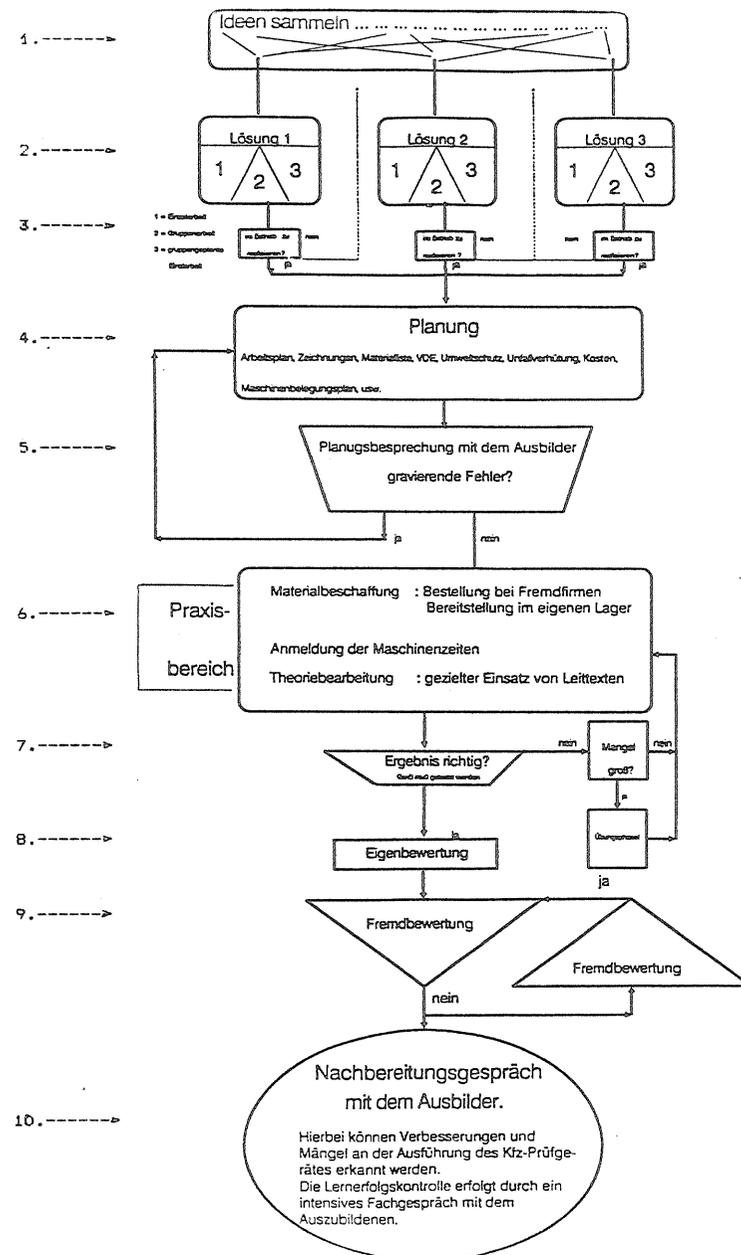


Abb. 9: Ablauf eines offenen handlungsorientierten Projekts

Olaf Srowig/Gottfried Wetzel

F A S - Ein Ausbildungskonzept für versorgungstechnische Berufe

Am 25./26.11.1991 fand in Bremen die Fachtagung „Entwicklungstendenzen und Berufsausbildung in der Versorgungstechnik“ statt. Auf der Fachtagung wurden Veränderungen von Arbeit, Technik und Bildung in der Versorgungstechnik thematisiert und an Unterrichtsbeispielen sowie schulorganisatorischen Konsequenzen an zwei Berufsschulstandorten dargestellt. Auf der Tagung wurden auch Aktivitäten weiterer Bildungsträger und -einrichtungen diskutiert. Ein Beispiel dafür ist der folgende Bericht über das FAS-Konzept der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule in Freiburg. Die Abkürzung FAS bedeutet „Flexibles-Austausch-System“ und wurde an der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule in Freiburg in den letzten Jahren entwickelt.

In seinen Grundzügen soll das FAS-Konzept im folgenden skizziert und entwickelt werden:

Im Jahre 1988 erhielt die Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule in Freiburg von ihrem Schulträger einen festen Betrag, um neue Labore im Fachbereich Baume-tall für die Bereiche Gas, Wasser, Heizungs-, Lüftungs- und Umweltechnik einzurichten. Im ersten Moment erschien diese Summe viel zu gering. Mit weiteren Mitteln war jedoch wegen der angespannten Haushaltssituation seitens des Schulträgers nicht zu rechnen.

Die Schule war somit gehalten, eine sparsame und völlig neue Konzeption zu entwickeln. Da es sich bei den einzurichtenden Räumen der Schule um einen Altbau handelte, waren die Raumgrößen vorgegeben. Die vorhandenen Wand-flächen reichten nicht zur Anbringung von Installationseinrichtungen aus. Dies zwang dazu, mehr die Flächen von Decken und Böden der Räume in die Planungen einzubeziehen. Der gefundene und realisierte Weg gibt jetzt alle Seitenwände neben den Fensterfronten für anderweitige Zwecke frei. Die Fotos illustrieren das Konzept. Wie Abb. 1 zeigt, sind in der Mitte des Raumes 8 Versuchstische fest installiert, an denen sämtliche Anschlüsse wie beispielswei-se Gas, Wasser, Elektro, Abgas, Abwasser, Pressluft usw. für die einzelnen Ver-suche abgenommen werden können. Die Versuche selbst sind auf Tafeln mon-tiert, die (siehe Abb. 2) in einem Magazin gelagert werden. Von dort führt man sie wegen ihres Gewichtes hängend über ein Bahnsystem an der Decke den einzelnen Versuchstischen zu. Jede Versuchstafel, Größe 1,60 x 1,20, ist 4 mal vorhanden, so daß bei halber Klassenstärke mit 12 - 16 Schülern 3 bis 4 Schüler

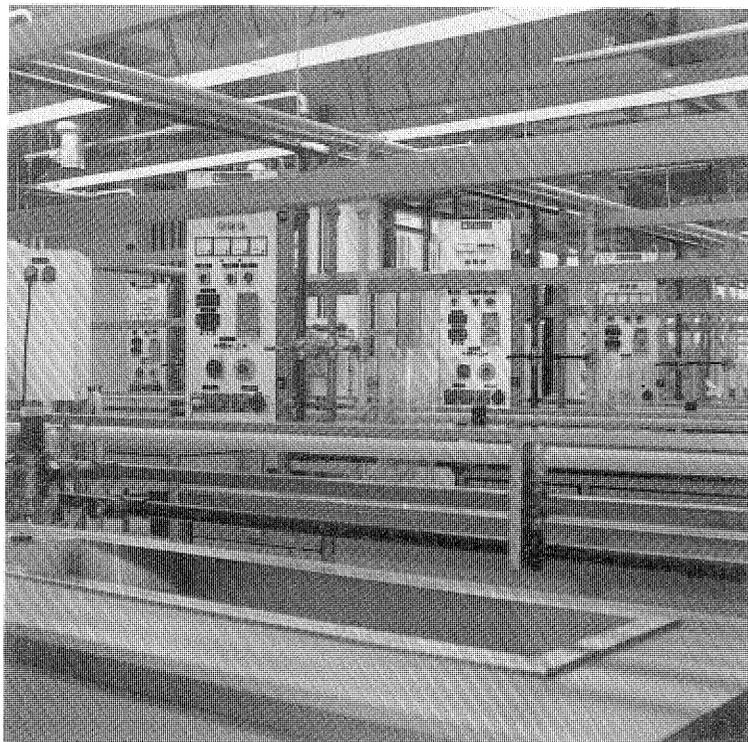


Abb. 1: Versuchstisch (im Vordergrund)

in einer Gruppe einen Versuch durchführen können. Durch das Bahnsystem, die Magazinierung und die schnelle Anschlußmöglichkeit an den Versuchstischen ist eine Umrüstung des Labors durch eine einzige Person in kürzester Zeit möglich.

Diese Konzeption macht das System äußerst flexibel und für den Unterrichtseinsatz didaktisch wertvoll. So kann der Lehrer zu Beginn des Unterrichts zunächst den durchzuführenden Versuch vor allen Schülern erklären und auf zu beachtende Punkte eingehen. Insbesondere umwelttechnologische, sicherheitstechnische, andere technische Aspekte sowie die neuesten DIN-Normen und ergänzende Vorschriften können an dieser Stelle im Unterricht behandelt werden. Danach wird die Tafel zur Versuchsdurchführung an den Versuchstisch gefahren und mit in die Versuchsserie integriert.

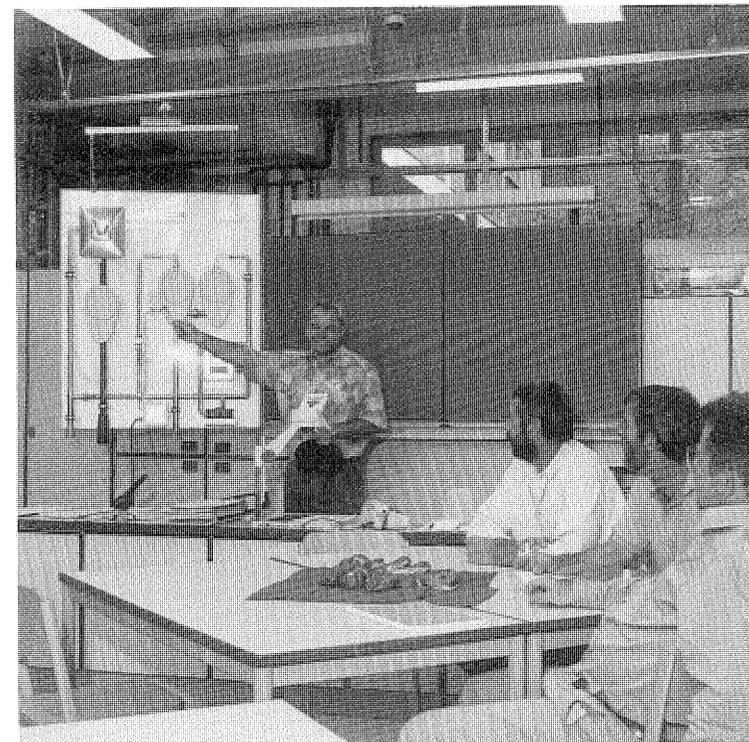


Abb. 2: Versuchstafel

Ohne Schwierigkeiten ist bei FAS der Computer (siehe Abb. 3) zur meßtechnischen Auswertung und tabellarischen Aufbereitung der Versuchsergebnisse einsetzbar. Im gezeigten Versuch erfolgt die Funktionsüberprüfung einer Mischbatterie mit Darlegung der Strömungs- und Meßergebnisse auf dem Bildschirm. Hierfür sind keine weitreichenden Kenntnisse über die Hardware des Computers durch den Schüler erforderlich. Er muß allerdings softwareseitig berufsbezogen damit umgehen können.

Am Ende des Unterrichts erhält jeder Schüler einen Ausdruck der Computerbilder (siehe beispielhaft Abb. 5) als Beilage zu seinen ausgewerteten Versuchunterlagen. Diese erstellt er mit Hilfe von Arbeitsblättern (Abb. 4). Abb. 3 zeigt einen weiteren Vorteil von FAS. Kommen Neuerungen auf den Markt, beispielsweise eine neue Mischbatterie, so kann bequem vor Ort ein Austausch der Teile vorgenommen werden. Dies erspart der Schule viel Zeit und erhebliche

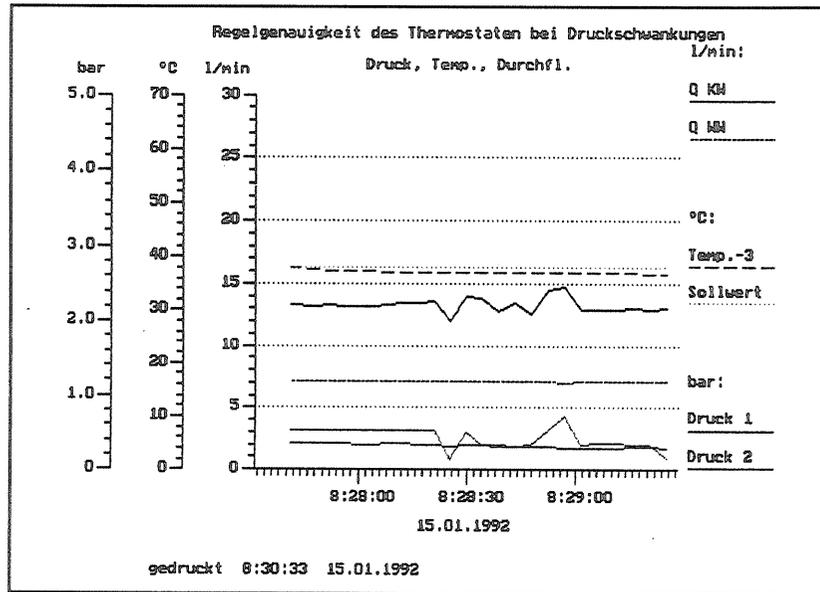


Abb. 5: Ausdruck eines Computerbildes

Schülern aus der Berufsschule bzw. Fachschule/Meisterschule im Rahmen des Technologiepraktikums oder Technologielabors vorgeführt werden.

Olaf Srowig und Gottfried Wetzel sind Lehrer an der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule in Freiburg.

Peter Gerds

Zur Entwicklung der Berufsschule: Aufgabenwandel oder auslaufendes Modell?

Nach dem Strukturplan von 1970 und dem Bildungsgesamtplan von 1973 gibt es als Gliederungsprinzip des Bildungssystems nur noch Schulstufen, und für alle in diesen Schulstufen zusammengefaßten Bildungsgänge gelten die gleichen Ziele.

So weit, so gut; zur volkstümlichen Bildung für viele und zur Elitebildung für wenige können wir nicht mehr zurück, wenn sich der Anteil der Studienberechtigten mancherorts allmählich der 50%-Marke nähert. Selbst wenn einige dieses wollten, wäre dieser Fortschritt also kaum rückgängig zu machen.

Bedenklich ist diese politisch gewollte Gleichrichtung aber in einer Entwicklung innerhalb der Sekundarstufe II, deren Tragweite vor 20 Jahren nur wenige vorausgesehen haben: die Auflösung des Berufs bzw. der beruflichen Handlungskompetenz als einer eigenständigen didaktischen Zielkategorie.

Wenn es nur eine stufenbezogene Didaktik in der S II geben darf, und diese als allgemeine Wissenschaftsorientierung/-propädeutik definiert wird, dann bedeutet das für die berufsqualifizierenden Bildungsgänge das Ende ihrer spezifischen Ausformung und ihr differenzloses Aufgehen in einer „wissenschaftlichen“ S II. Der folgenreiche Trugschluß besteht darin, daß hier nicht nur die Ziele, sondern auch die Inhalte von Wissenschaftspropädeutik und Berufsqualifizierung gleichgesetzt werden. Nur: die Planer und Verwalter dieses Modells haben ihr Konzept an der gesellschaftlichen Wirklichkeit vorbei entwickelt, in der die Qualifikation eines Ernährungswissenschaftlers noch lange nicht die Fähigkeit beinhaltet, ein schmackhaftes Mahl herzustellen, oder die eines Werkstofftechnologen noch nichts darüber aussagt, ob er einen Meißel härten kann. (Es sei denn, solche Fähigkeiten spielen in einer „fast-food-“ und „Wegwerf-Qualifikations-Gesellschaft“ tatsächlich keine Rolle mehr.)

Wo sind also die spezifischen universitären Wissenschaften, die Lehrer studieren können, wenn sie zukünftige Köche, Industriemechaniker oder Zimmerleute ausbilden wollen?¹⁾

Der Denkfehler ist, diese Berufe oder Berufsfelder strukturell mit irgendeinem allgemeinbildenden (gymnasialen) Fach (wie Mathematik oder Englisch) gleichzusetzen. Für diese Fächer gibt es „entsprechende“ Studiengänge an den Universitäten, nicht aber für die Berufe/Berufsfelder unseres Berufsbildungssystems. Jede „Abbilddidaktik“ greift hier daneben.

Vielleicht ist das der tiefere Grund, weshalb kaum jemand die Tragweite des dramatischen Rückgangs der Studenten berufspädagogischer Studiengänge richtig abschätzt, geschweige denn, geeignete Maßnahmen ergreift. Trotz gesteigener berufspädagogischer und fachlicher Anforderungen in der beruflichen Bildung geht die Zahl fachlich einschlägig qualifizierter Berufspädagogen bekanntlich weiter gegen Null, die Versorgung mit diesen Pädagogen ist bereits zusammengebrochen.

Man behilft sich mit in vermeintlich „affinen“ wissenschaftlichen Fächern qualifizierten Lehrern oder Fachleuchten; Berufspraxis spielt ohnehin keine Rolle oder sie wird abgewertet. Ein Ingenieur wird ohne pädagogische Ausbildung vor KonstruktionsmechanikerInnen gestellt, ein Physiklehrer unterrichtet zukünftige ElektronikerInnen. Ein „integrativer Technikunterricht“ soll herauskommen, wenn diese sich (im besten Falle) mit einem gymnasialen Deutsch- und Politiklehrer abstimmen.

Gut für die Stundenausfallstatistik.

Ob aber die Auszubildenden und Betriebe zu dem gleichen Urteil über die Qualität dieses Unterrichts kommen?

Wenn sich das Selbstkonzept der Berufsschullehrer weiter in der S II auflöst, wird die weitgehend ohne ihre Beteiligung gegenwärtig geführte Debatte über den Aufgaben- und Funktionswandel der Berufsschule und ihrer Lehrerschaft in wenigen Jahren nur noch historischen Charakter haben: weil es sie nicht mehr gibt.

1 Im nächsten Heft wird über die Versuche, solche Wissenschaften an der Universität Bremen zu entwickeln, berichtet.

Jörg-Peter Pahl

Ausbildung von Berufspädagogen - Neue Ansätze in den technischen Fachrichtungen

Derzeitige Formen der Berufsschullehrerausbildung in der Kritik - organisatorische und inhaltliche Anlässe zur aktuellen Diskussion

Trotz eines leichten Aufwärtstrends bei den Anfängerzahlen für das Lehramt an berufsbildenden Schulen (Gerds 1989, S. 216) zeichnet sich immer deutlicher ein gravierender Lehrermangel in einer Reihe von Fachrichtungen, wie z. B. in der Elektrotechnik sowie der Metall- und Maschinentechnik, ab.

Der jetzt erkennbare fachspezifische Lehrermangel (Bader 1988, S. 711 f.), d. h. der Fehlbedarf in den Technikwissenschaften scheint 'verheerende Ausmaße anzunehmen' (Bader 1990, S. 143). Unzweifelhaft ist damit ein äußerer Anlaß gegeben, sich mit dem Problem und den Ursachen des Lehrermangels an berufsbildenden Schulen zu befassen.

Die vorherrschende Art der Reaktion der Bildungsverwaltungen (Bonz 1990, S. 666) zu den alarmierenden Zahlen über den bereits vorhandenen, insbesondere aber über den für die kommenden Jahre prognostizierten Berufsschullehrermangel läßt allerdings erkennen, daß die inhaltlichen Probleme bei der bisherigen Lehrerausbildung kaum gesehen werden und nun versucht wird, die erheblichen Fehlprognosen über den Bedarf an Berufsschullehrern auf unvorhersehbare demoskopische Veränderungen zurückzuführen.

Ein Disput jedoch, der sich ausschließlich auf Versäumnisse bei der Bereitstellung des Nachwuchses oder auf quantitative Fragen der benötigten Absolventen einer Berufsschullehrerausbildung sowie auf die Behebung des Versorgungsmangels beschränkt, greift zu kurz.

Übersehen wird dabei eine bereits seit Jahren erhobene Klage der mit beruflichem Lernen Befassten über die inhaltlichen Defizite der Ausbildung von Lehrern für berufliche Schulen.

Erhebliche Kritik an der bestehenden Berufsschullehrerausbildung üben Beteiligte oder Betroffene wie Studenten, Referendare, Mentoren, Lehrer, Seminarleiter, Schulleiter, Oberschulräte bzw. Dezentern und Hochschullehrer des berufsbildenden Systems. Als indirekt Betroffene äußern sich Berufsschüler und manchmal melden sich auch Vertreter der Wirtschaft zu Wort.

Von allen Beteiligten werden unterschiedliche Mängel benannt und deren Behebung gefordert. Dabei deutet die von verschiedenen Seiten erhobene Kritik

teilweise in die gleiche Richtung. Die Aussagen der vielen Beteiligten, die manchmal nur im Detail abweichen, sollen hier nicht alle aufgeführt werden. Es werden aber zur Verdeutlichung die Meinungen der unmittelbar Betroffenen, d. h. der Studenten und Referendare, etwas genauer dargestellt.

So kritisieren beispielsweise an der bestehenden Berufsschullehrerausbildung

- die Studenten der Studiengänge für das höhere Lehramt an berufsbildenden Schulen einen zu geringen Bezug der zum Teil rein ingenieurwissenschaftlichen Studieninhalte zu Fragen des Facharbeiterwissens, des beruflichen Handelns im Beschäftigungssystem und der Unterrichtspraxis. Sie bemängeln generell die geringe Zahl der unterrichtspraktischen Übungen oder Hospitationen. Darüber hinaus beklagen sie das Fehlen eines grundständigen berufspädagogischen Studiengangs, z. B. einer 'lehrorientierten' Fachwissenschaft, und die nicht sinnvolle Anlehnung an die verschiedenen ingenieurwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen (für die Fachrichtung 'Metall' erfolgt eine Anlehnung an Ingenieurstudiengänge, wie z. B. Maschinenbau, Kraftfahrzeugtechnik, Feinwerktechnik, Regelungstechnik, Heizungs- und Klimatechnik, Werkstoffwissenschaften etc.), von denen keine mit der Berufstheorie entsprechender Facharbeiterberufe auch nur annähernd in Deckung zu bringen ist. Die Entwicklung einer solchen Berufstheorie wäre Gegenstand eines eigenen akademischen Faches (berufliche Fachrichtung, lehrorientierte Fachwissenschaft o. ä.). Da diese Fächer noch nicht entwickelt sind, wird während des Studiums der Ingenieurwissenschaften immer wieder die Berufsentscheidung - Berufspädagoge oder Ingenieur - thematisiert, worunter häufig das berufspädagogische Engagement leidet, insbesondere, wenn die Einstellungschancen im öffentlichen Dienst ungünstig erscheinen.
- die Referendare, daß sie beim Übergang von der Universität zum Studienseminar und zur Berufsschule einen Praxisschock erfahren, auf die spezifischen Anforderungen einer Fachberufsschule bestenfalls mit ingenieurspezifischem Theoriewissen vorbereitet sind und das Berufswissen, das der Facharbeiter im Beschäftigungssystem benötigt, erst nachträglich mühsam erwerben müssen. Sie bemängeln, daß sie erst im Laufe des Referendariats die Verknüpfbarkeit von Theorie und Praxis sowohl auf der Ebene der beruflichen Fachrichtung als auch auf der der Berufspädagogik erkennen können, ebenso wie die unterrichtspraktische Relevanz fach- oder technikdidaktischer Fragestellungen. Sie bedauern, daß das Studium nur auf den Bereich Berufsschule be-

schränkt ist, das betriebliche Ausbildungssystem ausgeklammert bleibt und sie eigentlich viel zu spät sachgerecht überprüfen können, ob diese Berufsentscheidung zum Lehrer für sie richtig war.

Die von allen Beteiligten in ähnlicher Weise, aber aus verschiedenen Perspektiven, festgestellten Defizite sind als eine nicht unwesentliche Ursache für die schlechte Lehrerversorgung, aber auch für die Reformüberlegungen zur Berufsschullehrerausbildung anzusehen. Mit anderen Worten: Die Berufsschullehrerausbildung ist nicht nur wegen des Studenten- und Lehrermangels, sondern auch wegen qualitativer Mängel in die Kritik gekommen.

Es besteht die Gefahr, daß - wenn man die inhaltlichen Mängel nicht genügend beachtet - nur Maßnahmen ergriffen werden, die die Statistik verschönern, d. h. den quantitativen Mangel zwar momentan mildern, die qualitativen Fragen aber unberücksichtigt lassen. Not-, Umschulungs- und Sonderprogramme zur Linderung des quantitativen Mangels allein sind nicht die ultima ratio. Lediglich administrative Maßnahmen der Bildungsverwaltung stellen keine Lösung der qualitativen Probleme dar. Inhaltliche Lösungsansätze dürfen nicht zu kurz kommen.

Betrachtet man die Vielzahl der, wenn hier auch nur auszugsweise zusammengetragenen, Kritikpunkte inhaltlicher Art, so stellen sich zwei gravierende Problembereiche dar:

- Es besteht ein allgemeiner Mangel hinsichtlich der Verknüpfung der für die professionelle Arbeit des Berufsschullehrers nötigen Theorie mit den für den Beruf typischen Praxisfeldern.
- Das Konstrukt der 'korrespondierenden' Fachwissenschaft (Ingenieurwissenschaft) deckt nur zum Teil das von den Facharbeitern benötigte Fachwissen ab. Eine eigenständige Berufstheorie und ein grundständiger Studiengang mit einem erweiterten Studienabschluß, der über den Einsatzbereich in der Berufsschule hinausgeht, fehlt.¹⁾

Um die aufgekommene Kritik positiv zu nutzen, sind sowohl organisatorische als auch inhaltliche Maßnahmen zur Behebung der Ausbildungsdefizite und des Mangels an Berufsschullehrern erforderlich.

Gestaltungsmöglichkeiten für eine Ausbildung zum Berufspädagogen in den technischen Fachrichtungen

Änderung des Studienabschlusses zur Erweiterung des Praxisfeldes

Der schon des öfteren aufgetretene Überschuß oder Mangel von Berufsschullehrern führte zu Überlegungen, den Studienabschluß in Hinblick auf breitere Einsetzbarkeit durch die Vergabe eines Diploms als Berufspädagoge für alle Lernorte in der beruflichen Bildung (Gerds 1991, S. 731 f.) zu erweitern oder eine Verzahnung von Lehramts- und Diplomstudiengängen anzustreben (Weber 1990, S. 156). Anders als bei einem Abschluß nur für das Lehramt an berufsbildenden Schulen bestünde dann zusätzlich die Möglichkeit der Einsetzbarkeit in den Betrieben von Handwerk und Industrie. Mit einem entsprechenden Studiengang und Studienabschluß ließe sich, anders als mit Sonder- und Notmaßnahmen, eine Verstetigung der Ausbildung und eine Dämpfung der Schwankungen von Angebot und Nachfrage durch die Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten und des Praxisfeldes erreichen. Vergleichbar dem bereits seit langem bekannten Abschluß des Diplom-Handelslehrers würde sich das berufliche Praxis- und Tätigkeitsfeld der Absolventen nicht nur auf den Bereich der Berufsschule beschränken.

Die Studieninhalte würden sich nicht grundlegend verändern, denn zumindest für die eigentliche Berufsschule ist für die Fachrichtungen der Elektro- und Metalltechnik eine Vermittlungskonzeption, die sich von der der Betriebe unterscheidet, nach der Neuordnung dieser Berufe nicht mehr erkennbar. Es ist die früher übliche Trennung - hier Berufsschule mit der Unterrichtung über die Fachtheorie, dort der Betrieb mit der Unterweisung in der Fachpraxis - gegenstandslos geworden. Eine besondere Ausrichtung eines Berufspädagogen nur auf das Tätigkeitsfeld Berufsschule erscheint von daher nicht mehr zwingend.

Äußere Strukturmaßnahmen zur Theorie-Praxis-Verknüpfung

Das von den verschiedensten Seiten geäußerte Unbehagen an der momentanen Berufsschullehrerbildung führt zu der Frage, ob grundsätzliche Überlegungen zur qualitativen Gestaltung einer eigenständigen Berufsschullehrerbildung notwendig sind. Ist die momentan praktizierte zweiphasige Ausbildung mit verhältnismäßig strikter Trennung der Aufgabenbereiche, hier Universität mit Theorie, dort Studienseminar und Schule mit Praxis, änderungsbedürftig? Verbesserungen für die Ausbildung könnten sich hinsichtlich der von mehreren

Seiten bemängelten Theorie-Praxis-Verknüpfung durch eine Kooperation von Studienseminar, Universität (Adolph 1990, S. 170) und vielleicht sogar Betrieben ergeben.

Hierzu wären vier Varianten der bestehenden Form denkbar, die zwar den Lehrermangel nicht direkt beseitigen, aber dennoch Unmut abbauen könnten:

Variante 1:

Schaffung von Kooperationsmöglichkeiten zwischen den beiden bislang völlig getrennten Institutionen der Lehrerbildung, d. h., der Universität und des Studienseminars, z. B. durch Betreuung von unterrichtspraktischen Übungen der Universität durch das Studienseminar; durch Einrichtung fachdidaktischer Seminare nicht nur des Berufsfeldes, sondern auch der Berufe durch Fachseminarleiter des Studienseminars; Absprachen zwischen Universität und Studienseminar zwischen den inhaltlichen Angeboten der verschiedenen Veranstaltungen.

Variante 2:

Das Kooperationsmodell zwischen Universität und Studienseminar wird durch ausbildungspraktische Übungen und Seminare in den Betrieben erweitert. Die Studenten können ihr Studium mit dem Universitätsdiplom (Diplom-Berufspädagoge) abschließen. Ein Übergang in die Berufsschule oder in die betriebliche Ausbildung ist möglich.

Variante 3:

Eine Lehrerbildung, in der nach einer ersten Studienphase an der Universität eine berufspraktische Phase an Studienseminar und Schule folgt. Im Anschluß daran ist ein weiteres, dann aber abschließendes Studium an der Universität und danach eine letzte unterrichtspraktische Phase an Studienseminar und Schule vorzusehen. Hierbei kann durch den Wechsel von Theorie und Praxis von den angehenden Berufspädagogen die Notwendigkeit der Verknüpfung von Denken und Handeln besser erfahren werden.

Variante 4:

Durch Konstituierung einer einphasigen Ausbildung zum Berufspädagogen, bei der in einem integrierten Studiengang Vertreter des Studienseminars und der Universität direkt zusammenarbeiten. Der Abschluß hierbei könnte sowohl als Staatsexamen als auch als Universitätsdiplom erfolgen.¹⁾ Welcher Variante auch immer der Vorzug gegeben wird, kein Weg führt daran vorbei, daß auch die Studiengänge selbst einer inhaltlichen Veränderung bedürfen.

Reform durch ein grundständiges berufspädagogisches Studium - Entwicklung lehrorientierter Fachwissenschaften und fachrichtungsbezogener Technikdidaktiken beruflichen Lernens

Neben den zahlreichen Kritikpunkten hinsichtlich eines Mangels bei der Verknüpfung berufspädagogischer Theorie mit unterrichtlicher Praxis zeigt sich, daß viele der weiteren Vorbehalte gegenüber den bisherigen Ausbildungsgängen, insbesondere die in die Kritik geratene enge Anlehnung an die sogenannten Bezugswissenschaften, in letzter Zeit zu Forderungen nach Einrichtung von eigen- und grundständigen berufspädagogischen Studiengängen auf der Grundlage der beruflichen Fachrichtungen führen. Damit verbunden ist die Entwicklung von eigenständigen Berufstheorien und Technikdidaktiken beruflichen Lernens in den technischen Fachrichtungen.

Nicht mehr die Ingenieurwissenschaften sollen ausschließlich als Bezugsdisziplinen fungieren. Aus der Einschätzung der zentralen Stellung gesellschaftlicher, berufsförmiger (Fach-)Arbeit für das berufspädagogische Studium und seiner Verbindung zu entsprechenden Praxisfeldern resultiert eine inhaltliche Affinität, aber auch Konkurrenz des Studiums zu angrenzenden (Fach-)Disziplinen. Eine Ablösung aus dem einseitigen Bezug zu den Ingenieurwissenschaften, die das Berufswissen des Facharbeiters nur teilweise beinhalten, und die Entwicklung eines eigen- und grundständigen Studienganges könnten eine weitere Verbesserung erbringen. Dem Berufspädagogikstudenten würde über die andere Art der Inhalte ein besserer Bezug zu seiner späteren beruflichen Tätigkeit deutlich werden.

Die Möglichkeiten eines solchen grundständigen berufspädagogischen Studiums in den beruflichen Fachrichtungen sollen hier nur angedeutet werden. Zu einer lehrorientierten Fachwissenschaft, die autonom gegenüber angrenzenden Ingenieurwissenschaften ist, und die wesentliche Momente gesellschaftlicher und berufsförmiger (Fach-)Arbeit integriert, gibt es an einigen Universitäten vielversprechende Ansätze. Feststellbar ist, daß bereits grundständige Studiengänge mit eigenständigen Berufstheorien und Technikdidaktiken beruflichen Lernens in den beruflichen Fachrichtungen im Entstehen sind.

Organisation der Ausbildung von Berufspädagogen durch das Prinzip des mehrfachen Praxisbezugs - Schlußbemerkung

Die wesentlichen immer wieder benannten Mängel an der bisherigen Ausbildung verweisen auf ein gestörtes Verhältnis der verschiedenen Theoriebereiche zu Bereichen der Praxis, d. h., einerseits auf das Spannungsverhältnis der erziehungswissenschaftlichen und berufspädagogischen Theorie zur Unterrichts-

und Ausbildungspraxis und andererseits auf das nicht in Deckung zu bringende Verhältnis der Theorien der Ingenieurwissenschaften zur Berufspraxis des Facharbeiters.

Mit einer anderen äußeren Organisationsstruktur, die berufspädagogische Theorie sowie die Praxisfelder der Vermittlung verbindet und einer gewandelten Form der Studieninhalte, die als lehrorientierte Fachwissenschaft oder berufliche Fachrichtung praxisbezogen das Berufswissen des Facharbeiters berücksichtigt, ergibt sich ein mehrfacher Praxisbezug als wesentliches Element des Studiums zum Berufspädagogen in den technischen Fachrichtungen. Die reale Umsetzung dieses Praxisbezugs im Studium erfordert allerdings auch die Entwicklung geeigneter Studienangebote und Regelungen.

Mit den aufgeführten organisatorischen und inhaltlichen Gestaltungsmöglichkeiten einer gewandelten Ausbildung zum Berufspädagogen können die Voraussetzungen dafür gegeben sein,

- zumindest den Studiengängen in den technisch-beruflichen Fachrichtungen ein eigenständiges technik- bzw. fachwissenschaftliches und technikdidaktisches Profil zu verleihen und diese Studiengänge damit zu konkurrenzfähigen Alternativen zum Studium 'korrespondierender' Fachwissenschaften zu entwickeln.
- zu einer zugleich theoriegeleiteten und praxisgerechten Professionalisierung von Berufspädagogen beizutragen,
- die immer wieder auftretenden Versorgungsengpässe oder Überangebote mit einer Verstetigung der Ausbildung qualifizierter Berufspädagogen zu vermeiden.
- neben der Berufsschule weitere wichtige und attraktive berufspädagogische Praxisfelder und Tätigkeitsbereiche zu erschließen.

Um die Ausbildung zum Berufspädagogen in den technischen Fachrichtungen wieder attraktiv zu machen, sind die Erkenntnisse der jetzt angelaufenen intensiven berufspädagogischen Diskussion aufzugreifen und die erkennbaren Gestaltungsmöglichkeiten zu nutzen.

Literatur

- ADOLPH, F.: Probleme und Perspektiven junger Lehrer an berufsbildenden Schulen. In: Die berufsbildende Schule, 42. Jahrgang, Heft 3, Wolfenbüttel, März 1990
- BADER, R.: Lehrermangel ... In: Die berufsbildende Schule, 42. Jahrgang, Heft 3, Wolfenbüttel, März 1990
- BADER, R.: Der fachspezifische Lehrermangel ... In: Die berufsbildende Schule, 40. Jahrgang, Heft 12, Wolfenbüttel, Dezember 1988
- BONZ, B.: Lehrermangel und die Gestaltung des Studiums für Lehrer und Lehrerinnen an beruflichen Schulen. In: Die berufsbildende Schule, 42. Jahrgang, Heft 11, Wolfenbüttel, November 1990
- GERDS, P.: Anfängerzahlen in Studiengängen für das Lehramt an berufsbildenden Schulen. Leichter Aufwärtstrend - kann schon entwarnt werden? In: Die berufsbildende Schule, 41. Jahrgang, Heft 4, Wolfenbüttel 1989
- GERDS, P.: Ausbildung von Diplom-Berufspädagogen für alle Lernorte der beruflichen Bildung. Bildungspolitisches Fazit eines Modellversuchs an der Universität Bremen. In: Die berufsbildende Schule, 43. Jahrgang, Heft 12, Wolfenbüttel 1991
- WEBER, G.: Lehrerversorgung der beruflichen Schulen. In: Die berufsbildende Schule, 42. Jahrgang, Heft 3, Wolfenbüttel 1990

Nachtrag: Ein von der Universität Bremen vorgelegter Entwurf, in dem eine eigenständige Berufstheorie („Konzept der Beruflichen Fachrichtung“) für die Studiengänge der beruflichen Fachrichtungen Metall- und Elektrotechnik) entfaltet wird, wurde im Februar 1992 von der HGTV als gemeinsame Grundlage beschlossen. Die HGTV (Arbeitsgemeinschaft der Hochschulinstitute für gewerblich-technische Berufsbildung) ist ein Zusammenschluß der TU Berlin, U Bremen, TU Chemnitz, TU Dresden, U Hamburg und TU Magdeburg. Die Einigung von sechs Hochschulen auf ein gemeinsames Rahmenkonzept zur Ausbildung von Berufspädagogen bedeutet zweifellos einen wichtigen Schritt in Richtung auf die überfällige inhaltliche Ausgestaltung eigenständiger berufspädagogischer Studiengänge.

Mit der gegenseitigen Anerkennung der Studienabschlüsse im EG-Raum wird die bisherige zweiphasige Lehrerausbildung in Europa vermutlich eine Sonderform darstellen.

Helmut Ulmer

Bericht über die Landesvertretertagung der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Elektrotechnik

Wie funktioniert Handlungslernen im integrierten Fachraum?

Das jährliche Treffen der Landesvertreter der Bundesarbeitsgemeinschaft (BAG) fand im November 1991 im Berufsbildungszentrum für Elektrotechnik in München statt. Mit der Wahl dieses Ortes wurde nicht nur die Präsenz der BAG von Nord- bis Süddeutschland dokumentiert, sondern vielmehr konnte von Herrn OStD Schelbert eine Berufsschule vorgestellt werden, die als Folge der Neuordnung der Elektroberufe neue Unterrichtsformen entwickelt hat und damit umfassend das in die Praxis umsetzt, was sonst erst theoretisch oder exemplarisch untersucht wird.

Beim Besuch der Schule, die übrigens in Heft 11 von „lernen & lehren“ ausführlich vorgestellt worden ist, fiel den Gästen auf, daß es sich um eine „ganz normale“ Berufsschule handelt, die sich weder durch bauliche Extravaganzen, überdurchschnittliche Geräteausstattungen oder besonders auffällige Schüler auszeichnet; lediglich die Lehrer dieser Schule zeigen ein besonderes Engagement. Vor diesem Hintergrund des Alltäglichen, wie es jeder Lehrer von seiner Schule her kennt, war man gespannt, wie die Kollegen in München das Problem der Umsetzung von Lerninhalten neuer Art lösen.

Das Zauberwort heißt: 3-Säulen-Modell! Danach wird die Fächeraufteilung (Fachtheorie, Praktische Fachkunde, Schaltungstechnik) zugunsten von Lerngebieten geändert, so daß sich für die Elektroinstallateure, 12./13. Jahrgang, die drei Säulen

- Gleichstrommaschinen/Leistungselektronik/Verstärkertechnik,
- Elektrische Anlagen/Regelungstechnik,
- Steuerungstechnik (Schwerpunkt SPS)

ergeben. Entsprechend ergeben sich für Fernmeldetechniker in der Fachstufe II die drei Säulen

- Übertragungstechnik/Vermittlungstechnik,
- Mikroprozessortechnik/Programmierung,
- Stormversorgung/Endgeräte/Melde- und Signaltechnik.

Fachrechnen ist eigenständiges Fach geblieben.

Der aus diesem Modell resultierende Stoffverteilungsplan bedingt, daß für jede Säule ein Fachraum geschaffen wird, in dem fachtheoretischer und -praktischer Unterricht in integrierter Form durchgeführt werden kann. Da die Berufsschüler aufgrund der Blockbeschulung jeweils 2 Wochen in der Schule sind, können durch das Kurssystem in besonderem Maße folgende Anforderungen realisiert werden:

- Handlungslernen
- Verzahnung von Theorie und Praxis
- Projektorientiertes Lernen
- Differenzierung.

Als zentrales Steuerungselement bei diesem Unterrichtsmanagement wird die Leittextmethode eingesetzt, d.h. Arbeiten mit Leitfragen und Informationstexten. Dieses System, das die Industrie heute oft intensiv in ihrer Ausbildung einsetzt, ist prinzipiell kein Novum; viele Lehrer haben ähnliche Unterlagen als Merk-, Arbeits- und Aufgabenblätter für ihre Schüler erstellt. Neu ist nur der organisatorische Rahmen.

Als Probleme dieses Unterrichts wurden genannt: Fehlende Integration von Fachrechnen, Aufbau und Organisation der integrierten Fachräume, Geräteausstattungen, Klassenstärke, höherer Lehrerberauf, neue Lehrerrolle - insbesondere Vorbereitung des Unterrichtes im Team-, heterogene Klassen (lernschwache Schüler, Abiturienten, Ausländer, sinkendes Eingangsniveau), Notwendigkeit der Zusammenarbeit mit Industrie und Handwerk, Schulaufsicht und Lehrerfortbildungseinrichtungen.

Trotz dieser möglichen Schwierigkeiten wurde nicht nur gut funktionierender, sondern vor allem ein Schüler und Lehrer begeisternder Unterricht demonstriert. Besonderes Interesse fand ein Fachraum für Installationstechnik und Photovoltaik, der im Rahmen dieser Zeitschrift näher vorgestellt werden soll.

Welche Konsequenzen hat die Neuordnung der Elektroberufe für die Berufsausbildungsabschlußprüfungen?

Herr OStD Hänisch, Schulleiter in Hamburg, referierte über die Auswirkungen der neu geordneten Elektroberufe auf die schriftliche Abschlußprüfung. Vor allem die Abschlußprüfungen der Industrie (PAL-Prüfungen) bringen viele Lehrer in Gewissenskonflikte: einerseits existieren mit Lerninhalten überfrachtete Lehrpläne und die Forderung nach einer Qualifizierung, die selbständiges Planen, Durchführen und Kontrollieren einschließt und andererseits werden bei PAL-Prüfungen nicht zu erwartende Detailfragen gestellt und wesentliche (u.a. übergreifende) Qualifikationen werden gar nicht überprüft. Die Folge ist, daß manche Kollegen nicht bereit sind, handlungsorientierte, und damit meist zeitintensive Unterrichtsformen anzuwenden.

Desgleichen wird eine dynamische Berufsbildung, die sich an technischen Weiterentwicklungen orientiert, verhindert. Selbst der bestaufbereitete Photovoltaik-Kurs bleibt für etliche Schüler fade, wenn sie wissen, daß er nicht prüfungsrelevant ist. Weiß der Schüler dagegen, daß seine schulischen Leistungen auch die Grundlage für die schriftliche Abschlußprüfung bilden, empfindet er dies nicht nur als gerecht, sondern auch motivierend.

Aus diesen Gründen wird seit 1990 in Absprache mit der Handelskammer Hamburg in deren Bereich die schriftliche Abschlußprüfung durch Lehrer gestaltet. Um den großen Arbeitsaufwand zur Erstellung der Aufgaben zu bewältigen, wird bei der Schulaufsichtsbehörde eine Entlastung für Lehrer beantragt, die bereit sind, einen Aufgabenpool zu erstellen.

Welche aktuellen Probleme bewegen die BAG?

Eine wesentliche Frage eines jeden am Bildungsprozeß Beteiligten ist die nach maximaler persönlicher Zufriedenheit in bezug auf sein Berufsleben. Die vergangenen Jahre waren in dieser Hinsicht für viele unbefriedigend; man denke nur an den Zwang zur permanenten Fortbildung unter oft schlechten Bedingungen, große Klassen, lange Arbeitszeiten, geringe berufliche Perspektiven, sinkendes Sozialprestige des Lehrers usw.. Auch die Neuordnung der Berufe, die formal beendet ist, hat mehr neue Probleme geschaffen, als alte gelöst. Somit bleibt weiterhin die Aufgabe bestehen, das Überleben der Berufsschule durch kreative und progressive Lösungen zu sichern.

Aus der sehr intensiv geführten Diskussion der Landesvertreter und dem Vorstand der BAG lassen sich folgende Schwerpunkte zukünftiger Arbeit ableiten:

- In den einzelnen Bundesländern sollten die Aktivitäten der BAG-Mitglieder intensiviert werden, evtl. durch Gründung von Landesverbänden; besondere Unterstützung sollen die Kollegen in den neuen Ländern erfahren.
- Real stattfindender Unterricht sollte ständig analysiert und optimiert werden. Neue Ideen und Erfahrungen müssen diskutiert und multipliziert werden. Dazu dienen die vorliegende Zeitschrift, Fachtagungen, Besuche anderer Schulen bzw. Partnerschaften mit Lehrer- und Schüleraustausch.
- Die Zusammenarbeit mit Betrieben und Trägern der Berufsausbildung ist zwingende Voraussetzung für eine funktionierende Berufsschule.
- Schulverwaltung und Schulaufsicht sind einerseits durch ihre eigenen Rechtsvorschriften gebunden, müssen andererseits auf die ständigen Innovationen in der Berufsbildung reagieren. Dazu sind sie auch auf hilfreiche Ideen und Anregungen der Lehrer angewiesen, z.B. bezüglich Lehrpläne, Schulbau (integrierte Fachräume!), Unterrichtsorganisation, Zeugnisse, Prüfungswesen.
- Berufsschulleistungen sollen in der Facharbeiter- bzw. Gesellenprüfung anerkannt werden. Die Prüfungsaufgaben sollten dabei den Anforderungen der Neuordnung nach selbständigem Planen, Durchführen und Kontrollieren entsprechen.
- Der Fächerkanon der Stundentafeln und Schulzeugnisse sollte durch Lerngebietsangaben ersetzt werden.
- Die BAG gestaltet die Fachtagung Elektrotechnik im Rahmen der „Hochschultage Berufliche Bildung '92“, wobei der Schwerpunkt auf der Berufsbildung in Europa liegen wird.

Ein besonderer Dank gilt neben den Gastgebern des Berufsbildungszentrums München dem „Arbeitskreis Schulinformation Energie“, der die Tagung unterstützt hat, u.a. durch einen interessanten Vortrag von Herrn Dr. Sperlich über rationale Energieanwendung sowie eine Medienausstellung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen.

Helmut Ulmer ist Landesvertreter der BAG im Saarland.

Otmar Jacobs

Bundesweite Fachtagung: „Entwicklungstendenzen und Berufsausbildung in der Versorgungstechnik“

Am 25./26.11.1991 fand in Bremen und Bremerhaven die bundesweite Fachtagung „Entwicklungstendenzen und Berufsausbildung in der Versorgungstechnik“ mit über hundert Berufspädagogen aus der schulischen und beruflichen Praxis der neuen und alten Bundesländer statt.

Das Ziel dieser Fachtagung bestand in der theoretischen und unterrichtspraktischen Unterstützung von Berufspädagogen, die eine handlungsorientierte Umsetzung neuer Anforderungen in der versorgungstechnischen Ausbildung unter besonderer Berücksichtigung von Umweltschutz, Ressourcenschonung und Energiesparen anstreben.

So wurden zunächst auf der Fachtagung aktuelle und zukunftsorientierte Veränderungen von Facharbeit, Technik und Bildung in der Versorgungstechnik thematisiert im Hinblick auf die Entwicklung der Branche 'Versorgungstechnik' insgesamt:

- Es wurden einerseits Tendenzen der „Entwertung“ handwerklicher Facharbeit durch angebotene Fertigprodukte und der Ersetzung der „traditionellen“ handwerklichen Tätigkeiten durch „Heimwerkerarbeit“ von „Hobbyhandwerkern“ aufgezeigt. Andererseits wurden Chancen für eine Zukunftssicherung von Facharbeit durch ganzheitliche Qualifizierung, besonders durch Mitwirkung und größere Handlungs- und Entscheidungsspielräume der Mitarbeiter, dargestellt.
- Es wurden die Einsatzmöglichkeiten herkömmlicher und alternativer neuer Technologien unter der Zielperspektive einer Ökologisierung des Handwerks besonders im System von Gebäude und Stadttechnik-Verbundsystemen (z.B. Gebäudeautomation, BHKW, dezentrales Wassercycling) aufgezeigt. Realitäts- und gegenwartsbezogen schließen derartige umweltrelevante Technikkonzepte ein Ensemble verschiedener Maßnahmen technischer Nachsorge, technischer Vorsorge und Problemvermeidung sowie den Einsatz von Vorsorgetechniken unter Einbeziehung sozio-ökologischer Gestaltungsprinzipien ein.

Die Vorträge der Fachtagung sollen an dieser Stelle nicht im einzelnen in ihren unterschiedlichen Ansätzen und Standpunkten nachgezeichnet werden, da sie in einigen Monaten in einem Tagungsband publiziert werden.

Gemeinsam ist diesen Beiträgen zum Wandel der Arbeits- und Qualifikationsanforderungen in der Versorgungstechnik, daß sie eine wesentliche theoretische Grundlage für eine alternative, perspektivische und auch ökologieorientierte Ausbildung darstellen, die statt herkömmlichem Unterricht mit „Kreide und Tafel“ problemorientiert und kreativ Unterricht mit Experimenten und Laborübungen gegen „Schulfrust“ durchzuführen versucht. Dieses „Lernen durch Praxis“ als leitendes Unterrichtsprinzip wurde auf der Fachtagung anhand von mehreren Unterrichtsbeispielen an zwei Schulstandorten konkret dargelegt.

Als Hintergrund diente ein im Lande Bremen durchgeführter BLK-Modellversuch „Experimental- und handlungsorientierte Lernformen im berufsbezogenen Unterricht versorgungstechnischer Ausbildungsberufe“, dessen Erfahrungen, Arbeitsergebnisse und didaktische Materialien so einer breiteren Fachöffentlichkeit präsentiert wurden. Die dargestellten, auf Wiederholbarkeit und Übertragbarkeit angelegten Unterrichtseinheiten behandeln die Themen:

- Sonnenkollektoren
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Gasverbrauchseinrichtungen
- Heizungstechnik
- Trinkwasser- und Gebäudeleittechnik.

(Diese Unterrichtseinheiten liegen in Buchform vor und sind jeweils für 5,00 DM pro Band zu erwerben: Universität Bremen, Fachbereich 11, Marion Scholz, Postfach 33 04 40, 2800 Bremen 33).

Die Fachtagung wurde federführend von der Universität Bremen, Institut Technik und Bildung (ITB), Arbeitsschwerpunkt Versorgungstechnik unter der Leitung von Professor Dr. Manfred Hoppe vorbereitet und gestaltet. Bei Fragen zu diesem umweltrelevanten Arbeitsfeld wenden Sie sich deshalb bitte an oben genannte Adresse.

Automatisierungstechnik in der beruflichen Bildung

Workshop am Institut für gewerblich-technische Berufspädagogik der TU Dresden am 27. Februar 1992

Probleme der Automatisierungstechnik sind nicht nur für eine hochmoderne Produktion relevant, sie haben uneingeschränkt aktuelle Bedeutung auch für den Bereich der beruflichen Bildung. Das betrifft sowohl die Ausbildung der in der Automatisierungstechnik Beschäftigten wie auch die Qualifizierung der dazu erforderlichen Lehrkräfte. Ausgehend von einer Kooperationsvereinbarung zwischen FESTO-Didactic KG, Esslingen und dem Institut für gewerblich-technische Berufspädagogik (IgtB) der Technischen Universität Dresden wurde am 27.2.1992 in Dresden ein gemeinsamer Workshop durchgeführt. Nach der Begrüßung der Teilnehmer durch den geschäftsführenden Leiter des IgtB, Doz. Dr. paed. habil. Drechsel wurden folgende Zielstellungen für die Veranstaltung genannt:

- Darstellen von speziellen Untersuchungsfeldern und Vorhaben sowie möglichen Lösungswegen für ausgewählte Fragestellungen
- Ableiten und Präzisieren gemeinsamer Forschungs- und Entwicklungsaufgaben sowie Festlegen von Arbeitsschwerpunkten

Herr Dr. Klinger, Leiter der Abteilung Technik und Entwicklung bei FESTO-Didactic referierte in einem einführenden Beitrag zum Thema „Automatisierungstechnik als berufsfeldübergreifendes Lernfeld“. Seine Ausführungen wurden ergänzt durch zwei weitere Vertreter von FESTO-Didactic mit folgenden Themenstellungen:

- H. Winter: Neue Methoden und didaktische Ansätze beim systematischen Entwurf verteilter Automatisierungssysteme
- Dr. Karras: Realisierung eines verteilten Automatisierungssystem für die Ausbildung auf der Basis PROFIBUS

Auf diese Weise wurde das Bezugsfeld Technik-Arbeit/Bildung-Ausbildung in seinem Grundansatz und bezogen auf verteilte Automatisierungssysteme deutlich herausgearbeitet. Besondere Beachtung fanden dabei die für das Lernfeld Automatisierungstechnik eminent wichtige Verknüpfung von Material-, Energie- und Informationsfluß sowie die bewußte Integration von Mensch, Technik und Organisation. Es bedarf weiterer Überlegungen, um alle Möglichkeiten der optimalen Einbeziehung des Facharbeiters beim fachgerechten Umgang mit Automatisierungsmitteln zu nutzen. In zwei weiteren Beiträgen wurden dazu

speziell für die Berufsfelder Metall- und Chemietechnik detailliertere Aussagen angeboten:

- DIP Schiele: Automatisierungstechnik - Herausforderung an Bildung und Qualifikation im Berufsfeld Metalltechnik
- DIP Große: Gerätetechnisch-konstruktive und prozeßorientiert-funktionale Betrachtung der Automatisierungstechnik bei der Ausbildung von Chemieberufen.

Als eine wesentliche Position im Hinblick auf Qualifikation und Bildung der Beschäftigten in der Automatisierungstechnik werden Anforderungen an berufsübergreifende personale und soziale Persönlichkeitseigenschaften gesehen, natürlich in Verbindung mit aktualisierten fachlichen Inhalten interdisziplinärer Art. Für den „Operateur“ in der Chemietechnik wird das allerdings erst nach einer prozeßorientierten Betrachtung der Automatisierungssysteme für sinnvoll erachtet.

Spezielle Ausführungen zur bisherigen Ausbildung von Berufsschullehrern in Automatisierungstechnik an der TU Dresden und zu einem geplanten Modellversuch „Automatisierungstechnik in der beruflichen Bildung“ bildeten einen weiteren Problemkreis im Rahmen des Workshops. Die Vertreter des Instituts für Automatisierungstechnik an der TU Dresden (Dr. Albrecht/Dr. Badelt) widmeten sich im Schwerpunkt einem möglichen künftigen Konzept zur Berufsschullehrer-Ausbildung und boten einen curricularen Lösungsansatz an. Für den erwähnten Modellversuch (Dr. Richter/Dr. Keßler) wurden 4 Zielstellungen genannt:

- Höherer Praxisbezug der Lehreraus- und fortbildung
- Erhöhte Flexibilität bei Berufsschullehrern und zukünftigen Facharbeitern in bezug auf die durch technische Innovationen der Automatisierungstechnik veränderten Anforderungen.
- Verstärkte Einführung handlungsorientierten Lehrens und Lernens mit dem „Lernbereich Automatisierungstechnik“.
- Nutzung des „Lernbereichs Automatisierungstechnik“ im Rahmen der Fortbildung von Lehrern und Ausbildern.

Daraus abgeleitete Detailfragen und Problemkreise wurden erörtert. Für das Vorhaben ist eine Laufzeit von 4 Jahren geplant, die Durchführung soll paritätisch an den Universitäten in Dresden und Chemnitz erfolgen.

Zum Workshop gehörte außerdem ein Erfahrungsbericht über die bisherige Zusammenarbeit zwischen FESTO-Didactic und der TU Chemnitz, in deren Ergebnis Aufgabensammlungen entwickelt wurden. Damit stehen für die Anlage

Bohren des MPS (Modulares Produktionssystem) Getriebefertigung wertvolle didaktisch aufbereitete Materialien zur Verfügung, die an unterschiedliche Adressaten gerichtet sind. Dr. Ullmann (TU Chemnitz) unterbreitete Vorschläge, in welchem Bereich auch künftig gemeinsam Aufgaben gelöst werden können. Die sehr gut besuchte Veranstaltung wurde dem Charakter eines Workshops in vollem Umfang gerecht. Das zeigten die zahlreichen Diskussionsbeiträge, ergänzenden Ausführungen und interessanten Meinungsäußerungen zu ausschließlich allen Beiträgen.

Am Ende der Veranstaltung konnte durch Doz. Dr. Drechsel bei Zustimmung der Teilnehmer eingeschätzt werden, daß viele Anregungen und Impulse für die weitere Arbeit gegeben worden sind. Wesentliche Sachverhalte zu den Themenkreisen werden in einer Broschüre publiziert. Interessenten an der Veröffentlichung wenden sich bitte an:

Institut für gewerblich-technische
Berufspädagogiken der TU Dresden
Geschäftsführender Leiter
Mommsenstraße 13
0-8027 Dresden

A. Richter

Helmut Klüsener/Karl Gramling

Münchener Berufsschüler in Plymouth

Berufliche Ausbildung im europäischen Vergleich

Dreizehn Energie-Elektroniker der Städtischen Berufsschule für elektrische Energiegeräte- und Anlagentechnik, München, Riesstraße, verließen kürzlich München/Riem mit dem Ziel London/Heathrow für einen dreiwöchigen Aufenthalt in England. Alle Teilnehmer waren Auszubildende der Firma Siemens, München, Hansastraße, und befinden sich im zweiten Ausbildungsjahr.

Ein Bus brachte sie nach Plymouth, wo sie in der „Residence for Young People - YWCA“ untergebracht waren. Gastgeber war das „College of Further Education“ mit der Faculty of Technology“, der in gegenseitiger Absprache mit Münchener Lehrern und Ausbildern ein sehr interessantes Programm zusammengestellt hatte. Damit sollte den Schülern ein möglichst umfassender Einblick in das Ausbildungssystem Englands vermittelt werden. Kernpunkt war ein Projekt „Ampelsteuerung“ im Rahmen des Lerngebiets „Digitaltechnik“, das in Zusammenarbeit mit einer englischen Schülergruppe zu bearbeiten war. Der Unterricht wurde von Lehrern des College in Englisch gehalten. Der Entwurf der Schaltungen mit integrierten Schaltkreisen, Layout-Design mit Computer-Unterstützung, Fertigung von Leiterplatte und anschließendes Testen der Schaltungen waren von den Schülern in Teamarbeit durchzuführen. Anschließend wurde das gleiche technische Problem mit Hilfe einer speicherprogrammierbaren Steuerung bearbeitet. Bei dieser gemeinsamen Projektarbeit von englischen und deutschen Schülern wurden sprachlichen Barrieren sehr schnell überwunden und persönliche Beziehungen geknüpft. Der erfolgreiche Abschluß der Projektarbeit wurde mit einem Certificat belohnt.

Neben dem fachlichen Teil des Programms waren besonders bemerkenswert und interessant ein Empfang beim „Lord Mayor“ der Stadt Plymouth, eine Ausflugsfahrt in das nördlich gelegene Dartmoor, eine Exkursion zur Satelliten-Empfangs- und Sendestation Goonhilly am äußersten westlichen Ende von England und die Besichtigung verschiedener Betriebe in der Region.

Plymouth selbst zeichnet sich durch seinen sehr schönen Naturhafen und durch eine reizvolle Umgebung aus. Letztlich fand diese Stadt durch ihr reichhaltiges Veranstaltungsangebot, die vielen gemütlichen Pubs und die zuvorkommende und freundliche Art der Engländer bei den Schülern großes Interesse.

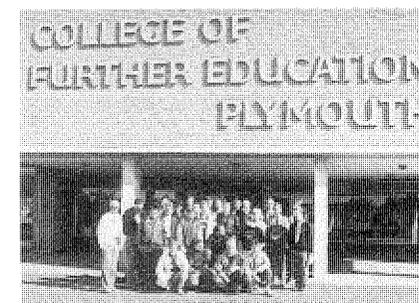


Abb.1: Münchener Berufsschüler in Plymouth

Krönender Abschluß war dann ein zweitägiger Aufenthalt in London, der neben vielen Besichtigungen den Besuch des Musicals „Starlight Express“ mit sich brachte.

Im Frühjahr des kommenden Jahres wird die englische Gruppe nach München kommen und Einblicke in das duale Ausbildungssystem gewinnen. Bis zu diesem Zeitpunkt werden die englischen Gäste in ihrem College noch mit dem Studium der deutschen Sprache konfrontiert, um für den Aufenthalt in München gut vorbereitet zu sein.

Ermöglicht wurde das alles durch PETRA, ein Projekt der Europäischen Gemeinschaft, durch die Unterstützung des Schulreferats der Stadt München und der Firma Siemens und einer angemessenen Selbstbeteiligung der Schüler. PETRA (Projekt of Education and Training) ermöglicht Ausbildungspartnerschaften und Jugendinitiativen auf dem Gebiet der beruflichen Bildung mit dem Ziel einer besseren Vorbereitung auf das Erwachsenen- und Berufsleben. Die Kenntnisse der Ausbildungssysteme anderer Länder sollen neue Berufs- und Ausbildungserfahrungen vermitteln und damit die Mobilität und Flexibilität der Arbeitskräfte in der Europäischen Gemeinschaft fördern.

Die Städtische Berufsschule für Energiegeräte- und Anlagentechnik, München, ist z. Z. im Zusammenhang mit PETRA an der Vorbereitung eines Netzes von Ausbildungspartnerschaften mit Plymouth (GB), Modena (I) und Hoorn (NL) beteiligt. Es ist ein gemeinsames Projekt geplant, das durch den dualen Ausbildungspartner BMW, München, unterstützt wird und die Entwicklung von Ausbildungseinheiten unter besonderer Berücksichtigung fächerübergreifenden Unterrichts und unter Wahrung nationaler Ausbildungssysteme beinhaltet. Insgesamt stellen derartige Ausbildungspartnerschaften einen sehr großen Gewinn aller Beteiligten dar, und es bleibt zu wünschen, daß die dafür notwendigen finanziellen Mittel im ausreichenden Maß zur Verfügung gestellt werden.

Helmut Klüsener und Karl Gramling sind Lehrer an der Berufsschule für elektrische Energiegeräte- und Anlagentechnik in München.

Rezensionen

„Fachkunde CAD-Technik“ - Berufsschulausgabe. Herausgeber:
IFAO Informationssysteme GmbH, Bearbeitet von Ingo Schwarzer

Carl Hanser Verlag, München/Wien, 1992/1 - DM 29,80

Effektiv, unkompliziert und praxisorientiert - das sind die ganz wesentlichen Merkmale der Art und Weise wie der Autor mit seiner „Fachkunde CAD-Technik“ Berufsschüler an CAD heranführt.

Es ist ihm gelungen, für Aus- und Weiterzubildende auf vorbildliche Weise den Themenbereich des CAD in das Gesamtgeschehen des industriellen Produktionsprozesses einzubinden.

Wer dieses Buch durchgearbeitet hat, versteht mühelos die wichtigen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem traditionellen technischen Zeichnen und dem innovativen CAD. Schritt für Schritt wird der Lernende herangeführt, auf welche vielfältige Art der mit CAD in den Konstruktionsabteilungen geschaffene Datenvorrat in den anderen Abteilungen des Betriebes benötigt und genutzt wird.

Anfangs ist ausgeführt, welche Aufgabe die technische Zeichnung für den Konstruktions- und Fertigungsprozeß hat, und zwar von CAD bis hin zur Integration von Konstruktion und Fertigung (CAD/CAM). Nachdem so die Zielrichtung in den Blick gekommen ist, werden nachfolgend die Hard- und Software-Komponenten einschließlich der Schnittstellenproblematik von CAD/CAM-Systemen behandelt.

Im nächsten Kapitel wird vorbildlich exemplarisch am Beispiel eines Winkelhebels Schritt für Schritt in die konkrete CAD-Arbeit mit dem Programm, die Zeichnungs- und Stücklistenausgabe, die Datenverwaltung und in den Datenschutz, eingeführt. Das geschieht erfreulich programmunabhängig.

Den Grundlagen der NC-Programmierung ist ein eigenes Kapitel gewidmet. In ihm wird systematisch veranschaulicht, in welcher Weise die CAD-Daten mit der NC-Verarbeitung gekoppelt werden können. Zum Schluß wird noch einmal zusammengefaßt, welche Bedeutung zukünftig der mikroelektronisch verarbeitete Informationsfluß neben dem Material- und Energiefluß für die industrielle Produktion haben wird. Arbeits- und Betriebsmittelplanung werden datentechnisch ebenso einbezogen wie die Qualitätssicherung, die Montage sowie die arbeits- und ablauforganisatorisch betriebswirtschaftlich orientierte Produktionsplanung und -steuerung (PPS).

Es ist dem Autor und seinen fachlichen Beratern gelungen, das im Rahmen der Neuordnung der Metallberufe geforderte Grundwissen über den Einsatz der

Mikroelektronik von der Konstruktionsabteilung über die Arbeitsvorbereitung und die Fertigung bis zur Roboter montage und hin zur Produktionsplanung und -steuerung überzeugend zusammenzufassen.

Zu einer solch gelungen zusammengestellten Fachausgabe zur CAD-Technik kann man herzlich gratulieren. Mit dieser auf den Berufsschulunterricht zugeschnittenen Neuerscheinung des Carl Hanser Verlags wird Lehrenden und Lernenden eine wertvolle Materialsammlung zur CAD-Technik verfügbar gemacht, deren Prüfung viele Leser überzeugen wird, daß nicht immer die zuerst auf dem Markt erschienenen Fachbücher zu einem neuen Themenbereich die besten sind.

Horst Crome

Peter Dehnbostel:

Grundbildung zwischen Schule und Beruf. Zur Bildungstheorie von historischen, beruflichen und gymnasialen Grundbildungskonzepten

Franz Steiner Verlag Wiesbaden GmbH, Stuttgart 1988,
213 Seiten, ISBN 3-515-05198-8 - DM 44,00

Zum Thema 'Grundbildung' gibt es eine äußerst umfangreiche Literatur. Diese besteht vorwiegend aus Praxisberichten über Modellversuche und den zugehörigen wissenschaftlichen Begleituntersuchungen.

Hier schließt das Werk „Grundbildung zwischen Schule und Beruf“ eine bislang bestehende Lücke in der Bildungstheorie zu dieser Thematik.

Mit dem Einleitungskapitel des Buches geht der Autor zunächst einmal im wesentlichen auf den derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Diskussion zur Grundbildung ein und zeigt ihre Probleme unter dem Anspruch bildungstheoretischer Kriterien auf.

Im zweiten und dritten Kapitel werden in einem weitgespannten deskriptiven Angang, der auf die Wurzeln der Grundbildung bis in die Aufklärung zurückgeht, sehr gründlich historische sowie gegenwärtige Konzepte unter bildungstheoretischen Gesichtspunkten analysiert und die Entwicklung gymnasialer und beruflicher Grundbildungsformen herausgearbeitet.

Mit dem vierten Kapitel, das den Schwerpunkt der Untersuchung bildet, werden neuere Konzepte der Grundbildung dargestellt und fundierte Vorschläge zur Weiterentwicklung für gymnasiale, berufliche und integrierte Grundbildungsansätze unterbreitet.

Im abschließenden Kapitel werden zusammenfassend die Entwicklungsstränge der Grundbildung herausgestellt und die wesentlichen bildungstheoretischen Problembereiche aufgezeigt.

Im einzelnen hebt der Autor hierzu hervor:

- Die Bedeutung der Grundbildung zwischen Individualisierung und Gesellschaftsbezogenheit.
- Die Einordnung der Grundbildung im Stufenzusammenhang.
- die Relevanz der Grundbildung in bezug auf Arbeit und Beruf.
- Das Problem einer allgemeinbildenden und berufsbildenden Grundbildung.

Abschließend kann man feststellen, daß diese Studie herausragende Bedeutung erhält durch die umfassende allgemein- und berufspädagogische Bearbeitung mit der ein größerer Rahmen für eine Theorie der Grundbildung aufgezeigt worden ist. Für den Berufspädagogen und Unterrichtspraktiker der beruflichen Fachrichtungen Elektro- und Metalltechnik kann das Buch durch seinen ausdrücklichen Bezug auf die mit der Neuordnung entstandenen Ausbildungsberufe und den damit verbundenen Grundbildungsansätzen von besonderem Interesse sein.

Jörg-Peter Pahl

Reihe Arbeitspapiere des Instituts Technik & Bildung, Bremen

In der Reihe 'Arbeitspapiere des Instituts Technik & Bildung (ITB) ist im Januar 1992 unter der Nr. 4 eine Untersuchung von Ewald Drescher erschienen, die sich mit der Frage befaßt, wie Mikrocomputertechnik für gestaltungsorientiertes Lernen aussehen sollte.

Mit der Arbeit wird das Ziel verfolgt, die Entwicklung von Ausstattungskonzepten für Lehr-/Lernsysteme aus dem Bereich der Mikrocomputertechnik (MC-Technik) an Berufsschulen zu unterstützen. Der Anstoß dazu kam aus dem hessischen Schulmodellversuch „Berufsspezifische Anwendungen der Mikrocomputertechnik - Entwicklung und Erprobung einer problemorientierten Unterrichtskonzeption für Fachstufen energie- und nachrichtentechnischer Ausbildungsberufe in der Berufsschule (kurz MCA). Hier bestand die Notwendigkeit, neben dem Entwurf didaktischer Konzeptionen für die Integration von Fachinhalten aus der MC-Technik die dafür geeigneten Ausbildungsmittel auszuwählen.

Als Grundlage für die Analyse und Bewertung der am Markt erhältlichen MC-Systeme wird ein Instrumentarium entwickelt, das sich stark an die Erfordernisse eines handlungsorientierten Unterrichts anlehnt und das versucht, die Implikationen des „Konzeptes Technikgestaltung“ zu berücksichtigen. Mit dem so entstandenen Raster werden die verschiedenen Systemtypen anhand exemplarischer Beispiele analysiert und dann mit Hilfe von Bewertungskriterien im Hinblick auf ihre Tauglichkeit für einen nach den oben angedeuteten Konzepten organisierten Lernprozeß hin untersucht.

Ergänzt wird dieser Teil der Arbeit durch eine Betrachtung der Entwicklung von Rechner-Hardware im PC-Bereich und von Standardbetriebssystemen für diese Rechnergruppe. Dieser Überblick spiegelt die Veränderungen auf diesem Technikgebiet ungefähr bis zum Frühjahr 1991 wider.

Als Abrundung und Schluß sind drei an unterschiedlichen Berufsschulen realisierte Ausstattungskonzeptionen in die Arbeit aufgenommen. Sie vermitteln dem Leser beispielhaft einen Eindruck von den Rahmenbedingungen und Realisierungsmöglichkeiten für eine Ausstattung mit geeigneter Hard- und Software für einen praxisgerechten Unterricht in diesem Sachgebiet.

Die Studie hat 173 Seiten und 66 Abbildungen. Sie kann für 15,00 DM vom Institut Technik & Bildung, Grazer Straße 2, 2800 Bremen 33, bezogen werden. Allerdings ist die Auflage begrenzt.

In einer zweiten Arbeit beschäftigt sich der Autor mit der „Anwendung der pädagogischen Leitidee Technikgestaltung und des didaktischen Konzepts Handlungslernen am Beispiel von Inhalten aus der Mikroelektronik und Mikrocomputertechnik“. Hinter dem unhandlichen Titel verbirgt sich die ausführliche Auseinandersetzung mit der Frage, welche Instrumente zur unterrichtlichen Umsetzung des Konzeptes Technikgestaltung geeignet sein könnten. In der Studie werden die entwickelten Instrumentarien in einen theoretischen Zusammenhang gestellt und auf fünf beispielhafte Unterrichtsthemen angewendet. Die Druckschrift umfaßt 57 Seiten, hat 13 Abbildungen und kann zum Preis von 12,00 DM von der gleichen Quelle bezogen werden.

Peter Gerds

Ankündigung der Fachtagung Elektrotechnik der Bundesarbeitsgemeinschaft im Rahmen der Hochschultage Berufliche Bildung '92

MOTTO DER FACHTAGUNG

Neuordnung der Elektroberufe - Perspektive für Europa oder eine verpaßte Chance?

Ziele der Fachtagung

Das Ziel der Bundesarbeitsgemeinschaft als Veranstalter der Fachtagung Elektrotechnik ist die Weiterentwicklung der beruflichen Bildungspraxis und -wissenschaft im Berufsfeld Elektrotechnik. Die im Rahmen der Hochschultage stattfindende Fachtagung soll die Probleme von „Berufsbildungspraxis und Berufsbildungswissenschaft“ aufzeigen und Lösungen näher bringen. Dazu sollen

- die kritische Einschätzung der Erfahrungen in der deutschen Berufsausbildung zur Entwicklung von Perspektiven für die Zukunft in Europa genutzt werden,
- die Ausbildungspraxis der Schulen und Betriebe kritisch dargestellt und diskutiert werden, um neue Ziele und Wege für eine bessere Ausbildung mit Unterstützung der Wissenschaft entwickeln zu können,
- der Austausch zwischen berufspädagogischer Theorie und Praxis, das Kennenlernen neuer Entwicklungen in der Bildungswissenschaft und deren Reflexion an den Bedingungen der Bildungspraxis möglich gemacht werden in drei unterschiedlichen Problemfeldern:

NEUE ELEKTROTECHNIK

Müssen wir fachlich völlig umdenken?

- Die traditionellen Anforderungen an Inhalte, Systematik und Berufsbezug der Fachwissenschaft Elektrotechnik in den verschiedenen elektrotechnischen beruflichen Ausbildungen wie Facharbeiter, Handwerker, technische Assistenten oder Techniker stimmen nicht mehr mit den Anforderungen der neuen technischen Entwicklung in den Arbeitsfeldern und den Ansprüchen einer modernen Berufsbildung überein.

Welche Probleme entstehen durch die „Neuen Technologien“ in der Produktion aus fachsystematischer Sicht mit der Verschiebung der Facharbeitertätigkeiten hin zu immer größerer Bedeutung der sekundären Facharbeit?

Bestimmen neue Formen der Organisation von Arbeit die technischen Inhalte beruflicher Ausbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik so, daß neue Grundlagen, neue technische Methoden und neue systematische Zuordnungen unabdingbar werden? Wie kann Grund- und Fachausbildung im Hinblick auf diese Entwicklung gestaltet und in Ausbildungs- und Lehrplänen, in der Ausbildung und im Unterricht sowie in den Prüfungen realisiert werden?

- Die didaktisch-methodischen Anforderungen und Möglichkeiten, resultierend aus der Neuordnung und aus den technologisch-organisatorischen Entwicklungen in der berufsförmigen Arbeit eröffnen neue Chancen einer modernen Ausbildung

Die Ansprüche an umfassende Handlungskompetenz als berufliche Qualifikation der Handwerker und Facharbeiter erfordern und eröffnen neue Möglichkeiten der Gestaltung der Ausbildung. Diese Möglichkeiten können aber nur schwer in der jetzigen Situation in den Ausbildungsbetrieben und Berufsschulen realisiert werden.

Wo liegen die Grenzen und Möglichkeiten des Umganges mit „Neuer Technologie“ in der Ausbildungssituation in den Schulen und Betrieben und wie können Chancen für eine bessere Ausbildung genutzt werden?

Wie kann der Anspruch der Betriebe an „Schlüssel“qualifikationen der Facharbeiter und Handwerker mit den Vorstellungen der Berufspädagogen von „erstrebenswerten“ Kompetenzen in der Berufsbildung realisiert werden?

NEUE SCHULISCHE UND BETRIEBLICHE AUSBILDUNG

Wie kann ein Desaster in der Berufsausbildung verhindert werden?

Die neuen Anforderungen und Möglichkeiten der Gestaltung von Arbeit und Technik im Berufsfeld Elektrotechnik erfordern eine veränderte Ausbildung, die sich zum Teil schon in den Ausbildungsordnungen und Rahmenrichtlinien der neu geordneten Berufe widerspiegelt. Durch technische Innovationen und organisatorische Veränderungen in den Tätigkeitsfeldern der Facharbeiter und zunehmend auch der Handwerker, Assistenten und Techniker entstehen immer neue Qualifikationsprobleme vielfältiger Art. Dies erfordert eine bildungspolitische und wirtschaftliche Priorität für die Berufsausbildung, nicht nur im Hinblick auf die Notwendigkeit einer Abstimmung der Berufsausbildung im vereinten

Europa, sondern auch aus der Verantwortung für die Zukunft der auszubildenden Jugendlichen und der Verpflichtung zu einer qualifizierten Ausbildung für die Arbeit in Handwerk und Industrie. Die jetzige Situation in den Berufsschulen ist vielfach unhaltbar geworden und auch in den Betrieben, speziell im Handwerk, stehen einer qualifizierenden Ausbildung viele Probleme entgegen. Verschärfend in dieser Situation ist, daß die Ausbildung der Berufsschullehrer und Diplom-Berufspädagogen eher weiter verschlechtert, denn attraktiver gemacht wird mit immer neuen Sparmaßnahmen im universitären Bereich.

Welches sind die konkreten Probleme der heutigen Situation in der Berufsausbildung in den verschiedenen Bereichen und wie sehen die Reaktionen darauf in der Unterrichtsrealität der Schule und der Ausbildungssituation im Betrieb aus?

Wie kann die Situation der Ausbilder, Lehrer und Auszubildenden wieder so gestaltet werden, daß „gute Ausbildung gemacht werden kann“?

Ist eine grundlegende Reform der wissenschaftlichen und berufspraktischen Ausbildung der Lehrer und Ausbilder notwendig?

Welcher Weg kann für die Zukunft eingeschlagen werden im Hinblick auf die unterschiedlichen Möglichkeiten der Gestaltung beruflicher Bildung in Deutschland und Europa?

NEUE FORMEN DER AUSBILDUNG

Werden im vereinten Europa viele bunte Blumen der Ausbildung blühen?

Ohne Einigkeit über das Ziel, ohne Verständigung über die Möglichkeiten einer umfassenden, persönlichen und arbeitsbezogenen Ausbildung, ohne eine gemeinsame Vorstellung über Anforderungen und Möglichkeiten der Gestaltung beruflicher Arbeit, wird über den Weg der Harmonisierung der beruflichen Bildung in Europa gesprochen. Dabei haben wir schon jetzt selbst in Deutschland eine (erfreulich) große Vielzahl von Möglichkeiten der Berufsqualifizierung, gerade im Berufsfeld Elektrotechnik (auch wenn die Ingenieursausbildung unberücksichtigt bleibt). Diese breite Palette unterschiedlicher Ausbildungsmöglichkeiten wurde mit gutem Grund bisher nicht vereinheitlicht, sondern ausgenutzt für eine ebenso große Palette unterschiedlicher Tätigkeiten, die in einer modernen Industriegesellschaft und für individuelle berufliche Entwicklungen notwendig sind.

Wie sind diese Ausbildungen im einzelnen zu bewerten? Welche Möglichkeiten bieten sich gerade im Hinblick auf die Zukunft Europas und die Zukunft der Arbeit

in Industrie und Handwerk? Wird eine breite Allgemeinbildung mit einer anschließenden Fachausbildung oder die integrierte allgemeine und berufliche Schwerpunktausbildung zukünftig berufliche Qualifizierung kennzeichnen? Ist Doppelqualifizierung in Zukunft die gemeinsame allgemeine, beruflich höher qualifizierende Ausbildung oder die doppelte berufliche, breiter qualifizierende Ausbildung?

Wird der Berufsschullehrer der Zukunft ein Gymnasiallehrer mit berufsbildendem Fach, ein berufspädagogisch qualifizierter Ingenieur oder ein im theoretischen Bereich fortgebildeter, berufserfahrener Meister sein?

Sind die Ausbilder und Lehrer noch qualifiziert für die Ausbildung der Facharbeiter und Handwerker im Berufsfeld Elektrotechnik ohne dauernde betriebliche Erfahrung im Umgang mit moderner Technik? Muß die Aufteilung der Theorie und Praxis im dualen System neu überdacht werden? Wie sehen die Ausstattungskonzepte und die finanziellen Möglichkeiten der Schulen und Betriebe aus?

Sicher werden die anstehenden Probleme nicht im Rahmen einer zweitägigen Tagung lösbar sein, aber eine Probleminventur und eine Darstellung der Chancen und Möglichkeiten zur Lösung sollte versucht werden. Dabei ist vorgesehen, zu jedem Schwerpunkt die Ausbildungspraxis und die Ausbildungswissenschaft zu Wort kommen zu lassen.

Struktur der Tagung

Einführend soll am Anfang eine übergreifende Darstellung und Wertung der Probleme und Entwicklungen im Berufsfeld Elektrotechnik gegeben werden. Damit werden die zu bearbeitenden Problemfelder in einen Gesamtzusammenhang gestellt und Ziele für die Tagungsarbeit gesetzt.

Anschließend an diese Einführung werden auf zwei parallele Schienen in Vorträgen und Diskussionen die angesprochenen Problemfelder bearbeitet.

Es wird davon ausgegangen, daß die Teilnehmer unterschiedliche Interessen und Erfahrungen haben und sie die Reflexion ihrer Praxis an den Erfahrungen anderer Kollegen und aus der Sicht der Wissenschaft kennenlernen möchten. Praxis kann sehr singulär sein, ebenso wie Wissenschaft sehr übergreifend erscheinen kann. Daher ist vorgesehen, die Beiträge den Problemfeldern so zuzuordnen, daß die Sicht der Praxis und der Wissenschaft aufeinander abgestimmt und focussiert auf ein Problemfeld dargestellt wird.

Das Programm der Tagung soll daher, in den Problemfeldern gegliedert, auf zwei parallelen, zeitlich versetzten Schienen ablaufen. Jeder Teilnehmer erhält so die Möglichkeit, aufeinander bezogene ausbildungspraktische und -wissenschaftli-

che Beiträge ebenso wie aufeinander aufbauende ausbildungspraktische oder -wissenschaftliche Beiträge auswählen zu können. Dazu müssen vor der Tagung die Beiträge für die Teilnehmer schriftlich vorliegen. Zwei Kollegen werden, orientiert an der Ausbildungspraxis bzw. der Ausbildungswissenschaft, in jedem Problemfeld moderieren.

Die Tagung wird mit einer Darstellung der Arbeitsergebnisse aus den Problemfeldern und einer gemeinsamen offenen Diskussion abgeschlossen.

Beiträge zur Tagung

Beiträge sollen noch nicht veröffentlicht sein und neue Ergebnisse und Erfahrungen darstellen, die sich in die Gesamtproblematik eines benannten Problemfelds einordnen lassen.

Hiermit wird zum Einreichen von Entwürfen für Beiträge (maximal 2 Seiten mit Stichworten) aufgerufen; einzusenden an

Universität Bremen
Institut Technik & Bildung
Herrn Prof. Dr. Gronwald
Postfach 33 04 40
2800 Bremen 33

mit Bezug auf: Vorbereitung der HT-FR Elektrotechnik.

Die ausführlichen Beiträge im Umfang von maximal 8 Seiten werden zum Frühsommer '92 eingefordert. Sie liegen dann zur Tagung in einem Sonderheft von I & I vor.

Die Vorbereitungsgruppe der FACHTAGUNG ELEKTROTECHNIK/Hochschultage 1992: Dr. Eicker, Dr. Gronwald, Herr Krüß und Herr Segelke

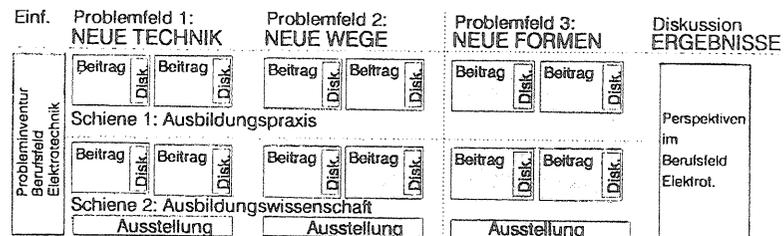


Abb. 1: Plan der Tagungsstruktur

Mitteilungen der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V.

Die Tagung der BAG-Elektrotechnik-Landesvertreter hat im Berufsbildungszentrum für Elektrotechnik in München stattgefunden. Helmut Ulmer berichtet in diesem Heft über den Verlauf und die Ergebnisse der Veranstaltung.

Fachtagung der BAG Elektrotechnik im Rahmen der Hochschultage 1992/Mitgliederversammlung der BAG Elektrotechnik 1992

Die Hochschultage Berufliche Bildung 1992 tragen den Titel „Berufsausbildung für Europa - Ökologie und Markt“ und finden vom 28. bis 30. September 1992 an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt am Main statt. Im Rahmen dieser Hochschultage wird die BAG Elektrotechnik wieder eine Fachtagung durchführen, mit der Unterstützung der Werner-von-Siemens-Schule in Frankfurt/Main. Diese Fachtagung wird voraussichtlich, zumindest teilweise, in der Berufsschule stattfinden. Das Motto der Tagung ist „Neuordnung der Elektroberufe - Perspektive für Europa oder eine verpaßte Chance?“ Die Fachtagung Elektrotechnik wird im einzelnen in diesem Heft angekündigt. Im Zusammenhang mit der Tagung wird die übliche Mitgliederversammlung 1992 der BAG Elektrotechnik in Frankfurt/Main durchgeführt. Das endgültige Programm der Hochschultage Berufliche Bildung 1992 der Fachtagung Elektrotechnik 1992 und die Einladung zur Mitgliederversammlung 1992 werden so bald wie möglich in lernen & lehren erscheinen. Zur Teilnahme in Frankfurt/Main lade ich schon jetzt herzlich ein!

Friedhelm Eicker

Ständiger Hinweis:

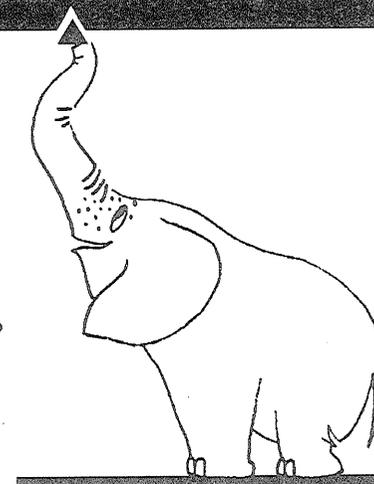
Alle Mitglieder der BAG Elektrotechnik müssen eine Einzugsermächtigung erteilen oder zum Beginn eines jeden Kalenderjahres den Jahresbeitrag (zur Zeit 41,60 DM, eingeschlossen alle Kosten für den verbilligten Bezug von „lernen & lehren“ überweisen. Austritte aus der BAG Elektrotechnik sind nur zum Ende eines Kalenderjahres möglich und müssen drei Monate zuvor schriftlich mitgeteilt werden.

Adresse: BAG Elektrotechnik, Geschäftsstelle,
Berufsschule für Elektrotechnik,
An der Weserbahn 4 - 5
2800 Bremen 1
Kto.-Nr. 1038314 bei der Sparkasse in Bremen
BLZ: 290 501 01

Zu bedenken ist, daß der Mitgliedsbeitrag fast zu 100 % für die Bezahlung von „lernen & lehren“ benötigt wird und entsprechende Absprachen mit dem Verlag bestehen. Bei Mahnungen muß eine zusätzliche Gebühr erhoben werden.

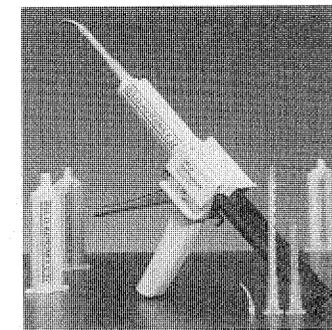
DELO INDUSTRIE-KLEBSTOFFE

*Einfach stark
im Kleben*



DELO-SPEZIAL-KLEBSTOFFE

Unsere Produktpalette bietet den passenden Klebstoff für jeden Einzelfall: Cyanacrylate und lichthärtende Produkte für schnelle Aushärtung, Silikone zum Dichten, Epoxide für hochfeste Verbindungen oder anaerobe Klebstoffe zum Sichern, Dichten, Befestigen.

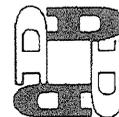


Wir beraten Sie von der Auswahl des Produktes bis zur Integration des Klebeschrittes in Ihre Fertigung.



DELO

Industrieklebstoffe



Postfach 1527 • D 8032 Gräfelfing
Telefon (089) 8 58 54-0 • Fax 8 58 54 44

Bitte senden Sie mir: Info Produktübersicht

Name/Firma _____

Adresse _____

Felix Rauner / Herbert Zeymer

AUTO UND BERUF



Technischer Wandel und
Berufsbildung im Kfz-Gewerbe

BERUFLICHE BILDUNG
IM DONAT VERLAG

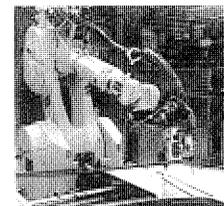
Felix Rauner /Herbert
Zeymer: **Auto und Beruf**
Technischer Wandel und
Berufsbildung im Kfz-
Gewerbe
(Reihe Berufliche
Bildung, Bd. 12)
193 S., 84 Abb., 24,80 DM,
ISBN 3-924444-54-4

„Auto und Beruf“ geht u.a. folgenden Fragen nach:
Wie verkraftet das Kfz-Handwerk den ihm auferlegten
technischen Wandel? Ist die klassische Kfz-Werkstatt
in der Fehlerdiagnose noch der hochkomplexen Tech-
nik gewachsen? Ist die berufliche Erstausbildung im
Kfz-Handwerk überflüssig geworden? Stellen
Expertensysteme und Selbstdiagnose einen Ausweg
dar? Und: Haben sich die Kundendienstschulen der
Kfz-Hersteller etwa zur eigentlichen „Berufsschule“
entwickelt? Wie oft muß ein Kfz-Handwerker „seinen“
Beruf neu erlernen? Antworten werden gegeben, die
selbst Fachleute noch überraschen.

Donat Verlag
Brandenweg 6
D - 2800 Bremen 33
Tel.: 0421-274886 oder 273917

Martin Fischer / Walter Lehl

INDUSTRIEROBOTER



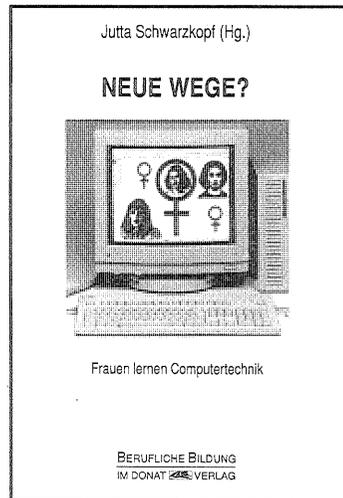
Entwicklung und Anwendung im Kontext
von Politik, Arbeit, Technik und Bildung

BERUFLICHE BILDUNG
IM DONAT VERLAG

Martin Fischer / Walter
Lehl: **Industrieroboter.**
Entwicklung und Anwen-
dung im Kontext von
Politik, Arbeit, Technik
und Bildung.
(Reihe Berufliche
Bildung, Bd.11)
248 S., 153 Abb., 28,-
DM ISBN 3-924444-53-6

Der Industrieroboter ist ein wesentlicher Baustein
flexibler Automatisierung. Er hat nicht nur in die
Fabrikhallen Einzug gehalten, sondern auch in die
Zentren der Aus- und Weiterbildung. Für die große
Zahl derjenigen, die sich mit der Robotertechnik und
ihrer Einführung in die industrielle Praxis als Ingenieu-
re, Arbeitsgestalter, Lehrer und Ausbilder, aber auch
als betriebliche Entscheidungsträger und Betriebsräte
befassen, ist aktuelles Zusammenhangs- und Über-
blickswissen unverzichtbar. Der vorliegende Band, der
über 150 Abbildungen enthält, schließt diese Lücke in
vorzüglicher Weise.

Donat Verlag
Brandenweg 6
D - 2800 Bremen 33
Tel.: 0421-274886 oder 273917



Jutta Schwarzkopf (Hg.):
Neue Wege?
 Frauen lernen Computertechnik.
 (Reihe Berufliche Bildung, Bd. 13)
 139 Seiten, 2 Abb.,
 24.80 DM
 ISBN 3-924444-55-2

"Frauen lernen Computertechnik" stellt Kurskonzeptionen aus Dänemark, Großbritannien und der Bundesrepublik dar und demonstriert anhand von Erfahrungsberichten die Notwendigkeit des Prinzips "Unterweisung von Frauen durch Frauen". Die Existenz eines "frauenspezifischen Zugangs" zu Computern wird in Zweifel gezogen und die Implikation einer solchen Annahme in Hinblick auf das Geschlechterverhältnis vor Augen geführt. Ebenso behandelt das Buch die unterschiedlichen Strömungen der feministischen Theoriediskussion über das Verhältnis von Frauen und Technik, wie sie sich zuerst im angelsächsischen Bereich herausgebildet haben. Es wird nach dem Nutzen von Computerbildung für Frauen gefragt und eine Antwort darauf gegeben, ob das Erlernen von Computertechnik die beruflichen Chancen von Frauen verbessert.

Donat Verlag

Brandenweg 6
 D - 2800 Bremen 33
 Tel.: 0421-274886 oder 273917

Beitrittserklärung

Ich bitte um Aufnahme in die **Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e.V.** Es entsteht mir damit ein Jahresbeitrag von DM 36,-(einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift 'lernen & lehren' plus der Versandkosten für die Zeitschrift von z. Zt. 5,60 DM, insgesamt also ein Betrag von z. Zt. 41,60 DM.) Den Gesamtbetrag überweise ich auf das Konto der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e.V., Konto Nr. 1 626 258 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 Metalltechnik e.V. widerruflich, den von mir zu zahlenden Beitrag einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift 'lernen & lehren' plus der Versandkosten für die Zeitschrift bei Fälligkeit 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: Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e.V., Geschäftsstelle: Schulzentrum Im Holter Feld, Im Holter Feld 24, 2800 Bremen 44

Bestellung

(Bitte deutlich schreiben)

Ich möchte die Reihe 'lernen & lehren' beziehen. Der Bezugspreis für vier Hefte beträgt DM 43,60 incl. Verpackung und Versand (von z.Zt.) DM 5,60.

Datum: Unterschrift:

Bestellung

Ich bestelle das Einzelheft Nr.: _____ zum Preis von DM 11,- incl. Verpackung und Versand (von z.Zt.) DM 1,-

Datum: Unterschrift:

Name Vorname:

Anschrift:

Garantie: Diese Bestellung kann innerhalb von 10 Tagen schriftlich beim Donat Verlag widerrufen werden. Zur Wahrung der Widerrufsfrist genügt die Absendung innerhalb dieser 10 Tage (Poststempel). Die Kenntnisnahme dieses Hinweises wird durch die nachfolgende Unterschrift bestätigt.

Datum: Unterschrift:

Absenden an: Donat Verlag, Brandenweg 6, 2800 Bremen 33

Beitrittserklärung

(Bitte deutlich schreiben)

Ich bitte um Aufnahme in die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V. Es entsteht mir ein Jahresbeitrag von z.Zt. 41,60 DM. Darin enthalten ist der Bezug der Zeitschrift 'lernen & lehren'. Den Gesamtbetrag überweise ich auf das Konto der Bundesarbeitsgemeinschaft e.V., Konto-Nr. 103 8314 bei der Sparkasse in Bremen (BLZ 290 501 01).

Datum: Unterschrift:

Name: Vorname:

Anschrift:

Garantie: Diese Beitrittserklärung kann innerhalb von 10 Tagen schriftlich bei der Bundesarbeitsgemeinschaft für Elektrotechnik e.V. widerrufen werden. Zur Wahrung der Widerrufsfrist genügt die Absendung innerhalb dieser 10 Tage (Poststempel). Die Kenntnisnahme dieses Hinweises wird durch die nachfolgende Unterschrift bestätigt:

Datum: Unterschrift:

Einzugsermächtigung

Hiermit ermächtige ich die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in den Fachrichtung Elektrotechnik e.V., den jeweils fälligen Jahresbeitrag von meinem Konto einzuziehen.

Konto-Nr.: Sparkasse/Bank:

BLZ:

Name: Vorname:

Datum: Unterschrift:

Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V., Geschäftsstelle, Berufsschule für Elektrotechnik, An der Weserbahn 4-5, 2800 Bremen 1

Teacher Training für Saudi-Arabiens Berufsschullehrer

Seit 25 Jahren beraten wir die Regierung des Königreiches Saudi-Arabien bei der Entwicklung des beruflichen Bildungswesens. Eine Vielzahl deutscher Experten hat als Berater der arabischen Lehrkräfte an den diversen Secondary Industrial Schools und Colleges of Technology ein Niveau erarbeitet und gesichert, das den Ansprüchen einer sich entwickelnden Industrie gerecht wurde, die in einzelnen Bereichen hochindustriellen Standard hat. Der Bereich der gewerblichen Berufsausbildung hat auch für die mit handwerklichen Arbeiten traditionell nicht vertrauten Schüler eine starke Attraktivität entwickelt. Die konsequente Weiterentwicklung dieses Systems verlangt nun, auch den Bereich der Lehrerausbildung weiterzuentwickeln.

Für konzeptionelle Überlegungen sowie Planung und Organisation von Einzelmaßnahmen suchen wir einen erfahrenen

Seminarleiter

der aus einer der Sparten Metall, Elektro oder Kfz kommen sollte.

Die besondere Herausforderung dieser Stelle liegt in der Verzahnung der unterschiedlichen Elemente im saudischen Berufsbildungssystem (neben den deutschen Einflüssen auch nach amerikanischem Muster ausgebildete Instructors for On-the-Job-Training) und der Bewältigung der quantitativen Anforderung einer wachsenden Wirtschaft.

Der Schwerpunkt der Maßnahmen zielt auf die Fachdidaktik.

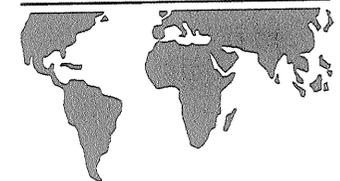
Der ideale Kandidat bringt neben Fachkenntnissen und Erfahrungen in der bundesdeutschen Lehrerausbildung die Fähigkeit zu konzeptionellem Denken und ein Interesse am Zugang anderer Kulturen zur Technik in diese Position ein. Gute englische Sprachkenntnisse sind unabdingbar.

Wenn eine solche Aufgabe Sie herausfordert, senden Sie uns bitte eine Bewerbung (Lebenslauf, Lichtbild, Zeugniskopien, ggf. Literaturliste) unter der Kennziffer S. 15. Für Rückfragen steht Ihnen Herr Soemer (Tel.: 06196/79-3240) zur Verfügung.

Bei Beurlaubungen unterstützen wir Sie gern. Aus sozio-ökonomischen Gründen kommen in Saudi-Arabien für eine solche Position nur männliche Kandidaten in Betracht.



Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit
(GTZ) GmbH



GTZ -
Postfach 5180
6236 Eschborn 1

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 38,- (4 Hefte)
zuzüglich Versandkosten (Einzelheft DM 10,- /Doppelheft DM 20,-)

Inhalte:

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

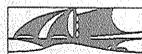
Folgende Hefte sind noch erhältlich:

- 11: Eine Berufsschule in München
- 12: Kunst für Elektrotechniker
- 13: Berufsbildung in der „Dritten Welt“
- 15: Automation in der Produktion
- 16: Neuordnung im Handwerk
- 18: Grundbildung
- 19: Schlüsselqualifikationen
- 20: Berufsbildung in der DDR
- 21: Lehrerverkooperation und Kreativitätsförderung
- 22: Automatisierungstechnik
- 23: Gebäudeleittechnik
- 24: Aufgabenwandel der Berufsschule

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, Brandenweg 6, 2800 Bremen 33
Telefon (0421) 274886 und 273917