VDRI Jahrbuch 1969

Verein Deutscher
Revisions-Ingenieure e. V.

Verein Deutscher Revisions-Ingenieure e. V.
Jahrbuch 1969

VDRI

Verein Deutscher Revisions-Ingenieure e. V.

Technisch-wissenschaftliche Vereinigung zur Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten
Gegründet 1894

Mitglied der Föderation der Europäischen Vereinigungen der Sicherheitsingenieure, Sicherheitsdienste und Betriebsärzte (FAS)

Mitglied des Deutschen Verbandes der Technisch-Wissenschaftlichen Vereine (DVT)

Jahrbuch 1969

Vorträge der Jahrestagung des Vereins Deutscher Revisions-Ingenieure e. V. aus Anlaß des 75jährigen Bestehens am 12. und 13. Juni 1969 in Würzburg

Verein Deutscher Revisions-Ingenieure (VDRI)

Vorsitzender:	Dipl.-Ing. Kurt Bierwerth 6200 Wiesbaden, Mainzer Straße 20, Telefon (0 61 21) 3 99 26
Stellv. Vorsitzender:	Dipl.-Chem. Willi Strack 6500 Mainz, Hindenburgstraße 32, Telefon (0 61 31) 6 20 82
Schriftführer:	Dr.-Ing. Dieter Claus 3000 Hannover, Osterstraße 63, Telefon (05 11) 2 58 93
Stellv. Schriftführer:	Dipl.-Ing. Jürgen Krome 5800 Hagen, Rosenstraße 115, Telefon (0 23 31) 5 52 22
Schatzmeister:	Bauing. Friedrich Schiller 3000 Hannover, Geibelstraße 61/65, Telefon (05 11) 80 00 51
Stellv. Schatzmeister:	Ing. Albert Biederbick 3000 Hannover, Geibelstraße 51 Telefon (05 11) 83 37 01
Vortragsreferent:	Dipl.-Ing. Gerhard Przybylski 6500 Mainz, Hindenburgstraße 32, Telefon (0 61 31) 6 20 82
Rechnungsprüfer:	Dipl.-Ing. Fritz Kohn 3000 Hannover, Osterstraße 63, Telefon (05 11) 2 58 93
	Dipl.-Ing. Siegfried Knobloch 3000 Hannover, Walderseestraße 5, Telefon (05 11) 62 81 51
Sitz des Vereins:	Laut Vereinsregister: 3300 Braunschweig, Bültenweg 88
Geschäftsstelle:	3000 Hannover, Geibelstraße 61/65, Telefon (05 11) 80 00 51

Überweisungen:	Verein Deutscher Revisions-Ingenieure e. V. Braunschweig Postscheckkonto Hannover 1 190 48

Inhalt

6 **Programm der Jahrestagung am 12. und 13. Juni 1969 in Würzburg**

9 **Eröffnung und Begrüßung**

Dipl.-Ing. K. Bierwerth
Vorsitzender des Vereins Deutscher Revisions-Ingenieure e. V., Wiesbaden

Regierungsgewerbedirektor Dipl.-Ing. Schulte
Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Bonn

Präsident K. Hofmann
Bundesversicherungsamt, Berlin

14 **Arbeitssicherheit – eine sozialpolitische Aufgabe**

Direktor Dr. H.-A. Bischoff
Badische Anilin und Sodafabrik AG, Ludwigshafen

Fachvorträge

19 **Arbeitssicherheit und Unfallverhütungsvorschriften**

Dipl.-Ing. P. Buss
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V.
Zentralstelle für Unfallverhütung, Bonn

23 **Berufsgenossenschaftliche Fachausschußarbeit unter Berücksichtigung des Maschinenschutzgesetzes**

Dipl.-Ing. D. Feldmann
Bau-Berufsgenossenschaft, Hannover

27 **Die Bedeutung der Kunststoffe in der Sicherheitstechnik**

Dr. R. Kassebart
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg

30 **Die Makrolonplatte als Sicherheitsscheibe**

Ing. H. Beicher
Farbenfabriken Bayer AG, Uerdingen

36 **Kopfschutzmittel**

Ing. S. Klitscher
Bau-Berufsgenossenschaft Hannover, Berlin

38 **Kunststoffe als Bauelement**

Dipl.-Ing. D. Feldmann
Bau-Berufsgenossenschaft Hannover

40 **Die Verwendung von Kunststoffolien bei der Konstruktion von Ausblasewänden**

Architekt B. Kirch
Gesellschaft mit beschränkter Haftung zur Verwertung chemischer Erzeugnisse, Liebenau

51 **Kunststoffe für den Bau von Druckbehältern**

Dipl.-Ing. W. Weise
Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen

58 **Rohrleitungen aus Kunststoff in der chemischen Industrie**

Dipl.-Ing. H. Domininghaus
Farbwerke Hoechst AG, Frankfurt/Main

64 **Sicherheitsschuhe**

Dipl.-Chem. W. Strack
Lederindustrie-Berufsgenossenschaft, Mainz

65 **Wärme- und Flammenschutz durch geschäumte Kunststoffe**

Dr. K. Komorniczyk
Knapsack AG, Knapsack

68 **Modellbrandversuche an Heizölbehältern**

Dipl.-Ing. F. C. Jarczyk
Badische Anilin und Sodafabrik AG, Ludwigshafen

73 **MAK-Werte für gesundheitsschädliche mineralische Stäube?**

Dr.-Ing. D. Hasenclever
Staubforschungsinstitut des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V., Bonn

79 **Können Unfälle und ihre Folgen überwunden werden?**

Oberarzt Dr. med. R. Kratzert
Berufsgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus, Frankfurt/Main

86 **Innere Sicherheit an Kraftfahrzeugen**

Dipl.-Ing. G. Huber
Daimler-Benz AG, Sindelfingen

95 **Arbeitssicherheit an automatischen Maschinen**

Dipl.-Ing. S. Radandt
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten, Mannheim

102 Verzeichnis der VDRI-Bevollmächtigten und ihrer Stellvertreter

Programm

Donnerstag, den 12. Juni 1969, Hutten-Säle (großer Saal)

9.00 Uhr **Eröffnung und Begrüßung**

Dipl.-Ing. K. Bierwerth
Vorsitzender des Vereins Deutscher Revisions-Ingenieure e. V., Wiesbaden

Regierungsgewerbedirektor Dipl.-Ing. Schulte
Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Bonn

Präsident K. Hofmann
Bundesversicherungsamt, Berlin

9.45 Uhr **Arbeitssicherheit – eine sozialpolitische Aufgabe**

Direktor Dr. H.-A. Bischoff
Badische Anilin und Sodafabrik AG, Ludwigshafen

10.30 Uhr Pause

11.00 Uhr **Fachvorträge**

Leitung Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Arbeitssicherheit und Unfallverhütungsvorschriften

Dipl.-Ing. P. Buss
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V.
Zentralstelle für Unfallverhütung, Bonn

Geschichtliche Entwicklung – Gesetzlicher Auftrag – Gestaltung der Unfallverhütungsvorschriften und Gesetz über technische Arbeitsmittel – Unfallverhütungsvorschriften und staatliche Arbeitsschutzvorschriften sowie technische Regeln privater Normenorganisationen – Unfallverhütungsvorschriften und Harmonisierungsprogramm der Europäischen Gemeinschaften.

11.30 Uhr **Berufsgenossenschaftliche Fachausschußarbeit unter Berücksichtigung des Maschinenschutzgesetzes**

Dipl.-Ing. D. Feldmann
Bau-Berufsgenossenschaft, Hannover

Aufstellung und Änderung von Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien, Sicherheitsregeln – Normenausschußarbeit – Beratung der Hersteller von Arbeitsmitteln – Berufsgenossenschaftliches Beurteilungsverfahren – Durchführung des Maschinenschutzgesetzes.

12.15 Uhr Ende der Vormittagsvorträge

14.15 Uhr

Fortsetzung der Fachvorträge

Leitung Dr. R. Kassebart
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg

Einleitung und Rahmenvortrag

Die Bedeutung der Kunststoffe in der Sicherheitstechnik

Dr. R. Kassebart, Heidelberg

Die Makrolonplatte als Sicherheitsscheibe

Ing. H. Beicher
Farbenfabriken Bayer AG, Uerdingen

Kopfschutzmittel

Ing. S. Klitscher
Bau-Berufsgenossenschaft Hannover, Berlin

Kunststoffe als Bauelement

Dipl.-Ing. D. Feldmann
Bau-Berufsgenossenschaft Hannover

Die Verwendung von Kunststoffolien bei der Konstruktion von Ausblasewänden

Architekt B. Kirch
Gesellschaft mit beschränkter Haftung zur Verwertung chemischer Erzeugnisse, Liebenau

Kunststoffe für den Bau von Druckbehältern

Dipl.-Ing. W. Weise
Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen

Rohrleitungen aus Kunststoff in der chemischen Industrie

Dipl.-Ing. H. Domininghaus
Farbwerke Hoechst AG, Frankfurt/Main

Sicherheitsschuhe

Dipl.-Chem. W. Strack
Lederindustrie-Berufsgenossenschaft, Mainz

Wärme- und Flammenschutz durch geschäumte Kunststoffe

Dr. K. Komorniczyk
Knapsack AG, Knapsack

Modellbrandversuche an Heizölbehältern aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen, Stahl und Aluminium

Dipl.-Ing. F. C. Jarczyk
Badische Anilin und Sodafabrik AG, Ludwigshafen

17.00 Uhr

Ende der Nachmittagsvorträge

Freitag, den 13. Juni 1969, Hutten-Säle (großer Saal)

9.00 Uhr

MAK-Werte für gesundheitsschädliche mineralische Stäube?

Dr.-Ing. D. Hasenclever
Staubforschungsinstitut des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V., Bonn

Keine offiziellen MAK-Zahlen in der Bundesrepublik – Die Selbsthilfe der Berufsgenossenschaften durch die Beurteilungssysteme des Staubforschungsinstitutes – Die Bewertung von Stäuben mit freier kristalliner Kieselsäure – Asbesthaltige Stäube – Neue Aufgaben des Staubforschungsinstitutes durch Entwicklung und Gründung berufsgenossenschaftlicher Prüfstellen.

9.45 Uhr

Können Unfälle und ihre Folgen überwunden werden?

Oberarzt Dr. med. R. Kratzert
Berufsgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus, Frankfurt/Main

Unfallchirurgische Wiederherstellungsmaßnahmen – Gelenkersatz – Bioelektrische Armprothese – Handchirurgische Probleme – Verletzung der Wirbelsäule – Wiedereingliederung oder Umschulung?

10.30 Uhr

Pause

11.00 Uhr

Innere Sicherheit an Kraftfahrzeugen

Dipl.-Ing. G. Huber
Daimler-Benz AG, Sindelfingen

Der Sicherheitsbegriff beim Pkw – Grundzüge der Unfallmechanik – Erkenntnisse der Biomechanik – Konstruktionsmerkmale des »sicheren« Pkw – Der Sicherheitsgurt – Unfallexperimente.

11.45 Uhr

Arbeitssicherheit an automatischen Maschinen

Dipl.-Ing. S. Radandt
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten, Mannheim

Wechselbeziehung Mensch/Automat – Die Fehlfunktion, eine natürliche Erscheinung im ständigen Verhalten des automatischen Systems – Fehlfunktion als Unfallursache – Erhöhung der Verläßlichkeit durch konstruktive Maßnahmen – Unfallschwerpunkte: Einrichtung, Wartung, Reinigung – Schutzmaßnahmen.

12.30 Uhr

Ende der Fachvorträge

Eröffnung und Begrüßung

Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Der Verein Deutscher Revisions-Ingenieure wurde am 22. März 1894 gegründet und besteht jetzt 75 Jahre. Das war der Anlaß, um hier in Würzburg eine Jahrestagung durchzuführen mit einem Vortragsprogramm, das die heutigen Probleme der Unfallverhütung und der Verhütung von Berufskrankheiten behandelt. Neben den technischen Fragen wird auch ein Thema aus der Unfallchirurgie vorgetragen, das eng mit unseren Aufgaben als Ingenieure in Verbindung steht.

Die 75 Jahre Geschichte des VDRI sind gleichzeitig 75 Jahre Mitarbeit an der Lösung sozialer Aufgaben. Der VDRI entstand aus dem Bedürfnis heraus, durch den Zusammenschluß der Revisionsingenieure die von den einzelnen Mitgliedern bei ihrer Berufstätigkeit in den Betrieben gesammelten Erfahrungen bei der Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten auszutauschen und die Ergebnisse der Öffentlichkeit bekanntzumachen. Diese Aufgabe ist bis heute geblieben, nur die Form und die Themen haben sich der Zeit angepaßt.

In der Technik sind im Laufe der Jahre große Fortschritte erzielt worden, aber die Gefahren für die Gesundheit der in den Betrieben Beschäftigten sind nicht weniger geworden, sie änderten sich nur. So mußte die Unfallverhütung immer wieder neue Wege gehen, um sich den Neuerungen in der Technik und in den Arbeitsverfahren anzupassen. Die Notwendigkeit zum Erfahrungsaustausch, zur Weiterbildung und gedanklichen Anpassung zeigte sich immer wieder aufs neue, so daß der VDRI, besonders durch seine öffentlichen Vortragsreihen und Jahrestagungen, stets aktuelle Aufgaben hatte.

Der VDRI erfülte damit auf manchen Gebieten in freiwilliger Arbeit Unfallverhütungsaufgaben, die über den gesetzlichen Auftrag, der den Berufsgenossenschaften erteilt wurde, hinausgingen oder sich mit ihm deckten. So sind die Mitglieder auch fast ausschließlich Technische Aufsichtsbeamte der gewerblichen Berufsgenossenschaften, die mit den Mitgliedern aus anderen Vereinigungen, die ebenfalls die Arbeitssicherheit zum Ziele haben, eine enge Gemeinschaft bilden.

Zu keiner Zeit hat der VDRI allein und isoliert gestanden, sondern stets die Gemeinschaft und die Öffentlichkeit gesucht, um den in seiner Satzung niedergelegten Aufgaben zu entsprechen. Danach bezweckt er die Förderung der Wissenschaft sowie den Austausch und die Verbreitung der auf dem Gebiet des Arbeits- und Betriebsschutzes, insbesondere der Unfallverhütung und der Verhütung von Berufskrankheiten gesammelten Erfahrungen. Er bezweckt ferner – so heißt es weiter – die Pflege der Zusammengehörigkeit der deutschen Fachgenossen auf diesem Gebiet. Der VDRI verfolgt ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke.

Diese wenigen Sätze, vor vielen Jahren geformt, zeigen Ziel und Bestreben des VDRI auf. Um diese selbstgestellten Aufgaben durchführen zu können, war immer eine enge Verbundenheit mit Behörden, staatlichen Dienststellen und allen Organisationen vorhanden, soweit die Arbeitssicherheit zu ihren Aufgaben gehört.

Von den bisher 13 Ehrenmitgliedern, die aufgrund ihrer besonderen Verdienste um den VDRI gewählt wurden, gehörten allein drei dem früheren Reichsversicherungsamt an:

Der frühere Senatspräsident Professor Dr.-Ing. e. h. Geh. Regierungsrat Hartmann,

der ehemalige Präsident des Reichsversicherungsamtes Wirkl. Geh. Oberregierungsrat Dr. jur., Dr. med. hc., Dr. rer. pol. h. c. Kaufmann

und der damalige Senatspräsident Geh. Regierungsrat Dr. Dr. med. h. c. Fischer.

Die Präsidenten des früheren Reichsversicherungsamtes und des Bundesversicherungsamtes waren in allen Jahren oft Gast bei uns, und ich darf diese Erinnerung zum Anlaß nehmen, ganz besonders herzlich den Präsidenten des Bundesversicherungsamtes Herrn Präsident Hofmann zu begrüßen.

Die Zahl der Gäste, die seit vielen Jahren an unseren Jahrestagungen und Vortragsveranstaltungen teilnehmen, war immer groß, so darf ich heute einige nennen und damit gleichzeitig die vielen anderen begrüßen.

Als Vertreter des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung begrüße ich Herrn Regierungsgewerbedirektor Schulte und darf erwähnen, daß die Herren

des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung und der Arbeitsministerien der Länder unsere Arbeit stets mit großem und ehrlichem Interesse verfolgt haben.

Herr Ministerialdirigent Dr. Schmatz vom Bayrischen Staatsministerium für Arbeit und soziale Fürsorge mußte im letzten Augenblick absagen und übermittelte schriftlich seine besten Wünsche und Grüße. Als seinen Vertreter begrüße ich Herrn Oberregierungsgewerberat Krämmer. Damit darf ich auch gleichzeitig die Herren aus den Arbeitsministerien der Länder begrüßen, die sehr zahlreich unter uns sind.

Ich freue mich über die Anwesenheit der Fraktionsvertreter der Parteien in Würzburg und begrüße Herrn Stadtrat Dipl.-Ing. Salomon, Herrn Stadtrat Theiß und Herrn Dr. Vierheilig. Ebenso begrüße ich Herrn Oberbaudirektor Dr. Safferling vom Balthasar-Neumann-Polytechnikum, Akademie für angewandte Technik, Würzburg.

Stellvertretend für zahlreiche ehrenamtlich in den Vorständen und Vertreterversammlungen der Berufsgenossenschaften tätigen Unternehmer und Versicherte begrüße ich sehr herzlich Herrn Dr. Bischoff, der als stellvertretender Vorsitzender des Hauptverbandes nachher zum Thema »Arbeitsschutz – eine sozialpolitische Aufgabe« zu uns sprechen wird.

Sehr herzlich begrüße ich in unserer Mitte den Präsidenten der Europäischen Vereinigung der Sicherheitsingenieure, der Sicherheitsdienste und der Werksärzte, Herrn Ing. Maresch, Wien, sowie von der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt Wien Herrn Dipl.-Ing. Habeck.

Von den Berufsgenossenschaften sind zahlreiche Geschäftsführer und Mitarbeiter unter uns. Von ihnen darf ich für alle den Hauptgeschäftsführer des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften Herrn Dr. Wickenhagen sehr herzlich begrüßen.

Schließlich möchte ich nicht die zahlreichen Gewerbeaufsichtsbeamten und Sicherheitsingenieure vergessen, mit denen wir beruflich ständig zusammenarbeiten und auch gemeinsame Jahrestagungen und Vortragsveranstaltungen durchführen.

Von den zahlreichen schriftlich eingegangenen guten Wünschen darf ich die des Vorsitzenden des Deutschen Verbandes der Technisch-Wissenschaftlichen Vereine, Herrn Prof. Dr.-Ing. Balke, erwähnen.

Außerdem sandten Grüße:

Herr Dr. Messer vom Europarat,

der Regierungspräsident von Unterfranken, Herr Dr. Meixner,

die Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände,

der Deutsche Gewerkschaftsbund,

das Internationale Arbeitsamt, Zweigamt Bonn,

der Vorsitzende der Bundesarbeitsgemeinschaft für Arbeitssicherheit, Herr Dr. Frank,

und der Verein Deutscher Ingenieure.

Ich darf meine Freude darüber ausdrücken, daß mir alle diese Zuschriften zeigen, daß die Zusammenarbeit mit allen Stellen, Organisationen und Vereinen aufrichtig und freundschaftlich ist.

Gestatten Sie mir aber bitte, weil der Anlaß zur heutigen Tagung für uns doch einige Bedeutung hat, einen kurzen Rückblick auf die letzten 75 Jahre.

Nach dem Unfallversicherungsgesetz vom 6. Juli 1884 waren die Berufsgenossenschaften befugt, »Beauftragte« zu ernennen und mit der Aufgabe zu betrauen, die einzelnen Betriebe der Berufsgenossenschaften auf ihre Arbeitssicherheit zu prüfen. Diese Aufgabe konnte ehrenamtlichen Organen der Berufsgenossenschaft oder auch Angestellten übertragen werden. Vorschriften über die Vorbildung der Beauftragten zur Ausübung ihrer Tätigkeit enthielt das Gesetz nicht.

Der Grad der maschinellen Ausrüstung der Betriebe und die Art der Betriebseinrichtungen waren sowohl für die Maßnahmen zur Durchführung der Unfallverhütung als auch für die Wahl der Personen bestimmend, die dann mit der Revisionstätigkeit betraut wurden. Manchmal hielt man eine technische Vorbildung der Beauftragten für erforderlich, manchmal reichte auch die persönliche Erfahrung oder der »praktische Blick«.

Die Beauftragten der Berufsgenossenschaften boten damals ein buntes Bild von Männern verschiedener Vorbildung, vom reinen Bürobeamten bis zum erfahrenen, akademisch gebildeten Ingenieur. Die Zahl der Ingenieure überwog keineswegs, obwohl die Berufsgenossenschaften, die vorwiegend Maschinenbetriebe betreuten, strenge Maßstäbe bei der Auswahl angelegt hatten. Die Ingenieure erkannten aber bald bei ihrer Tätigkeit, daß der Umfang und die Mannigfaltigkeit ihres Aufgabengebietes umfangreichere Kenntnisse und Erfahrungen als vorhanden erforderten, um jede Betriebsgefahr und deren Ursachen beurteilen und einfache und praktische Wege zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren angeben zu können. Die Betreung der Betriebe wurde im Laufe der Zeit immer mehr als Beratung angesehen und immer weniger als strenge Prüfung oder Revision.

In Erkenntnis dieser Schwierigkeiten fand bereits 1888 auf Anregung des damaligen Regierungsrates Platz vom Reichsversicherungsamt, der zu jener Zeit noch Beauftragter der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik war, eine Zusammenkunft von Beauftragten mehrerer in Berlin ansässiger Berufsgenossenschaften statt. Dadurch lernten sich einige Beauftragte näher kennen; sie veranstalteten in den Wintermonaten der folgenden Jahre regelmäßig zwanglose Zusammenkünfte, bei denen Erfahrungen und Ergebnisse ihrer Tätigkeit in den Betrieben ausgetauscht wurden. Hierbei zeigte es sich, welch wertvolle Anregungen diese Erfahrungen gaben, und wie wünschenswert es war, nicht nur für die Fortbildung der zunächst beteiligten Beauftragten selbst, sondern auch für weitere Kreise nutzbar zu machen. Diese Zusammenkünfte führten dann dazu, daß man eine Vereinigung gründen wollte, um zu einem festen Zusammenhalt zu kommen.

Die Gründer und zugleich ersten Mitglieder waren:

Braune
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie

Geh. Reg.Rat Professor Dr.-Ing. e. h. Gary
Steinbruchs-Berufsgenossenschaft

Professor Goslich
Brauerei- und Mälzerei-Berufsgenossenschaft

Zweiter Ingenieur Hillinger
Dampfkessel-Revisions-Verein, Berlin

Hosemann
Norddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft

Klein
Norddeutsche Holz-Berufsgenossenschaft

Erster Ingenieur Schneider
Dampfkessel-Revisions-Verein, Berlin

Oberingenieur Specht
Nordöstliche Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaft.

Schon in der ersten Sitzung kam eine Reihe von Fragen zur Sprache, die noch viele Jahre und teilweise bis heute Gegenstand ernster Diskussionen war. Selbst die Frage, ob nicht der Maschinenhersteller dafür zu haften habe, daß schon beim Bau der Maschinen alle Schutzvorrichtungen als Maschinenteile mit anzubringen seien, wurden damals erörtert. Die Lösung brachte erst im vergangenen Jahr das Gesetz über technische Arbeitsmittel, das Maschinenschutzgesetz. Auch die Frage, ob Unfallverhütungsvorschriften notwendig oder zweckmäßig seien, war ein aktuelles Thema.

Das Gewerbe- und Unfallversicherungsgesetz vom 30. Juni 1900 brachte eine wesentliche Änderung auf dem Gebiete der Unfallverhütung, indem das Gesetz von den Berufsgenossenschaften die Anstellung Technischer Aufsichtsbeamter forderte, die damit die Beauftragten ablösten. Von den Technischen Aufsichtsbeamten wurde – den Verhältnissen der anstellenden Berufsgenossenschaften entsprechend – auch eine technische Vorbildung verlangt, das Reichsversicherungsamt erhielt das Bestätigungsrecht für die Anstellung. Das Ergebnis war, daß die technischen Wissenschaften, Statistik und systematische Forschung von diesem Zeitpunkt an mehr in den Vordergrund traten.

Ich will den Weg des VDRI in den 75 Jahren hier nicht wiedergeben. Er wurde in einer Chronik als Buch zusammengefaßt unter dem Titel:
»75 Jahre VDRI«

Um die Zusammenstellung dieser Chronik – das darf ich hier erwähnen – hat sich ganz besonders unser Kollege Dipl.-Bergingenieur Strieter verdient gemacht.

Die Chronik ist in diesen Tagen erschienen und behandelt auf fast 300 Druckseiten die Geschichte des VDRI, die zugleich die Geschichte der berufsgenossenschaftlichen Unfallverhütung ist. Sie berichtet aber auch aus den schweren Zeiten, in denen das Weiterbestehen in Frage stand. So geriet ein großer Teil der Mitglieder in der Zeit nach dem ersten Weltkrieg infolge der Inflation in eine so bedrängte Lage, daß vielfach der Wunsch laut wurde, der VDRI möge seine Mitglieder in ihren wirtschaftlichen Bestrebungen unterstützen. Es tauchte auch der Wunsch auf, zu tariflichen Vereinbarungen mit den Berufsgenossenschaften zu kommen. Auch die Zeit der großen Um- und Eingliederungen vor dem zweiten Weltkrieg ging nicht spurlos am VDRI vorüber.

Zu jeder Zeit fanden sich immer wieder Idealisten, die trotz ihrer beruflichen Inanspruchnahme bereit waren, sich für die Kollegen und für die soziale Sache einzusetzen.

In vielen größeren Städten sind für den VDRI Bevollmächtigte tätig, die auf örtlicher Ebene für eine konkrete Behandlung von Fragen der Unfallverhütung sorgen. Zur Zeit sind es 37 Bevollmächtigte, die in jedem Jahr über 100 Vorträge und Veranstaltungen durchführen. Wir stellten fest, daß im vergangenen Jahr etwa 35 000 Personen teilnahmen, das sind etwa 300 Personen je Vortrag. Die Teilnehmer sind zum überragenden Teil Betriebsangehörige, die sich für die Unfallverhütung interessieren, also Führungskräfte, Sicherheitsingenieure und Sicherheitsbeauftragte. Daß die Unfallverhütung interessant genug ist, wenn die richtigen Themen behandelt werden, mögen diese Zahlen aus unserer Arbeit, die die Mitglieder freiwillig und ohne eigenen Nutzen leisten, zeigen. Im gleichen Sinne werden wir uns bei der Aktion gegen den Unfall in Nordrhein-Westfalen 1970 einsetzen. Wir werden etwa 100 Vortragsveranstaltungen mit aktuellen Themen zusätzlich organisieren und durchführen.

So darf ich heute allen denen danken, die mit uns zusammenarbeiten und die unser Anliegen fördern. Hierbei denke ich besonders an die Berufsgenossenschaften und an den Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

Wenn wir heute in der Welt sehen, daß die Technik oft mißbraucht wird, um Habsucht, Machtgelüste und Ehrgefühle zu befriedigen, dann müssen wir uns immer wieder auf unser Ziel besinnen, anderen helfen zu wollen und im Mittelpunkt allen Denkens den Menschen sehen, um ihm zu helfen, denn unser Beruf steht im Dienst der Arbeitssicherheit und des arbeitenden Menschen.

Damit, meine sehr geehrten Damen und Herren, eröffne ich die Jahrestagung des VDRI mit einem Dank an alle diejenigen, die zu ihrer Gestaltung beigetragen haben und in diesen beiden Tagen noch beitragen werden. Ich habe den Wunsch, daß das Zusammensein Ihrer Berufsarbeit neue Erkenntnisse bringen möge.

Regierungsgewerbedirektor Dipl.-Ing. Schulte

Zum Jubiläum des 75jährigen Bestehens des Vereins Deutscher Revisions-Ingenieure überbringe ich die Grüße und besten Wünsche des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung. Ich darf Ihnen auch die besonderen Grüße von Herrn Ministerialdirektor Fitting übermitteln, der es sehr bedauert, daß er wegen anderer dienstlicher Verpflichtungen heute nicht zu Ihnen kommen konnte.

Als 1894 einige Technische Aufsichtsbeamte und Dampfkesselrevisionsingenieure beschlossen, die in der Unfallverhütung gesammelten Erfahrungen auszutauschen und zu verbreiten und sich um die Aus- und Fortbildung ihrer Mitglieder zu kümmern, ist dieser Entschluß sicher nicht überall auf Verständnis gestoßen. Unfallverhütung war damals nicht gerade populär. Diese Einstellung ist selbst heute noch nicht gänzlich überwunden.

Wie die verflossenen Jahrzehnte und vor allem die beispiellose technische Entwicklung zeigten, haben die Gründer des Vereins damals Mut und eine bewunderungswürdige Weitsicht bewiesen. Denn ohne Erfahrungsaustausch und ständige Weiterbildung wäre eine planmäßige Unfallverhütung heute gar nicht mehr denkbar. Allen, die bisher an der Verwirklichung dieser Aufgaben gearbeitet haben, gebührt dafür Dank und Anerkennung.

Mit der Weiterentwicklung der Technik müssen sich auch die Methoden des Arbeitsschutzes wandeln. Gestatten Sie mir daher, daß ich hier einige Bemerkungen zur Unfallforschung mache, auf die wir, wenn Unfallverhütungsmaßnahmen auf Dauer Erfolg haben sollen, nicht mehr verzichten können. Hier sind in Teilbereichen zwar Ansätze vorhanden. Es fehlt jedoch an einer wirksamen Koordinierung der Kräfte. Es ist deshalb geplant, das Bundesinstitut für Arbeitsschutz, das sich schon heute mit der Unfallforschung befaßt, zu einer Bundesanstalt für Unfallforschung und Arbeitsschutz auszubauen. Unter Beibehaltung der bisherigen Aufgaben soll insbesondere die Unfallforschung intensiviert und zum wissenschaftlichen Mittelpunkt der Anstalt werden. Ingenieure, Naturwissenschaftler, Mediziner, Psychologen und Volks- und Betriebswirte sollen in Teamarbeit die notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen für eine noch wirksamere Unfallbekämpfung erarbeiten. Die Anstalt soll ferner den Kontakt zu vorhandenen Einrichtungen herstellen und diese nach Möglichkeit mit in die Durchführung der Forschungsaufgaben einbeziehen. Vorhandenes in- und ausländisches Forschungsmaterial soll gesammelt und aufbereitet werden. Eine wesentliche Aufgabe wird schließlich darin bestehen, die Forschungsergebnisse so zu verbreiten, daß sie als wirksames Rüstzeug für eine erfolgreiche Unfallverhütung im Betrieb und im häuslichen Bereich genutzt werden können.
Ich möchte gerade Sie als Mitglieder des Vereins Deutscher Revisions-Ingenieure auf diese Entwicklung hinweisen, da Sie täglich in vorderster Front praktische Unfallverhütung betreiben. Noch so gute und fundierte wissenschaftliche Arbeit auf diesem Gebiet ist ohne rechten Sinn, wenn ihre Ergebnisse nicht in der Praxis angewendet werden und sich letztlich auch bewähren. Es wäre erfreulich, wenn die Unfallforschung Ihr Interesse fände und mit Ihrer tatkräftigen Unterstützung rechnen könnte.

Sie haben in den vergangen 75 Jahren gezeigt, wie durch planvolles Zusammenwirken der Kräfte erfolgreiche Arbeit geleistet werden kann. Ich wünsche Ihnen und allen, die sich mit der Unfallverhütung befassen, daß Ihre Arbeit auch in den kommenden Jahrzehnten Früchte trägt. Ihrer Jahrestagung 1969 wünsche ich einen guten Verlauf.

Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Ich danke Ihnen, Herr Regierungsdirektor Schulte, recht herzlich für die Grüße, die Sie übermittelten, und für die dargelegten Gedanken. Sie wissen, daß wir innerhalb der Arbeitsgemeinschaft für Arbeitssicherheit sowohl mit Ihrem Hause als auch mit dem Bundesinstitut für Arbeitsschutz und mit anderen Dienststellen eng zusammenarbeiten. Auch in Zukunft werden sich gewiß viele gemeinsame Aufgaben finden; wir werden auch dann die Erfahrungen gegenseitig austauschen, was zu einem fruchtbaren Ergebnis im Interesse der Arbeitssicherheit und im Interesse unserer gemeinsamen Arbeit führen wird.

Präsident K. Hofmann

In der Eröffnungsansprache des Herrn Vorsitzenden Dipl.-Ing. Bierwerth klang schon durch, daß das Reichsversicherungsamt Berlin – Rechtsvorgängerin des Bundesversicherungsamts Berlin – die Basis Ihres Zusammenschlusses legte und damit zu erkennen gab, daß diesem Zusammenschluß besondere Bedeutung beigemessen wurde. Auch das Bundesversicherungsamt erkennt Ihre sehr wertvolle Arbeit an. Ich habe es deshalb dankbar begrüßt, daß Sie mir Gelegenheit gegeben haben, Sie heute hier persönlich kennenzulernen und möchte an dieser Stelle den Wunsch zum Ausdruck bringen, daß Ihre Arbeit weiter erfolgreich bleiben möge.

Die Aufgaben der Berufsgenossenschaften erschöpfen sich nicht in der Gewährung von Renten. Vielmehr soll zunächst der Mensch der Familie erhalten bleiben und jeder Gesundheitsschädigung – sei sie nun leicht oder schwer – vorgebeugt werden, da sie dem Erfolg des Ganzen schadet. Dieser Gedanke ist stets vom Verein Deutscher Revisions-Ingenieure in den Vordergrund gestellt worden; ich darf mich dem anschließen.

Zweifellos geht die Entwicklung durch Forschung weiter, zweifellos werden neue Erkenntnisse gewonnen. Grundlage aber Ihrer Arbeit bleibt, solange Unternehmen, deren Mitarbeiter geschützt werden müssen, die Vorschrift zur Verhütung von Unfällen und vor allen Dingen deren Anwendung in der Praxis. Es ist eine wahrhaft große Aufgabe, den arbeitenden Menschen zu helfen, die in ihrer Tragweite nicht hoch genug bewertet werden kann.

Es war mein Anliegen, Ihnen dies heute aus der Sicht meiner jahrzehntelangen Arbeit auf dem Gebiet der Sozialversicherung, gestützt auf langjährige Erfahrung, zu sagen. Zugleich aber muß ich mich in meiner Eigenschaft als Präsident des Bundesversicherungsamtes Berlin wegen Ablaufs meiner Dienstzeit verabschieden. Ich erlaube mir, Ihnen allen nochmals Erfolg und Glück und dem Verein Deutscher Revisions-Ingenieure die Fortsetzung seiner der Gemeinschaft dienenden Arbeit zu wünschen.

Dipl.-Ing. Bierwerth

Herr Präsident Hofmann, wir konnten Ihren Worten entnehmen, daß das Bundesversicherungsamt unserer Arbeit, die wir im kleinen leisten, immer viel Verständnis entgegengebracht hat. Ich darf mit meinem Dank an Sie die besten Wünsche für Sie persönlich verbinden, da Sie ja jetzt aus dem aktiven Dienst scheiden.

Arbeitssicherheit - eine sozialpolitische Aufgabe

Direktor Dr. H.-A. Bischoff

Verhüten ist besser als vergüten!

Lassen Sie mich diesen Slogan an die Spitze meiner Ausführungen zum Thema »Arbeitssicherheit – eine sozialpolitische Aufgabe« stellen, die ich am heutigen Jubiläumstage an Stelle des verhinderten Vorsitzenden des Vorstandes des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Herrn Hopf, aber doch in voller Übereinstimmung mit ihm und deshalb zugleich in seinem Namen in dieser Festversammlung machen darf.

Wir sind dankbar, daß der Vorstand des Vereins Deutscher Revisions-Ingenieure uns hierzu Gelegenheit gegeben hat, wie wir dankbar sind für Ihrer aller Wirken in Erfüllung der sozialpolitischen Aufgabe der Arbeitssicherheit, und wie wir Sie alle hier namens der gewerblichen Unfallversicherung, ihrer Träger und der Versicherten und Mitgliedsunternehmen als Kollegen bei der gemeinsamen Erfüllung dieser Aufgabe sehr herzlich grüßen. Lassen Sie mich meine Ausführungen anknüpfen an den durch eine fortschreitende und fortschrittliche sozialpolitische Entwicklung falsch gewordenen Namen ihres Vereins.

Sie sind ja heute nicht mehr Revisoren, sondern Berater.

Die Technischen Aufsichtsbeamten hatten ursprünglich die Befolgung der Unfallverhütungsvorschriften zu überwachen, die Zugehörigkeit der Betriebe zu überprüfen, deren richtige Einschätzung in die Gefahrklasse zu sichern. Diese ursprüngliche Aufgabe war also, die Mitgliedsbetriebe hinsichtlich der von den Betriebseinrichtungen ausgehenden Gefahren zu überwachen.

Noch nach der Reichsversicherungsordnung alter Fassung hatten die Berufsgenossenschaften für die Durchführung der Unfallverhütungsvorschriften zu sorgen.

Sie waren berechtigt sowie auf Verlangen des Reichsversicherungsamtes verpflichtet, Technische Aufsichtsbeamte in erforderlicher Anzahl anzustellen, um dieser Überwachungspflicht genügen zu können. Aber das Unfallversicherungsneuregelungsgesetz eröffnete auch kraft Gesetzes ein sehr viel weiteres Feld. Es gereicht den Berufsgenossenschaften und den für ihre Arbeit Verantwortlichen zur Ehre, daß diese bisher letzte gesetzgeberische Maßnahme nur die formelle Sanktionierung einer Handhabung war, die sich in Selbstverwaltung entwickelt hat, und es gereicht Ihnen, meine Herren Technischen Aufsichtsbeamten, zur besonderen Ehre, daß es die Impulse aus ihrer Tätigkeit und aus ihren Erfahrungen waren, die diese sozialpolitisch so bedeutsame Ausweitung und Akzentverschiebung Ihrer Aufgaben herbeigeführt hat.

Die Berufsgenossenschaften haben nunmehr durch ihre Technischen Aufsichtsbeamten nicht nur für die Durchführung der Unfallverhütungsvorschriften zu sorgen, sondern die Durchführung der Unfallverhütung schlechthin zu überwachen und ihre Mitglieder zu beraten.

Damit ist die gesamte Unfallverhütung im weitesten Sinne zur Aufgabe gestellt worden. Die bisherige Überwachungstätigkeit hatte sich darauf zu beschränken, ob die Unfallverhütungsvorschriften beachtet sind. Jetzt erstreckt sich die Überwachungstätigkeit auf alle Maßnahmen der Unfallverhütung, gleichgültig, ob einzelne Gebiete durch Unfallverhütungsvorschriften geregelt sind oder nicht.

Die Erkenntnis, daß eine wirksame Arbeit auf dem Gebiete der Unfallverhütung nur möglich ist, wenn jede Gelegenheit ergriffen wird, die Arbeitssicherheit zu fördern, fand schon frühzeitig ihren Ausdruck nicht nur in der beratenden Tätigkeit der Technischen Aufsichtsbeamten den Unternehmern und Versicherten gegenüber, sondern auch gegenüber den Herstellern von technischen Arbeitsmitteln. Diese Einstellung entspricht der sozialpolitischen Aufgabe, die die Berufsgenossenschaften ihren Versicherten und ihren Mitgliedsunternehmen gegenüber haben.

Darüber hinaus sind die Fachausschüsse und die Messekommissionen der Berufsgenossenschaften inzwischen zu einem festen Begriff geworden. Sie beraten Hersteller und Konstrukteure von technischen Arbeitsmitteln und haben schon lange vor Inkrafttreten des Gesetzes über technische Arbeitsmittel dazu beigetragen, daß in die Mitgliedsbetriebe im wesentlichen nur noch Arbeitsmittel gelangen, die eine weitgehende Sicherheit für Leben und Gesundheit der Beschäftigten bieten. Die Beratung hat so unmittelbare Auswirkungen auf die Arbeitssicherheit in den Mitgliedsunternehmen der einzelnen Berufsgenossenschaften. Gerade diese Ausweitung des bisherigen Aufgabenbereiches macht deutlich, daß heute die Arbeitssicherheit als unteilbare sozialpolitische Aufgabe erfaßt und durchgeführt wird.

Die gesetzliche Aufgabenstellung in § 712 der Reichsversicherungsordnung hat die Richtigkeit dieser Auffassung nur noch bestätigt.

Natürlich zielte auch schon die bloße Überwachung, die »Revision«, von der Ihr Verband seinen Namen herleitet, auf Unfallverhütung ab, auf technische Unfallverhütung. Aber Arbeitssicherheit ist mehr als technische Unfallverhütung. Arbeitssicherheit setzt das verantwortliche Miteinander von Arbeitgebern, einzelnen Arbeitnehmern, den Betriebsräten, Gewerkschaften und Arbeitgeberverbänden, Unfallversicherungsträgern und staatlicher Gewerbeaufsicht voraus. Mitverantworten und Mitgestalten bedingen sich gegenseitig ebenso wie miteinander verantwortlich gestalten und voneinander, miteinander und füreinander lehren und lernen. Dieses vielfältige Geflecht ist die sozialpolitische Aufgabe, vor die uns, die wir miteinander in diesem Bereich wirken, die Arbeitssicherheit stellt.

Ich möchte den Eingangs-Slogan: »Verhüten ist besser als vergüten«, jetzt dahin konkretisieren:

Rentenleistung ist gut,

Rehabilitation ist besser,

Arbeitssicherheit ist am besten.

Ich komme darauf noch einmal zurück.

Daß der Vorstand des Hauptverbandes diesen soeben erörterten Sinn der Arbeitssicherheit als sozialpolitische Aufgabe erkannt hat, mögen Sie aus der Existenz eines für diese Aufgabe ganz besonders verantwortlichen Vorstandsausschusses entnehmen. Im Grundsatzausschuß für Arbeitssicherheit führen Vertreter der Sozialpartner den Vorsitz; durch einen seiner beiden Vorsitzenden, Herrn Schüssler, ist seine Arbeit mit der der Bundesarbeitsgemeinschaft für Arbeitssicherheit eng verbunden, da Herr Schüssler auch einer der beiden Vorsitzenden dieser Arbeitsgemeinschaft ist. Dem Grundsatzausschuß »Arbeitssicherheit« gehören neben Hauptgeschäftsführern Leitende Technische Aufsichtsbeamte als sachverständige Berater an.

Im Aufgabenbereich Arbeitssicherheit der gewerblichen Unfallversicherung sieht der Vorstand des Hauptverbandes folgende Schwerpunkte, die ich Ihnen ohne Rangfolge ihrer Bedeutung nenne:

die Aufklärung aller Beteiligten;

die fachliche Beratung der Betriebe;

den vorbeugenden Maschinenschutz durch die Fachausschüsse;

die Vereinheitlichung, Vereinfachung, Verständlichkeit und Aktualisierung der Unfallverhütungsvorschriften;

die technische Aus- und Fortbildung der Technischen Aufsichtsbeamten;

die Schulung von Sicherheitsbeauftragten und Sicherheitsingenieuren, von Unternehmern und Beauftragten der Unternehmer, von Arbeitnehmern als den von Unfallfolgen unmittelbar und persönlich Betroffenen

und nicht zuletzt die Förderung und stete Verbesserung des Zusammenwirkens, des Miteinander aller Beteiligten, womit sich der Kreis der Schwerpunkte schließt, denn diese Förderung beginnt mit der Aufklärung.

Ich würde die ganze Zeit Ihrer Festveranstaltung in Anspruch nehmen, wenn ich vor diesem Kreise diese Schwerpunkte in Einzelheiten darstellen wollte. Lassen Sie mich deshalb nur zu Aus- und Fortbildung sowie Schulung etwas eingehender sprechen, im übrigen noch einiges Grundsätzliche sagen.

Zunächst zur Aus- und Fortbildung der Technischen Aufsichtsbeamten:

Die Ausbildung der Technischen Aufsichtsbeamten, die nach der Prüfungsordnung vorgeschrieben ist, wird von den einzelnen Berufsgenossenschaften durchgeführt. Da die Tätigkeit der Technischen Aufsichtsbeamten unbeschadet der fachlichen Gliederung der Berufsgenossenschaften eine breite gemeinsame Basis hat, stellt der Vorstand des Hauptverbandes Überlegungen an, wie in Zukunft eine teilweise gemeinsame Aus- und Fortbildung durchgeführt werden kann. Von einer solchen Maßnahme verspricht sich der Vorstand einen noch besseren fachlichen und persönlichen Kontakt unter den Technischen Aufsichtsbeamten.

Den neu einzustellenden Technischen Aufsichtsbeamten soll eine gleichmäßige allgemeine Grundausbildung geboten werden.

Für die bereits angestellten Technischen Aufsichtsbeamten sollen Fortbildungslehrgänge den persönlichen Erfahrungsbereich erweitern und die Technischen Aufsichtsbeamten unverzüglich mit neuen Problemen und Erkenntnissen auf dem gesamten Gebiete der Arbeitssicherheit vertraut machen. Diese Lehrgänge sollen allgemein interessierende Themen technischer, medizinischer und psychologischer Art zum Gegenstand haben.

Kurse mit fachspezifischen Themen können eingerichtet werden, wenn einzelne Berufsgenossenschaften oder Berufsgenossenschaftsgruppen Interesse daran haben.

Der Vorstand legt auf die Aus- und Weiterbildung der Technischen Aufsichtsbeamten auch deshalb besonderen Wert, da sie es sind, die die Berufsgenossenschaften den Mitgliedern gegenüber vertreten und täglich mit den Problemen und Anforderungen der Praxis konfrontiert sind. Bei der Bedeutung der Arbeitssicherheit ist das beste Rüstzeug für die Bewältigung dieser Aufgabe gerade gut genug.

Sodann zur Schulung:

Technische Maßnahmen sind zweifellos eine unverzichtbare Voraussetzung der Arbeitssicherheit. Die für sie zuständigen und verantwortlichen Unternehmer müssen auf ihre einschlägigen Pflichten nicht nur im negativen Grenzfall durch Ordnungsstrafen, sondern vielmehr kontinuierlich mittels Schulung, Erziehung und daraus resultierender Überzeugung hingewiesen werden.

Aber abgesehen davon, daß technische Maßnahmen Wirksamkeitsgrenzen haben – nicht nur jenseits, sondern auch innerhalb dieser Grenzen sind wir auf die Mitarbeit und die Überzeugung von der Bedeutung der Arbeitssicherheit jedes einzelnen angewiesen. Es kommt darauf an, daß der Bedeutungsgehalt des sicheren Verhaltens erkannt und anerkannt wird. Auch der

Weg dorthin führt nur über die Erziehung. Das hat nichts damit zu tun, daß man diejenigen, die man zu sicherem Verhalten zu beeinflussen sucht, indirekt zu Sündenböcken stempelt. Tatsache ist vielmehr, daß der Mensch als Individuum kein beliebig gestaltbares Objekt wie die Maschine ist, sondern in seinem Verhalten und in seiner Meinung überzeugend beeinflußt werden muß, um sich schließlich aus eigenem Antrieb sicher zu verhalten. Wenn auch unsere Kenntnisse über die Psychologie noch nicht gefestigt sind und vielleicht niemals gefestigt werden, da der Mensch sich auch in seinem Verhalten mit der Umwelt ändert, ist es doch möglich, durch gezielte Information und Instruktion Verhaltensänderungen herbeizuführen. Die besten Vorschriften und Hilfsmittel bleiben wertlos, wenn derjenige, der sich ihrer bedienen soll, ihre Bedeutung nicht anerkennt. Die Berufsgenossenschaften haben sich zu keiner Zeit damit begnügt, Vorschriften zu erlassen und technische Maßnahmen vorzuschreiben. Schon sehr frühzeitig wurde der Wert der Schulung erkannt. Die Technischen Aufsichtsbeamten haben in den vergangenen Jahren in unzähligen Kursen sowohl Unternehmer als auch Versicherte unterrichtet und geschult. Aufbauend auf eigene Erfahrung und im Wechselgespräch von Praktiker zu Praktiker werden die normativen Festlegungen durch das gesprochene Wort und durch exemplarische Demonstrationen belebt und begreifbar gemacht.

Besonders hervorgehoben zu werden verdienen die bei der Schulung von Sicherheitsbeauftragten vollbrachten Leistungen. Nachdem der Gesetzgeber die Berufsgenossenschaften durch das Unfallversicherungs-Neuregelungsgesetz verpflichtet hat, für die erforderliche Ausbildung der mit der Durchführung der Unfallverhütung betrauten Personen zu sorgen, sind innerhalb kurzer Zeit Tausende von Sicherheitsbeauftragten, aber auch Unternehmer und Führungskräfte geschult worden. Eine Leistung, die die Technischen Aufsichtsbeamten neben ihrer übrigen Arbeit vollbracht haben und vollbringen. Besonders beachtlich ist, daß diese Aktivität nicht im eigenen Bereich endet, sondern daß die Technischen Aufsichtsbeamten an zahlreichen Kursen und Veranstaltungen anderer Stellen beteiligt sind und auch dort ihren Einfluß für eine positive Einstellung gegenüber der Arbeitssicherheit wirksam werden lassen.

Doch sind die erbrachten Leistungen zwar anerkennenswert, aber noch immer nicht ausreichend. Schulung als Erziehung zur Erkenntnis des individuellen und kollektiven Wertes der Arbeitssicherheit, als Erziehung zur Bereitschaft, die diesem Wert dienende sozialpolitische Aufgabe der Arbeitssicherheit nicht gezwungen, sondern aus Überzeugung zu erfüllen, wird eine immer wichtigere, immer intensiver und aktiver zu lösende Teilaufgabe des Hauptverbandes, seiner Mitgliedsberufsgenossenschaften und seiner Organe und Verwaltung, vor allem der Zentralstelle für Unfallverhütung, sein.

Und schließlich das Grundsätzliche:

Wenn von der Aufklärung und dem Zusammenwirken aller Beteiligten die Rede ist, so wird damit deutlich, daß Arbeitssicherheit ein höchst komplexer Vorgang in Voraussetzung, Herbeiführung, Dauerhaftigkeit und Inanspruchnahme ist. Kein einzelner kann sie gewährleisten. Der vorsichtigste Arbeitnehmer verunglückt aufgrund von technischen Mängeln. Doch die technisch vollkommene Anlage schützt nicht gegen Folgen eines Fehlverhaltens bis zum leider ja auch zu beobachtenden Leichtsinn auf allen Seiten. Arbeitgeber, Arbeitnehmer und Betriebsrat, Sicherheitsingenieur, Sicherheitsmeister und Sicherheitsbeauftragter – jeder für sich und alle zusammen – bedürfen des aus umfangreichen, ja allgemeinen Erfahrungen gespeisten Rates des Technischen Aufsichtsbeamten; aber dieser Rat kann nur wirksam werden, wenn er aufgeschlossen entgegen- und in das tägliche betriebliche Arbeitsleben hineingenommen wird. Das sind nur Andeutungen. Aber sie zeigen, daß es neben der Sache liegt, wenn man sich auf die Frage konzentriert, ob unzureichende technische und damit meistens auch unzureichende finanzielle Mittel mehr Schuld an Unfällen tragen als das sogenannte »menschliche Versagen« des Verunglückten oder seiner Arbeitskollegen, oder ob es umgekehrt ist und – wie so leichthin gesagt wird – in 80 % der Fälle der Verunglückte schuld sei. Das ist ein nicht nur unfruchtbarer, sondern zugleich ein unsachlicher, unlogischer Streit.

Der Kundige weiß dreierlei:

Zunächst das Erste:

Der Unfall hat nicht nur eine Ursache, selten mehrere analysierbare Ursachen, sondern beruht meistens auf einer ganzen Kette, einem ganzen Geflecht von Ursachen. Die eine oder andere von ihnen mag überwiegendes auslösendes Moment sein; deren Ausschaltung allein hätte vielleicht diesen ganz konkreten Unfall verhindert, nicht aber auch andere, ähnlich gelagerte.

Sodann als Zweites:

Arbeitssicherheit ist eine ganz nüchterne, ausschließliche sachliche Angelegenheit; ihre Motive spiegeln wohl auch die Emotionen wider, die von den Unfallfolgen um so stärker bestimmt werden, je schwerer sie sind, aber ihre Gewährleistung kann nur in nüchterner Planung, Durchführung und Mitgestaltung durch alle Beteiligten erreicht werden.

Und schließlich das Dritte:

Wie alle Politik, so ist auch Sozialpolitik die Kunst des Möglichen; möglich ist das Erreichbare. In der Sozialpolitik das zum Wohle des Menschen Erreichbare auch wirklich zu erreichen, ist nicht nur Kunst – das gewiß auch, gerade Sie erfahren das tagtäglich –, sondern auch Verpflichtung. Wenn aber Arbeitssicherheit als das Erreichbare nur nüchtern und völlig entideologisiert zu erreichen ist, dann sind alle, die sich um die Erfüllung der sozialpolitischen Aufgabe Arbeitssicherheit bemühen, verpflichtet, alle Ideologie über Bord zu werfen, nüchtern vor allem im eigenen Teilbereich der Mitgestaltung und Mitverantwortung zu planen und zu handeln.

Sie haben als Technische Aufsichtsbeamte einmal die Verpflichtung, darüber zu wachen, daß jeder das ihm in seinem Teilbereich Obliegende gewissenhaft erfüllt und

nicht statt dessen, sondern allenfalls zusätzlich andere in ihren Teilbereichen dazu anhält – das bedeutet das Wort »Aufsicht« in ihrer Berufs- und Dienstbezeichnung.

Sie haben zum zweiten auch in immer vordringlicher werdender Verantwortung die Verpflichtung, die anderen an der Arbeitssicherheit Beteiligten in deren jeweiligem Teilbereich zu beraten – das kommt in ihrer Berufs- und Dienstbezeichnung leider nicht zum Ausdruck. Zu beraten nicht nur den Unternehmer, Sicherheitsingenieur, Sicherheitsmeister auf der einen Seite, den Betriebsrat, Sicherheitsbeauftragten und Arbeitnehmer auf der anderen, sondern auch Organe und Verwaltung Ihrer Berufsgenossenschaft und über und durch diese die Organe und Verwaltung des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

Aus der Summierung dieser letztgenannten Ratschläge entsteht ein immer neu wachsendes Gesamtbild der Erfahrungen, das zu allgemeinen übergreifenden Maßnahmen führen kann und muß, die wieder Ihnen bei Ihrer verantwortlichen Mitarbeit an der Arbeitssicherheit helfen sollen. Das Miteinander ist ja nicht ein wechselseitiges Kritisieren, sondern ein gegenseitiges Helfen und Fördern.

Ich nenne einige Stichworte:

Aktionen gegen den Unfall und stetige Fortsetzung des durch sie bewirkten Aufklärungsstoßes durch regionale Arbeitskreise für Arbeitssicherheit, in und mit denen die Landesverbände im Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften in Zukunft aktiv und gerade auch auf diese Aufgabe ausgerichtet tätig werden sollen.

Intensivierung eigener und fremder Unfallforschung.

Präventive ärztliche Untersuchungen zur weitgehenden Ausschaltung von Krankheit als Unfallursache auf der Basis des § 708 Abs. 1 Satz 3 der Reichsversicherungsordnung. Ein Kolloquium namhafter Fachleute aller Fachbereiche hat am 30. Mai 1969 hierfür den allgemeinen Startschuß gegeben.

Intensivierung der Schulung sowie der Aus- und Fortbildung.

Aktivierung der Fachausschüsse, insbesondere auch als Prüfstellen in Durchführung des Maschinenschutzgesetzes, die neben Prüf- und Untersuchungseinrichtungen die ständige sachkundige Mitarbeit der Technischen Aufsichtsbeamten erfordern. Lassen Sie mich an dieser Stelle, meine Herren, eine kurze Bemerkung zu der Begrüßungsansprache des Herrn Vertreters des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung einschalten.

Herr Reg.-Dir. Schulte, wir haben auch heute aus Ihren Ausführungen und aus einer Bestätigung von Presse und Nachrichten erfahren, daß der Herr Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung die Einrichtung eines Unfallverhütungsinstituts in Köln plant. Es wird hier, so hoffe ich, ein edler Wettstreit zwischen diesem Institut und den Einrichtungen entstehen, die von uns geplant werden und für die Vorarbeiten bereits vorangetrieben worden sind. Aber dieser edle Wettstreit wird sicher nicht ein Gegeneinander sein, sondern natürlich ein Miteinander.

Intensivierung der Zusammenarbeit mit den Betrieben, ihren Leitungen, Betriebsräten und Sicherheitsorganen.

Ich breche hier ab. Aber ich habe noch ein Anliegen. Sie wissen, daß der Dank mitten im Berufsleben eine doppelte Funktion hat. Er ist in die Vergangenheit gerichtet und gilt als Anerkennung für die erbrachte Leistung. Er ist in die Zukunft gerichtet und dient als Ansporn für die weitere Leistung.

Wenn ich Ihnen für Ihre Tätigkeit im Dienste der Arbeitssicherheit, bei der Erfüllung der von ihr gekennzeichneten sozialpolitischen Aufgabe Dank sage, Dank im Namen des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften, seiner Mitgliedsberufsgenossenschaften, aber auch der anderen Unfallversicherungsträger, in deren Bereich Sie wirken, Dank im Namen von hunderttausenden Betrieben, Dank im Namen von Millionen Menschen, für deren Arbeitssicherheit Sie arbeiten, dann soll dieser Dank diese doppelte Funktion der Anerkennung und des Ansporns ausüben.

Er ist aufrichtig, obwohl oder gerade weil wir alle wissen, daß das Wirken für die Arbeitssicherheit nie zu vollem Erfolg führen wird, weil Technik und Mensch, weil menschliche Arbeit in der technischen Welt sich ständig wandeln. Es ist – ebenfalls nie voll erfüllbare – Aufgabe der Sozialpolitik, die Auswirkungen und Folgen dieses Wandels so in den Griff zu bekommen, daß Schaden soweit wie möglich vermieden und nicht erst ersetzt wird.

Lassen Sie mich wiederholen:

Verhüten ist besser als vergüten. Und lassen Sie mich zum Schluß fragen: für wen ist das besser?

Die Antwort auf diese Frage zeigt, wie wertvoll, nützlich und schön es ist, für die Arbeitssicherheit zu wirken.

Je besser diese sozialpolitische Aufgabe von allen Beteiligten und nicht zuletzt von Ihnen erfüllt wird, um so wirtschaftlicher und produktiver ist die Arbeit, um so unberührter bleibt das Gefüge der Gesellschaft, um so weniger Menschen werden in ihrem Glück beeinträchtigt. Die beiden erstgenannten Folgen dienen letztlich ja auch nur der letzten, dem Glück der Menschen. Wir wollen alle dankbar dafür sein, jeder an seinem Platz, daß uns eine solche Aufgabe gestellt ist. Ich wünsche dafür von Herzen Erfolg und immer neuen Erfolg.

Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Im Namen aller darf ich Ihnen, Herr Dr. Bischoff, herzlich für Ihre grundsätzlichen Ausführungen danken. Unsere gemeinsame Arbeit im Grundsatzausschuß für Arbeitssicherheit, dem Mitglieder des Vorstandes, Hauptgeschäftsführer und Technische Aufsichtsbeamte angehören, hat gezeigt, daß es ein guter Weg war, der

dort begonnen wurde. Herr Dr. Bischoff, von Ihnen werden viele persönliche Opfer für Ihre ehrenamtliche Tätigkeit gefordert. Wir freuen uns um so mehr, daß Sie heute zu uns gekommen sind, denn die Technischen Aufsichtsbeamten haben selten Gelegenheit, Ansichten des Vorstandes des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften zu hören. Wir können Ihre Worte als eine Ermutigung für unsere weitere Tätigkeit sehen, denn vieles hat uns gezeigt, daß wir auf dem richtigen Weg sind, und daß die Zielsetzung auch im Leben des VDRI den Erfordernissen und Gegebenheiten angepaßt ist.

Wir haben schon vor vielen Jahren konkrete Vorschläge über die spezielle Ausbildung der Technischen Aufsichtsbeamten für ihre Tätigkeit, aber auch über ihre Fort- und Weiterbildung gemacht. Wir würden uns sehr freuen, wenn der Vorstand unsere damaligen Vorschläge und Vorstellungen wieder aufgreifen würde.

Zu einer Zusammenarbeit ist der VDRI, ich brauche das nicht besonders zu erwähnen, zu jeder Zeit bereit.

Die Technik ist im Fluß, die Sicherheitstechnik muß sich der allgemeinen Technik anpassen. Technische Neuerungen und Forschungsergebnisse sind für unsere Belange nutzbar zu machen. Darum sind Veranstaltungen, wie diese VDRI-Jahrestagung, Arbeitssitzungen, in denen wir Neues für unsere Tätigkeit erarbeiten wollen.

Ich darf Ihnen nochmals sehr herzlich danken, daß Sie zu uns gekommen sind.

Arbeitssicherheit und Unfallverhütungsvorschriften

Dipl.-Ing. P. Buss

Das dritte Buch der Reichsversicherungsordnung in der Fassung des Unfallversicherungsneuregelungsgesetzes wird eingeleitet mit der programmatischen Bestimmung über die Aufgaben der Unfallversicherung. An erster Stelle des Katalogs steht die Aufgabe, Arbeitsunfälle zu verhüten. Mit Fug und Recht darf unterstellt werden, daß die Reihenfolge der Aufgaben gleichzeitig eine Rangfolge, eine Wertung darstellt.

Eine Stütze findet diese Auffassung in der Tatsache, daß der Gesetzgeber die Verpflichtung der Träger der Unfallversicherung, mit allen geeigneten Mitteln für die Verhütung von Arbeitsunfällen und für eine wirksame Erste Hilfe zu sorgen, auch an die Spitze der Leistungen gesetzt hat, die im zweiten Abschnitt des dritten Buches zusammengefaßt sind.

In der Begründung zum Gesetzentwurf heißt es hierzu u. a.:

»Mit dieser Vorschrift wird die Bedeutung der Unfallverhütung und der damit zusammenhängenden Überwachung der Unternehmen sowie der Maßnahmen zur Ersten Hilfe unterstrichen. Die überragende sozialpolitische Bedeutung der Unfallverhütung erfordert ihre Anführung als erste Leistung, das heißt an dieser Stelle des Gesetzes.«

Allerdings hat die Unfallverhütung nicht erst durch das Unfallversicherungsneuregelungsgesetz ihren hervorragenden Platz unter den Aufgaben und Verpflichtungen der Unfallversicherungsträger erhalten. Die Berufsgenossenschaften haben seit jeher der Bedeutung dieser Aufgabe Rechnung getragen und ihr immer einen besonderen Rang eingeräumt. Die Bedeutung der Unfallverhütung wurde durch das Unfallversicherungsneuregelungsgesetz nicht erst begründet, sondern bestätigt und durch die Einfügung der Worte »mit allen geeigneten Mitteln« erweitert. Lassen Sie mich aus der Vielzahl der Mittel, die der Unfallverhütung dienen, die Unfallverhütungsvorschriften herausgreifen.

Um die vom Gesetzgeber übertragenen Aufgaben erfüllen zu können, haben die Berufsgenossenschaften Unfallverhütungsvorschriften zu erlassen. Das Zusammenleben in einer Gemeinschaft funktioniert nun einmal nicht, wenn es nicht nach verbindlichen Regeln erfolgt. Diese Erkenntnis ist nicht gerade neu, wie die 10 Gebote beweisen. Allerdings ist das Zusammenleben in der Zwischenzeit komplizierter geworden und mit ihm die differenzierten Spielregeln, nach denen es erfolgt.

Diese Feststellung trifft auch für die Unfallverhütungsvorschriften zu. Anfangs erarbeiteten die Berufsgenossenschaften ihre Unfallverhütungsvorschriften weitgehend unabhängig voneinander, so daß die Schwierigkeiten bei der Durchführung dieser Vorschriften nicht ausblieben. Der Vorteil gleicher Vorschriften für gleiche Sachgebiete wurde sehr bald erkannt.

Nach verschiedenen Zwischenstationen auf dem Wege zur Harmonisierung des berufsgenossenschaftlichen Vorschriftenwerkes erhielt die Zentralstelle für Unfallverhütung 1927 den Auftrag, die Vorschriften gemeinsam mit den jeweils betroffenen Berufsgenossenschaften einheitlich zu gestalten und zu überprüfen, ob und in welchem Umfang besondere Vorschriften oder Abweichungen von Normalvorschriften für einzelne Gewerbezweige notwendig sind. Der Erfolg dieser Bemühungen war ein weitestgehend einheitliches Vorschriftenwerk, das am 1. April 1934 bei nahezu allen Berufsgenossenschaften in Kraft getreten ist. Ein beachtlicher Teil dieser Vorschriften gilt heute noch und ich wage zu behaupten, daß sie insgesamt gesehen die seither vollzogene technische Entwicklung relativ besser überstanden haben und praktikabler geblieben sind als manche nach dem Krieg erlassene Vorschrift.

Die Berufsgenossenschaften haben sich in der Vergangenheit wiederholt sagen lassen müssen, daß ihre Unfallverhütungsvorschriften nicht mehr zeitgemäß seien, da sie in vielen Fällen nicht mehr dem Stande der Technik entsprächen. Es wird auch oft behauptet, daß das gesamte Vorschriftenwerk zu umfangreich und zu unübersichtlich sei. Mag dahingestellt bleiben, ob und inwieweit dieser Vorwurf die Berufsgenossenschaften selbst trifft.

Ich erinnere nur daran, daß die Entwürfe von Unfallverhütungsvorschriften nicht nur von den Berufsgenossenschaften, sondern in Gemeinschaftsarbeit mit den an einer Vorschrift interessierten Kreisen erfolgt. Gerade von außen ist an die berufsgenossenschaftlichen Fachausschüsse oft der Wunsch herangetragen worden, konkrete Einzelregelungen in die Vorschriften aufzunehmen.

Die Kritiker übersehen dabei auch, daß die Berufsgenossenschaften bis zum Erlaß des Unfallversicherungsneuregelungsgesetzes verpflichtet waren, für die Durchführung der Unfallverhütungsvorschriften zu sorgen und ihre Befolgung durch technische Aufsichtsbeamte überwachen zu lassen. Aus diesem Grunde waren die Berufsgenossenschaften auch gezwungen, in den Unfallverhütungsvorschriften Maßnahmen und Verhaltensanweisungen im einzelnen festzulegen.

Mit dem Inkrafttreten des Unfallversicherungsneuregelungsgesetzes hat sich auch die Rechtslage geändert. Nach § 712 haben die Technischen Aufsichtsbeamten nicht nur mehr die Einhaltung der Unfallverhütungsvorschriften, sondern die Durchführung der Unfallverhütung insgesamt zu überwachen. Abgesehen von der veränderten Rechtslage, die nicht mehr erfordert, daß konkrete Einzelheiten in Unfallverhütungsvorschriften normiert werden, gibt es zwingende tatsächliche Gründe, die Unfallverhütungsvorschriften anders zu gestalten als bisher. Die Anwendung neuester naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und die progressive technische Entwicklung können heute innerhalb eines Jahres Veränderungen zur Folge haben, wie sie früher selbst innerhalb eines Jahrzehnts nicht vorstellbar waren. Die Unfallverhütungsvorschriften können daher in Anbetracht des zeitraubenden Beratungs- und Genehmigungsverfahrens nur noch aktuellen Wert behalten, wenn in ihnen künftig grundsätzlich nur noch festgelegt wird, welche Gefahren abzuwenden sind, aber nicht, wie sie abzuwenden sind.

Beweisbare Tatsache ist, daß die Berufsgenossenschaften früher zeitig die Notwendigkeit erkannt haben, das Vorschriftenwerk nach dieser Konzeption zu modernisieren. Bereits vor Erlaß des Unfallversicherungsneuregelungsgesetzes haben zwischen dem Bundesarbeitsministerium und dem Hauptverband Verhandlungen über die Gestaltung der Unfallverhütungsvorschriften stattgefunden. Die Verhandlungen haben in beiderseitiger Übereinstimmung ihren Niederschlag in Grundsätzen gefunden, nach denen in den Unfallverhütungsvorschriften nur noch die sicherheitstechnischen Ziele festzulegen sind und in Durchführungsregeln aufzuzeigen ist, wie diese sicherheitstechnischen Ziele erreicht werden können. Diese Grundsätze sind den Berufsgenossenschaften 1964 zur Beachtung bekanntgegeben worden. Dennoch ergaben sich in der Vergangenheit Meinungsverschiedenheiten über die Auslegung dieser Grundsätze mit dem Ergebnis, daß sie in der Regel nicht konsequent angewandt worden sind. Es war daher notwendig, hier Klarheit zu schaffen.

Nachdem der Unfallverhütungsausschuß des Hauptverbandes beschlossen hatte, die Überarbeitung der Unfallverhütungsvorschriften vorrangig einzuleiten, wurde zur Unterstützung der Zentralstelle für Unfallverhütung ein Arbeitskreis aus Juristen und Technikern gebildet.

Dieser Arbeitskreis mußte zunächst klären, nach welchen Grundsätzen die Unfallverhütungsvorschriften künftig zu gestalten sind, um die notwendigen Ausgangsvoraussetzungen für die Bearbeitung des gesamten Vorschriftenwerkes zu erhalten. Er hat zu dieser Frage im Auftrage des Hauptverbandes mit dem Bundesarbeitsministerium verhandelt. In diesen Verhandlungen ist hinsichtlich der Gestaltung von Unfallverhütungsvorschriften Übereinstimmung erzielt worden, daß sie entgegen der bisher praktizierten Konzeption künftig keine konkrete Einzelregelung mehr enthalten sollen. Im wesentlichen wurden folgende Grundsätze vereinbart:

1. Die Unfallverhütungsvorschriften geben die Schutzziele an, die in Form von Gefahrenabwehrgrundsätzen ausgedrückt werden.

2. Technische Lösungen, die zur Erreichung des Schutzzieles führen, sind in Durchführungsregeln aufzunehmen.

3. Bestimmungen der Unfallverhütungsvorschrift »Allgemeine Vorschriften« brauchen nicht in anderen Unfallverhütungsvorschriften wiederholt zu werden. Dies gilt auch für Bestimmungen anderer Unfallverhütungsvorschriften von allgemeiner Bedeutung.

Entsprechend dieser Festlegung soll bei der Überarbeitung des gesamten Vorschriftenwerkes so vorgegangen werden, daß die Unfallverhütungsvorschrift »Allgemeine Vorschriften« die Grundlage für alle anderen Unfallverhütungsvorschriften bildet.

Für große übergeordnete Bereiche müssen weitere umfassende Unfallverhütungsvorschriften, sogenannte Grundlagenvorschriften, aufgestellt werden. Hierzu gehören beispielsweise eine Allgemeine Unfallverhütungsvorschrift über Maschinen und über elektrische Anlagen und Betriebsmittel.

Die in den Bestimmungen dieser Unfallverhütungsvorschriften von allgemeiner Bedeutung enthaltenen Forderungen und Gefahrenabwehrgrundsätze brauchen in keiner anderen Unfallverhütungsvorschrift mehr wiederholt zu werden.

Nur soweit Forderungen zu speziellen technischen Sachbereichen in der Rechtsnorm erhoben werden müssen, die durch die Unfallverhütungsvorschrift »Allgemeine Vorschriften« und andere Grundlagevorschriften nicht abgedeckt sind, bleibt Raum für spezielle Unfallverhütungsvorschriften.

In Durchführungsregeln zu den Unfallverhütungsvorschriften sind die technischen Einzelheiten anzugeben, die zeigen, wie das Schutzziel erreicht werden kann.

Von den in den Durchführungsregeln aufgezeigten Modellen kann abgewichen werden, soweit die gleiche Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist.

Enthalten von privaten Normorganisationen herausgegebene Regeln, wie DIN-Normen oder VDE-Bestimmungen, Lösungen, bei deren Anwendung das Schutzziel erreicht wird, dann soll in den Durchführungsregeln auf diese technischen Regeln verwiesen werden.

Durchführungsregeln werden generell für einzelne Sachgebiete zusammengefaßt. Das bedeutet, daß sie für begrenzte Sachbereiche in sich geschlossen herausgegeben werden können.

Die Bestimmungen, die sich auf diese Durchführungsregeln abstützen, können verschiedenen Unfallverhü-

tungsvorschriften entstammen. Der Text dieser Bestimmungen kann in dieser Zusammenfassung wiederholt werden, ohne daß bereits einmal rechtskräftig erlassene Bestimmungen gleichlautend oder abgewandelt erneut erlassen werden müssen.

Durch dieses Vorgehen würde der immer wieder erhobenen Forderung entsprochen, Unternehmer und Versicherten an einer Stelle alles Wesentliche für bestimmte Sachgebiete zusammengefaßt anzubieten.

Die aufgezeigte Konzeption ermöglicht darüber hinaus jeder einzelnen Berufsgenossenschaft, für bestimmte Arbeitsplätze und Tätigkeiten Auszüge aus den Durchführungsregeln herauszugeben.

Dies kann z. B. in Form von Merkblättern oder Handzetteln geschehen. Der Vorzug eines solchen Verfahrens liegt darin, daß für bestimmte Arbeitsplätze und Tätigkeiten gezielt über das informiert werden kann, was zur Sicherheit zu beachten ist, ohne daß in der Zusammenfassung die in Durchführungsregeln für ein bestimmtes Sachgebiet vorgegebene Grundlage verlassen wird.

Es kommt nun darauf an, daß wir von der gegebenen Möglichkeit Gebrauch machen und konsequent darauf verzichten, Einzelheiten, die sich mit der technischen Entwicklung ändern können, in Unfallverhütungsvorschriften zu zementieren.

Eine absolute Notwendigkeit, diesen Weg zu gehen, begründet das Gesetz über technische Arbeitsmittel.

Wenn dieses Gesetz sich auch an Hersteller und Importeure und nicht an diejenigen wendet, die technische Arbeitsmittel betreiben, so ergeben sich aus ihm für die künftige Arbeit der Berufsgenossenschaften doch Folgerungen, die keinesfalls unberücksichtigt bleiben dürfen.

Aufgrund dieses Gesetzes gelten außer den allgemein anerkannten Regeln der Technik und den Arbeitsschutzvorschriften auch die Unfallverhütungsvorschriften als Maßstab für die sicherheitstechnisch einwandfreie Beschaffenheit von Arbeitsmitteln. Entscheidend ist jedoch, daß Hersteller und Importeure nicht nur von den allgemein anerkannten Regeln der Technik, sondern auch von den Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften abweichen dürfen, soweit die gleiche Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist.

Die Unternehmer und Versicherten als Verwender technischer Arbeitsmittel dagegen dürfen von den Unfallverhütungsvorschriften grundsätzlich nicht abweichen. Folglich dürfen die Unfallverhütungsvorschriften künftig keine Anforderungen mehr enthalten, die sich mit der technischen Entwicklung ändern können. Nur so kann sichergestellt werden, daß Hersteller und Einführer technischer Arbeitsmittel von der im Gesetz eingeräumten Abweichungsbefugnis bezüglich der Unfallverhütungsvorschriften praktisch keinen Gebrauch machen.

Würde dieser Weg nicht beschritten werden, dann wäre abzusehen, daß innerhalb kurzer Zeit zweierlei Recht für Hersteller und Einführer einerseits und für Verwender technischer Arbeitsmittel andererseits geschaffen würde. Daß aus einer derartigen Entwicklung eine zunehmende untragbare Belastung für die Wirtschaft erwachsen würde, ist offenkundig.

Es liegt nahe, im Anschluß zu den Betrachtungen zum Gesetz über technische Arbeitsmittel noch einige Worte zur Vorrangfrage und Ergänzungsbefugnis im Verhältnis von Unfallverhütungsvorschriften zu staatlichen Arbeitsschutzvorschriften zu sagen. Um von vornherein kein Mißverständnis entstehen zu lassen, möchte ich betonen, daß die Berufsgenossenschaften vor dem Erlaß von Unfallverhütungsvorschriften stets berücksichtigen, ob bereits staatliche Arbeitsschutzvorschriften bestehen, um zu vermeiden, daß durch Doppelregelungen oder durch abweichende Regelungen für das gleiche Sachgebiet die Rechtssicherheit leidet. Unter Voranstellung dieses Grundsatzes vertreten die Berufsgenossenschaften jedoch die Auffassung, daß Unfallverhütungsvorschriften neben staatlichen Arbeitsschutzvorschriften bestehen und auch über sie hinausgehen können, wenn die staatlichen Vorschriften, z. B. infolge Überalterung nach dem Stande der Technik keinen ausreichenden Gefahrenschutz mehr bieten.

Das Bundesarbeitsministerium dagegen vertritt die Ansicht, daß es nicht zulässig sei, durch UVVen schärfere oder ergänzende Regelungen vorzunehmen, soweit im gleichen Geltungsbereich staatliche Gesetze oder Verordnungen einen Gegenstand abschließend regeln.

Grundsätzlich läßt sich hierzu feststellen, daß die auf §§ 120 e und 139 h der Gewerbeordnung gestützten Arbeitsschutzverordnungen in der Regel nur Mindestanforderungen enthalten, die den Regelungsgegenstand nicht voll erfassen. Deshalb können diese Arbeitsschutzverordnungen durch Unfallverhütungsvorschriften ergänzt und in den Unfallverhütungsvorschriften weitergehende Anforderungen gestellt werden.

Die Verordnung über überwachungsbedürftige Anlagen, die nicht nur dem Schutz der Beschäftigten, sondern auch dem Schutz der Allgemeinheit dienen, sind dagegen so konzipiert, daß der Gegenstand für alle Normadressaten einheitlich geregelt werden soll.

Das von den zuständigen technischen Ausschüssen aufgestellte Regelwerk soll die sicherheitstechnischen Anforderungen vollständig enthalten. Aus diesem Grunde sind nach Auffassung des Bundesarbeitsministeriums Unfallverhütungsvorschriften, die diese Verordnungen verschärfen oder ergänzen würden, unzulässig. Insoweit stimmen die beiderseitigen Auffassungen nicht überein, doch ist diese Frage mehr von theoretischer als von praktischer Bedeutung, da aus Zweckmäßigkeitsgründen eine Materie ohne zwingende Notwendigkeit nicht doppelt geregelt werden soll.

Ein anderer Fall ist, wenn sich Unfallverhütungsvorschriften und staatliche Arbeitsschutzvorschriften in Teilbereichen überschneiden. In diesen Fällen kann in den Erläuterungen zu den Unfallverhütungsvorschriften auf die staatlichen Vorschriften hingewiesen werden.

Zum Verhältnis zwischen Unfallverhütungsvorschriften und technischen Regelwerken privater Normenorganisationen ist zu sagen, daß Unfallverhütungsvorschriften in ihrem Geltungsbereich jedes nicht rechsverbindliche Regelwerk verdrängen.

Die Unfallverhütungsvorschriften sind für die ihr unterworfenen Mitglieder der Berufsgenossenschaft zwingend.

Werden in einer Unfallverhütungsvorschrift Sachgebiete geregelt, für die es auch Regelwerke privater Normenorganisationen gibt, so haben die der Unfallverhütungsvorschrift unterworfenen Mitglieder nicht das Recht, wahlweise Arbeitsmittel zu verwenden, die den Regelwerken, nicht aber den Unfallverhütungsvorschriften entsprechen.

Selbstverständlich beabsichtigen die Berufsgenossenschaften nicht, die von privaten Normenorganisationen geleistete Arbeit durch Übernahme in die Unfallverhütungsvorschriften nachzuvollziehen. Aus Zweckmäßigkeitsgründen sollte im Interesse von Herstellern, Importeuren und Verwendern für ein bestimmtes Sachgebiet möglichst nur ein Regel- oder Vorschriftenkomplex maßgeblich sein.

Auch hier hilft die neue Konzeption für die Gestaltung der Unfallverhütungsvorschrift weiter. Der durch Unfallverhütungsvorschriften – die sich auf die Festlegung von Schutzzielen beschränken – gesteckte Rahmen soll durch eine Bezugnahme auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik ausgefüllt werden. Dies kann allgemein dadurch geschehen, daß in der Rechtsnorm die Beachtung der allgemein anerkannten Regeln der Technik festgelegt wird, soweit nicht die gleiche Sicherheit auf andere Weise gewährleistet ist. Zum anderen kann darüber hinaus in Durchführungsregeln zu einzelnen Bestimmungen konkret auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik verwiesen werden, soweit sie ausreichen, die in den Unfallverhütungsvorschriften erhobenen Forderungen zu erfüllen. Unfallverhütungsvorschriften und technische Regelwerke können sich auf diese Weise sinnvoll ergänzen; Parallelarbeit kann vermieden werden. Die Berufsgenossenschaften haben Maßnahmen eingeleitet, die in vielen Bereichen seit Jahren gute Zusammenarbeit mit den privaten Normenorganisationen noch weiter auszubauen und zu vertiefen.

Die Betrachtungen über die Unfallverhütungsvorschriften wären unvollständig, wenn das Harmonisierungsprogramm der Europäischen Gemeinschaften auf dem Gebiete der sicherheitstechnischen Vorschriften unberücksichtigt bliebe. Das Gesetz über technische Arbeitsmittel ermächtigt den Bundesarbeitsminister, zwischenstaatliche Vereinbarungen oder bindende Beschlüses der Europäischen Gemeinschaften in innerstaatliches Recht umzusetzen. Es ist auch möglich, Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft durch Unfallverhütungsvorschriften in innerstaatliches Recht umzusetzen, da durch § 3 des Gesetzes die Unfallverhütungsvorschriften auch für Hersteller oder Einführer als Maßstab für die zu gewährende Sicherheit dienen.

Soweit eine Gemeinschaftsrichtlinie nur Schutzziele zum Inhalt hat, könnte sie folglich durch eine Unfallverhütungsvorschrift zur Angleichung übernommen und so auch für die Mitglieder der Berufsgenossenschaften verbindlich gemacht werden.

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften hat in dem inzwischen auch vom Ministerrat gebilligten Harmonisierungsprogramm verschiedene Lösungen zur Angleichung unterschiedlicher Rechtsvorschriften vorgeschlagen. Eine dieser Lösungen sieht vor, in den Gemeinschaftsrichtlinien nur die sicherheitstechnischen Ziele anzugeben und zur Erfüllung dieser Ziele auf technische Normen zu verweisen.

Die Normen privater Organisationen werden somit nicht nur als Maßstab für die Erfüllung des Gesetzes für technische Arbeitsmittel herangezogen; auch die Kommission der Europäischen Gemeinschaften sieht die Lösung vor, in den Richtlinien sicherheitstechnische Grundsätze aufzustellen, die durch den Verweis auf technische Regelwerke auszufüllen sind. Die Parallele zu der im nationalen Rahmen verfolgten Konzeption ist offensichtlich. Die Unfallverhütungsvorschriften müssen dieser Entwicklung angepaßt und so gestaltet werden, daß sie unabhängig von den sich immer rascher vollziehenden Änderungen für lange Zeit aktuell bleiben. Die Möglichkeit, diese Bedingung zu erfüllen, ohne den technischen Fortschritt zu hemmen, bieten Vorschriften, welche die Schutzziele normieren, die von der technischen Entwicklung weitgehend unabhängig sind und je nach dem Stand der Technik auf ganz verschiedenen Wegen erreicht werden können.

Nur so ist gewährleistet, daß die UVVen ein wichtiges Mittel der Unfallverhütung bleiben und auch in Zukunft ihre Funktion erfüllen können.

Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Da wir durch unsere tägliche Arbeit in den Betrieben mit den Unfallverhütungsvorschriften dauernd in Verbindung stehen, danken wir Ihnen ganz besonders, Herr Buss, daß wir aus berufenem Munde über die Grundsätze der Neugestaltung der Unfallverhütungsvorschriften etwas hören konnten. Die Vorschriften neuer Art werden den einzelnen Technischen Aufsichtsbeamten mehr Eigenverantwortlichkeit geben als bisher. Sicher werden wir in Zukunft mehr auf die jeweiligen betrieblichen Verhältnisse eingehen müssen und das Gespräch mit Unternehmer und Versicherten suchen. Wir – die Technischen Aufsichtsbeamten einerseits und die Zentralstelle für Unfallverhütung andererseits – müssen uns deshalb in Zukunft noch mehr durch gegenseitige Mitarbeit unterstützen.

Ein weiteres wichtiges Thema ist für uns die berufsgenossenschaftliche Fachausschußarbeit, die nun unter Berücksichtigung des Maschinenschutzgesetzes behandelt werden soll.

Berufsgenossenschaftliche Fachausschußarbeit unter Berücksichtigung des Maschinenschutzgesetzes

Dipl.-Ing. D. Feldmann

Es liegt sicher an der nahen Verwandtschaft der Themenstellung, daß meine Vorredner in so schönen und beredten Worten vieles von dem Allgemeinen vorwegsagen konnten, was ich Ihnen an sich auch einleitend sagen wollte. Ich darf es Ihnen daher ersparen, diese Dinge noch einmal zu wiederholen, und erlaube mir, besonders den Begriff »Beratung«, den Herr Dr. Bischoff hier herausgestellt hat, aufzugreifen und festzustellen, daß in der »Beratung« der Keim für die Fachausschußarbeit liegt. Fachausschüsse gibt es seit 1949; sie sind also 20 Jahre alt; auch ein Jubiläum. Vorgänger der Fachausschüsse, das wird vielen von uns nicht mehr im Gedächtnis sein, war während der Jahre 1921 bis 1945 die Arbeitsgemeinschaft für Unfallverhütung zur Förderung der Unfallverhütung an Maschinen, Apparaten und sonstigen Einrichtungen. Die Fachausschüsse machen es möglich, echte, fachlich gegliederte Arbeit zu leisten, da sie von jeglichen Katasterfragen unbelastet sind. Die Arbeit der Fachausschüsse, soweit es sich um die Behandlung von Fragen handelt, die doch fachlich miteinander verkämmt sind, ist insofern sichergestellt, als selbst dann, wenn ein Sachgebiet von einem Fachausschuß, der dafür zuständig ist, bearbeitet wird, er jederzeit die Möglichkeit hat, andere Fachausschüsse konsultierend heranzuziehen. Ich möchte Ihnen dazu einige Beispiele sagen, die mir als Obmann des Fachausschusses ›Bau‹ besonders im Gedächtnis sind.

Sind Steinkörbe – das sind Lastaufnahmemittel für die Beförderung von Ziegelsteinen – zu beurteilen, so schaltet in diesem Falle der zuständige Fachausschuß »Fördermittel und Lastaufnahmemittel« den Fachausschuß ›Bau‹ ein, um die Erfahrungen, die z. B. die Bau-Berufsgenossenschaften mit dem Beurteilungsgegenstand gemacht haben, verwerten zu können. Auf einem anderen Gebiet, z. B. hochziehbare Arbeitskörbe, befragt der Fachausschuß ›Bau‹ den Fachausschuß ›Hebezeuge II‹, da nur dieser über die Winden, die in solchen Geräten eingebaut sind, entsprechende Auskunft geben kann. Ein anderes Gebiet sind z. B. Mischmaschinen. Auch hier arbeitet der Fachausschuß ›Bau‹ mit dem Fachausschuß ›Hebezeuge II‹, mit dem Fachausschuß »Elektrotechnik« und u. U. mit noch anderen Fachausschüssen zusammen, um über spezielle, anderen Fachausschüssen zugeordnete Teile des technischen Arbeitsmittels die richtige Beurteilung abgeben zu können. Die Zusammensetzung, der Zweck und die Aufgaben der Fachausschüsse ist etwa folgendermaßen zu umreißen:

Die berufsgenossenschaftlichen Fachausschüsse sind ständige Einrichtungen der Zentralstelle für Unfallverhütung (Zefu) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

Sie dienen der gewerblichen Wirtschaft mit dem Zweck und Ziel, die Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien, Sicherheitsregeln usw. nach einheitlichen Gesichtspunkten zu gestalten und anzuwenden; dazu gehört auch das berufsgenossenschaftliche Beurteilungsverfahren.

Die Zentralstelle für Unfallverhütung hat 30 Fachausschüsse gebildet, die praktisch alle Fachgebiete, die in der gewerblichen Wirtschaft vorkommen, erfassen.

Die Federführung eines Fachausschusses liegt bei der für das betreffende Fachgebiet zuständigen oder bei einer im Einvernehmen mit den interessierten Berufsgenossenschaften hierfür gewählten Berufsgenossenschaft.

Die Fachausschüsse tragen die Bezeichnung z. B. »Fachausschuß Bau bei der Zentralstelle für Unfallverhütung des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften; Federführung: Bau-Berufsgenossenschaft Hannover«.

Auf die genaue Bezeichnung der Fachausschüsse weise ich besonders hin, um eindeutig hervorzuheben, daß die Fachausschüsse zur Zentralstelle für Unfallverhütung gehören. Das ist notwendig zu wissen, um gewisse Unklarheiten bezüglich der Zuständigkeit auszuschalten. Die Zentralstelle für Unfallverhütung ist es daher auch, die die notwendige Koordinierung der Fachausschußarbeit durchzuführen hat und durchführen muß!

Welche Personen gehören einem Fachausschuß an?

Zuerst natürlich Technische Aufsichtsbeamte der fachlich beteiligten und interessierten Berufsgenossenschaften. Dazu, meine sehr verehrten Herren, möchte ich sagen und vor allem aus der Erfahrung heraus betonen, daß die Auswahl der Technischen Aufsichtsbeamten, die zur Mitarbeit in einen Fachausschuß entsandt werden, sorgfältig geschehen muß.

Sorgfältig vor allen Dingen insofern, weil es wichtig ist, eine stetige und verbindliche Mitarbeit zu erreichen.

Verbindlich in dem Sinne, daß es nicht der Fachausschußarbeit dienlich ist, wenn ein Technischer Aufsichtsbeamter in einem Fachausschuß mitarbeitet, einen Entwurf mit beeinflußt hat und unter Umständen nachher aus dem Hause, dem der Technische Aufsichtsbeamte angehört, eine Stellungnahme zu diesem Entwurf an den Fachausschuß gelangt, die der Meinung, die der Techn. Aufsichtsbeamte vertreten hat, völlig zuwiderläuft. Um solches zu vermeiden, ist es nötig, daß in dem betreffenden Haus eine entsprechende Abstimmung erfolgt bzw., wie ich schon sagte, daß schon bei der Auswahl ein Herr benannt wird, der über das betreffende Sachgebiet genügend aussagen und – bis auf besondere Fälle natürlich – verbindlich aussagen kann.

Weiterhin gehört dem Fachausschuß ein Vertreter des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung an. Die Fachausschüsse erfreuen sich dazu der Mitarbeit der Herren der Gewerbeaufsicht. Weiterhin gehören ihm an Vertreter der Verbände der Hersteller, Vertreter der Arbeitgeberverbände sowie Vertreter der Gewerkschaft für das betreffende Fachgebiet.

Erforderlichenfalls können jederzeit besondere Sachverständige hinzugezogen werden.

Der letzteren Personengruppe kommt besondere Bedeutung beim Durchführen des berufsgenossenschaftlichen Beurteilungsverfahrens zu.

In den Fachausschüssen werden beraten: Entwürfe von Unfallverhütungsvorschriften, Entwürfe von Richtlinien als Vorläufer von Unfallverhütungsvorschriften.

Es werden Sicherheitsregeln aufgestellt, und es wird das berufsgenossenschaftliche Beurteilungsverfahren durchgeführt.

Lassen Sie mich zuerst etwas über die Beratung von Unfallverhütungsvorschriften sagen: Aus Erfahrung in der Fachausschußarbeit ist es primär von großer Bedeutung, daß jeder Fachausschuß sich die neue Konzeption, die eben von meinem Vorredner, Herrn Buss, dargelegt wurde, zu eigen macht. Nur dann ist es möglich, daß alle Beiträge, daß alle Dinge, die zu einer Unfallverhütungsvorschrift neuer Konstruktion führen sollen, richtige Berücksichtigung finden können.

Der erste Entwurf einer Unfallverhütungsvorschrift entsteht im rein berufsgenossenschaftlichen Kreis. Dazu werden von der Zentralstelle für Unfallverhütung rechtzeitig die Berufsgenossenschaften aufgerufen, um zu erklären, ob sie eine aktive Mitarbeit wünschen oder nur unterrichtet sein wollen. Aktive Mitarbeit wird richtigerweise nur von den Berufsgenossenschaften angemeldet, die mit dem zu erfassenden Stoff eng verbunden sind und daher über einschlägige Kenntnisse und Erfahrungen verfügen. Alle die Berufsgenossenschaften, die an einer Mitarbeit interessiert sind, werden hinzugezogen. Es wird dann zweckmäßigerweise zu Beginn ein kleiner Arbeitskreis gebildet, der den ersten diskutierbaren Entwurf zusammenstellt. Dieser kleine Arbeitskreis sollte jedoch so erfahren sein, daß er bereits mit all den vorher genannten Gruppen genügende Fühlung hat, um von vornherein zu wissen, welche Interessen, welche Notwendigkeiten, welche Schutzziele zu fordern sind und welche Durchführungsregeln angegeben werden können, um das Schutzziel zu erreichen. Dem kleinen Arbeitskreis, an sich rein berufsgenossenschaftlicher Natur, gehört zweckmäßigerweise schon ein Herr der Gewerbeaufsicht an.

Mit zunehmender Reife des Entwurfes werden weitere Angehörige des Fachausschusses hinzugezogen, bis er in der sogenannten »Großen Fachausschuß-Sitzung«, d. h. unter Teilnahme aller dem Fachausschuß angehörigen Personen bzw. Gremien, in einer oder mehreren Sitzungen »endberaten« wird.

Besondere Sachverständige werden – wie schon gesagt – unter Umständen zugezogen.

Der dort durchberatene Entwurf gelangt zur Zentralstelle für Unfallverhütung, die ihn den Ländern und den Berufsgenossenschaften zur Stellungnahme vorlegt. Ich will es jetzt vereinfachen und annehmen, daß der Entwurf im wesentlichen von all' diesen Stellen gebilligt wurde. Er wird dann dem Arbeitsministerium zugeleitet, erfährt dort seine Genehmigung und gelangt, wie Sie alle wissen, dann wieder zu den Berufsgenossenschaften, die dann die Aufgabe haben, durch ihre Selbstverwaltungsorgane den Entwurf beschließen und diesen Beschluß dann vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung genehmigen zu lassen.

Dann erst tritt die Unfallverhütungsvorschrift zu dem in der Vorschrift genannten Termin, der bei allen Berufsgenossenschaften, die sie erlassen wollen, einheitlich ist, in Kraft. Das ist der wesentliche Ablauf der Beratung und des Erlasses einer Unfallverhütungsvorschrift.

Ich habe vorhin auch die Erarbeitung von Sicherheitsregeln erwähnt. Diese Sicherheitsregeln haben immer mehr ihre Bedeutung, vor allem in dem Falle, wenn man, bezogen auf eine ganz bestimmte Einrichtung oder eine bestimmte unfallverhütungstechnische Frage, das zusammentragen möchte, was diejenigen, die mit dieser Einrichtung oder mit dieser Maschine zu arbeiten haben, beachten müssen. Sicherheitsregeln können alles das zusamenfassen, was durch Unfallverhütungsvorschriften abgedeckt ist. Sie können Hinweise auf Normen geben, z. B. auf DIN-Normen oder VDE-Bestimmungen. Sie können auch Berechnungsgrundlagen für bestimmte Dinge enthalten. Sie können auch über Konstruktionsgrundlagen Auskünfte geben. Sicherheitsregeln bedürfen nicht eines Genehmigungsverfahrens.

Die Mitarbeit der Fachausschüsse in der Normungsarbeit bekommt immer größere Bedeutung, vor allen Dingen im Hinblick auf das Gesetz über technische Arbeitsmittel, kurz gesagt, Maschinenschutzgesetz.

Sie wissen, daß inzwischen auch die Normenkommissionen ein Gremium gebildet haben zur Überprüfung ihrer Normen im Hinblick auf die Aufnahme von sicherheitstechnischen Bestimmungen. Fast alle Fachausschüsse haben auch bereits Fühlung mit den Normenkommissionen aufgenommen, arbeiten in diesen mit und können dadurch rechtzeitig auch schon in der Normung sicherheitstechnische Ziele angeben und verankern. Welch eine Bedeutung Normung auch im unfallverhütungstechnischen Sinne haben kann, das mögen Sie daraus er-

kennen, daß z. B. bei der Normung von Dachhaken, die kürzlich durchgeführt wurde oder auch noch im Gange ist, es gelang, Dachhakenformen von der Zahl 120 auf 7 Grundformen zusammenzufassen. Als weiteres Beispiel war die Mitarbeit des zuständigen Fachausschusses in einer Norm über die Baukreissäge von großer Bedeutung, und wichtig wird z. B. für die Bauwirtschaft die Mitarbeit des Fachausschusses ›Bau‹ an der Frage der Paketierung von Steinen sein.

Es wird zwar auf dem Gebiet seitens des RKW sehr viel getan, aber man sieht dort oftmals nur das reine Verladegeschäft und denkt nicht immer an die Fragen, die nachher arbeitstechnisch und damit unfallverhütungstechnisch von Bedeutung werden.

Die Beratung von Herstellern, vor allen Dingen im Zusammenhang mit der Durchführung des berufsgenossenschaftlichen Beurteilungsverfahrens hat eine große Bedeutung bekommen. Diese Beratung sollte nicht erst beginnen, wenn ein entsprechender Antrag einer Firma über ein technisches Arbeitsmittel vorliegt, sondern aus der täglichen Arbeit der Fachsparten heraus sollte man rechtzeitig mit Herstellern von technischen Arbeitsmitteln Fühlung aufnehmen. Man kann sie bei der Entwicklung von technischen Arbeitsmitteln beraten, und sollte es dann zu einem Antrag oder einer Beurteilung kommen, die nach den Grundsätzen hierfür nur dann vorgenommen werden soll, wenn es sich um serienmäßige Herstellung handelt, ist der Hauptteil der Arbeit bereits getan. Zu der Frage der Vorbedingung der serienmäßigen Herstellung muß noch ein Wort gesagt werden:

Oft wird eingewendet, wodurch denn sichergestellt ist, daß das zur Beurteilung angemeldete technische Arbeitsmittel in Serie hergestellt werden wird. Man muß sich mit dem Antragsteller unterhalten, und es ist nicht gut und nicht zweckmäßig, die Beurteilung nur dann durchzuführen, wenn die Serie bereits hergestellt wird, sondern es muß meiner Ansicht nach auch dann, wenn mit Sicherheit oder mit großer Sicherheit angenommen werden kann, daß ein solches Arbeitsmittel in Serie geht, das Beurteilungsverfahren durchgeführt werden. Das Beurteilungsverfahren wird, wie ich schon sagte, ausgelöst durch den Antrag eines Herstellers.

Es werden die nötigen Unterlagen verlangt, es werden Besprechungen durchgeführt, es werden Wünsche geäußert und, wenn alle diese Dinge zur Zufriedenheit des Fachausschusses erledigt worden sind, wird die Ihnen bekannte Beurteilungsbescheinigung ausgestellt.

Die Beurteilungsbescheinigung besteht bisher aus einem einzigen Blatt und ist sehr kurz gehalten, was durchaus wünschenswert ist. Es ist aber nötig, das hat sich in der Praxis herausgestellt, daß man diese Beurteilungsbescheinigungen durch Anlagen ergänzt, die es jedem und vor allen Dingen auch unseren Kollegen möglich macht, zu erkennen, um welch eine Einrichtung und welch ein technisches Arbeitsmittel es sich handelt. Einzelne Fachausschüsse sind bereits dazu übergegangen, ihre Beurteilungsbescheinigungen im entsprechenden Sinne zu ergänzen.

Im Rahmen der Fachausschüsse wird seit geraumer Zeit auch noch eine andere Arbeit durchgeführt, und zwar die Tätigkeit der berufsgenossenschaftlichen Prüfstellen oder das BG-Test-Verfahren. Sie alle wissen, welch segensreiche Auswirkungen es schon seit langem hat, daß die Holz-Berufsgenossenschaften ihre Holzbearbeitungsmaschinen bzw. Werkzeuge mit dem BG-Test-Zeichen versehen. Es gibt Stellen, die sich besonders mit den Druckminderern befassen. Die Nahrungsmittelmaschinen werden schon seit langem durch die Berufsgenossenschaft beurteilt und mit einem Zeugnis ausgestattet.

Die Mitarbeit oder die führende Arbeit im Deutschen Schleifscheibenausschuß muß man auch mit zur Fachausschußarbeit rechnen. Bolzensetzwerkzeuge haben eine ganz erhebliche sicherheitstechnische Förderung durch die Fachausschußarbeit erhalten. Kopfschutzmittel konnten nur in der so vollkommenen Weise gestaltet werden, indem sich der Fachausschuß einschaltete. Sie wissen, daß Sicherheitsschuhe bzw. die Schutzkappen von Sicherheitsschuhen geprüft werden, Sie wissen, daß wir auch die Möglichkeit haben, Sicherheitsgeschirre zu prüfen.

Auch ist noch das Typ-Prüfverfahren für Turmdrehkrane zu erwähnen.

Um Ihnen einen Überblick zu geben, welch ein Arbeitsanfall einem Fachausschuß gewärtig sein kann, kann ich sagen, daß der Fachausschuß ›Bau‹ z. B. 145 Turmdrehkrane typgeprüft hat. Beurteilungsverfahren wurden 57 durchgeführt. Diese Zahlen beziehen sich alle auf einen Zeitraum von 3 bzw. 4 Jahren. Der Verkehr des Fachausschusses ›Bau‹ mit Firmen, die an einer Beurteilung oder Beratung interessiert waren, erstreckte sich in demselben Zeitraum auf etwa 440 Firmen. Mängelanzeigen gehen bei den Fachausschüssen im Schnitt 30 bis 50 pro Jahr ein. Ich nenne diese Zahlen, um auch hier einmal deutlich zu machen, daß Fachausschußarbeit nicht nur mit der linken Hand erledigt werden kann, sondern daß dazu geeignete Kräfte zur Verfügung stehen müssen. Es ist zu begrüßen, daß der Vorstand des Hauptverbandes und auch die Hauptgeschäftsführerkonferenz durchaus eingesehen haben, daß besonders – auch im Hinblick auf die mittelbare Einschaltung der Fachausschüsse in die Durchführung des Maschinenschutzgesetzes – eine Verstärkung der personellen Besetzung der Fachausschüsse vorgenommen werden muß.

Ich habe eben gesagt »im Hinblick auf die mittelbare Durchführung des Maschinenschutzgesetzes«; es bleibt außer Zweifel, daß die Durchführung des Maschinenschutzgesetzes seitens der Gewerbeaufsicht zu betreiben ist. Ich glaube aber sicherzugehen, ich weiß es sogar, daß die Gewerbeaufsicht nicht auf die großen Erfahrungen der gewerblichen Berufsgenossenschaften bzw. ihrer Fachausschüsse wird verzichten wollen. Erste Ansätze, die zur Zusammenarbeit führten, konnten schon auf der Baumaschinenausstellung in München beobachtet werden. Dort wie auch auf der Messe in Hannover lief die Zusammenarbeit reibungslos ab. Es ist lediglich eine Frage der Koordinierung, und dann wird es möglich sein, daß die Berufsgenossenschaften und ihre Fachausschüsse ihr Wissen, ihre Erfahrung den Gewerbeaufsichtsämtern zur Verfügung stellen, damit sie in die Lage versetzt werden, eingreifen zu

können, ohne daß die Einflußnahme der Berufsgenossenschaften bzw. ihrer Fachausschüsse auf den Hersteller, auf den Betreiber Schaden leidet.

Heute morgen ist schon davon gesprochen worden, daß zur Durchführung eines Beurteilungsverfahrens weitere Prüfstellen notwendig werden könnten und – ich meine – notwendig werden. Ich möchte es auch noch einmal unterstreichen, daß die Berufsgenossenschaften die von Herrn Dr. Bischoff angeschnittene Frage mit allem Nachdruck weiter betreiben sollten, um der Unfallverhütung, um der Unfallforschung zu dienen. Den Fachausschüssen müssen entsprechende Stellen angegliedert werden und zur Verfügung stehen, die ihnen die Möglichkeit gibt, über gewisse Dinge forschungsmäßige Erkenntnisse zu bekommen oder Prüfergebnisse zu erhalten.

Beispiele gibt es dafür schon, ich darf hier die Schweiz nennen, die so etwas schon seit langem besitzt; in Frankreich gibt es solche Einrichtungen, Italien beginnt damit auf dem Gebiet der Ergonomie, in Jugoslawien und in anderen Ostblockländern kann man schon seit langem derartige Einrichtungen beobachten.

Meine Herren, in den Jahren des Bestehens der Fachausschüsse ist es trotz der in der Bundesrepublik Deutschland herrschenden Gesetzgebung, welche ausschließlich den Benutzer irgendeiner Einrichtung für deren sicherheitstechnisch einwandfreien Betrieb verantwortlich machte, gelungen, die Hersteller zu veranlassen, daß ihre Erzeugnisse schon beim Verlassen des Herstellerbetriebes sicherheitstechnisch einfrandfrei ausgerüstet sind. Aus dem Bereich der Bauwirtschaft bzw. des Kranbaues sei beispielsweise auch auf die Entwicklung des Turmdrehkranes besonders hingewiesen. Es ist – so glaube ich – ein Musterbeispiel. Dieses vor dem letzten Weltkrieg ausschließlich der Großbaustelle vorbehaltene Gerät fand ab Mitte der 50er Jahre zunehmend Eingang in alle Baubetriebe und wird heute nahezu auf jeder Baustelle eingesetzt. Die auf Grund dieser Entwicklung erarbeitete Unfallverhütungsschrift »Turmdrehkrane« trat erst im Februar 1964 in Kraft. Dennoch entsprachen alle Turmdrehkrane zu diesem Zeitpunkt bereits dieser völlig neuen Unfallverhütungsvorschrift, was schließlich schon auf die Jahre vorher geübte verständnisvolle Zusammenarbeit zwischen Fachausschuß und Herstellerindustrie zurückzuführen war.

Das Gesetz über technische Arbeitsmittel zwingt nun den Hersteller schon von sich aus, die sicherheitstechnischen Belange seiner Produkte voll zu berücksichtigen. Die Erfahrung der rückliegenden Jahre zeigt, daß diese gesetzliche Vorschrift für viele Produktionsbetriebe keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich macht. Es ist jedoch durchaus geeignet, nunmehr auch diejenigen Konstrukteure technischer Arbeitsmittel zu erreichen, die bislang mehr oder weniger davon ausgingen, daß der Benutzer einer Einrichtung für seine Sicherheit allein verantwortlich sei und sich durch eigene Aufmerksamkeit vor Schaden selbst bewahren müsse. Mit dieser Grundeinstellung lassen sich Wettbewerbsvorteile verbinden. Und es ist mit Befriedigung zu vermerken, daß gerade aus diesem Grunde von seiten der Industrie immer wieder geäußert wird, wie sehr das Gesetz über technische Arbeitsmittel dort im großen und ganzen begrüßt wird. Für die Fachausschüsse selbst bedeutet es einen zunehmenden Drang der Hersteller auf Erteilung einer Beurteilungsbescheinigung.

Diese Tatsache möchte ich hier herausstellen.

Es wird damit auch zwangsläufig eine Ausweitung und ein andersartiger Aufbau in der personellen Besetzung beim Obmann bzw. bei der federführenden Berufsgenossenschaft des Fachausschusses notwendig sein, was ich vorweg schon einmal betont habe. Der Aufwand selbst wird ohne Zweifel lohnend sein, weil die Technischen Aufsichtsdienste der Berufsgenossenschaften durch die Arbeit des Fachausschusses in Zukunft noch mehr Entlastung erfahren werden als bisher. Das, meine Herren, so glaube ich, kann jeder, der weiß, welche vorbereitende, welche vorbeugende Arbeit ein Fachausschuß zu leisten vermag, in der Praxis, in seinem täglichen Begehen der Betriebe oder der Betriebsstätten feststellen.

Ich persönlich hoffe, daß die Fachausschüsse immer mehr durch zweckentsprechende Maßnahmen gestärkt werden, um ihre Arbeit noch mehr zum Segen derer durchzuführen, deren Gesundheit es zu schützen gilt, und dazu rufe ich nochmals von diesem Ort alle zuständigen Stellen auf, gemeinsam zusammenzuarbeiten.

Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Ich danke Ihnen, Herr Feldmann, herzlich für die Darlegung der Probleme, die mit dem Maschinenschutz zusammenhängen. Die Fachausschußarbeit ist dezentralisiert, naturgemäß muß die Zentralstelle für Unfallverhütung in der Richtungsgebung und der Erfolgsprüfung Wesentliches tun. Es handelt sich hier also um eine echte Gemeinschaftsarbeit sowohl zwischen den Berufsgenossenschaften als auch mit den Gewerbeaufsichtsämtern und Maschinenherstellern. Insbesondere die Maschinenhersteller und unter diesen vornehmlich die Konstrukteure – sind an dieser Arbeit interessiert.

Die sicherheitstechnische Ausrüstung sollte bei der Konstruktion schon berücksichtigt und nicht erst später an der schon montierten Maschine nachgeholt werden.

Der nächste Themenkreis soll die Bedeutung der Kunststoffe in der Sicherheitstechnik erläutern, Herr Dr. Kassebart hat die Leitung dieses Teils der Fachvorträge übernommen.

Die Bedeutung der Kunststoffe in der Sicherheitstechnik

Dr. R. Kassebart

Unter der Leitung von Herrn Dr. Kassebart und innerhalb seines Rahmenvortrages »Die Bedeutung der Kunststoffe in der Sicherheitstechnik« wurden acht Korreferate gehalten. Rahmenvortrag und Korreferate werden in chronologischer Reihenfolge, also ablaufgemäß hier wiedergegeben.

Das uns gestellte Thema soll anläßlich des 75jährigen Bestehens des VDRI einen Eindruck vermitteln, welche vielfachen Möglichkeiten eine ständig wachsende Zahl von Kunststoffen auf einem Gebiet eröffnet, das uns allen Beruf ist. Hierbei wurde bewußt der Begriff »Sicherheitstechnik« gewählt, weil er die Unfallverhütung im weitesten Sinne zu erfassen vermag. Und was sind Kunststoffe? Diese Frage, so sollte man meinen, müßte leicht zu beantworten sein, wo wir doch täglich zahlreiche Gegenstände aus Kunststoff benutzen. Befragt man ein für den Hausgebrauch bestimmtes Lexikon, den Volksbrockhaus von 1955, so sind Kunststoffe »die von der chemischen Industrie geschaffenen organischen hochmolekularen Werkstoffe«. Man ist geneigt, diese Definition zu akzeptieren, vor allem, weil hier von hochmolekularen Werkstoffen gesprochen wird, die, mit anderen Worten ausgedrückt, Endprodukte einer chemischen Reaktion sind, und zwar unabhängig davon, ob die Ausgangsprodukte natürlichen Ursprungs sind oder ebenfalls aus chemischen Verfahren stammen. Der fleißige Leser konnte einer Tageszeitung (Die Welt vom 8. 1. 69) entnehmen, daß man in den Farbenfabriken Bayer Kunststoffe als »Chemiewerkstoffe« bezeichnet.

Wenn dieser Ausdruck auch keine Definition darstellt, so ist ihm doch Wesentliches zu entnehmen. Er ist so bestechend kurz und treffend für den gesamten Verwendungsbereich als Werkstoff, daß er mir geeignet erscheint, anstelle des Wortes »Kunststoff« verwendet zu werden. Als Parallele könnte der Sammelname »Chemiefasern« für vollsynthetische und halbsynthetische Fasern genannt werden. Hier ist der Ausdruck »Kunstseide« kaum noch zu hören. Der Makel, der dem Wort »Kunststoff« als einem unzulänglichen Ersatzprodukt für übliche Werkstoffe zunächst anhaftete, darf allerdings im wesentlichen als überwunden gelten, anders als z. B. beim Kunsthonig. Daß es im englischen und französischen Sprachraum keinen vergleichbaren Ausdruck gibt, ist wohl nur eine Folge der wirtschaftlichen Situation, in die wir durch politische Entscheidungen versetzt wurden. Allerdings treffen auch die englische Bezeichnung »plastics« und die französische Bezeichnung »Matières plastiques« nicht in vollem Umfange die Eigenschaften, die wir heute von Kunststoffen erwarten können. Versuchen wir also weiter, den Begriff »Kunststoffe« zu definieren. Da ist es für den Referenten tröstlich – oder auch enttäuschend – in Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie von 1960 zu lesen, daß eine befriedigende Definition bisher noch nicht vorliege, sie sei jedoch beim Deutschen Normenausschuß in Vorbereitung. Es heißt dann weiter:

»Kunststoffe erhält man entweder durch chemische Abwandlung von Naturstoffen (z. B. von Cellulose, Eiweiß, Kautschuk, natürlichen Harzen) oder durch Synthese aus niedrigmolekularen Bausteinen«[1].

Eine Rückfrage beim Deutschen Normenausschuß (DNA) ergab die immerhin überraschende Auskunft, daß beim Internationalen Normenausschuß (ISO) 30 Vorschläge für eine Definition vorlägen und daß man offenbar den Versuch einer allgemein gültigen Klassifizierung aufgegeben habe. Deutscherseits ist beabsichtigt, eine DIN-Norm

»Gruppierung hochpolymerer Werkstoffe auf Grund der Temperaturabhängigkeit ihres mechanischen Verhaltens«[2].

zu schaffen. Nach diesem für Kunststoffe wesentlichen Kriterium werden die hochpolymeren Werkstoffe in 4 Gruppen zusammengefaßt und für diese Gruppen Begriffe festgelegt. Im Entwurf Februar 1969 werden diese wie folgt benannt:

Thermoplaste (Plastomere)
Elastomere
Thermoelaste
Duromere (Duroplaste).

Bevor ich Beispiele zu den 4 Gruppen nenne, halte ich es jedoch für sinnvoll, die Konstitution dieser hochpolymeren Werkstoffe etwas näher zu betrachten.

Der Ausdruck »hochpolymer« soll besagen, daß die Produkte Molekulargewichte in der Größenordnung von einigen 10 000 bis zu mehreren 100 000 haben, wobei zu beachten ist, daß die einzelnen Molekeln im Gegensatz zu niedrigmolekularen Verbindungen verschieden groß sind und sich ein Meßergebnis allein als statistisches Mittel ergeben kann.

---

[1] Ullmann Encyklopädie der technischen Chemie, 11. Band (1960) S. 4.
[2] DIN 7724 Entwurf 1969 (Gelbdruck).

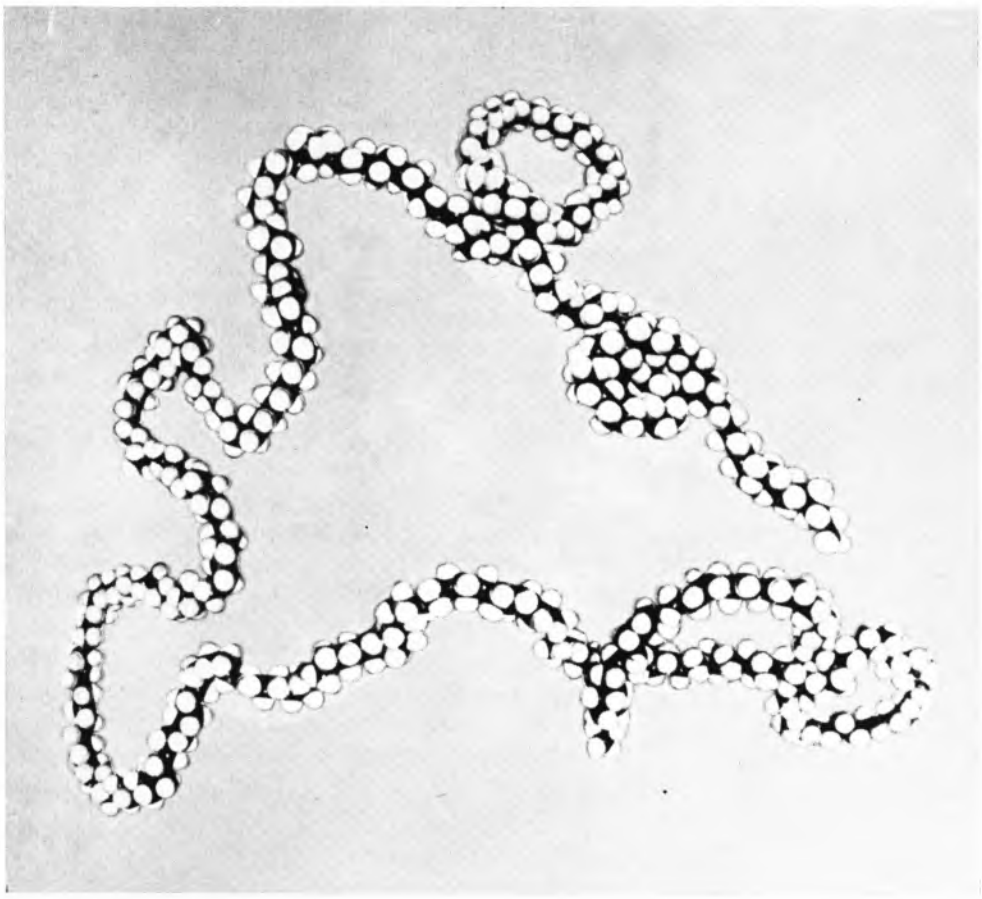


Bild 1
Kalottenmodell einer Fadenmolekel

Die Entstehung von so großen Molekeln ist nach den derzeitigen Kenntnissen verhältnismäßig leicht vorstellbar. Das Element Kohlenstoff hat die Fähigkeit, daß sich seine Atome untereinander zu langen Ketten verbinden können, wobei die freien Valenzen durch Wasserstoff, organische Gruppen oder auch andere Elemente wie z. B. Chlor oder Sauerstoff besetzt sind.

Bild 1: Die einzelnen niedrigmolekularen Kohlenstoffglieder können auch durch Sauerstoff- oder Stickstoffatome als Brückenglieder zu langen Ketten vereinigt werden. Die Möglichkeit, lange Ketten zu bilden, man nennt sie Fadenmolekeln, ist aber nicht nur dem Kohlenstoff gegeben, auch die Atome von Silicium und Sauerstoff sind in der Lage, sich alternierend zu langen Ketten zusammenzuschließen. Bei entsprechender Besetzung der freien Valenzen gelangt man zu im Prinzip gleich gebauten Fadenmolekeln wie bei langen Kohlenstoffketten, so daß diese Gruppe von Kunststoffen, die sogenannten Silicone, auch ähnliche physikalische Eigenschaften besitzt, die vornehmlich von ihrer räumlichen Struktur und weniger von der chemischen Zusammensetzung abhängen. Es ist plausibel, daß Fadenmolekeln in ihrer Beweglichkeit gegenüber ihren Nachbarn, zu denen sie ja keine Hauptvalenzbindung haben, stark temperaturabhängig sind. Es ist also möglich, sie mit steigender Temperatur und damit steigender Energie gegeneinander zu verschieben, d. h. das Produkt wird innerhalb eines bestimmten Temperaturbereiches erweichen, umgekehrt wird es beim Abkühlen »einfrieren«. Im weichen Zustand gelingt es verhältnismäßig leicht, die Molekeln in Fäden oder Folien durch Recken gegeneinander zu verschieben, wobei eine mehr oder weniger starke Orientierung der Molekeln erfolgt. Dieser Ordnungszustand läßt sich durch Abkühlen unter die Einfriertemperatur auch ohne Krafteinwirkung erhalten. Beim Erwärmen über die Einfriertemperatur gehen dann die Molekeln unter Kontraktion in ihren alten, ungeordneten Zustand zurück.

Hochdruckpolyäthylen wird extrudiert im Durchmesserverhältnis Düse/Schlauch = 1:4 und die Folie in diesem gereckten Zustand »eingefroren«. Die Folie, ca. 0,1 mm stark, wird über das Verpackungsgut gestülpt und anschließend durch einen Wärmetunnel gefahren. Hierbei erfolgt Schrumpfung der Folie und Festlegung dieses Zustandes beim Abkühlen unter die Einfriertemperatur (Bild 2).

Die Einfriertemperaturen von natürlichen und synthetischen Kautschuken liegen um −60 bis −70° C. Welche Folgen die Abkühlung eines Weichgummischlauches unter diese Temperatur hat, kann man leicht zeigen durch Eintauchen in flüssige Luft. Der Schlauch ist anschließend so spröde, daß er durch Schlag mit einem Hammer wie ein Glasrohr zerspringt. Nach dem »Auftauen« zeigen dann die Bruchstücke wieder ihre frühere Elastizität.

Fadenmolekeln, die zur Ausbildung von Kristalliten fähig sind, wie z. B. Polyäthylen, Polyamide, werden ihre mechanischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Temperatur sprunghafter, d. h. in kleineren Temperatur-

Bild 2 Demonstration, wie sicher der Paketstapel von der Schrumpffolie gehalten wird

Bild 3 Anwendungsbeispiel eines „weichgemachten" Kunststoffes

Bild 4 Anwendungsbeispiel transparenter Kunststoffe

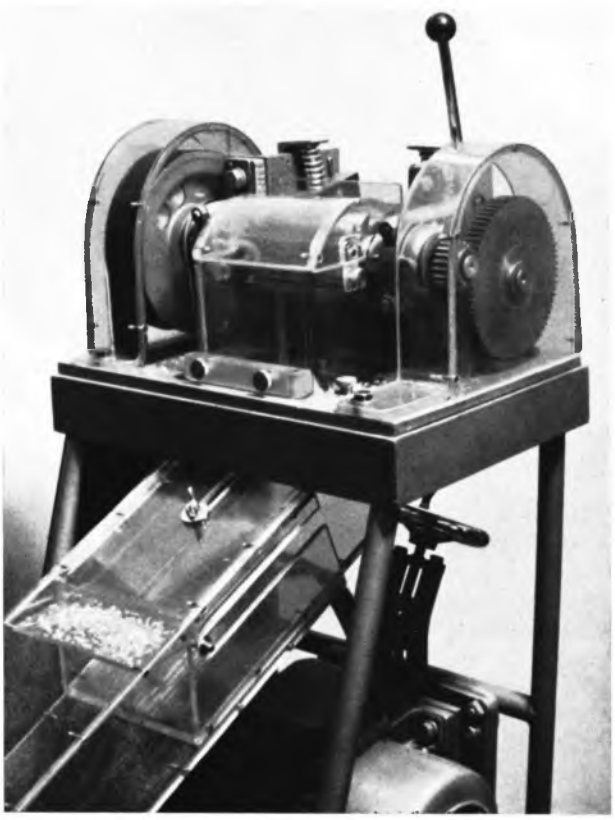


Bild 5 Anwendungsbeispiel transparenter Kunststoffe

intervallen ändern als solche, die keine Kristallite zu bilden vermögen, wie z. B. Polyisobutylen, das schon kautschukartige Eigenschaften besitzt. Die sog. innere Steifigkeit linear aufgebauter Kunststoffe kann durch Ersatz von Wasserstoffatomen durch Gruppen mit Dipolcharakter (z. B. im Polyvinylchlorid gegenüber Polyäthylen) oder auch durch relativ große Gruppen (z. B. im Polystyrol) erhöht werden. Diese Konstruktionsprinzipien gelten für lineare Kunststoffe generell, ganz gleich, ob sie infolge Polymerisation, Polykondensation oder Polyaddition entstanden sind. Man darf ferner bei dieser Betrachtung einschließen, daß lange Fadenmolekeln sich ineinander verfilzen und auch durch diesen Effekt ihre Beweglichkeit gegeneinander mit wachsender Länge und Kompliziertheit der Seitengruppen verlieren. Es leuchtet ein, daß die gegenseitige Verschiebbarkeit der Molekeln durch Einbringen von niedermolekularen Stoffen, die quasi als Gleitmittel wirken, wieder erhöht werden kann, z. B. durch Phthalsäureester beim PVC. Diese Stoffe werden als »Weichmacher« bezeichnet. Es ist wohl selbstverständlich, daß es bei diesem Verfahren entscheidend darauf ankommt, Produkte als Weichmacher zu wählen, die mit dem Kunststoff zusammen im Hinblick auf den Verwendungszweck eine angemessene Lebensdauer garantieren, weil beim Austritt des Weichmachers die in diesem Fall unerwünschte Sprödigkeit des Werkstoffes wieder hervortritt (Bild 3).

Die bisher beschriebenen Kunststoffe werden allgemein als Thermoplaste bezeichnet, eben weil sie in der Wärme (wiederholt) verformbar sind. Die mechanischen Eigenschaften dieser Produkte, ihre beliebige Verformbarkeit in der Wärme und ihre außerordentlich geringe elektrische Leitfähigkeit haben schon sehr früh zur Verwendung in der Sicherheitstechnik geführt. Hier darf wohl nur der Vollständigkeit halber an die Isolierstoffe und die nichtleitenden, selbsttragenden Bauteile in der Elektrotechnik erinnert werden.

Wegen der häufig gegebenen vorzüglichen Transparenz wurden auch Schutzverkleidungen aus Thermoplasten gebaut (Bild 4 und 5).

Das »Plexiglas«, ein Produkt, dessen Namen sich die Herstellerfirma schützen ließ, verbreitete sich als Prototyp so schnell, daß sogar auch andere Produkte gleicher Art unrechtmäßigerweise mit »Plexiglas« bezeichnet wurden.

Welche Bedeutung ein solcher Kunststoff für die Sicherheitstechnik gewinnen kann, soll Ihnen nun beispielhaft an einem neuartigen Vertreter dieser Gruppe, dem Polykohlensäureester »Makrolon« gezeigt werden.

Die Makrolonplatte als Sicherheitsscheibe

Ing. H. Beicher (vorgetragen von Herrn Schauf)

1. Einführung

Der Chemiewerkstoff Makrolon, ein Polycarbonat nach DIN 7744, zählt seit Jahren zu den Werkstoffen, aus denen hochwertige Kunststoffteile hergestellt werden. Der Grund ist das Eigenschaftsbild von Makrolon. Makrolon erfüllt höchste Ansprüche im Hinblick auf mechanische, elektrische, thermische, optische und andere Eigenschaften. Es wird in Granulatform für die Spritzgießverarbeitung und die Extrusion geliefert. Die Hauptanwendungsgebiete des Polycarbonates liegen in der Elektrotechnik und im Apparatebau. Alle Industriezweige bedienen sich heute dieses Chemiewerkstoffes, wenn es um hohe Schlagzähigkeit, hohe Temperaturen, Isolation und Transparenz geht. Mit der Makrolonplatte erschließen sich diesem Material neue Anwendungsbereiche. Die Makrolonplatte als Sicherheitsscheibe soll hier im Vordergrund stehen.

2. Eigenschaftsbild der Makrolonplatte

Die glasklar transparente Makrolonplatte ist aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften durch Schlag- oder Stoßbeanspruchung praktisch unzerstörbar. Dieser zähelastische Werkstoff hat eine Zugfestigkeit von mehr als 600 kp/cm². Die Prüfung der Schlagzähigkeit nach Norm ergibt ungebrochene Prüfkörper. Die Kerbschlagzähigkeit liegt bei dem für einen thermoplastischen Chemiewerkstoff hohen Wert von ca. 30 kpcm/cm². Betrachtet man den Kurvenverlauf des E-Moduls über der Temperatur, so zeigt sich, daß die mechanischen Eigen-

schaften von – 100 bis + 135° C nahezu konstant bleiben.

Dieser Temperaturbereich ist identisch mit dem Anwendungsbereich der Makrolonplatte. Die max. Dauergebrauchstemperatur beträgt also + 135° C. Die Formbeständigkeit in der Wärme nach VDE (Vicat) beträgt 160–170° C. Die Wärmeleitfähigkeit 0,17 kcal/m · h · °C und die mittlere spezifische Wärme 0,28 cal/g. ° C. Beim Einbau von Makrolonplatten ist der lineare Ausdehnungskoeffizient von $65 \cdot 10^{-6}/°$ C zu beachten. Über 140° C beginnt das weitgehend amorphe Polycarbonat zu erweichen, sein Schmelzbereich beginnt bei 220° C.

Die Zersetzungstemperatur liegt über 320° C. Der Flammpunkt über 500° C. Makrolon ist schwer entflammbar und selbstverlöschend und erfüllt damit die Voraussetzung der DIN 4102. Bei seiner Verbrennung entstehen neben CO_2 keine giftigen oder aggressiven Gase.

Die Lichtdurchlässigkeit der transparenten Makrolonplatte liegt bei 85 %. Da UV-Strahlen nahezu vollständig absorbiert werden, wurde die Makrolonplatte witterungsstabilisiert. Die bisherigen Erfahrungen zeigten, daß in unserem mitteleuropäischen Klima nach ca. 7 Jahren noch keine Vergilbungserscheinungen auftreten, verbunden mit der Erhaltung der Ausgangsfestigkeiten.

Bei der Verwendung im Tropenklima oder in der Nähe von UV-abstrahlenden Leuchtkörpern reicht die Normalstabilisierung nicht aus. Aus diesem Grunde ist die Nachbehandlung mit einem zusätzlichen Stabilisator notwendig. Dieser kann durch Tauchen der Platte oder durch Aufspritzen mit einer Spritzpistole aufgebracht werden. Die Makrolonplatte ist in allen Wandstärken voll transparent und optisch einwandfrei mit einem Brechungsindex n_D 20 von 1,586.

Makrolon ist ein ausgezeichneter Elektroisolierwerkstoff, weshalb er breiteste Anwendung in der gesamten Elektroindustrie gefunden hat.

Der mittlere Schalldämmwert einer 4 mm dicken Platte liegt bei 22 dB begründet durch das geringe spez. Gewicht von 1,2 g/cm³. Außerdem weisen Makrolonplatten großen Widerstand gegen energiereiche Strahlung auf, sind termitenfest, beständig gegen Bakterienkulturen, werden von vielen natürlichen Farbstoffen nicht angefärbt, sind in geringem Maße wasserdampfdurchlässig und in Sonderausführung toxikologisch einwandfrei. Die chemische Beständigkeit gegenüber den meisten Säuren ist gegeben. Gegenüber Alkalilaugen und Aminen ist Polycarbonat unbeständig.

3. Verarbeitungsmöglichkeiten und Lieferform

Die Bearbeitung der Makrolonplatten bereitet keine Schwierigkeiten. Sie lassen sich mit Holzbearbeitungsmaschinen sägen und hobeln.

Man kann sie bohren oder stanzen, kleben und schweißen. Thermoelastische Umformung, wie Tiefziehen und Biegen, ist ebenfalls gut möglich. Die Makrolonplatten lassen sich bedrucken, lackieren, verspiegeln und polieren. Für diese Arbeiten benötigt man keine Sondermaschinen. Lediglich die materialspezifischen Eigenarten sind dabei zu beachten.

Die Makrolonplatte gibt es in Dicken von 1 – 6 mm bei einer handelsüblichen Plattengröße von 1,20 × 2,0 m.

Verschiedene Oberflächenstrukturen und die Möglichkeit sie in allen gedeckten und transparenten Farben herzustellen, erlauben es, Sonderwünsche zu erfüllen.

Fragen zu den Eigenschaften und Verarbeitungsmöglichkeiten beantworten die technischen Unterlagen sowie die Anwendungstechnischen Abteilungen des Herstellers (Tabelle 1 und 2).

4. Anwendungsbeispiele

Bei der Anwendung von Makrolonplatten sollte man davon ausgehen, daß hier ein Werkstoff vorliegt, der andere Werkstoffe nicht ersetzen kann und soll, als Ergänzung des bisherigen Werkstoffsortiments zu betrachten ist.

Dabei ergeben sich aus der Summe der Eigenschaften vielseitige Anwendungsmöglichkeiten auf dem Sicherheitssektor. Da in diesem Zusammenhang keine allgemeingültigen Aussagen möglich sind, sollen einige Beispiele in Wort und Bild durch die Anwendung der Makrolonplatte gelöste Probleme aufzeigen.

Zur Sicherheit der Zuschauer und Spieler hat man ein Stadion mit Makrolonplatten eingefaßt. Den hierbei auftretenden hohen Belastungen durch Spieler oder Puck zeigten sich die Makrolonplatten gewachsen. Außerdem ermöglichten sie aufgrund ihrer Transparenz eine Durchsicht. Ähnliche Einsatzmöglichkeiten bieten sich an in Krankenhäusern, Turnhallen, Schulen usw. Die Makrolonplatte erfüllt die DIN 18032 – Gymnastik-, Turn- und Sporthallen, Richtlinien für den Bau. Man denke dabei an Flügeltüren, Trennwänden in Waschräumen oder ganze Lichtwände (Bild 1).

Die Transparenz und hohe Schlagzähigkeit haben auch zur Verwendung dieser Platten als Sicherheitsscheiben in Juweliergeschäften geführt, um Sachwerte zu schützen. Man hängt hierbei eine lose, relativ dünne Platte zwischen die Außenglasscheibe und die Auslagen. Bei einem Einbruch schützt diese Platte nach Zerstören der Glasscheibe die Auslagen vor Diebstahl, da sie mechanisch kaum zerstört werden kann.

Die Polizei mehrerer Länder sieht sich gezwungen, sich selbst nach dem Vorbild der Ritter zu schützen. Der abgebildete Schutzschild aus Makrolonplatten widerstand größten Beanspruchungen (Bild 2).

Diese Beanspruchungen können nur von einem Werkstoff erfüllt werden, der transparent, schlagfest, relativ steif und trotzdem elastisch ist. Die Makrolonplatte erfüllt alle diese Punkte. Jede beliebige Form der Sichtscheibe kann ausgesägt werden. Zur Befestigung werden in die Platte Löcher gebohrt oder gestanzt. Wegen des rauhen Umgangs ist mit einer gewissen Verkratzung des Sichtfensters zu rechnen. Diese Verkratzung geht aber nicht soweit, daß die Durchsicht gefährdet wird. Einzig der optische Eindruck leidet unter dieser Verkratzung. Das gleiche gilt natürlich auch für die In-

	Eigenschaft	Prüfwert	Einheit	Prüfvorschrift
physik.	Dichte	1,20	g/cm³	DIN 53479
	Wasseraufnahme	10	mg/4 Tg.	DIN 53472/5.3
	lin. Ausdehnungskoeff.	$65 \cdot 10^{-6}$	1/° C	VDE 0304/T. 1
	Wärmeleitfähigkeit	0,17	kcal/mh ° C	VDE 0304/T. 1
mechanisch	Elastizitätsmodul	22 000	kp/cm²	DIN 53455
	Zugversuch			DIN 53455
	Streckgrenze σ_s	–600	kp/cm²	
	Dehnung bei σ_s	–7	%	
	Bruchfestigkeit	700	kp/cm²	
	Bruchdehnung	›110	%	
	Druckversuch			DIN 53454
	Quetschgrenze	800	kp/cm²	
	Stauchung bis Q-gr.	8	%	
	Biegefestigkeit			DIN 53452
	Fließgrenze	1000	kp/cm²	
	Durchbiegung	nicht gebrochen	mm	
	Grenzbiegespannung	900–950	kp/cm²	
	Schlagzähigkeit			DIN 53453
	–100° C	nicht gebrochen	kpcm/cm²	
	– 40° C			
	22° C			
	120° C			
	Kerbschlagzähigkeit			DIN 53453
	–40° C	›16		
	22° C	›30	kpcm/cm²	
	Izod impact strength			ASTM D 256
	Stab 2 1/2x1/2x1/4"	3,2		
	Stab 2 1/2x1/2x1/8"	16	ft. lbs/in. o. n.	
	Kugeldruckhärte			DIN Vornorm 53456
	HC 10	11		
	HC 60	10,6	kp/mm²	
	Rockwell hardness			ASTM D 785
	M	70–75		
	L	95–98		
	R	118–125		
	Dauerschwingfestigkeit (N = 10^7, v = 7 Hz)			Anlehnung an DIN 50100
	RT	250		
	100° C	90	kp/cm²	
	Wechselbiegefestigkeit (N = 10^7, v = 7 Hz)			
	RT	300		
	Kriechmodul			DIN 53444
	200 kp/cm² RT (10^4 h)	15 500	kp/cm²	
	100 kp/cm² 100° C (10^4 h)	4 000		

Tabelle 1

	Eigenschaft	Prüfwert	Einheit	Prüfvorschrift
elektrisch	Durchschlagfestigkeit (50Hz 0,5 kV/s) trocken 4 Tage bei 80 % r. F. 24 Std. Wasserlagerung	 350 350 350	 kV/cm	VDE 0303/T. 2 DIN 53481/3222
	Spez.Oberflächenwiderstand trocken 4 Tage bei 80 % r. F. 24 Std. Wasserlagerung	 $>10^{15}$ $>10^{15}$ $>10^{15}$	 Ohm	Anlehnung an DIN 53482/4331
	Spez.Durchgangswiderstand trocken 4 Tage bei 80 % r. F. 24 Std. Wasserlagerung	 $>10^{17}$ $>10^{16}$ $>10^{16}$	 Ohm-cm	VDE 0303/T. 3 DIN 53482
	Dielektrizitätskonstante (trocken) 50 Hz 800 Hz 1 MHz	 3,0 2,95 2,9		VDE 0303/T. 4 DIN 53483
	Dielektrischer Verlustfaktor (trocken) 50 Hz 800 Hz 1 MHz	 0,0007 0,0010 0,0110		VDE 0303/T. 4
	Elektrolytische Korrosions- wirkung	A 1	Stufe	DIN 53489
	Kriechstromfestigkeit bei Prüflösung	A F KA 1 KA 2 KB 160 KB 340	Stufen	VDE 0303/T 1/9. 64 DIN 53480
	Lichtbogenfestigkeit	L 1	Stufe	VDE 0303/T 5
thermisch	Dauergebrauchstemperatur	135	°C	
	Formbeständigkeit i. d. Wärme nach Martens nach Vicat	 115–125 160–170	 °C	 DIN 53458 VDE 0302
	Heat distortion temperature method a method b	 293 (145) 302 (150)	 °F (°C)	ASTM D 648
	Spez.Wärme	0,28	cal/g °C	
	Schmelztemperatur	220–230	°C	Kofler-Meth.
	Brennbarkeit Dicke 1/4" 1/16"	 selbstver- löschend		ASTM D 635
optisch	Lichtdurchlässigkeit 1 mm 3 mm 6 mm	 –88 –85 –80	 %	DIN 5036
	Brechungsindex n D 20	1,586		

Tabelle 2

Bild 1
Makrolonplatten
im Eisstadion

dustrieverglasung allgemein. Die Makrolonplatte hat berechtigte Aussicht zum Verschluß der Lichtelemente von z. B. Fabrikhallen, Lagerhäusern usw. verwendet zu werden. In einigen besonders gefährdeten Lagerräumen und in einer Flußsäurefabrik hat sich die Makrolonplatte bereits bestens bewährt.

Sicherheit wird auch bei den Sparkassen und Banken großgeschrieben. Mit Hilfe der Makrolonplatte entwikkelte eine süddeutsche Firma das Isolar^{R}-Panzerglas.

Es handelt sich hierbei um ein weitgehend schußhemmendes Glas-Makrolon-Verbundsystem. Dieses System erfüllt die gestellten optischen Bedingungen, isoliert gegen Kälte und Schall und bleibt auf der Innenseite beschlagfrei. Beim Beschuß dieses Systems durchschlägt das Projektil die außenseitige Verbundsicherheitsglasscheibe und wird dabei verformt. In diesem Zustand ist die Kugel nicht mehr in der Lage, die Makrolonplatte zu durchdringen, sondern wird federnd zurückgehalten und fällt von der Platte ab.

Die Schußversuche wurden mit schweren Faustfeuerwaffen aus 2,5 m Entfernung durchgeführt. Die Beschußprotokolle der Landeskriminalpolizei Stuttgart sagen aus: »Kein Durchschuß«. Isolar^{R}-Panzerglas stellt gleichzeitig ein besonders einbruchhemmendes Element dar.

Selbst mit einem Vorschlaghammer oder einem Brecheisen ist die Makrolonplatte nicht zu durchdringen (Bild 3).

Die hier aufgeführten Beispiele erfassen bei weitem nicht alle Anwendungsmöglichkeiten der Makrolonplatte. Sie sollen lediglich dazu anregen, diesen Werkstoff zur Lösung von Problemen der Sicherheit heranzuziehen.

Bild 2 Polizeischutzschilde

Bild 3
Beschossene Isolar-Panzerglasscheibe

Dr. Kassebart

Zu einem grundsätzlich anderen molekularen Aufbau als bei Thermoplasten kommt man, wenn es gelingt, Makromolekeln 3-dimensional miteinander zu vernetzen (Bild 1). Alle diese Stoffe können auch bei Temperaturen bis zur Zersetzungstemperatur nicht mehr viskos fließen, sie verhalten sich jedoch in Abhängigkeit des Vernetzungsgrades insofern sehr unterschiedlich, als sie bei geringer Vernetzung innerhalb weiter Temperaturbereiche gummielastisch, bei hoher Vernetzung dagegen nur in sehr geringem Maße elastisch deformierbar sind. Die letztgenannte Gruppe von Kunststoffen wird üblicherweise als »Duroplaste« bezeichnet. Der Name wird jedoch dem Verhalten dieser Stoffgruppe nicht voll gerecht, denn eine plastische Verformung im Sinne der Thermoplaste ist nicht möglich. Der eingangs erwähnte Normblattentwurf spricht deshalb auch von »Duromeren« und bezeichnet die gummielastischen Werkstoffe in Abhängigkeit der Temperatur, von der an die Gummielastizität feststellbar ist, als »Elastomere« (schon unter 20° C) und »Thermoelaste« (ab 20° C).

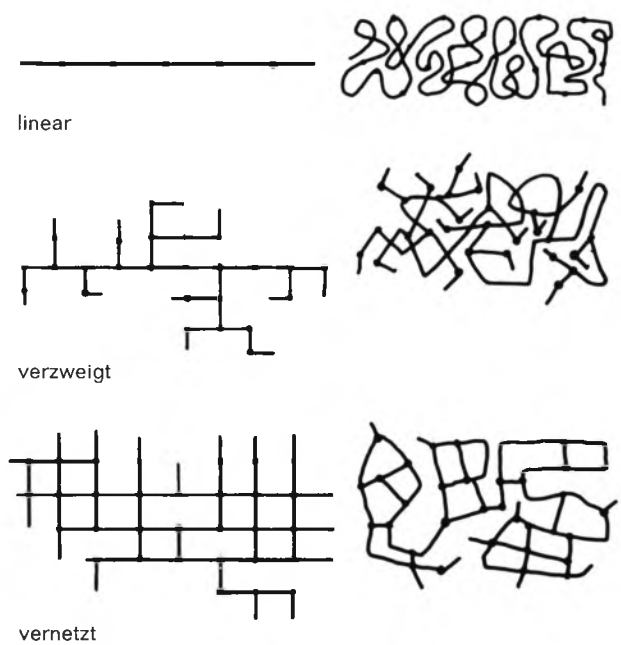


Bild 1 Polymerisation

Als Beispiele für die vorgeschlagenen Gruppen darf ich nun anführen:

für Thermoplaste: Polyvinylchlorid

Elastomere: Mit etwa 1 bis 10 % Schwefel vernetzter Naturkautschuk

Thermoelaste: Mit über 10 % vernetzter Naturkautschuk

Duromere: Gehärtete Polyesterharze

Die mechanische Festigkeit kann durch Einbau von Faserstoffen (z. B. Glasfasern, Asbest) beachtlich erhöht werden, so daß es gelingt, auch großflächige Teile, z. B. Garagentore, Bootskörper und dgl. herzustellen, die bis dahin allein aus traditionellen Werkstoffen Holz und Metall gebaut worden waren. Selbstverständlich sind solche Werkstoffe nicht mehr oder nur in geringem Maße transparent. In der Sicherheitstechnik finden sie neben unverstärkten Werkstoffen z. B. Anwendung bei der Herstellung von Sicherheitshelmen.

Kopfschutzmittel

Bau-Ing. S. Klitscher

1. Einführung

Die Verwendung von Kunststoffen bei der Schutzhelmherstellung hat wesentlich dazu beigetragen, die Schutzhelme in der gewerblichen Wirtschaft einzuführen. Dazu bedurfte es einer umfangreichen Aufklärungsarbeit. Die Erfolge sind nicht ausgeblieben, zum Glück für viele Beschäftigte. Als Beispiel für die Einführung der Schutzhelme sei die Bauwirtschaft angeführt, die – wie wohl kaum ein anderer Gewerbezweig – unter den Augen der Öffentlichkeit ihre Tätigkeit verrichtet. Der Schutzhelm ist ihr Symbol geworden und dort, wo konsequent Schutzhelme getragen werden, ist es auch sonst um die Unfallverhütung fast immer gut bestellt.

Das Tragen des Schutzhelmes ist an keinen Beruf gebunden, sondern nur an die Gefahr. Theoretisch darf nichts herunter- oder umfallen, dürfen keine Hindernisse vorhanden sein, an denen man sich stoßen kann.

Die Praxis belehrt uns eines Besseren. Inzwischen haben schon viele Beschäftigte den Wert des Schutzhelms aus eigener Erfahrung kennengelernt. Nicht wenige von ihnen sind uns dankbar, daß wir ihren mehr oder weniger guten Willen zum Tragen des Schutzhelms mit dem nötigen Nachdruck unterstützt haben.

2. Material

Schutzhelme werden aus Duromere (z. B. Textil-Phenol, das sind phenolharzgetränkte Gewebebahnen, und glasfaserverstärktes Polyester) und Thermoplasten (z. B. Polyamid, Polyäthylen, Polykarbonat – auch bekannt als Makrolon – und ABS Mischpolymerisate) hergestellt.

Die Thermoplaste, unter ihnen besonders das Polyäthylen, haben sich einen großen Marktanteil erobert, weil sie durch das Spritzverfahren und nicht zuletzt durch die Konkurrenz immer billiger geworden sind.

Im Gegensatz zu den Duromeren sind die Festigkeitseigenschaften der Thermoplaste von der Temperatur abhängig. Ihre Beständigkeit gegen starke chemische Einflüsse muß von Fall zu Fall geprüft werden. Die Festigkeitseigenschaften der Duromere sind dagegen praktisch temperaturunabhängig. Nur in ausgesprochenen Heißbetrieben mit vorübergehend sehr hohen Temperaturen besteht die Möglichkeit, daß das Phenol zu gasen beginnt und sich Wölbungen im Gewebe ergeben. Bei etwa 1000° C setzt eine Verkokung ein.

Duromere sind beständig gegen chemische Einflüsse und Alterung. Während sich Polyester einfärben läßt, muß man – bisher jedenfalls – die Textilphenol-Helme lackieren, wenn die bräunliche Naturfarbe mit dem sichtbaren Gewebestreifen unerwünscht ist oder eine bestimmte Farbe verlangt wird. Bedingt durch den wesentlich höheren Aufwand bei der Herstellung, sind Duromerehelme teurer als solche aus Thermoplasten.

Aluminium wurde als erstes Material für Industrieschutzhelme in Amerika eingesetzt. Die Formbeständigkeit bei Wärme ist gut, aber wesentlich geringer als bei Duromeren. Glühende Metallsplitter durchschmelzen das Aluminium; dagegen ist die Wärmeabstrahlung als

gut zu bezeichnen. Da Chemikalien die Aluminiumhelme angreifen, werden sie in chemischen Betrieben nicht eingesetzt; eine Ausnahme bildet die Erdölindustrie.

3. Prüfung

Den Schutzhelmen kann man äußerlich nicht ansehen, ob sie den an sie gestellten Anforderungen genügen.

Deshalb sind nur solche Schutzhelme zu tragen, die das Zeichen DIN 4840 besitzen. Vorläufer dieser DIN-Norm waren die berufsgenossenschaftlichen Kopfschutzrichtlinien. Die DIN 4840 stellt noch höhere Anforderungen an die Schutzhelme als die vorangegangenen Richtlinien. Bei – 10° C, + 20° C und + 50° C werden die Stoßdämpfung des Helmes und die Durchdringungsfestigkeit der Helmschale geprüft. Die Stoßdämpfung ist von besonderer Wichtigkeit. Je besser der Helm federt, um so weniger wird von der auftreffenden Energie in die Schädeldecke und die Wirbelsäule weitergeleitet.

Um ein großes Federvermögen zu gewährleisten, liegt zwischen der Helmschale und dem Helmeinsatz, der unmittelbar auf dem Kopf ruhen soll, der Prellraum.

4. Kennzeichnung

Schutzhelme, die die Prüfung bestanden haben, dürfen das DIN-Zeichen tragen. Neben dem DIN-Zeichen sind das Herstellerzeichen, das Quartal und Herstellungsjahr und in Zukunft auch das Kurzzeichen für den verwendeten Kunststoff anzugeben. Eine Begrenzung der Tragezeit von Schutzhelmen aus Thermoplasten ist in DIN 4840 nicht festgelegt. Verlangt wird, daß die Schutzhelme die geforderten Schutzeigenschaften auch über eine längere Zeit nicht verlieren dürfen. Unter dem Begriff »längere Zeit« würde man einen Zeitraum von 3 bis 5 Jahren verstehen. Beim Vorliegen neuer Erkenntnisse oder bei exakten Angaben über die Alterung, die bis jetzt noch fehlen, ließe sich die Tragezeit aufgrund der Datumsangabe genau festlegen.

Die Prüfenergien von 4,5 mkp bei der Stoßdämpfungsprüfung und 2,25 mkp bei der Durchdringungsprüfung können naturgemäß mit den Belastungen in der Praxis nichts zu tun haben; sie sind lediglich ein Prüfmaßstab.

5. Anwendungsbeispiele und Schutzwirkung

Aus der Erfahrung kann gesagt werden, daß die den Vorschriften entsprechenden Schutzhelme auch bei wesentlich höheren Energien eine erstaunliche, manchmal nicht für möglich gehaltene Schutzwirkung gezeigt haben. Abschließend soll von drei Unfällen berichtet werden:

Die erste Unfallschilderung ist dem Jahresbericht 1967 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie entnommen.

In einem Mitgliedsbetrieb müssen dauernd sperrige und scharfkantige Lasten über Kopf bewegt werden.

Durch herabfallende Stücke kann es dabei zu schweren Unfällen kommen. Deshalb beschaffte die Firmenleitung auf wiederholtes Drängen der Technischen Aufsichtsbeamten Schutzhelme und veranlaßte alle Beschäftigten, diese auch zu tragen. Kaum drei Monate nach seiner Einführung wurde der Schutzhelm einem Beschäftigten schon zum Lebensretter. Der Sicherheits-Ingenieur des Betriebes berichtet darüber, daß ein türkischer Arbeiter mit dem Entladen eines Zement-Frachtschiffes beschäftigt war. Der Saugschlauch der Zementförderpumpe stieß einen Lukenträger des Lastkahnes (Gewicht des Trägers ca. 140 kg) aus einer Höhe von 5 m vom Deck herunter. Unglücklicherweise stand der türkische Arbeiter direkt unter dem Träger, der ihn am Kopf traf. Die Wucht des herabfallenden Trägers wurde durch die plastische Verformung des Helmes so weit gemindert, daß im Krankenhaus nur eine leichte Gehirnerschütterung und Stauchung der Halswirbelsäule festgestellt wurden. Der Arbeiter konnte nach kurzer Zeit das Krankenhaus wieder verlassen.

Bild 1 Beschädigter Schutzhelm

Der zweite Unfall geschah beim Gerüstbau. Achtzehn Meter hoch hatte die Kolonne ein Hochhaus bereits gerüstet und auch schon den Gerüstbelag auf dieser Höhe ausgelegt, als unbeabsichtigt ein ca. 60 cm langes Stahlrohr mit einem Gewicht von etwa 3 kg von dieser Gerüstlage abrollte und mit einer Geschwindigkeit von etwa 60 km/h den Schutzhelm des unten stehenden Kolonnenführers traf. Dieser kam mit dem Schrecken und einer leichten Beule davon. Trotz seines leichten Gewichtes von nur ca. 300 g war der Schutzhelm in der Lage gewesen, die große Energie ohne Schaden für den Träger abzufangen (Bild 1).

Bei dem dritten Unfall konnte der Schutzhelm eine schwere Kopfverletzung nicht vermeiden. Bei der Ausführung von Bohrarbeiten auf dem Gelände der Universitätsklinik in Berlin sollte der ca. 500 kg schwere Polypgreifer nach Auswechseln des Hubseiles wieder in das Bohrrohr eingeführt werden. Dabei riß das Hubseil aus der Seilendbefestigung, der Greifer stieß auf den Rand des Bohrrohres, kippte zur Seite und traf einen Betriebsschlosser am Kopf. Trotz seines Schutzhelmes erlitt dieser Kopfplatzwunden, einen Schädelbruch, eine Gehirnerschütterung und zudem mehrfache Armbrüche. Im Arztbericht ist ausdrücklich vermerkt, daß der Schutzhelm dem Verletzten mit größter Wahrscheinlichkeit das Leben gerettet hat. Im vorliegenden Fall konnte aber nicht nur das Leben, sondern dem Verletzten auch die Gesundheit wiedergegeben werden. Aus dem Abschlußbericht geht hervor, daß der Verletzte später völlig wiederhergestellt seine Arbeit aufnehmen konnte.

Es liegt an uns und unserem persönlichen Einsatz, ob die Kopfunfälle auf ein Mindestmaß verringert werden können. Wir haben unser Ziel erreicht, wenn der Schutzhelm bei allen unseren Versicherten selbstverständlicher Bestandteil der Arbeitskleidung geworden ist.

Dr. Kassebart

Lassen sich die mechanischen Eigenschaften der Kunststoffe schon durch Variation der molekularen Struktur entscheidend verändern, so besteht eine weitere Möglichkeit hierzu in der Ausbildung von Zell- oder Porenstrukturen durch Schäumen oder Blähen. Bleiben die Zellen in sich geschlossen, so lassen sich diese Schaumstoffe, da die Gase nicht entweichen können, nur wenig zusammendrücken. Die Produkte sind auch nicht saugfähig. Ihre Elastizität ist bei gleicher chemischer Zusammensetzung und bei gleichem Gasdruck um so größer, je größer die einzelnen Zellen und je dünner deren Wände sind. Bleiben die Hohlräume beim Blähen gegeneinander offen, so sind die Produkte saugfähig wie Schwämme. Es hängen dann Elastizität, Kompressibilität, Weichheit usw. von den jeweiligen Eigenschaften der Gerüstsubstanz ab. Durch geeignete Verfahren lassen sich Kunststoffe mit Zellstruktur sowohl aus Thermoplasten (z. B. Styropor aus Polystyrol) als auch aus Elastomeren (z. B. Schaumgummi) und Duromeren herstellen (z. B. Iporka als Harnstoff-Formaldehyd-Kondensationsprodukt oder Hartmoltoprene aus Polyurethanen). Es leuchtet ein, daß gerade die harten Schaumstoffe aus Duromeren wegen ihrer sehr geringen Deformierbarkeit, ihres geringen Raumgewichts und ihrer vergleichsweise guten Temperaturbeständigkeit als Isolierstoffe hervorragend geeignet sind.

Kunststoffe als Bauelement

Dipl.-Ing. D. Feldmann

Alle hier aufgeführten Bauelemente haben folgende Eigenschaften gemeinsam oder im einzelnen:

Sie sind verschleißfest, korrosionsfest, witterungsbeständig, farb- und formbeständig.

Sie haben geringes Gewicht und damit weniger Transportprobleme, verbunden mit geringeren Unfallgefahren. Sie sind fast alle leicht zu verarbeiten und leicht zu pflegen. Da sie sich werkstoffmäßig einfärben lassen, erübrigt sich außerdem ein Anstrich.

Nebenstehend die wichtigsten Anwendungsgebiete für Kunststoffe im Bauwesen.

Bild 1 PVC-Schmutzwasserleitung

Bild 4 Thermoplastische Kunststoffe für Handläufe an Geländern.

Bild 2 Lichtkuppeln aus Kunststoffen (Polyester, Makrolon, Plexiglas)

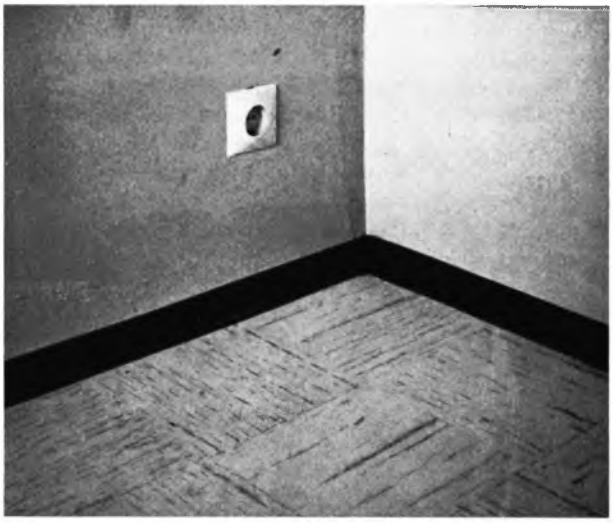


Bild 5 Kunststoffe im Innenausbau. PVC-Fußbodenbeläge, PVC-Fußleisten. Schnelle Verarbeitung durch Aufkleben. Zu beachten sind hier die Unfallgefahren durch Lösemitteldämpfe der Kleber.

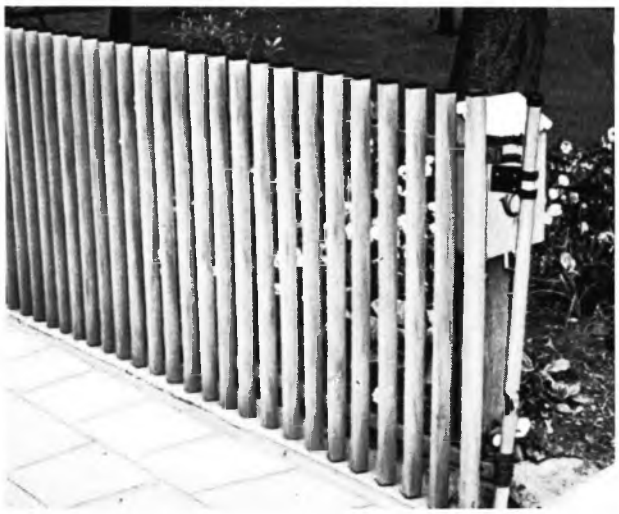


Bild 3 Kunststoffprofile für Zäune

Bild 6 Arbeits- und Transportgefäße aus Kunststoffen (hier Maurereimer und Maurerkübel). Elastisches und dauerhaftes Material und geringes Eigengewicht, deshalb leicht zu handhaben und weniger Verletzungsgefahren.

Die Verwendung von Kunststoffolien bei der Konstruktion von Ausblasewänden

Architekt B. Kirch

Die Ausblasewand ist ein wichtiger Bestandteil der baulichen Sicherheitstechnik in Explosivstoffbetrieben. Sie dient der Druckentlastung und verhütet den Aufbau hoher Drücke.

Ihre Wirkungsweise entspricht der eines Sicherheitsventiles. Mit diesem Vergleich ist die Grenze ihrer Anwendbarkeit aufgezeigt. Nur dort, wo die Expansion von Gasen zu erwarten ist, wird eine wirksame Verwendung von Ausblasewänden möglich. Explosionsvorgänge, die eine unmittelbare Einwirkung auf das Materialgefüge der apparativen und baulichen Konstruktionen darstellen, können durch die Ausblasewand nicht abgesichert werden.

Diese unterschiedlichen Vorgänge werden deutlich in zwei Sprengversuchen, die mit gleichen Explosivstoffmengen an zwei Kesseln gleichen Typs durchgeführt wurden.

Der erste Sprengversuch im geschlossenen Kessel führt zu dessen Zerstörung. Für den zweiten Versuch wurde der gleiche Kesseltyp – jedoch mit abgeschnittenen Böden – benutzt.

Auch dieser wird trotz der beiden »Ausblaseöffnungen« zerstört, weil es sich hier nicht nur um Gasdruckvorgänge handelt.

Die Bilder 1 und 2 sind je zwei nebeneinanderliegende Bilder aus einem Film (Bildgeschwindigkeit ca. 15 000/s), der bei den vorgenannten Versuchen gedreht wurde, sie zeigen die Explosion etwa 1 ms nach der Zündung.

Bei Bild 1 handelt es sich um die Explosion des geschlossenen Kessels, der zu diesem Zeitpunkt schon vollkommen zerstört ist. Eine symmetrische Entwicklung der Gaswolke in Richtung Kessellängsachse ist zu erkennen.

Das Bild 2 stellt die Explosion des Kessels ohne Kesselböden dar. Der Kesselmantel ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht zerstört, aber an den Enden schon eingerissen. Die Entwicklung der Explosionswolke in Richtung der Kesselachse ist deutlich erkennbar.

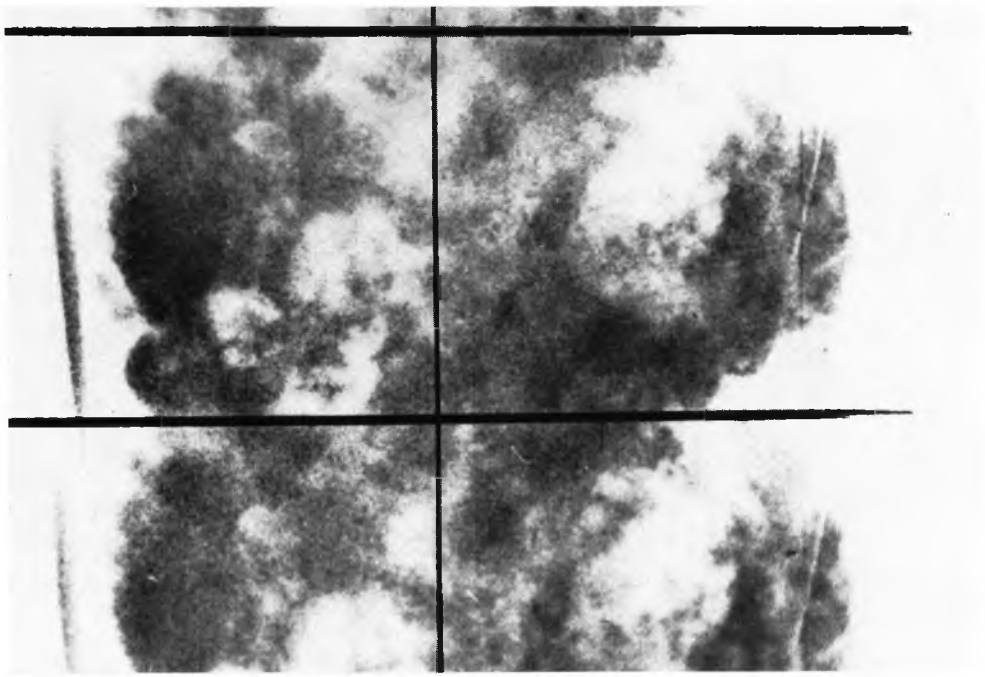
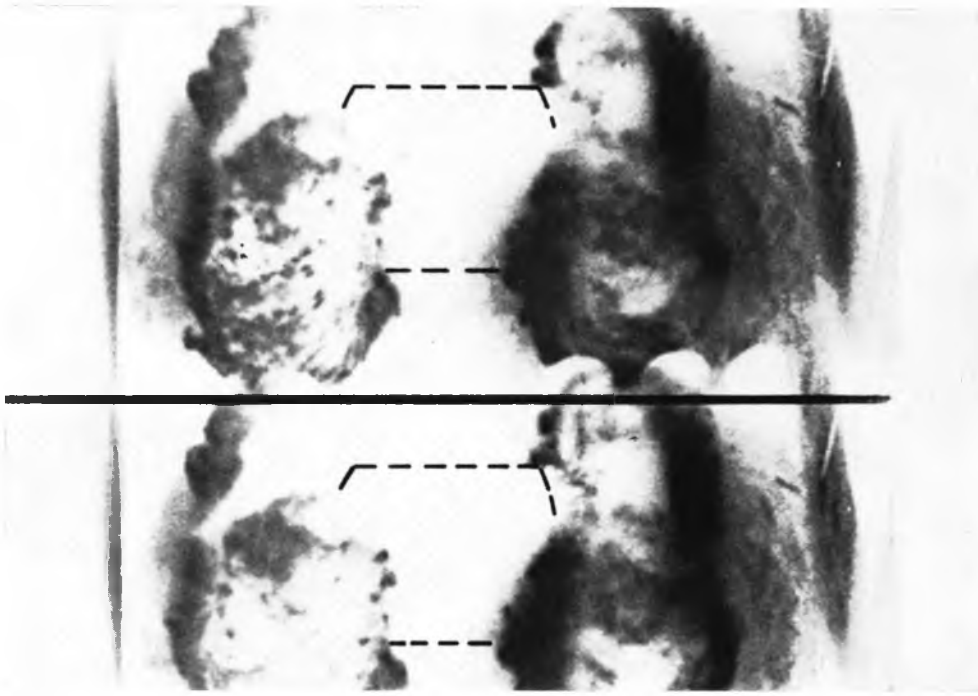


Bild 1
Explosionsversuch am Kessel mit Böden

Bild 2
Explosionsversuch am
Kessel ohne Böden



Die Ausblasewand ist also die weiche elastische Wand eines sonst mit massiven Wänden erbauten druckfesten Raumes bzw. Gebäudes.

Während die massiven Wände entsprechend dimensioniert sind und dem Druck standhalten, gilt bei der Konstruktion der Ausblasewand die Regel:

so leicht wie möglich und nur so massiv wie eben notwendig.

Die Ausblasewand soll möglichst schnell dem Druck im Raum nachgeben. Sie darf also nicht schwer sein und muß so konstruiert werden, daß sie auch statisch keinen Widerstand leistet. Außerdem soll sie bei der Zerlegung keine Wurfstücke bilden, d. h. sie darf nicht in schwere oder scharfkantige Trümmer zerlegt werden, die in die Nachbarschaft geschleudert werden könnten.

Die Möglichkeit, in Ausblaserichtung vor der Ausblasewand Wälle zu errichten, stellt nur einen Teilschutz gegen Wurfstücke dar, weil der Freiwinkel zwischen der Wallkrone und der vorderen Dach- oder Deckenkante des Ausblaseraumes dadurch nicht abgesichert werden kann (Bild 3).

Bild 3
Vorwall
in Ausblaserichtung

Bild 4
Ausblasewand
aus Bimssteinen

Die herkömmlichen Baustoffe für die Ausblasewand sind die sogenannten Leichtbaustoffe, z. B. Bims (Bild 4), Gasbeton (Bild 5) und Holz. Sie haben gegenüber den massiven Baustoffen wie Beton oder Ziegel den Vorteil, relativ leicht zu sein und auch in kleinere Trümmerstücke zerlegt zu werden.

Gegenüber den Kunststoffen sind sie immer noch als schwere und massive Baustoffe zu bezeichnen. Aus diesem Grunde geben wir den Kunststoffen den Vorzug.

Bild 5 Ausblasewand aus Gasbetonmauerwerk

Insbesondere die Kunststoffolien haben bei der Konstruktion von Ausblasewänden (Bild 6) eine gute Entwicklung und damit eine Erhöhung der Sicherheit in doppelter Hinsicht ermöglicht:

wegen ihres geringen Gewichtes in Verbindung mit relativ hohen Festigkeiten

und infolge ihrer Transparenz.

Da die Ausblasewand in jedem Fall eine Außenwand ist, muß sie in vielen Fällen auch die tageslichtbringende Fensterwand sein.

Deshalb bestand bisher der Großteil aller Ausblasewände aus Drahtroh- bzw. Drahtspiegelglasscheiben in einer Holzkonstruktion, die ihrerseits wieder die Unterbringung von Belüftungselementen, Fensterflügeln und Türen gestattete.

Der Vorteil der Folienkonstruktion ist gemessen an dem Vorhergesagten ohne weitere Erläuterungen erkennbar.

Es zeichnen sich hier zwei Konstruktionen ab:

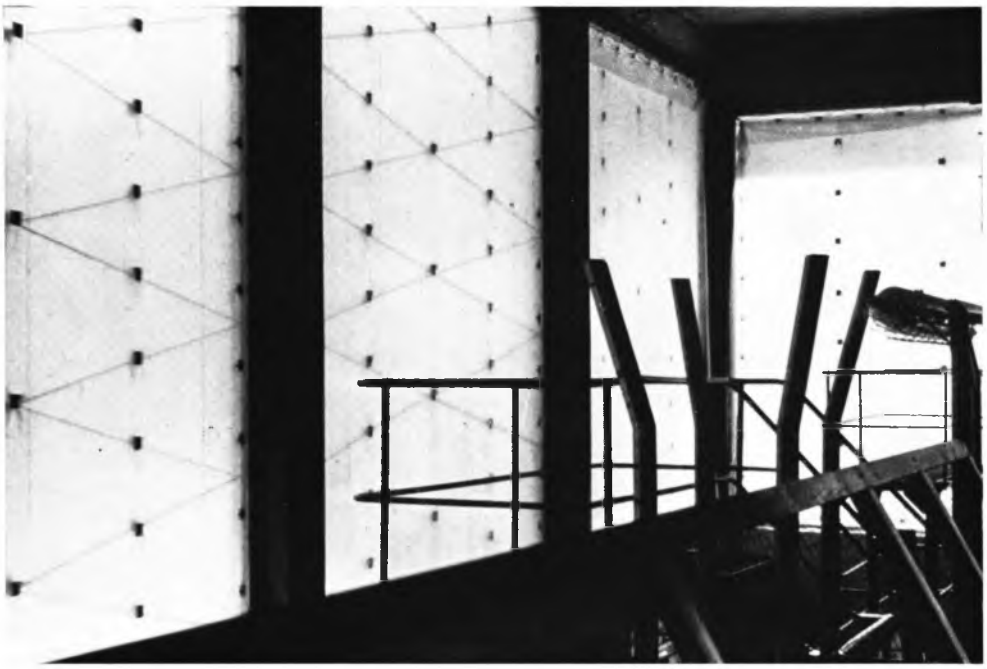
die mittels Hilfskonstruktion unterteilte Folienfläche (bei sparsamer Verwendung von Holz (Bild 7).

die ganzflächige Folienwand aus miteinander verklebten, verschweißten oder vernähten Folienbahnen (als Hilfskonstruktion verspannte Seile (Bild 8).

Die Holzkonstruktion in Verbindung mit Folie kann überall dort Verwendung finden, wo eine Gefährdung durch weggeschleuderte Holzteile ausgeschlossen ist.

Sie hat neben der größeren Wirtschaftlichkeit den Vorteil der kurzen Reparatur- bzw. Ersatzzeiten. Die Holzkonstruktion ist den jeweiligen Bahnenmaßen angepaßt, so daß Reparaturfolie von der Rolle entnommen und mit Deckleisten vernagelt werden kann. Außerdem sind viele Teile der Holzkonstruktion in den meisten Fällen nach einem Schaden wieder zu verwenden.

Bild 6
Ausblasewand
aus Kunststoffolien



Die ganzflächige, konfektionierte Folienausblasewand wird überall dort Verwendung finden müssen, wo auch kleine Holztrümmer eine Gefahr darstellen.

Die Tragekonstruktion für die Folie selbst besteht aus einer Seilverspannung, die zwischen dem mit Ösen ausgerüsteten Saum der Folie und der Baukonstruktion angebracht wird und die Folie in die Ausblaseöffnung spannt. Die Windlasten, die auf dieses Foliensegel einwirken, werden durch zusätzliche, stärker dimensionierte Querseile in der Ausblaseöffnung selbst aufgenommen. Die Wasserführung ist durch leicht zu verklebende und zu vernagelnde Laschen schnell und billig herzustellen (Bild 9).

Bei der Wahl der Folie ist nichtbrennbares oder brennbares Material zu unterscheiden. Letzteres kann bei Explosionen mit vorausgehenden Bränden von Vorteil sein, da durch das Wegbrennen der Ausblasewand von vornherein auch die geringste Druckerhöhung vermieden wird.

Durch Hilfskonstruktionen – wie schon erwähnt z. B. aus Holz – aufgeteilte Folienflächen geben in vielen Fällen

Bild 7
Ausblasewand aus Folie
mit Holz-Hilfskonstruktion

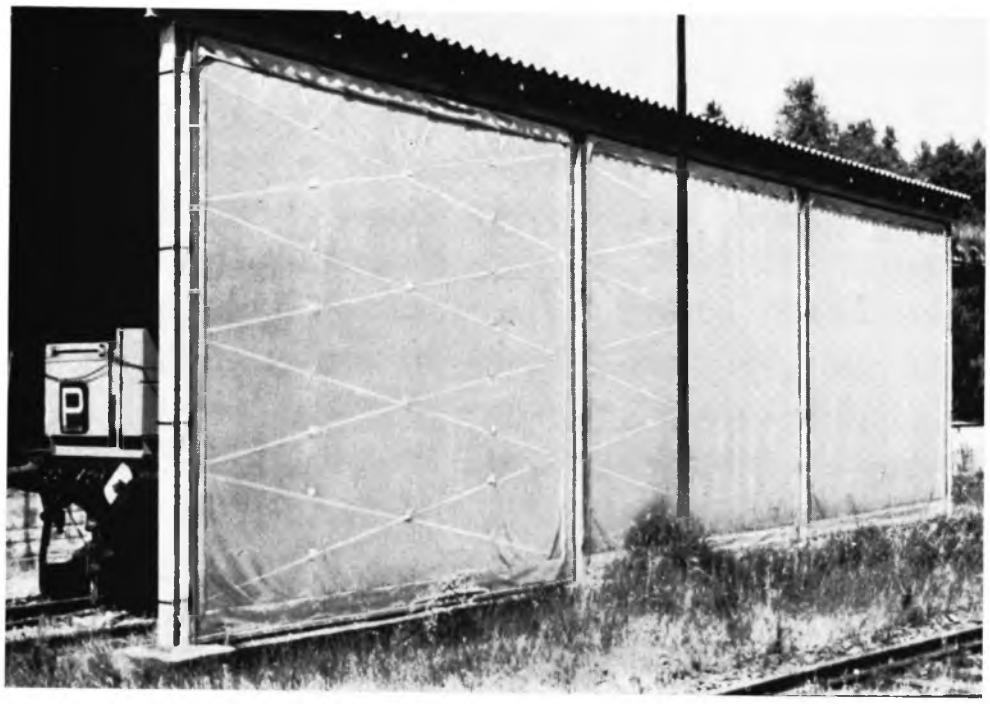


Bild 8
Ausblasewand als ganzflächige konfektionierte Folienwand

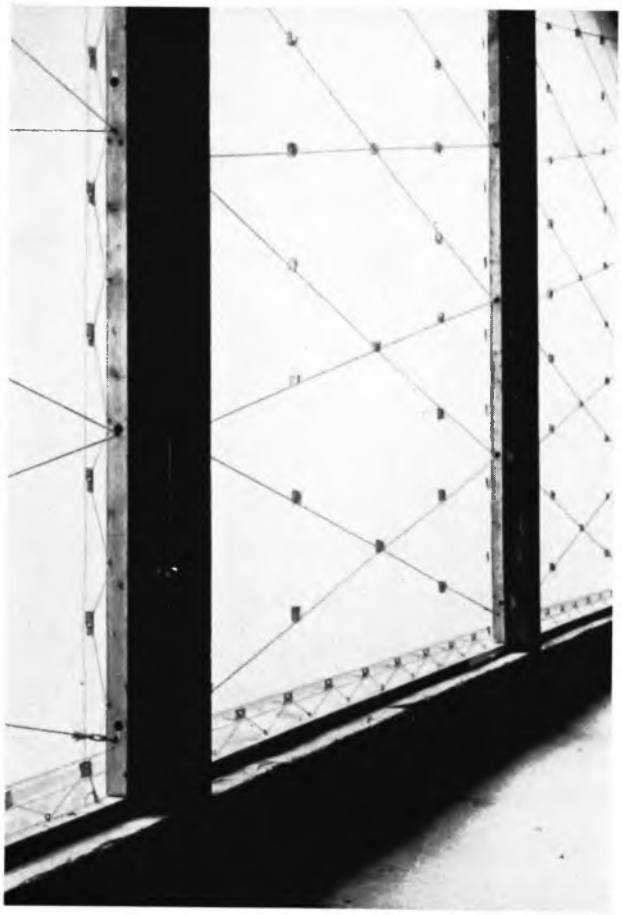


Bild 9 Seilverspannung einer Folien-Ausblasewand

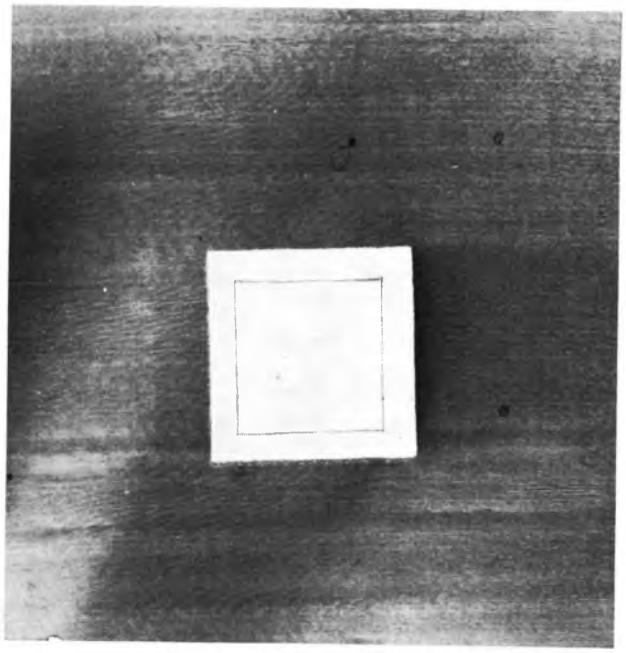


Bild 10 Hilfskonstruktion zum leichteren Aufreißen einer Ausblasewand

Bild 11
Herausgeschleuderte
Holz- und Drahtglasteile

dem Druck leichter nach bzw. führen eher zum Aufreißen als konfektionierte, ganzflächige Folienwände. Bei diesen ist u. U. eine Perforation der Oberfläche durch eckiggeschnittene Öffnungen (Kerbwirkung) angebracht, die durch Überkleben mit weichen, nicht widerstandsfähigen, aber wasserdichten Materialien das Aufreißen erleichtern (Bild 10).

Wird eine wärmedämmende Ausblasewand verlangt, kann dies durch Doppelfolie erreicht werden, wobei Schaumstoffpolster, die der Gesamtfläche entsprechend verteilt sind, den notwendigen Abstand halten bzw. beiderseitiges Anbringen auf der Holzkonstruktion.

Nach den vorliegenden Erfahrungen, die sich über fünf Jahre erstrecken, kann abschließend folgendes gesagt werden:

1. Die Verwendung von Folie in Ausblaseöffnungen als wetter- und windfestes Bauelement auch über größere

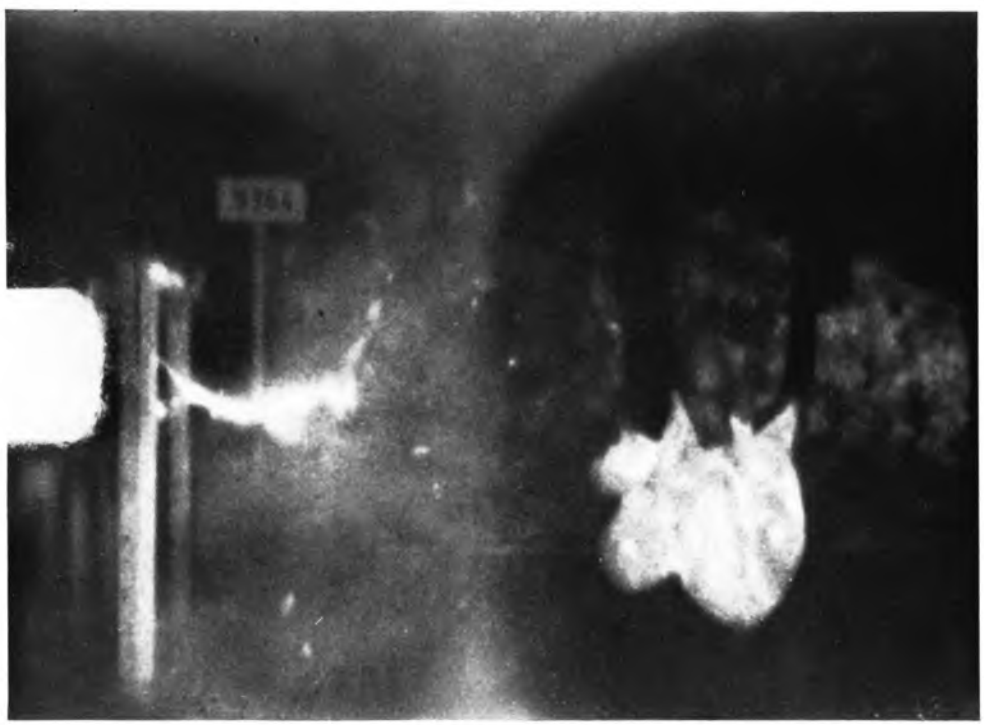


Bild 12
Wegfliegende
Kunststoffolie

zusammenhängende Flächen ist unerwartet wenig reparaturanfällig, insbesondere wenn die äußere Folie eine Gitterfolie ist.

2. Die Wärmedämmung durch Doppelfolie ist ausreichend und wirtschaftlich. Als Innenfolie genügt u. U. eine unbewehrte leichte Verpackungsfolie.

3. Anstelle der Glasfenster übertrifft sie deren Tageslichteinfall, weil in den meisten Fällen die transparente Fläche ein Vielfaches der normalen Fensterfläche beträgt. Das gilt auch für Arbeitsräume, die keine Ausblasewand benötigen, aber der Gefahr möglicher Druckeinwirkungen von außen ausgesetzt sind. Durch die Verwendung von Folie werden hier die sonst bei Glasfenstern üblichen Splitterschäden bzw. -verletzungen vermieden.

4. Als Element der Sicherheitsbauweise, und das ist in unserer Betrachtung der wichtigste Punkt, ist sie den herkömmlichen Baustoffen weit überlegen, nicht nur in ihrer Schutzwirkung, sondern auch wegen der wesentlich kürzeren Reparaturzeiten.

Die Bilder 11 und 12 sind einem Film (Bildgeschwindigkeit ca. 3000/s) entnommen, der bei der Untersuchung von herkömmlichen Ausblasewänden (Drahtglas mit Holzkonstruktion, Bild 11) und einer seilverspannten Doppelfolienausblasewand (Bild 12) entstanden ist.

Im Bild 11 – etwa 2 ms nach der Zündung – ist die scharfkantige Splittermasse aus der Drahtglasverglasung zu erkennen, die sich bereits von der Holzkonstruktion gelöst hat. Bei diesem Versuch wurden Holzteile bis zu 50 m, Glassplitter bis zu 200 m weit geschleudert.

Im Bild 12 – ebenfalls etwa 2 ms nach der Zündung – ist die leicht zusammengeballte, aus der Verschnürung gerissene Doppelfolie erkennbar, die etwa 20 m weit geschleudert wurde.

Die beiden Bilder verdeutlichen die durch die Folienkonstruktionen erreichte Erhöhung der Sicherheit.

Dr. Kassebart

Wir haben uns überzeugen können, daß Kunststoff-Folien in der Lage sind, gefährlichen Drücken nachzugeben, ohne Wurfstücke zu bilden. Andererseits kann eine solche Folie auch dazu dienen, Bruchstücke eines anderen Werkstoffes am Wegfliegen zu hindern.

Die auf den Bildern 1, 2 und 3 gezeigten Glasgeräte wurden mit einer Kunststofflösung bestrichen, aus der sich nach Verdunsten des Lösemittels eine dünne, durchsichtige und zusammenhängende Folie bildete.

Wir haben heute mehrfach innerhalb der physikalischen Eigenschaften von der Elastizität bzw. der Härte oder Steifheit der Produkte gesprochen. Es ist der Forschung und Entwicklung gelungen, die große Lücke zwischen den hochwertigen Gummiqualitäten und den härteren Werkstoffen, beginnend mit Polyäthylen über Polyamide, Acrylglas und glasfaserverstärkte Polyester bis zu Aluminiumlegierungen auszufüllen. Als prominenter Vertreter dieser kautschuk-elastischen Werkstoffe darf das unter dem Handelsnamen »Vulkollan« bekannte Polyurethan-Elastomere genannt werden. Ein diesem Werkstoff außerdem eigenes hohes Schwingungs-Dämp-

Bild 1 Mit Folie umschlossener Exsikkator, unversehrter Zustand

Bild 2 Mit Folien umschlossener Exsikkator, gesprungen

fungs-Vermögen und ein hoher Verschleißwiderstand gestatten vielseitige Verwendung als Verbindungselement (z. B. für Schließteile bei Automobilen), zur Lagerung von Maschinenfundamenten, als Handgriffe an Preßlufthämmern, als wartungsfrei arbeitende Gleitlager (z. B. in Lenkorganen von Kraftfahrzeugen) und auch als Dichtungsmaterial. Hochpolymere Werkstoffe, die sich ebenfalls durch hohe Abriebfestigkeit und relativ gute Schwingungsdämpfung auszeichnen, aber bis kurz unter ihre Erweichungstemperatur eine besonders hohe Festigkeit (auch große Schlagfestigkeit) besitzen, sind als Maschinenelemente besonders geeignet.

Hier sind die thermoplastischen Polyamide (hierzu gehört Perlon) als Werkstoffe zu nennen, beispielsweise für Zahnräder (Bild 4). Das hohe Dämpfungsvermögen führt zu einem sehr angenehmen Nebenerfolg, nämlich der erheblichen Lärmminderung bis zu 50 % (10 d B), nach russischen Angaben sogar bis zu 70 %.

Diese Lärmminderung erscheint unter dem Aspekt einer möglichen Berufskrankheit von besonderer Bedeutung.

Auch durch Verkleiden von Flügelrädern an Klöppelmaschinen, in diesem Falle mit Vulkollan, wurden beachtliche Lärmminderungen erzielt.

Die hohe Zerreißfestigkeit von Polyamiden erlaubt ferner die Herstellung von Sicherheitsseilen und -gurten, die sich zusätzlich dadurch auszeichnen, daß sie gegen Witterungseinflüsse und Fäulnis widerstandsfähig sind.

Aus der bereits erwähnten geringen elektrischen Leitfähigkeit der Kunststoffe kann sich eine hohe elektrostatische Aufladung ergeben, so daß es bei Annäherung eines Leiters im ungünstigsten Fall sogar zu einer zündfähigen Entladung kommen kann.

[1] »Plastmassy« (Kunststoffe, Moskau, Nr. 1 [1963] S. 18–19).

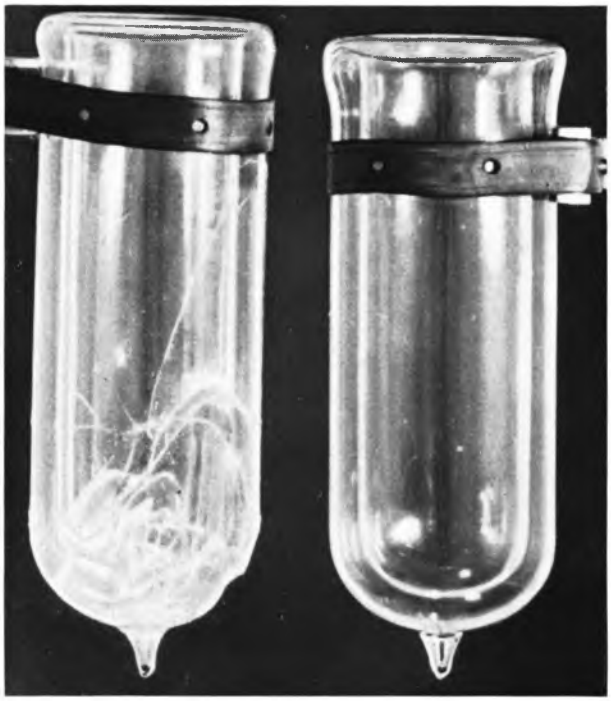


Bild 3 Mit Folien umschlossenes Dewar-Gefäß, rechts in unversehrtem, links in gesprungenem Zustand.

Durch Zumischung von antistatisch wirkenden Mitteln kann diese hohe Aufladbarkeit reduziert werden. Es gelingt z. B. bei Fußboden-Belägen, den spezifischen Widerstand soweit herabzusetzen, daß zwar der Bodenbelag noch isolierend gegen gebräuchliche Starkstromspannungen wirkt, sich aber gegenüber statischer Elektrizität als leitend erweist. Leider ist bei vielen der bisher bekannten Kunststoffe der Erfolg nur durch

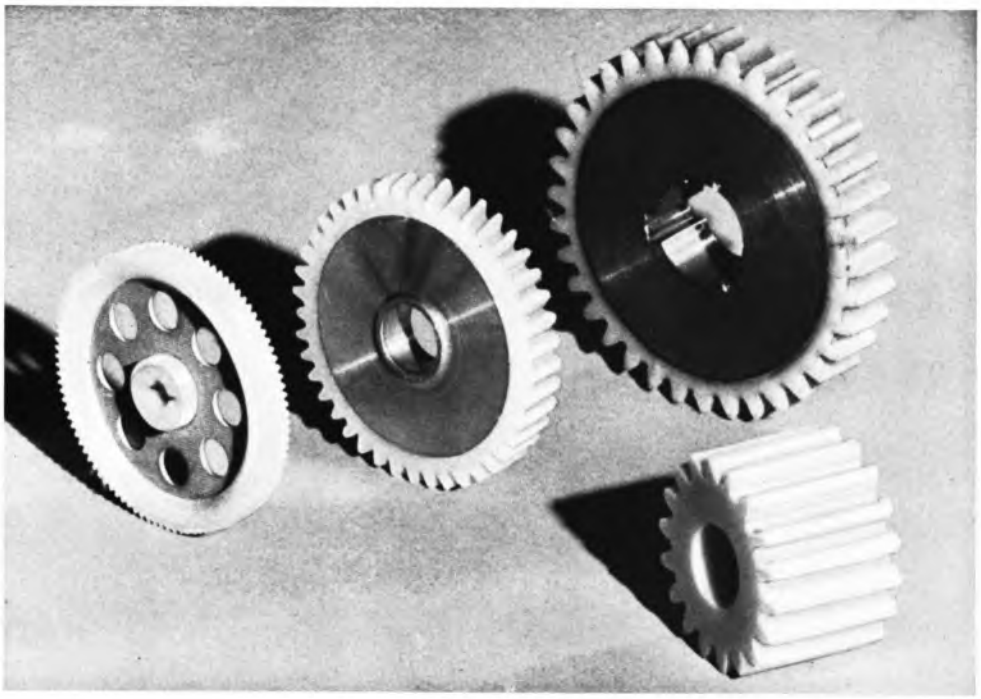


Bild 4
Zahnräder, auch mit Metallnabe

Bild 5 Dichtheitsprüfung der Innenhülle

Bild 6 Auspolsterung der Behälterwand

Bild 7 Einbringen und Aufblasen der Innenhülle

Bild 8 Fixierung der Innenhülle

Bild 9 Fertige Anlage

Oberflächenbehandlung mit beschränkter Lebensdauer möglich.

Die bisher genannten mechanischen und thermischen Eigenschaften, so zahlreich sie auch waren, sowohl einzeln betrachtet als auch in Kombination miteinander, waren im wesentlichen ableitbar aus der räumlichen Anordnung der Atome bzw. Atomgruppen in den Makromolekeln. Das chemische Verhalten der Kunststoffe ist dagegen vorzugsweise bedingt durch die chemische Zusammensetzung. Hieraus wird sich ergeben, ob ein Stoff gegen Säuren, Alkalien, Lösemittel oder andere chemische Verbindungen beständig ist. Beispielsweise ist Polyvinylalkohol wohl gegen Halogenkohlenwasserstoffe beständig, nicht aber gegen Wasser, was z. B. bei Verwendung von Schutzhandschuhen aus diesem Material zu beachten ist.

Allgemein kann gesagt werden, daß Kunststoffe gegen Chemikalien beachtlich widerstandsfähig sind und deshalb zum Schutz herkömmlicher Werkstoffe, insbesondere von Metallen, zur Vermeidung von Korrosionsschäden eingesetzt werden. Hier sind das Beschichten mit Kunststoffen oder auch das Auslegen von Folien zu nennen. In den letzten Jahren ist das Einziehen von Kunststoffhüllen in Heizölbehälter zu einem anerkannten Verfahren zum Schutz des Grundwassers durch Ölverschmutzung entwickelt worden (Bilder 5–9).

Sofern sich die mechanische Belastung in Grenzen hält, können solche Folien auch zur Herstellung von Notaufnahmebehältern verwendet werden, die in zusammengerolltem Zustand nur einen geringen Raum einnehmen (Bild 10).

Für besonders gefährliche Arbeiten, bei denen Brandgefahr besteht, ist immer empfehlenswert, ein Wasserbecken als Badewanne bereitzustellen, um Kleiderbrände sofort löschen zu können. Ein solches Becken aus Kunststoff ist leicht und kann im Bedarfsfalle an jedem Ort schnell aufgestellt werden (Bild 11).

Nun wieder zur Resistenz gegen chemische Stoffe. Als besonders widerstandsfähig hat sich hier das Polytetrafluoräthylen erwiesen, das unter dem Namen »Teflon« bekannt geworden ist und überhaupt nur von ganz wenigen Stoffen angegriffen wird. Es zeichnet sich zudem durch besondere Beständigkeit auch bei höheren Temperatuen aus, so daß es z. B. als Dichtungsmaterial in Chemieanlagen begehrt ist.

Selbstverständlich ergeben sich neben den guten chemischen Eigenschaften von Kunststoffen oft genug durch die mechanischen Eigenschaften zusätzlich beachtliche Vorteile, z. B. im Behälterbau.

Dieser Behälter, wäre er aus Blech gewesen, hätte das Experiment wohl nicht überstanden, ohne undicht zu werden. Bei höherer Druckbelastung darf man sich allerdings auch nicht, wie hier im Bild, mit einer mehr oder weniger starken Wand aus weichem Werkstoff begnügen, wenn der Behälter seine Form bewahren soll (Bilder 12, 13).

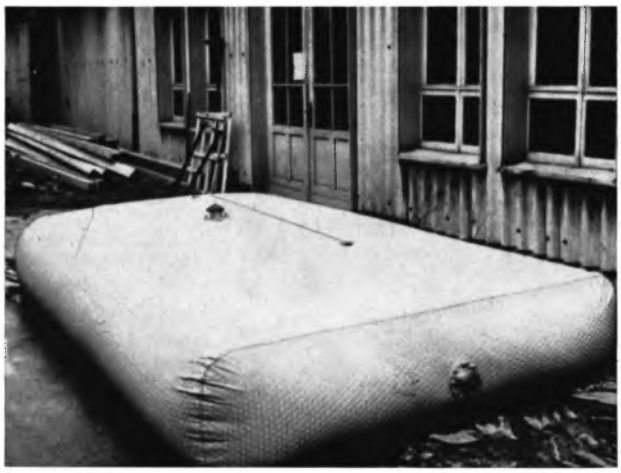


Bild 10 Notaufnahmebehälter

Bild 11 Wasserbecken

Bild 12
Demonstration der guten mechanischen Eigenschaften eines Kunststoffbehälters

Bild 13
Demonstration der guten mechanischen Eigenschaften eines Kunststoffbehälters

Kunststoffe für den Bau von Druckbehältern

Dipl.-Ing. W. Weise

1. Vorbemerkungen

In den 50er Jahren begann die deutsche Industrie, auch im Behälterbau die Vorteile des Kunststoffes zu nutzen:

Seine Korrosionsbeständigkeit, sein leichtes Gewicht und seine einfache Verarbeitung. Kunststoffbehälter bieten sich an, wenn aggressive Flüssigkeiten, z. B. Säuren, gelagert oder transportiert werden sollen, die bei Stahlbehältern Korrosionen hervorrufen würden. Kunststoffbehälter eignen sich aber auch für Flüssigkeiten mit hoher Anforderung an die Reinheit, bei denen geringste Verunreinigungen von der Wand her vermieden werden müssen, z. B. für Getränke.

Längere Zeit blieb die Verwendung des Kunststoffs auf drucklose Lager- und Transportbehälter beschränkt. Der drucklose Behälter hat den Nachteil, daß er mit Pumpen entleert werden muß, wenn nicht gerade ein Gefälle vorhanden ist. Pumpen für Säuren sind anfällig oder teuer.

Es entstand immer häufiger der Wunsch, die Kunststoffbehälter für inneren Überdruck zu bauen, um sie mit Druckluft oder Druckstickstoff entleeren zu können.

Für den Bau von Kunststoff-Druckbehältern fehlten aber brauchbare technische Regeln.

1964 übernahm es die Eigenüberwachung der Farbenfabriken Bayer auf Vorschlag der Vereinigung der Technischen Überwachungs-Vereine (VdTÜV), »Richtlinien für die Verwendung von Kunststoffen beim Bau von Druckbehältern« aufzustellen. Sie enthielten Berechnungs-, Herstellungs- und Prüfbedingungen, nach denen der Hersteller bauen und der Sachverständige prüfen konnte.

Ein kleiner Arbeitskreis des VdTÜV-Druckbehälterausschusses, bestehend aus TÜV Rheinland, Bayern und Farbenfabriken Bayer, arbeitete dann unter Beteiligung des einschlägigen Herstellerverbands, der Arbeitsgemeinschaft Verstärkte Kunststoffe (AVK), an dem Entwurf weiter.

Im November vorigen Jahres wurden die Richtlinien schließlich in einer Sitzung der AD-Verbände als vorläufiges AD-Merkblatt N 1 verabschiedet. Es ist inzwischen erschienen. Damit hat das Regelwerk einen vorläufigen Abschluß gefunden.

2. Werkstoff

Reine Kunststoffe sind für Druckbehälter nur als Auskleidungswerkstoff geeignet, für die drucktragende Wand ist ihre Festigkeit im allgemeinen zu gering. Der glasfaserverstärkte Kunststoff, abgekürzt GFK, ist dagegen für die tragende Wand in einem bestimmten Anwendungsbereich brauchbar.

Als Matrix für die Glasfasern ist ein Kunststoff geeignet, der sich leicht zusammen mit den Glasfasern verarbeiten läßt. Daher haben sich hier Gießharze eingeführt. Gießharze sind Kunststoffe, die sich bei Raumtemperatur in flüssigem Zustand befinden. Dadurch können sie ohne den Aufwand von Druck und Temperatur zusammen mit den Glasfasern in die endgültige Form gebracht werden.

Verwendet werden in erster Linie ungesättigte Polyesterharze, vereinzelt für besondere Bedingungen auch die viel teureren Epoxidharze.

Polyesterharze sind in Styrol gelöst. Sie härten durch Mischpolymerisation zwischen Harz und Lösungsmittel nach Zugabe organischer Peroxide exotherm zu einem transparenten Kunststoff, dem sog. »Gießharzformstoff«. Man spricht aber auch nach der Härtung noch von »Harzen«.

Das Glas wird für die Verwendung als gewichtssparender Verstärkungswerkstoff zu Glasfasern von $^{7}/_{1000}$ bis $^{10}/_{1000}$ mm Durchmesser ausgezogen. Die Glasfasern werden zu Spinnfäden zusammengeführt. Der Spinnfaden besteht aus 100 oder 200 parallel liegenden Fasern.

Die Fäden werden zu drei verschiedenen Verstärkungsformen verarbeitet: Zu sog. Rovings, zu Geweben und Matten.

Rovings sind Stränge aus 60, manchmal auch 30 oder 20 parallel liegenden Spinnfäden.

Gewebe werden aus Fäden in Kett- und Schußrichtung hergestellt, entweder in gleicher oder verschiedener Fadenzahl in den beiden Richtungen.

Matten sind dagegen Flächengebilde in völlig regelloser Anordnung der Fäden.

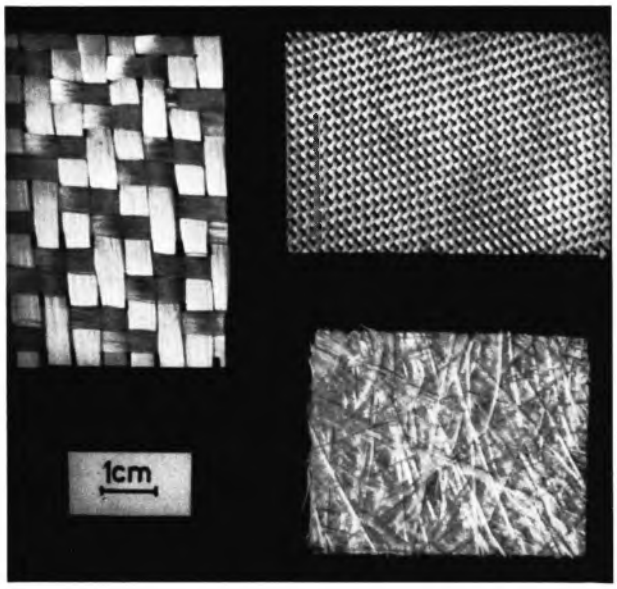


Bild 1 Verschiedene Verstärkungsformen

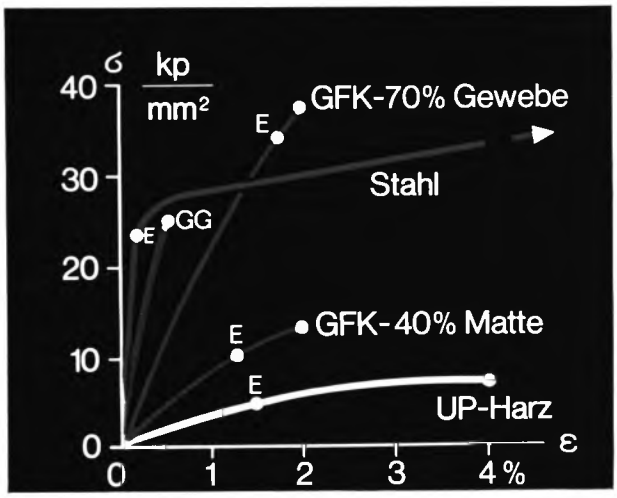


Bild 2 Spannungs-Dehnungs-Diagramm

Faktor	Abminderungseinflüsse auf die Festigkeit	Wert
G_1	Zeitstandverhalten bis 10^5h	2,0
G_2	Alterung durch Beschickungseinfluß	1,4
G_3	Anisotropie (Matten)	(1,0) 1,2
	(Gewebe und Rovings)	(1,2)
G_4	Inhomogenitäten	1,2

Tabelle 1 Zulässige Beanspruchung von GFK

In Bild 1 sind Ausschnitte von Geweben und Matten, und zwar links ein aus Rovings hergestelltes Gewebe, ein sog. Rovinggewebe, rechts oben ein Feingewebe aus gezwirnten Fäden und rechts unten eine Matte mit ihrem Fadengewirr, dargestellt.

3. Mechanische Eigenschaften von GFK

Die Zugfestigkeit der Glasfasern ist mindestens 20mal größer als die der ausgehärteten Harze. Die Bruchdehnung der Glasfasern ist gleich oder kleiner, so daß die Verstärkung voll zur Wirkung kommt.

Die Zugfestigkeit des Verbundwerkstoffs GFK ist daher in weitem Maße vom Gehalt an Fasern in der Belastungsrichtung abhängig. Die Festigkeit kann in den verschiedenen Richtungen durch verschiedene Faseranteile differenziert werden, entsprechend der vorhandenen Spannungsverteilung.

Zum Vergleich ist aus Zugversuchen mit verschiedenen Werkstoffen die Spannung über der Dehnung aufgetragen (Bild 2): für unverstärktes Harz (weiße Linie), für GFK mit 40 Gewichts-% Matten und mit 70 % Gewebe mit gleichem Glasgehalt in Kett- und Schußrichtung (rote Linie), dann für unlegierten Stahl (blaue Linie) und Grauguß (grüne Linie). Die Linie des Stahls müßte noch über mehrere Bildbreiten fortgesetzt werden, um die plastische Dehnung bis zum Bruch wiederzugeben. GFK dehnt sich dagegen bis zum Bruch ähnlich wie Gußeisen fast rein elastisch. Die Bruchdehnung beträgt etwa 2 % entsprechend der Bruchdehnung der Glasfasern.

Gewebeverstärkte GFK erreichen die Zugfestigkeit von weichen Stählen, in Richtung einer Rovingwicklung liegt die Zugfestigkeit noch erheblich höher. Man erkennt, welchen Einfluß der Glasgehalt auf die Zugfestigkeit hat.

Je höher der Glasgehalt, desto größer ist bei GFK der lineare Bereich relativ zur Bruchverformung. Der Punkt E in den Kurven ist die techn. Elastizitätsgrenze, bei Kunststoffen die Spannung, bei der die Spannungs-Dehnungslinie um den ersten meßbaren Betrag von der Geraden abweicht.

4. Berechnungsregeln, Sicherheitsbeiwerte

GFK-Druckbehälter müssen so bemessen werden, daß eine Laminatschädigung auch bei Langzeitbeanspruchung nicht eintritt. Die ausreichende Bemessung wird auf zwei Wegen gesichert:

1. Die Berechnungsformeln der AD-Merkblätter für metallische Werkstoffe, die von teilplastischen Verformungen ausgehen, wurden so modifiziert, daß sie die vollen Spannungsspitzen, z. B. an Bodenkrempen und Ausschnittverstärkungen, berücksichtigen. Dadurch wird dem fast rein elastischen Verformungsverhalten von GFK Rechnung getragen.
2. Für die zulässige Beanspruchung wird die Zugfestigkeit in der jeweiligen Beanspruchungsrichtung ermittelt und durch einen ausreichend großen Sicherheitsbeiwert dividiert, der in Teilfaktoren zerlegt wird.

K = Zugfestigkeit
S = Sicherheitsbeiwert
G = Werkstoffabminderungsfaktor
$G = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdot G_4$

$$\sigma_{zul} = \frac{K}{S \cdot G}$$

$$S = 2{,}7$$

$$3{,}7 \geqq G \geqq 2{,}2$$

$$\frac{K}{10} \leqq \sigma_{zul} \leqq \frac{K}{6}$$

Oben rechts ist die zulässige Beanspruchung definiert. Der Festigkeitswert K, hier die Zugfestigkeit, wird geteilt durch den Gesamt-Sicherheitsbeiwert S · G. Dieser beträgt in der Regel 10 und ist aufgeteilt in einen reinen Sicherheitsbeiwert S und in einen Werkstoffabminderungsfaktor G. Der Abminderungsfaktor ist wieder aufgeschlüsselt in Einzelwerte G_1 bis G_4, die die negativen Einflüsse auf die Festigkeit des Werkstoffes berücksichtigen, siehe Tabelle 1.

GFK kriecht schon bei Witterungstemperaturen über lange Zeit wie Stähle bei hohen Temperaturen, so daß die Langzeit-Zugfestigkeit auch hier geringer ist als die Kurzzeit-Festigkeit. Das Zeitstandverhalten bis 10^5 h wird mit 2,0 berücksichtigt. Weiter wird für die Alterung durch Umgebungs- und Beschickungseinfluß 1,4, für die Anisotropie des Werkstoffs, d. h. die Richtungsabhängigkeit seiner mechanischen Eigenschaften 1,2 und für Inhomogenitäten, die bei der Herstellung eines Verbundwerkstoffs wie GFK entstehen können, ebenfalls 1,2 angesetzt.

Das Produkt der Einzelfaktoren G_1 bis G_4 beträgt 4,0. Da sie nicht alle gleichzeitig in voller Höhe gelten brauchen, wird G mit 3,7 eingesetzt.

Der Grundsicherheitsbeiwert S = 2,7 ist in Anlehnung an die Sicherheit, die bei weichen Stählen gegen die Zugfestigkeit vorhanden ist, festgesetzt worden.

Die Einzelfaktoren G_1 bis G_4 können, soweit dies durch Langzeitversuche an Probestücken, durch Dehnungsmessungen oder Berstversuche an Prototypen des Behälters oder durch Werkstoffprüfungen an der Lieferung gerechtfertigt ist, herabgesetzt werden. Das Produkt aus S und G darf hierbei die Zahl 6 nicht unterschreiten. Durch die Möglichkeit, die Wanddicke bis zu 40 % höher auszunutzen, wird die Weiterentwicklung des GFK-Druckbehälters angeregt. Der Prüfaufwand wird sich bei großen Stückzahlen einer Serienfertigung lohnen. Bei Einzelfertigung wird es wirtschaftlicher sein, bei geringerem Prüfaufwand den höheren Sicherheitsbeiwert und damit die geringere Werkstoffausnutzung hinzunehmen.

Die untere Begrenzung des Gesamt-Sicherheitsbeiwerts auf 6 soll dem verformungsarmen Bruchverhalten von GFK Rechnung tragen. Ihm fehlt ja bei Überbeanspruchung die bei Stahl vorhandene plastische Verformungsreserve.

Eine zusätzliche Sicherheit besteht noch darin, daß es bei einem vernünftig konstruierten GFK-Behälter trotz des fast rein elastischen Verhaltens keinen plötzlichen Sprödbruch gibt. Ein Versagen schreitet bei GFK allmählich fort, unter zunehmender Undichtheit. Einem fortschreitenden Riß treten auf dem ganzen Weg die querliegenden Glasfasern als unverminderter Widerstand entgegen.

In Tabelle 2 sind die mechanischen Eigenschaften für Harz und Glasfaser, für GFK mit 40 % Matten- und 70 % Gewebeverstärkung und für einige gebräuchliche metallische Werkstoffe aufgeführt: Grauguß GG 25, die Alu-Magnesium-Legierung AlMg 3, Kesselblech H I, Feinkornbaustahl St 52.3 und ein rostfreier Stahl mit 18 % Cr und 9 % Ni. Die dritte und vierte Spalte ge-

Werkstoff	E-Modul	Streckgrenze	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	Zulässige Beanspruchung σ_{zul} bei Temperaturen bis + 50 °		Dichte	$\frac{\gamma}{\sigma_{zul}}$
	kp/mm²	σ_S kp/mm²	σ_B kp/mm²	%	formal	kp/mm²	γ g/cm³	
UP-, EP-Harze (ausgehärtet)	300-400	—	5–8	2–4	—	—	1,2	—
Glasfaser	7300	—	140–180	2	—	—	2,5	—
GFK mit 40 % Matte	900	—	13	2	$\sigma_{B/10}$	1,3	1,5	1,15
GFK mit 70 % Gewebe	2300	—	38	2	,,	3,8	1,9	0,50
GG 25	12000	—	25	0,5	$\sigma_{B/9}$	2,8	7,25	2,6
AlMg 3	7000	8	18	17	$\sigma_{B/3,5}$	5,1	2,7	0,53
H I	21000	23	35–45	22–30	$\sigma_{S/1,5}$	15,3	7,86	0,51
St 52,3	21000	36	50–62	22	,,	24,0	7,86	0,33
4541	21000	27	50–75	30	,,	18,0	7,9	0,44

Tabelle 2 Mechanische Eigenschaften verschiedener Werkstoffe und Verhältniszahlen für das Behältergewicht

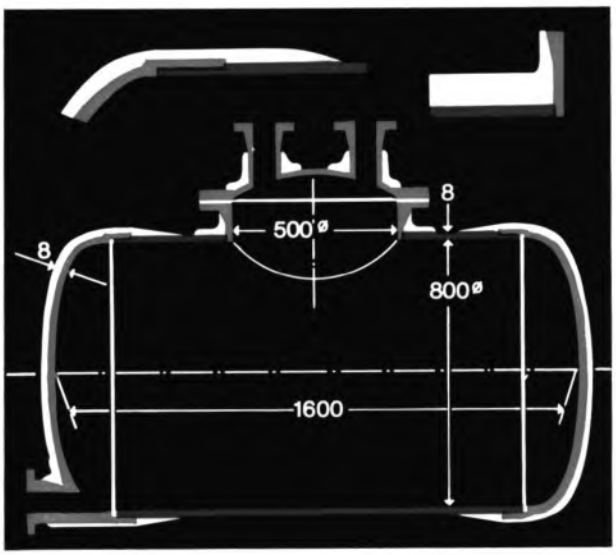


Bild 3 800-l-GFK-Druckbehälter, 2 atü, 50 ° C

Bild 4 Ansicht eines fertigen GFK-Druckbehälters

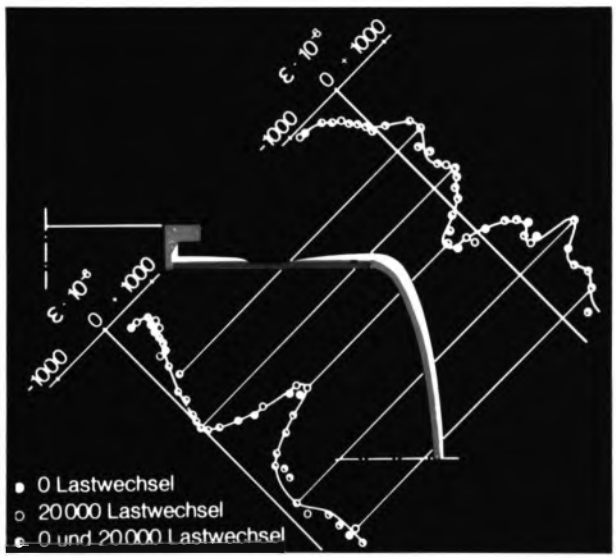


Bild 5 800-l-GFK-Druckbehälter, 2 atü, Dehnung in Längsrichtung

ben Zugfestigkeit und Bruchdehnung an, die beiden nächsten Spalten die zulässige Beanspruchung.

Wegen des hohen Gesamt-Sicherheitsbeiwertes liegt die zulässige Beanspruchung von GFK relativ niedrig. Aber auch die Dichte von GFK (nächste Spalte) ist niedrig.

Ganz rechts ist der Quotient aus Werkstoffdichte und zulässiger Beanspruchung gebildet. Er ist eine Verhältniszahl für das Behältergewicht bei gleichen Auslegungsdaten wie Innendruck, Geometrie und Inhalt.

Diese Zahlen sind interessant, wenn es auf Leichtbau ankommt, z. B. bei Tankwagen zur wirtschaftlichen Nutzung der zulässigen Achsbelastung.

Vorausgesetzt ist, daß die Wanddicke nach der Innendruckbeanspruchung bemessen ist, was bei nicht zu niedrigen Drücken zutrifft. Die Werte gelten für witterungsbedingte Temperaturen. Man erkennt, daß GFK-Druckbehälter mit 70 % Gewebeverstärkung nicht schwerer werden als Behälter aus Kesselblech H I oder AlMg 3. GFK-Druckbehälter können noch leichter gebaut werden, wenn zumindest der Zylinder mit Rovings gewickelt wird und wenn die Abminderungsfaktoren gesenkt werden können.

5. Herstellung und Prüfung eines Versuchsbehälters

Den ersten GFK-Druckbehälter ließen wir 1964 bauen. Der Herstellung lagen die Praxis und Erfahrung des Herstellers beim Bau von drucklosen Behältern und unsere damals gerade aufgestellten Richtlinien zugrunde.

Es handelt sich um einen 800-l-Druckbehälter für 2 atü und 50° C aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (Bild 3). Innen und außen erhielt er eine sogenannte Feinschicht, eine etwa 0,5 mm dicke Schutzschicht aus dem gleichen Harz. Diese verhindert das Eindringen von Feuchtigkeit oder des Füllguts in die Grenzfläche Glas/Harz.

Zylinder, Böden und Stutzen wurden getrennt hergestellt und miteinander verklebt. Der Zylinder (im Bild grün angelegt) erhielt seine Verstärkung in Umfangsrichtung durch Parallelwicklung von harzgetränkten Rovings. Nach jeder Wickellage wurde 1 Matten- oder Gewebelage für die Längsverstärkung von Hand aufgelegt und mit Harz durchtränkt. Klöpperböden, Stutzen und Mannlochdeckel (orange) sind Preßteile aus vorgeformten Matten. Die Klebverbindungen sind, wie oben vergrößert dargestellt, außen durch eine Handlaminierung (weiß) verstärkt. Beim Handlaminieren werden Matten, Gewebe und Harz von Hand aufgebracht. Das Verstärkungslaminat für die Klebung zwischen Boden und Zylinder ist über den Boden weitergezogen, um die rechnerisch erforderliche Bodenwanddicke zu erhalten. Das Klebemittel ist in aller Regel das gleiche Harz.

Das nächste Bild (Bild 4) zeigt den fertigen Behälter. Die dunkleren Tönungen zeigen die nachträglich aufgebrachten Verstärkungslaminate. Die bei der Berechnung zugrunde gelegten Festigkeitswerte wurden am Mannlochausschnitt und an einem parallel gefertigten Boden ermittelt.

Dieser Behälter wurde nicht im Betrieb eingesetzt, sondern im Labor unter einer langandauernden Innendruck-Schwellbeanspruchung geprüft. Auf der Innen- und Außenoberfläche erhielt er je rund 250 Dehnmeßstreifen.

Der Behälter wurde 20 000mal auf den Berechnungsdruck gebracht und wieder auf 0 entlastet. 1 Periode dauerte 15 Min. Dieser Versuch erstreckte sich über 2 Jahre. Der Behälter lag dabei innen und außen in Isolieröl von Raumtemperatur.

Mit dem Öl wurde der Druck aufgegeben. Das Öl führte aber auch die Wärme ab, die der Meßstrom im Dehnmeßstreifen erzeugt und die ohne Kühlung infolge der geringen Wärmeleitung des Kunststoffs die Anzeige verfälscht hätte.

Durch die Lagerung in Öl wurde der Behälter praxisnahe auf eine Alterung durch einen inneren und äußeren Beschickungseinfluß geprüft, der sich der mechanischen Beanspruchung überlagerte.

Auf den folgenden Bildern sieht man die Ergebnisse der Dehnungsmessung am Anfang und am Ende des Versuchs:

In Bild 5 sind die Dehnungen bei Berechnungsdruck entlang der Meridianlinie in Meridianrichtung in rechtwinklige Diagramme projiziert. Die Dehnungen auf der Außenseite der Wand sind oben rechts, die auf der Innenseite unten links zu finden. Die weißen Punkte zeigen die Dehnung nach der 1. Belastung, die weißen Kreise nach 20 000 Wechseln. Praktische Übereinstimmung stellen die halbierten Punkte dar.

Der Dehnungsverlauf an der Bodenkrempe gleicht dem bekannten Verlauf an Klöpperböden aus Stahl. Die größte Dehnung trat hier mit 1,4 ‰ auf der Innenseite der Krempe auf. Durch den 1achsigen Zugversuch an entsprechenden Probestücken lassen sich die elastischen Konstanten ermitteln, mit denen die Spannung, die zu der gemessenen Dehnung gehört, errechnet werden kann. Die Spannung an der Stelle der größten Dehnung entspricht etwa der zulässigen Beanspruchung mit der Gesamtsicherheit von 10.

Das Bild 6 zeigt die Dehnungen an den gleichen Orten in Umfangsrichtung. Auch hier trat während der Versuchszeit nur wenig Änderung ein. Die größte Dehnungsspitze lag hier am Ausschnittrand. Auch für diese Spitze ließ sich eine Spannung errechnen, die ungefähr einem Zehntel der Zugfestigkeit entspricht.

Im Bild 7 sind die Dehnungen in Umfangsrichtung auf der Umfangslinie, die durch den Fahrstutzenmittelpunkt führt, dargestellt. Bei der 1. Belastung trat eine übermäßige Dehnungsspitze außen am äußeren Rand der Ausschnittverstärkung auf (rechts im Bild). Vermutlich wurde sie durch die Schubspannungsspitze am Ende der Klebefläche hervorgerufen. Die hohe Spitze der 1. Belastung ist nach 20 000 Wechseln ausgeglichen.

Ein Spannungsabbau durch plastische Verformung ist im begrenzten Maß also auch bei GFK möglich.

Im Bild 8 sind die Dehnungen auf der gleichen Linie in Längsrichtung aufgetragen. Die größte Dehnung liegt auch hier am äußeren Rand der Ausschnittverstärkung,

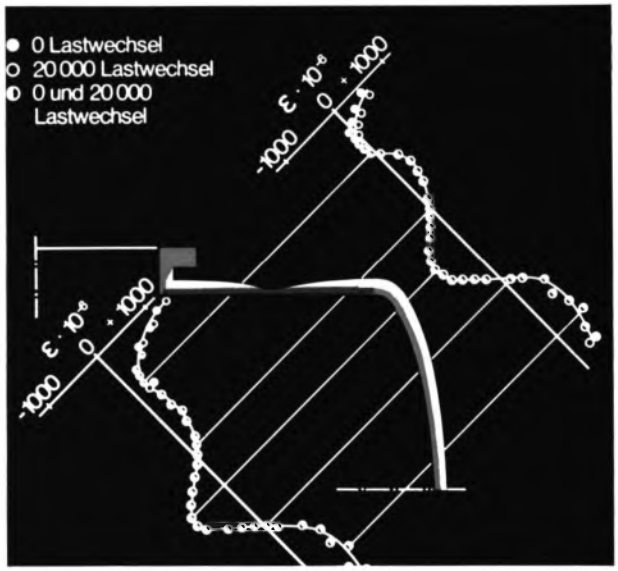


Bild 6 800-l-GFK-Druckbehälter, 2 atü, Dehnung in Umfangsrichtung

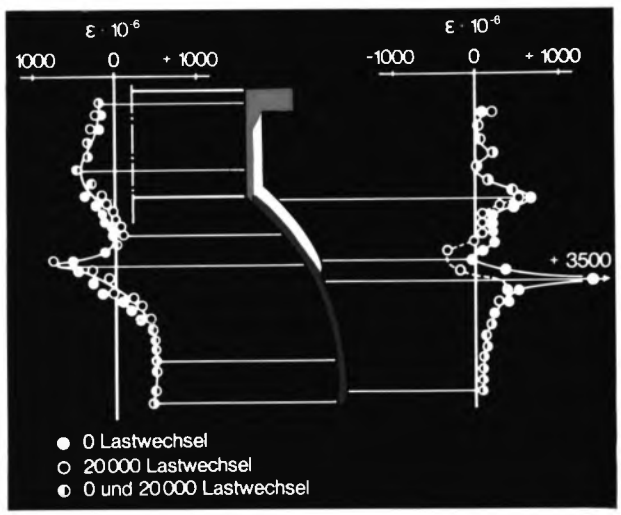


Bild 7 800-l-GFK-Druckbehälter, 2 atü, Dehnung in Umfangsrichtung

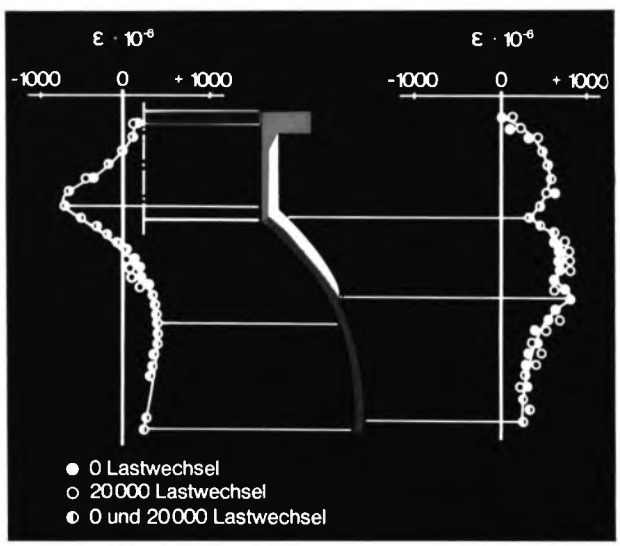


Bild 8 800-l-GFK-Druckbehälter, 2 atü, Dehnung in Längsrichtung

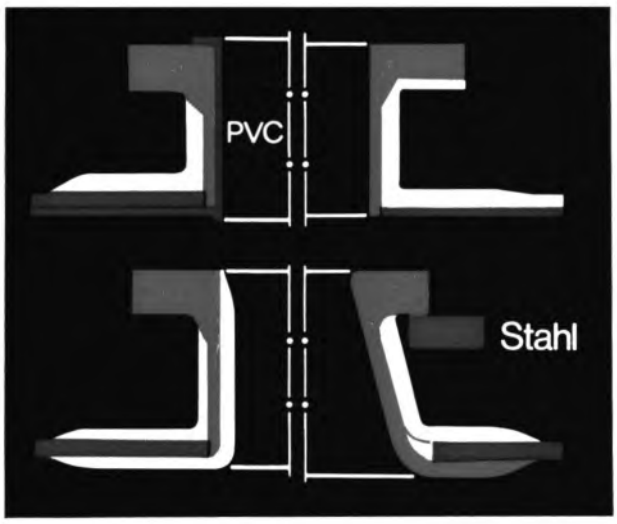


Bild 9 Stutzen an GFK-Druckbehälter

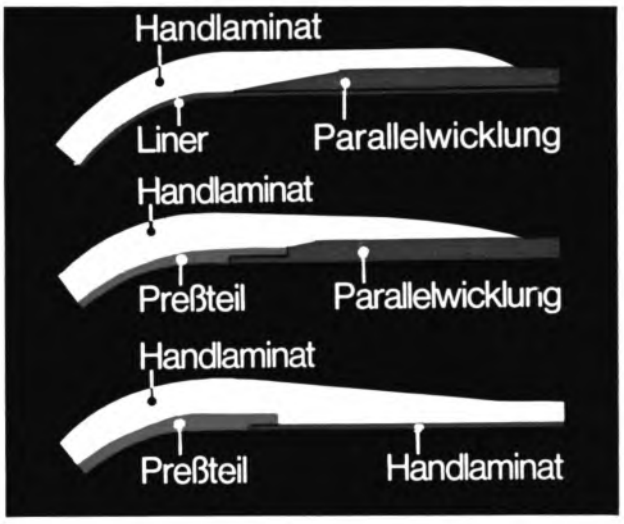


Bild 10 GFK-Druckbehälter, Verbindung Zylinder–Boden

aber niedriger als in Umfangsrichtung. Insgesamt änderten sich die Dehnungen nach 20 000 Druckbelastungen nur geringfügig. Daraus ergibt sich, daß eine Schädigung des Verbundwerkstoffs nicht eingetreten ist. Sie hätte sich sonst in einer Vergrößerung der Dehnungen zeigen müssen. Bei einer inneren und äußeren Untersuchung nach dem Versuch konnte keine Beschädigung der Feinschicht festgestellt werden.

Zur Zeitraffung wurde später der Versuch mit 4 atü, also mit dem doppelten Berechnungsdruck, fortgesetzt. Nach 800 Druckwechseln wurde der Behälter schadhaft. Auf dem Scheitel des Behälters trat am äußeren Rand des Fahrstutzen-Verstärkungslaminats Öl aus. Der Innendruck wurde nicht mehr erreicht, der Versuch mußte abgebrochen werden.

Der zuletzt durchgeführte Schwellversuch bei doppeltem Berechnungsdruck machte die schwächste Stelle der Konstruktion sichtbar: die Klebeverbindung zwischen Stutzenrohr und Zylinderwand, durch die das Füllgut in das sich anschließende Verstärkungslaminat eindrang.

6. Ausgeführte GFK-Druckbehälter

Bei den nachfolgenden GFK-Druckbehältern, die in unseren Betrieben eingesetzt wurden, ist die Verbindung des Fahrstutzens mit dem Zylinder noch verbessert.

Die vier grundsätzlichen Ausführungsarten dieser Verbindung an den heute bei uns betriebenen Behältern sind in Bild 9 dargestellt. Grün bedeutet wieder Zylinderwand, orange: Preßteile, weiß: Verstärkungslaminat für den Ausschnittrand. Links oben finden wir die Stutzenverbindung des Versuchsbehälters wieder, aber auf einem sogenannten Liner aufgebaut (rot). Ein Liner ist ein dünnwandiger Grundkörper aus einem anderen Werkstoff, meist aus einem Thermoplast, der als Schutzschicht an die Stelle der inneren Feinschicht tritt. Die Beschickung wird durch den Liner von der Klebfläche ferngehalten.

Links unten erhält der Stutzen auch eine Innenlaminierung. Die Klebfläche der Verstärkung wird hierdurch verdoppelt und die Gefahr des Eindringens von Produkt beseitigt.

Die Konstruktion rechts unten erfordert einen konischen Stutzen und einen geteilten Losflansch, der aus Stahl hergestellt sein kann. Der konische Stutzen, ein Preßteil, ist von innen gegen die Zylinderwand geklebt.

Auf diese Art wird eine formschlüssige Verbindung zwischen Stutzen und Zylinder erreicht.

Während die drei bis jetzt betrachteten Details bei gewickelten Zylindern angewandt wurden, ist rechts oben das Stutzendetail eines Behälters wiedergegeben, der im Handlaminier-Verfahren hergestellt wurde. Grün ist der Querschnitt eines dünnen Grundzylinders aus GFK, der mit dem Boden verklebt ist. Der Grundkörper kann auch ein Liner sein, der dann – wie links – noch im Stutzen weiterzuführen wäre.

Der weitere Aufbau der Wand geht ohne Unterbrechung, also auch ohne Klebung in den Stutzen und in den Flansch über. Das weiße Handlaminat umschließt den ganzen Behälter, die Klebung zwischen grün und weiß ist also nur gering beansprucht.

Auch die Verbindung zwischen Zylinder und Boden erfordert besondere Aufmerksamkeit. In Bild 10 sind die drei grundsätzlichen Verbindungsarten an unseren Druckbehältern dargestellt: Oben das Detail eines Behälters mit Liner. Der Liner wird zu einem Körper verschweißt, dann der Zylinder durch Parallelwickeln aufgebaut und gehärtet. Das Laminat wird für die Verklebung angeschrägt. Dann wird der Boden von Hand auflaminiert, zuletzt die Klebverbindung durch weiteres Auflaminieren verstärkt.

In der Mitte ist ein gewickelter Zylinder mit einem gepreßten Boden verbunden wie bei unserem Versuchsbehälter.

Lfd. Nr.	Inhalt ltr.	Innerer Überdruck atü	Berechnungstemperatur °C	Baujahr	Zylinder Durchmesser mm	Zylinder Länge mm
1	800	2	50	1964	800	1 280
2 A+B	25 000	0,3 (+0,6) −0,01	50	1967	2 400	6 000
3	2 000	3	50	1968	1 200	1 450
4	1 000	3	50	1968	1 000	1 030
5 A+B	10 000	0,5	50	1969	1 600	4 600
6	2 500	3	70	1969	1 400	1 220
7	5 000	3	70	1969	1 800	1 440
8	2 000	3	50	1965	1 250	930
9 A,B,C	1 000	3	50	1969	1 000	1 280
10	13 000	3/−0,03	50	1967	1 600	6 100
11	13 000	3/−0,05	50	1968	1 600	6 100

Tabelle 3 Daten einiger GFK-Druckbehälter

Lfd. Nr.	Zylinder Wanddicke mm	Zylinder Herstellung	Boden Wanddicke mm	Boden Herstellung	Bemerkungen
1	9	abwechselnd Wickellagen und Matten (innen) bzw. Gewebe 1:1 (außen)	8/30	Preßteil mit Zylinder verklebt. Verstärkungslaminat bis über Klebstelle mit Matten u. Gewebe 1:1 abwechselnd	Versuchsbehälter
2 A+B	9	abwechselnd Wickellagen und Gewebe 1:∞	6/8 bzw. 9		Stehende Flachbodenbehälter
3	10		11/17		Lagerbehälter
4	9		12/24		Lagerbehälter
5 A+B	7		6/9		Lagerbehälter
6	12+4	wie oben, Wickelung auf PP-Liner	28+4	PP-Liner angeschweißt und wie oben auflaminiert	Rührwerksbehälter mit PP-Liner
7	15+4		35+4		
8	13	Handlaminat: abwechselnd Matten und Gewebe 1:4	13/28	Handlaminat: abwechselnd Matten u. Gewebe 1:1, Klebstelle überlaminiert	Transportbehälter
9 A,B,C	9		13		Lagerbehälter
10	18+4	Laminat wie oben, Behälter in 1 Stück auf geschweißten Liner laminiert	28+4	Laminat wie oben	Transportbehälter mit PVC-Liner
11	14+4		24+4		Straßentankwagen mit PVC-Liner

Tabelle 4 Daten einiger GFK-Druckbehälter

Im Bild unten ist die Wand auf einem relativ dünnen Grundbehälter zusammenhängend durch Handlaminieren aufgebaut. Der Grundzylinder ist ebenfalls von Hand laminiert und mit einem gepreßten Boden verklebt. Die Klebverbindung hat hier nur wenig Einfluß auf die Festigkeit, da das durchgehende Handlaminat die Längskraft allein aufnehmen kann.

An die Stelle des GFK-Grundkörpers kann auch ein verschweißter Liner treten.

In den Tabellen 3 und 4 sind die Daten des Versuchsbehälters Lfd. Nr. 1) und der bei uns betriebenen GFK-Druckbehälter zusammengestellt. Bei den Betriebsbehältern liegt der Inhalt zwischen 1000 und 25 000 l, der Berechnungsdruck zwischen 0,3 und 3 atü, die maximale Temperatur bei 50 und 70° C, das Baujahr zwischen 67 und 69. Der größte vorkommende Durchmesser ist 2400, die größte Länge 6100 mm.

In Tabelle 4 sind die Wanddicken und in Stichworten die Herstellungsmerkmale angegeben. Die zweite Behältergruppe hat gewickelte Zylinder, die nächste Gruppe ebenfalls, aber auf einem PP-Liner aufgebaut. Die beiden letzten Gruppen sind handlaminiert, die letzte auf einem PVC-Liner. Die Zylinderwanddicken (links) liegen zwischen 9 und 18 mm, die Linerwanddicken bei der dritten und fünften Gruppe betragen 4 mm. Die Böden sind 6 bis 35 mm dick. Bei den Bodenwanddicken ist an zweiter Stelle die Krempenwanddicke angegeben, wenn sie verschieden von der Kalottenwand ist.

Damit Erfahrungen rechtzeitig ausgewertet werden, empfiehlt das AD-Merkblatt verkürzte Fristen für die Wiederholungsprüfungen, und zwar jährlich eine äußere, 2jährlich eine innere und 4jährlich eine Druckprüfung.

Druckbehälter aus GFK stehen sicher noch am Anfang einer weiten Entwicklung. Mit diesem Referat sollte ein Einblick in diese junge Ingenieur-Sparte gegeben werden. Vor allem sollte gezeigt werden, daß bei Verwendung von Kunststoffen im Druckbehälterbau die erforderliche Sicherheit für den Betrieb gewährleistet ist.

Dr. Kassebart

Das folgende Referat gibt einen Überblick über ein Anwendungsgebiet der Kunststoffe, das seine Bedeutung ebenfalls in erster Linie der Beständigkeit des Werkstoffs gegenüber der Einwirkung chemischer Stoffe verdankt.

Rohrleitungen aus Kunststoff in der chemischen Industrie

Dipl.-Ing. H. Domininghaus

Im Industrie- und Anlagenbau der Chemie, vor allem dort, wo neben den erforderlichen mechanischen und thermischen Eigenschaften eine hohe Chemikalienbeständigkeit gefordert wird – wozu in der pharmazeutischen und Nahrungsmittelindustrie noch die Forderung nach gesundheitlicher Unbedenklichkeit tritt – bieten sich für das Kunststoffrohr vielseitige Einsatzmöglichkeiten.

Allerdings muß man, wenn man mit Erfolg Kunststoffrohre einsetzen will, insbesondere dann, wenn es sich um druckbeanspruchte Leitungen handelt, die physikalischen und die chemischen Eigenschaften dieses Werkstoffes vorher kennen.

In den Broschüren und in den Dokumentationen der Rohstoffhersteller findet man in zunehmendem Maße Eigenschaften wie Langzeitverhalten, Temperaturabhängigkeit und Chemikalienbeständigkeit – darunter auch die Chemikalienbeständigkeit bei Beanspruchung durch Innendruck oder Außendruck der Rohre –. Es muß ferner beachtet werden, daß bei der Herstellung

von Rohren und bei ihrer Verlegung oder Verarbeitung noch andere Einflüsse hinzukommen, die nicht außer acht gelassen werden dürfen. Sie können sich manchmal in einer erhöhten Spannungsrißempfindlichkeit dieser Rohre äußern, die oft zu frühzeitigem Versagen führen können. Die vorangehenden Referate haben bereits eine Reihe von Thermoplasten anklingen lassen; wir wollen nun näher auf diejenigen eingehen, die als Rohrwerkstoffe von besonderem Interesse sind:

Zunächst das PVC, dann ein PVC-Typ, von dem in der letzten Zeit häufig die Rede ist: Das PVC HT (HT = high temperature), ein temperaturbeständigeres, wärmebeständigeres Material als PVC hart, das für warm- und heißgehende Rohre besondere Bedeutung erlangen dürfte. Was bis heute den Einsatz hemmt, sind weniger seine Eigenschaften als vor allem sein Preis.

Es handelt sich um ein Versuchsprodukt, das bei größerer Produktionsmenge im Preis nachgeben wird. Seit etwa 15 Jahren ist PE hart als Werkstoff für Rohre und im chemischen Apparatebau bekannt; vor ungefähr 10 Jahren kam das Polypropylen hinzu. Älter als die beiden genannten Polyolefine ist das Weichpolyäthylen.

In den letzten Jahren macht auch das Polybuten von sich reden, dessen Produktionsmengen bisher noch gering sind. Es zeigt im Temperaturbereich zwischen 80 und 100° C ein günstiges mechanisches Verhalten.

Zu den thermoplastischen Kunststoffen gehört ferner ein sehr chemikalien- und temperaturbeständiger Chemie-Werkstoff, das Polytetrafluoräthylen, das unter mehreren Handelsnamen wie Teflon, Hostaflon oder Fluon u. a. bekannt ist. Von Polymethylmethacrylat, Polyamid, ABS-Polymeren und Zelluloseacetobutyrat ist im Rohrleitungsbau kaum die Rede.

Duroplaste wurden ebenfalls in einigen Referaten vorgestellt. Es handelt sich vorwiegend um die ungesättigten Polyesterharze, vor allem mit Glasfaserverstärkung. Für höhere Beanspruchungen wählt man statt der ungesättigten Polyesterharze Epoxidharze. Bekannt sind ebenfalls die Kombinationen thermoplastischer Kunststoffe mit Gießharz. Außer der Kombination ungesättigtes Polyesterharz/Thermoplast ist auch eine Kombination Metall/Kunststoff möglich.

Wenn außer den geforderten physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Rohrwerkstoffes die Frage der Wirtschaftlichkeit einer Anlage eine Rolle spielt, dann verbleiben von der Vielzahl möglicher Kunststoffe nur wenige, die diese Bedingungen gleichzeitig erfüllen.

Wenn die Vorfragen geklärt sind, muß als nächstes die Verlegetechnik beurteilt werden. Nur in speziellen Fällen – beispielsweise der unterirdischen Verlegung einer Trinkwasser- oder Produktleitung – kann man diesen vor allem von PE hart (und bis zu Nennweiten von etwa 50 mm auch bei PE weich) geschätzten Vorteil nutzen, ohne Zwischenverbindungen große Längen von der Rolle aus zu verlegen und damit die Gefahr des Leckwerdens auf ein Minimum zu reduzieren. Beachtenswert ist im Bild 1 der schmale Rohrgraben. Bei Einfriergefahr muß die Rohrleitung naturgemäß in frostsicherer Tiefe verlegt werden.

Bild 1 Verlegung einer druckführenden Rohrleitung aus PE hart von der Trommel

Es gelingt auf diese Weise, Hartpolyäthylen-Rohrleitungen bis zu Nennweiten von 150 mm von der Rolle aus zu verlegen. Weich-Polyäthylen sollte nur bis zu 50 mm Nennweite aufgewickelt werden. Es ist zu weich und würde oval werden, wenn es längere Zeit auf der Rolle, einer Kabeltrommel oder einem Gestell aufgewickelt ist.

Für die bei druckführenden Leitungen in Chemiebetrieben bevorzugten Rohrwerkstoffe PE hart, PVC hart und Polypropylen wurde in den letzten Jahren eine fortschrittliche Verlegetechnik entwickelt. Während man bei den polyolefinischen Kunststoffen das Verbinden durch Schweißen (entweder durch Preß-Stumpfschweißen oder mit Hilfe von Schweißfittings) bevorzugt, herrscht bei PVC-Rohren die Klebeverbindung vor. Ein typisches Bild eines Produktionsleitungssystemes aus PVC hart, wie es heute in zahlreichen Chemiebetrieben zu finden ist, zeigt Bild 2.

Die Vorzüge der ständig glatten, ablagerungsfreien Kunststoffrohre werden auch bei der Einrichtung von Sanitärräumen in chemischen Fabriken sehr geschätzt, siehe Bild 3. Rohre aus PP eignen sich für Druckwasserleitungen mit Betriebstemperaturen bis zu 70° C. Auch bei dieser Temperatur sind sie frei von Inkrustationen.

Es ist häufig notwendig, bei aggressiven Medien nicht nur die Rohrleitungen, sondern auch alle übrigen pro-

Bild 2 Produktleitungen aus PVC hart in einem Chemiebetrieb

Bild 3 Zapfstellen-Verteilerrohr aus PE hart

duktberührten Anlageteile wie Pumpen, Filter, Absperrorgane und sonstige Armaturen aus dem Kunststoff der jeweiligen Rohrleitung herzustellen.

Kunststoffe sind schlechte Wärmeleiter. Es erscheint deshalb paradox, Wärmeaustauscher aus Kunststoff zu fertigen. In chemischen Produktionsanlagen ist jedoch die Frage der Chemikalienbeständigkeit häufig von so entscheidender Bedeutung, daß man trotzdem Kunststoffe verwendet und die geringere Wärmeleitfähigkeit durch Vergrößern der wärmeaustauschenden Fläche kompensiert (Bild 4).

Auf dem Gebiet der Kunststoffrohre wurden seit ihrer breiten – man kann fast sagen generellen – Einführung als Trinkwasser- und Chemikalienleitungen zahlreiche Normen aufgestellt.

Bei chemisch sehr aggressiven Medien – gegebenenfalls verbunden mit einer erhöhten Temperaturbeanspruchung – besteht die Gefahr, daß die herkömmlichen Werkstoffe und auch zahlreiche Kunststoffe die gestellten Anforderungen nicht mehr erfüllen. Glasleitungen, die hier in vielen Fällen eine Lücke schließen konnten, sind durch ihre Bruchanfälligkeit in ihrer Anwendung, besonders bei größeren Abmessungen, weitgehend eingeengt.

Rohr- bzw. Schlauchleitungen aus PTFE wurden deshalb zur idealen Ergänzung im chemischen Apparatebau. Hier können z. B. Stahlrohre eingesetzt werden, die mit einem PTFE-Schlauch ausgekleidet sind.

Dies ist eine der Möglichkeiten, druckfeste und chemikalienbeständige Leitungen herzustellen. Eine andere bietet der Einbau von Wellschläuchen, die auch eine gewisse Flexibilität des Leitungssystems erhalten. Die dritte Möglichkeit, eine druckführende Leitung mit PTFE-Auskleidung herzustellen, besteht darin, nach Art der Agraff-Schläuche eine PTFE-Einlage zu umklöppeln (Bild 5).

Um Rohre aus PTFE herstellen zu können, war es notwendig, auch in der Rohstoffentwicklung besondere Schritte zu tun. Dies gelang mit der Herstellung der sog. »Pasten-Extrudate«. Dabei handelt es sich um feinkörnige Pulver, die mit Testbenzin angemischt, als Suspension vorgepreßt, dann als Vorformling in eine Kolbenstrangpresse gegeben werden und schließlich zum Vollstab oder zum Rohr gepreßt werden. Das Verfahren stellt keine Extrusion im klassischen Sinne dar, bei der die Formmasse geschmolzen und in einem Werkzeug geformt wird, sondern es wird zunächst angeteigt, dann vorgeformt, schließlich fertiggeformt; dabei wird das Lösungsmittel, das vorher als Suspendiermittel aufgegeben worden war, wieder verdampft. Dann erfolgt das Aussintern bei Temperaturen unterhalb 400° C.

Zu den Rohrleitungen aus PTFE kommt dann die große Zahl der Dichtungen. Wichtig ist bei sinnreicher und erfolgreicher Verwendung von PTFE-Dichtungsmaterial, daß dieses daran gehindert wird zu kriechen. Man muß diese Dichtungen kammern.

Unregelmäßig geformte Dichtungen mit großem Herstellungsaufwand werden oft aus ungesinterter plastischer PTFE-Rundschnur hergestellt, die locker zwischen

die Dichtflächen gelegt und von diesen flachgedrückt wird. Diese Schnur muß jedoch gegen das Kriechen noch besser gesichert werden als eine massive gesinterte Ringfläche. Häufigste Anwendung dieses Typs, wenn auch in flacher Bandform, sind Gewindedichtungen bei Gasrohren und Fittings, die früher als Hanfdichtungen bekannt waren. Hanf wird nahezu vollständig durch solche ungesinterten Bänder aus PTFE ersetzt.

Bei der Verlegung von Rohrleitungen muß man der Wärmedehnung Rechnung tragen. Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Kunststoffen beträgt etwa das Zehnfache des Wärmeausdehnungskoeffizienten von Stahl. Dabei helfen am wirksamsten – auch in Chemikalienleitungen – die Faltenbälge aus PTFE. Es gibt drei Sorten, entweder spanlos geformte, die mit einem Messer durch Einstechen in einen Voll- oder Hohlstab hergestellt werden oder durch Drehen mit Rundstählen, beziehungsweise als dünnwandiges Rohr extrudiert und vor dem Sintern aufgeblasen werden.

Eine Absortionsanlage für 20%ige Salzsäure, die mit Chlorwasserstoff angereichert werden sollte, konnte in ihrer jetzigen Form nur mit Hilfe eines PTFE-Faltenbalges erstellt werden. Andere Werkstoffe besaßen nicht die erforderliche Chemikalienbeständigkeit. Der Turm arbeitet bei einer Temperatur von 110° C, der Faltenbelag dient zur Abdichtung und als Dehnungsausgleich zwischen Turm und Rohrleitung.

Nach Art eines Faltenbalges sind auch die einseitig geschlossenen Faltenbalgventilkörper aufgebaut. Das offene Ende ist dabei zu einer Flanschdichtung umgebördelt. Diese Elemente dienen in stopfbuchslosen Ventilen zum Abdichten des Fördermediums gegen die Atmosphäre und außerdem nehmen die Dehnungsfalten die Bewegungen der Ventilspindel auf. Diese wird von innen in das geschlossene Ende des Faltenbalges hineingeschraubt, während der Dichtflansch fest im Ventilgehäuse eingespannt ist. Das geschlossene Ende des Balges ist als Dichtkegel ausgebildet. Die Kegel werden jedoch meistens nicht aus dem verhältnismäßig weichen PTFE ausgeführt, sondern man wählt ein Verbundmaterial, beispielsweise eine Verstärkung mit Glasfasern. In ähnlicher Form arbeiten auch Dosierpumpen mit Faltenbälgen. Zu erwähnen sind ferner die in den Chemiebetrieben ganz besonders geschätzten Durchgangshähne aus PTFE, bei denen früher nur das Küken oder die Verkleidung des Kükens aus PTFE hergestellt waren, mittlerweile aber das ganze Küken. Nur die Gehäuse erhalten eine Auskleidung (Bild 6).

Bei der Entscheidung der Frage, ob Kunststoffrohre aus herkömmlichen Thermoplasten für den Einsatz bei höheren Temperaturen geeignet sind, müssen folgende Bedingungen geklärt werden:

welche Maximaltemperatur tritt auf,

wie lange wirkt das Medium bei dieser Temperatur ein,

welcher höchste Betriebsdruck ist zu erwarten,

welches Medium wird gefördert und

wo liegt die Wirtschaftlichkeitsgrenze im Vergleich zu anderen Werkstoffen?

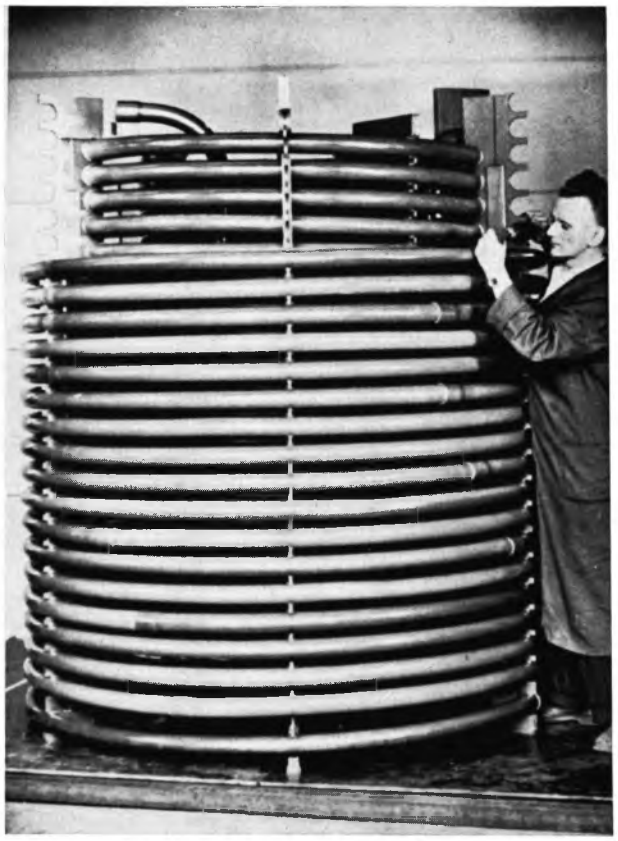


Bild 4 Kühlschlangen aus PVC hart

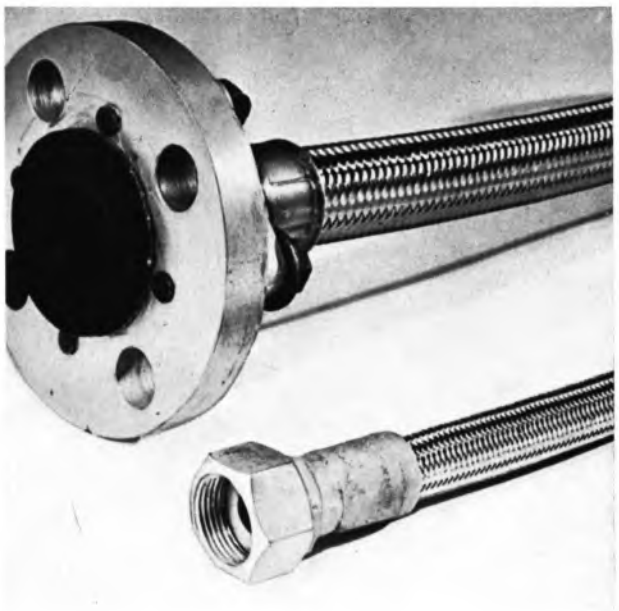


Bild 5 Umflochtene PTFE-Schläuche für Chemiebetriebe

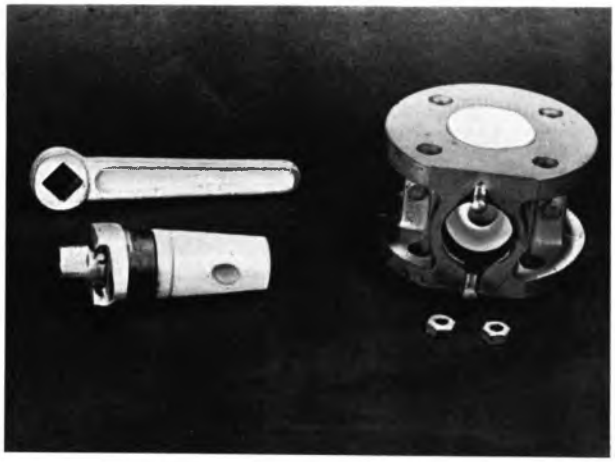


Bild 6 Durchgangshahn mit Küken und Auskleidung aus PTFF

Bild 8 Erdgasleitung aus schlagfestem PVC hart

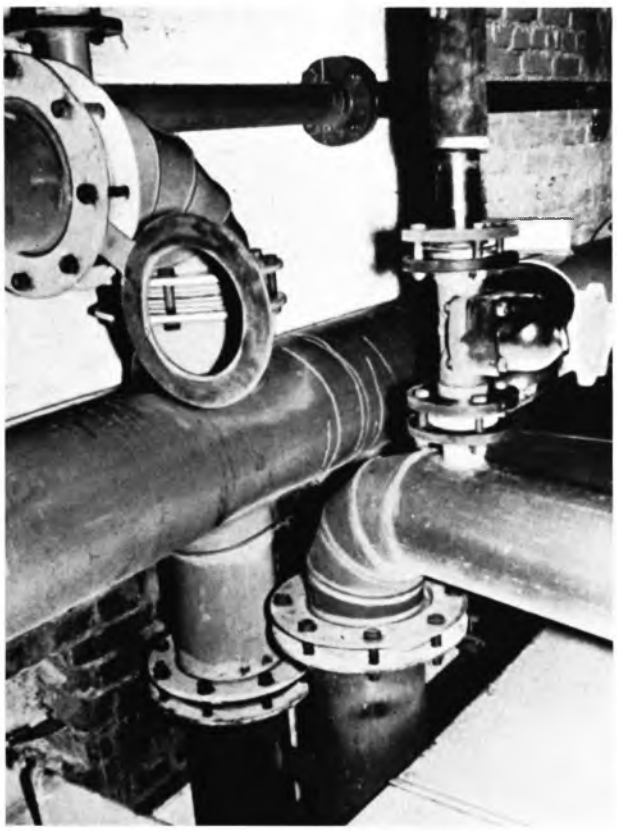


Bild 7 Rohrleitungen aus PVC-HT

Bild 9 Anpassungsfähigkeit von Kunststoff-Entlüftungsleitungen

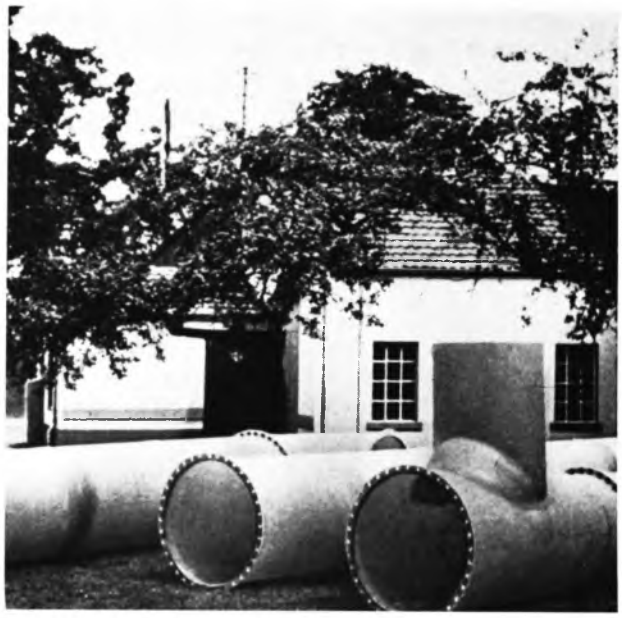


Bild 10 Leitungen für aggressive Gase aus GFK

Bild 12 Hauptstrang einer Abgasleitung aus PP von 2000 mm Durchmesser

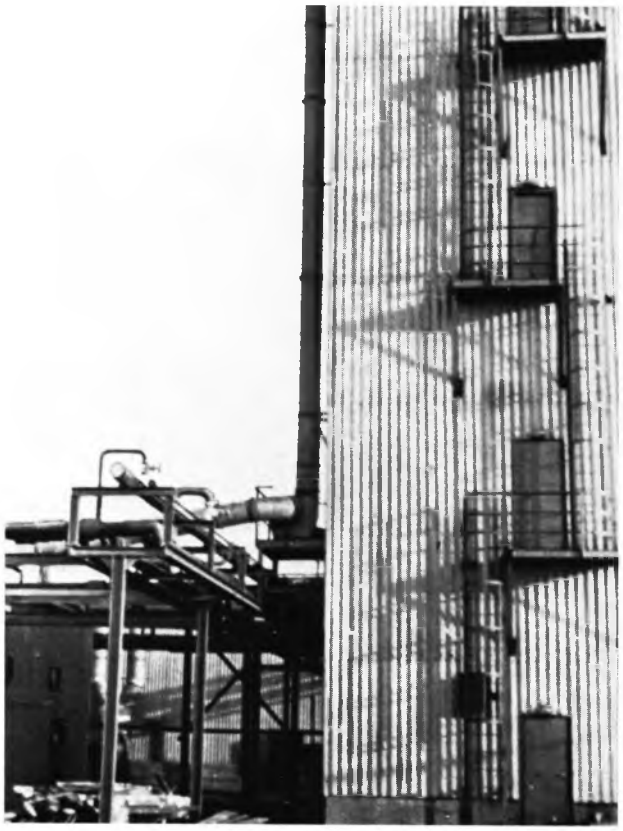


Bild 11 Entlüftungsleitung aus schlagfestem, witterungsbeständigem PVC hart

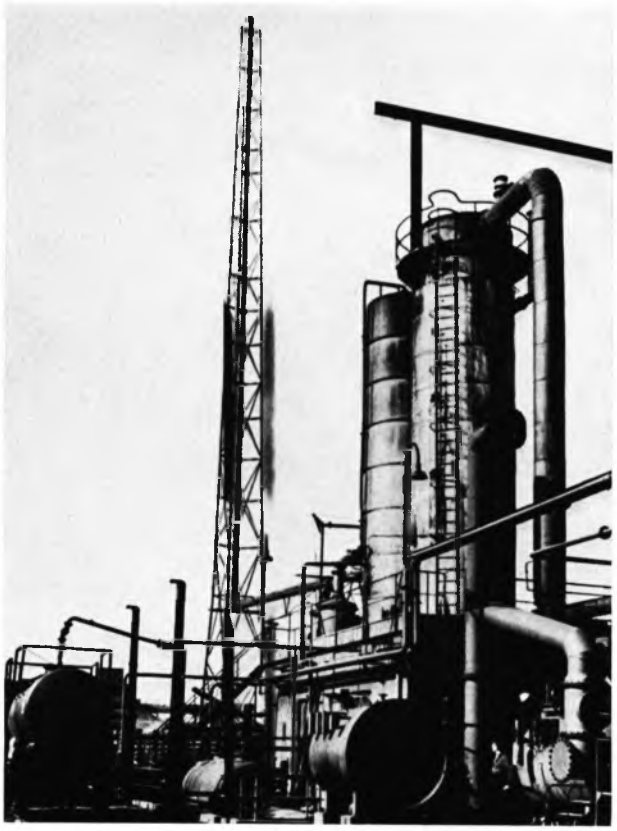


Bild 13 Abgaskamin aus Hart-PVC-Rohr, 600 mm Dmr., 35 m hoch, aufgehängt in einem Gerüst aus leichten Stahlrohren

Erwähnt wurde bereits das PVC HT, für das sich heute schon sehr viele Anwendungsmöglichkeiten bieten. Im Bild 7 ist ein Rohr von 315 x 6,2 mm (Sammelleitung für die aus mehreren Elektrolysezellen ablaufende verarmte Kochsalzlösung) dargestellt.

Das folgende Bild 8 zeigt die Verwendung von Kunststoffrohren (es handelt sich um ein kälteschlagfestes PVC) für druckführende Leitungen zum Transport von Erdgas.

In Bild 9, das im Dachgeschoß eines alten Produktionsbetriebes entstand, erkennt man, wie anpassungsfähig Kunststoffleitungen sind.

Bild 10 zeigt Teile von Rohrleitungen für die Fortleitung von aggressiven Gasen. Als Werkstoff diente glasfaserverstärktes Polyesterharz.

Bild 11 entstammt einem Chemiebetrieb. Die Ausblasewände werden aus einem transparenten, gewellten, schlagfesten PVC hergestellt.

Bild 12 zeigt eine Leitung in einem Düngemittelbetrieb, für stündlich 100000 m³ Abgase und Dämpfe (nitrose und fluorwasserstoffhaltige Gase, Salzsäure und Ammoniak). Die Betriebstemperatur beträgt 80 °C (im Störungsfall 100° C). Die Leitung ist begehbar.

Es liegt nahe, bei Abgasleitungen auch die Ventilatoren aus korrosionsbeständigem Kunststoff, beispielsweise PVC hart, PE hart oder PP herzustellen.

Bild 13 zeigt einen Abgaskamin aus Hart-PVC-Rohr, das in einem leichten Stahlrohrgerüst aufgehängt wurde.

Diese Ausführungen sollten zeigen, daß der Rohrleitungsbau in der chemischen Industrie wie kaum ein anderer Zweig in ganz besonderem Maße dazu geeignet ist, die entscheidenden Vorzüge der Kunststoffe im Vergleich mit den herkömmlichen metallischen, mineralischen und organischen Werkstoffen zu nutzen.

Die Entwicklung neuer Werkstoffe sowie auch die material- und zweckgerechte Kombination bekannter Werkstoffe mit Kunststoffen und von Kunststoffen mit Kunststoffen eröffnen ständig neue Wege und Einsatzmöglichkeiten. Diese können wesentlich zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit und der Sicherheit von Produktionsanlagen beitragen.

Dr. Kassebart

Das Verhalten der Kunststoffe bei hohen Temperaturen, letztlich bei Flammeneinwirkung, auch ihre »Brennbarkeit« schlechthin, ist eine Frage der chemischen Reaktionsfähigkeit, in diesem Falle gegen den Sauerstoff der Luft. Wir müssen leider feststellen, daß die meisten Kunststoffe als solche brennbar sind. Viele von ihnen können als Staub/Luft-Gemisch zur Explosion führen. Ihr Verhalten ändert sich jedoch mit der Größe der Teile, d. h. mit deren Oberfläche.

Sicherheitsschuhe

Dipl.-Chem. W. Strack

Bei der Einführung von Kunststoffen in den Bereich der persönlichen Schutzausrüstung sind bestimmte Eigenschaften bei der Auswahl des Materials für diese Schutzausrüstung von Bedeutung. Seit kurzer Zeit werden gegelentlich Sicherheitsschuhe angeboten, die aus lederähnlichem Kunststoffmaterial hergestellt sind.

Dieses lederähnliche Kunststoffmaterial wurde in den letzten Jahren entwickelt und wird von verschiedenen Firmen auf den Markt gebracht unter Bezeichnungen wie etwa Corfam, Clarino, Xylee, Skailen. Am fertigkonfektionierten Schuh ist nicht ohne weiteres zu erkennen, ob er aus Leder oder aus lederähnlichen Kunststoffen hergestellt ist. Vom Preis her sind auch keine Unterschiede erkennbar, weil Leder und lederähnliche Kunststoffe zur Zeit etwa das gleiche kosten. Die Bedeutung für die Sicherheitstechnik liegt darin, daß die lederähnlichen Kunststoffe durchweg brennbar sind.

Anhand eines Versuches wird deutlich, wie die Unterschiede sich auswirken: Während die Lederproben unter Flammeneinwirkung allenfalls schrumpfen, wird beobachtet, daß die Kunststoffe weiter brennen, auch wenn die Flamme entfernt wird.

Soweit der Träger des Sicherheitsschuhes weder in Hitzebetrieben arbeitet noch beispielsweise mit Schweißarbeiten beschäftigt wird, haben diese Eigenschaften keinen wesentlichen Einfluß für die Sicherheit. Die Unterschiede, die sich u. a. im hygienischen Trageverhalten ergeben, sollen hier nicht erörtert werden.

Im Augenblick ist das Angebot an Sicherheitsschuhen aus lederähnlichen Kunststoffen noch sehr klein. Da aber der Bedarf an Leder auf der ganzen Welt steigt, der Anfall von Rohhäuten, die zu Leder verarbeitet werden können, dagegen vom Fleischverbrauch abhängt und keiner größeren Steigerung zugänglich ist, rechnen Fachleute damit, daß Leder immer mehr zu einer Art Luxusartikel, zum Artikel des höheren Preisniveaus werden wird. Aus diesen Überlegungen begannen deshalb auch vor Jahren die Entwicklungen für die lederähnlichen Kunststoffe, um dem zu erwartenden Weltbedarf auf dem Markt gerecht zu werden.

Im Augenblick wird daran gearbeitet, in einem DIN-Blatt Eigenschaften für den Qualitäts-Sicherheitsschuh festzulegen. Dabei ist daran gedacht, daß bestimmte Teile eines Sicherheitsschuhes, die dem Verschleiß besonders unterliegen, Mindesteigenschaften haben und daß das hygienische Trageverhalten, das von der Brandsohle, vom Oberbau sowie vom Futter sehr stark beeinflußt wird, einwandfrei ist. Man sollte in diese Bestimmungen auch einen Hinweis aufnehmen, daß Sicherheitsschuhe grundsätzlich unbrennbar oder aus schwer entflammbarem Material sein sollten. Bei Erhebung dieser Forderung sollte man an die tödlichen Hausfrauenunfälle denken, die bei Haushaltsarbeiten an Gasherden entstanden sind, wenn die Kleidung der Trägerin aus Nylon oder ähnlichem Material bestand und diese Nylon-Kleidung Feuer gefangen hatte. Wir wollen doch vermeiden, daß etwa ein Schweißer schwere Brandverletzungen an den Füßen erleidet, weil die Schweißflamme seine Sicherheitsschuhe in Brand gesetzt hatte.

Dr. Kassebart

Selbstverständlich ist die chemische Zusammensetzung eigentlich bestimmend für die Brennbarkeit. Beispielsweise setzt steigender Chlorgehalt im PVC die Brennbarkeit herab. Höherer Chlorgehalt bedingt aber bei thermischer Zersetzung auch höhere Folgeschäden durch Salzsäureeinwirkung. Es dürfte wohl allen in diesem Kreise inzwischen bekannt geworden sein, daß die Folgeschäden in einem Gebäude, in dem größere Mengen PVC zum Brennen gebracht wurden, ein Vielfaches der eigentlichen Brandschäden waren, weil die Salzsäure sämtliche Maschinen und auch die Stahlteile des Gebäudes angriff und teilweise zerstörte.

Es ist klar, daß Thermoplaste dort nicht eingesetzt werden können, wo sie bei Einwirkung höherer Temperaturen durch Erweichen oder Schmelzen ihre Funktion nicht mehr erfüllen können. Andererseits kann gerade das Schmelzvermögen von Thermoplasten bei höheren Temperaturen einen hohen Sicherheitsfaktor darstellen, z. B. bei Ventilatorflügeln in explosionsgefährdeten Bereichen: Vor Erreichen der gefährlichen Zündtemperatur durch Reibungswärme würde der Ventilatorflügel schmelzen und die Zündgefahr aufheben. Im folgenden Beitrag wird über Versuche berichtet, bei denen sich Kunststoff sogar als Schutzschicht gegen Flammeneinwirkung bewährt hat.

Wärme- und Flammenschutz durch geschäumte Kunststoffe

Dr. K. Komorniczyk

Polyurethanschäume werden in zunehmendem Maße als Isoliermaterial eingesetzt. In vielen Fällen wird jedoch eine flammwidrige Ausrüstung verlangt. So z. B. im Hochbau ab der 4. Etage. Das Brandverhalten von flammwidrig ausgerüsteten Polyurethanschäumen wurde untersucht. Der Polyurethanschaum mit den Flammenschutzmitteln wurde auf Platten aufgetragen und mit Hilfe eines Acetylenbrenners (Temperatur ca. 1800° C) versucht zu beflammen. Die Beflammung erfolgte 30 sec lang längs einer horizontalen Linie.

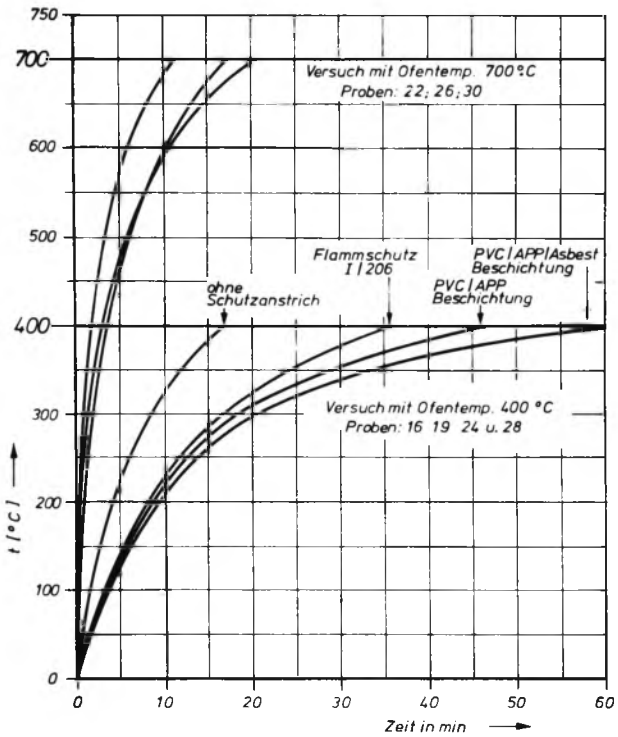


Bild 1 Brandversuche mit Wärmedämmstoffen. Glühofenversuche. Rohr-∅: 30 mm, Isolierdicke: 10 mm

Ergebnis: Der Schaum ohne flammhemmenden Zusatz brennt vollkommen ab. Durch Zugabe von Flammschutzmitteln wie roter Phosphor, einer Mischung aus Ammoniumpolyphosphat und [Tris-chlor-äthyl]phosphat tritt eine Selbstverlöschung ein. Eine Verbesserung der Selbstverlöschung ergibt sich bei der Zugabe von Ammoniumbromid zu der Mischung aus Ammoniumpolyphosphat und [Tris-chlor-äthyl]phosphat. Wird der Schaum mit einer Beschichtungsmasse aus Polyvinylchlorid, Ammoniumpolyphosphat und Asbest ausgerüstet, so bringt die Brennerflamme den Schaum nicht zum Verbrennen. Es wird lediglich eine geringfügige Brandspur längs der beflammten Linie beobachtet. Ein bisher halbjähriger Ausbewitterungstest ergab, daß der Flammschutz voll erhalten bleibt. Eine Ablösung der Beschichtungsmasse wurde nicht beobachtet.

Bei den folgenden Versuchen sollte festgestellt werden, inwieweit die DIN Norm 4102 durch flammwidrig eingestellten Polyurethanschaum eingehalten werden kann. Bei den ersten Versuchen wurden Rohre von 30 mm ä. ∅ mit einer 100 mm starken Polyurethanhartschaumschicht überzogen und in einen elektrisch aufgeheizten Glühofen von 400° C eingesetzt. Diese Ergebnisse sind aus Bild 1 zu ersehen.

Die Temperatur von 400° C als Charakteristikum für den Probekörper wurde gewählt, weil es in der Norm DIN 4102 heißt »Bei nicht unter Gebrauchslast prüfbaren Stahlstützen darf der Mittelwert der Stahltemperatur 400° C nicht überschreiten«.

Bei den nun folgenden Versuchen sollte das Verhalten des Polyurethanschutzes unter Bedingungen festgestellt werden, wie sie in der Norm DIN 4102, über das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen festgelegt sind. Die Temperatur im Brandraum bzw. die Temperaturanstiegkurve wird dort genau vorgeschrieben (s. Bild 2). Eine Feuerwiderstandsdauer von 30 min wird als feuerhemmend und eine solche von 90 min als feuerbeständig und eine von 180 min als hochflammbeständig bezeichnet.

Wir haben für diese Untersuchung einen kleinen Versuchsofen gebaut (Bild 3), in den wir mit Polyurethan beschichtete Rohre von 30 mm ∅ und 80 mm Isolierstärke eingebracht und mit Gas (abweichend von der Norm, wo Heizöl vorgeschrieben ist) aufgeheizt haben. Selbstverständlich wurde versucht, die durch Norm vorgeschriebene Aufheizkurve möglichst genau einzuhalten.

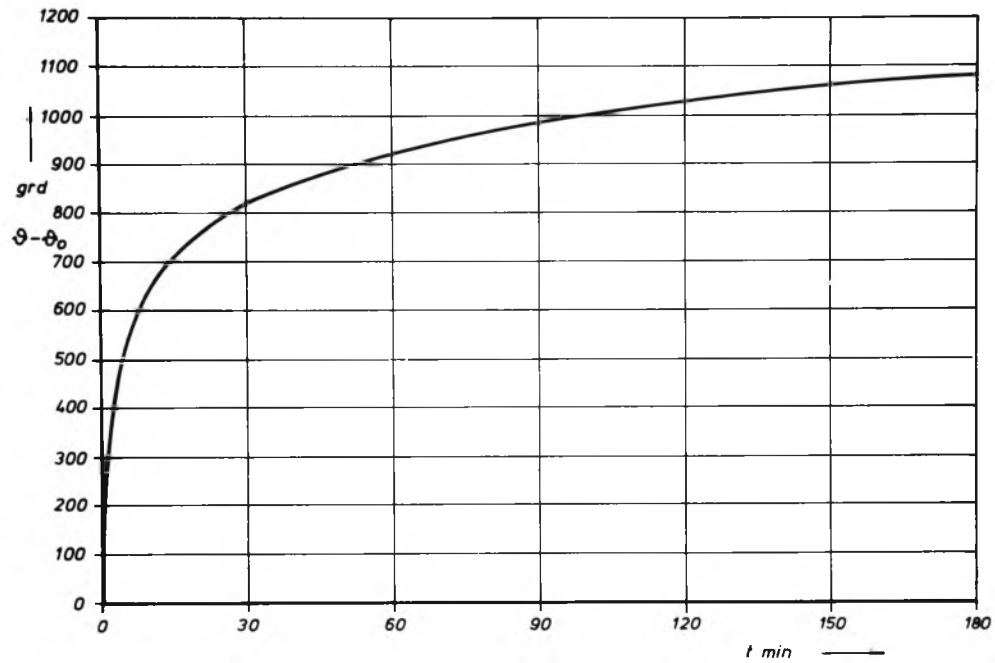


Bild 2
Brandversuche mit Wärmedämmstoffen. Einheitstemperaturkurve nach DIN 4102

Auf Bild 4 sind die Temperaturen im aufzuheizenden Raum um das isolierte Rohr herum durch die Meßstelle 6 gekennzeichnet, die Temperaturen des durch die Isolierung zu schützenden Rohres durch Meßstelle 4. Eine Temperatur des Stahlrohres von 400° C wird bei dem durch Schaumstoff aber sonst ungeschützt der Flamme ausgesetzten Probekörper nach ca. 15 min erreicht. Umgibt man den Schaumstoff noch mit einem Blechmantel (die zwei letzten Kurven auf der rechten Seite), was bei Isolierungen durchaus möglich ist, bzw. nimmt man einen Blechmantel gleich als Form für den Schäumvorgang, so erreicht man die Temperatur von 400° C erst nach etwa 22 min. An der Meßstelle 3 dauert es sogar 32 min, bis die Temperatur auf 400° C angestiegen ist.

Selbstverständlich spielt auch die Wärmekapazität des geschützten Metallkörpers eine Rolle bei dem Aufheizvorgang. Profile großer Querschnitte bzw. eine Blechwand, hinter der sich, wie bei einem Tank, eine wärmeableitende Flüssigkeit befindet, werden sich etwas langsamer aufheizen als dünne Probekörper.

Man kann aus den Versuchen folgendes Resumée ziehen:

1. Mit flammhemmenden Mitteln dotierte Polyurethanschäume brennen nicht ab, wenn sie der Einwirkung einer Flamme ausgesetzt sind.
2. Diese Schäume bilden einen gewissen Flammschutz, der bei entsprechender Dicke der Schicht in die Feuerwiderstandsklasse flammhemmend nach DIN 4102 eingestuft werden kann. Derartige Schaumisolierungen an Tanks oder an anderen Apparaten bedeuten also keine Gefahr, sondern neben dem Wärmeschutz auch einen zeitlich begrenzten Flammschutz.

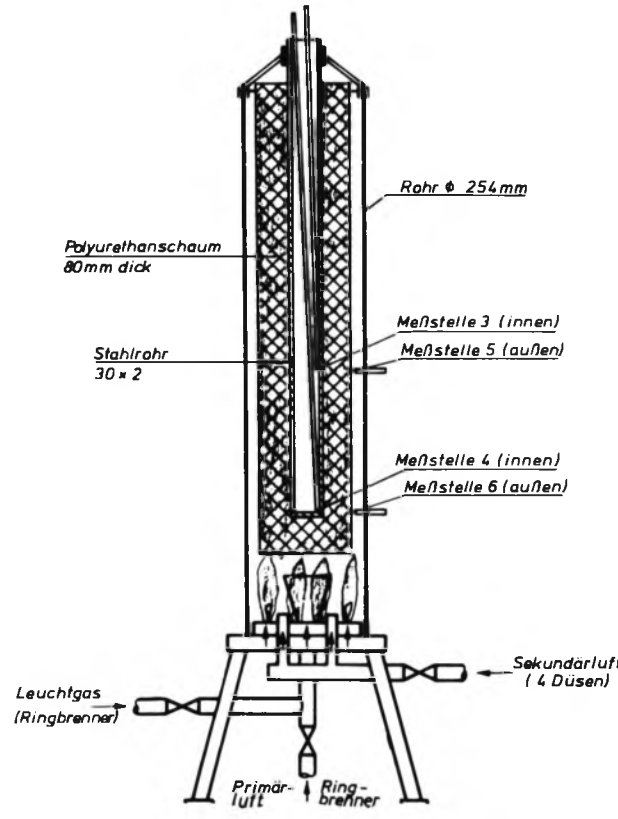


Bild 3 Brandversuche mit Wärmedämmstoffen. Versuchsanordnung 1

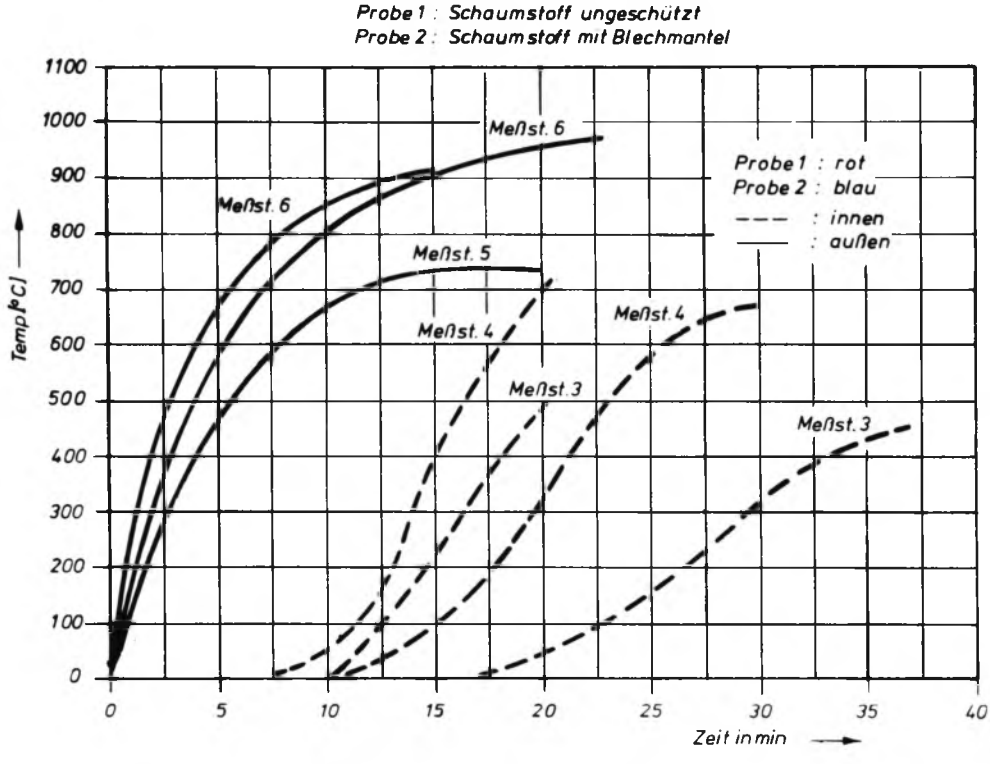


Bild 4
Brandversuche mit Wärmedämmstoffen.
Versuchsanordnung 1

Dr. Kassebart

Leider sind die Erfolge, von denen uns berichtet wurde, nicht immer garantiert. Es haben sich schon ganz ansehnliche Brände von Schaumstoffen, die als Isoliermaterial in großen Mengen verarbeitet wurden, deswegen völlig überraschend ereignet, weil das Material vom Lieferanten als »unbrennbar« bezeichnet wurde. Betrüblicherweise hatte sich davon der Verbraucher nicht überzeugt.

In das Kapitel Brennbarkeit von Kunststoffen fällt auch die außerordentlich aktuelle Frage nach der Verwendung von Kunststoffen im Bau von Behältern für brennbare Flüssigkeiten, die, wie Sie wissen, infolge behördlicher Bestimmungen große Schwierigkeiten bereitet.

Modellbrandversuche an Heizölbehältern

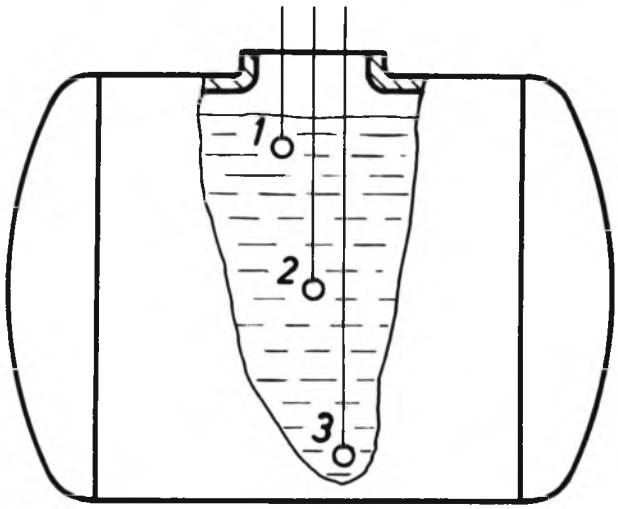
Dipl.-Ing. F. C. Jarczyk

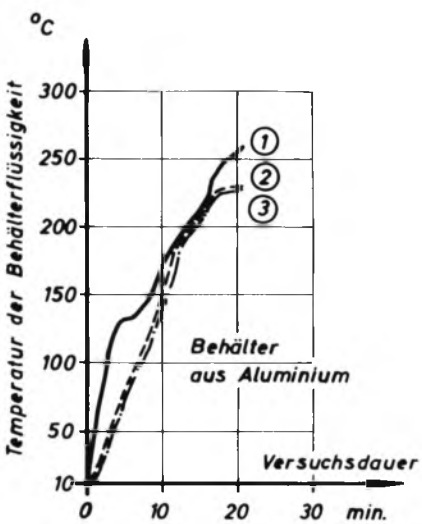
Seit langem werden Kunststoffbehälter für Füllgüter mannigfacher Art verwendet. Als Vorteile gegenüber Metallbehältern sind ihre Beständigkeit gegen Korosion und gegen viele Chemikalien sowie ihr geringes Gewicht bekannt. Es liegt daher nahe, Kunststoffbehälter auch für das Lagern, Befördern und Abfüllen brennbarer Flüssigkeiten zu verwenden.

Für Kunststoffe als Behälterwerkstoffe gelten besondere Vorschriften, weil ihre Zulässigkeit wegen der

Bild 1
Offener 120-l-Behälter aus glasfaserverstärktem Palatal S 320 L, gefüllt mit etwa 100 l Dieselkraftstoff, nach dem etwa 20 Minuten dauernden Brandversuch

Bild 2 Anordnung der Temperaturmeßstellen bei den Brandversuchen an den 120-l-Behältern aus glasfaserverstärktem Palatal S 320 L und Aluminium





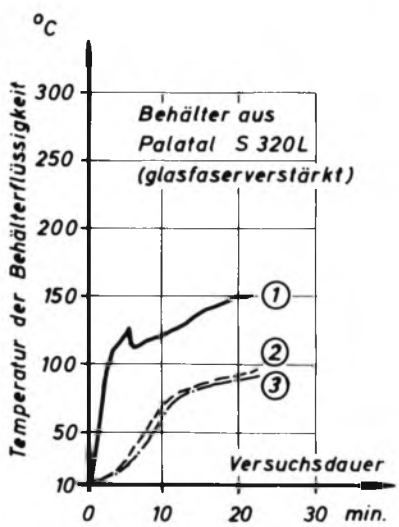


Bild 3
Temperaturverlauf an den drei Meßstellen (siehe Bild 2) in den beiden 120-l-Behältern aus GFK und Aluminium

Bild 4
Geschlossener 900-l-Behälter aus glasfaserverstärktem Palatal P 51, gefüllt mit etwa 700 l Heizöl EL am Ende des etwa 33 Minuten dauernden Brandversuches

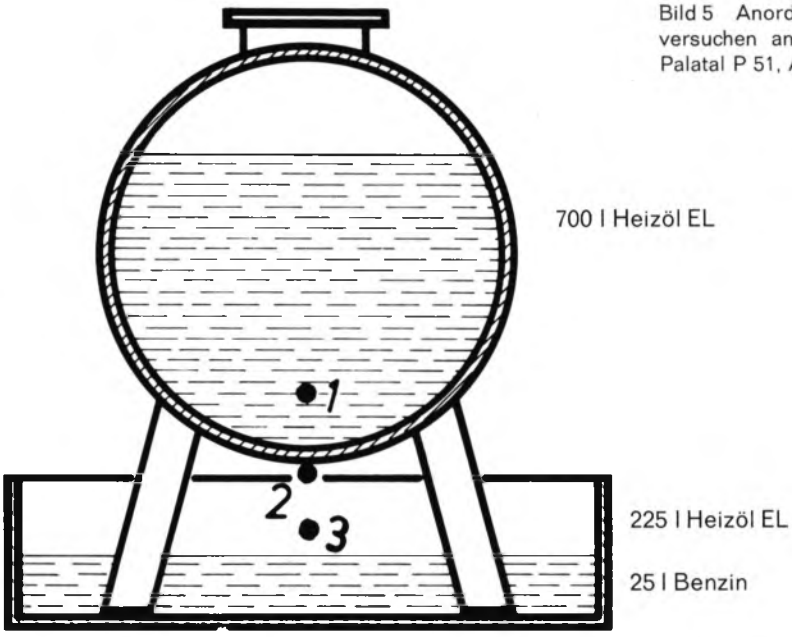


Bild 5 Anordnung der Temperaturmeßstellen bei den Brandversuchen an den 900-l-Behältern aus glasfaserverstärktem Palatal P 51, Aluminium und Stahl

von Metallen abweichenden mechanischen Eigenschaften, wegen ihres Brandverhaltens und wegen möglicher elektrischer Aufladungen bislang immer noch bedenklich erschien. Beispielsweise wurden daher Behälter aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (GFK), welche an sich für das Lagern, Abfüllen oder Befördern brennbarer Flüssigkeiten geeignet sind, in der Bundesrepublik Deutschland für diese Zwecke von den jeweils zuständigen Länderbehörden noch nicht zugelassen.

Um bestehende Bedenken auszuräumen, wurden zwecks Bestimmung des relativen Feuerrisikos praxisnahe Modellbrandversuche sowohl mit Behältern aus glasfaserverstärktem Palatal (ungesättigtes Polyesterharz) als auch mit solchen aus Stahl- und Aluminiumblech verschiedener Größe durchgeführt. Diese ergaben einmal, daß mit einer Beflammung der Innenwandungen mit Heizöl gefüllter Behälter, welche z. B. durch fahrlässige Zündung des Heizöldampf/Luft-Gemisches oberhalb des Flüssigkeitsspiegels eintreten kann, kein wesentliches Feuerrisiko verbunden ist. Die Behälterwandungen aus nichtbrennbaren metallischen Werkstoffen halten dieser Feuerbeanspruchung stand, jene aus glasfaserverstärkten Palatal-Marken, die an sich brennbar sind, leiten das Feuer nicht weiter.

In einer zweiten Versuchsserie wurden mit Heizöl EL gefüllte Behälter (Volumen 30, 120 und 900 l) aus glasfaserverstärkten Palatal-Marken, Stahl- und Aluminiumblech durch brenendes Heizöl EL unterschiedlich lang (maximal 30 Minuten) von außen her beflammt, um das mögliche relative Feuerrisiko bei einem Verkehrsunfall zu ermitteln. Dabei ergab sich zunächst, daß sich das Füllgut in den Metallbehältern regelmäßig sehr viel stärker als in den Kunststoffbehältern erwärmte und schließlich aus den Metallbehältern überkochte oder

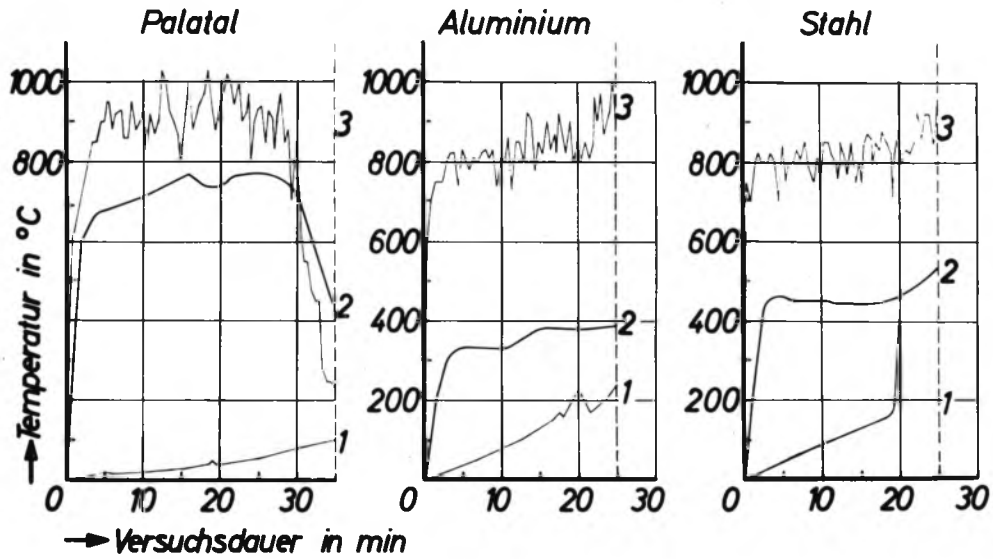


Bild 6
Temperaturverlauf an den drei Meßstellen (siehe Bild 5) bei den 900-l-Behältern aus Palatal, Aluminium und Stahl

sogar herausgeschleudert wurde, was zu gefährlicher Brandausbreitung und Feuerübertragung in die Behälterumgebung führte. Diese Feststellungen wurden durch Versuchsergebnisse anderer Stellen bestätigt und entsprechen den Erfahrungen in der Praxis, wie aus Berichten über Unfälle von Straßentankfahrzeugen hervorgeht. Ferner zeigte sich bei diesen Versuchen, bei denen Flammentemperaturen zwischen 800 und 1000° C auftraten, daß die Wandungen der Aluminiumbehälter teilweise schmolzen, während die im Wickelverfahren hergestellten Palatal-Behälter trotz Verringerung der Wanddicke durch langsam verlaufenden, lagenweisen Abbrand dicht blieben.

Die Modellbrandversuche mit Behältern aus glasfaserverstärktem Palatal führten überdies zur Erkenntnis, daß das Feuerrisiko der Behälter vom Brandverhalten der Behälterwerkstoffe aus verschiedenen Palatal-Marken nicht beeinflußt wird. Die Verwendung von Polyesterharzen mit besonderer Brandschutzausrüstung erbrachte in diesem Falle nämlich keine Erhöhung der Feuersicherheit. Es wäre daher abwegig, für die Herstellung solcher Behälter etwa »schwerentflammbare« Werkstoffe vorschreiben zu wollen, zumal in der TVbF die Realdefinition dieses Begriffes fehlt.

Beim Herstellen derartiger Glasfaserpolyesterbehälter muß jedoch zwecks Vermeidung von Undichtheiten im Brandfalle auf die sorgfältige Ausführung der Verbindungsstellen zwischen den einzelnen Teilen geachtet werden. Vorteilhaft ist es, für tragende Teile einen hohen Glasgehalt vorzusehen, wie er zum Beispiel beim Wickelverfahren erhalten wird.

Aus den vergleichenden Modellbrandversuchen an Heizölbehältern ergibt sich, daß das relative Feuerrisiko von GFK-Behältern nicht größer anzusetzen ist als jenes von Metallbehältern.

Bild 7 Aufgeschnittener 900-l-Behälter aus glasfaserverstärktem Palatal P 51 nach dem Brandversuch

Bild 8
6000-l-GFK-Behälter eines Straßentankfahrzeuges, gefüllt mit 3000 l und 2000 l leichtem Heizöl und 1000 l Benzin nach einem Brandunfall

Dr. Kassebart

Betrachten Sie unsere Ausführungen als einen Versuch, Ihnen das vielfältige Anwendungsgebiet der hochpolymeren Werkstoffe, die wir als »Kunststoffe« zu bezeichnen gewohnt sind, und die wegen der außergewöhnlich zahlreichen Variationsmöglichkeiten in der Herstellung auch »Werkstoffe nach Maß« genannt werden, durch einige theoretische Bemerkungen und markante Beispiele zu erläutern. Wir überlassen es Ihrer phantasievollen Initiative, daraus für die Sicherheit in weitestem Sinne Konsequenzen zu ziehen.

MAK-Werte für gesundheitsschädliche mineralische Stäube?

Dr.-Ing. D. Hasenclever

Ich bin mir bewußt, daß ich mit meinen heutigen Ausführungen ein von vielen als »heißes Eisen« angesehenes Problem anschneide, aber ich meine, nur ein »heißes Eisen« kann man formen, kann man bearbeiten, um ihm die Gestalt zu geben, die die Praxis, der Praktiker benötigt. Sie wissen, daß es in der Bundesrepublik seit acht Jahren die sogenannte MAK-Werte-Liste gibt, die von der Kommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft erarbeitet und vom Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung herausgegeben wird.

Diese Liste umfaßt bis heute nur die maximal zulässigen Konzentrationen schädlicher Gase und Dämpfe sowie der toxischen Stäube. Ein Teil dieser Konzentrationsangaben, denen eine 40stündige Arbeitswoche zugrunde liegt, ist identisch mit den »Threshold Limit Values« der Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Diese deutschen MAK-Werte haben sich sehr gut bewährt und ihr Wert für die Praxis der Revisionsingenieure, ja selbst für Gerichte, ist unumstritten.

Betrachtet man sich aber diese Liste einmal vom Standpunkt der Berufsgenossenschaften, so stellt man fest, daß ausgerechnet die gesundheitsschädlichen Stäube, die die meisten Fälle von Berufskrankheiten hervorrufen, in dieser Liste (MAK-Werte) nicht enthalten sind. Ich meine damit die gesundheitsschädlichen mineralischen Stäube, die freie kristalline Kieselsäure (Quarz, Cristobalit, Tridymit) oder Asbest enthalten.

Es ist zugegebenermaßen schwierig, bei den gesundheitsschädlichen mineralischen Stäuben den Zusammenhang zwischen eingeatmeten und eingelagerten Staubmengen einerseits und ihrer Wirkung andererseits experimentell zu untersuchen. Bei den Silikose und Asbestose hervorrufenden Stäuben wird die Wirkung des Staubes erst nach sehr langer Zeit erkennbar. Diese Zeit kann unter Umständen mehrere Jahrzehnte betragen. Über den Wirkungsmechanismus der silikogenen Stäube und der Asbestose erzeugenden Stäube besteht in den Ansichten der Fachleute leider keine Übereinstimmung; es gibt eine Reihe von Theorien über die Genese der Silikose. Man hat durch Tierversuche und auch durch Versuche an Zellkulturen den Reaktionsverlauf zu erkennen versucht. Man hat dabei eine große Zahl wertvoller Einzelergebnisse erhalten, ohne bisher aber eine umfassende Klärung des Gesamtproblems der Silikose zu erhalten.

Für die Beurteilung der Schädlichkeit von Quarzkonzentrationen ist die Frage der Abhängigkeit der Retention und der Deposition der Stäube von ihrer Korngrößenverteilung und ihrer Konzentration bedeutungsvoll. Tierversuche zur Klärung der Retention der Stäube in der Lunge und ihre natürliche Eliminierung sind in den letzten Jahrzehnten von Klosterkötter und Einbrod in der Bundesrepublik durchgeführt worden. Danach geht die Staubeliminierung aus der Lunge auf zwei Wegen vor sich:

1. Durch die Wirkung des Flimmerepithels der Atemwege und
2. für den ins Lungengewebe eingedrungenen Staub über die Lymphdrüsen.

Auf dem ersten Wege werden die gröberen Stäube wesentlich schneller entfernt als die feinteiligen. Es tritt dadurch ein schneller Abfall der in den Lungen eingelagerten Staubmengen ein. Dabei werden die silikogenen Stäube in gleichem Maße abtransportiert wie die gesundheitsunschädlichen, inerten Stäube. Bei der Staubeliminierung aus der Lunge über die Phagozyten in den Lymphdrüsen werden vor allem die feinsten Teilchen und die Stäube, die eine ausgesprochene Phagozytenschädigung hervorrufen, bevorzugt. Nach einem Jahr werden z. B. etwa 50 % des in der Lunge eingelagerten Quarzstaubes in die Lymphknoten transportiert. Trotzdem verläuft dieser Abtransport über die Lymphknoten wesentlich langsamer als der über das Flimmerepithel. Diese an Tierversuchen gewonnenen Erkenntnisse lassen sich nicht ohne weiteres auf den Menschen an einem Arbeitsplatz übertragen.

Bei der berufsbedingten Staubeinlagerung handelt es sich um eine lang andauernde Staubbelastung. Während der Arbeitsschicht wird eine Staubmenge eingeatmet, die in den Arbeitspausen weitgehend wieder abtransportiert wird. Die Abnahme der Staubmenge in der Lunge während der Ruhezeit wird aber niemals zu einer vollständigen Eliminierung führen können. Der Staubgehalt in der Lunge wird sich also mit dem Arbeitsalter mehr oder weniger schnell anreichern. Für diesen Anreicherungsmechanismus ist das Wechselspiel zwischen täg-

licher Einlagerung und der schnellen Phase der Lungenreinigung über das Flimmerepithel maßgebend. Nimmt man an, daß das Selbstreinigungsvermögen der Lunge bei einer Person in den Ruhepausen etwa gleich ist, so erkennt man, daß auch der gesundheitsunschädliche Staub, welcher zusätzlich zu einer bestimmten Quarzstaubkonzentration hinzukommt, in einem Beurteilungssystem für die Gefährlichkeit eines Arbeitsplatzes nicht vernachlässigt werden darf. Der zusätzliche gesundheitsschädliche Staub belastet das Flimmerepithel so sehr, daß nur ein Bruchteil des eingeatmeten Quarzstaubes durch das Reinigungssystem aus der Lunge eliminiert werden kann.

Aus den hier geschilderten Überlegungen heraus und aus dem Fehlen von MAK-Werten für gesundheitsschädliche Stäube, das sich nicht nur erschwerend auf die Erstellung von Unfallverhütungsvorschriften, Richtlinien oder DIN-Normenblätter auswirkt, hat das Staubforschungsinstitut des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V., Bonn, anhand von vielen Tausend Messungen der Staubkonzentration an Arbeitsplätzen der verschiedensten, nicht bergbaulichen Industriezweige und anhand der vorhandenen medizinischen Erfahrungen und Statistiken einzelner Berufsgenossenschaften einen Beurteilungsmaßstab entwickelt, der heute nicht nur von den Berufsgenossenschaften, sondern auch von den meisten übrigen Aufsichtsbehörden anerkannt und praktiziert wird.

Als Beurteilungsmaßstab für die Staubsituation am Arbeitsplatz wird für die nichtbergbauliche Industrie nach Winkel das Produkt aus Gesamtstaubkonzentration aller Teilchen mit Durchmesser $< 5\ \mu m$ (Cg) und der Konzentration der silikoseerzeugenden Stäube $< 5\ \mu m$ (C) genommen:

$$C\,(SiO_2 < 5\ \mu m) \times Cg\,(5\ \mu m) = Z$$

Das Produkt Z ist eine Zahlengröße als Maß für die Silikosegefahr. Bezeichnet man mit Q den Prozentgehalt des freien kristallinen Siliciumdioxids im Feinstaub, so erhält man die Gleichung:

$$\frac{(Cg < 5\ \mu m)^2 \cdot Q}{100} = Z$$

Beträgt die Zahl Z weniger als 0,2, so bezeichnen wir die Situation als ungefährlich.

Liegt der Wert von Z zwischen 0,2 und 1, so bezeichnen wir diesen Bereich als bedenklichen Bereich.

Ist die Zahl Z größer als 1, so bezeichnen wir diesen Bereich als gefährlichen Bereich.

Dieser Beurteilungsmaßstab bezog sich zunächst auf das gravimetrische Meßverfahren. Dabei wird ein in Lösungsmitteln lösliches Filter, welches für alle Korngrößen einen Abscheidegrad von mehr als 99,9 % besitzt (Mikrosorban), benutzt. Die Ansauggeschwindigkeit des Staubluftgemisches entspricht mit etwa 1,5 m/s der Ansauggeschwindigkeit an den Nasenlöchern eines mittelschwer arbeitenden Menschen. Das Filter wird gelöst und zunächst der Gesamtstaubgehalt für alle Fraktionen bestimmt. Der Staub wird sodann in einer Flüssigkeit suspendiert und der Anteil $< 5\ \mu m$ entweder durch Mikrosiebung oder nach dem Andreasenverfahren abgetrennt. An dem Anteil $< 5\ \mu m$ wird dann durch Röntgenfeinstrukturanalyse der Quarzgehalt bestimmt. Die Bestimmung des Quarzgehaltes kann auch nach chemischen oder anderen mineralogischen Verfahren geschehen.

Das Bewertungssystem des Staubforschungsinstituts hat sich ganz zweifellos in den vergangenen Jahren hervorragend bewährt.

Die Bewertungszahl Z als dimensionslose Zahl erscheint jedoch nicht ganz so verständlich wie eine feste Grenzwertangabe in Konzentrationseinheiten. Weil wir dieser Schwierigkeit in der Praxis gelegentlich begegnet sind, arbeiten wir heute lieber mit den Konzentrationswerten, die sich aus den Definitionsgleichungen der Zahl Z für die einzelnen Gefährlichkeitsbereiche durch einfache mathematische Umformungen ergeben.

Bereich	Konzentration aller Stäube kleiner $5\mu m^{\Phi}$ in mg/m^3	Konz. aller glühbeständigen Stäube $< 5\mu m\varnothing$ in T/cm^3
ungefährlich	$Cg \leq 4{,}5/\sqrt{Q}$	$C_r \leq 960/\sqrt{Q}$
bedingt gefährlich	$4{,}5/\sqrt{Q} < Cg < 10/\sqrt{Q}$	$960/\sqrt{Q} < C_r < 2100/\sqrt{Q}$
gefährlich	$Cg \geq 10/\sqrt{Q}$	$C_r \geq 2100/\sqrt{Q}$

Hierin bedeuten:

Cg = Massenkonzentration aller Stäube kleiner 5 μm Durchmesser in mg/m^3

Cr = Teilchenzahlkonzentration aller glühbeständigen Stäube mit Durchmessern zwischen 0,7 und 5 μm

Q = Massenprozentgehalt an freier kristalliner Kieselsäure im Feinstaubanteil, gültig für $2\,\% \leq Q \leq 75\,\%$. Außerhalb der Grenzen gelten die gleichen Werte wie für die jeweiligen Grenzwerte 2 % und 75 %.

Tabelle 1 Grenzwerte für Stäube, die freie kristalline Kieselsäure enthalten

Kennt man den Quarzgehalt Q in Prozent des Schwebestaubes oder eines abgelagerten Feinstaubes, so lassen sich die noch zulässigen Konzentrationen wie folgt berechnen: (Tabelle 1)

Danach beginnt der bedenkliche Bereich (bei einer Gesamtstaubkonzentration für die Fraktionen < 5 µm ⌀ – gemessen in mg/m³ –) bei

$$Cg = \frac{4{,}5}{\sqrt{Q}}$$

der gefährliche Bereich bei

$$Cg = \frac{10}{\sqrt{Q}}$$

Dieser Beurteilungsmaßstab gilt nur für Stäube mit einem Quarzgehalt zwischen 2 und 75 %. Für die Stäube mit kleineren Quarzgehalten gilt der gleiche Wert wie für die Stäube mit einem Quarzgehalt von 2 %. Stäube mit einem größeren Quarzgehalt als 75 % kommen in der Industrie nur selten vor. Für diese gilt der gleiche Wert wie für Stäube mit einem Quarzgehalt von 75 %.

Neben der gravimetrischen Beurteilung spielt in der Bundesrepublik Deutschland die Beurteilung nach der Teilchenzahlkonzentration eine wichtige Rolle.

In vielen Tausend Einzeluntersuchungen wurde deshalb ein Zusammenhang zwischen dem gravimetrischen Beurteilungssystem und dem Teilchen-Beurteilungssystem geschaffen. Danach entspricht eine Teilchenzahlkonzentration von 1 Teilchen/cm³ einer Massekonzentration von etwa 0,0047 mg/cm³. Dieser Umrechnungsfaktor kann sich natürlich nur auf eine bestimmte Kornkennlinie des Staubes beziehen. Diese Beziehung ist für alle Industrien, bei denen überwiegend mineralische Stäube entstehen, gesichert. Um eine Beziehung zwischen gravimetrischer Beurteilung und der Beurteilung nach der Teilchenzahl herstellen zu können, war es jedoch notwendig, zunächst die organischen Teile, wie z. B. Ruße, Zigarettenrauch u. a. zu entfernen. Das teilchenzahlenmäßige Beurteilungssystem bezieht sich also lediglich auf den glühbeständigen Rückstand. Als Meßgerät wird das von unserem Institut entwickelte Konimeter H. S., welches von der Firma Sartorius Membranfilter GmbH, Göttingen, hergestellt wird, benutzt. (Bild 1)

Danach ergibt sich für die teilchenzahlmäßige Beurteilung von Arbeitsplätzen für den Beginn des bedenklichen Bereiches folgende Formel:

$$\text{Teilchen/cm}^3 = \frac{960}{\sqrt{Q}}$$

Der gefährliche Bereich beginnt bei

$$\text{Teilchen/cm}^3 = \frac{2100}{\sqrt{Q}}$$

In der letzten Zeit haben wir erfahren müssen, daß auch Stäube, die nur einen kleinen Prozentsatz an freier kristalliner Kieselsäure enthalten (1–3 %), eine echte Silikose erzeugen können, wenn sie in sehr hohen Konzentrationen über längere Zeiträume auftreten.

Es erscheint uns deshalb unmöglich, von einem sogenannten »Schwellwert« oder einem »Toleranzwert« des

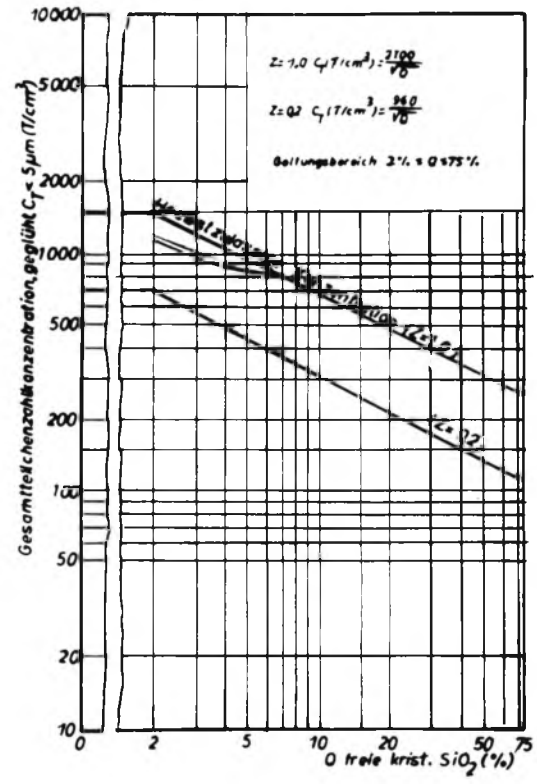


Bild 1 Höchstzulässige Teilchenzahlkonzentration silikogener Stäube

Gehaltes an freier kristalliner Kieselsäure zu sprechen. Jeder Staub, der freie kristalline Kieselsäure enthält, kann mit mehr oder weniger großer Wahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Konzentration und Zeiteinwirkung eine Silikose erzeugen. Es war also richtig, auch für Stäube mit einem Gehalt von weniger als 2 % freier kristalliner Kieselsäure noch Grenzen festzusetzen.

Darüber hinaus halten wir in Übereinstimmung mit den amerikanischen Threshold limit values auch bei Stäuben, die keine silikosegefährlichen Anteile enthalten, eine Konzentration von > 15 mg/cm³ für belästigend und damit für unzulässig. Das betrifft alle Partikelgrößen, die bei einer Einsauggeschwindigkeit von etwa 1,5 m/s an der Einsaugöffnung des Meßgerätes, die nicht nach oben weisen darf, auf das Filter gelangen.

Neben der Silikose stellt die Asbestose die wohl häufigste berufliche Staublungenerkrankung dar. Sie ist eine echte Fibrose, deren Genese bisher allerdings nicht eindeutig geklärt werden konnte. Verursacht wird sie durch die Inhalation von Partikeln einer Reihe faserförmiger Mineralien, die unter der Bezeichnung Asbest zusammengefaßt werden. Aufgrund neuerer Untersuchungen (Klosterkötter, Schlipköter und Einbrodt) scheint jedoch festzustehen, daß die Asbestose auf einem anderen pathogenetischen Mechanismus beruht als die Silikose. Insbesondere wird den kleineren Teilchen um 1 µm eine geringere Bedeutung hinsichtlich der Risikobeurteilung beigemessen als längeren Nadeln; die Mehrzahl der Autoren hält heute sogar nur längere Fasern für pathogen. Umfangreiche Untersuchungen von Timbrell über den Äquivalentdurchmes-

ser von Asbestfasern sowie Berechnungen und Abschätzungen über die Abscheidung faserförmiger Partikel in den Atemwegen haben gezeigt, daß für die Deposition in erster Linie die Fallgeschwindigkeit der Teilchen maßgebend ist. Diese wird jedoch bei Fasern überwiegend durch den Durchmesser bestimmt und ist weitgehend von der Faserlänge unabhängig (das gilt insbesondere, wenn das Verhältnis Faserlänge/Durchmesser > etwa 10 ist). Alle Fasern mit einem Durchmesser < 3,5 µm müssen daher als lungengängig (respirable) angesehen werden. Die Anwesenheit von Asbestfasern von 50 µm bis sogar 200 µm Länge im Lungenstaub findet hierin ihre Erklärung.

Das spezielle Verhalten der Asbeststaubteilchen und die bisherigen Erkenntnisse über die Genese der Asbestose (Schädlichkeit kurzer bzw. langer Nadeln) sind sowohl für die Frage der Messung von Asbestkonzentrationen als auch für die Bewertung des Arbeitsplatzrisikos von erheblicher praktischer Bedeutung. Das Staubforschungsinstitut des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften, das sich nun seit mehr als 15 Jahren mit der Frage der Messung asbesthaltiger Stäube befaßt, benutzt als Beurteilungsmaßstab die von Kesting in Zusammenarbeit mit dem Institut entwickelte Asbestbewertungszahl F. Einen MAK-Wert für Asbest gibt es in der Bundesrepublik Deutschland ebenfalls noch nicht.

Die Kennzahl F ist wie folgt definiert:

$$F = \frac{K_g \cdot K_A}{100}$$

Dabei ist:

K_g die Gesamtteilchenkonzentration in T/cm³

K_A die Asbestnadelkonzentration pro cm³

Als Probenahmegerät wird das Konimeter HS eingesetzt; die Probenmenge beträgt 2,5 cm³. Die Auswertung der Proben, also die Bestimmung von K_g und K_A, erfolgt unter einem Projektionsmikroskop bei einer 370-fachen Gesamtvergrößerung. Als Nadeln werden alle die Teilchen bezeichnet, für die das Verhältnis Länge zu Durchmesser größer als 3:1 ist, also z. B. ab 2 µm Länge, wenn der Durchmesser an der Grenze des Auflösungsvermögens von 0,7 µm liegt. Zur Beurteilung einer Arbeitsplatzsituation wurden 3 Klassen der Asbestwertungszahl F geschaffen:

Klasse I: $F < 20$ ungefährlich

Klasse II: $20 \leq F \leq 60$ bedingt gefährlich

Klasse III: $F > 60$ gefährlich

Bild 2 zeigt den Verlauf der Kurven für die Asbestbewertungszahlen F = 10, 20, 40 und 60, wenn auf der Ordinate die Gesamtteilchenkonzentration K_g und auf der Abszisse die Asbestnadelkonzentration K_A aufgetragen ist (Beispiel: F = 60 wird erreicht bei 300 T/cm³ und 20 Nadeln/cm³ bzw. bei 100 T/cm³ und 60 Nadeln/cm³). Durch diese mit zunehmender Zahl von Asbestnadeln strengere Beurteilung glauben wir gerade auch den neueren medizinischen Erkenntnissen Rechnung zu tragen.

Das Ergebnis einer Konimeterprobe erlaubt natürlich nur eine Aussage über die momentane Staubkonzentration. Da man aber stets mit dem Vorliegen von Konzentrationsverteilungen (meist logarithmisch-normale Verteilungen) rechnen muß, sind zur Beurteilung eines Arbeitsplatzes oder eines Arbeitsvorganges eine Vielzahl von Einzelproben (20 bis 30) erforderlich. Um den sich hieraus ergebenden Aufwand bei der Auswertung zu verringern, haben wir bei der routinemäßigen Überwachung der Betriebe eine Vereinfachung in der Auswertung eingeführt. Von allen Konimeterproben werden lediglich photographische Aufnahmen (V = 150fach) hergestellt; die Einstufung der Proben in die genannten Klassen I bis III erfolgt dann anhand charakteristischer und ausgezählter Testbilder. Auf diese Weise ist eine laufende Kontrolle der Arbeitsplätze mit einer Vielzahl von Proben bei einem erträglichen Arbeitsaufwand möglich. Dieses Verfahren wird speziell in der asbestverarbeitenden Textilindustrie der Bundesrepublik Deutschland seit etwa 10 Jahren mit großem Erfolg gehandhabt.

Durch die ständige Überwachung der Betriebe und der damit einhergehenden Verbesserung der Staubbekämpfungsmaßnahmen ist es gelungen, die Staubverhältnisse in diesem Industriezweig entscheidend zu verbessern, was nun auch in einem merkbaren Rückgang der Zahl der Asbestosefälle ihren Niederschlag findet.

Bild 3 zeigt die Änderung der prozentualen Verteilung der Staubmeßergebnisse – ausgedrückt durch Asbestwertzahl F – in den Jahren 1960 bis 1965 an den Arbeitsplätzen der asbestverarbeitenden Textilindustrie. Während 1960 nur rd. 45 % aller Arbeitsplätze im nicht mehr gefährlichen Bereich F < 60 lagen, waren es 1965 bereits 85 %.

In den letzten Jahren haben wir neben dem Konimeter in zunehmendem Maße auch Filterprobenahmegeräte (Gravikon, Portikon) zur Bestimmung der Massenkonzentration in mg/m³ eingesetzt. Als Filtermaterial wird ebenfalls das in organischen Lösungsmitteln lösliche Polystyrolfaserfilter Mikrosorban benutzt. Die Einsauggeschwindigkeit der Probenahmegeräte beträgt ebenfalls etwa 1,5 m/s. Den Vorteil der gravimetrischen Methode sehen wir einmal in der Möglichkeit, direkt die mittlere Staubkonzentration über einen längeren Zeitraum – in der Regel einige Stunden – zu ermitteln, zum anderen in den dabei gewonnenen größeren Probemengen für analytische Zwecke. Um nun einen Anschluß der gravimetrischen Methode an die auf der Teilchenzahlbestimmung beruhende Asbestbewertungszahl F zu finden, wurden in der asbestverarbeitenden Textilindustrie eingehende Vergleichsuntersuchungen durchgeführt. Dabei ergaben sich zwischen der Massenkonzentration des Gesamtstaubes in mg/m³ und der Asbestbewertungszahl F etwa die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Bezeichnungen für die einzelnen Bewertungsklassen.

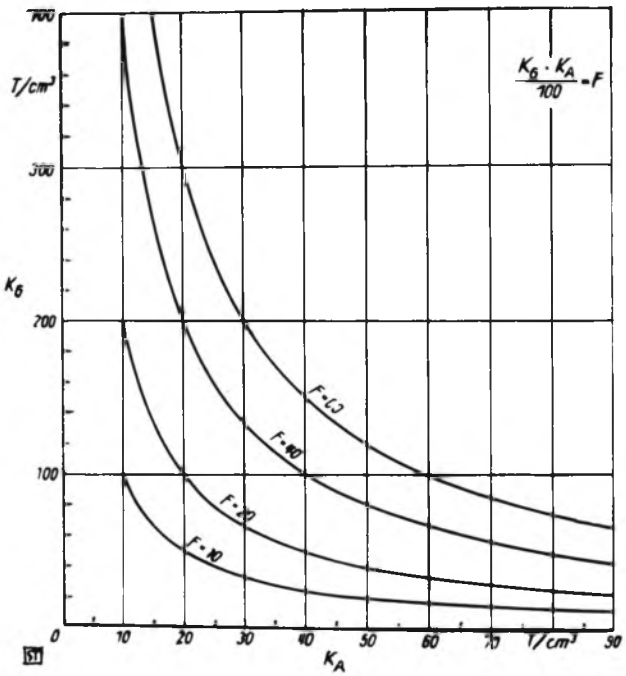


Bild 2 Asbestbewertungszahl F in Abhängigkeit von Gesamtteilchenkonzentration K_g und Asbestnadelkonzentration K_A

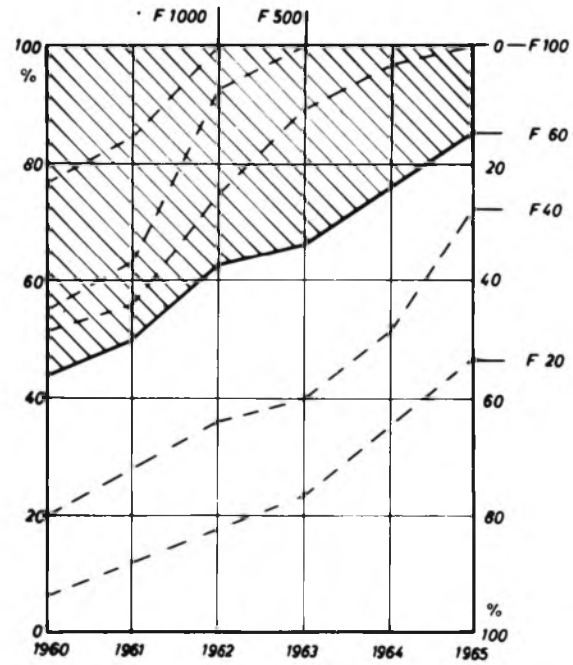


Bild 3 Summenprozente der Meßwerte an den einzelnen Arbeitsplätzen in den Jahren 1960—1965

Bewertungsklasse	Staubzahl $F = K_g \cdot K_A/100$	Gesamtstaubkonzentration mg/m³
I ungefährlich	< 20	< 0,1
II bedingt gefährlich	20–60	0,1–1,0
III gefährlich	> 60	> 1,0

Die in der Tabelle aufgeführten Zusammenhänge gelten natürlich in dieser Form nur für die Asbest-Textilindustrie, in der der Anteil des Asbestes an der Massenkonzentration des Gesamtstaubes zwischen etwa 70 und 85 % angesetzt werden muß. Die Ermittlung des Asbestanteils erfolgt durch Glühen der Staubproben bei 700° C; der Glührückstand kann für den Bereich der Asbest-Textilindustrie als Asbest angesehen werden.

Die Verwendung des Asbestes als Rohstoff geht jedoch weit über den Bereich der Asbest-Textilindustrie hinaus. Neben der Herstellung von Bremsbelägen und der Benutzung von Asbest für Isolierzwecke nimmt gerade in jüngster Zeit die Asbestzementindustrie immer mehr an Bedeutung zu. In diesen Fällen dient der Asbest z. T. nur als Zuschlagstoff. Unsere derzeitigen Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse reichen hier noch nicht aus, um endgültige Grenzwerte zur Beurteilung der Arbeitsplatzsituation in diesen Industriezweigen aufzustellen. Da die uns übertragene meßtechnische Überwachung dieser Betriebe aber auch eine hygienische Bewertung der gefundenen Staubkonzentrationswerte verlangt, haben wir vorläufig zunächst folgende Auffassung in der Beurteilung entwickelt. Bei einem Asbestgehalt der verarbeiteten Rohstoffe unter 10 % soll die Gesamtstaubkonzentration einen Wert von 2 mg/m³, bei einem Asbestgehalt zwischen 10 und 50 % einen Wert von 1,5 mg/m³ und bei mehr als 50 % Asbestanteil einen Wert von 1,0 mg/m³ möglichst nicht überschreiten. Mit dem Wert 1,0 mg/m³ bei über 50 % Asbestanteil ist ein gewisser Anschluß an die in der Asbest-Textilindustrie geltenden Beurteilungsgrundlagen gegeben. Wir sehen es als eine unserer Hauptaufgaben für die Zukunft an, hier weitere Ergebnisse und Erfahrungen zu sammeln und in diesem Zusammenhang insbesondere auch das Auftreten von Asbestosen in diesen Industriebereichen zu verfolgen.

In der letzten Zeit sind mehrfach Versuche gemacht worden, das Bewertungssystem des Staubforschungsinstituts durch Gerichtsbeschlüsse festzulegen. Wir haben uns dagegen bisher stets mit Erfolg gewehrt. Wir sind nämlich der Meinung, daß ein solches Bewertungssystem niemals und für alle Zeiten fest fixiert werden sollte. Ein solches Bewertungssystem muß die Möglichkeit haben, sich stets dem neuesten Stand der Forschung und wissenschaftlichen Erkenntnisse anzupassen. Gerade aus diesem Grunde würden wir es begrüßen, wenn das Bewertungssystem des Staubforschungsinstituts des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften in die MAK-Wertliste mit übernommen werden würde. Die MAK-Werte sind ja nichts anderes als Empfehlungen und werden in gewissen Zeitabständen neu überprüft.

Wir würden es begrüßen, wenn sich die Kommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft entschließen könnte, auch unser Bewertungssystem für asbesthaltige Stäube zu übernehmen.

Erlauben Sie mir zum Schluß noch ein paar Worte über die zukünftige Entwicklung des Staubforschungsinsti-

tuts. Zunächst werden wir unsere Tätigkeit – organisch wachsend – auch auf das Gebiet der toxischen Gase und Dämpfe ausdehnen müssen. Dieses Vorhaben ist folgerichtig, da sich die Bekämpfungsmaßnahmen gegen solche Gase und Dämpfe nicht sehr wesentlich von denen unterscheiden, die wir bei feinsten toxischen Stäuben anwenden müssen. Auch dem Gebiet der Staubexplosionen müssen wir größere Aufmerksamkeit schenken, als wir es bisher taten. Hier wird eine gute Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialprüfung notwendig sein.

Schon 1961 wurde das Staubforschungsinstitut auch mit der Wahrnehmung der Interessen der Berufsgenossenschaften auf dem Gebiet des Strahlenschutzes beauftragt. Das Institut hat seit 1961 zahlreiche Messungen in den verschiedenartigsten Industriebetrieben auf Wunsch der einzelnen Berufsgenossenschaften vorgenommen; außerdem halten wir seit dieser Zeit auch regelmäßig sogenannte Strahlenschutzkurse ab. Diese Kurse bilden in vielen Fällen für die Genehmigungsbehörde die Voraussetzung einer Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen. Die Kurse erfreuen sich einer ständig zunehmenden Beliebtheit. So haben wir seit dem 1. Januar 1969 durch organisatorische und apparative Maßnahmen die Teilnehmerzahl verdoppeln können. Bisher wurden mehr als 720 Teilnehmer geschult. Es handelt sich dabei in erster Linie um Strahlenschutzbeauftragte, Sicherheitsingenieure, Techniker, Strahlenarbeiter, aber auch um Technische Aufsichtsbeamte. Mit der Übernahme dieses Gebietes, das wir auch in Zukunft noch intensiver bearbeiten müssen, haben wir erstmals eine neue zusätzliche Forschungsrichtung beschritten, die meines Erachtens erfolgreich ist.

Gestern haben Sie aus den Worten von Herrn Dr. Bischoff entnehmen können, welche großen Aufgaben den Berufsgenossenschaften, speziell was die Einrichtung von Prüf- und Forschungsstellen betrifft, noch bevorstehen. Gleichgültig für welche Form dieser Prüfstellen man sich entscheiden wird, bedarf es doch immer einer gewissen Übergangszeit. Auch hier hat sich das Staubforschungsinstitut des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften bemüht, die allgemeinen Interessen der Berufsgenossenschaften zu vertreten und Arbeiten zu übernehmen, die ursprünglich nicht in seinem Forschungsgebiet lagen. Seit dem 1. 1. 1968, an dem ich die Leitung des Instituts übernahm, werden bei uns Sicherheitsschuhe und Stahlkappen geprüft. Wir haben ferner einen Prüfstand zur Prüfung von Schutzhelmen entwickelt, der nach übereinstimmender Meinung des DIN-Normenausschusses zur Zeit als einer der modernsten in Europa gilt. Die Entwicklung einer zusätzlichen Apparatur zur Prüfung der Durchschlagsfestigkeit von Schutzhelmen gegenüber Hochspannung läuft und dürfte Ende 1969 abgeschlossen sein. Darüber hinaus haben wir auf Veranlassung der Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaften, der sich später auch andere Berufsgenossenschaften angeschlossen haben, einen Forschungsauftrag angenommen, der sich mit der Prüfung von Hitzeschutzkleidung befaßt. Wir haben nicht nur Apparaturen aufgebaut, die eine Prüfung nach DIN-Normen erlauben, sondern befassen uns zur Zeit ganz speziell mit dem Einfluß der strahlenden Wärme. Die ersten Untersuchungen zeigen äußerst interessante Ergebnisse, über die wir hoffentlich auf der nächsten Arbeitsschutztagung im Jahre 1970 in Essen berichten können. Und schließlich darf ich Ihnen mitteilen, daß wir zur Zeit mit der Entwicklung einer Apparatur beschäftigt sind, die der Prüfung von Staubschutzbrillen dienen soll.

Ich werde manchmal gefragt, insbesondere von ausländischen Besuchern, wie das Institut mit seinem verhältnismäßig kleinen Personalbestand überhaupt in der Lage sei, solche Forschungsarbeiten durchzuführen.

Darauf gibt es nur eine Antwort: Es ist die gute menschliche Zusammenarbeit zwischen allen Mitarbeitern und das gute Teamwork, ganz abgesehen von den wissenschaftlichen Qualitäten, über die die einzelnen Mitarbeiter verfügen. Gestatten Sie mir, daß ich an dieser Stelle meinen Mitarbeitern meinen herzlichen Dank ausspreche. Das Staubforschungsinstitut besteht sozusagen aus einer kleinen verschworenen Gemeinschaft von Wissenschaftlern, die aus der Praxis für die Praxis etwas leisten wollen. In diesem Zusammenhang darf ich Sie als Revisionsingenieure bitten, mit uns auch in Zukunft weiterhin und gut zusammenzuarbeiten.

Gleichzeitig möchte ich auch noch meinen besonderen Dank meinem Mitarbeiter Herrn Dr. Schütz aussprechen, der mir die wesentlichsten Grundlagen für das Kapitel über Asbest in meinem Vortrag zusammentrug.

Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Herr Dr. Hasenclever, wir danken Ihnen für Ihre Ausführungen über die Frage der MAK-Werte für gesundheitsschädliche Stäube. Für uns Praktiker ist des öfteren die Frage von Bedeutung, welchen MAK-Wert man bei der Beurteilung von etwaigen Gesundheitsgefahren zugrundelegt, wenn es sich bei den einwirkenden Gasen oder Dämpfen um Gemische handelt. Mit großem Interesse haben wir auch Ihren Ausblick auf die noch kommenden Aufgaben verfolgt.

Dipl.-Chem. Friedl,
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie

Herr Dr. Hasenclever, Sie erwähnten eben einen Fall von 25 Asbestosen. Ich möchte Sie fragen, bei welcher Bearbeitung dieser Fall eintrat.

Dr. Hasenclever

Es handelte sich hier nicht um einen Betrieb der Asbestverarbeitung, sondern um ein Herstellerwerk.

Können Unfälle und ihre Folgen überwunden werden?

Dr. med. R. Kratzert

Die Gesamtzahl der Arbeitsunfälle betrug im Jahre 1968 1,86 Millionen, sie hat gegenüber 1967 um mehr als 100 000 zugenommen. Im gleichen Zeitraum erhöhten sich die Unfälle auf dem Wege von und zur Arbeit auf rund 15 % bzw. 200 000. Sie sind in den 1,18 Mill. Straßenverkehrsunfällen in der Bundesrepublik enthalten, bei denen 339 221mal Personenschäden mit 468 028 Verletzten entstanden und 16 598 Menschen tödlich verletzt wurden. 1480 waren davon auf dem Wege von oder zur Arbeit.

Diese wenigen Zahlen, wobei bewußt Arbeits- und Straßenverkehrsunfälle vermischt wurden, mögen Ihnen veranschaulichen, eine welch große Rolle Unfälle überhaupt spielen können. Unterstützt wird dieser Gedanke durch Hochrechnung, daß alleine die Dauerschäden aus den Verkehrsunfällen des Jahres 1967 für die Altersklasse bis 30 Jahre einen Arbeitsausfall von rund 4,5 Milliarden DM ohne Steuern bedingten oder, daß z. B., wie im Maiheft 1969 der Zeitschrift »Die Berufsgenossenschaft« von Herrn Wohlberedt ausgeführt, allein die Bergbau-BG ohne den Bezirk Saarbrücken für 5795 im Jahre 1950 entstandene Arbeits- und Wegeunfälle bis 1967 77,9 Mill. DM Rentenleistungen aufgebracht hat.

So entstehen aus jedem Unfallereignis, ob privat oder bei der Arbeit, ob an der Arbeitsstelle oder unterwegs die eng miteinander verknüpften Maßnahmen der Rehabilitation. Was verstehen wir heute darunter? Es sind darin alle Maßnahmen zusammengefaßt für die Personen, die der medizinischen, der beruflichen und sozialen Hilfe bedürfen. Ihr Ziel ist die Wiedereingliederung in die betriebliche oder häusliche Gemeinschaft. Lebensalter, Geschlecht und Beruf sollen dabei genausowenig eine Rolle spielen wie die Ursachen der Behinderung. Rehabilitation umfaßt die medizinische Wiederherstellung, die berufliche Wiederertüchtigung und die soziale Wiedereingliederung. Allerdings sind hier erfahrungsgemäß nur Erfolge beschieden, wenn diese drei Glieder eine feste Kette bilden.

Lassen Sie mich heute das Augenmerk auf unfallmedizinische Möglichkeiten richten. Die Kette beginnt bereits mit der Bergung am Unfallort. Aus der Vielzahl der Bemühungen hat sich wohl in den letzten Jahren der sogenannte »Notarztwagen« als günstig erwiesen, wie er in vielen Großstädten und deren Randbezirken heute gefahren wird. Sinn und Zweck dieser Einrichtung ist, daß ein in der Unfallchirurgie erfahrener Arzt mit Unterstützung geschulter Kräfte die Erstversorgung, Schockbekämpfung, Wiederbelebungsmaßnahmen usw. einleitet, die Transportfähigkeit des Verletzten beurteilt und den Transport überwacht. Im günstigsten Falle kann er bereits ein in der Nähe gelegenes Spezialkrankenhaus anfahren.

Daß in einem solchen Krankenhaus der Blick in den Operationssaal mit den vielen Apparaten und Einrichtungen verwirren mag, brauche ich wohl nicht näher zu erwähnen. Hervorzuheben aber ist die Tatsache, daß alle Apparate nichts nützen, wenn das Team von Ärzten, Schwestern und Pflegern nicht vollständig ist. Der personelle Aufwand ist groß, so schwebt immer das drohende Wort »Mangel an Pflegekräften« wie ein drohendes Gespenst über uns (Bild 1).

Aus der Vielzahl heutiger Möglichkeiten der operativen Knochenbruchbehandlung möchte ich jetzt auf einige der wichtigsten Prinzipien eingehen. Mehr und mehr ist es die Tendenz der letzten Jahre, Knochenbrüche zu operieren. Wenn auch diese Bemühungen in die letzten Jahre des 19. Jahrhunderts zurückreichen, so ist es doch wohl Küntscher im Jahre 1940 gewesen, der mit der Marknagelung die Tore in diesen Bereich endgültig öffnete.

Es gelingt unter Verwendung eines entsprechend geformten Nagels, der gewöhnlich unter Röntgen-Kontrolle in die Markhöhle langer Röhrenknochen eingeführt wird, den Bruchbereich von innen her zu schienen.

Ein weiteres Prinzip der inneren Schienung stellt die von Hackethal Ende der 50er Jahre propagierte sogenannte Bündelnagelung dar. Es werden hier statt eines Nagels ein Bündel von Nägeln eingebracht, wobei einzelne Nägel an ihrer Spitze etwas aufgebogen und so in verschiedenen Richtungen im Bälkchenwerk der Knochen verankert werden.

In den letzten 10 Jahren wurde von der Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen ein komplettes Instrumentarium entwickelt, das mit entsprechend konstruierten Schrauben und Platten den Knochen stabilisiert. Im Gegensatz zu den beiden erstgenannten Verfahren ist hier jedoch die direkte operative Freilegung des Bruchbereiches erforderlich. Ziel aller dieser Behandlungsmaßnahmen ist es jedoch, eine so-

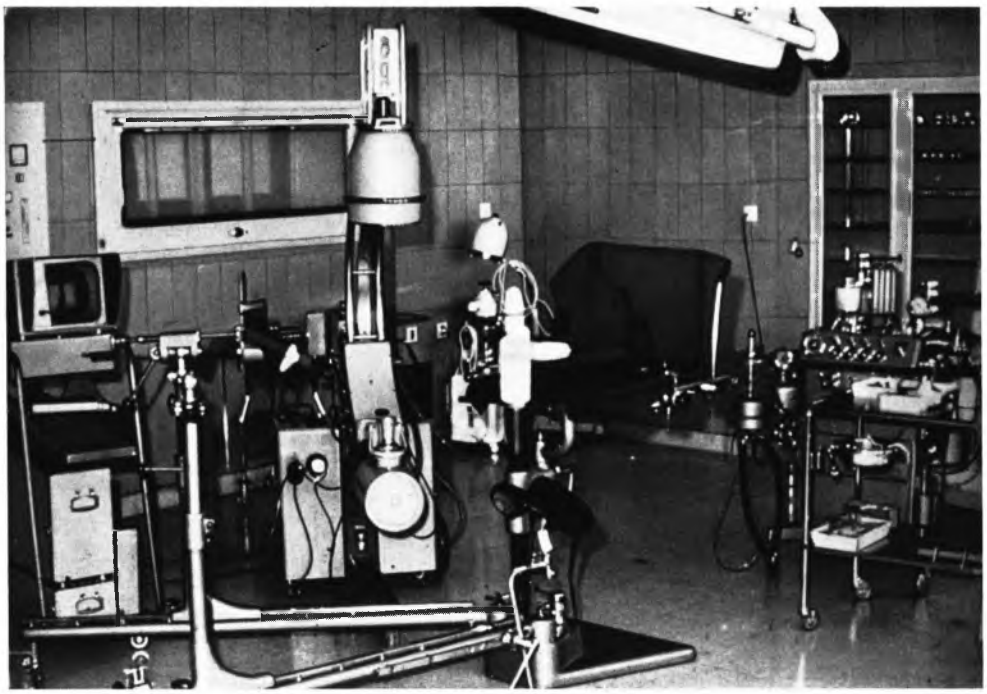


Bild 1
Blick in einen Operationssaal (mit Extensionstisch für Knochenoperationen und Röntgenfernsehkette)

genannte Funktionsstabilität zu erreichen, so daß Übungsbehandlungen sehr frühzeitig möglich werden und die oft langwierige Gipsruhigstellung vermieden wird. Dadurch wird eine Versteifung der benachbarten Gelenke, Blutumlaufstörungen und eine verzögerte Bruchheilung infolge ungenügend eingerichteter Brüche vermieden. Diese exakte Bruchstellung ist in jedem Falle wichtig, da bei in ihrer Achse gekrümmt zusammengeheilten Brüchen spätere Beschwerden an fehlbelasteten Gelenken auftreten.

Solche Fehler lassen sich selbstverständlich auch später noch ausgleichen und es ist heute möglich, beispielsweise eine Verkürzung, die durch einen Bruch eingetreten ist, namentlich im Oberschenkelbereich, durch eine entsprechende berechnete Verkürzungsoperation des gegenseitigen und unverletzten Oberschenkels zu erreichen .Dadurch wird insbesondere der bisher übliche und erforderliche sogenannte Verkürzungsausgleich im Schuhwerk vermieden. (Bild 2)

Ein wesentliches Kapitel in der Unfallchirurgie stellt heute immer noch der sogenannte Schenkelhalsbruch dar. Während er bei jüngeren Leuten meist ohne verzögerte Bruchheilung glatt abläuft, stellt er bei älteren Leuten ein besonderes Problem dar, da einmal eine

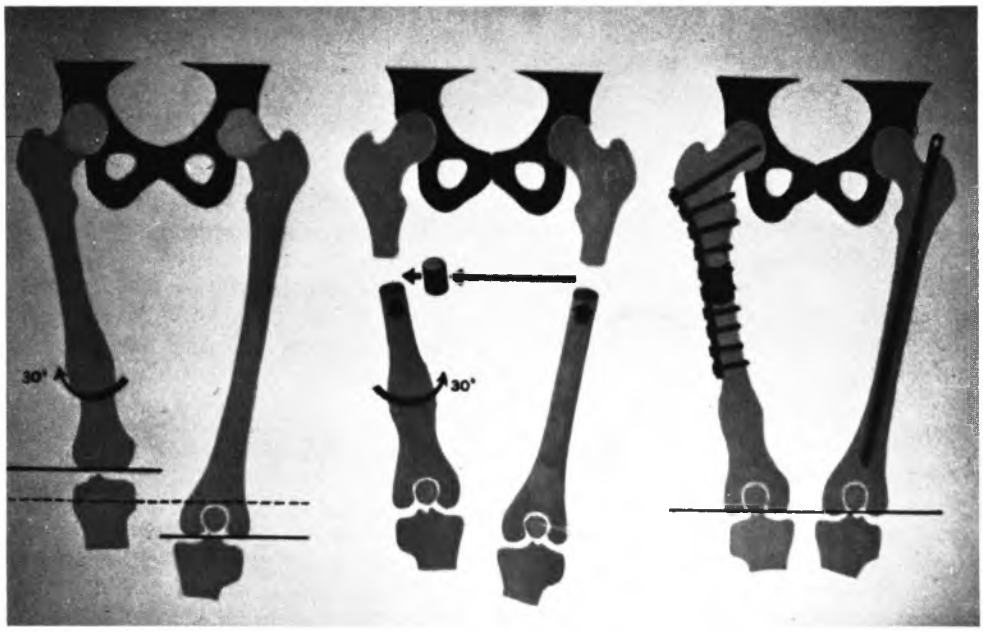
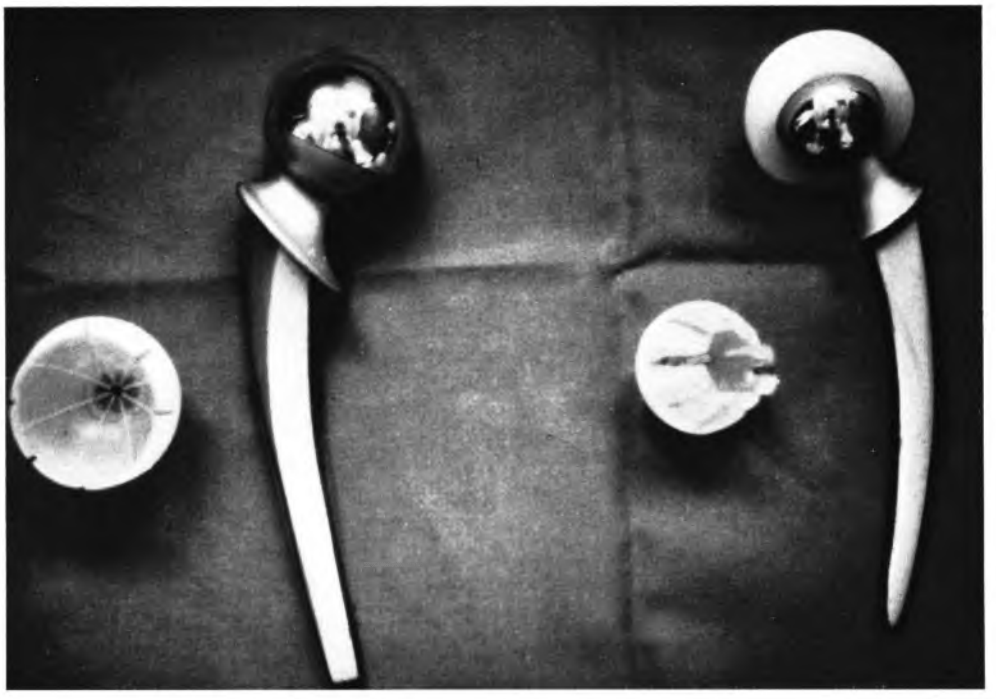


Bild 2
Prinzip der Verlängerungs-Verkürzungosteotomie

Bild 3
Gebräuchliche Modelle einer Hüftkopfteilprothese (links) und einer sog. Hüfttotalprothese (rechts). Neben den Prothesen die Schutzkappen



lange Bettruhe sich ungünstig auswirkt und zum anderen Bruchart und Form auch nach entsprechender operativer Behandlung keine sehr frühe Belastung zuläßt.

Deshalb ist man in letzter Zeit mehr und mehr dazu übergegangen, namentlich bei älteren Leuten den Hüftkopf bei einem eingetretenen Schenkelhalsbruch gegen einen Metallkopf auszutauschen. (Bild 3)

Treten jedoch nach schweren Hüftgelenkverletzungen oder nach Beckenbrüchen mit Hüftgelenkbeteiligung schwere Veränderungen im betroffenen Hüftgelenk auf, die sogenannte sekundäre Verschleißerscheinungen darstellen, so gibt es auch hierfür heute die Möglichkeit, den Verletzten bei diesen schmerzhaften Zuständen zu helfen. Es gelingt dies, indem nicht nur der Hüftkopf, sondern auch die Hüftpfanne durch eine entsprechend nachgebildete Prothese ersetzt werden. Der Hüftkopf besteht dann aus Metall und die Pfanne aus einem Kunststoff (Teflon), die beide nach entsprechender Vorbereitung mit einem besonderen »Knochenkitt« – es handelt sich hierbei um Menthylacrylatverbindungen, die in der Lage sind, sich sowohl mit dem Knochen als auch mit Kunststoff und mit Metall zu verbinden – eingebettet werden. Bei weitgehender Wiederherstellung der Gelenkbeweglichkeit entfällt nach einem solchen Eingriff die Schmerzhaftigkeit.

Bei den Wirbelsäulenverletzungen unterscheidet man heute solche Verletzungen mit und solche ohne Beteiligung des Rückenmarkes, d. h. mit Lähmungen abhängiger Körperpartien und ohne Lähmungen. Während Wirbelbrüche beispielsweise im Brustwirbelsäulen- oder im Lendenwirbelsäulenabschnitt meist keine Lähmungserscheinungen mit sich bringen, sind sie im Halswirbelsäulenabschnitt sehr häufig und bedeuten, daß die Betreffenden meist von den Armen abwärts gelähmt sind und dann einer besonderen intensiven Behandlung bedürfen. Zunächst wird versucht, verrenkte oder zusammengedrückte Wirbel wieder aufzurichten, durch entsprechende Operation zu festigen und die Betreffenden durch Lagerung im Drehbett vor der Ausbildung von sogenannten Druckgeschwüren zu bewahren. Sehr frühzeitig tritt bei diesen Schwerverletzten die krankengymnastische und die beschäftigungstherapeutische Behandlung ein, um die wenigen Muskeln, die dem Willen noch gehorchen, frühzeitig zu üben und zu kräftigen.

Ebenfalls meist von großer Bedeutung sind die Handverletzungen. Während Mittelhandbrüche nur in seltenen Fällen operativ angegangen werden müssen, sondern sich meist durch Gipsruhigstellung knöchern zur Ausheilung bringen lassen, stellen Sehnenverletzungen oder gar Nervenverletzungen im Unterarm- und Handgelenksbereich sowie im Bereich der Finger besondere Aufgaben an den betreffenden Chirurgen. Gilt es doch hier, möglichst das komplizierte Gebilde einer Hand in den vorhergehenden Funktionszustand zurückzubringen. Genaue Kenntnisse des Verlaufs der einzelnen Sehnen und Gefäße sowie der Nerven ist unabdingbare Voraussetzung für das Glücken verschiedener Eingriffe in der Handchirurgie. Als Beispiel einer umfassenden Wiederherstellungsmaßnahme sei die Rekonstruktion eines Daumens genannt. Es handelte sich hier um eine häufige Verletzung, die bedingt, daß der gesamte Hautschlauch samt Nerven und Gefäßen wie ein Handschuhfinger abgezogen wird. Zurück bleibt der in seinen Gelenken noch bewegliche Daumen und die entsprechenden Sehnen. Versucht man hier nicht frühzeitig eine Deckung mit gut durchblutetem und gepolstertem Gewebe, so ist der Daumen, der mit seiner Funktion die Hand erst zu dem Greifgebilde macht, das wir für alle Verrichtungen brauchen, verloren. Er wird daher frühzeitig in die Bauchhaut eingepflanzt, nach entsprechender Verweildauer wird dieser Lappen an seinem Stiel umschnitten und schließlich durchtrennt. Dadurch ent-

Bild 4

Versorgung einer schweren Daumenverletzung (Bild 4) mit Verlust von Haut und Nerven sowie Gefäßen durch Einpflanzung in die Bauchhaut (Bild 4 a) und Bildung eines gefühlsempfindlichen Lappens, der von der Außenseite des Ringfingers auf den Daumen durch einen Hauttunnel überpflanzt wird (Bild 4 b) und dadurch wieder eine Berührungsempfindlichkeit für den Daumen ergibt (Bild 4 c)

steht ein überhäuteter und mit Weichteilen gedeckter Daumen, der jedoch bislang aus der Gefühlsempfindlichkeit ausgeschaltet ist. Um auch diesen Schritt zu vollziehen, wird ein Hautbezirk eines benachbarten Fingers, in diesem Falle des 4. Fingers, verwendet, der samt seinen zugehörigen Nerven und blutversorgenden Gefäßen unter einem Hauttunnel hindurch auf den mit Bauchhaut versorgten Daumen verpflanzt wird. Nach einiger Zeit der Gewöhnung und der Einübung gelingt es schließlich dem Verletzten, die Berührung, die er bislang in seinem Gehirn noch auf den entsprechenden Finger projiziert, auch mit dem Daumen selbst zu identifizieren und so den Daumen wieder zu einem vollen Bestandteil seiner Hand zu machen. (Bild 4, 4 a, 4 b, 4 c).

Abschließend ein Kapitel aus der prothetischen Versorgung Ober- und Unterarmverletzter. In den letzten Jahren ist ein kompliziertes technisches System entwikkelt worden, das unter Zuhilfenahme von elektronischen Verstärkern erlaubt, vom Muskel selbst während seiner Aktion erzeugte Ströme aufzufangen und sie in mechanische Arbeit umzuwandeln: Es handelt sich dabei um die sogenannte bioelektrische Prothese. Mittels empfindlicher Elektroden werden die Ströme am Muskel ab-

Bild 4 a

Bild 4 b

gegriffen, und es gelingt nach einigem Training fast im Unterbewußten, eine solche bioelektrische Prothese zu gebrauchen und zu steuern. Sie wird lediglich von einem relativ kleinen Batteriesatz gespeist, den der Betreffende wie eine Brusttasche bei sich trägt. Diese bioelektrische Prothese, die vorwiegend am Unterarm, in günstigen Fällen aber auch am Oberarm zur Anwendung kommt, gestattet Feinbewegungen der Hand und auch ein sicheres Zupacken. Einige Probleme hinsichtlich der Motorempfindlichkeit, besondere Steuerungen und Anwendung auch bei Oberarmamputierten sind derzeit noch in Bearbeitung. (Bild 5, 5 a)

Nicht jeder jedoch wird zunächst mit einer solchen bioelektrischen Prothese zu versorgen sein. Für viele Ober- oder Unterarmamputierte ist es zunächst das Ziel, mit einer Arbeitsprothese (sogenannte Hookprothese) wieder arbeiten zu können. Sie muß ebenfalls entsprechend angepaßt und unter Anleitung eintrainiert werden. Sie läßt aber auch feinere Arbeiten wie z. B. am Webrahmen oder den Umgang mit Werkzeugen zu, die in unserer Abteilung für Beschäftigungstherapie vorhanden sind. Dort werden Arbeiten verschiedener Art von Schwerstverletzten hergestellt, von Verletzten, die vorher häufig keinerlei handwerkliche Tätigkeit in

Bild 4 c

Bild 5 Unterarmstumpf, an dem einer der Elektrodenabgriffspunkte markiert ist. Zudem ist der Akkumulator für die Energieversorgung der Prothese erkennbar

dieser Richtung hatten und unter Anleitung in der Lage sind, Körbe zu flechten, zu schnitzen, zu weben und anderes mehr.

Nach diesem etwas versöhnenden Ausblick noch einige Worte zu Fragen der Wiedereingliederung oder Umschulung. Bereits während der ärztlichen Behandlung läßt ja das Verletzungsausmaß absehen, ob der Betreffende z. B. seinen Arbeitsplatz und frühere Tätigkeit wieder einnehmen kann oder nicht.

Verletzte aus Arbeitsunfällen sind hier etwas günstiger gestellt, denn hier springt der Berufshelfer ein, wenn es sein muß. Zwar haben viele bereits eine gewisse Vorstellung, für die in großen Betrieben Tätigen ergibt sich meist eine andere Verwendungsmöglichkeit. Sonst vermittelt der Berufshelfer zwischen Berufsgenossenschaft und Firmen, veranlaßt psychologische Testungen für Umschulungen, kümmert sich um soziale Probleme usw. Ein kurzes Beispiel, wie auch ein Technischer Aufsichtsbeamter hier mithelfen konnte, möchte ich erwähnen. Bei einer Bau-Berufsgenossenschaft war ein Maurer querschnittsgelähmt, ihm sollte ein Haus gebaut werden. Der Ingenieur kümmerte sich darum, daß all den Dingen bei Planung und Bau Rechnung getragen wurde, die für einen Zeit seines Lebens ans Bett oder an den Rollstuhl Gefesselten wichtig sind, z. B. breitere Türen, ein breiteres Bad, schiefe Ebene statt Treppen usw.

Ich habe versucht, Ihnen in einem weitgespannten Bogen einige Probleme der heutigen Unfallchirurgie darzubringen. Sie sind beileibe nicht alle gelöst und auch nicht neu. Bereits aus dem alten Ägypten des Jahres 2750 v. Christi – also vor rund 4700 Jahren – sind uns in dem erhaltenen Papyrus Smith 48 Unfallverletzungen beschrieben.

Bild 5 a
Prothese in geöffnetem Zustand; es werden Daumen und Zeigefinger gegeneinander bewegt

Die damaligen Ärzte sagten je nach Heilungsaussichten:

»Es handelt sich um ein Leiden, das ich behandeln will«

»Es handelt sich um ein Leiden, gegen das ich kämpfen will«

»Es handelt sich um ein Leiden, das nicht zu behandeln ist«.

Heute sind wir bemüht, daß die Zahl der Unfall-Leiden, die – pessimistisch betrachtet – nicht zu behandeln sind, also ungünstige Folgen hinterlassen, immer geringer wird.

Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Herzlichen Dank für diesen Ausflug in die Unfallchirurgie, Herr Dr. Kratzert. Zu unseren Aufgaben gehört u. a. auch das Problem der Wiedereingliederung eines Verletzten in den Arbeitsprozeß. Insofern war uns dieser Einblick in Ihr Gebiet sehr interessant. Gerade aus Ihrem Vortrag ging hervor, daß die medizinischen und die technischen Wissenschaften sehr viele Berührungspunkte haben.

Ing. Meyer, Berufsgenossenschaft für den Einzelhandel

Herr Dr. Kratzert, ein bei unserer Berufsgenossenschaft Versicherter erlitt im vergangenen Jahr eine glatte Abtrennung des linken Unterarmes; ihm wurde im Unfallkrankenhaus Murnau eine – von Ihnen erwähnte – bioelektrische Prothese angepaßt. Nun treten beispielsweise in unmittelbarer Nähe von Lichtschaltern und im Bereich eines Fernsehgerätes Störungen an der Prothese auf, die sich durch ungewollte Öffnungs- oder Schließbewegungen äußern. Sind inzwischen Maßnahmen getroffen worden, um derartige Störungen zu vermeiden?

Dr. Kratzert

Diese Störungen sind uns inzwischen bekannt geworden; die Behebung bedarf allerdings noch intensiver Entwicklungsarbeit auf diesem Gebiet. In diesem Zusammenhang darf ich einen weiteren Fall aufzeigen: es handelt sich um die sog. Herzschrittmacher, die z. B. sehr empfindlich auf Radarwellen reagieren. Auch hier ist man momentan mit Untersuchungen beschäftigt, wie diese Einflüsse von außen abzuschirmen sind.

Innere Sicherheit an Kraftfahrzeugen

Dipl.-Ing. G. Huber

Unter Sicherheit versteht der Mathematiker den Grenzwert der Wahrscheinlichkeit. Sicherheit ist gegeben, wenn ein Ereignis mit Gewißheit eintrifft. Überträgt man diesen Gedankengang auf den Straßenverkehr, so wäre streng genommen die Sicherheit für den Verkehrsteilnehmer dann vorhanden, wenn die Wahrscheinlichkeit, niemals einen Schaden zu erleiden, den Grenzwert 1 annimmt. Es liegt auf der Hand, daß sich dieser Idealzustand nicht erreichen läßt, weil das Verkehrsgeschehen durch unzählige Einflußfaktoren und ihre gegenseitigen Wechselbeziehungen bestimmt wird. Alle Bemühungen, die Sicherheit des Menschen im Straßenverkehr und im Kraftfahrzeug zu erhöhen, können also nur dazu dienen, die Wahrscheinlichkeit von Unfällen herabzusetzen und – für den Fall eines unvermeidlichen Unfalls – die Wahrscheinlichkeit von Personenschäden so weit wie möglich zu vermindern. Man sieht, daß es das sichere Fahrzeug schlechthin nur als Idealziel geben kann, und alle Sicherheitsmaßnahmen nur Schritte in Richtung zu diesem Ziel sind. Es versteht sich, daß alle Maßnahmen an ihrem Nutzen für den Menschen zu messen sind und das Fahrzeug für sich allein betrachtet ohne Bezug auf den Menschen an sich wertfrei ist. Sicher ist nicht das Fahrzeug selbst, sondern der Insasse kann sich in jenem Fahrzeug mehr und in jenem Fahrzeug weniger sicher fühlen.

Die das Verkehrsgeschehen bestimmenden Einflüsse lassen sich in 3 große Gruppen einteilen:

Mensch

Straße und die Umweltbedingungen

Fahrzeug

Naturgemäß kann der Beitrag des Automobilingenieurs zur Sicherheit des Menschen im Straßenverkehr nur in der Entwicklung sicherer Fahrzeuge bestehen. Es stellen sich ihm in diesem Zusammenhang folgende Aufgabenbereiche:

1. Unter Aktiver Sicherheit seien jene Eigenschaften eines Kraftfahrzeuges verstanden, die das Bemühen des Fahrers unterstützen, möglichst in allen Verkehrssituationen Unfälle zu vermeiden.

2. Entwicklung von Einrichtungen und Maßnahmen, die bei einem gegebenenfalls unvermeidlichen Unfall dazu dienen, Schäden an Leib und Leben der Fahrzeuginsassen zu verhüten, oder wenigstens zu mildern, seien unter dem Begriff Passive Sicherheit zusammengefaßt.

Lassen Sie mich kurz bei der Aktiven Sicherheit verweilen. Lange Zeit wurde allein die Fahrsicherheit als ausschlaggebend angesehen; diese Meinung ist auch heute noch anzutreffen. Zweifellos liefert sie einen wichtigen, aber bei weitem nicht den einzigen Beitrag zur Sicherheit der Insassen. Der Wert einer guten Beschleunigung für einen flüssigen Verkehrsablauf und einer möglichst großen Bremsverzögerung mit stabiler Spurhaltung des Fahrzeugs bedarf keiner besonderen Erläuterung. Bei Geradeausfahrt auch auf welliger, gewölbter, nasser oder vereister Fahrbahn soll sich das Fahrzeug richtungsstabil verhalten, ohne den Fahrer zu fortgesetzten Lenkkorrekturen zu zwingen und damit seine Aufmerksamkeit zu überfordern. Bei Kurvenfahrt muß sich das Fahrzeug neutral verhalten; es soll bei Überschreiten einer gewissen Geschwindigkeit weder plötzlich mit den Hinterrädern ausbrechen, noch mit den Vorderrädern geradeausschieben. Wird die Grenzgeschwindigkeit überschritten, dann sollte das Fahrzeug gleichmäßig an den Vorder- und Hinterrädern breitseits wegschieben und sich infolge der Reibung an den Reifen von selbst abbremsen. S-förmige Ausweichbewegungen sind mitunter notwendig, wenn man vor einem plötzlich auftauchenden Hindernis nicht mehr bremsen kann. Bei großer Geschwindigkeit gelingen diese Manöver meist nicht ohne sehr starkes Gegensteuern, das viele Fahrer erfahrungsgemäß nicht beherrschen. Es ist durch Wedeltests (Durchfahren einer engen S-förmigen Gasse mit hoher Geschwindigkeit) gelungen, Fahrzeuge für ein solches Manöver so fahrstabil zu machen, daß es kaum noch möglich ist, sie zum Schleudern zu bringen. Die seitliche Versetzung und Fahrtrichtungsänderung durch plötzliche Seitenwindeinwirkung soll möglichst klein sein. Maßgebend sind die Radführungen, vor allem aber die aerodynamischen Eigenschaften der Karosserie, die im Windkanal und im Seitenwindstrahl entwickelt werden.

Das Fahrzeug fährt durch einen von starken Gebläsen erzeugten quergerichteten Luftstrom. Die Abweichung von der ursprünglichen Fahrtrichtung wird aufgezeichnet (Bild 1).

Der Beitrag des Automobilingenieurs zur Fahrsicherheit besteht also zusammenfassend darin, Fahrzeuge zu entwickeln, die möglichst geringe Anforderungen an die Fahrkunst der Fahrer stellen, in Grenzsituationen ihr Verhalten nicht plötzlich und überraschend ändern, das Erreichen der Haftgrenze zwischen Reifen und Fahrbahn rechtzeitig ankündigen und die Ausnutzung der naturgegebenen Haftung bis zur Grenze zulassen.

Unter Konditionssicherheit fallen alle Maßnahmen und Einrichtungen, die geeignet sind, die physiologische Belastung der Insassen, insbesondere des Fahrers und damit die Wahrscheinlichkeit von Fehlhandlungen kleinzuhalten. Die wichtigsten sind:

1. Die Sitze

Von einem Kraftfahrzeugsitz erwartet man, daß man darin stundenlang ermüdungsfrei sitzen kann. Zur individuellen Anpassung zu den einzelnen Fahrern ist die Einstellmöglichkeit in Längsrichtung, Höhe und Lehnenneigung vorzusehen. Federung und Dämpfung der Sitze werden so abgestimmt, daß die Eigenfrequenz des Systems Sitz/Mensch genügend weit über der Eigenfrequenz der Hauptfederung des Fahrzeugs (1 bis 2 Hertz) liegt.

2. Lüftung und Klimatisierung

Verbrauchte Luft macht müde. Dem Fahrgastraum ist ständig neue angenehm temperierte Luft – bei 5 bis 6 Sitzplätzen möglichst 6 m³ je Minute – zuzuführen. Voraussetzung hierfür ist eine Entlüftungseinrichtung, die selbständig und zugfrei funktioniert. Auch die Reinhaltung der Luft durch Filterung und die Entgiftung der Abgase gehören in diese Rubrik.

3. Schwingungen

Die Isolierung des Fahrgastraumes gegenüber mechanischen Schwingungen ist einer der wichtigsten Beiträge zur Konditionssicherheit, denn die vom Fahr- und Triebwerk wie die von Straßenunebenheiten erzeugten Vibrationen oder Schallwellen sind besonders ermüdend. Vielfach ist eine Reduzierung ohne weiteres möglich, eine völlige Beseitigung der Schwingungen jedoch nicht.

4. Sichtverhältnisse

Gut sehen und gut gesehen werden kann unter dem Begriff Wahrnehmungssicherheit zusammengefaßt werden.

Klare, rasche Ablesbarkeit der Instrumente, klare Sicht durch sauber gewischte und in ausreichendem Maße von Feuchtigkeit, Schmutz, Eis und Schnee freigehaltene Scheiben ist hier ebenso von Bedeutung wie gute Erkennbarkeit für andere durch passende Wagenfarben und geeignete Beleuchtung. Helle Wagenfarben haben sich bei jeder Witterung, auch bei Schnee und Nebel als günstig erwiesen. Extrem auffällig sind orangefarbene Wagen mit Fluoreszenseffekt, wenn sich auch diese studienhalber untersuchte Farbe wohl kaum allgemein durchsetzen wird.

5. Schalteranordnung

Bedienungssicherheit ist gegeben, wenn Anordnung und Funktion von Schaltern und Hebeln eindeutig sind und nicht zu gefährlichen Überraschungen führen. Beispielsweise wurden Unfälle dadurch verursacht, daß der Beifahrer die Scheinwerfer versehentlich abschaltete, als er den Zigarettenanzünder suchte.

Trotz Verwirklichung all dieser Grundsätze, die helfen, Unfälle zu vermeiden, wird es nach wie vor zu Unfällen kommen. Die Passive Sicherheit erfordert die Entwicklung von Maßnahmen und Einrichtungen, die Verletzungen von Fahrzeuginsassen im Falle eines Unfalls verhindern. Dieses Arbeitsgebiet stützt sich hauptsächlich auf die folgenden Spezialwissenschaften: auf die Unfallmechanik, die Unfall- und Verletzungsstatistik, die Verletzungsursachenforschung, die Biomechanik und schließlich auf Unfallversuche.

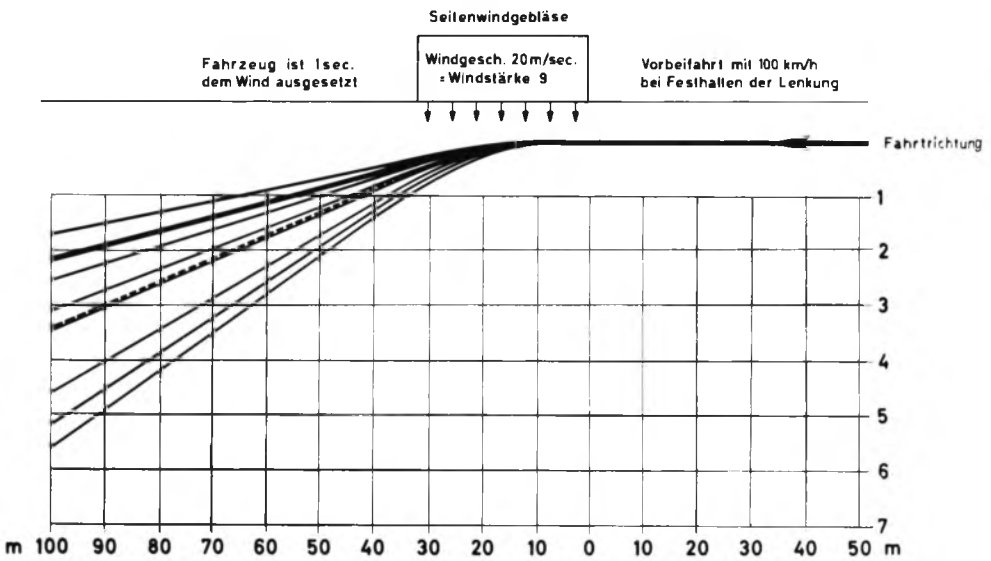


Bild 1
Fahrverhalten verschiedener Personenwagen bei Seitenwind

Die Unfallmechanik deutet den Verkehrsunfall als Stoßvorgang zwischen bewegten, deformierbaren Körper.

Man unterscheidet einen ersten Aufprall (den des Fahrzeugs gegen ein Hindernis) und einen Zweiten, den des Fahrzeuginsassen gegen die Innenwand des Fahrgastraumes. Aus der einfachen Formel der Mechanik

$$v^2 = 2 \cdot b \cdot s$$

in der

v die Aufprallgeschwindigkeit,

b die mittlere Stoßverzögerung und

s die Verzögerungsstrecke

bedeutet, läßt sich ablesen, daß der Verzögerungsweg möglichst groß sein soll, damit eine möglichst kleine Bremsverzögerung erreicht wird. Die Größe der stoßartigen Verzögerung pflegt man als Vielfaches der Fallbeschleunigung anzugeben. Man kann dann leicht auf die Stoßkräfte schließen. Eine Verzögerung von z. B. 50 g, ein Wert der bei Unfällen oft auftritt, entspricht einer Kraft, die das 50fache des Gewichts des verzögerten Körpers beträgt. Ausreichenden Deformationsweg zu schaffen, ist ein Grundgesetz für den Ingenieur, der Sicherheit im Kraftfahrzeug verwirklichen will. Allerdings sind ihm durch die z. Z. übliche Karosseriekonzeption im Innenraum Grenzen gesetzt. Wie sich aus dem Diagramm Bild 2 entnehmen läßt, darf z. B. bei einem optimal ausgenützten Deformationsweg am Armaturenbrett von 10 cm und einer zulässigen Verzögerung von 50 g (und das ist schon ein ziemlich hoher Wert) die Aufprallgeschwindigkeit 36 km/h nicht überschreiten.

Es kommt deshalb darauf an, dem Insassen durch andere Mittel zusätzlichen Deformations- oder Abbremsweg zu verschaffen und dadurch die Verzögerung, oder besser gesagt, die Beanspruchung des menschlichen Körpers auf ein erträgliches Maß herabzusetzen. Der Sicherheitsgurt ist in dieser Hinsicht beim Frontalaufprall zweifach wirksam: er verbindet den Insassen mit dem Fahrzeug und läßt ihn an dem Verformungsweg des Fahrzeugvorbaus teilhaben. Nicht angeschnallt würde der Insasse mit seiner ursprünglichen Fortbewegungsgeschwindigkeit, während das Fahrzeug um ihn durch den Unfallstoß abgebremst wird, weiter nach vorn fliegen und auf die Innenseite des inzwischen meist zum Stillstand gekommenen Fahrzeugs prallen.

Zu dem Deformationsweg des Fahrzeugvorbaus addiert sich für den angeschnallten Insassen auch noch der Dehnungsweg des Sicherheitsgurtes, so daß sich sein Abbremsweg bis auf das 5 bis 10fache erhöht und die Beanspruchung um denselben Faktor herabgesetzt wird.

Voraussetzung ist natürlich, daß das Fahrzeug durch sogenannte Knautschzonen am Vorbau und am Heck entsprechende Deformationsmöglichkeit bietet. Beim Heckaufprall ist der Insasse über die Rückenlehne des Sitzes unmittelbar mit dem Fahrzeug verbunden, so daß er auch an einer Abschwächung des Heckstoßes durch große Deformierbarkeit des Hecks unmittelbar Anteil hat. Allerdings ist ohne Kopfstütze nur der Rükken ausreichend nach hinten abgestützt und es kann bei Heckauffahrunfällen zu den bekannten Schleuderverletzungen der Halswirbelsäule durch das Zurück- und Vorgeschleudertwerden des Kopfes kommen. Eine Kopfstütze mit ausreichender Festigkeit sollte also auf jeden Fall den Sicherheitsgurt ergänzen. Über die Nützlichkeit des Sicherheitsgurtes selber gibt es heute keine Zweifel mehr. Er verhindert nicht nur den Aufschlag auf Fahrzeuginnenstrukturen und bietet mehr Deformationsweg, er hält auch Fahrer und Passagiere im Fahrzeuginnern fest und verhindert, daß sie aus dem Fahrzeug geschleudert werden. Es ist statistisch erwiesen,

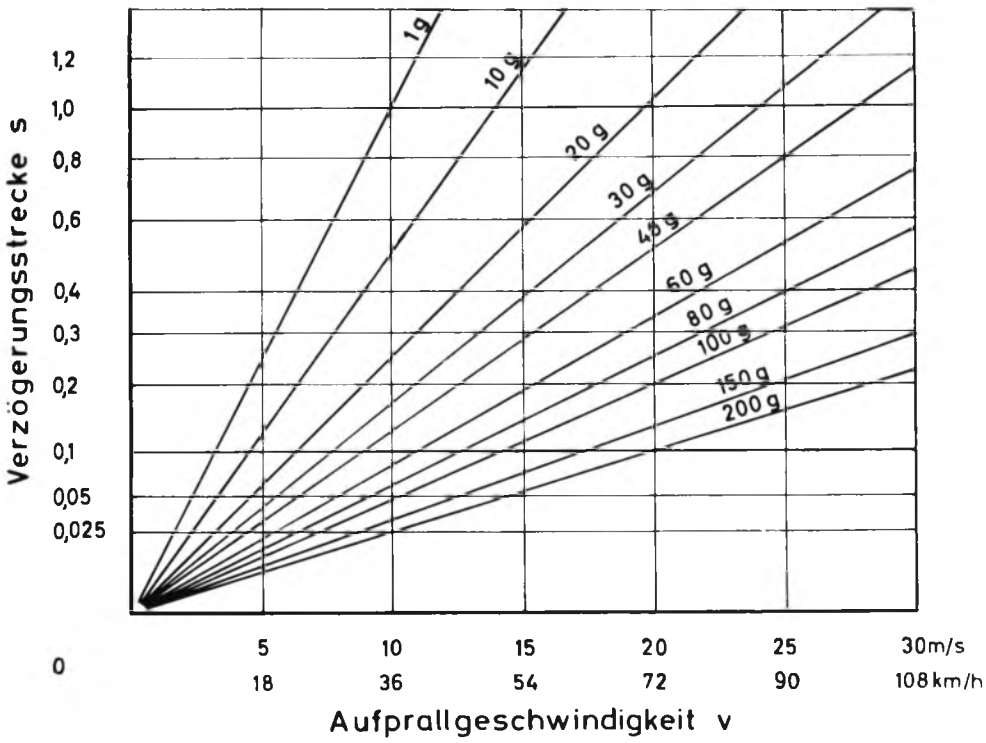


Bild 2
Zusammenhang zwischen Verzögerung, Abbremsweg und Aufprallgeschwindigkeit

daß das Hinausgeschleudertwerden um ein Vielfaches gefährlicher ist, eine weit höhere Gefahr lebensgefährlicher oder tödlicher Verletzungen darstellt, als das Verbleiben im Fahrzeug bei einem Unfall. Als am günstigsten ist heute der sogenannte Dreipunktgurt anzusehen, welcher den Körper durch ein um das Becken und ein schräg über den Oberkörper laufendes Band festhält. Verbreitung fand bisher auch der einfache Schrägschultergurt, bei dem jedoch nicht auszuschließen ist, daß der Körper unter dem Gurt teilweise durchrutscht und die Knie gegen das Armaturenbrett schlagen, da der Schwerpunkt des Körpers unterhalb des über die Brust laufenden Gurtbandes liegt. Hauptsächlich in den USA hat der einfache Beckengurt Eingang gefunden.

Inzwischen ist er dort allerdings auch nur noch für die Rücksitze zugelassen. Der Beckengurt kann nicht den sogenannten Klappmessereffekt verhindern, bei dem der Oberkörper um die Hüfte nach vorne kippt. Solange im Fahrzeug so viel Raum vorhanden ist, daß dies geschehen kann, ohne daß der Kopf oder der Oberkörper auf ein Fahrzeuginnenteil aufschlägt, ist dies relativ ungefährlich. Dieser Raum steht aber zumindest bei den Innenabmessungen europäischer Durchschnittsfahrzeuge nicht zur Verfügung.

Wenn sich auch Fälle konstruieren lassen, bei denen der Gurt theoretisch mehr schadet als nützt, so ist die segensreiche Wirkung des Sicherheitsgurtes doch inzwischen auch statistisch erwiesen. Ein Beispiel sei herausgegriffen: Die Firma Volvo in Schweden untersuchte ca. 20 000 Unfälle mit angeschnallten und nicht angeschnallten Insassen. Es war kein Fall darunter, in dem ein angeschnallter Insasse bis zu einer angenommenen Geschwindigkeit von 90 km/h ums Leben gekommen wäre.

Statistiken können zwar nicht die einzige Richtschnur für die Entwicklung von Sicherheitsmaßnahmen sein, weil der Effekt von Maßnahmen erst mit einer Zeitverschiebung von Jahren statistisch in Erscheinung treten kann und statistische Angaben nicht immer so ins Detail gehen, daß die Notwendigkeit ganz bestimmter konstruktiver Maßnahmen offen zu Tage tritt. Sie sind jedoch nützlich zum Nachweis erzielter Erfolge und zum Aufzeigen von Schwerpunkten. In Deutschland steckt eine allgemeine und informative Unfallstatistik leider noch in den Anfängen. Eingehende Forschungsarbeit auf diesem Gebiet wird jedoch seit langem in den USA betrieben. Bekannt sind die Forschungsarbeiten der Cornell-Universität mit den ACIR-Programm (Automotiv Crash Injury Research). Hier wurde bereits früh auf die mit dem höchsten Verletzungsrisiko behafteten Fahrzeugteile hingewiesen. Im Bild 3 ist das prozentuale Verletzungsrisiko aufgetragen; die Verletzungsschwere ist jeweils mit verschiedenem Gewicht bewertet:

1 = leichte Verletzungen
2 = nicht lebensgefährliche Verletzungen
4 = lebensgefährliche Verletzungen
8 = tödliche Verletzungen

Es wird unterschieden zwischen allen Arten von Unfällen insgesamt (schwarze Balken) und Frontalaufprall allein (weiße Balken). Man sieht, daß an Lenkung und Instrumententafel, besonders beim Frontalaufprall, die

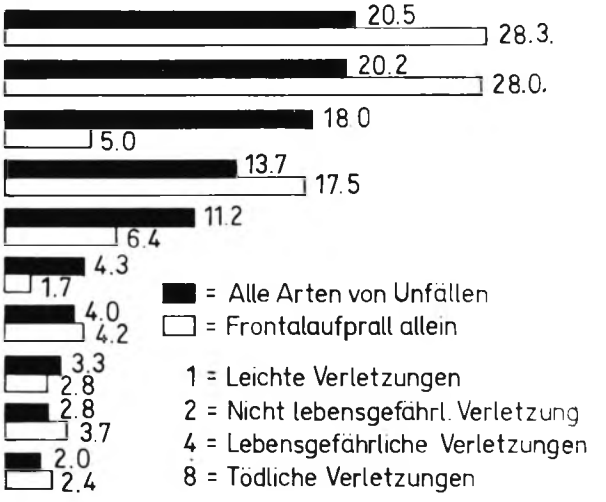


Bild 3

höchsten Anteile von Verletzungen auftreten und daß das Hinausgeschleudertwerden bei Unfällen, die nicht ausschließlich frontal auftreten, einen großen Raum einnimmt.

An die Lenkung sind in diesem Zusammenhang zwei Forderungen zu stellen: Einmal darf sie beim Frontalaufprall nicht in den Fahrgastraum eindringen, zum anderen darf sie einem aufprallenden Fahrer nur so viel Widerstand entgegensetzen, daß die Stoßkraft die Toleranz des menschlichen Körpers nicht überschreitet. In der Daimler-Benz-Sicherheitslenkung sind die Lenkspindel, das Schaltgestänge der Lenkradschaltung und das diese Teile umhüllende Mantelrohr jeweils zweigeteilt, können sich also teleskopartig ineinander verschieben. Dadurch wird eine unzulässig große Verschiebung der Lenkung bei Frontalstoß in den Innenraum hinein verhindert. Gleichzeitig hat man zwischen Lenkrad und dem oberen Ende der Lenkspindel einen sogenannten Pralltopf angeordnet, der sich beim Aufschlagen des Brustkorbes deformiert und damit den verfügbaren Bremsweg vervielfacht. Der positive Einfluß dieser Sicherheitslenkung hat sich bereits in einer Reihe von Unfällen, über die uns berichtet wurde, bewährt. Seit 1. 1. 1968 ist in den USA gesetzlich Vorschrift, daß sich bei einem Frontalaufprall mit 50 km/h gegen ein starres Hindernis die Lenkung nicht mehr als 127 mm in den Fahrgastraum schieben darf und daß beim Aufprall eines Oberkörpertorsos von 36 kp Gewicht mit 24 km/h keine höhere Kraft als 1135 kp einstellen darf. Die erste vergleichende Untersuchung der Universität von Los Angeles, die Unfälle einzeln sorgfältig analysiert, zeigt, daß seit Einführung der Sicherheitslenkung in den USA der Anteil der lebensgefährlichen und tödlichen Verletzungen an der Lenkung ganz erheblich zurückgegangen ist.

Verletzungen entstehen, wenn auf den menschlichen Körper einwirkende äußere Kräfte die mechanische Belastbarkeit der menschlichen Körperteile überschreiten. Die Frage, welche Belastungen man dem menschlichen Körper zumuten darf, hat einen ganz neuen Arbeits- und Wissenszweig ins Leben gerufen, die Biomechanik.

Auf diesem Gebiet arbeiten vor allem die Wayne State University in Detroit, die Minesota University in Minneapolis und neuerdings auch Deutsche Universitäten in Berlin, Freiburg und München. Die ersten Daten über die Belastbarkeit des menschlichen Körpers wurden von der Society of Automotiv Engineers als SAE-Information herausgegeben (Bild 4). Die zulässigen Beschleunigungen oder Verzögerungen werden als Vielfaches der Fallbeschleunigung angegeben, so daß man wiederum leicht auf die Stoßkraft schließen kann. Eine Verzögerung von 50 g entspricht einer Kraft, die das 50fache des Gewichtes des verzögerten Körpers beträgt. Die Angaben stützen sich auf Versuche mit Freiwilligen, bei denen natürlich nicht an die Grenze der Belastbarkeit gegangen wurde, sowie auf intensive Untersuchungen der letzten Jahre an der Wayne State University, die mit großem Aufwand an experimenteller Ausrüstung mit toten menschlichen Körpern durchgeführt wurden. Sie sehen neben der zulässigen Verzögerung auch jeweils die entsprechende Verzögerungsdauer angegeben. Tatsächlich ist nicht nur die absolute Höhe der Verzögerung, sondern auch die Zeitdauer der Verzögerung von entscheidender Bedeutung. Für das menschliche Gehirn ist ein Stoß des Kopfes mit einer Verzögerung von 50 g, der $^{1}/_{10}$ Sekunde dauert, lebensgefährlich, während ein Stoß von 200 g überlebt werden kann, wenn er nicht länger dauert als $^{2}/_{1000}$ Sekunden. Neben der Zeitdauer einer Verzögerung ist auch ihr Differential, d. h. der Anstieg der Verzögerung in der Zeiteinheit für die Verletzungsschwere bedeutend, da durch diesen Ruck schwingungsfähig aufgehängte Körperorgane in Resonanz geraten können und dadurch die Relativverschiebung des Organs zu seiner Umgebung größer wird als es dem Verzögerungseinfluß und seiner Massenträgheit entspräche. Untersuchungen dieser Art wurden in den USA auch an lebenden Tieren vorgenommen. Man fand, daß Verzögerungen bis zu etwa 45 g bei einem Anstieg bis 413 g je Sekunde und geringere Verzögerungen bis zu etwa 38 g bei 1373 g je Sekunde, ohne bleibende Körperschäden ertragen werden können. Das bedeutet, daß eine Geschwindigkeitsänderung von 100 km/h auf eine Distanz von 1 m mit Gurten und Kopfstützen keine nennenswerten Verletzungen zu verursachen braucht.

Um die bei Unfällen auftretenden Stoßverzögerungen kennenzulernen, die Nachgiebigkeit der Polsterung und Innenraumwände festzustellen, die Schutzwirkung von Sicherheitsgurten, die Gestaltfestigkeit der Fahrgasträume und die Schließsicherheit von Türschlössern zu prüfen, müssen Unfälle im Experiment nachgeahmt und die Ereignisse außerhalb und innerhalb der Fahrzeuge durch Meßgeräte und Filmkameras kontrolliert bzw. registriert werden. Auf diese Weise können sie nachträglich mit beliebig kleiner Ablaufgeschwindigkeit und beliebig oft reproduziert, also durch die Zeitlupe betrachtet werden. Der Unfall wird gespeichert; aus dem zeitlichen Nebeneinander im Ablauf der Ereignisse wird ein örtliches Nebeneinander auf dem Registrierstreifen und man hat die Möglichkeit, augenblickliche physikalische Zustände festzuhalten und auszuwerten. Zur Nachahmung des menschlichen Körpers bei Unfallversuchen benützt man Testpuppen, sogenannte Dummies, deren Gewicht, Massenverteilung und Gelenkigkeit dem menschlichen Körper entspricht. Neuerdings werden auch Versuche unternommen, Testpuppen herzustellen, welche dieselbe Verletzbarkeit z. B. des Brustkorbes wie der Mensch haben. Bis heute dient jedoch zur Abschätzung der Beanspruchung hauptsächlich die Messung der Verzögerungen. Bild 5 zeigt den Einbau eines Verzögerungsmessers in den Kopf der Testpuppe. Die Hinterkopfschale ist abgeschraubt und wird für den Versuch wieder angebaut. Da der nachgiebige Knochenüberzug aus Haut und Fleisch beim Menschen ebenfalls im geringen Maße Deformationsweg liefert und damit Einfluß auf die Höhe der Verzögerung hat, ist die Oberfläche der Testpuppe mit einer elastischen Kunststoffhaut überzogen. Bild 6 zeigt den ge-

Getroffener Körperteil	Geschätzt., effektives Gewicht kp	Zulässige Verzögerung g	Verzögerungsdauer ms	Voraussichtliche Verletzung	Versuchsbedingungen
Gesicht	9	40	30	Gewebeschäden, Gesichtsknochenbrüche möglich	Stoß gegen harte, ebene Fläche, Verzögerungsmesser am Knochen gegenüber der Stoßstelle in Stoßrichtung befestigt
Knie	22,5	20	30	Kniescheibenbruch	
Kopf (Schädel)	9	100 75 50	4 8 30	Leichte bis mittlere Gehirnerschütterung	
Brust	40	60	100	Heilbare innere Verletzungen *	Verzögerungsmesser auf Brustbein

* reversible injury to organs of the thorax

Bild 4 Experimentell bestimmte Stoßverzögerungen (mittlere Verletzungen zulässig nach SAE 3885)

öffneten Brustkorb einer Testpuppe. Man erkennt den am nachgeahmten Rippenkäfig befestigten Beschleunigungsmesser. Es handelt sich um Meßgeber, die über ein elektrisches Kabel mit dem Oszillographen verbunden sind, welcher die entsprechenden Beschleunigungsausschläge als Kurve aufzeichnet.

In Bild 7 ist eine Katapultanlage zu sehen; auf einem Schlitten können Fahrzeugsitz und Lenkung montiert werden. Es wird eine Auffahrgeschwindigkeit bis zu 35 km/h erreicht. Der Schlitten wird über Büchsen, auf die er stößt und die er zusammendrückt, in ähnlicher Form abgebremst, wie es der Deformation des Vorbaus eines wirklichen Fahrzeuges entspricht. Auf solchen Katapultanlagen kann z. B. die Wirksamkeit von Sicherheitsgurten (Bild 8) und von Deformationselementen hinter dem Lenkrad geprüft werden. Außerdem dient er zur Untersuchung von verschiedenen Fahrzeugteilen bei stoßartiger Verzögerung: Hat die Sitzarretierung genügende Festigkeit bei dynamischer Beanspruchung? Kann der Handschuhkastendeckel bei einem Unfall aufspringen, und so Verletzungen verursachen? Hält die Rückenlehne bei einem Stoß von hinten der Last des menschlichen Oberkörpers stand? Bietet die Kopfstütze ausreichenden Schutz bei einem Heckauffahrunfall?

Mit dem Schlagpendel untersucht man, welche Verzögerungen beim Aufprall des Kopfes auf das Armaturenbrett oder auf eine Rückenlehne oder auf sonstige Fahrzeuginnenteile auftreten können und wie weit sich diese Teile bei einem Aufschlag deformieren lassen. In diesem Zusammenhang muß erwähnt werden, daß sich weich anfühlende Schaumauflagen bestenfalls nur bei sehr leichten Unfällen Schutz bieten. Bei harten Stößen werden sie jedoch sofort bis auf Grund zusammengedrückt, ohne in optimaler Weise durch Deformation Energie aufgenommen zu haben. Nur selten kann das Polster allein den dringend notwendigen Deformationsweg liefern. Auch die darunterliegende Metallstruktur soll durch Verformung zusätzlichen Abbremsweg liefern und Energie aufnehmen.

Der Frontalaufpralltest mit 50 km/h ist bereits zum Standard-Test geworden (Bild 9). Er dient zur Untersuchung, auf welche Weise sich der Vorbau deformiert, ob und wie weit sich die Lenkspindel in den Fahrgastraum verschiebt, welchen Bewegungen und Beanspruchungen Testpuppen unterworfen sind und ob die Halterung des Benzintanks ausreichende Festigkeit aufweist und Kraftstoff bei diesem Aufprall verlorengeht.

Auffahrversuche von vorn, von hinten, von der Seite und Überschlagversuche geben in wirklichkeitsnaher Form Aufschluß über das Verhalten von Fahrzeug und Insassen bei verschiedenen Hauptarten von Unfällen.

Während der Frontal-, der Heck- und der Dachaufprall inzwischen weitgehend erforscht ist, rückt neuerdings die Seitenkollision in den Mittelpunkt des Interesses und der Untersuchungen. Um nicht bei jedem Versuch zwei Fahrzeuge opfern zu müssen, bedienen wir uns bei Seitenauffahrversuchen eines Stoßwagens mit starrer Vorderfront (Bild 10). Die Gestalt der Stoßfläche und die Geschwindigkeit des Wagens werden so gewählt, daß der getroffene Wagen die selben Deformationen und Beanspruchungen erleidet wie von einem natürlichen Fahrzeug. Der Schutz der Insassen bei Sei-

Bild 5 Einbau des Verzögerungsmessers im Kopf der Testpuppe

Bild 6 Geöffneter Brustkorb der Testpuppe

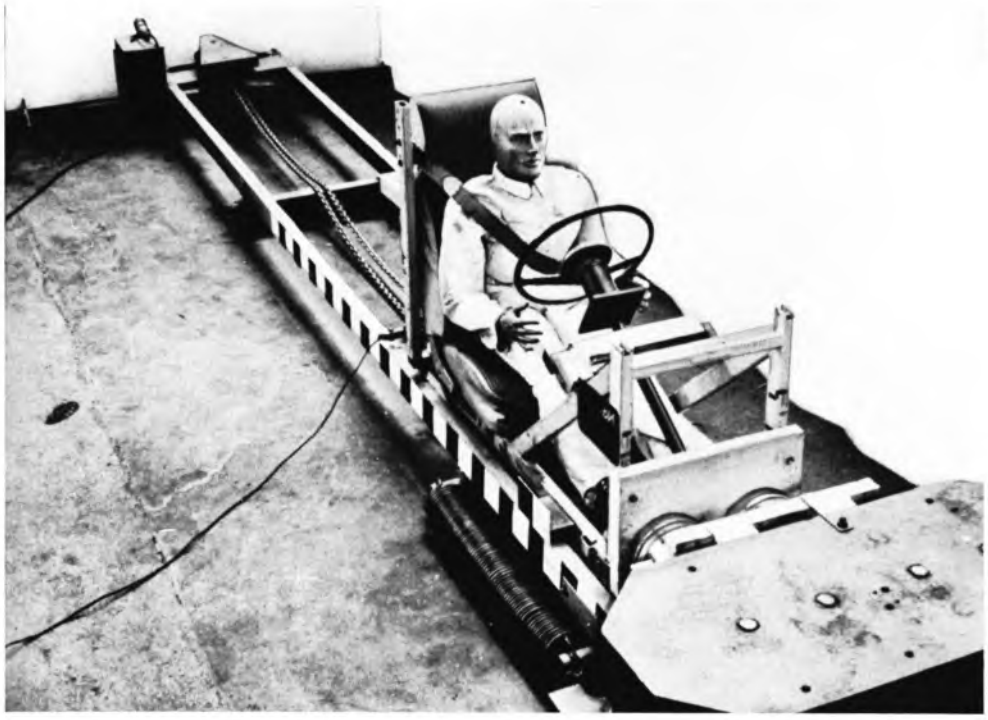


Bild 7
Katapultanlage

tenkollisionen stellt ein besonders schwieriges Problem dar. Zum Abbau der Stoßenergie des auftreffenden Wagens fehlen weitgehend deformierbare Strukturen, weil das Fahrzeug nicht beliebig breit gebaut werden kann und die ebenen Blechflächen der Türen nicht besonders gut zur Aufnahme hoher Deformationsenergien geeignet sind. Es muß deshalb versucht werden, durch entsprechende Gestaltung der Seitenwand ein Eindringen des seitlich auftreffenden Fahrzeugs zu beschränken und den Stoß des Insassen gegen die Seitenfläche von innen her bei der 2. Kollision durch Polsterung der Innenwände abzumildern.

Im Interesse der Inneren Sicherheit seien folgende Forderungen an das Kraftfahrzeug zusammengefaßt:

Buch und Heck deformierbar, jedoch formstabiler Fahrgastraum;

Türschlösser mit hoher Festigkeit in Längs- und in Querrichtung; sie verhindern mit das Hinausgeschleu-

Bild 8
Prüfung von Sicherheitsgurten auf einer Katapultanlage

Bild 9
Frontalaufpralltest
mit 50 km/h

dertwerden von Insassen, das, wie bereits erwähnt, besonders gefährlich ist;

eine Lenkung, die beim Frontalaufprall nicht in den Fahrgastraum eindringt und die die Aufprallkräfte des Oberkörpers auf ein erträgliches Maß begrenzt;

ein gepolstertes Armaturenbrett, wobei nicht nur das Polster selbst, sondern auch die tragende Struktur nachgebend sein und Deformationsweg liefern soll;
eine Entschärfung des Innenraums von allen scharfkantigen und gefährlich hervorstehenden Teilen muß heute beinahe als Selbstverständlichkeit angesehen werden. Um so erstaunlicher ist es, daß heute noch Fahrzeuge neu auf den Markt kommen, deren Zündschloß bei einem Zusammenstoß als Kniespalter wirken kann. Teile, die aus funktionellen Gründen hervorstehen müssen, wie z. B. der Innenspiegel, müssen nachgiebig oder abspringend gemacht werden.

Die Sitze sollten so fest mit dem Fahrzeug verankert

Bild 10
Seitenauffahrversuch
mit Stoßwagen

sein, daß sie sich bei einem Unfall nicht lösen und die Insassen zusätzlich zu ihrer eigenen Masse beanspruchen.

Rückenlehnen sollten in der Festigkeit so bemessen sein, daß sie Passagiere auf den Rücksitzen bei einem Frontalstoß nicht ohne Widerstand nach vorne fliegen lassen. Dazu ist es auch notwendig, daß nach vorne klappbare Rücklehnen mit einer Arretierung mit ausreichender Festigkeit versehen werden.

Schließlich sollte der Griff zum Sicherheitsgurt vor Antritt jeder Fahrt, und sei sie noch so kurz, zur Gewohnheit werden. Ein Teil der notwendigen und aufwendigen Maßnahmen für die Innere Sicherheit wäre überflüssig, wenn immer Sicherheitsgurte getragen würden.

Neben der Weiterentwicklung der Sicherheitsgurte beschäftigt man sich jetzt auch mit der Verwendung eines Sackes, der im Augenblick des Aufpralls mit Gas aufgeblasen wird und sich als stoßdämpfendes Kissen vor dem Fahrzeuginsassen aufbaut, in das er dann hineinfallen kann. Es wird zunächst daran gedacht, diese Behälter in gefaltetem Zustand in der Lenkung und im Armaturenbrett unterzubringen. Natürlich steht für den Aufblasvorgang nur eine äußerst kurze Zeitspanne zur Verfügung. Man rechnet mit $^{2\text{-}3}/_{100}$ Sekunden, die höchstens – vom Beginn des Unfallstoßes an gerechnet – verstreichen dürfen, bis das Kissen mit Gas gefüllt ist. Dies kann nur mit Hilfe einer Explosion erreicht werden. Man beschreitet bei der Entwicklung zwei Wege: Entweder sprengt man den Verschlußstopfen einer kleinen Stahlflasche ab, in dem das Gas in hochkomprimierter Form enthalten ist, oder man verdampft schlagartig durch eine Explosion ein in flüssiger Form gespeichertes Gas. In beiden Fällen wird die Explosion durch einen elektrischen Kontakt ausgelöst, welcher geschlossen wird, wenn eine bestimmte Verzögerungsschwelle beim Unfallstoß überschritten wird. Mit diesen Einrichtungen sind noch eine Reihe von Problemen verbunden; so tauchen beispielsweise Fragen auf, ob es durch den Explosionsknall zu Gehörschädigungen kommen kann, ob durch plötzliche Beeinträchtigung der Sicht und durch unvorhergesehene Reaktion des Fahrers neue Unfallgefahren heraufbeschworen werden und ob die Anlage auch noch nach vielen Jahren, in denen sie nicht in Anspruch genommen wurde, noch zuverlässig arbeitet. Soweit man aber heute übersehen kann, werden diese Gaskissen den Sicherheitsgurt nicht vollkommen ersetzen, weil sie nach den heute gegebenen Unterbringungsmöglichkeiten nur Brust und Kopf wirksam schützen können, die Knie weiterhin aber unten durchrutschen können, so daß die Benützung zumindest eines Beckengurtes weiterhin geboten scheint; außerdem sind sie vorerst im wesentlichen nur für den Frontalstoß wirksam und können das Hinausgeschleudertwerden aus dem Fahrzeug nicht wie der Sicherheitsgurt zuverlässig verhindern.

Die Zeit liegt nicht allzu lange zurück, als Forschung für die Innere Sicherheit im Kraftfahrzeug noch Pioniertat war. Heute ist man sicherheitsbewußter geworden. Ohne Zwang von Paragraphen sind die Fortschritte auf dem Gebiet sowohl der Aktiven wie auch der Passiven Sicherheit bedeutend. Inzwischen schicken sich immer mehr Staaten an, eigene Sicherheitsgesetze zu erlassen. Die USA machten den Anfang und gründeten eine besondere Behörde, deren Aufgabe es ist, Sicherheitsvorschriften zu erlassen. Schweden folgte mit einem Katalog von Vorschriften. Weitere Staaten werden sich anschließen. Auch die Bundesrepublik trat mit dem Hearing, das vor kurzem in Bonn über Sicherheitsfragen stattfand, in eine neue Phase der Gesetzgebung.

Obwohl das Automobil als Objekt weltweiten Handels keine nationalen Grenzen mehr kennt, zeigen sich Tendenzen, daß jeder Staat mit mehr oder weniger großen Abwandlungen auf seinen eigenen Sicherheitsgesetzen beharren will. Für die Automobilhersteller bedeutet dies eine Vervielfältigung des Entwicklungsaufwandes und Belegung von Kapazität, die für unbeeinflußte Forschung dringend gebraucht würde, und für Kunden eine Verteuerung des Produkts. Eine überstaatliche Vereinheitlichung der Gesetzgebung ist also dringend zu wünschen. Alle Bemühungen, die mit angemessenem Aufwand dem Ziel dienen, die Zahl der Verletzten und Toten auf den Straßen zu senken, sind auf jeden Fall zu begrüßen. Vom Fahrzeug her werden die Voraussetzungen hierfür ständig überprüft und verbessert.

Ausbau und Verbesserung der Verkehrswege müssen einen wesentlichen Beitrag liefern und – wir Autofahrer können vielleicht durch weniger Aggressivität und mehr Gelassenheit dazu helfen, daß hinter dem Steuer zu sitzen mehr Genuß und weniger Risiko mit sich bringt.

Dr. Kratzert

Herr Huber, ich habe mich gefreut, daß Sie den Sicherheitsgurten das Wort geredet haben. Als Unfallchirurg kann ich Ihnen versichern, daß viele Unfälle mit ihren Verletzungsfolgen durch einen Sicherheitsgurt hätten vermieden werden können. Aber – auch aus medizinischer Sicht – nur 3-Punkt-Gurte geben die erforderliche Sicherheit und auch nur dann, wenn sie eng am Körper anliegend getragen werden.

Kopfstützen sollten mit der Rückenlehne fest verankert sein, um Schleuderverletzungen des Kopfes oder der Halswirbelsäule zu vermeiden. In dieser Richtung bleibt noch vieles zu tun; so ist auch die Möglichkeit des arretierten Sitzes bzw. der unabdingbaren Forderung des nicht verschieblichen Rücksitzes auch zu unterstreichen.

Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Vielen Dank für Ihre sehr interessanten Gedanken zum Thema »Innere Sicherheit an Kraftfahrzeugen«, Herr Huber. Die Anmerkungen von Herrn Dr. Kratzert haben Ihnen gezeigt, daß Sie in den Medizinern Verbündete zur Ausführung Ihrer Vorhaben sehen können.

Arbeitssicherheit an automatischen Maschinen

Dipl.-Ing. S. Radandt

Besteht überhaupt eine Dringlichkeit, über Arbeitssicherheit an automatischen Maschinen zu sprechen? Ist nicht die automatische Maschine schon Garant für Arbeitssicherheit? Automatisierung bedeutet doch die Befreiung des Menschen von der Ausführung immer wiederkehrender, gleichartiger Verrichtungen geistiger oder manueller Art und seine Loslösung von der zeitlichen Bindung an den Rhythmus der technischen Anlage, Loslösung von gefährlichen Produktionsabläufen und Handhabungen.

Folgerichtig muß es sich bei den Personen, die an automatischen Maschinen arbeiten, um Personen handeln, denen nur noch die schöpferische Arbeit, sei sie nun geistig oder manuell, zufällt. Das bedeutet, daß dieser Personenkreis grundsätzlich qualifiziert und ausgebildet sein muß. Die Wahrscheinlichkeit des Fehlermachens, des unsachgemäßen Verhaltens müßte durch diese Auslese eigentlich gering sein. Wir alle wissen aber, daß weder die Maschinen plangerecht arbeiten, noch die Voraussetzungen vom Personenkreis her in der Praxis zu erfüllen sind. Statt qualifizierter Personen werden gerade an automatischen Maschinen häufig angelernte Hilfskräfte, Frauen usw. beschäftigt. So kommt es im System Mensch/automatische Maschine zu Unregelmäßigkeiten, die den Grad der Arbeitssicherheit wesentlich bestimmen.

Um die Arbeitssicherheit an automatischen Maschinen beurteilen zu können, muß man zunächst die Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Maschine betrachten. Dies ist insofern von Bedeutung, als die Grundgegebenheit der Automation nicht die Einzelmaschine, nicht die Maschinenreihe, sondern das gesamte System, bestehend aus den Elementen Mensch/Maschine/Umwelt, ist. Zur Beseitigung von Unfallgefahren ist eine Analyse der einzelnen Elemente erforderlich.

Es gibt bereits eine Reihe von Wissenschaften, wie z. B. die Arbeitspsychologie, die Arbeitsphysiologie, die Biomechanik usw., und vor allem die Ergonomie, die den Verantwortlichen des Arbeitsschutzes Anhaltspunkte zur Durchführung solcher Analysen geben. Die Ergonomie untersucht einerseits das System Mensch/Maschine/Umwelt, um auf experimenteller Grundlage eine wissenschaftliche Theorie auszuarbeiten. Andererseits entwirft die Ergonomie Projekte und wirkt so an der Schaffung neuer technischer Anlagen, Technologien und Arbeitsräume mit.

Im Unterschied zu den spezialisierten Arbeitswissenschaften betrachtet die Ergonomie den arbeitenden Menschen, die Maschine und die Umwelt nicht im einzelnen, sondern als untrennbares System.

Welche Erfolge die Technik auch erreichte, welche hochleistungsfähigen Automaten auch geschaffen wurden, das eigentliche Subjekt (Urheber) der Arbeit bleibt der Mensch. Indem er Maschinen verschiedener Art benutzt, übt er jedesmal eine zielgerichtete Arbeit aus. Jede beliebige Maschine, selbst eine kybernetische, bleibt immer ein Arbeitsinstrument. Die Beziehung Mensch/Maschine ist nichts anderes als eine Beziehung Arbeitssubjekt/Arbeitsinstrument.

Das System Mensch/Maschine wird als Teilstück eines Regelsystems betrachtet. In diesem Zusammenhang werden die Informationsströme analysiert, die von der Maschine dem Menschen zugehen und umgekehrt (Bild 1).

Unter Umwelt versteht man die Gesamtheit der Bedingungen, unter denen das System Mensch/Maschine steht und die auf diese einwirken (Bild 2).

Dabei kann die Umwelt der Maschine von der des Menschen verschieden sein. Manchmal können die für den Menschen günstigen Bedingungen ungünstig für die Maschine sein und umgekehrt. In diesem Falle entsteht die Notwendigkeit, irgendwie verändernd einzu-

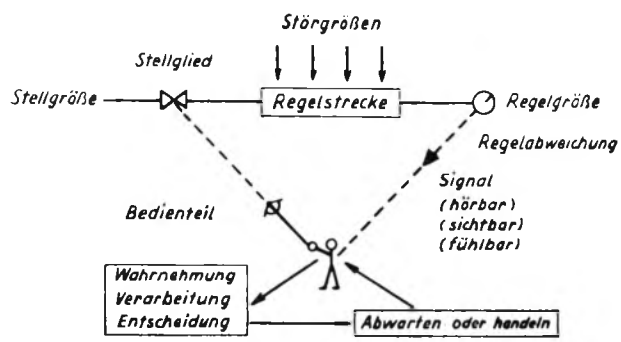


Bild 1 System Mensch–Maschine als Regelkreis dargestellt

greifen. Um Unfallgefahren zu begegnen, muß man nach Unfallverhütungsmaßnahmen suchen, die optimale Ergebnisse bzw. optimale Kompromisse darstellen.

In einigen Fällen erreicht man das durch Änderung oder Weiterentwicklung der technischen Anlagen, in anderen aufgrund von verbesserten Umweltbedingungen oder durch bessere Auswahl und Ausbildung der Arbeitskräfte. Auch der Grad der Automatisierung ist ein Kriterium für die Arbeitssicherheit. An folgendem Beispiel möchte ich erläutern, was darunter zu verstehen ist:

Bei einer handbedienten Rundschleifmaschine bemerkt in der Regel der Arbeiter, wenn durch das mehrmalige Abrichten der Schleifscheibe ihr Durchmesser kleiner geworden ist und er die Schutzhaube zur Erhaltung der Sicherheit gegen eine zerspringende Scheibe verschieben muß.

Bei einer automatischen Rundschleifmaschine mit selbsttätig durchgeführtem Abrichten vergißt der Arbeiter viel leichter die Abnahme des Schleifscheibendurchmessers zu überwachen und die Schutzhaube zu versetzen. Die Unfallgefahr kann hier trotz Automatisierung größer werden. Diese Stufe der Automation ist gefährlich. Man müßte in diesem Falle z. B. durch eine besondere Einrichtung die Durchmesserabnahme der Scheibe ebenfalls selbsttätig kontrollieren. Der Arbeiter wird dadurch auf die Notwendigkeit der Verstellung der Schutzhaube hingewiesen. Je kleiner nämlich die Scheibe wird, desto größer wird auch der Vorschubweg des Schleifscheibensupports von einer bestimmten Anfangslage aus. Dieser Vorschubweg kann (durch Endschalter) überwacht werden, die Maschine stillgesetzt oder die Schutzhaube automatisch nachgestellt werden.

Wie dieses Beispiel also zeigt, sind Art und Grad der Selbststeuerung eines Automaten Faktoren, die die Arbeitssicherheit beeinflussen. Um eine Maschine zu automatisieren, muß man sie mit einem Rückkopplungsmechanismus ausstatten, der die Ergebnisse ihrer Handlungen und Arbeitsabläufe beobachtet. Jedes mögliche Ergebnis muß dabei ein bestimmtes Signal erzeugen.

Diese Signale lenken die Maschine nach einem vorher bestimmten Programm (Plan). Als Forderung von der

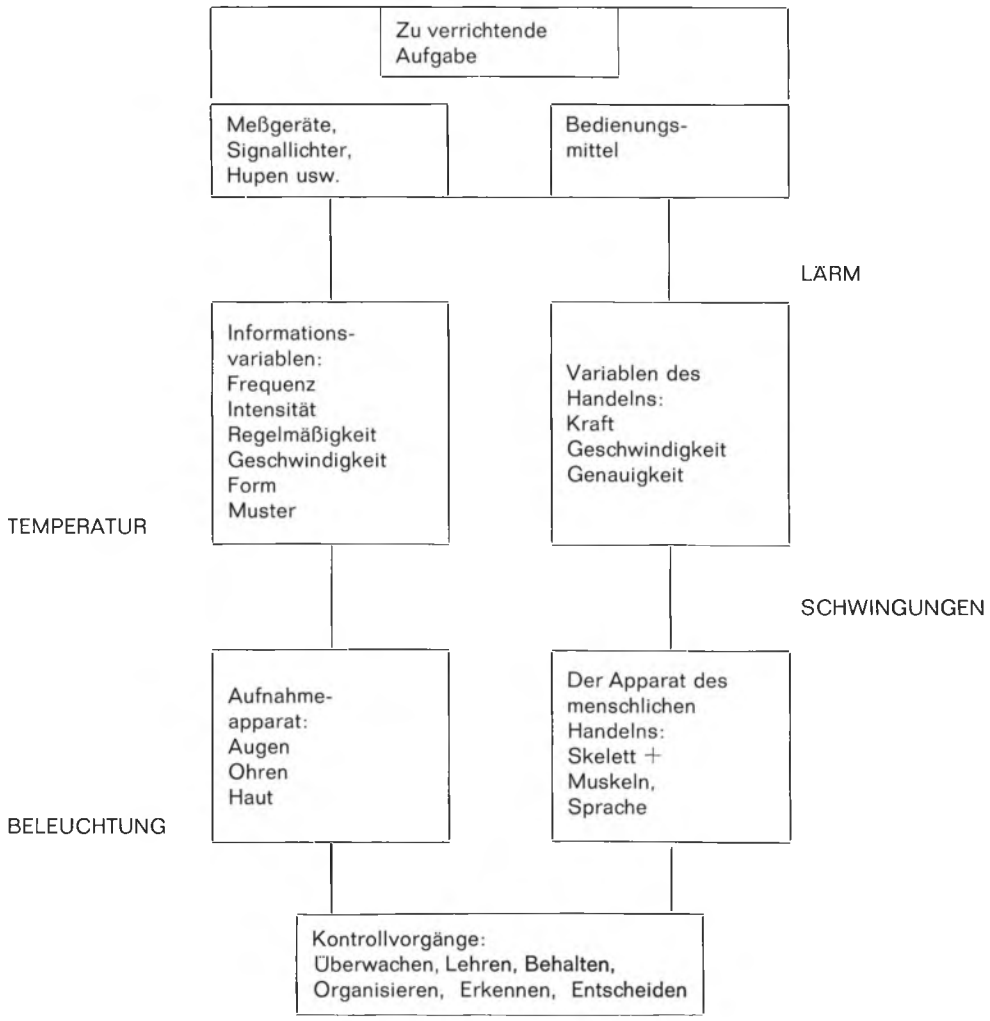


Bild 2 Der Mensch als informationsaufnehmendes und -verarbeitendes Kreislaufsystem

Arbeitssicherheitsseite aus ist immer folgende Forderung zu stellen: Das Programm muß auch alle Sicherheitsbedingungen bei normalem Betriebsablauf und bei Störungen beinhalten.

Je nachdem, ob das Programm als Zentralsteuerung (Taktwelle mit Nocken oder Kurven), numerische Steuerung (Lochkarten, Lochbänder, Magnetbänder, Rechner), Folgesteuerung (Endschalter usw.) ausgebildet ist, bieten sich unterschiedliche Lösungen für das Erfüllen der Sicherheitsbedingungen an.

Wird die Korrektur von Fehlern durch die Bedienungsperson selbst vorgenommen, dann ist das System maschinenseitig nicht geschlossen.

Da die Rückkopplung dabei über das Element Mensch geschieht, wird sie mehr oder weniger sicher bewältigt. Um die Fehler dabei gering zu halten, müßten alle Vorrichtungen der Maschine, die den Menschen Informationen übermitteln, an dessen psychologische und physiologische Fähigkeiten angepaßt sein. Das Bedienungspersonal muß besonders geschult sein. Man darf sich nicht allein mit der Anwendung der Erkenntnisse menschlichen Verhaltens auf die Gestaltung der Bedienungselemente der Maschine begnügen, sondern muß versuchen, möglichst durch kybernetische Systeme die menschlichen Unzulänglichkeiten zu überwinden und die begrenzten menschlichen Fähigkeiten zu ergänzen.

Arbeitete man früher mit Maschinen ohne Rückkopplung, verwendet man heute Maschinen, bei denen der Mensch an ein geschlossenes System angekoppelt ist. Er übt hier eine übergeordnete Kontrollfunktion aus.

Durch die regelmäßige Übermittlung von Signalen in periodischen Zeitabständen treten u. U. gewisse Ermüdungserscheinungen auf. Die Wahrscheinlichkeit des Fehlermachens steigt; die Arbeitssicherheit kann dadurch beeinträchtigt werden.

Aber nicht nur die Fehler des Systemelements Mensch sind Unfallquellen.

Fehlfunktionen in solchen Systemen sind etwas Natürliches. Eine Fehlfunktion ist nicht irgendeine Unregelmäßigkeit, die man vom System fernhalten muß. Eine Fehlfunktion ist ein natürlicher Teil im ständigen Verhalten des Systems. Analysen von Unfalluntersuchungen zeigen, daß Fehlfunktionen von Automaten sowie deren Beseitigung einen bedeutenden Teil der Situation ausmachen, bei denen Unfälle vorkommen. Man kann nicht damit rechnen, daß sich bei Fehlfunktionen die Bediener folgerichtig verhalten. Bestimmte Reize lösen nämlich, ohne den Zeit- und Eindeutigkeitsverlust durch Wahrnehmung und Beurteilung im Gehirn, unmittelbare Reflexe aus. Auf diese Weise entstehen an automatischen Maschinen die meisten Unfälle, bei denen es unerklärlich erscheint, warum der Verletzte, oft in der Absicht, einen Schaden an der Maschine oder an dem Produkt zu vermeiden, in offensichtlich gefährliche, umlaufende oder hin- und herlaufende Maschinenteile greift. Die Muskeltätigkeit erfolgt also meist reflexiv ohne Kontrolle des Gehirns. Der Mensch an der Maschine ist dafür nicht verantwortlich. Um so größer ist die Verpflichtung der Konstrukteure, Betriebsleiter usw., diese Erkenntnis bei den Gedankengängen zu

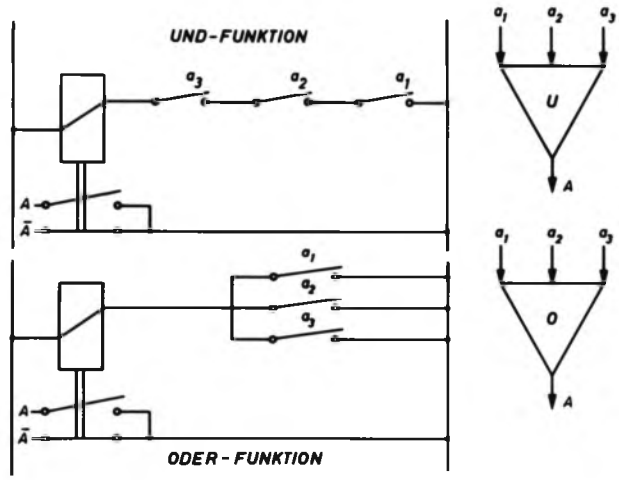


Bild 3 Darstellung der Logischen Funktionen: „Und-Funktion", „Oder-Funktion"

verwerten und Unfälle durch unbewußtes Handeln konstruktiv zu verhüten.

Wenn die Arbeitssicherheit an automatischen Maschinen wirksam sein soll, dann müssen die Verläßlichkeit der Anlagen gesteigert, die Instandhaltbarkeit verbessert und Vorkehrungen zur Störungsbeseitigung getroffen werden.

Um Konstrukteuren, Planern und Arbeitsschutzinstitutionen die Möglichkeit zu geben, wirksame Maßnahmen zu treffen, sind genaue Untersuchungen erforderlich. Die Untersuchung der Verläßlichkeit eines Systems bietet die Möglichkeit, die schwächsten Glieder zu erkennen.

Bei der Ermittlung der Fehlfunktionen in bestimmten Zeitabständen (Tag, Woche, Monat, Jahr) stellt man fest, daß beim Anfahren von Anlagen die Häufigkeit der Störungen übermäßig hoch ist, daß bei normalem Betrieb die Fehlfunktionen seltener und vor allem konstanter auftreten, und daß bei langer Standzeit infolge von Abnutzungserscheinungen die Störanfälligkeit wieder steigt.

Abhängig von den Ergebnissen können sich die Schutzmaßnahmen auf die einzelnen Systemelemente oder auch auf das Gesamtsystem beziehen. Hierzu ist es erforderlich, das automatische System in logische Funktionselemente zu zerlegen, die in Reihen- oder Parallelschaltungen miteinander verknüpft sein können. Gerade die Verwendung logischer Schaltungen bietet die Möglichkeit, die Störanfälligkeit automatischer Anlagen zu mindern, das Element Mensch logisch mit einzubeziehen und die Schutzbedingungen als Systemelemente einzuplanen. Das Aneinanderreihen logischer Funktionen, wie Verneinung, Konjunktion und Disjunktion ist ausreichend für das Aufstellen logischer Funktionen beliebiger Kompliziertheit. Man kann folglich mit auf diesen Operationen basierenden Geräten beliebige elementare Schaltungen verwirklichen, die jede beliebige Sicherheitsbedingung beinhalten (Bild 3 und 4).

Bei der Beurteilung der Funktionssicherheit von automatischen Maschinen ist zu beachten, daß eine Stö-

rung in einem Systemelement (logisches Funktionselement, Funktionsgruppe oder Einzelmaschine in einer Maschinenkette), das funktionsmäßig in Reihe geschaltet ist, eine Störung des Gesamtsystems bedingt. Die Störanfälligkeit eines Systems ist um so größer, je mehr Elemente in Reihe geschaltet sind. Werden Parallelsysteme verwendet, d. h. werden Elemente doppelt parallel installiert, dann steigt die Verläßlichkeit der Anlage (z. B. Weichen mit Puffern an störanfälligen Stationen und dgl.). Parallel geschaltete Systeme sind also zuverlässiger.

Man kann sagen, daß die Unfallsicherheit einer automatischen Maschine sehr wesentlich von der Funktionssicherheit abhängt. Absolute Funktionssicherheit einer Maschine ist nur gegeben, wenn die beabsichtigte Wirkung der Konstruktion dauernd vorhanden ist und unabhängig von den Änderungen der Umweltbedingungen und der Inkontinuität des zu bearbeitenden Werkstückes oder Gutes bestehen bleibt.

Über den Grad der Funktionssicherheit entscheidet schon die Auswahl der einzelnen Maschinenelemente und ihre Koordination, denn dadurch ist gleichzeitig die Art der Steuerung und ihre Zweckmäßigkeit im Hinblick auf das zu erstrebende Endziel (Produkt) festgelegt. Sobald z. B. mehrere verschiedenartige und miteinander verkettete Vorgänge von einer zentralen Steuereinheit aus gesteuert werden (Taktwelle oder Steuerwerk) löst die Störung an einem Element keinen Stop für den Gesamtablauf aus. Es sind also zusätzlich Überwachungseinrichtungen notwendig, die bei Elementausfall oder Fehler das Programm stoppen, da sonst die Bedienungsperson versucht, den Fehler manuell auszugleichen, was erfahrungsgemäß zu Unfällen führt.

Die Folgesteuerung, bei der jeder Vorgang den nächstfolgenden auslöst, benötigt für jedes Arbeitselement ein besonderes Steuerelement. Dabei ist zu entscheiden, ob die Steuerung erfolgsbetätigt oder funktionsbetätigt ausgeführt werden soll, d. h. bei funktionsbetätigter Steuerung ist nicht immer sichergestellt, ob der gewünschte Erfolg im Hinblick auf den Bearbeitungsvorgang (Produkt) eingetreten ist, bevor der nächste Vorgang eingeleitet wird. Das kann bedeuten, daß auch hier Manipulationen durch die Bedienungsperson vorgenommen werden müssen. Bei erfolgsbetätigter Folgesteuerung jedoch wird der nächstfolgende Vorgang nur ausgelöst, wenn das Produkt wie gewünscht bearbeitet worden ist. Es besteht für die Bedienungsperson keine Veranlassung, bei laufender Maschine einzugreifen und Korrekturen vorzunehmen.

Besondere Gefahren ergeben sich auch bei der Reparatur, bei Einricht- und bei Wartungsarbeiten. Durch die Kompliziertheit der automatischen Anlage bedingt, kann sehr oft nicht durch die mit solchen Arbeiten betraute Person beurteilt oder vorhergesehen werden, wie die Anlage bei außerplanmäßigen Eingriffen reagiert.

So stieg z. B. ein Schlosser in eine Flaschenpackmaschine ein, um einen Packerkopf auszuwechseln. Er wies eine Hilfskraft an, den Packerkopf durch die Einrückrichtung ein Stück vorwärts zu bewegen. Er bedachte dabei nicht, daß ein Stillsetzen des Kopfes innerhalb der Folge nicht möglich war; der Packerkopf lief eine volle Folge durch und quetschte den Schlosser zu Tode. Ähnlich ging es einem Schlosser, der eine Antriebskette für das Hubsegment einer Palettisieranlage auswechseln wollte. Er hatte vor Beginn der Arbeit das Hubsegment hochgefahren, um besser einsteigen zu können, ließ das Kettenschloß der Kette zwischen Antriebsmotor und Antriebswelle des Hubsegmentes öffnen; das Hubsegment fiel durch das Eigengewicht herab und erschlug den Schlosser, da die Verbindung zum Motor, der das Hubsegment in hochgefahrenem Zustand festhielt, gelöst war.

Auch bei Reinigungsarbeiten, die zum Beispiel im Nahrungsmittelgewerbe, in der Getränkeherstellung, in der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie betriebsmäßig oft mehrmals am Tage erforderlich sind und sich nicht immer bei stillstehender Maschine aus technischen und technologischen Gründen durchführen lassen, gibt

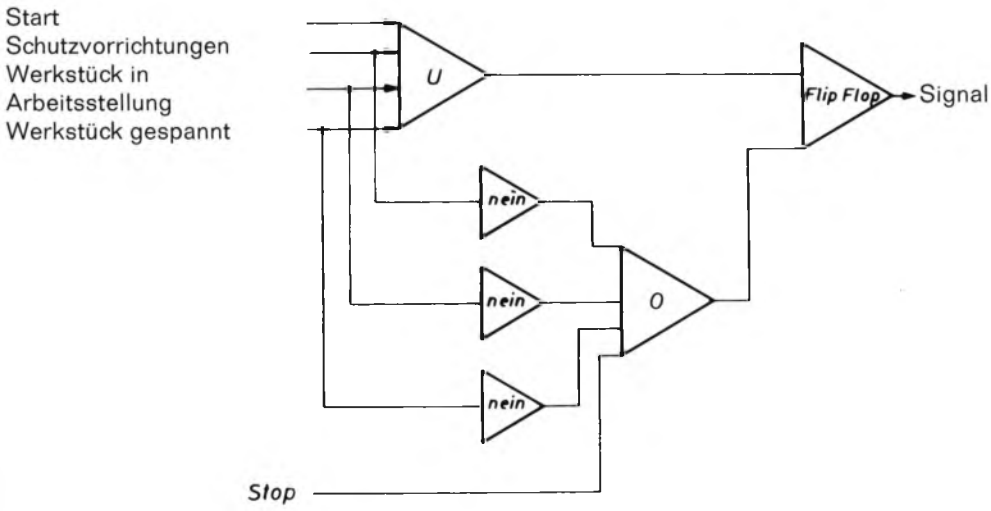


Bild 4 Praktische Anwendung der „Und"- und „Oder-Funktionen" unter Verwendung sogenannter Negationselemente

es ähnliche Unfallsituationen, weil entweder die Maschine nicht so ausgerüstet ist, daß diese Arbeiten gefahrlos durchgeführt werden können, oder weil die Bedienungspersonen nicht ausreichend qualifiziert oder unterwiesen sind. Auch hier muß durch die mit den Aufgaben der Arbeitssicherheit betrauten Personen abgewogen werden, welche Elemente des Systems Mensch/Maschine/Umwelt geändert oder beeinflußt werden müssen.

Wie wir gesehen haben, kann man also grundsätzlich drei Gefährdungsarten unterscheiden:

1. Während des eigentlichen Arbeitsvorganges bei Behebung kleinerer oder größerer Störungen, die aufgrund irgendwelcher Funktionsunregelmäßigkeiten auftreten;
2. vor, nach und während dem Reinigen der Maschinen;
3. bei Instandhaltungs-, Einricht- und Wartungsarbeiten.

Um die Arbeitssicherheit an automatischen Maschinen zu erhöhen, gibt es eine Reihe von Maßnahmen konstruktiver Art, die je nach Funktion und Art sowie Dimension der Maschine Anwendung finden können. Als Folgerung aus den vorher besprochenen Problemstellungen kann man folgendes sagen:

Bei der Gestaltung der Maschinen muß man sich zuerst die Frage stellen, welche Informationen die Bedienungsperson für die sichere Lösung ihrer Aufgaben braucht und wie die Informationen, die die Maschine abgibt, deshalb angeboten werden müssen.

Folgende Fragen sind zu stellen:

Sind die Informationen ausreichend? Wird beispielsweise eine Störung an einer Maschine signalisiert? Gehen diese Informationen rechtzeitig zu? Werden sie eindeutig gegeben (d. h. wenn z. B. an drei verschiedenen Stellen Störungen vorkommen können, werden dann auch drei unterschiedliche Signale verwendet)? Sind die Informationselemente richtig angeordnet, d. h. ist dafür gesorgt, daß z. B. in einer waagrechten Reihe von Meßgeräten sämtliche Zeiger bei einem normalen Verlauf des Prozesses horizontal stehen? In diesem Zusammenhang sind Untersuchungsergebnisse interessant, die zeigen, wie die Form der Meßskala die Ablesegenauigkeit beeinflußt (Bild 5). Abweichungen fallen dann sofort auf. Sind die Informationselemente richtig verteilt? Häufig sind die Augen überlastet, dann können über Ohr oder Tastsinn weitere notwendige Informationen aufgenommen werden. Grundsätzlich sollte der Betriebszustand der Antriebe jeder einzelnen Station innerhalb einer automatischen Maschine einwandfrei erkennbar sein und zwar im Blickfeld der Bedienungspersonen. Dies ist vor allem dann erforderlich, wenn einzelne Stationen abschaltbar sind, d. h., wenn sie nicht in jedem Falle automatisch mitlaufen. Dann muß für jede dieser Stationen der Betriebszustand an der Maschine einwandfrei erkennbar sein. Wichtig ist, daß die Funktion und die Stellung der Einschaltvorrichtungen eindeutig gekennzeichnet sind.

Um Fehlbedienungen auszuschließen, sollen Bedienungselemente, die ausschließlich mit den Fingerspitzen bedient werden (Druckknöpfe, Kippschalter oder Wippschalter) mindestens 15 mm voneinander entfernt sein. Solche, die mit der Hand bedient werden (Knöpfe, Schalthebel, Handräder), sollen mindestens 50 mm voneinander entfernt angebracht werden. Es ist wichtig, daß man unmittelbar sieht oder fühlt, ob man das richtige Bedienungsmittel ergreift. Wenn ein Bedienungsmittel gut erkannt werden kann, kostet das Bedienen weniger Zeit. Fehlermöglichkeiten werden verringert. Das Erkennen bestimmter Bedienungsmittel kann durch ihre Anordnung in zusammengehörigen Gruppen gefördert werden, bei räumlicher Trennung von anderen Gruppen und anderen Funktionen. Man lernt so, bestimmte Funktionen an bestimmten Plätzen einer Schalttafel oder einer Maschine zu suchen (Bild 6).

Wo es möglich ist, sollen bei der Gruppierung zwei Gesichtspunkte berücksichtigt werden: Gruppierung nach Funktionen, d. h. Ordnen der Bedienungsmittel gleicher Funktionen nebeneinander oder Gruppierung

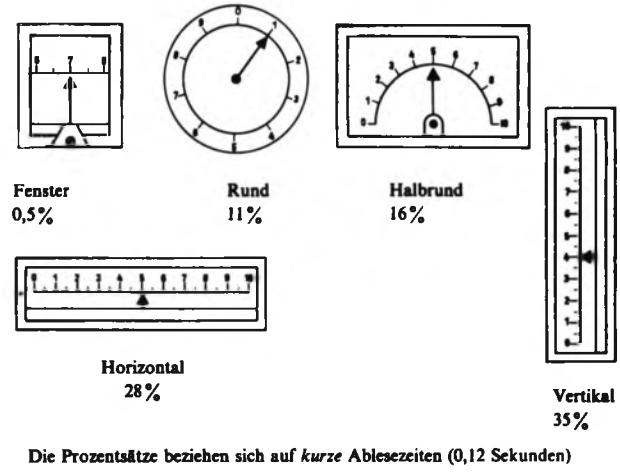


Bild 5 Beeinflussung der Ablesegenauigkeit durch die Form der Meßskala. (Unter jeder Skala ist der Prozentsatz fehlerhafter Ablesungen vermerkt)

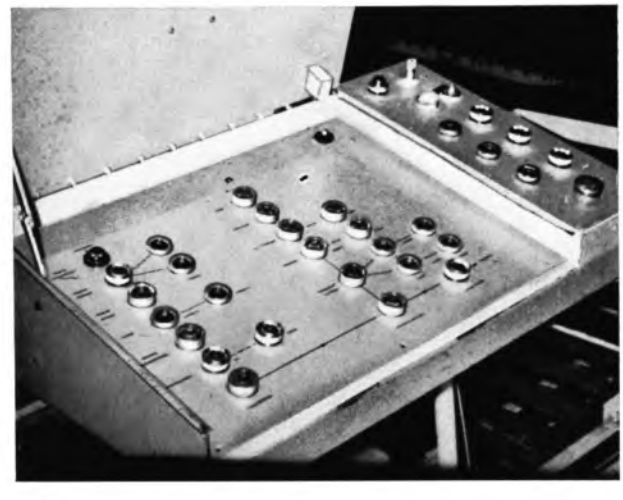


Bild 6 Praktische Ausführung eines übersichtlichen Bedienungspultes

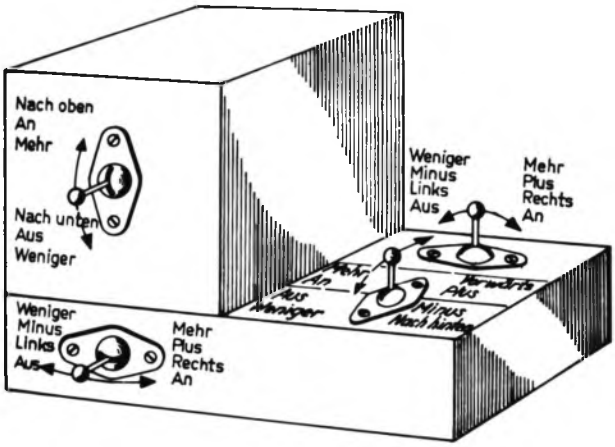


Bild 7 Vermeidung von Fehlschaltungen durch logischen Zusammenhang zwischen der Bewegungsrichtung des Bedienungsmittels und der Reaktion des gesteuerten Gerätes

nach der Gebrauchsfolge, d. h. Ordnen der Bedienungsmittel in der Reihenfolge ihrer Verwendung, wenn eine bestimmte Folge erforderlich ist, um eine Maschine in Gang zu setzen.

Man sollte, wenn irgend möglich, den richtigen Knopf mit Hilfe des Tastsinnes finden können. Verschiedene Größenabmessungen können zur Unterscheidung bestimmter Funktionen dienen, doch muß der Größenunterschied mindestens 20 % betragen. Die Bezeichnungen sollen möglichst nahe bei den Bedienungsmitteln angebracht werden. Es muß angegeben werden, was bedient wird. Die Ausdrücke müssen verständlich sein und den gewohnten Bezeichnungen entsprechen. Je kürzer der Text, desto besser. Auch durch Farben können bestimmte Funktionen gekennzeichnet werden. Das rasche und richtige Bedienen eines Instruments aufgrund einer Information, einer Zeigerstellung, eines Lichtsignals, einer Stellung des Werkzeuges verlangt eine logische Koppelung von Informationsquelle und Bedienungsmittel. Ist das Instrumentenbrett vom Schaltbrett getrennt installiert, dann muß die Anordnung der Bedienungsmittel der der zugehörigen Meßgeräte unbedingt gleichen. Zwischen der Richtung eines Zeigerausschlages und der Bewegungsrichtung des dazugehörigen Bedienungsmittels soll unbedingt ein logischer Zusammenhang bestehen. Bei einem runden oder geraden Meßgerät, sowohl horizontal als auch vertikal aufgestellt, mit fester Skala und beweglichem Zeiger muß sich der Zeiger nach rechts oder nach oben bewegen, wenn der zugehörige Knopf oder das zugehörige Handrad nach rechts gedreht wird, der zugehörige Hebel oder Schalter nach rechts, nach oben oder von dem Bedienenden weg gestellt wird. Auch zwischen der Bewegungsrichtung eines Bedienungsmittels und der Reaktion des gesteuerten Gerätes sollte ein logischer Zusammenhang bestehen (Bild 7).

Automatische Maschinen, die unübersichtlich sind oder an denen die Verständigung zwischen den beschäftigten Personen nicht möglich ist, sollen so eingerichtet sein, daß die Einschalteinrichtungen mit Signalen gekoppelt sind, die den bedienenden Personen genügend Zeit lassen, sich beim Bedienen der Einrückvorrichtung aus dem Gefahrenbereich zu entfernen. Gefährlich ist an automatischen Maschinen, wenn sich durch versehentliches Betätigen von Meß- oder Hilfssteuergeräten, von Endschaltern und dergl. irgendwelche Maschinenteile in Gang setzen, ohne daß die eigentliche Einrückvorrichtung betätigt worden ist. Es soll darauf geachtet werden, daß die Meß- und Hilfssteuergeräte-Endschalter entsprechend in den Steuerstromkreis eingebaut sind, daß immer die Einrückvorrichtung bedient werden muß, bevor irgendwelche Maschinenteile anlaufen können.

Ganz sicherlich ist es nicht realisierbar, sämtliche Quetsch- und Scherstellen an automatischen Maschinen, zumal sie z. T. funktionsbedingt sind, vollkommen

Bild 8 Bei Betätigung sich selbst verriegelnder Schlagtaster (Gefahrschalter)

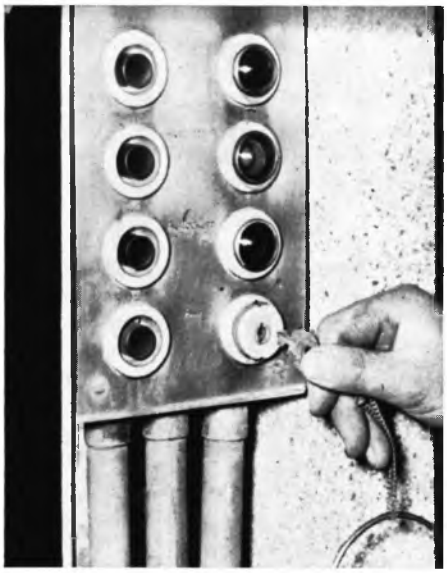


Bild 9 Ausführung einer Schalttafel mit Schlüsselsicherung gegen unbefugtes Einrücken durch Dritte

dem Zugriff zu entziehen. Man sollte sich deshalb darauf beschränken, die Gefahrstellen im Griffbereich zumindest dem reflexiven Zugriff zu entziehen, sollte allerdings eine vollkommene Sicherung an den Stellen verlangen, an denen erfahrungsgemäß Störungen auftreten können, weil dann die Bedienungspersonen im Regelfalle die Maschine nicht abstellen, um die Störung zu beseitigen. Da eine vollkommene Verkleidung der Gefahrstellen an automatischen Maschinen nicht möglich ist, müssen diese Maschinen mit Gefahrschaltern ausgerüstet sein (Bild 8).

Man sollte darauf achten, daß an automatischen Maschinen Vorrichtungen vorhanden sind, die das Bewegen der Maschine von Hand mittels Handrädern oder über Drucktasten ohne Selbsthaltung zum Einrichten, Entstören usw. ermöglichen. Weiterhin sollten Vorrichtungen vorhanden sein, mit denen die Maschine so abgesichert werden kann, daß im Falle eines Einsteigens in die Maschine eine ausreichende Sicherung gegen unbeabsichtigtes Einrücken oder Anlaufen gegeben ist, z. B. Kontaktplatten, berührungslos wirkende Schutzvorrichtungen, Lichtschranken, abschließbare Schalter und dgl. (Bild 9).

Zusammenfassend kann man sagen, daß der Arbeitsschutz an automatischen Maschinen nur dann optimal gelöst werden kann, wenn die einzelnen Elemente Mensch/Maschine/Umwelt je nach den speziellen Gegebenheiten beeinflußt werden. Dies ist nur dann erreichbar, wenn eine enge Zusammenarbeit zwischen Konstruktion, Betriebsleitung und den Arbeitsschutzinstitutionen gegeben ist. Eine Schematisierung des Arbeitsschutzes ist auf diesem Gebiete sicherlich nicht leicht möglich.

Dipl.-Ing. K. Bierwerth

Herr Radandt, haben Sie vielen Dank für Ihre Ausführungen über ein Problem, das immer öfter an uns herantritt: Die Sicherheit an automatischen Maschinen. Wir haben bei der Beurteilung mit zwei Systemen zu rechnen, dem System der automatischen Maschine und dem menschlichen Empfindungs- oder Empfangssystem. Beide können Fehlhandlungen bedingen; dabei sind die Unfallgefahren und damit verbunden auch die Unfallfolgen anders geartet als die in den »konventionellen« Betrieben. Wir sollten das bei der Beurteilung neuer automatischer Maschinen bedenken.

Wir sind damit am Ende unserer Vortragsreihe angelangt und ich hoffe, daß wir allen viel Interessantes bieten konnten.

Damit schließe ich die Jahrestagung aus Anlaß des 75-jährigen Bestehens des Vereins Deutscher Revisions-Ingenieure.

Verzeichnis der VDRI-Bevollmächtigten und ihrer Stellvertreter

Aachen:	**Dipl.-Ing. Karlowitsch,** 5105 Laurensberg über Aachen, Im Mühltal 26
Augsburg:	**Ing. Richard Wagner,** 8900 Augsburg, Rupprechtstraße 14
Bayreuth:	**Dipl.-Ing. Kroha,** 8500 Nürnberg, Weinmarkt 9/11
Berlin:	**Ing. Kloppe,** 1000 Berlin 45, Schillerstraße 10
Bielefeld:	**Dipl.-Ing. Schröder,** 4816 Sennestadt, Immanuel-Kant-Weg 37
Braunschweig: Goslar Salzgitter Wolfsburg	**Dr.-Ing. Tanne,** 2000 Hamburg 13, Schlankreye 9
Bremen: Emden Wilhelmshaven	**Bauing. Quentin,** 2800 Bremen, Klattenweg 32
Dortmund:	z. Z. nicht besetzt
Düsseldorf:	**Dipl.-Ing. Fr. Groß,** 5070 Bergisch Gladbach, Schützheider Weg 13
Essen:	**Dr.-Ing. Erenz,** 4300 Essen, Hoffnungstraße 2 **Dipl.-Ing. Buthe,** 4300 Essen, Hoffnungstraße 2
Frankfurt:	**Bauing. Uwe Jürgs,** 6000 Frankfurt/Main, An der Wolfsweide 14
Freiburg:	**Rev.-Obering. Kallenberger,** 7800 Freiburg, Hansjakobstraße 39
Fulda: Hersfeld	**Bauing. Emil Hermann,** 6400 Fulda, Horaser Weg 50
Hagen:	**Dipl.-Ing. Krome,** 5800 Hagen, Rosenstraße 115
Hamburg: Lüneburg Stade	**Ing. Siegfried Sidow,** 2000 Hamburg-Altona, Altonaer Bahnhofstraße 64 **Dr. Heske,** 2000 Hamburg 1, Stiftstraße 46
Hannover:	**Baumeister Willi Bertram,** 3000 Hannover, Geibelstraße 61/65
Heilbronn:	**Dipl.-Ing. Haase,** 7053 Rommelshausen, Nelkenstraße 6
Ingolstadt:	**Dipl.-Ing. Stecher,** 8034 Unterpfaffenhofen, An der Markung 15
Kaiserslautern:	**Dipl.-Ing. Pakusa,** 6500 Mainz, Hindenburgstraße 8
Karlsruhe:	z. Z. nicht besetzt
Kassel:	**Bauing. Schnell,** 3500 Kassel, Sophienstraße 19 **Baumeister Pfeiffer,** 3501 Heckershausen/Kassel, Henselweg 24
Kiel, Lübeck:	**Bauing. Thierbach,** 2300 Kiel-Hassee, Uhlenkrog 25

Koblenz:	**Bauing. Hans Ludwig,** 5400 Koblenz-Horchheim, Raiffenbergstraße 6
Köln, Bonn:	**Dr. Voigtländer,** 5000 Köln, Theodor-Heuss-Ring 44
Mainz: Wiesbaden	**Dipl.-Ing. Przybylski,** 6500 Mainz, Hindenburgstraße 32 **Dipl.-Ing. Grafeneder,** 6500 Mainz, Friedrichstraße 52
Mannheim: Heidelberg	**Dipl.-Ing. Koenigs,** 6900 Heidelberg-Schlierbach, In der Aue 4 b **Dipl.-Ing. Radandt,** 6800 Mannheim 1, Steubenstraße 44–46
München:	**Ing. Franz Meyer,** 8000 München 2, Linprunstraße 52 **Dipl.-Ing. Stecher,** 8034 Unterpfaffenhofen, An der Markung 15
Nürnberg:	**Dipl.-Chem. Friedl,** 8500 Nürnberg, Schalkhauser Straße 94
Oldenburg:	**Bauing. Nesper,** 2800 Bremen, Friedrich-Karl-Straße 21
Osnabrück:	**Bauing. Bartmer,** 4801 Künsebeck über Bielefeld, Nr. 414
Regensburg:	z. Z. nicht besetzt
Schweinfurt: Würzburg	**Dipl.-Ing. Wenzel,** 8500 Nürnberg, Weinmarkt 9/11
Siegen:	**Baumeister Salewski,** 5902 Weidenau, Hermann-Bötger-Weg 3
Stuttgart:	**Dipl.-Ing. Korsten,** 7000 Stuttgart 1, Hausmannstraße 1
Trier:	**Bauing. Schnoor,** 5500 Trier, Eduard-Schieffer-Straße 14
Wuppertal:	**Dipl.-Ing. Müller,** 5604 Neviges, Lucasstraße 14