

Die deutschen Kunststoffe und ihre wirtschaftspolitische Bedeutung*)

Von Dr. K. MIENES,

Dynamit A.-G. vorm. A. Nobel & Co., Troisdorf

Eingeg. 15. Juli 1938

Leitgedanken und Einteilung.

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben erwiesen, daß die Kunststoffe unentbehrliche Hilfsmittel auf fast allen Gebieten der Technik sind. Die Ausdehnung der gesammelten technologischen Erkenntnisse auf die Belange des deutschen Austauschproblems wurde von der Kunststoffindustrie im Zuge der natürlichen Entwicklung unter grundsätzlicher Voranstellung des Qualitätsprinzips durchgeführt und von den verantwortlichen Behörden im Sinne einer planmäßigen Lenkung unterstützt. Das ehemalige Amt für deutsche Roh- und Werkstoffe und seit März d. J. die Reichsstelle für Wirtschaftsausbau haben es in Zusammenarbeit mit den zuständigen Stellen übernommen, die dem wesentlich gesteigerten Bedarf angemessene Rohstoffsicherung durchzuführen und die Rohstoffauswahl mit technischen

und wirtschaftspolitischen Forderungen in Einklang zu bringen. Aufgabe der Industrie war es, die ihr gegebenen Richtlinien beim Ausbau der Kunststoffherzeugung sinngemäß einzuordnen und die Verarbeitung neuer Werkstoffe den mit vorhandenen Einrichtungen gegebenen Möglichkeiten anzugleichen. — Es läßt sich nicht verkennen, daß auch die wissenschaftliche Forschung in Deutschland durch diese und andere Maßnahmen von grundlegender Bedeutung einen fruchtbaren Antrieb erhielt.

Die deutsche Kunststoffindustrie hat im Zuge der allgemeinen Wirtschaftsbelebung und ihrer planvollen wissenschaftlichen und technischen Entwicklung in den letzten Jahren eine beachtliche Ausweitung erfahren. Ihre Erzeugung steht heute an erster Stelle hinter derjenigen der Vereinigten Staaten. Über die Befriedigung des einheimischen Bedarfes hinaus deckt sie auch einen erfreulichen Teil an der deutschen Ausfuhr.

*) Zusammenfassender Fachvortrag auf der Reichsarbeits-tagung der Deutschen Chemiker in Bayreuth am 8. Juni 1938.

Die damit grundsätzlich umrissenen Voraussetzungen für die hohe wirtschaftspolitische Bedeutung der Kunststoffe

Kunststoffe aus Cellulose-Abkömmlingen

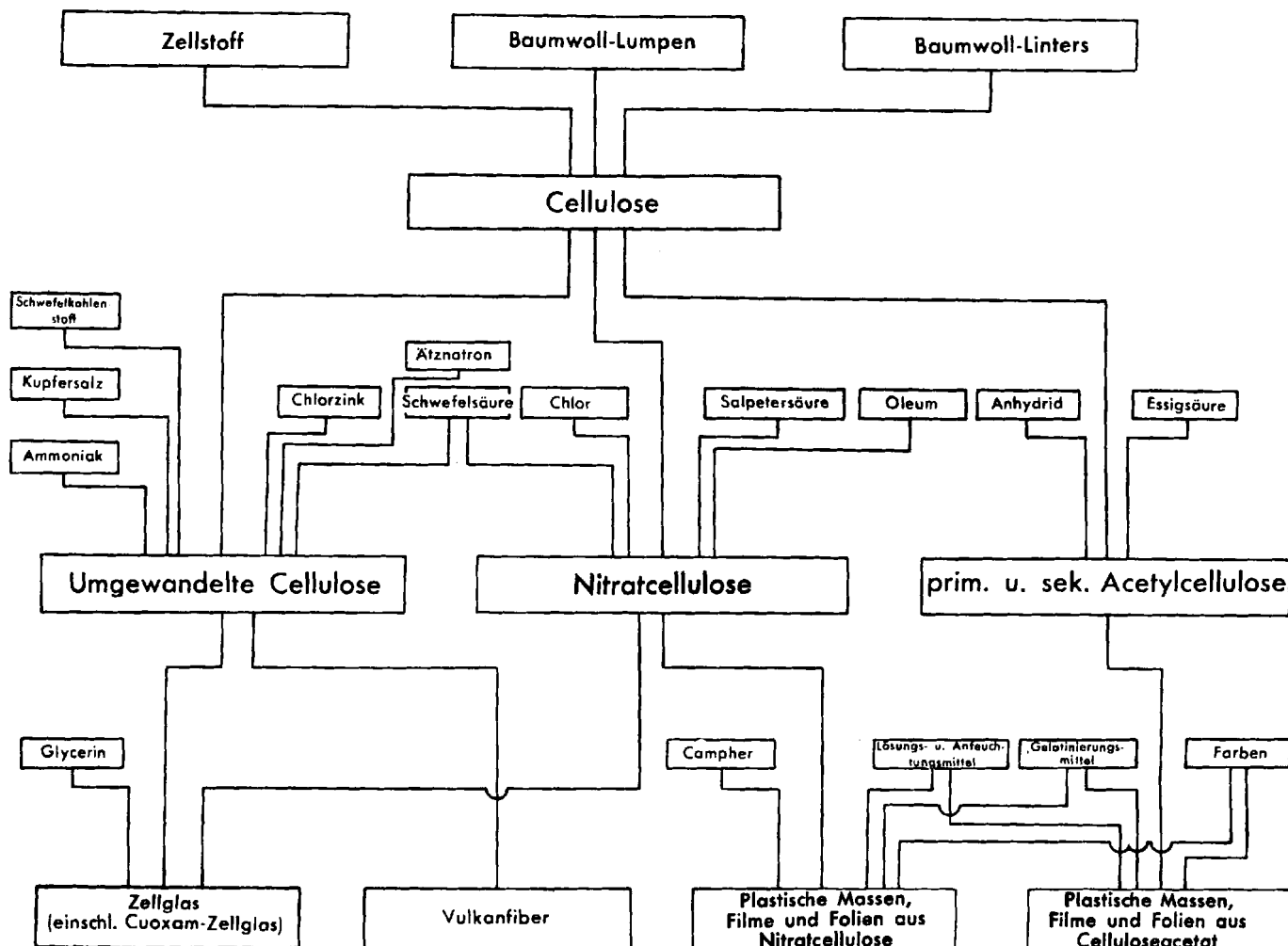


Abb. 1.

werden im folgenden näher erläutert¹⁾. In großen Zügen soll zunächst die Abwandlung der Roh- und Vorprodukte bei den drei großen Kunststoffgruppen (vgl. Kunststofftafel 1938, Abb. 14), den von der Natur abgewandelten Kunststoffen, den Kondensationsprodukten und den Poly-

2. Ausfuhr und Werkstoffaaustausch.

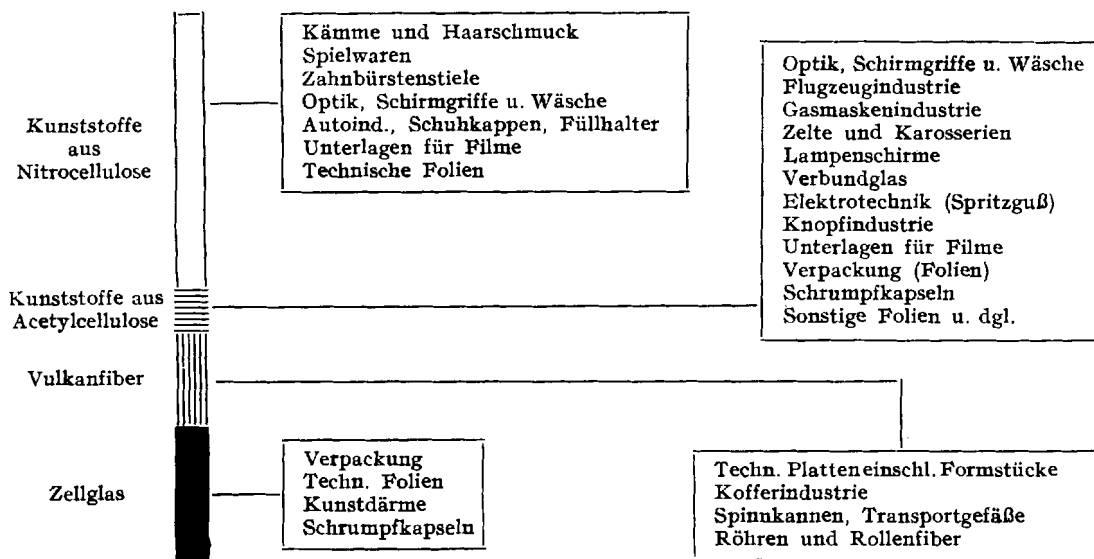
Mit um so größerer Befriedigung darf festgestellt werden, daß die deutschen Cellulosekunststoffe hervorragend am Export beteiligt sind. 50% der Erzeugung an Roh-celluloid und Celluloidwaren, je 30% der Erzeugung an

celluloidartigen Massen aus Acetylcellulose und Zellglas, und nicht viel weniger Vulkanfiber wurden im Jahre 1937 ausgeführt. Sie ließen einen Devisengewinn erzielen, der im ungünstigsten Fall mehr als das Zehnfache des Devisenaufwandes beträgt.

Abb. 2 vermittelt einen Ausschnitt aus den wichtigsten Anwendungsgebieten der einzelnen Cellulosekunststoffe. Manche unter diesen verschiedenen Anwendungsformen haben im Zuge der natürlichen Entwicklung zum Austausch auslandsgebundener Werkstoffe geführt. Auch hier ist durch Zu-

sammenarbeit zwischen Industrie und amtlichen Stellen eine planmäßige Lenkung in die Wege geleitet worden; sie hat erhebliche Einsparungen an Devisen erzielen lassen — mochte es sich um den Austausch von Schildpatt, Elfenbein, Horn oder Perlmutter durch Cellu-

Abb. 2. Kunststoffe aus Celluloseabkömmlingen unterteilt nach Hauptgruppen und Anwendung im Jahre 1937.



merisationsprodukten gezeigt werden. Im Anschluß an die Erörterung jedes Hauptgebietes wird unter Berücksichtigung von Export und Werkstoffaaustausch der Einsatz der Kunststoffe an einigen Beispielen darzulegen sein.

Von der Natur abgewandelte Kunststoffe.

1. Hervorragendste Vertreter dieser Gruppe sind die Celluloseabkömmlinge; sie werden in Abb. 1 abgewandelt. Es wird ersichtlich, welche Rohstoffe an der Erzeugung der Vorprodukte, unter ihnen insbes. der Acetyl- und Nitratcellulose sowie der umgewandelten Cellulose, in ihren verschiedenen Formen beteiligt sind. Der untere Teil des Bildes veranschaulicht die Aufteilung der isolierbaren oder intermediär auftretenden Zwischenprodukte in die einzelnen Kunststoffsparten. Es sind dies die im gelatinisierten Zustand gewonnenen Kunststoffe aus Celluloseestern, bekannt als Celluloid, Cello, Ekarit und Trolit, ferner die aus Lösungen der gleichen Vorprodukte hergestellten dünnen Folien und photographischen Filme, auf der anderen Seite die auf dem Wege über das Xanthogenat, die Kupferoxydammoniaklösung und die direkte Hydratisierung der Cellulose gewonnenen Kunststoffe aus umgewandelter Cellulose; sie sind bekannt unter den Namen Cellophan, Transparit, Heliozell, Cuprophane und Vulkanfiber.

Rohstoffumstellungen sind bei den Cellulosekunststoffen nur da eingeleitet worden, wo es unter Vermeidung jeder Qualitätsminderung unter allen Umständen angängig war. Hier verdient der Erwähnung, daß in neuerer Zeit vorgenommene beachtliche Verbesserungen bei der Herstellung von einheimischem Edelzellstoff zu großen Hoffnungen für dessen Einsatz auf manchen Anwendungsgebieten der Cellulosekunststoffe berechtigen. Im übrigen ist der Verbrauch an Baumwoll-Linters für Kunststoffs-zwecke gering; er beträgt nicht mehr als 2% der gesamten Baumwolleneinfuhr.

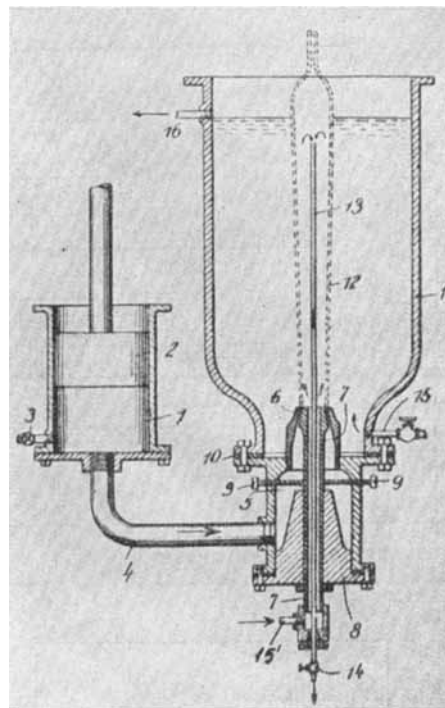


Abb. 3. Spinnvorrichtung für Kunstschläuche.

loid oder Cello, oder von Leder, Gummi und Metall durch Vulkanfiber, oder von Papier, ausländischen Faserstoffen und Naturdarm durch Zellglas handeln.

¹⁾ Es wird in diesem Zusammenhang auf die grundsätzlichen Ausführungen von Herrn Generalmajor Loeb in seinem Vortrag „Die Kunststoffe im Vierjahresplan“ am 16. Februar 1938 hingewiesen. Vierjahresplan 2, 133 [1938]; Ref. Kunststoffe 28, 89 [1938].

Phenol-Kresol-Formaldehyd-Kunststoffe

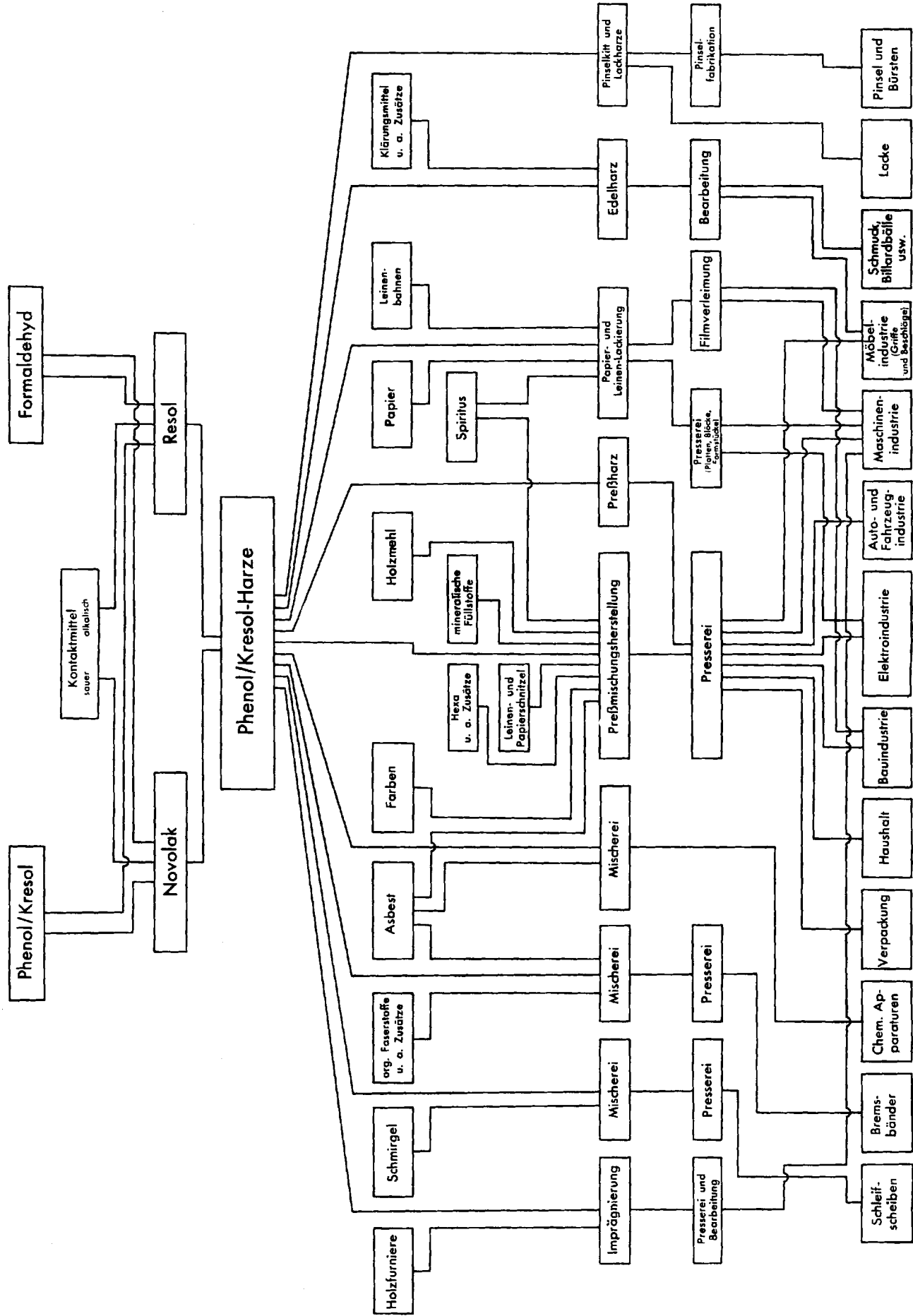


Abb. 4.

3. Querschnitt durch die neuere Entwicklung.

Der technische Einsatz der Kunststoffe aus Celluloseabkömmlingen, des Celluloids und schwer entflammaren Cellons, der Formstücke und Profile, der Vulkanfiber, photographischen Filme und dünnen Folien aus Celluloseestern und der Transparentfolien aus Zellglas darf als bekannt vorausgesetzt werden. Wie sich das gemeinsame Bestreben nach technischem Fortschritt und Befriedigung nationalwirtschaftlicher Belange auch auf diesem Gebiet fruchtbar ausgewirkt hat, soll an zwei Beispielen erläutert werden:

Die Fabrikation von Kunstdarm ist seit Aufnahme der Erzeugung im Jahre 1936 auf rund 20% des gesamten deutschen Darmverbrauches in Höhe von 1500 Millionen Meter gestiegen. Davon entfällt etwa ein Drittel auf den Zellglasdarm. Dessen Herstellung (Abb. 3) erfolgt entweder über das Xanthogenat oder durch Verspinnen von Nitrocelluloselösungen und anschließendes Denitrieren. Die Vorzugsstellung des Kunstdarmes als hygienisch einwandfreies, lagerfähiges und fettundurchlässiges Erzeugnis macht es verständlich, daß seine Verwendung auch im Ausland, insbes. in Amerika, zunimmt.

Unter den Celluloseestern gewinnt die primäre Acetylcellulose sehr an Bedeutung. Deren Herstellung bereitete früher Schwierigkeiten bei der Stabilisierung, und man glaubte — sehr zu Unrecht — dem Triacetat eine technische Bedeutung absprechen zu müssen²⁾. Inzwischen hat man gelernt, sehr stabile und hydrophobe Triacetatfolien mit gegen Wärmebeanspruchungen wenig empfindlichen geringsten dielektrischen Verlusten technisch herzustellen. Sie finden in der Kabelindustrie, z. B. für Feuchtraumleitungen, steigende Verwendung³⁾. Erwartungsgemäß hat sich auch Triacetatseide für Isolationszwecke recht gut geeignet.

Ein erheblicher Sektor aus der Reihe der Acylcellulosen sowie die gesamte Erzeugung an Alkyl- und Aralkylabkömmlingen der Cellulose fließt in die Industrie der Lacke, Leim- und Klebstoffe. Hervorzuheben ist die Entwicklung der Nitrolacke und insbes. der Nitrocellulose-Alkydharz-Kombinationen für die Spritzlackierung der Automobil- und Flugzeugindustrie. Aber auch die hydrophilen Vertreter der Celluloseabkömmlinge vom Typ der Methyl- und β -Oxyäthylcellulose erlangten hohe technische Bedeutung unter den Namen Tylose und Glutolin für Leim- und Klebstoffe, Verdickungs- und Bindemittel sowie als Appretur- und Emulgiermittel.

Unter den anderen von der Natur abgewandelten Kunststoffen verdienen die als Kunsthorn (Galalith) bekannten Abkömmlinge tierischer Eiweißstoffe, ferner Schellack, Erwähnung. Beide haben zwar als auslandsgebundene Werkstoffe zu gelten; sie sind aber Ausgangsstoffe für wichtige Ausfuhrartikel der Knopf- und Grammophonindustrie. Kunsthorn weist im übrigen gewisse Vorzüge auf, wie den eigentümlich tiefen Glanz daraus hergestellter Teile. Beim Schellack ist bisher manches Austauschproblem an seiner Billigkeit gescheitert.

Kunststoffe aus Kondensationsprodukten.

1. Abwandlung der Rohstoffe und Vorprodukte.

Wichtigste Vertreter aus der Gruppe der Kondensationsprodukte sind Phenol/Kresol- und Harnstoffharze. Mengenmäßig überwiegen bei den Phenolharzen die sauer kondensierten Abkömmlinge des Dioxidiphenylmethans gegenüber den alkalisch kondensierten, vom Phenolalkoholtyp abgeleiteten Resolen. Aus der Hydrierung von Stickstoff und Kohlenoxyd leiten sich Harnstoff und Formaldehyd und von letzteren die Methylolverbindungen des Harnstoffes als erste Glieder der Carbamidkondensate ab.

²⁾ Vgl. Werner, „Vergleichende Untersuchungen an Cellulose-triacetatfolien“, S. 681.

³⁾ U. a. Entwicklungsarbeiten P. Nowak; vgl. P. Nowak u. H. Hofmeier, Chem. Fabrik 10, 13 [1937].

Aus der neueren Entwicklung verdienen Erwähnung die durch saure Kondensation entstehenden preßfähigen Anilinarze, ferner Kondensationsprodukte aus einfachen und gemischten Ketonen und die für luft- und ofentrocknende Lacke so wichtigen, als Alkydharze bekannten Dicarbonsäureester-Kombinationen.

Wegen ihrer dem Naturgummi in mancher Hinsicht ähnlichen Eigenschaften als Polysulfidgummi bezeichnet werden die aus Halogeniden aliphatischer Kohlenwasserstoffe und Alkalipolysulfid entstehenden Produkte Perduren und Thiokol; sie gewinnen wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Lösungsmittel, Erdöldestillate und Säuren steigende Bedeutung zur Herstellung quellbeständiger Erzeugnisse, wie etwa öl- und treibstoffester Schläuche, Manschetten und Druckwalzen. Der technische Einsatz jener Kunststoffe ist vielfach noch in Vorbereitung, so daß von einer näheren Erläuterung an dieser Stelle abgesehen werden kann.

Abb. 4 veranschaulicht die Abwandlung der Rohstoffe bei den Phenoplasten über das Rohharz und die verschiedenen Zwischenprodukte bis herunter zu den eigentlichen Anwendungsformen. Deren wichtigste sind Preßmassen, geschichtete Werkstoffe, Edelgießharze, sowie Lacke und Bindemittel. Seitdem die Praxis die wertvollen Eigenschaften dieser Abwandlungsprodukte erwiesen hat, ist ihre Erzeugung und damit der Bedarf an Phenol und Kresol um ein bedeutendes gestiegen. Die Möglichkeit sorgfältiger Teeraufbereitung und der Gewinnung aus Kokereiabwässern und Braunkohlenschwefelprodukten, schließlich auch der Ausbau von Synthesenanlagen lassen die noch zu erwartende Erzeugnissteigerung gesichert erscheinen.

Wichtigste Verbrauchsgruppen bei den Aminoplasten (s. Abb. 5) sind Leime und Preßmassen, bekannt unter den

Harnstoff-Formaldehyd-Harze

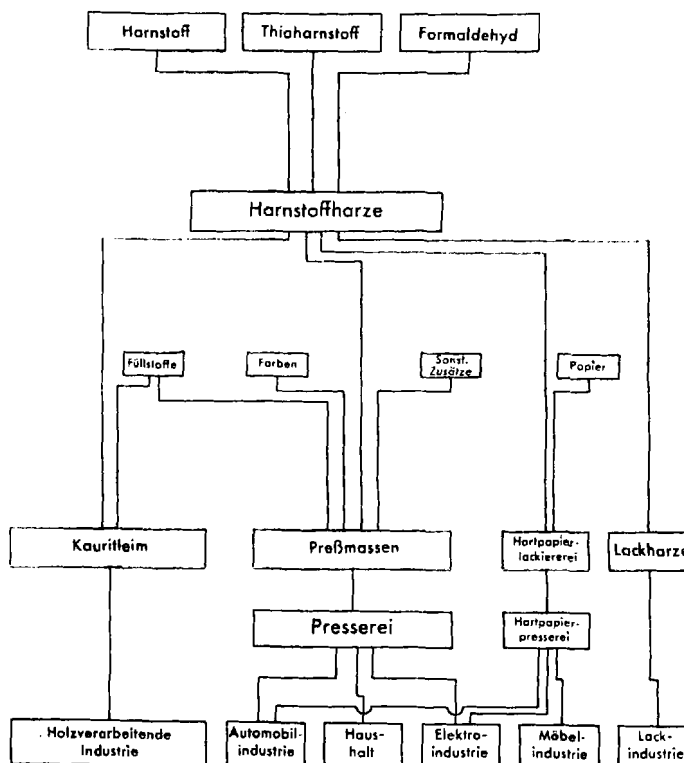


Abb. 5.

Namen Kaurit und Pollopas. Beide haben eine bedeutende Produktionsausweitung erfahren; sie lag neben der damit erzielten Befriedigung technischer Bedürfnisse mangels irgendwie gearteter rohstofflicher Beschränkungen begreiflicherweise auch in der Linie der nationalen Rohstoffversorgung.

2. Technischer Einsatz, neuere Entwicklung und Ausfuhr.

Wie Abb. 4 zeigte, werden aus den Phenolharzpreßmassen die vielgestaltigen und unentbehrlichen Formstücke für die Radio- und Elektroindustrie, die Automobil- und Haushaltindustrie sowie für die Bau-, Möbel- und Maschinenindustrie angefertigt. Der Verbrauch allein an diesen Erzeugnissen ist im letzten Jahr um etwa 40% gestiegen. Ein beachtlicher Sektor der Harzerzeugung entfällt auf ohne Verwendung von Preßformen als Platten oder Blöcke hergestellte geschichtete Werkstoffe; sie werden der Elektrotechnik, der Maschinenindustrie sowie dem Apparate- und Vorrichtungsbau zugänglich gemacht.

Sehr überzeugend läßt sich die übereinstimmende Linie wirtschaftspolitischer Erfordernisse und natürlicher Eignung bei den Preßteilen und geschichteten Werkstoffen in ihrer neueren Entwicklung verfolgen: Bereits regellos zu verpressende Massen weisen unter ihren Spezialtypen solche mit Schlagbiegewerten in der Größenordnung des Gußeisens auf; bei den geschichteten Werkstoffen lassen sich die Werte mehr als verdreifachen. Dies erklärt zwanglos den verstärkten Einsatz jener spezifisch leichten Isolierstoffe im Maschinen- und Apparatebau, etwa zum Abdecken elektrischer Ausrüstungen im Austausch gegen Gußeisen.

Die Wirtschaftlichkeit der spanlosen Verformung mit den Vorteilen der geschichteten Anordnung zu kombinieren, ist auf Teilgebieten bereits seit geraumer Zeit angestrebt worden. Damit konnte eine Entwicklung angebahnt werden, die sich neuerdings bereits eingehender mit den konstruktiven Möglichkeiten auf diesem Gebiet befaßt. Die erzielten sehr beachtlichen Erfolge sind auf Untersuchungen zurückzuführen, die sich im wesentlichen nach 3 Richtungen erstrecken. Es sind dies die Prüfung einer Reihe bis dahin wenig beachteter mechanischer und dynamischer Einflüsse, ferner neuere Ergebnisse auf dem Gebiet der Preßstoffherstellung und schließlich das Abstimmen der preßtechnischen Möglichkeiten auf die Eigenschaften des zu verformenden Materials.

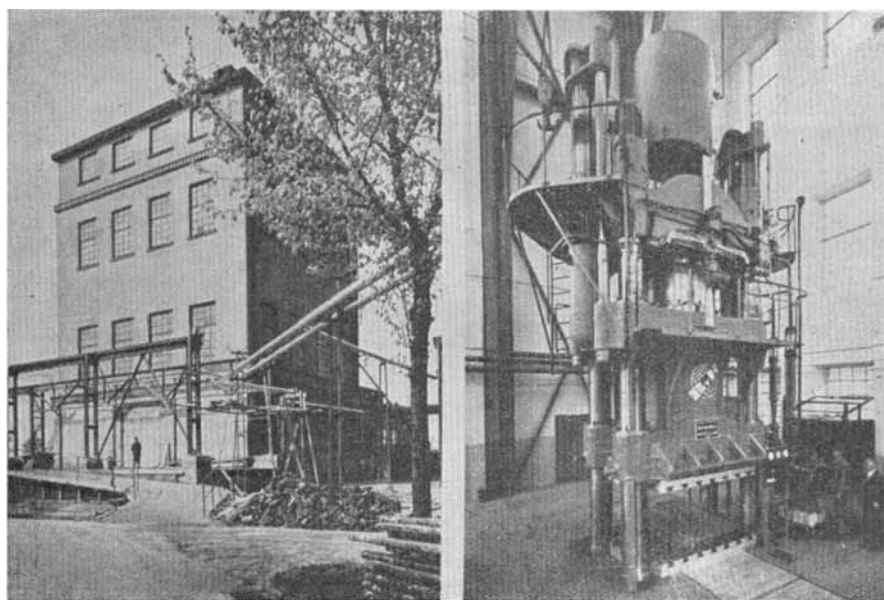
Tabelle 1.

Werkstoff	An Schlagbiegefestigkeit cmkg/cm ²	A _k Kerbzähigkeit cmkg/cm ²	Kerbeeinflusszahl KZ	Biegefestigkeit kg/cm ²
Typ S (Holzmehl)	6	1,5	4	700
Typ T2 (Gewebschnitzel)	12	12	1	600
Typ Z3 (Papierbahnen)	15	10	1,5	1200
Hartpapier II	25	25 ¹⁾	1	1300
Hartgewebe F	30	18	1,7	1000
Vulkanfaser	100 ^{1, 2)}	80 ¹⁾	1,25	1600 ¹⁾
Lignofol L	92 ¹⁾	91 ¹⁾	1,01	3100 ¹⁾

¹⁾ Nicht typisiert. ²⁾ Bei Spezialqualitäten bis 180 cmkg/cm².

Tabelle 1 zeigt einige Unterschiede an älteren und neuen typisierten und nichttypisierten Kunststoffen auf. Wieweit sich die mechanischen Eigenschaften von spanlos verformten Schichtstoffen an diejenigen von spanabhebend zu verarbeitenden geschichteten Werkstoffen praktisch angleichen lassen, geht daraus hervor, daß mit Spezialflächenpreßstoffen bereits Schlagbiegewerte von 50—90 cmkg/cm² und praktisch die gleichen, an Konstruktionsteilen gemessenen Kerbzähigkeiten erzielt wurden.

Vorzüge der nach neuen Grundsätzen entwickelten Werkstoffe sind u. a. in der bei normalen Belastungen höheren Arbeitsaufnahme, der leichten Auswechselbarkeit, dem Fehlen korrodierender Eigenschaften, der Gewichtsersparnis und nicht zuletzt in der beachtlichen Entlastung des Eisen- und Stahlverbrauches zu erblicken. Bei der Konstruktion von Formen und Pressen (vgl. Abb. 6) für großflächige Gebilde galt es, erhebliche Schwierigkeiten zu überwinden und das in preßtechnischer Hinsicht von den bekannten Preßmassen mitunter stark abweichende Ver-



Werkphoto Dynamit A.G. Troisdorf.

Abb. 6. 5000-Tonnen-Pressen.

halten der neuen Schichtstoffe zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang verdient auch die in vielen Fällen vorteilhafte Anwendung von Formeneinsätzen Erwähnung, die außer manchen technischen Vorzügen beachtliche Einsparungen an Edelmetall ermöglichte.

In der Reihe der spanabhebend zu verarbeitenden geschichteten Werkstoffe finden die aus Buchenholzfurnieren mit oder ohne Harzträger hergestellten Werkstoffe stärkere Beachtung. Die für Lignofol angegebenen Werte der Biegefestigkeit, Schlagbiegefestigkeit und Kerbzähigkeit stehen in Einklang mit praktischen Ergebnissen, die bei dieser Gruppe von Werkstoffen an Zahnrädern erzielt wurden; sie weisen die Wege für eine Entlastung des Gewebebedarfes bei Hartgewebe und Gewebepreßstoff sowie von Natronzellstoff bei den damit hergestellten Werkstoffen auf. Der unmittelbare Einsatz von Holz als Ausgangsmaterial für die Erzeugung veredelter Werkstoffe gibt zugleich die Möglichkeit der idealen Nutzung der Holzsubstanz und ihrer wertvollen mechanischen Eigenschaften. Auf der anderen Seite fehlt es nicht an beachtenswerten Versuchen, vorher ungenützte Bestandteile des Holzes, insbes. Lignin, einer chemischen Veredelung zuzuführen.

Formgepreßte und spanabhebend hergestellte Kunststofflager finden seit über 5 Jahren mehr oder weniger ausgedehnte Verwendung für Walzgerüste, Förderschnecken, Feldbahnwagen in Grubenbetrieben, in der Bauindustrie, in Gas- und Wasserwerksbetrieben. Für die Volkswirtschaft zeigt sich der Nutzen aus dieser Entwicklung in einer jährlichen Einsparung von mehreren tausend Tonnen Buntmetall.

Der Verbrauch an Edelkunstharzen wird voraussichtlich noch steigen, nicht allein für Massenartikel, wie Billardbälle und Profile für Griffe und Beschläge, sondern auch für Schmuckstücke und andere Gegenstände künstlerischer Fertigung. Dabei werden vor allem auch die

vielen, bisher unzureichend beschäftigten Heimbetriebe der Ostmark zu berücksichtigen sein, deren künstlerische Geschmacksrichtung für die Anfertigung derartiger Erzeugnisse bekannt ist. Gleiches gilt im übrigen auch für die Verarbeitung von Kunsthorn, nicht zuletzt unter dem Gesichtspunkt der Exportsteigerung.

Beachtliche Fortschritte sind auf dem Gebiet der asbesthaltigen Bindemittel und Stampfmassen aus Phenolharzen als Baustoff für chemische Betriebe, etwa für Pumpen, Destillierapparate und Reaktionsgefäße, gemacht worden. Färbereien und Beizeereien verwenden diese Werkstoffe seit längerem. Auch die säurefesten Höchster Anstrichstoffe und Kitte zum Verbinden von Platten, zum Schutz von Behältern und Rohren, zum Abdichten von Muffen verdienen hier Erwähnung. Ein weiterer Sektor der Phenolharzgewinnung entfällt schließlich auf die durch Veresterung mit Kolophonium hergestellten Lackharze vom Albertoltyp; sie haben im Zuge der natürlichen Entwicklung zum Austausch teurer Kopale geführt.

In der Reihe der stickstoffhaltigen Preßmassen gewinnen neuerdings Anilin-Formaldehyd-Konden-

sationsprodukte an Bedeutung. Sie sind ähnlich den Aminoplasten kriechstromfester als Phenoplaste; ihre Verarbeitung erfolgt teils zu Preßteilen, teils zu Hartpapier. Den für die Elektrotechnik in mancher Hinsicht bemerkenswerten Vorteilen steht allerdings mangelnde Glutsicherheit gegenüber.

Den wegen ihrer Geruchlosigkeit und Lichtbeständigkeit geschätzten Aminoplasten ist das Gebiet der Haushalts- und Gebrauchsgegenstände weitgehend vorbehalten. Hartpapiere vom Pollopass- und Resopaltyp finden für Spezialgebiete steigende Beachtung.

In der Bekleidungsindustrie beginnt der bügelfeste Pollopasknopf andere, insbes. auslandsgebundene, Werkstoffe für einfarbige und gemaserte Knöpfe mehr und mehr zu verdrängen. Der steigende Einsatz der Aminoplaste auch auf technischen Gebieten liegt in der Linie der nationalen Rohstoffversorgung. Daß diese Bestrebungen sich fördernd auf die physikalischen, elektrischen und insbes. wärmetechnischen Eigenschaften auswirken, zeigen Forschungsergebnisse, bei denen zum Teil neue Wege für die Gewinnung von Aminoplasten beschritten wurden.

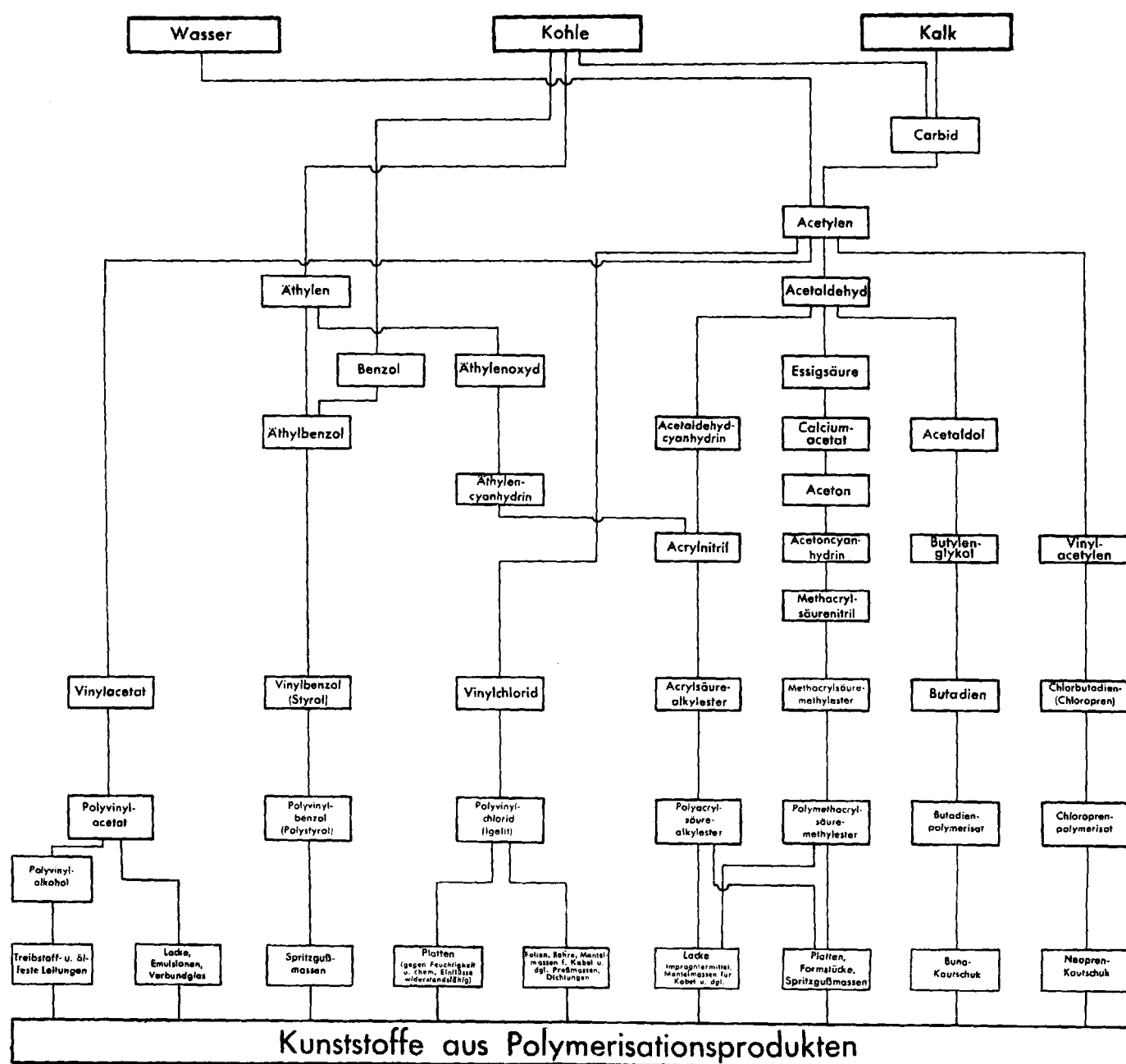


Abb. 7.

Welche technische Bedeutung dem wasserfesten Kauritleim, neuerdings auch dem Aminoplast-Leimfilm, für die Kalt- und Heißverleimung in der Möbelsperrholz- und Flugzeugindustrie zukommt, ist hinlänglich bekannt. Der deutschen Wirtschaft brachte dieser Fortschritt eine Ersparnis an Devisen für mehr als 2000 Jahrestonnen Casein ein.

Dieser und anderen bei Erörterung der Kondensationsprodukte erwähnten Einsparungen an Devisen steht ein erheblicher Exportanteil gegenüber; dies gilt in gleicher Weise für Rohharz und Zwischenprodukte wie für die indirekte Ausfuhr an Preßteilen, deren Fertigung im übrigen über 700 Betriebe mit zahlreicher Belegschaft beschäftigt.

Kunststoffe aus Polymerisationsprodukten.

1. Abwandlung der Rohstoffe.

Wie die wichtigsten Glieder aus der dritten Hauptgruppe unter den Kunststoffen aus ihren Urstoffen abgewandelt werden, veranschaulicht Abb. 7. Es wird ersichtlich, wie die einzelnen Polymerisate, das Polyvinylacetat, das Polyvinylchlorid (Igelit), das Polystyrol, die Polymerisationsprodukte der Acryl- und Methacrylsäureester, des Butadiens und des 2-Chlor-1,3-Butadiens aus den Urstoffen Kalk, Wasser, Kohle und gegebenenfalls Holz über die Vorprodukte Acetylen, Äthylen und Aceton entstehen. Von den Bunaarten und dem wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen anorganische Chemikalien und der Quellbeständigkeit bei Berührung mit aliphatischen Kohlenwasserstoffen bemerkenswerten Neopren soll hier nicht die Rede sein. Im Rahmen dieser Ausführungen muß auch von einer Erörterung der polymeren Äther, Acetale und Alkohole und anderer einfacher und gemischter Polymerisate aus der neueren Entwicklung Abstand genommen werden. Diese ist keineswegs abgeschlossen; allerdings haben die bisherigen Erfahrungen bereits zur Genüge gezeigt, welche Bedeutung den Polymerisationskunststoffen auf dem Gesamtgebiet der Technik — nicht minder aber auch für die Entlastung der deutschen Rohstoffversorgung — zukommt. Auch andere, keiner rohstofflichen Beschränkung unterliegende Länder befassen sich ernsthaft mit der Bearbeitung der neuen Werkstoffe; denn manche Spielarten lassen Eigenschaften erzielen, die für die Technik auf vielen Gebieten Fortschritt bedeuten.

Vom werkstofflichen Gesichtspunkt betrachtet, empfiehlt es sich, bei der technologischen Unterteilung der synthetischen Hochpolymeren zu unterscheiden in harte bis celluloidartige und leder- bis weichgummiartige Modifikationen. Zu ersteren zählen Platten, Rohre, Profile und Formstücke, zu letzteren u. a. Dichtungen, Manschetten, Tischplatten, Polsterstoffe und Mantelmassen für Kabel. Eine dritte Verarbeitungsform ist diejenige in gelöstem oder emulgiertem Zustand; hierzu sind u. a. Folien, Tauchkörper und Gewebe zu rechnen.

Darüber hinaus sind zahlreiche Wege zur Ausbildung von Zwischenstufen gegeben. Art und Struktur der Grundmoleküle, der Aufbau gemischt-polymerer Makromoleküle und die Lenkung des Polymerisationsverlaufes zeigen nur einen Teil der gegebenen Möglichkeiten auf.

2. Querschnitt durch den technischen Einsatz.

Wie sich der Einsatz dieser vielseitigen Werkstoffe gestaltet, sei an einem Querschnitt durch die drei genannten Gruppen erläutert. Im übrigen sind Vorkehrungen getroffen und in der Durchführung begriffen, die erforderliche Erzeugung an Polymerisaten mit dem steigenden Bedarf in Einklang zu bringen.

Aus Polymerisaten hergestellte Platten sind zum Teil für den Einsatz auf dem Celluloidgebiet bestimmt,

soweit es besondere Eigenschaften, wie Beständigkeit gegen Säuren und Alkalien und Unbrennbarkeit bei gleichzeitiger

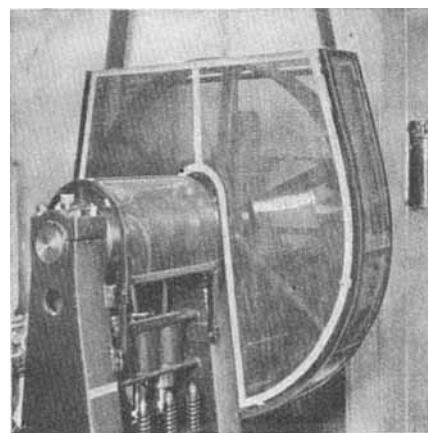


Abb. 8. Schutzkappe aus Astralon-Drahtglas.

Unempfindlichkeit gegen Wasser und atmosphärische Einflüsse, zu erzielen gilt. Dazu eignen sich vor allem Misch-

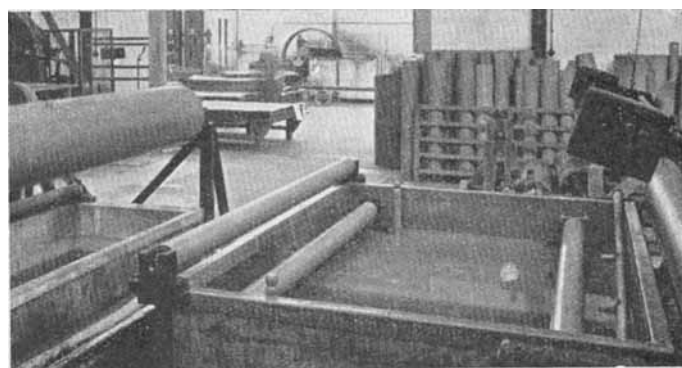


Abb. 9. Schwefelsäurebehälter und Transportrollen mit Mipolamüberzug.

polymerisate des Vinylchlorids und der polymere Methacrylsäuremethylester, bekannt unter den Namen Astralon und



Abb. 10. Decelithstutzen.

Plexiglas. Aus Plexiglas werden u. a. einteilige Flugzeugkanzeln und Oberlichtverglasungen für Omnibusse von einer Durchsichtigkeit hergestellt, die den Begriff „or-

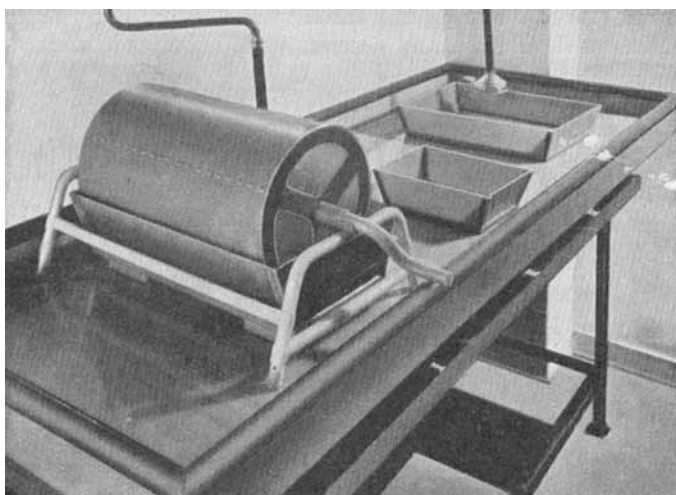


Abb. 11. Photographische Schalen und Trommel für Filmentwicklung aus Mipolam.

ganisches Glas“ rechtfertigt. Wie sehr es auch gleichzeitig auf gewichtssparende Verwendung von Kunststoffen im Flugzeugbau ankommt, zeigt die Herstellung von Wasch-

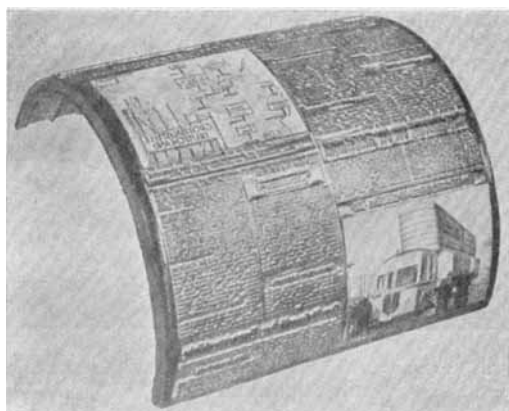


Abb. 12. Astralon-Klischee.

becken aus Mipolam (Gewicht etwa 1600 g). — Den Werkstoff Astralon zeigt Abb. 8 als biegsame und durchsichtige Schutzkappe mit Drahteinlage für das Getriebe einer Preß-

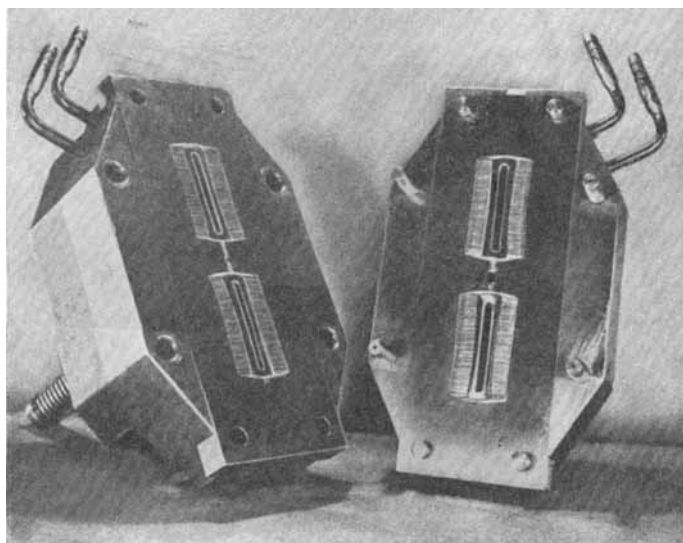


Abb. 13. Spritzgußform für Trolitul-Kämme.

wasserpumpe. Naheliegend war auch der Einsatz unverseifbarer Polymerisate für Zwecke der chemischen Industrie: Abb. 9 zeigt die Auskleidung von Holzbottichen und Walzen

eines schwefelsäureverarbeitenden Vulkanfaserbetriebes mit aus Igelit hergestellten Mipolamplatten im Austausch gegen Blei, Abb. 10 einen Filterstutzen aus Decelith, dem gleichen Werkstoff, aus dem auch Zubehörteile für Akkumulatorenkästen, z. B. Scheider, Schwimmer, Entgasungsrohre und Filterplatten angefertigt werden; Abb. 11 zeigt Zubehörteile für photographische Zwecke aus Mipolam. Sehr eingehend ist auch das Rohrgebiet bearbeitet worden. So werden Berieselungsrohre aus Mipolam zum Kühlen von Mischsäurekesseln seit langem verwendet. Aber auch Salzsäure- und Salpetersäureleitungen (bis 45% HNO_3) haben sich seit 2 Jahren gut bewährt. Voraussetzung für die erzielten Erfolge war allerdings werkstoffgerechtes Bearbeiten und Verlegen, Vermeiden unzulässiger Druckbeanspruchung und genügender Schutz gegen mechanische Verletzungen.

Abb. 12 zeigt Polymerisatplatten im Dienste der Drucktechnik als Klischee zur Vervielfältigung von Originalen unter Ausschalten von Metall. Zur Anfertigung dieser Klischees dienen Stereos oder Galvanos. Von diesen wird ein Bakelitpositiv gepreßt und letzteres als Matrize für beliebige Mengen versandfähiger Negative benutzt.

Tabelle 2. Spritzgußmassen aus Acetylcellulose und Vinylpolymerisaten.

Eigenschaften	Acetylcellulose	Vinylpolymerisat
Spezifisches Gewicht....	1,4	1,05 ÷ 1,2
Zerreißfestigkeit (kg/cm^2)	350	400
Biegefestigkeit (kg/cm^2)	550	1100 ÷ 800
Schlagbiegefestigkeit (cmkg/cm^2)	30	20 ÷ 10
Kugeldruckhärte	600	1100 ÷ 1400
Wärmebeständigkeit (nach Martens)	60 ÷ 70	80 ÷ 150
Innerer Widerstand ($\text{M}\Omega$)	500000	$> 3 \cdot 10^6$
Dielektrizitätskonstante ..	6	2,5 ÷ 3
Verlustwinkel ($\text{tg } \delta$) ...	0,028	0,0002
Durchschlagsfestigkeit (kV/mm)	45	50

Größte Bedeutung kommt, wie Tabelle 2 bereits erkennen läßt, den unter dem Namen Trolitul bekannten Spritzgußmassen aus Polystyrol, insbes. für die Hochfrequenztechnik, zu. Darüber hinaus gewinnt dieser Kunststoff steigende Bedeutung im In- und Ausland als Spritzgußmaterial für die Knopfindustrie, die Feinmechanik, Möbelbeschläge und neuerdings für die Kammindustrie. Abb. 13 zeigt eine geöffnete Kammform für Spritzgußmaschinen. Die Materialienersparnis gegenüber dem älteren Verfahren beträgt bis zu 20%. Der vielversprechende Einsatz des gleichen Werkstoffes für die Herstellung von Kunststofflettern im Austausch gegen Blei-, Zinn- und Antimonlegierungen bei einer Gewichtsersparnis von 85% ist in die Wege geleitet worden. Nachdem die Spritzgußmassen durch das bis zu 150° wärmebeständige Luvican eine neue Bereicherung erfahren haben, eröffnen sich weitere Möglichkeiten für hochbeanspruchte Teile der Feinmechanik, z. B. Zahlenscheiben an Zählwerken.

Aus der zweiten Untergruppe der synthetischen Hochpolymeren, der leder- bis gummiartigen Modifikation, verdienen die im Gegensatz zu Leder und Gummi wasser- und ölfesten Manschetten aus Mipolam Erwähnung; sie werden teils gepreßt, teils im Spritzgußverfahren angefertigt und bewähren sich unter Berücksichtigung der zulässigen Beanspruchung auf Temperatur und Druck bei hydraulischen Pumpen und Pressen vor allem wegen der vorzüglichen Abdichtung und guten Haltbarkeit. Plastifizierte Polymerisate finden auch als Unterlagen für erschütterungsfreie Aufstellung von Maschinen und Apparaturen Verwendung.

Besondere Beachtung hat vor allem das Kabelgebiet gefunden. Der vielseitigen Beanspruchung wird durch Kombination verschiedener Kunststoffe Rechnung getragen.

Kunststoff-Schema 1938

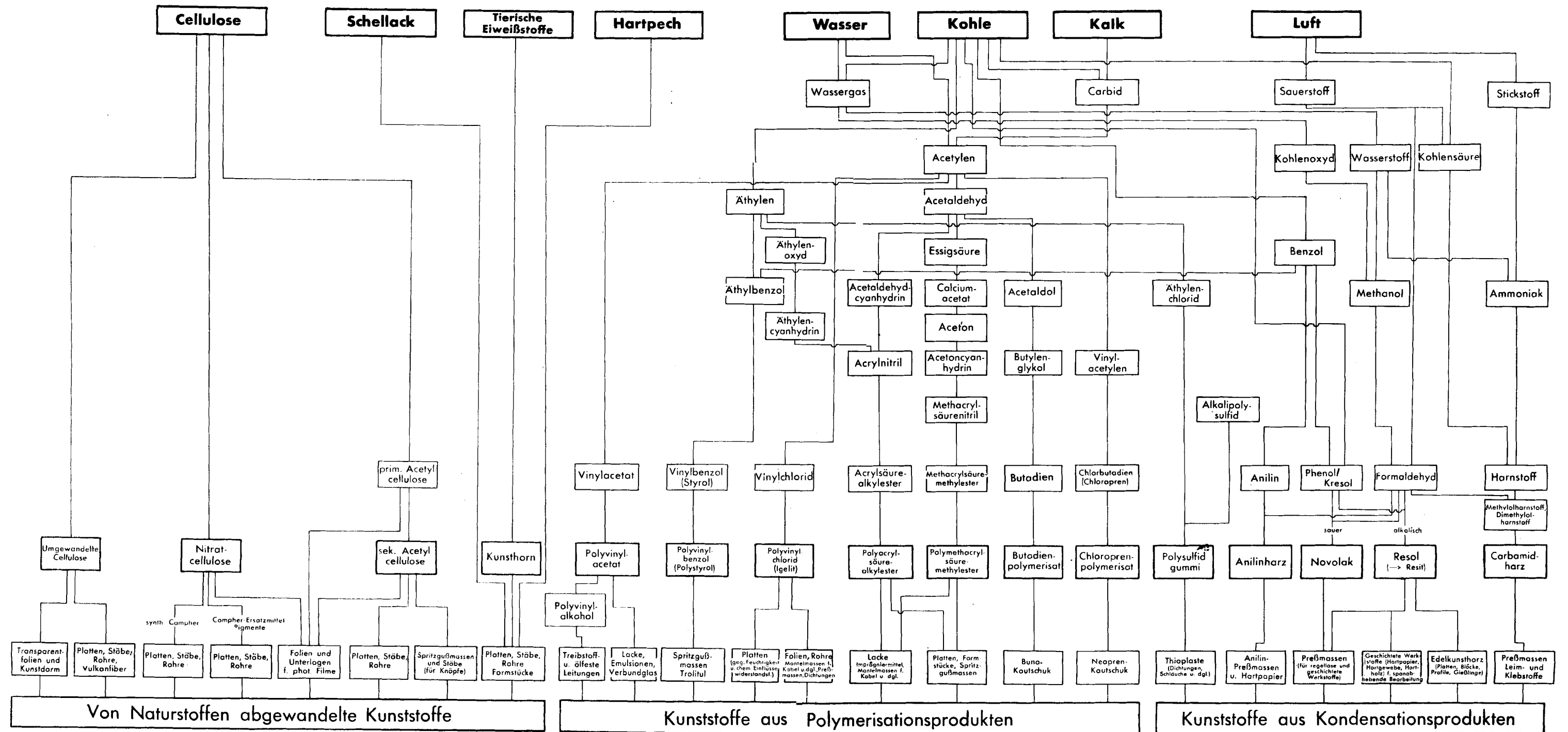


Abb. 14.

Hier wurde mit dem systematischen Austausch von Kautschuk, Blei, Faserstoffen und Wachsen durch Igelit, Buna, Plexigum und andere Hochpolymere begonnen, soweit die besondere Beanspruchung auf jedem Teilsektor der Kabelindustrie es zuließ. Dazu gehören insbes. Niederspannungskabel und einige Gebiete der Fernmeldeinstallationsleitungen. Mipolamumspritzte Zünderdrähte und Klingelleitungen haben ihre Brauchbarkeit seit langem praktisch erwiesen.

Das Verarbeiten der vom Igelit abgewandelten und anderer hochpolymerer Kunststoffe, etwa der Bunasorten Buna S und Perbunan, auf den in der Kabelindustrie bisher verwendeten Apparaturen, z. B. Längsbedeckungsmaschinen, bietet keine grundsätzlichen Schwierigkeiten mehr. Der Austausch auslandgebundener Werkstoffe ist durch die in dieser Hinsicht erzielten Fortschritte wesentlich gefördert worden.

Die Fülle der volkswirtschaftlich so hochbedeutsamen Lederaustauschgebiete zu erörtern, würde zu weit führen. Fensterriemen und Gurte, Treibriemen für einfache und Wechselgetriebe, Polsterstoffe und Lederwaren sind ebenso in den Bereich der praktischen Prüfung gezogen worden, wie es galt, die Verarbeitungsmethoden der neuen Werkstoffe den in bestehenden Betrieben — etwa der Linoleumindustrie — vorhandenen Einrichtungen anzupassen.

Die Nachahmung des beim Leder in natürlicher Verwachsung entstandenen, mechanisch festen und doch atmungsfähigen Faserverbandes hat erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Die Anwendung der zur dritten Polymerisatgruppe gehörigen technischen Emulsionen und synthetischen Latices hat Methoden auffinden lassen, welche u. a. für die Herstellung von Brandsohlen und Steifkappen von Bedeutung sind; sie zeigen auch die Wege zur Vervollkommenheit künstlicher Bodenleder auf.

Lacke und Klebstoffe aus Polyvinylacetat (Mowilith und Vinnapas) gehören zu den ältesten Anwendungsgebieten der synthetischen Hochpolymeren. Dieser Kunststoff hat im übrigen neben Polyacrylsäureester Bedeutung als selbsthaftender und lichtechter Werkstoff für die Sicherheitsglasindustrie gefunden. Auf diesem Gebiet erwachsen den synthetischen Hochpolymeren neue Aufgaben in der auf optimale Kältebeständigkeit und elastische Arbeitsaufnahme abgestellten Abwandlung der monomeren Bausteine. Auf dem Gebiet der Elektroisolierfolien stehen Polystyrol (Styroflex) und Polyvinylchlorid (Vinifol) in Wettbewerb mit Triacetatfolien. Beachtlich sind auch die aus modifizierten Igeliten im Austausch gegen Nessel und Baumwolle hergestellten unverseifbaren Gewebe. Ihre Lebensdauer übersteigt nach bisherigen Feststellungen teilweise das 5 bis 6fache der normalen Beanspruchbarkeit von Filtergeweben.

Im Tauchverfahren werden diese Werkstoffe (Mipolam) auch zu Zahnbürstenhüllen und anderen hygienischen Verpackungen, insbes. Medikamentenhüllen, verarbeitet; andere Polymerisate vom Typ der Igelite sind dazu berufen, Metalle unter grundsätzlicher Einbehaltung der bisherigen Arbeitsweise auf manchen Gebieten der Kleinverpackung abzulösen.

Wissenschaftliche Forschung und technische Entwicklung haben — im Einklang mit den Forderungen und Maßnahmen einer gesunden Wirtschaftspolitik — den Verbrauch an deutschen Kunststoffen innerhalb der letzten 5 Jahre fast auf das Dreifache ansteigen lassen; in der Weltausfuhr stehen sie mit 33% an der Spitze aller Länder. Neue Aufgaben sehen ihrer praktischen Verwirklichung entgegen; ihre Lösung wird die hohe wirtschaftspolitische Bedeutung der deutschen Kunststoffe noch stärker in Erscheinung treten lassen. [A. 63.]

Vergleichende Untersuchungen an Cellulosetriacetatfolien*)

Von Dr. K. WERNER

Wissenschaftl. Laboratorium der Hiag-Verein G. m. b. H., Frankfurt a. M.

Eingeg. 17. Juni 1938

Schon vor einer Reihe von Jahren hat der Verfasser zusammen mit Engelmann¹⁾ in einer ausführlichen Arbeit über Untersuchungen an Acetylcellulose auch auf die Tatsache hingewiesen, daß Triacetylcellulose eine sehr gute Beständigkeit gegen Wasser besitzt, die sich in einer erstaunlich niedrigen Wasseraufnahme von Filmen auswirkt und ihnen eine gute Festigkeit im nassen Zustande verleiht. Einige Jahre später hat dann Nowak²⁾ in einer grundlegenden Arbeit über die elektrischen Eigenschaften der Celluloseacetate gezeigt, daß gerade die Triester der Cellulose mit Essigsäure und die Mischester mit Essigsäure und Buttersäure durch ihre niedrigen dielektrischen Verluste ein ausgezeichnetes Isoliermaterial darstellen und damit einen technischen Anwendungsbereich erschlossen, der erst die Voraussetzung dafür bot, sich ernsthafter mit der Herstellung dieser Produkte zu befassen.

Die Entwicklung, die dieses Arbeitsgebiet in den letzten Jahren genommen hat, führte somit wieder zurück zu den ersten Anfängen der industriellen Anwendung der Acetylcellulose zu Beginn dieses Jahrhunderts, wo man bereits versuchte, diese Stoffe in der Elektroindustrie zur Isolation von Kupferleitern zu verwenden. Damals war allerdings

diese Triacetylcellulose durch chemisch gebundene Schwefelsäure derartig instabil und die mechanischen Eigenschaften der daraus hergestellten Filme waren so unzureichend, daß die Arbeiten als völlig aussichtslos abgebrochen werden mußten. Mehr als zweieinhalb Jahrzehnte hat man die Cellulosetriester mit organischen Säuren als eine unbequeme Zwischenstufe zur Herstellung der acetonlöslichen Acetylcellulose betrachtet, und es fehlte nicht an Bemühungen, letztere auf direktem Wege zu gewinnen, ohne daß dies allerdings gelungen wäre.

Heute gibt es genügend Wege, Triacetylcellulose mit einer ausreichenden Beständigkeit und in jeder gewünschten Viskositätsstufe herzustellen, so daß die wichtigste Voraussetzung zur praktischen Anwendung damit gegeben ist. Die Elektroindustrie ist auch bereits als Verbraucher dieses Produktes aufgetreten und stellt nunmehr steigende Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften der daraus hergestellten Folien und Fäden.

Diese erfreuliche Entwicklung wird noch unterstützt durch die Notwendigkeit zur Beschaffung neuer hochwertiger Werkstoffe auf einer möglichst devisenfreien Rohstoffbasis, durch die bei Verbrauchern und Herstellern die Bereitwilligkeit gefördert wird, von gewohnten Wegen auch einmal in Neuland vorzustoßen, auch wenn es sich um Gebiete handelt, die, wie in der Elektroindustrie noch vielfach, nur schwer der theoretischen Vorausberechnung zugänglich sind.

*) Vorgetragen in der Fachgruppe Chemie der Kunststoffe auf der 51. Hauptversammlung des VDCh in Bayreuth am 10. Juni 1938.

¹⁾ Werner u. Engelmann, diese Ztschr. 42, 444 [1929].

²⁾ Nowak, ebenda 46, 584 [1933].