

Jahrhundert der Kunststoffe, Auszüge, 1954

ERWIN BARTH VON WEHRENALF - DR. HANSJÜRGEN SAECHTLING

JAHRHUNDERT DER KUNSTSTOFFE IN WORT UND BILD

MIT BEITRÄGEN VON: DR. MARTHA BODE-SCHWANDT, DR.-ING.
E. BROEDNER, H. DAMROW, DR. F. DINKELACKER, OBERING.
WERNER HAWERKAMP, DR. H. HEERING, DR. KIRSCHBAUM, DR.
W. KNEIP, DR. M. E. LAEIS, ING. W. LISSEN, DR. W. LOBBERT,
PROF. DR. H. MATZKE, DIPL.-ING. E. MOLLBERG, DR. A. MÜLLER,
DR.-ING. KLAUS STOECKHERT, DR. ERWIN WEINBRENNER
UND 1134 ABBILDUNGEN, DAVON 36 VIERFARBEN-TAFELN, AUS
DER PRODUKTION DER DEUTSCHEN KUNSTSTOFF-INDUSTRIE
GRAPHISCHE GESAMTGESTALTUNG P. JAN. MXURER



ECON-VERLAG GMBH., DÜSSELDORF, PRESSEHAUS

INHALT

Seite FOLGE DER AUFSATZE

- 7 Mitten im Jahrhundert der Kunststoffe, Dr. H. Soechtling, Traisdorf
 In the middle of the plastics' century / Au milieu du siècle des matières plastiques / En pleno siglo de los plásticos
- 15 Kunststoffe im Apparatebau, Obering. Werner Howerkamp, Traisdorf
 Use of plastics in apparatus manufacture / Emploi de produits plastiques pour la construction d'appareils / Uso de los plásticos en aparatos manufacturados
- 23 Maschinenelemente aus Kunststoffen, Dipl.-Ing. H. Zickel, Traisdorf
 Machine parts from plastics / Des éléments de machines en matière plastique / Elementos de máquinas construídos de plásticos
- 29 Kunststoffe in der Elektrotechnik, Dr. H. Heering, Berlin-Siemensstadt
 Plastics in electrical engineering / Matières plastiques en électro-technique / Los plásticos en la electrotécnica
- 33 Kunststoffe in der Radioindustrie, Wilhelm Lissen, Ulm/Donau
 Use of plastics in the radio industry / Matières plastiques en industrie de la radio / Los plásticos en la industria de la radio
- 35 Kunststoffe im Musikinstrumentenbau, Prof. Dr. Hermann Matzke, Konstanz
 Plastics used in the manufacture of musical instruments / Matières plastiques en construction d'instruments de musique / Plásticos en la construcción de instrumentos musicales
- 39 Kunststoffe in Optik und Feinmechanik, Dr. Fritz Dinkelacker, Oberkochen/Würtbg., und Dipl.-Ing. E. Mallberg, Hofgeismar
 The application of plastics in the optical and precision mechanics industry / Les matières plastiques dans l'optique et la mécanique de précision / Los plásticos en las industrias óptica y mecánica de precisión
- 44 Kunststoffe in der Medizin, Dr. Alfred Müller, Ludwigshafen/Rhein
 Plastics in medical science / Matières plastiques en médecine / Los plásticos en la medicina
- 51 Kunststoffe im Bauwesen, Dr. H. Soechtling, Traisdorf
 The application of plastics in the building trade / Matières plastiques en industrie du bâtiment / Los plásticos en la construcción
- 56 Kunststoffe in der Verkehrstechnik, Dr. Erwin Weinbrenner, Leverkusen
 Plastics in transportation / Matières plastiques dans la technique des transports / Plásticos en las industrias de medios de comunicación
- 62 Kunststoffe in der Lackindustrie, Dr. Werner Kneip, Hamburg-Wandsbek Traisdorf
 Plastics in lacquer industry / Les matières plastiques dans l'industrie de vernis / Los plásticos en la industria de barnices
- 68 Fortschritte durch Kunstharzklebstoffe, Dr. W. Löbbert, Düsseldorf
 Progress by synthetic resin adhesives / Progrès par colles à base de résin synthétique / Progresos obtenidos por el empleo de colas de resinas sintéticas
- 71 Kunststoffe im Dienste der Hausfrau
 Die Hausfrau will unterrichtet werden, Frau Dr. M. Bode-Schwandt, Bonn
 Die Hausfrau will mitarbeiten, Dr. E. Brödner, Zürich
 Plastics for household service / Les matières plastiques au service de la ménagère / Plásticos para el servicio doméstico
- 76 Bekleidung, Schmuck und Täschnerwaren aus Kunststoffen, Dr. Kirschbaum, Traisdorf
 Clothing, jewellery and leather goods made of plastics / Vêtements, bijouterie, maroquinerie et sellerie en matière plastique / Vestidos, bisuteria y artículos de talabartería, fabricados de materias plásticas

Es lagen lediglich Kopien der ersten zwei Artikel zur Bearbeitung vor.

MITTEN IM JAHRHUNDERT DER KUNSTSTOFFE

Viele der einfachen Verbindungen aus der Kohlenstoffchemie, die wir heute zur Herstellung von Kunstharzen und Kunststoffen benutzen, sind annähernd hundert Jahre oder noch länger bekannt, und auch ihre Fähigkeit zu verharzen wurde im Laboratorium schon frühzeitig beobachtet. Ebenso lange zurück liegen die ersten Anfänge der technischen Umwandlung von Naturstoffen des Pflanzenreiches in Kunststoffe. Trotzdem fühlen wir uns heute keineswegs am Ausgang des Jahrhunderts der Kunststoffe, sondern mitten in einer bedeutenden Entwicklung. Die Forderungen einer verfeinerten, alle Lebensbereiche durchdringenden Technik an ihre Werkstoffe haben nach Menge und Beschaffenheit in den letzten Jahrzehnten eine ganz außerordentliche Steigerung erfahren, deren Höhepunkt noch nicht erkennbar wird. Die Entwicklung der Lebensformen breiter Schichten in vielen Ländern der Erde hat einen Bedarf von viel größerem Umfang als je zuvor an schönen, praktischen und preiswerten Gebrauchsgütern entstehen lassen. Die breiten wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Grundlagen dafür sind im zwanzigsten Jahrhundert geschaffen worden. Die der Kunst des Chemikers entstammenden organischen Werkstoffe — die „Kunststoffe“ — haben immer stärkeren Anteil an dieser Entwicklung. Heute können sie bereits — ihre Grenzen als organische Werkstoffe fast überschreitend — neuen Bedürfnissen schmiegsam angepaßt werden. Sie sind von bedeutendem Einfluß auf den weiteren technisch-wirtschaftlichen Fortschritt.

Dieses Werk will durch Wort und Bild — vor allem durch das Bild, dessen unmittelbare Wirkung durch Aufsätze vertieft wird, die in die Anwendungsbereiche der Kunststoffe einführen — eine lebendige Anschauung davon vermitteln, wie überraschend groß die praktische Bedeutung von Kunststoffherzeugnissen für alle Lebensbereiche heute geworden ist. Die Entwicklungslinien, die dahin geführt haben, sollen in den folgenden Ausführungen über Kunststoff-Geschichte und Kunststoff-Wirtschaft und über die Struktur der Kunststoff-Industrie aufgezeigt werden.

KUNSTSTOFF-GESCHICHTE

Umwandelte Naturstoffe seit Mitte des vorigen Jahrhunderts

Im Jahre 1839 erlind der Amerikaner Charles Goodyear die „Vulkanisation“ von Naturkautschuk und legte damit den Grundstein für die Gummiindustrie. Wenn auch die Entwicklungslinien der Gummiindustrie und der Kunststoffindustrie erst etwa 70 Jahre später zusammentrafen, so ist dieses Datum doch auch für die Kunststoff-Geschichte der Zwischenzeit von grundlegender Bedeutung. Beim Umgang mit den plastischen Gummimassen wurden technologische Erfahrungen gewonnen und maschinelle Einrichtungen entwickelt, die zum Teil in wenig veränderter Form für den Aufbau der Kunststoff-Verarbeitung ausgewertet werden konnten. Auch die etwa gleichzeitig aufkommende Linoleum-Herstellung (Walton 1844) lieferte dazu ihren Beitrag.

Die ältesten Kunststoffe im engeren Sinne sind die Umwandlungsprodukte der Cellulose. Vorwiegend wurde Baumwolle, meist in Form ihres nicht mehr spinnbaren Anteils (Lintars), als Rohstoff

verwandt. Erst in den letzten Jahrzehnten wird Holzzellstoff gebraucht, dessen Reinheit sehr gesteigert worden ist.

Th. Taylor nahm 1859 ein britisches Patent auf die Herstellung eines lederartig zähen Werkstoffs, dadurch gekennzeichnet, daß Papierbahnen aus Cellulosefasern vorübergehend chemisch aufgewollt und die Fasern in diesem Zustand unter Druck miteinander verschweilt werden. Seit 1861 wurde „vegetabilisches Pergament“ von Warren de la Rue in England, seit 1873 oder 1878 „vulcanized fiber“ in Plattenform in den USA fabriziert. In Deutschland wird Vulkanfaser seit 1914 hergestellt. Der Werkstoff ist auch heute noch unentbehrlich; ungeschichtete Chlorzink-Vulkanfaser (Trovulkan¹⁾) und Schichtstoffkombinationen mit Vulkanfaser-Einlagen sind Weiterentwicklungen aus jüngster Zeit.

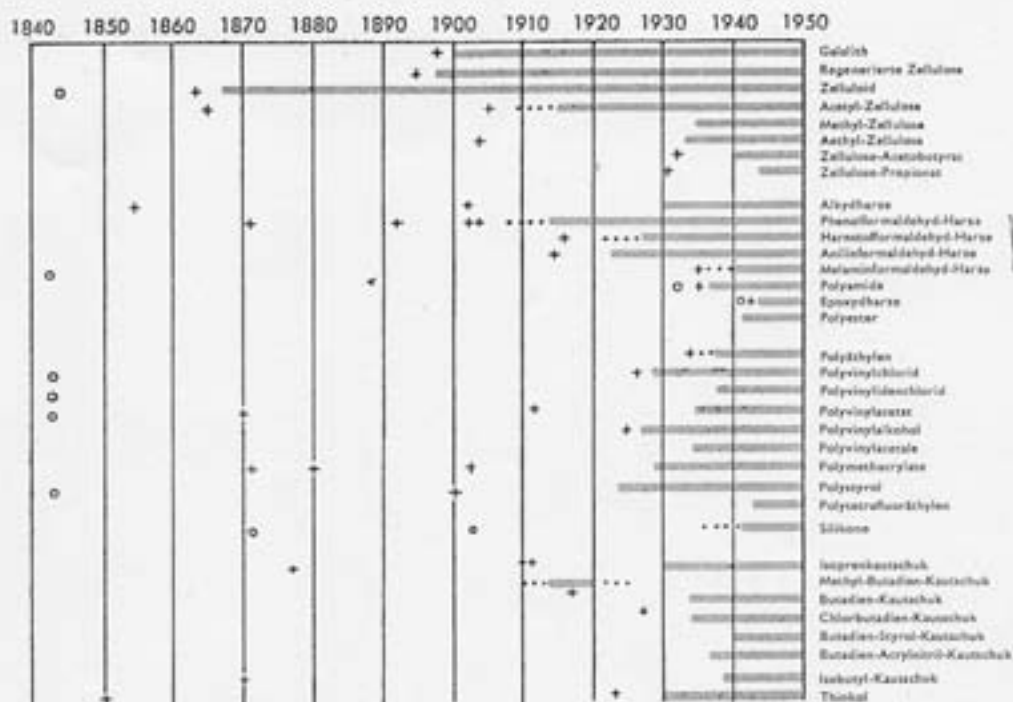
Das älteste technisch verwertbare chemische Umwandlungsprodukt der Cellulose ist das durch Behandlung mit Salpeter-Schwefelsäure-Gemischen gewonnene Cellulose-Nitrat (Nitrocellulose). 1872 eröffnete J. W. Hyatt in den USA die erste „Celluloid“-Fabrik, in der Nitrocellulose mit Kampher grundsätzlich gleichartig wie heute verarbeitet wurde. Seitdem etwa zehn Jahre später Nitrocellulose für rauchschwache Schießpulver eingeführt wurde, bestehen Beziehungen zwischen Pulver- und Kunststoff-Fabrikation. Auch für Lacke und Kleber wurden „Nitrowolle“ oder „Kollodiumwolle“ bald gebraucht. Seit etwa 1890 stellt man Celluloid-Gießfolien für fotografische Zwecke her. Versuche, den unbrennbaren Essigsäureester der Cellulose, das Celluloseacetat, für ähnliche Zwecke zu verwenden, schlugen lange fehl, da es an geeignetem Lösungsmittel fehlte. Erst nachdem (G. W. Miles) das besser zu verarbeitende „Sekundärcetat“ erfunden war, konnte Acetylcellulose in den Jahren 1905 bis 1914 für Lacke und das celluloidähnliche Acetylcelluloid (A. Eichengrün, „Cellon“²⁾) praktisch eingeführt werden.

Celluloid und auch das schwer entflammere Acetylcelluloid, die als Halbzeug geliefert werden, haben späterhin für die Herstellung von Gebrauchsgegenständen durch das Aufkommen der thermoplastischen Spritzgußmassen an Bedeutung verloren. Auch die ersten thermoplastischen Spritzgußmassen hatten Celluloseester zur Grundlage. Von 1921 ab wurde das historisch gewordene „Trolit F“³⁾ aus Nitrocellulose mit mineralischen Füllstoffen für die Massenherstellung von Formteilen der damals aufkommenden Radioindustrie eingeführt, bald auch Spritzgußmassen auf Grundlage der Acetylcellulose „Cellit“³⁾. Die erste Spritzgußmaschine für thermoplastische Kunststoffe wurde 1921 von Buchholz gebaut. Einige Jahre später nahm die Firma Gebr. Eckert, Nürnberg (später Eckert u. Ziegler, Köln), den serienmäßigen Bau von Kunststoff-Spritzgußmaschinen auf. An der Weiterentwicklung von Celluloseester-Spritzgußmassen ist vor allem in englischen Ländern erfolgreich gearbeitet worden. Neuerdings hat das Celluloseacetobutyrat („Terite B“⁴⁾, „Cellidor B“⁵⁾) Bedeutung gewonnen, das noch zähflüssiger als das Acetat und auch für

¹⁾ Handelsnamen Dynamit-A.G., Troidorf, Bez. Köln.

²⁾ Handelsnamen der Farbwerkefabriken Bayer, Dormagen.

³⁾ Handelsnamen der Tennessee Eastman Corp.



Entwicklungsschema der Kunststoffe

- Darstellung d. Rohstoffe bzw. d. Monomeren
- + Laboratoriummäßige Entwicklung
- ▬ Techn. Herstellung

Abb. 1: Tafel zur Kunststoff-Geschichte
(nach A. Hopff, Chem. Ind. 10 [1952], S. 725)

elektrotechnische Zwecke geeignet ist. Gießfolien aus Celluloseestern dienen für spezielle Anwendungsgebiete. Für harte Strangpreßprofile sind die Entwicklungsmöglichkeiten des Kunststoffes sicher noch nicht erschöpft.

Das Verfahren, aus Viskoselösungen, die im größten Umfang auf Rayon-Kunstfasern versponnen werden, dünne Zellglas-Folien herzustellen, wurde 1950 von E. Brandenberger gefunden; seit 1911 wird „Cellophan“⁷⁾ fabriziert. Die Verpackungsfolien haben ihr großes Anwendungsgebiet vor allem seit etwa 1930 erobert; damals gelang es, sie durch Lackierung wetterfest zu machen.

Im Jahre 1897 entdeckten Spitteler und Krieger, daß sich das Casein der Milch mit Formaldehyd zu dem Kunsthorn „Galalith“⁸⁾ härten läßt. Nach diesem Verfahren können Platten und Stäbe, aber keine Formstücke gefertigt werden. Wenn auch Galalith mit seinen handwerklichen Fertigungsverfahren etwas fremd unter den modernen Kunststoffen für plastische Formgebung steht, so hat es auch heute noch, z. B. als Knopfmaterial und für Gebrauchsartikel, erhebliche Bedeutung.

„Bakelite“ und verwandte Stoffe seit 1907

Der erste „richtige“ Kunststoff, dessen wesentliche Eigenschaften nicht im Ausgangsmaterial vorgebildet sind, sondern „vollsynthetisch“ aufgebaut werden, ist ein Kind dieses Jahrhunderts. In den Jahren 1907 bis 1909 nahm der in den USA lebende Belgier Leo H. Baekeland die ersten brauchbaren Patente zur Herstellung und Verarbeitung von Harzen aus Phenolen und Formaldehyd.

⁷⁾ Handelsname der Firma Kalle u. Co., Wiesbaden.

⁸⁾ Handelsname der Firma Internationale Galalith Ges. A.G., Hamburg.

Am wichtigsten ist das sogenannte „Druck- und Hitze-Patent“, das die praktischen Grundlagen der Preßtechnik legte. In den Baekelandschen Arbeiten sind so viele der erst später technisch ausgewerteten Möglichkeiten der Verwendung von Phenolharzen vorbeschrieben, daß mit einer gewissen Berechtigung das warenzeichenrechtlich geschützte Wort „Bakelite“⁹⁾ im Volksmund eine Bezeichnung für Kunststoffe schlechthin geworden ist.

Zuerst wurden die neuen Harze von der Elektrotechnik für Phenolharz-Hartpapier angewandt. In Deutschland wurde dessen Fertigung 1911 von Sonderabteilungen elektrotechnischer Großfirmen und einigen Zuliefererwerken aufgenommen. Bis heute ist das durch Hartgewebe und Preßschichtholz erweiterte Gebiet der geschichteten Flächenpreßstoffe mit Phenolharzbindung vorwiegend diesem Kreis von Herstellerfirmen vorbehalten geblieben.

Die ersten Phenolharz-Heißpreßmassen für Formteilherstellung kamen 1916 auf den Markt. Seit 1926 gibt es „Schnell“-Preßmassen, welche weitaus bessere Ausnutzung der Pressen ermöglichen und die Verwendung von Preßstoff für billige Massenartikel wirtschaftlich erschlossen haben. Der Harzbestandteil dieser Preßmassen ist seitdem nicht mehr grundsätzlich verändert worden. Die Bemühungen, Preßstoffe durch Material und Form der Füllstoffe oder Harzträger, die 50 bis 70 Prozent der Massen ausmachen können, zu verbessern und möglichst gleichzeitig zu verbilligen, gehen aber unentwegt weiter. Vor allem durch die Verwendung von Füllstoffen in verschiedenen Formen sind Fortschritte erzielt worden.

⁹⁾ Handelsname der Bakelite Ges., Leuven.

Für die Entwicklung verlässlich brauchbarer Preßstoffe war und ist die Tätigkeit des Fachnormenausschusses „Kunststoffe“ und der in Deutschland seit 1924 bestehenden „Technischen Vereinigung“ wichtig. Die Technische Vereinigung befaßt sich mit der Herausarbeitung von Preßstofftypen und deren Überwachung. Die Normungs- und Typisierungsarbeiten sind durch W. Esch und R. Nitsche vom Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, sehr gefördert worden. Auch andere Länder haben inzwischen entsprechende Einrichtungen aufgebaut.

In den Jahren nach 1920 war das reine Phenolglieharz (F. Raschig), das als „Edelkunnharz“ spannabhebend verarbeitet wird, von noch größerer Bedeutung als die Preßmassen. Das schöne und widerstandsfähige Werkstoff wird auch heute noch für Gebrauchsgegenstände verwandt, die im Preß- oder Spritzgußverfahren nicht mit gleicher Brillanz hergestellt werden können; seine wachsende Bedeutung liegt aber auf dem Gebiet gebrauchsbeständiger technischer Formteile.

Phenole, Nebenzerzeugnisse der Gasgewinnung aus Stein- und Braunkohle und der Kokerei — heute als Kohlenwertstoffe bezeichnet —, sind an vielen Stellen gewonnene Handelsprodukte; der zweite Bestandteil der Harze, Formaldehyd, ist in beliebigen Mengen zugänglich. Da die Herstellung von Phenolharzen und Preßmassen keiner allzu großen apparativen Mittel bedarf, entstanden im Anfang der Entwicklung in allen Ländern viele Erzeugungsbetriebe. Nur wenige von ihnen konnten allerdings den steigenden Qualitätsanforderungen nach gleichmäßigen („typisierten“) Produkten standhalten und sich zu Lieferanten für die Kunststoffverarbeiter, die Preßteile herstellen, entwickeln.

Phenolharz-Preßstoffe waren nur in dunklen Farben lichtbeständig herzustellen. Die ersten hellfarbigen Preßmassen auf Grundlage des 1924 von Pollak in die Praxis eingeführten Harnstoffharzes erschienen im Jahre 1931 unter der Bezeichnung „Polloplast“¹⁾, in England „Beetle“²⁾ auf dem Markt. Seit 1938 gibt es hellfarbige Melaminharz-Preßmassen mit verbesserten Eigenschaften. Die Vorprodukte Harnstoff und Melamin sind durch die technische Gewinnung des Luftstickstoffs über die Ammoniaksynthese, bzw. über seine Anlagerung an Kalziumkarbid zugänglich geworden. Nach der Einführung der Phenolharz-Schnellpreßmassen gaben die hellfarbigen Preßmassen, die sich für Gebrauchsartikel aller Art eignen, der Preßtechnik einen erneuten starken Aufschwung. Die Entwicklung dieser Preßmassen geht — durch die Konkurrenz mit den thermoplastischen Spritzgußmassen beliebt — noch heute weiter.

Phenol-, Harnstoff- und Melaminharze sind nicht nur für die Kunststoff verarbeitende Industrie wichtig, sondern werden auch als Bindemittel für andere technische Zwecke, als wasserfeste Holzleime und — in vielfachen Abwandlungen — für die Lackindustrie in großen Mengen gebraucht. Eine neuere Entwicklung ist die Verwendung von Harnstoff- und Melaminharzen als Textilhilfsmittel.

Chemische Grundlagen für neue Kunstharze seit 1913

Die bisher behandelten härteren Kunststoffe (Duroplaste) sind hauptsächlich durch die unternehmende, von theoretischen Erwägungen nicht allzusehr vorbelastete Empirie einzelner Entzander und gefördert worden. Grundsätzlich anders ist der Entwicklungsgang der Polymerisationsharze, die das Bild der modernen Kunststoffwirtschaft zunehmend bestimmen, und anderer neuer Kunststoffe. Diese sind Ergebnisse systematischer Forschung und der chemisch-technischen Entwicklungsarbeit der Großindustrie, sowohl was ihre Rohstoffgrundlage wie auch ihren Aufbau angeht.

Vorprodukte dieser Kunststoffe sind vorwiegend einfache Grundstoffe der organischen Chemie, sammentlich die Kohlenwasserstoffe Acetylen und Äthylen. Diese sind zwar an sich schon lange bekannt; es ist aber nicht einfach, mit ihnen technisch umzugehen. Sie sind brennbare, im Gemisch mit Luft explosive Gase. Der Ab-

lauf der Gasreaktionen nach Ausbeute und Geschwindigkeit hängt wesentlich von der exakten Regelung der Umsetzungsbedingungen, zuweilen in Bereichen extrem hoher Drucke und Temperaturen und der Gegenwart spezifisch-reaktionsfördernder, fester Stoffe („Kontakte“, Katalysatoren) ab. Die einfachen gasförmigen Grundstoffe und ihre Umsetzungsprodukte großtechnisch zugänglich zu machen und dadurch nicht nur auf dem Kunststoffgebiet völlig neue Wege zu eröffnen, war eine hervorragende Leistung der Zusammenarbeit physikalisch-chemischer Forschung und betriebstechnischer Entwicklung, die in diesem Jahrhundert — zum erheblichen Teil in Deutschland — vollbracht worden ist.

Meilensteine auf diesem Wege sind folgende: 1913 wurde in Oppau die erste Fabrik zur Erzeugung von Ammoniak aus Luftstickstoff und Wasserstoff eröffnet. Die physikalischen und chemischen Grundlagen stammen von F. Haber, die ingenieurmäßige Durcharbeitung dieser ersten Hochdruck-Gasreaktionsanlage und damit die technische Erschließung des Gebietes überhaupt von C. Bosch. Das Verfahren wurde vor allem im Leuna-Werk zur nebeneinanderlaufenden Erzeugung von Ammoniak und organischen Grundstoffen ausgebildet. Ab 1913 wurde das Hochdruckhydrivertfahren von Bergius in der BASF, Ludwigshafen, technisch bearbeitet, welches durch Behandlung von Kohlen, Teer, Erdöl und Aufarbeitungsrückständen dieser Stoffe mit Wasserstoff zu niedrigeren, vor allem auch als Treibstoff verwendbarem Kohlenwasserstoff führt. 1925 trat Fischer-Tropsch mit den Synthesen (Kogasin-Verfahren) aus Wassergas (durch Behandlung von glühendem Koks mit Wasserdampf gewonnen) hervor, die von der Ruhr-Chemie übernommen wurden. Die reine Krackung, d. h. chemische Zersetzung, spielt vor allem bei der Aufbereitung des Erdöls in Amerika eine Rolle. Aus Gasen der Kohlechemie und vor allem auch aus Erdgasen kann Acetylen im Lichtbogen gewonnen werden. Das Verfahren wurde in Gemeinschaftsarbeit deutscher und amerikanischer Chemiefirmen gefördert und wird in den USA in größerem Umfang als in Deutschland angewandt. Vorwiegend wird Acetylen großtechnisch in der allgemein bekannten Weise aus Kalziumkarbid und Wasser gewonnen. Kalziumkarbid wird durch Zusammenmischen von Kalk und Kohle erzeugt. An der apparativen Durchbildung dieser Verfahren für den Bedarf der Großchemie sind die Firmen Dr. Alex. Wacker, Berghausen, und Farbwerke Hoechst beteiligt.

Die moderne technische Großchemie beherrscht die Umsetzungen der einfachen Grundstoffe so weitgehend, daß die Erzeugungsrichtung im einzelnen fast mehr eine rohstoffpolitische als eine technisch-chemische Frage geworden ist. Man kann einerseits Kohlenwasserstoffe in Alkohol umwandeln, andererseits aus Alkohol Kohlenwasserstoffe gewinnen, die als Ausgangsstoffe für synthetischen Kautschuk und andere Kunstharze dienen können. Durch Verzuckerung und Vergärung von Holz oder Getreide hergestellter Alkohol wird in den USA und der UdSSR in dieser Richtung verarbeitet. Während man einerseits aus Erdölprodukten Kunstkautschuk herstellt, kann man andererseits aus Naturkautschuk durch Krackung Ole gewinnen. Die Frage, ob es rohstoffwirtschaftlich besser ist, strukturell oder als Nahrungsmittel verwertbare Rohstoffe aus organischem Wachstum zu künstlichen Werkstoffen umzuwandeln, oder solche aus den nicht unerschöpflichen fossilen Kohlenstoffvorräten der Kohle- und Erdölagstätten herzustellen, führt in die schwierigsten und fesselndsten Probleme der heutigen und zukünftigen Rohstoff- und Energiewirtschaft.

Die Entwicklung der Polymerisations-Kunststoffe

Wesentliche Grundlagen für die Entwicklung der Synthesen von Kunststoffen aus den einfachen Grundstoffen der organischen Chemie wurden durch die wissenschaftliche Forschung geschaffen, die sich zunächst um die Erkenntnis der Gerüstbaustoffe der lebenden Natur (Cellulose, tierische eiweißhaltige Gerüstbaustoffe), weiter des Aufbauprinzips der horn- oder gummiartigen und faserbildenden Stoffe allgemein bemühte. Selbst in dieser kurzen Übersicht muß der Name des Altmeisters der Naturstoff-Chemie (etwa 1880 bis 1919), Emil Fischer, genannt

¹⁾ Handelsname der Beetle Products Corp.

werden. H. Staudinger schuf 1922 ausgehend von Arbeiten über den Naturkautschuk den fruchtbaren Begriff des „Makromoleküls“ und hat weiterhin die chemische Erkenntnis der polymeren Stoffe allgemein, insbesondere der aufkommenden Polymerisat-Kunstharze als Forscher und Lehrer bedeutend gefördert. H. Mark und seine Schule haben zur Aufklärung des räumlichen Aufbaus fester polymerer Stoffe vor allem mit röntgen-kristallographischen Untersuchungen beigetragen.

Die Industrie auf der anderen Seite begann 1906 (Fritz Hofmann, Elberfeld) mit Versuchen über die technische Synthese künstlichen Kautschuks durch thermische Aneinanderreihung (Polymerisation) einfacher Kohlenwasserstoff-Bausteine. 1917 bis 1918 wurden in Elberfeld die ersten 2000 t eines Polymerisat-Kunststoffes, des „Methyl“-Kautschuks, technisch hergestellt. Die Arbeiten am Kunstkautschuk wurden 1926 im Rahmen der I.G. Farbenindustrie wieder aufgenommen und führten zur großtechnischen Erzeugung der verschiedenen Bunttypen. Die Entwicklung von Kunstkautschuk in anderen Ländern, vor allem in den USA und der UdSSR, wurde dadurch wesentlich befruchtet. Die Arbeiten an der Technik der Kunstkautschuk-Polymerisation in Ludwigshafen und Leverkusen (E. Konrad) gaben auch Grundlagen für die Polymerisation nicht-vulkanisierbarer thermoplastischer Kunststoffe. Schon 1912 stellt F. Klätsch (Griesheim-Elektron) durch katalytische Anlagerung von Essigsäure und Salzsäure an Acetylen die polymerisierbaren Grundstoffe Vinylacetat und Vinylchlorid her, Ausgangsstoffe für Buna und andere Polymerisate, vor allem Acrylderivate, wurden über Acetaldehyd aus Acetylen hergestellt. Seit 1928 ist die Zahl dieser Stoffe vermehrt und ihre Herstellung vereinfacht worden durch die von W. Röppe, Ludwigshafen, ausgearbeiteten technischen Reaktionen mit Acetylen unter erhöhtem Druck. Die Anlagerung von Blausäure zum Acrylnitril ist von den Farbenfabriken Bayer geschaffen worden. In den USA erschloß Nieuwland vom Du-Pont-Konzern seit 1931 durch Kettenpolymerisationen neue Wege der Acetylenchemie. Nicht unmittelbar in diesen Bereich gehören zwei wichtige Grundstoffe für Polymerisate. Styrol wird über Äthylbenzol aus Benzol und Äthylen gewonnen, der einfache und billige Weg vom Äthylbenzol zum Styrol ist die 1928 bis 1930 von H. Mark und C. Wulff, Ludwigshafen, gefundene katalytische Dehydrierung. Isobutylen wird nach Ludwigshafener Verfahren aus dem Isobutylol, das bei Alkoholsynthesen anfällt, oder aus Erdölprodukten hergestellt.

Die intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit der ersten Jahrzehnte dieses Jahrhunderts führte dazu, daß etwa ab 1930 die neuen thermoplastischen Polymerisat-Kunststoffe von den Werken der damaligen I.G. Farbenindustrie in reicher Fülle auf den Markt gebracht wurden. Für die Entwicklung ihrer Verarbeitungstechnik hat das Kunststofflaboratorium der Dynamit-A.G. in Troisdorf (F. Schmidt) Pionierarbeit geleistet. 1929 wurde dort das erste Polystyrol aus technischer Versuchsfertigung auf seine Verarbeitbarkeit im Spritzguß geprüft und in dieser Hinsicht verbessert. 1933 wurde das „Astralon“-Verfahren zur lösemittelfreien Verarbeitung von Vinylmischpolymerisaten auf hochgeheizten Walzwerken und Kalandern und mit Folierpressen geschaffen. Etwa gleichzeitig wurden diese Mischpolymerisate durch Zusatz von Weichmachern auf gummiartige Massen zur Isolierung und Umwandlung elektrischer Drähte verarbeitet; die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der weichgestellten Massen wurden anschließend entwickelt. Der von Mischpolymerisat abgeleitete Name „Mipolan“ ist fast zu einem Gattungsbegriff geworden, obwohl heute für derartige Weichmassen vorwiegend das reine Polyvinylchlorid verwandt wird. Die thermoplastische Verarbeitung von hartem Polyvinylchlorid auf Halbzeug für den Apparatebau und die Elektrotechnik wurde 1935 von G. Wick, Bitterfeld, entwickelt. 1938 wurde Polyisobutylen von F. Schmidt, Troisdorf, in die Bauteiltechnik, weiterhin vor allem von W. Kränich, Ludwigshafen, in die Korrosionsschutztechnik eingeführt.

Ein Sondergebiet sind die Acrylsäure- und Methacrylsäure-Polymerisate, an denen ab 1901 von O. Röhm und W. Bauer ge-

arbeitet wurde. 1927 wurde von Röhm und Haas, Darmstadt, das Methacrylsäure-Polymerisat Plexiglas eingeführt, während die für zahlreiche Sonderzwecke bedeutungsvollen Acrylsäure-Polymerisate vor allem von der BASF, Ludwigshafen, bearbeitet werden. Polyacrylnitril ist neuerdings als Rohstoff der Orlonfaser von Du Pont wichtig geworden, der Wert der Polyacrylnitrilfasern war allerdings schon im Jahre 1941 von dem Arbeitskreis der I.G. Farbenindustrie erkannt worden.

Bis zum Kriege waren auf dem Weltmarkt die Polymerisat-Kunststoffe deutscher Erzeugung von überragender Bedeutung. Inzwischen haben auch die an anderen Stellen geleisteten Arbeiten wirtschaftliche Früchte getragen. Der Erzeugungsmenge nach führen heute die USA bei weitem. Das bedeutendste Produkt englischer Entwicklung ist das Polyäthylen der ICI, dessen Herstellung extrem hohe Drücke erfordert. In den letzten Jahren sind vor allem zwei zukunftsreiche neue Polymerisat-Kunststoffe entwickelt worden: Die Dow Chemical Corp. brachte 1940 das Polyvinylidenchlorid vor allem in Form höchst widerstandsfähiger Fäden unter dem Namen Saran auf den Markt, das allerdings ungefähr gleichzeitig in Ludwigshafen entwickelt wurde. Fluorhaltige Polymerisate wie das Teflon von Du Pont sind aus der amerikanischen Entwicklung der Fluorchemie entstanden. Teflon ist von fast ungläublicher chemischer Beständigkeit; seine Temperaturstandfestigkeit ist so groß, daß die thermoplastische Verarbeitung bisher noch Schwierigkeiten macht.

Die neuesten Kunststoffe nach Maß

In den USA hat W. H. Carothers durch seine Forschungsarbeiten bei Du Pont de Nemours (1928 bis 1937) nicht nur wesentlich zur Entwicklung von Vinyl-Polymerisaten beigetragen, sondern vor allem die Grundlagen für neue Stoffklassen mit anderen Aufbauverfahren gelegt, namentlich für die aus etwas größeren Bausteinen durch Polykondensation hergestellten Superpolyamide. Deren erster Vertreter war das 1938 herausgebrachte Nylon, das als Textilfaser Weltberühmtheit erlangt hat. Fast gleichzeitig (1939) kamen die deutschen Perlonfasern heraus, die inzwischen vielfältig weiter entwickelt wurden. Eine besondere Variante ist das Perlon U, das kein Polyamid, sondern ein Polyurethan ist. Die Polyurethanbildung wurde von O. Bayer, Leverkusen, zu einem vielfältig abzuwandelnden Verfahren zur Herstellung von Kunststoffen entwickelt. Je nach der Auswahl der Bausteine — die ihrerseits wieder zum erheblichen Teil aus Vorprodukten der modernen Acetylenchemie gewonnen werden — gewinnt man thermoplastische Kunststoffe von großer Zähigkeit wie den Grundstoff des Perlon U, oder führt die Reaktion so während der Verarbeitung härtende Produkte, die bisher für widerstandsfähige Lacke und Leime, für gummiartige Erzeugnisse von großer Strukturfestigkeit und für Schaumstoffe praktische Anwendung gefunden haben. Die werkstofflichen Möglichkeiten, welche die Polyamide, vor allem aber die Polyurethane mit ihrer außerordentlichen Wandlungsfähigkeit geben, werden bislang noch nicht im entferntesten ausgenutzt. Eine vielversprechende Entwicklung, die von den USA ausgeht, ist der Austausch der unter Druck und Hitze zu verarbeitenden Phenolphar-Prellmassen für technische Zwecke durch Kunststoffe mit drucklos bei niederen Temperaturen härtenden Polyesterharzen. Polyesterharze aus mehrwertigen Alkoholen wie Glycerin und mehrbasischen Säuren wie Phthal säure sind in vielen Modifikationen als Lackharze schon lange im Gebrauch. Die Neuentwicklung besteht darin, daß geeignete Harze dieser Art bei der Verarbeitung mit Stoffen wie Styrol „zusammenpolymerisiert“ werden. In Verbindung mit Glasfasermatten oder -geweben als Harzträger kann man mit diesen Harzen außerordentlich feste, große Formteile verhältnismäßig einfach herstellen. Von der CIBA, Basel, sind als eine neue Kunststoffklasse die Polyäthoxylinharze „Araldite“, von der Dynamit-A.G., Troisdorf, die Polyacetalarharze „Ultralon“, von den Farbwerken Hoechst ist das „Hostacol“ herausgebracht worden. Alle die in diesem Abschnitt besprochenen und also Reihe anderer neuer Produkte kennzeichnen den Entwicklungsstand, den die technische Kunststoffchemie heute erreicht hat. Die

Herstellung der Kunststoff-Vorprodukte gibt so vielfältige Möglichkeiten, und die Kondensations-, Polymerisations- und Polyadditions-Reaktionen der Kunststoffbildung werden so weitgehend beherrscht, daß in fast beliebiger Variationsmöglichkeit Stoffe von gewünschten Eigenschaften gezüchtet werden können. Welche Aufwendungen aber mit der Erschließung eines grundsätzlich neuen Gebietes verknüpft sind, zeigt die Geschichte der Silikone. Diese unterscheiden sich von allen anderen Kunststoffen dadurch, daß ihr durchgehendes Gerüst stofflich dem des Glases verwandt, also mehr anorganischer Natur ist. Seit 1930 haben in den USA zwei bedeutende Firmen von der Glas- und der Kunststoffseite her, die Corning Glass Corp. und die Dow Chemical Corp., systematisch die Entwicklung des Silikongebietes betrieben, die 1943 zur Gründung der Dow Corning Corp. für die Herstellung dieser Stoffe führte. Außerdem ist ähnlich langfristig die General Electric auf diesem Gebiet tätig. In Deutschland arbeitet die Dr. Alex. Wacker A.G. mit der Dow

Zunahme der wirtschaftlichen Bedeutung der Kunststoffe in den letzten Jahrzehnten. Innerhalb dieser Entwicklung sind Verschiebungen zwischen den Kunststoffarten zu erkennen. Einzelne Kunststoffe, die durch Umwandlung aus Naturstoffen hergestellt werden, haben ihren Höhepunkt überschritten. Die Erzeugung der älteren härteren Harze nimmt nicht mehr stark zu. Um so größer ist aber der Aufschwung der Polymerisat-Kunststoffe, neben denen die neuesten Kunststoffarten noch eine bescheidene Rolle spielen.

Die Weiterzeugung von Kunststoffen insgesamt (ohne Chemiefasern und ohne synthetischen Kautschuk) betrug 1900 etwa 20000 t, 1933 110000 t, 1945 500000 t und 1951 1500000 t. Die Zunahme in den ersten 30 Jahren des Jahrhunderts beruht hauptsächlich auf der Einführung der Phenolharze und der Celluloseabkömmlinge, die weitere Zunahme in den Jahren bis 1945 auf der Einführung und die der letzten Jahre auf der außerordentlichen Erhöhung der Erzeugung von Polymerisaten. In der Abb. 2 ist die

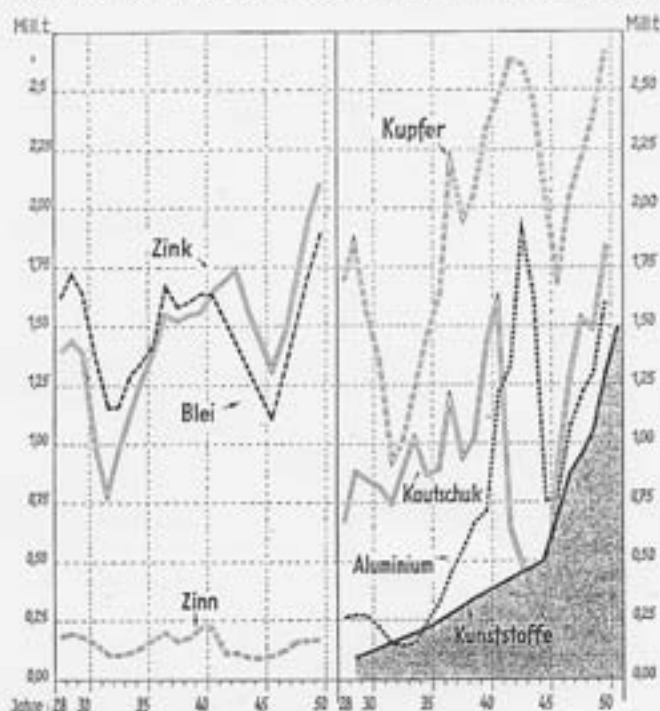


Abb. 2: Entwicklung der Kunststoff-Erzeugung (nach L. Franke, Chem. Ind. 4 [1952], S. 206)

Corning Corp. zusammen, neuerdings bringt auch Bayer Leverkusen Silikone heraus. Die neuen Stoffe haben revolutionierende Eigenschaften vor allem in der Kombination von Temperaturbeständigkeit mit plastischem kunststoffartigen Verhalten. Trotzdem ist ihr Anwendungsgebiet als Kunststoffe bis jetzt immer noch recht klein, da die Preise der Erzeugnisse bislang einer Masseneinführung im Wege stehen, die die außerordentlichen Aufwendungen, die für die langwierige Entwicklung gemacht wurden, erst wirklich lohnend machen würde.

KUNSTSTOFF-WIRTSCHAFT

Die außerordentliche geistige Leistung, die die wissenschaftliche und technische Entwicklung des Kunststoffgebietes auf breiter Grundlage darstellt, spiegelt sich auch wider in der beispiellosen

Entwicklung der Kunststoff-Erzeugung in den letzten zwanzig Jahren derjenigen von Kautschuk, Aluminium und Buntmetallen gegenübergestellt worden. Die stetige steile Entwicklung der Kunststoffe kommt aber noch schärfer heraus, wenn man die erzeugten Mengen nicht dem Gewicht, sondern dem Volumen nach vergleicht. Da ein wesentliches Kennzeichen, das Kunststoffe gegenüber anderen Werkstoffen auszeichnet, ihr geringes spezifisches Gewicht ist, das die Herstellung einer größeren Menge von Erzeugnissen aus gleichen Rohstoff-Gewichten ermöglicht, ist der Vergleich nach Raummengen sehr kennzeichnend. Im Jahre 1950 betrug die Raummenge in Millionen Kubikmeter ausgedrückt bei Zink 0,3, Blei 0,17, Zinn 0,024, Kupfer 0,3, Aluminium 0,59, insgesamt für alle genannten Metalle 1,38 Millionen m³. An Kunststoffen wurden 1,15 Millionen m³ erzeugt. In dieser Betrachtungsweise hat also die verfügbare Kunst-

stoffmenge diejenige der einzelnen Metalle bei weitem überschritten und erreicht fast diejenige der wichtigeren Buntmetalle und des Aluminiums zusammengenommen. Die deutsche Kunststoffindustrie ist an dieser Entwicklung wesentlich beteiligt, wenn auch die schweren Rückschläge durch die Kriegsfolgen und durch den Verlust der sehr bedeutenden mitteldeutschen Erzeugungszentren noch nicht ganz überwunden werden konnten. Das zeigen die folgenden Zahlen:

Die deutsche Kunststoffproduktion

	Gesamterzeugung in t	Wert der Erzeugung in RM/DM
1935	etwa 30 000	etwa 170 000 000
1939	100 000	—
1944	250 000	—
1948	48 000	206 000 000
1949	75 000	303 000 000
1950	98 000	344 000 000
1951	168 000	589 000 000

Wie sich die Erzeugung von Kunststoffen in den letzten Jahren auf die verschiedenen Länder der Erde verteilt, gibt die folgende Aufstellung wieder:

Welterzeugung von Kunststoffen (in t)

	1947	1948	1949	1950	1951*)
USA	611 000	712 700	708 000	850 000	926 000
Großbritannien	108 000	121 000	100 000	110 000	160 000
				b. 112 000	
Westdeutschland	22 800	39 200	62 000	80 000	168 000
Ostdeutschland				28 000	35 000
				b. 30 000	
UdSSR			30 000	38 000	50 000
Frankreich	23 000	25 000	30 000	33 000	40 000
Kanada		14 000	19 000		25 000
Benelux-Länder	18 200		20 000	22 000	25 000
Italien	8 800	9 000	10 400	15 000	
Japan	6 800	8 700	10 000	14 000	
Schweiz	10 300		10 500	11 000	10 000
Schweden			5 000	5 000	
Australien		4 700	5 000		
Andere Länder			40 000	50 000	

Welterzeugung: 870 000 950 000 1 500 000 1 300 000 1 600 000
*) z. T. geschätzt etwa

Der Weltmarkt an Kunststoffen hat ansehnlich heute, entsprechend der Entwicklung einer Kunststoffindustrie in vielen Ländern, gegenüber der Zeit vor dem Kriege abgenommen. Für Westdeutschland sind die entsprechenden Zahlen der letzten Jahre:

Export und Import von Kunststoffen (in 1000 DM)

A. Rohstoffe, einschl. Lack- und Klebharze und Halbzeug		B. Reine Kunststoffwaren, einschl. Kunstleder	
	1949	1950	1951
Export A	3 001	25 589	84 415
Export B	7 416	12 237	41 700
Import A	11 638	9 311	17 028
Import B	142	1 338	1 390

DIE STRUKTUR DER KUNSTSTOFF-INDUSTRIE

Die Kunststoffindustrie ist nicht nur infolge der verwirrenden Fülle von Stoffarten, die zur Verarbeitung kommen, schwer zu übersehen, sondern auch dadurch, daß Kunststoffe in einer ganzen Reihe von Lieferformen in den Handel kommen. In der folgenden Tafel sind die wichtigsten Lieferformen übersichtlich zusammengestellt.

Lieferformen für Kunststoffe

1. Rohstoffe

- Kunstharze (fest, flüssig, dispergiert) auch für Leime, Lacke, Spachtelmassen verwandt
- Kunststoffmassen für plastische Formgebung (Pulver, Körner, Schnitzel, Bahnen) geformte, gegebenenfalls mit Füllstoffen, Weichmachern, Pigmenten versetzte Kunstharze

2. Kunststoff-Halbzeug

durch plastische Formgebung aus den Rohstoffen hergestellt

a) Flächenwerkstoffe

- Folien und Bahnen aus Thermoplasten biegsam, weich, meist in großen Längen auf Rollen gewickelt Dicke 0,05 bis 3 mm; Tafeln (auch Blöcke) in Handelsformaten (z. B. 600 x 1400, 1000 x 2000 mm) aus Duroplasten: starr, meist geschichtet mit Einlagen von Papier, Gewebe, Furnieren, aus Thermoplasten: starr oder gummielastisch, meist homogen.

b) Profile (Rohre, Schläuche, Stäbe)

- aus Duroplasten: starr, in großen Längen stranggepreßt, als Einzelstücke formgepreßt oder gegossen
- aus Thermoplasten: starr oder gummielastisch, stranggepreßt

3. Kunststoff-Formteile

- durch plastische Formgebung der Rohstoffe in allseitig geschlossenen Formen Massenverfahren der Warmpressung für Duroplaste Massenverfahren des Spritzgusses für Thermoplaste
- nur aus Thermoplast-Halbzeug durch thermoclastische Warmformung und Schweißung
- aus Duroplasten und Thermoplasten durch spanabhebende Bearbeitung von Halbzeug

Die Herstellung der Rohstoffe ist nach der geschilderten Entwicklung eine Großindustrie geworden, innerhalb derer wiederum zwei Gruppen, wenn auch nicht streng, zu unterscheiden sind. Härzbare Kunstharze, vor allem auf Grundlage von Phenolen, werden vorwiegend von den Firmen hergestellt, die sich seit langem der Entwicklung und Erzeugung der Prellmassen aus härzbaren Kunstharzen mit Füllstoffen verschiedener Art gewidmet haben. Das sind in Deutschland zur Zeit 12 Firmen. Harzstoff- und Melaminharze haben zur Grundlage die Produkte der Luftstickstoffgewinnung, die von der chemischen Großindustrie betrieben wird. An der Erzeugung dieser Harze vor allem für ihre Verwendung als technische Bindemittel, Leime, Textilhilfsmittel usw. ist daher die chemische Industrie stärker beteiligt. Die Polymerisationsharze sind von vornehmlich Ergebnisse systematischer chemisch-technischer Entwicklung, wie sie in Deutschland vor allem von den Firmen der früheren I.G. Farbenindustrie betrieben wurde. An der Erzeugung derartiger Kunstharze sind daher nur wenige Firmen, und zwar derzeit die Badische Anilin- & Soda-Fabrik, Ludwigshafen; die Chemischen Werke Hüls, Marl; die Farbwerke Hoechst, Höchst; die Röhm u. Haas G.m.b.H., Darmstadt, und die Alex. Wacker A.G., München, beteiligt. Die Farbenfabriken Bayer betätigen sich vor allem auf dem Gebiet der Cellulosederivate und der neuesten Kunststoffe auf Polyurethangrundlage. Eine Sonderstellung in der deutschen Kunststoffindustrie nimmt, entsprechend der ihr im Rahmen der früheren I.G. zugeteilten Aufgabe, die Dynamit-A.G., Troisdorf, ein, die Preß- und Spritzgüßmassen und Halbzeug aller Art aus Kunstharzen eigener und fremder Erzeugung herstellt. Die Lieferanten von Kunststoff-Halbzeug sind nach der historischen Entwicklung eine besondere, im einzelnen weiter unterteilte Gruppe. In diese gehören zunächst die Hersteller von Kunstborn und Celluloid, das nur als Halbzeug lieferbar ist, ferner auch die

Firma Röhm u. Haas, die polymerisiertes Halbzeug auf Grundlage von Methacrylsäureestern (Plexiglas-Erzeugnisse) liefert. Die Hersteller von Schichtstoffen (englisch „Laminators“), die alle engen Verbindungen mit der elektrotechnischen Industrie haben, stehen zwischen den Kunststoffherstellern und typischen Verarbeiterfirmen. In Amerika stellen sie — wie in Deutschland die Dynamit-A.G., Troisdorf — vielfach auch Vulkanfaser her und greifen in die Sperrholzindustrie über. Die Bedeutung dieser Gruppe wächst mit der Ausbreitung geschichteter Werkstoffe für Konstruktionszwecke und als Baumaterialien. Zwischen Kunststoffherstellern und -verarbeitern stehen auch die Hersteller von Kunstleder mit und ohne Gewebeträger, vielfach Firmen mit einer langen Tradition, die mit dem Wachsdruck aus vegetabilischen Ölen und dem Nitrocellulose-Streichkustleder beginnt. Folienhersteller kommen andererseits von der Gummisäureherstellung her, ebenso diejenigen von gummielastischen Profilwerkstoffen aus Thermoplasten. Besonders eng ist die Verbindung zwischen der Verarbeitung von Gummi und thermoplastischen Kunststoffen auf dem Gebiet der Herstellung isolierter Leitungsdrahte und Kabel.

Im Gegensatz zur Kunststoffherstellung und meist auch der Herstellung von Halbzeug wird die Kunststoffverarbeitung auf Fertigwaren von zahlreichen kleineren Firmen durchgeführt. In den westeuropäischen Ländern schließen sich an je 20 bis 30 Erzeugerfirmen 500 bis 2000 Verarbeiter an. Diese sind nur

bedient nach Rohstoffgebieten, hauptsächlich nach der Art der Verarbeitung einzustellen. Preß- und Spritzgüßfertigung werden von einer weit verzweigten, teilweise auf einzelnen Anwendungsgebieten spezialisierten Mittel- und Kleinindustrie hergestellt, die bevorzugt in Gebirgsgegenden ansässig ist. Ihr westdeutsches Zentrum liegt im Sauerland um Lüdenscheld. Weitere Schwerpunkte sind im Odenwald und in Franken vorhanden. Weiterhin hat sich die Presserei in Orten mit starker Elektroindustrie wie in Berlin besonders entwickelt. Mehr handwerklich in der Art ihrer Fertigung sind viele Betriebe, welche aus Celluloid, Acetylcelluloid, Kunsthorn, Edelharz, Plexiglas Gebrauchsartikel herstellen. Auch technische Erzeugnisse, wie Lager oder Zahnräder aus Schichtstoffen, vor allem aber Apparate aus thermoplastischen Kunststoffen werden von Betrieben erzeugt, die vielfach an der Grenze zwischen Maschinenfabriken und technischen Handwerksbetrieben stehen. Die Beherrschung dieser Gebiete erfordert ingenieurtechnische Kenntnisse und handwerkliche Fähigkeiten, die an besonderen Schulungstätten erworben werden können. Ein Hinweis auf die Bedeutung, die Kunststoffe für die Verarbeitung in Tischlerwarenbetrieben, bei der Kofferherstellung und in der Bekleidungsindustrie gewonnen haben, möge genügen, um die weitere außerordentliche Verzweigung der Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk anzudeuten, welche in den folgenden Aufzählungen nach Verwendunggebieten aufgeteilt dargestellt wird.

Oberling, Werner Hwewerkamp, Troisdorf, Bez. Köln

KUNSTSTOFFE IM APPARATEBAU

Der Apparatebau in der chemischen Industrie macht sich immer mehr die Vorteile korrosionsfester Kunststoffe nutzbar. Wenn auch die hauptsächlichsten Vorteile in der fast unbegrenzten chemischen Beständigkeit dieser Werkstoffe begründet sind, so spielen doch meistens bei der Auswahl der Werkstoffe für chemische Apparaturen auch andere Gesichtspunkte, wie zum Beispiel das geringe spezifische Gewicht, die gute handwerkliche Verformbarkeit und andere Eigenschaften ebenfalls eine ausschlaggebende Rolle.

Für den chemischen Apparatebau hat das Halbzeug aus Polyvinylchlorid (PVC) (Handelsnamen Trovidur*) — Vinidar**) und aus Polyisobutyl (Dynagen*) — Oppanol**) Bedeutung gewonnen. Polystyrol (deutscher Rohstoffhandelsname Lupolen*) — Halbzeugname Trofen**) hat sich bisher noch wenig eingeführt, da es vorläufig nur in sehr geringem Umfang verfügbar ist. Die mit Polystyrolpulver im Spritzverfahren auf Metall aufgetragenen Spritzüberzüge haben sich bisher in bestimmten Anwendungsgebieten mit gutem Erfolg durchsetzen können. Es ist auch anzunehmen, daß es vorerst infolge der bei uns besonders weit entwickelten Verarbeitungstechnik der erstgenannten Kunststoffe für den Apparatebau nicht die Bedeutung erlangen wird, die es z. B. in Großbritannien auf diesem Gebiete bereits hat.

Neben diesen thermoplastischen Kunststoffen werden als Werkstoffe für chemische Apparaturen auch härtbare Kunstharze eingesetzt. Füllstoffreies Edelharz dient für kleinere, auf Festigkeit und Temperatur beanspruchte Apparatebauteile. Formteile aus den üblichen Preßstoffen werden seltener verwendet (Beispiele im Bildtext), mehr dagegen mineralisch gefüllte Phenolharz-Kunststoffe, wenn auf Temperaturbeständigkeit und Beständigkeit gegen Lösemittel Wert zu legen ist.

In vielen Zweigen der chemischen Technik konnten mit dem Einsatz von Kunststoffen bedeutende Vorteile erzielt werden. Demgegenüber stehen zwar auch gelegentliche Fehlschläge, die zum Teil auf Fehlanwendungen, zum Teil auf Unzulänglichkeiten der Verarbeitungstechnik beruhen. In den ersten Jahren nach dem Kriege wurden sie manchmal auch durch ungleichmäßige Eigenschaften des Materials aus der neu anlaufenden Produktion hervorgerufen. Aus den Erfahrungen sind aber in den letzten Jahren wertvolle Erkenntnisse gesammelt und beachtenswerte Fortschritte erzielt worden. Dadurch sind die Fehlschläge letzten Endes Meilensteine auf dem Wege zum endgültigen Erfolg geworden.

Bei den meisten im chemischen Apparatebau verwendeten Bauteilen tritt doch mit der Dauer der Zeit selbst bei hinreichender chemischer Beständigkeit eine Substanzverminderung ein, im Gegensatz zu den oben angeführten Kunststoffen, die keinen substanzmindernden Einflüssen unterliegen. Selbst bei Angaben der bedingten Beständigkeit gegenüber dem chemischen Eingriff äußert sich diese bei den thermoplastischen Kunststoffen zumeist nur in Quellungserscheinungen; lediglich von Lösungsmitteln werden diese mehr oder weniger stark aufgeduldet.

Es ist wichtig, daß man sich schon beim Planen neuer Anlagen, in denen Kunststoffe verwendet werden sollen, der Erfahrungen der

kunststoffverarbeitenden Industrie bedient, um das Risiko eines Fehlschlages zu vermeiden. Vorbedingungen sind hierzu genaueste Angabe über die chemische, thermische und mechanische Betriebsbedingung für die einzelnen Einsatzfälle. Für eine ganze Reihe von Verwendungszwecken liegen zum Teil langjährige Erfahrungen über Materialbeständigkeit, Verarbeitungstechnik und Betriebsbewährung vor, die wiederum Rückschlüsse auf andere neue Einsatzmöglichkeiten zulassen. Bei allen großen kunststoffverarbeitenden Firmen stehen heute dem Interessenten Beratungsgutachten unverbindlich zur Verfügung. Vielfach werden jedoch bei den komplizierten chemischen Prozessen und dem Zusammenwirken vieler Komponenten nur Betriebsversuche über die Möglichkeit des Einsatzes der einzelnen Werkstoffe Klarheit bringen können.

Halbzeug aus Polyvinylchlorid (PVC) hat für den Apparatebau die weitaus größte Bedeutung, weil dieser Werkstoff nicht nur zum Verkleiden von Apparaten, sondern auch für selbsttragende Konstruktionen verwendet werden kann. Erzeugnisse aus Polyisobutyl können dagegen lediglich, zum Teil noch dazu wahlweise mit PVC, für Auskleidungen angewandt werden.

Kleinere Apparatebauteile können, sofern es sich um größere Stückzahlen handelt, aus härtbaren Kunstharzen im Preßverfahren gefertigt werden. Aus härtbaren Harzen mit mineralischen Füllstoffen, z. B. „Kera-Kunststoff“) und „Hareg“**), werden im Handformverfahren Wannen, Blasen, Behälter und dgl. hergestellt. Diese Werkstoffe haben zwar nicht die universelle chemische Beständigkeit wie die gleichen Teile aus thermoplastischen Kunststoffen, können aber demgegenüber in manchen Fällen für erhöhte Temperaturen eingesetzt werden.

ROHRLEITUNGSBAU

Umfangreiche Verwendung hat Polyvinylchlorid im Rohrleitungsbaubereich gefunden, wenn es sich darum handelt, aggressive Flüssigkeiten und Gase zu transportieren. Die heute angewandten hochentwickelten Verarbeitungsmethoden gewähren für derartige Anlagen völlig ausreichende Betriebssicherheiten, so daß Anwendungen in der gesamten chemischen Industrie in steigendem Ausmaß erfolgen.

Schon heute ist die Verlegung von PVC-Rohranlagen mehr und mehr technisches Allgemeinwissen geworden. Zumindest mittlere und größere chemische Betriebe unterhalten kleinere Verarbeitungswerkstätten, die in ihrer Größenordnung den mittleren betrieblichen Erfordernissen für die Verlegung von PVC-Rohrleitungen angepaßt sind. Derartige Werkstätten sind durchaus wirtschaftlich, wenn sie eine Kapazität, die dem Durchschnittsbedarf der Betriebe entspricht, nicht übersteigen. Es wird hierbei sehr leicht der Fehler gemacht, in diese Verarbeitungswerkstätten auch den meist geringeren Bedarf des Apparatebaus mit einzubeziehen, ein Umstand, der die Rentabilität dieser Werkstätten herabsetzt. Ein Teil des Apparatezubehörs wird von

*) Handelsname der Gewerkschaft Kerachemie, Darsbühl/Wasserfeld.

**) Handelsname der Firma Dr. Otto-Schreber, Siedorf am Rhein.

den verschiedenen Fachfirmen der Kunststoffverarbeitung bereits in solider Serienkonstruktion hergestellt und kann daher mit geringerem Kostenaufwand bezogen werden. Zudem sind auch für die Verformung von Apparaten und Apparateteilen zumeist Vorrichtungen, wie zum Beispiel Dorne und Ziehformen, erforderlich, die sich bei einer Einzelherstellung nicht amortisieren, die jedoch bei den vielseitigen Betrieben der Kunststoffverarbeitenden Firmen zum Teil vorhanden sind. Weiter erfordert der erheblich teure Werkstoff eine restlose Materialausnutzung, die in vollem Umfang nur dort gegeben ist, wo durch einen vielseitigen Serienbau die Bedingungen dazu gegeben sind. Auch dürfen die Kosten der Lagerhaltung nicht außer acht gelassen werden, da ein reichhaltiges Lager in allen Abmessungen und Stärken die Voraussetzung zur Herstellung preisgünstiger Anlagen ist. Über den Rahmen des durchschnittlichen Bedarfs hinausgehende Fertigungen sollten daher in der zuständigen Industrie gedeckt werden, wie das auch in allen anderen Sparten des Apparatebaus üblich ist.

Für die Betriebssicherheit von PVC-Rohrleitungen sind neben werkstoffgerechter Verarbeitung die Anordnung ausreichender Rohrstützungen, die richtige Wahl der Unterstützungsstellen und die Anordnung ausreichender Dehnungsmöglichkeiten von ausschlaggebender Bedeutung. Die Nichtbeachtung der günstigsten Verformungstemperatur bei Rohrverformungen und Muffungen sowie die Vernachlässigung der schnellen Abkühlung nach dem Verformungsprozess können Ursachen zu weitaus späterem Auftreten von Rißbildungen sein.

Die Abstände der Rohraufhängungen, insbesondere bei flüssigkeitsbelasteten Leitungen, sollen nicht über 1 m betragen. Bei kürzeren Leitungen ohne besondere Dehnungsbögen sollte lediglich ein Festpunkt angeordnet werden, die weiteren Aufhängungen sollen im allgemeinen nur Unterstützungen sein und sollen die Möglichkeit zu Verschiebungen in Rohrschichtung zulassen. Bei längeren und komplizierteren Leitungssystemen werden Ausdehnungsbögen je nach den vorliegenden Betriebsbedingungen angeordnet. Dabei soll zwischen je 2 Ausdehnungsbögen 1 Leitungsfestpunkt liegen. Bei der Konstruktion der Aufhängungen sollte das geringe Eigengewicht der Leitungen durch ebenso leichte Konstruktionselemente berücksichtigt werden. Eine Aufhängung der Leitungen an Spannsaiten ist in vielen Fällen schon ausreichend.

Für die sichere Funktion derartiger Leitungssysteme und für deren unbedingte Betriebssicherheit ist es erforderlich, PVC-Leitungen vor starken mechanischen Beanspruchungen zu schützen. Dies sollte in der Weise geschehen, daß man an gefährdeten Punkten geeignete Beschädigungen anbringt oder von vornherein die Möglichkeit zur Beschädigung durch einen zusätzlichen mechanischen Schutz (Stoßbletgitter oder sonstige Vorkehrungen) ausschließt. Vor allen Dingen sollte man es nicht unterlassen, die Betriebsangehörigen in den grundsätzlichen Materialeigenschaften zu unterweisen.

Eingebaute Absperrorgane sind innerhalb der Leitungen möglichst starr zu befestigen, damit durch die Bedienung der Organe keine unzulässigen mechanischen Beanspruchungen auftreten können. Es sind dies Sicherheitsmaßnahmen, deren weitgehende Beachtung dem eigenen Betrieb Nutzen bringen.

Die Verbindung von PVC-Rohrleitungen kann auf verschiedene Arten vorgenommen werden.

Unlösbare Verbindungen sind:

1. Die einfache Stumpschweißverbindung (Abb. 1).
2. Die (geschweißte) Muffenverbindung (Abb. 2).
3. Die flexible Manschettenverbindung (Abb. 3 und 4).

Die Stumpschweißverbindung (Abb. 1) findet nur selten Anwendung bei der Rohrverlegung. Die größere Sicherheit bietet die Muffenverbindung (Abb. 2), die bei der festen Rohrverlegung fast ausschließlich angewandt wird. Das Aufmaßen der Rohre wird im Bereich der plastischen Verformungstemperaturen des Materials mit leichtem Übermaß gegenüber dem in die Muffe

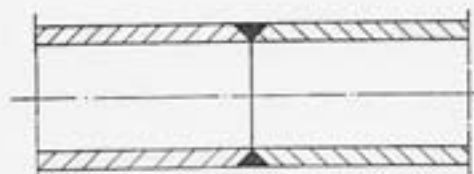


Abb. 1

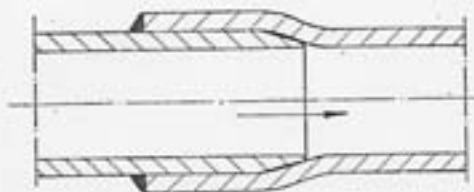


Abb. 2

einzuschleibenden Rohrende vorgenommen. Bei einem nachträglichen Anwärmen der aufgeschobenen Muffe wird eine feste Aufschumpfung auf das einzuschleibende Rohrende der Muffe durch das dem Material eigene Rückstellbestreben bewirkt. Bei kleineren Rohrenweiten genügt in den meisten Fällen eine einfache Verklebung der Muffe mittels PC-Kleber zur Abdichtung, um eine einwandfreie Abdichtung der Stoßstelle zu erhalten. Bei größeren Rohrenweiten erfolgt eine Verschweißung der Muffe mit dem glatten Rohr, dabei kann auf eine zusätzliche Verklebung verzichtet werden. Das eingeschobene Rohrende soll stets in Flußrichtung liegen.

Bei Rohrleitungen niedriger Nenndrücke wird vielfach die flexible Manschettenverbindung (Abb. 3 und 4) gewählt. Diese Verbin-

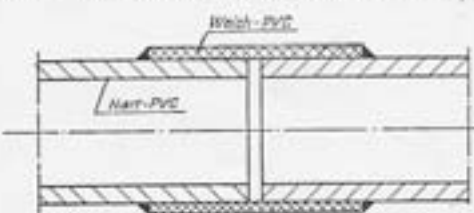


Abb. 3

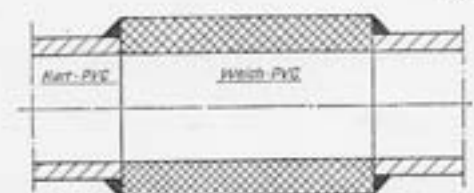


Abb. 4

dungen bieten einen idealen Ausgleich gegen die vielfach erheblichen Ausdehnungen des Materials. Die Verbindungen können jedoch nur bei drucklosen Leitungen und normalen Temperaturen angewandt werden, weil sie nicht druckfest sind.

Lösbare Verbindungen sind:

1. Die flexible Rollverbindung (Abb. 5).
2. Die Verschraubungsverbindung (Abb. 6).
3. Die Losflanschverbindung mit Bundbüchse (Abb. 7).
4. Die Losflanschverbindung mit Bordring (Abb. 8).
5. Die Festflanschverbindung (Abb. 9).

Die flexible Rollverbindung (Abb. 5) wird bei Rohrleitungen minderer Drücke und Temperaturen angewandt. Ihr Vorteil liegt ebenfalls wie bei der Manschettenverbindung (Abb. 3 und 4) in der

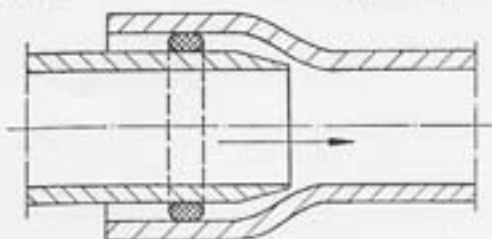


Abb. 5

Nachgiebigkeit gegenüber den Rohrdehnungen. Ebenfalls werden Verschiebungen der einzelnen Rohrlängen aus der Rohrachse gut ausgeglichen. Selbst Umlenkungen können mit dieser Verbindung auf einfachste Weise durchgeführt werden. Die Verbindung sollte überall dort eingesetzt werden, wo eine schnelle oder auch provisorische Montage durchgeführt werden muß. Der Dehnungsausgleich senkrechter Kamine kann ebenfalls mit dieser Verbindung durchgeführt werden.

Für kleinere Rohrweiten bis Nennweite 50 kann als leicht lösbare Verbindung die Rohrverschraubung (Abb. 6) eingesetzt werden. Sie hat im allgemeinen den Nachteil, daß sich das Gewinde durch Quellungserscheinungen oder überstarkes Anziehen der Verbindung festsetzen und verkleben kann. Aus diesem Grund wählt man als lösbare Verbindung bei Druckleitungen die lose Flanschverbindung (Abb. 7 und 8). Das Aufsetzen von Bundbüchsen (Abb. 7) für die Halterung der Flansche gewährleistet einen zügigen Übergang vom Rohr auf den Flansch anlagebund und damit einen günstigen Kraftfluß. Demgegenüber bietet das Aufsetzen von einfachen Bordringen (Abb. 8) insbesondere bei größeren Rohr-

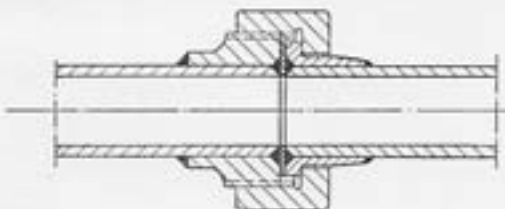


Abb. 6

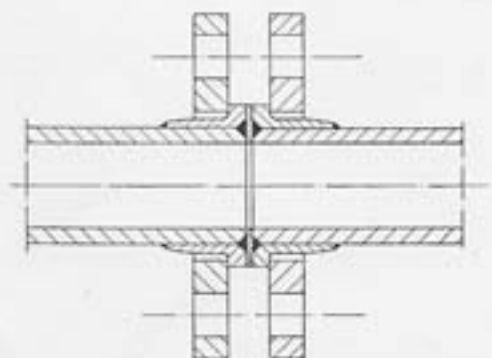


Abb. 7

dimensionen erhebliche Preisvorteile, ohne die Festigkeit der Verbindung herabzusetzen. Wo die Verbindung mittels Verklebung durchgeführt werden soll, kann natürlich nicht auf die Anordnung von Bundbüchsen verzichtet werden.

Die Anbringung von Bundbüchsen wie auch von Bordringen erfolgt durch eine Schweißverbindung mittels V-Naht an der Bund- oder Bordringseite. Zur Sicherheit kann auf der Rückseite des Bordringes sowie am Schaftende der Bundbüchse eine zusätzliche Schweißnaht angebracht werden. Die Ansicht, daß die zusätzliche Schweißnaht an der Rückseite des Bordringes oder am

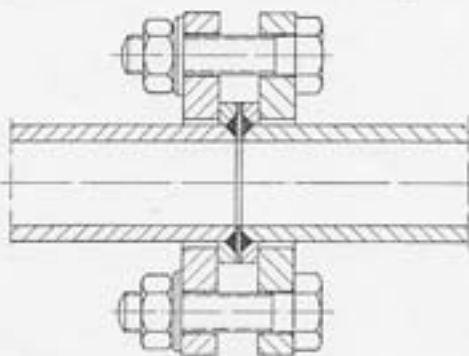


Abb. 8

Schaftende durch eine dadurch hervorgerufene Kerbwirkung die Sicherheit der Verbindung herabsetzt, entbehrt der Begründung durch systematische Erforschung. Die praktischen Erfahrungen haben jedenfalls diese Ansicht nicht bestätigt. Auch hier gibt die sorgsame Beachtung der Verarbeitungsvorschriften bei der Haltbarkeit der Verbindung den maßgeblichen Ausschlag.

Für die Verlegung von Rohranlagen benötigte Fittings, wie Bögen, Ausdehnungsbögen, Abzweigstücke, sind fertig beziehbar. Ebenso Absperrorgane in verschiedenen Ausführungen in Schrägsitz-, Gradstz- und Membranausführung. Das Membranventil besitzt keinerlei der Korrosion unterliegende Metallteile. Die übliche zu Undichtigkeiten neigende Stopfbüchse ist durch eine sicher schließende Membrane aus weichmacherfreiem Lupolen-Oppanol-Gemisch ersetzt. Die Membrane übernimmt gleichzeitig die Aufgabe der Flüssigkeitsabsperzung. Undichtigkeiten und Nachropferscheinungen, wie sie durch Fremdkörper im Ventilsitz hervorgerufen werden können, werden bei der obigen Ausführung sicher vermieden, weil die weiche, nachgiebige Membrane kleinere Unebenheiten ohne weiteres ausgleicht. Der durch die Konstruktion bedingte Strömungswiderstand wird durch vergrößerte Durchlaßquerschnitte herabgesetzt (Abb. 10).

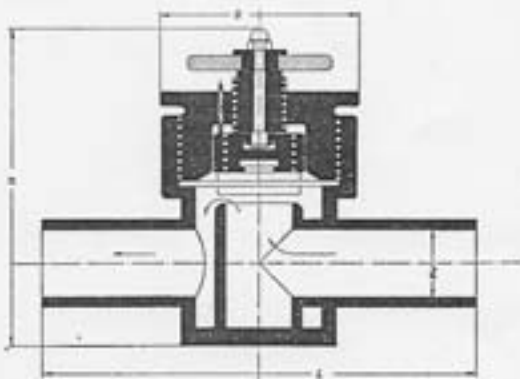


Abb. 10

Eine über den üblichen Rahmen des PVC-Einsatzes hinausgehende steigende Bedeutung gewinnen PVC-Rohrleitungen in Ent- und Belüftungsanlagen. Leitungssysteme in beliebigen Formen und

Querschnitten größerer Ausmaße werden im Hinblick auf die überaus guten Erfahrungen mehr und mehr in der gesamten chemischen Industrie, hier insbesondere in Chemiefaser-Betrieben, Belzeereien und Laboratorien mit gutem Erfolg eingesetzt. Die werkstoffeigenen Merkmale der PVC-Erzeugnisse, wie die universelle chemische Beständigkeit, die leichte Formgebungsmöglichkeit und vor allen Dingen das geringe Gewicht derartiger Anlagen, haben dem Material hier den Einsatz erschlossen. Lüftungsrohre von NW 100 aufwärts werden aus Plattenmaterial mit stumpfen Schweißnähten hergestellt. Innerhalb der Leitungssysteme werden die Rohrverbindungen stumpf verschweißt (Abb. 1) oder mit festen Flanschverbindungen (Abb. 9) oder zur Überbrückung der Ausdehnungen mit flexiblen Manschettenverbindungen (Abb. 3 und 4) verlegt.

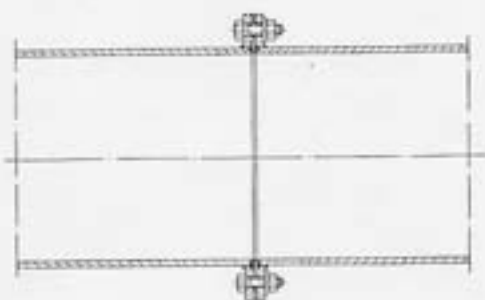


Abb. 9

Vorbereitung zu einer Bewehrung sämtlicher PVC-Rohrleitungssysteme ist die Anordnung genügender Dehnungsmöglichkeiten. Bei Druckleitungen, insbesondere im Freien, werden Dehnungsbögen in ausreichendem Maße angeordnet. Bei Abfuhrleitungen erfüllen einfache flexible Zwischenmanschetten (Abb. 3 und 4) den gleichen Zweck. Starre Befestigungen sollen auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben. Man gebe in allen Fällen derartigen Leitungen die Möglichkeit ungezwungener Ausdehnungen. Besonders konstruktive Vorkehrungen an Gebäuden und bestehenden Anlagen erübrigen sich in den meisten Fällen. Vielmehr können PVC-Rohrleitungen auf einfachste Weise an bereits verlegte Metall-Leitungen aufgehängt werden.

In der Praxis ergaben sich Fälle, in denen defekt gewordene Leitungssysteme auf den verschiedensten Werkstoffgrundlagen in Teilabschnitten erneuert werden müssen. Hier besteht die einfache Möglichkeit, fertige Einbaulängen aus PVC-Rohren ohne Schwierigkeiten einzufügen. Von dieser Tatsache wird in vielen Fällen Gebrauch gemacht.

Neben PVC-Rohren haben sich in der Praxis, in zumeist temperaturbedingten Grenzfällen, mit Polyisobutyl (Oppanol-ORG) ausgekleidete Rohre bewährt. Da derartige Rohrverkleidungen in der Hauptsache bei Rohren größerer Nennweiten angewandt werden, soll darauf später unter dem Abschnitt „Auskleidungen“ noch besonders hingewiesen werden.

Auch Rohrleitungen aus „Kera-Kunststoff“ (s. Bildteil) und „Havag“-Material, vorerst in Nennweiten bis 300 mm und in Fertigungslängen bis 4 m, finden im chemischen Apparatebau Anwendung. Die Wandungsstärken und demzufolge die Gewichte derartiger Leitungen sind erheblich größer als diejenigen aus thermoplastischen Kunststoffen, liegen aber unter denen ähnlicher Anlagen aus Steinzeug. Die Verbindung derartiger Rohrleitungen erfolgt durch Flansche oder verziehbare Muffen wie bei Steinzeugleitungen.

Das Gebiet der Rohrleitungen kann nicht abgeschlossen werden, ohne einen besonderen Hinweis auf eine bemerkenswerte Neuentwicklung zu geben, die für die Praxis große Bedeutung gewinnen dürfte. Seit kurzer Zeit erscheinen auf dem Markt metallgepanzerte Vinidurrohre, die die Wünsche der Praxis in bezug auf

die Erhöhung der Betriebssicherheit und Unempfindlichkeit von Kunststoffrohren weitgehend erfüllen. Gepanzerte PVC-Rohre bestehen aus einer gegenüber den normalen PVC-Rohren verhältnismäßig dünnen PVC-Einlage, über die im Streckverfahren ein Metallmantel (vorzugsweise aus Aluminiumlegierung) gezogen ist. Die Rohre können für einen Neuedruck bis 100 atü ohne weiteres hergestellt werden. Durch den äußeren Metallstützmantel können derartige Rohre in vielen Fällen erhöhten Betriebstemperaturen (80 bis 90° C) ausgesetzt werden. Die durch den Metallmantel erreichte Unempfindlichkeit gegen mechanische Beschädigungen wird dieser Neuentwicklung ein weites Einsatzgebiet eröffnen. Die Montage gepanzelter PVC-Rohre macht keinerlei Schwierigkeiten und kann auf einfachste Weise bewerkstelligt werden. Ventile, Verzweigungs- und Verbindungsstücke für gepanzerte Rohre zeigt der Bildteil. Eine einfache Flanschverbindung mit losen Flanschen zeigt Abb. 11. Hierbei ist der Metallmantel durch Staschdruck doppelt gebördelt worden und gibt die Halterung für den losen flammch. Die Rohreinlage aus Polyvinylchlorid wird nach dem üblichen Verformungsvorgang über den Metallflansch gebördelt. Die Ab-

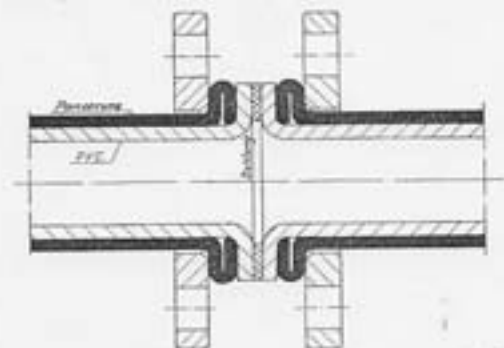


Abb. 11

dichtung des Stoßes erfolgt durch Dichtungsscheiben, außerdem kann eine zusätzliche Randverschweißung des Kunststoff-Bördelrandes durchgeführt werden. Bei Rohren insbesondere größerer Nennweiten kann mittels der auf dem Markt befindlichen Metallkleber eine Halterungsbüchse für die Gegenhalterung der

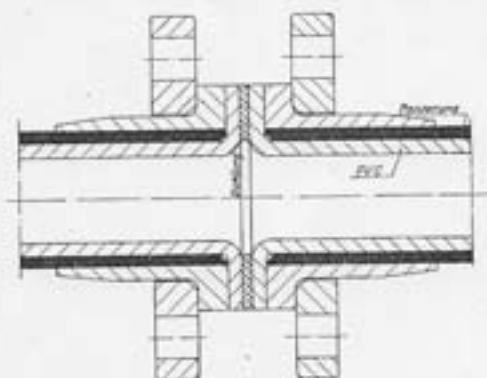
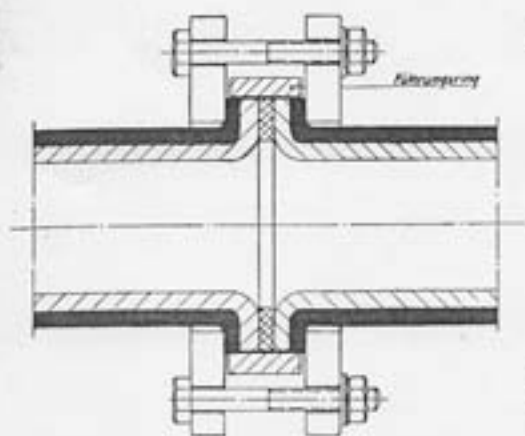


Abb. 12

Flansche (Abb. 12) aufgeklebt werden. Eine Flanschverbindung, bei welcher der Verbindungsstoß durch einen zusätzlichen Führungring gepanzert wird, ist in Abb. 13 dargestellt. Einen einfachen Rohrstoß in raumsparender Konstruktion zeigt Abb. 14. Die PVC-Schweißnaht ist durch eine zweiteilige Metallbüchse abgedeckt. Die Stoßpanzerung wird durch eine übergeschobene verklebte Metallbüchse bewirkt.



Eine Verschraubungsverbindung wird in der in Abb. 15 dargestellten Anordnung durchgeführt.

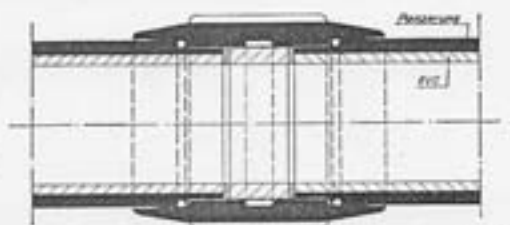


Abb. 15

Bögen (Abb. 16) und Abzweigstücke (Abb. 17) werden durch geformte Metallhalbchalen mittels Klemmen und Verschraubungen gepanzert.

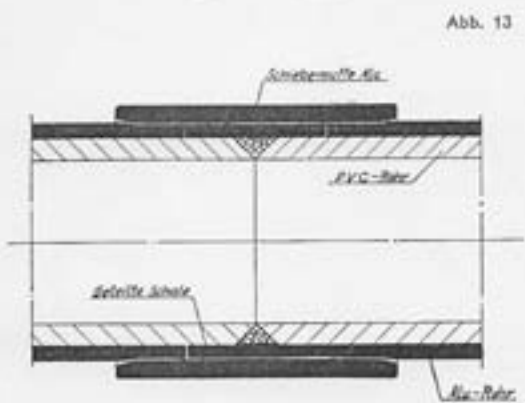


Abb. 13

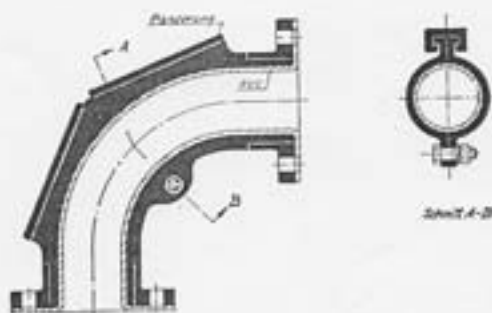


Abb. 16

Abb. 14

Die Entwicklung der zugehörigen Armaturen und Absperrorgane ist in vollem Gange, so daß mit dem baldigen Einsatz derartiger

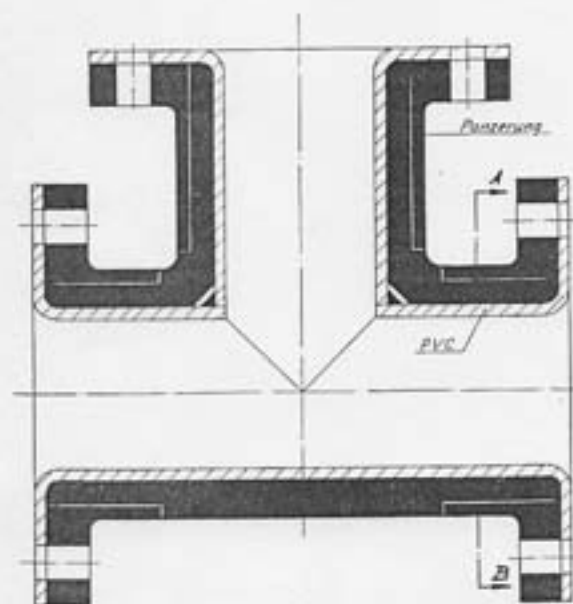


Abb. 17



Rohrsysteme gerechnet werden kann. Eine feste Rohrverbindung durch Muffung und nachträgliche Schweißungen wird sich jedoch bei gepanzerten Röhren nicht durchführen lassen.

APPARATE, GERÄTE, LABOREINRICHTUNGEN

Es würde zu weit führen, den bisherigen erfolgreichen Einsatz der Kunststoffe im Apparatebau im Rahmen dieser kurzen Abhandlung aufzuführen. Aus der Vielzahl der neueren Entwicklungen der letzten Jahre mögen daher nur einige markante Beispiele Hinweise für die allgemeinen Anwendungsmöglichkeiten geben. Einfache Betriebsgeräte für Laboratorien und Betrieb, wie Eimer, Kannen, Schalen, Trichter und dergleichen, werden in Serienausführung, aus handwerklicher Arbeit und formgepreßt geliefert.

In neu erstellten Laboratorien sind Abflußbecken mit Siphons sowie Sinkkästen für die Ableitung der aggressiven Abwässer eingebaut worden. Laboratorien verwenden darüber hinaus verschiedenartige Spezialapparaturen aus PVC, wie beispielsweise Heber, Flaschen, Vorratskannen, Abzugskapellen, Tischbelege, Korrosionsprüfkästen, Zerstäubungstrockner usw.

Allgemeines Interesse für die verschiedensten Betriebszweige besitzen die korrosionsfesten Kunststoff-Entlüftungsanlagen. Die Temperaturen solcher Anlagen liegen in den erfüllbaren Bereichen, die mechanischen Beanspruchungen sind minimal. Besonders wichtig für diesen Einsatz ist auch die äußere Korrosionsfestigkeit solcher Rohrleitungen und Apparaturen, wegen der in den Räumen vorhandenen aggressiven Gase. Unter Berücksichtigung aller Faktoren, wie reiner Anschaffungspreis, Montagekosten, Haltbarkeit und Wartung sind auf die Dauer gesehen, derartige Anlagen überaus wirtschaftlich. Gerade auf diesem Gebiet werden PVC-Anlagen in großem Umfang eingesetzt. Die leichte Verformbarkeit der Kunststoffe kommt den Konstruktionswünschen der Entlüftungstechnik entgegen. Diese Entlüftungsanlagen mit ihrem Zubehör sind dadurch konstruktiv zu einem Teil der Apparatebautechnik geworden. Auch hier gilt das gleiche, wie für den vorher beschriebenen Rohrleitungsbau, da PVC-Lüftungssysteme ohne große konstruktive Veränderungen von Gebäuden und Einrichtungen vorgesehen werden können. Die Anpassungsmöglichkeiten der Lüftungsquerschnitte an vorhandene Kanäle und Schächte mit der durch die geringe Materialstärke bedingten restlosen Aussparung vorhandener Kanalquerschnitte sind besonders in Erscheinung tretende Vorteile. Auch auf diesem Gebiet tritt das geringe Gewicht solcher Anlagen, die leichte Verlegungsmöglichkeit, einfache Befestigung und lüftungstechnisch gesehen die Möglichkeit zur Anordnung stetiger Querschnitte in günstige Erscheinung.

Um die Anlagen vollkommen zu machen, wurden in gleicher Weise korrosionsfeste Exhaustoren aus PVC entwickelt. Bereits als Serienfabrikate auf dem Markt sind derartige Exhaustoren in der Ausführung des Niederdruck-Exhaustors für mittlere statische Drücke bis 50 mm WS und des Mitteldruck-Exhaustors für statische Drücke bis 250 mm WS und für Absaugleistungen bis 20000 cbm/h. Sie bieten selbst gegenüber Exhaustoren aus anderen Werkstoffen erhebliche Vorteile.

Exhaustoren in Verbindung mit Entlüftungrohrsystemen und Gaswäschern aus PVC-Material sind in bemerkenswerten großen Anlagen in der chemischen Industrie eingesetzt worden und sind als Musterbeispiele für die wirtschaftliche Anwendung von Kunststoffen herzustellen.

Die bisher wohl größte und ausgedehnteste Absaugleitung wurde in jüngster Zeit für einen chemischen Großbetrieb im Ausland gefertigt. Es handelt sich dabei um eine SO₂-Leitung in selbsttragender PVC-Konstruktion. Auf Grund ihres auf diesem Gebiete nicht alltäglichen Umfanges, sowie ihrer konstruktiven Ausbildung und Anordnung, kann sie dem Apparatebau zugerechnet werden. Die Leitung hat eine lichte Weite von 300 mm und eine Gesamtlänge von etwa 700 m und liegt zu neun Zehntel ihrer Länge im Freien. Mit Rücksicht darauf und mit Rücksicht auf den inneren Gasdruck von 1200 mm WS wurden die Röhre aus 6 mm

starken Platten verschweißt. Das gesamte Rohrsystem konnte auf einfache Weise unter vorhandenen metallischen Freileitungen befestigt werden. Die einzelnen Rohrstücke haben durchschnittlich eine Länge von 10 m. Zur Überbrückung der erheblichen Dehnungen sind an den Stößen Weichmanschetten vorgesehen. Jeder Rohrstoß hat eine feste Aufhängung, die weiteren Aufhängungen in maximalen Abständen von 2000 mm sind lose Unterstützungen. Zu dieser Anlage gehören Venturirohre und Gaschieber. Die Konstruktion eines solchen Gaschiebers in Ausführung eines Schrägstützventils wird im Bildteil gezeigt.

Auch die Entwicklung zur Herstellung von Kreiselpumpen hat zufriedenstellende Fortschritte gemacht und hat zur Aufnahme von Serienfabrikationen dieser Apparate geführt. In den verschiedensten Größen, von der Laborpumpe bis zur leistungsstarken Betriebspumpe sind PVC-Kreiselpumpen in soliden Konstruktionen auf dem Markt.

Die Vervollkommnung der Arbeitsverfahren findet ihren Ausdruck in der Erstellung betriebsfertiger Anlagen größerer Ausmaße auf den verschiedensten Gebieten der Technik. Betriebe, deren Einrichtung im besonderen Ausmaße den Einflüssen der bei Arbeitsverfahren entstehenden aggressiven Gase und Dämpfe ausgesetzt sind, zum Beispiel Metallbearbeitereien, wissen insbesondere die Vorteile von Konstruktionen aus PVC-Material zu schätzen. Als Beispiel seien hier Blei- und Gelbbrennanlagen genannt, deren gesamte Ausführung in PVC-Konstruktion keinerlei konstruktive Schwierigkeiten bereitet. Da sich derartige Anlagen durch ihre Zweckmäßigkeit steigender Beliebtheit erfreuen, konnte durch Aufnahme der Serienfabrikation im Laufe der Zeit eine konstruktive Durchbildung erreicht werden, die auf dem Gebiet der Kunststoffverarbeitung den Übergang von der handwerklichen in die industrielle Fertigung dieses Apparatebaus erkennen läßt.

Eine Gelbbrennanlage in völlig selbsttragender PVC-Ausführung zeigt der Bildteil. Die technische Durchbildung der Apparatur ist auf die Erfordernisse der Betriebe zugeschnitten, in denen sie eingesetzt wird. Durch die Einarbeitung von Entlüftungskanälen wird eine restlose Absaugung der entstehenden sauren Gase erzielt. Ein in die Apparatur eingebauter Wasserstaubsystem bewirkt Niederschlagung der abgesaugten Gase, in der gesamten Apparatur befinden sich keinerlei Teile, die einer Korrosion unterworfen sind. Die eventuell noch verbleibende Empfindlichkeit der Anlage kann durch Anordnung einer vor die Bedienungsseite angeordneten Stoßwand aus Holzkonstruktion herabgesetzt werden. Derartige Hilfskonstruktionen sind in allen Fällen bei der Aufstellung von PVC-Apparaturen zu empfehlen. Ihre günstige Wirkung sollte durch die Unterweisung des Bedienungspersonals in bezug auf Behandlung, Pflege und Wartung unterstützt werden.

Der Bildteil zeigt u. z. auch Waschtürme, die ebenfalls in ihrer Größenordnung einen Fortschritt in der Verarbeitungstechnik erkennen lassen. Die Waschtürme sind mit einem System von Wasserstaubungsrohren ausgerüstet. Die Füllung besteht aus leichter PVC-Wolle und stellt keine Belastung für die Konstruktion dar. Durch das Sprühdüsen-system lassen sich den Wäschern zusätzliche Agenzien zuführen, die einen Niederschlag oder Vernebelung der zu wachenden Gase unterstützen.

Kühlsysteme, als Röhren- oder Schlangenkühler, werden in unterschiedlichen Größen erstellt. Die schlechte Wärmeleitfähigkeit des Materials bedingt hierbei jedoch eine weitaus größere Kühlfläche als bei Metall- oder Steinzeugkühlern üblich ist. Die Konstruktion von Filtertrommeln setzt große Erfahrungen der Materialverarbeitung voraus. Die im Bildteil gezeigte Trommel hat z. B. einen Durchmesser von etwa 2000 mm und eine Länge von etwa 2500 mm und demzufolge eine Filterfläche von etwa 15 qm. Der Mantel besteht aus 20 mm starken mit Rippen versehenen PVC-Platten. Das im Inneren liegende Rohrsystem führt die Filterflüssigkeit durch die Hohlwelle ab.

Im Bildteil findet man auch die Ausführung eines Exhaustorflügelrades in Verbundkonstruktion. Die Umfangsgeschwindigkeit

keit solcher Räder soll materialbedingt 50 bis 60 m/sec nicht übersteigen.

Die überaus große Mehrzahl der Apparaturen sind bisher noch Einzelanfertigungen. Der Umfang der Serienfabrikation auf einzelnen Gebieten ist noch nicht so groß, daß sich einzelne Firmen der kunststoffverarbeitenden Industrie darauf spezialisieren können. Aus den Erfahrungen, die bei der Entwicklung von Einzelapparaturen gewonnen werden, zeichnen sich jedoch immer mehr Gebiete ab, die im Laufe der Zeit in die Serienfabrikation übergehen. Anwendungsbeispiele für Apparate aus Kunststoffen Typ 31, aus „Kerz“-Kunststoffen und aus „Havag“-Material, z. B. Destillierbläsen, Heizwannen, Haspeln und Walzen für die Textilindustrie, zeigt der anschließende Bildteil. Zum Zwecke einer erhöhten Säurebeständigkeit können derartige Konstruktionen mit zusätzlichen Anstrichen, z. B. „Keranol“^{*)}, versehen werden.

Die TECHNISCHEN BERATUNGSSTELLEN der kunststoffverarbeitenden Industrie sind bemüht, durch Beratungen immer neue Anwendungsgebiete für den Einsatz von Kunststoffen zu erschließen. Diese Bemühungen sollten durch Anregungen aus den korrosionsgefährdeten Betrieben im Sinne des stetigen Fortschritts unterstützt werden. Der Werkstoff Polyvinylchlorid ist wegen seiner universellen chemischen Beständigkeit und seiner guten mechanischen Festigkeit ein unentbehrlicher Baustoff für den chemischen Apparatebau geworden.

AUSKLEIDUNGEN

Ein Sorgenkind des chemischen Apparatebaus ist immer noch das Auskleiden von Apparaten, insbesondere von Kesseln, Behältern und Absaugkanälen größerer Abmessungen.

Auskleidungen aus Folien sowohl auf Polyvinylchlorid- als auch auf Polyisobutyl-Grundlage, haben sich in manchen Fällen sehr gut bewährt, andererseits aber auch manchmal zu nicht immer leicht erkläraren Mißerfolgen geführt. Jedoch auch hier gehen die in den vorübergehenden Ausführungen gemachten Hinweise auf die sich stetig vervollkommnenden Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren. Auch auf diesem Gebiet werden laufend Fortschritte gemacht, die durchaus zu der Hoffnung berechtigen, daß die gelegentlichen Mißerfolge auf Mindestfälle zu beschränken sind. Die erste Voraussetzung für die Haltbarkeit von Kunststoffverkleidungen ist, daß die Duressinustemperaturen der Werkstoffe nicht überschritten werden. Auch darf die mechanische Widerstandsfähigkeit der verhältnismäßig dünnen PVC-Folien oder der weichen Polyisobutylfolien vor allem bei erhöhten Temperaturen nicht überschätzt werden. Polyvinylchloridfolien bis zu 1 mm Stärke, sowie Polyisobutylfolien von 1 bis 3 mm Stärke werden durch Klebverfahren mit den Behälterwänden verbunden. Die entstehenden Stöße werden überlappt und verschweißt. Bei Lagerbehältern, die auf diese Weise verkleidet wurden, und die keinen größeren mechanischen Beanspruchungen durch unterschiedliche Temperatureinwirkungen ausgesetzt sind, sind Mißerfolge kaum zu verzeichnen. Aufgetretene Schäden sind fast immer auf unzulässige mechanische Einwirkungen zurückzuführen. Wo sich solche mechanischen Beanspruchungen nicht vermeiden lassen, sollte man nicht auf einen mechanischen Schutz der Verkleidung durch angebrachte Roste oder keramische Vormauerung verzichten. Bei dieser zusätzlichen Verkleidung übernimmt die Folienverkleidung den Korrosions- und Dichtigkeitsschutz, während die keramische Vormauerung lediglich den zusätzlichen mechanischen Schutz der Verkleidung übernimmt.

Nach neueren Untersuchungen scheint es fraglich, ob eine im Klebverfahren hergestellte Auskleidung für gebrauchte Behälter zu empfehlen ist. Amieheinend können auch bei sorgfältiger Reinigung der Behälterwände Reste früherer Füllung eingeschlossen bleiben, die auf die Dauer die Klebverbindung beeinträchtigen. Derartige Erscheinungen hat man selbst nach dem Ausglühen von Metallbehältern festgestellt.

^{*)} Handelsname der Gewerkschaft Keramitechnik, Dorschn/Wetzlarwald.

Auch die Auskleidung größerer Transportbehälter mit Kunststoffen bietet Probleme. Der während des Transportes und starken Erschütterungen hervorgerufene Sog der bewegten Flüssigkeiten kann durch die Überbeanspruchung der Verkleidung eine Lösung von Teilen der Verkleidung hervorrufen. Doch auch hier werden laufende Versuche zeigen, inwieweit die aufgetretenen Mängel in der Zukunft behoben werden können.

Für kleinere Behälter, wie Heizwannen und dergleichen, empfiehlt sich die Verkleidung mit starken PVC-Platten. Diese Platten können allerdings nicht im Klebverfahren auf die Behälterwände aufgebracht werden, die Befestigung erfolgt mittels abgedeckter Verschraubungen (DP 849098). Für chemisch nicht hoch beanspruchte Wannen ist eine Verkleidung mit Platten aus weichgestalttem Polyvinylchlorid zu empfehlen. Die chemische Beständigkeit des weichgestellten Polyvinylchlorids ist nicht so groß wie bei Polyvinylchlorid im allgemeinen, jedoch bietet die weichgestellte Folie in Stärken von 2 und 3 mm bessere mechanische Haltbarkeit. Die Zweckmäßigkeit in der Wahl der einzelnen Verkleidungen kann nach den vorliegenden Erfahrungen von Fall zu Fall ermittelt werden.

Allgemeine Richtlinien über Verkleidungen und ihre Bewährungen können kaum gegeben werden. Es ist in jedem Falle zweckmäßig, sich darüber mit erfahrenen Herstellerfirmen zu beraten. Dabei ist es unerlässlich, die Betriebsverhältnisse, wie chemische Angriffe, Betriebstemperaturen und mechanische Beanspruchungen möglichst lückenlos anzugeben.

In das Gebiet der Auskleidungen fallen auch die Schutzüberzüge aus Phenolharzen, wie „Munkalith“^{*)} usw., die im Einbrennverfahren auf die Behälterwände aufgebracht werden. Die Auftragsverfahren sind von verschiedenen Spezialfirmen entwickelt worden und haben für einzelne Industriezweige, beispielsweise die Getränkeindustrie zu guten Ergebnissen geführt.

Im Flammspritzverfahren aufgetragene Überzüge aus Polyäthylen erfordern besonders sorgsame Beachtung der Verarbeitungsvorschriften. Bei der ursprünglichen Propagierung ist hier sehr zum Nachteil dieses an sich eleganten Auskleidungsverfahrens insofern ein Fehler gemacht worden, daß man die Schwierigkeiten der Ausführung unterschätzte und das Verfahren als Allgemeingut herausstellte, ohne eine genügende Versuchsbewährung abzuwarten. Erfreulicherweise haben einige anfängliche Mißerfolge dazu geführt, daß das Verfahren nunmehr von Grund auf erforscht wird. Für Außenüberzüge von Armaturen und Auskleidungen kleiner und mittlerer Behälter sind sehr gute Erfolge zu verzeichnen, so daß die Aussicht besteht, daß sich bei entsprechender Weiterentwicklung auch erweiterte Anwendungsmöglichkeiten ergeben werden.

Dem Gebiete der Verkleidung von Behältern verwandt ist das dem Schutz von Bauwerken gegen chemische Angriffe sowie gegen Eindringen von Grundwasser durch eingelegte Schichten von Kunststoff-Folien dienende Verfahren. Dazu dienen vor allen Dingen Spezialerzeugnisse auf Polyisobutyl-Grundlage.

ERFAHRUNGSUSTAUSCH ERFORDERLICH

Der Einsatz korrosionsfester Kunststoffe in der Apparatebau-technik erfordert große Erfahrungen und Verantwortungsbewußtsein. Die Prüfmethoden für das Material selbst wie auch für die Einfüsse der Verarbeitungstechnik erfassen noch nicht restlos alle Gesichtspunkte der praktischen Anwendung. Die allgemeinen Erfahrungen der Verarbeiter sind daher von großer Bedeutung. Es hat den Verarbeitern von Kunststoffen für den Apparatebau nicht an Mut gefehlt, auf vielen Anwendungsgebieten Pionierarbeit zu leisten. An der Industrie selbst liegt es, die vorhandenen Möglichkeiten zu erschöpfen und sich bereits erzielte Fortschritte nutzbar zu machen, um damit der Weiterentwicklung zu dienen.

^{*)} Handelsname der Firma Kunststoffwerk Meck u. Schmidt, Köln-Poll.

Die Bildfolge zu diesem Beitrag umfaßt die Nummern 49 - 56