

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 entstanden, 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].

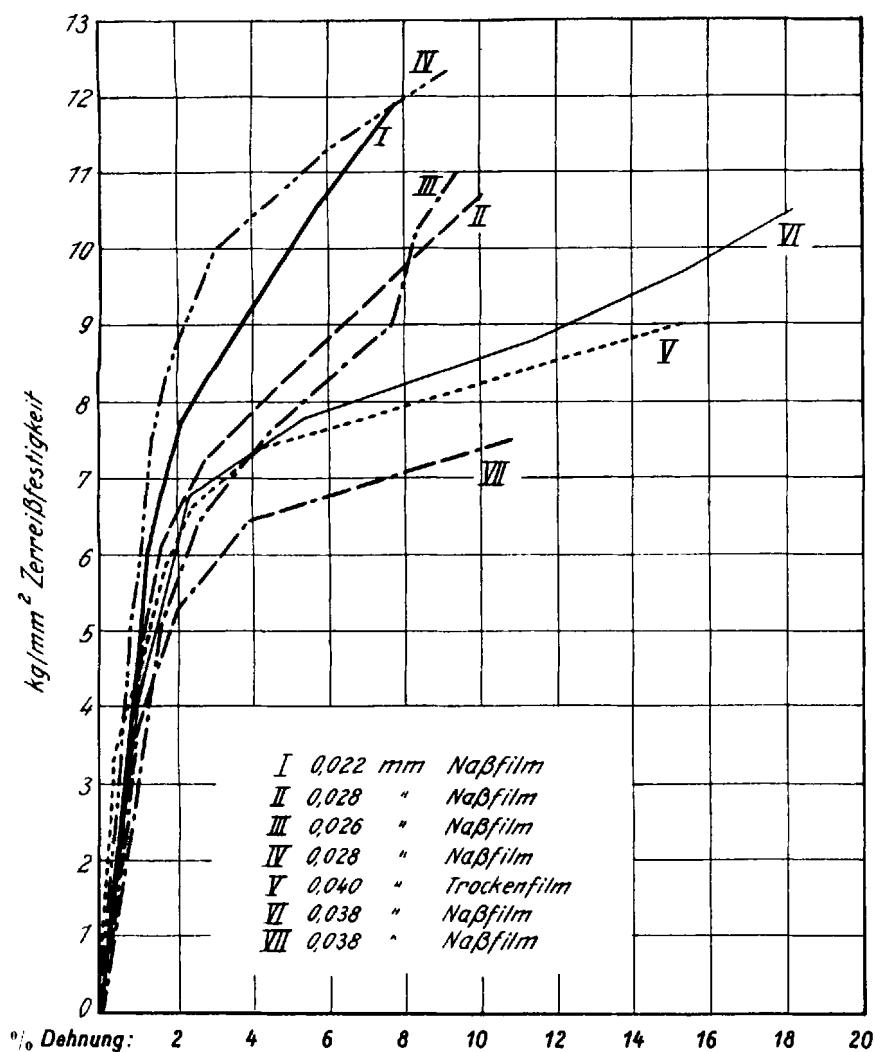


Abb. 1.

Wie schon in einer früheren Arbeit³⁾ dargelegt wurde, gelingt es heute, die Triacetylcellulose in Folien und Fäden umzuwandeln, die an Zerreißfestigkeit jene aus der acetonlöslichen Acetylcellulose bereits übertreffen. Damit ist der Stand der Technik, wie er noch 1936 von Guth u. Rogowin⁴⁾ dargestellt wurde, als überholt zu betrachten. Gewiß ist es erstaunlich, daß es nunmehr möglich ist, Folien aus Triacetylcellulose herzustellen, die bei einer Dicke von 0,02 bis 0,04 mm eine Zerreißfestigkeit von 11–15 kg/mm² und eine Dehnung von 6–12% aufweisen, die durchaus mit jenen Werten verglichen werden können, die an Cellulosehydratfolien als Höchstwerte bekannt sind. Erstaunlich deswegen, weil damit anscheinend die theoretische Auffassung widerlegt werden könnte, daß die Zerreißfestigkeit der Folien und Fäden aus Cellulose und deren Derivaten von den Anziehungskräften abhängig ist, die zwischen den Hauptvalenzketten wirksam sind. Glaubten doch Guth u. Rogowin, die geringeren Festigkeitswerte von Triacetatfilmen, verglichen mit solchen aus acetonlöslicher Acetylcellulose, auf den größeren Abstand der durch die drei Acetylgruppen getrennten Hauptvalenzketten zurückführen zu sollen, was sich — wenn es unbeschränkt richtig wäre — erst recht im Vergleich mit Hydratcellulosefolien auswirken müßte.

Tatsächlich sind dabei neben der Abhängigkeit der Filmfestigkeitswerte von der Viscosität der Acetylcellulose, auf die wir schon 1929¹⁾ überzeugend hingewiesen haben, noch weitere Faktoren von Wichtigkeit. Sehr entscheidend wirkt sich hier der Grad der Ordnung aus, in dem die

Hauptvalenzketten im Film oder Faden sich befinden. Dies ist natürlich keine neue Erkenntnis, da ja wenigstens auf dem weiten Felde der Kunstfäden schon lange von der Möglichkeit Gebrauch gemacht wird, die Festigkeit dadurch zu verbessern, daß man die Fäden im noch plastischen Zustande der Streckung unterwirft und dabei nicht nur eine feinfädige, sondern vor allem eine feste Kunstseide erhält. Bei der Herstellung von Filmen und Folien aus Cellulosederivaten wurde bisher allerdings von dieser Arbeitsweise noch wenig Gebrauch gemacht, da man ja meist deren Lösungen auf einer festen Unterlage — Band- oder Trommelgießmaschine — ausbreitet und somit gar keine Möglichkeit hat, solche Streckungswirkungen hervorzurufen. Die Gewinnung der Hydratcellulosefolie aus den Viscose- oder Kupferoxyd-Ammoniak-Lösungen würde dagegen, ganz ähnlich wie beim Spinnprozeß, solche Arbeitsmethoden erlauben, und die hohe Zerreißfestigkeit, die gelegentlich an solchen Folien gemessen wurde, legt den Gedanken nahe, daß wenigstens bei der Verarbeitung von Kupferoxyd-Ammoniak-Cellulose-Lösungen auch davon Gebrauch gemacht wird.

Die vorher bereits³⁾ beschriebene Methode der Herstellung von Triacetatfolien durch Vergießen der essigsauren Lösungen in wäßrige, essigsaure Fällbäder ermöglichte nun zum erstenmal die Anwendung dieser Streckung in verhältnismäßig einfacher Weise auch auf dieses Gebiet und brachte recht interessante und noch entwicklungsfähige Ergebnisse. Selbstverständlich bleibt die theoretische Überlegung richtig, daß die Festigkeitswerte von Cellulose- und Cellulosederivatfolien von den Anziehungskräften zwischen den Hauptvalenzketten abhängig sind, wodurch auch die Beziehungen zwischen Kettenlänge und Viscosität einerseits und der Dichte und Packung andererseits, sowie der Zerreißfestigkeit sich leicht erklären lassen.

Grundsätzlich bleibt auch die Auffassung bestehen, daß eine solche Streckung der Filme eine Verminderung der Dehnungswerte, wenigstens in der Richtung der Hauptfaser- oder Filmachse, bewirken kann. Es wurde jedoch gefunden, daß hier mancherlei Übergänge vorhanden sind, ja daß mit wachsender Zerreißfestigkeit, als Folge der besseren Parallelordnung der Hauptvalenzketten, auch eine Zunahme der Dehnungswerte einhergehen kann. Dies trifft vor allem dann zu, wenn die Dehnungswerte vorher infolge einer niedrigen Zerreißfestigkeit gar nicht richtig zur Auswirkung kamen. Richtiger sollte man hier nur von der plastischen Dehnung sprechen, da der elastische Anteil der Dehnung fast immer bei diesen Filmen sehr gering ist. So kann es z. B. auch leicht vorkommen, daß die plastische Dehnung eines Filmes mit viel Weichmachungsmittel niedriger ist als die eines Filmes ohne Weichmachungsmittel, wenn dadurch die Zerreißfestigkeit so weit herabgesetzt wird, daß der Film schon bei einer Belastung zerreißt, bei der das durch das Weichmachungsmittel bewirkte plastische Fließen noch gar nicht einsetzen konnte.

Sehr interessant ist z. B. auch, daß ein und dasselbe Weichmachungsmittel, in der gleichen Menge angewandt, einen ganz verschiedenartigen Einfluß ausübt, je nach der Viscosität der Triacetylcellulose, mit der zusammen es auf Filme verarbeitet wird. So konnte festgestellt werden, daß ein Zusatz von 15–20% von an sich ganz bekannten Weichmachern, wie Dibutylphthalat, gerechnet auf die Menge des angewandten Triacetates, im Film neben einer nicht bedeutenden Verbesserung der Gesamtdehnungswerte schon eine sehr beträchtliche Verminderung der Zerreißfestigkeit von z. B. 9–10 kg auf 7–8 kg/mm² bewirkt,

³⁾ Werner, diese Ztschr. 50, 127 [1937].

⁴⁾ Guth u. Rogowin, S.-B. Akad. Wiss. Wien, Abt. IIa, 145, 531 [1936].

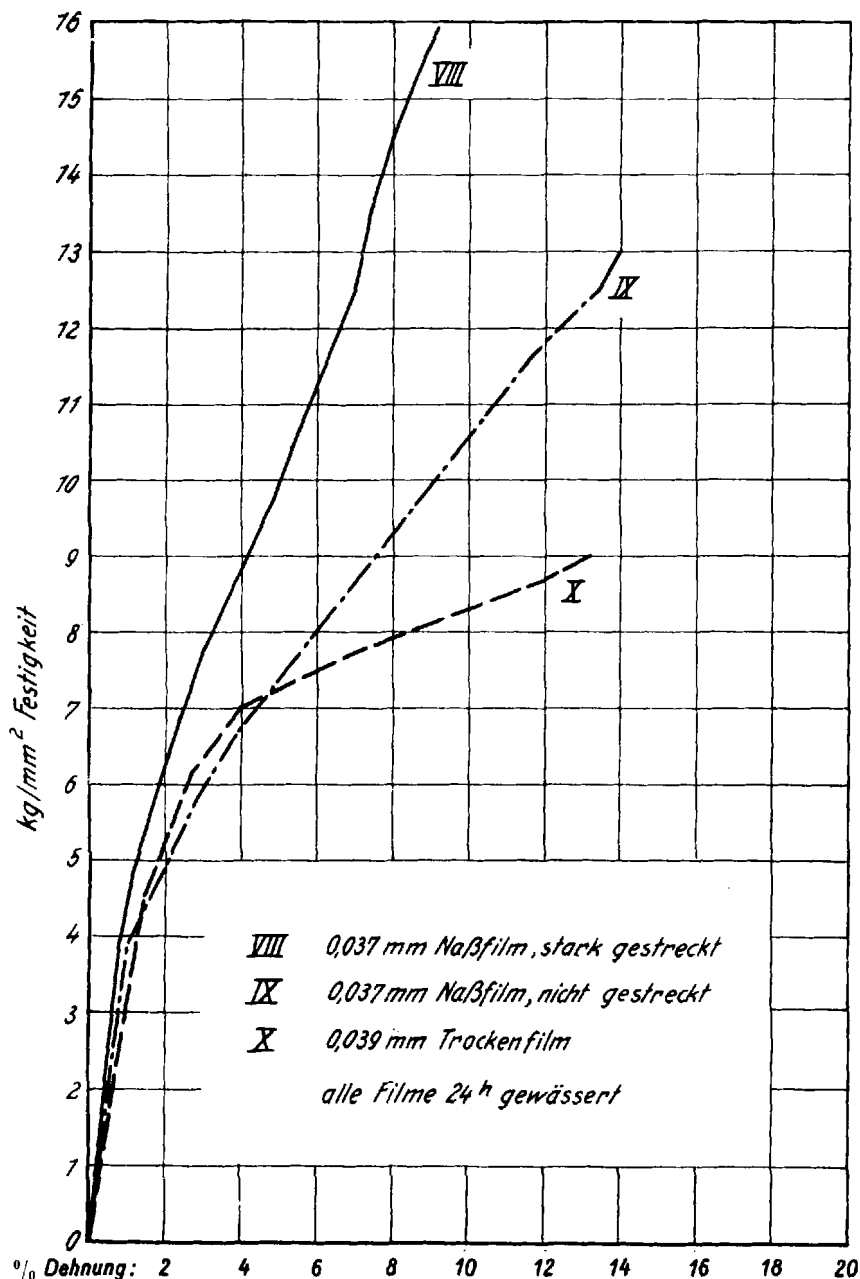


Abb. 2.

wenn diese Triacetylcellulose eine mittlere Viscosität von vergleichsweise 500–800 s in einer 2%igen Ameisensäurelösung 96–98% iger Konzentration besitzt⁵⁾. Wird dagegen eine Triacetylcellulose hoher Viscosität — 2000–3000 s — angewandt, so bewirkt diese Weichmachermenge keine deutliche Verminderung der Festigkeit, sondern bei gleichbleibender Festigkeit eine Erhöhung der Gesamtdehnung von 6–8% auf 11–13%. Sicher ist diese höhere Dehnung z. T. auf die höhere Viscosität zurückzuführen, d. h. also, auf die besser erhaltene Substanz, und der Zusatz des Weichmachers bewirkt hier noch eine zusätzliche Erleichterung des Gleitens der längeren Hauptvalenzketten unter dem Einfluß der angelegten Zugspannung. Andererseits ist es aber auch möglich, daß die Triacetylcellulose mit der höheren Viscosität von dem Weichmacher nicht in gleichem Umfange angelöst oder aufgequollen wird wie das niedriger viskose Produkt, so daß dem Weichmacher hier tatsächlich nur eine Gleitwirkung zuzuschreiben ist. Eine gewisse Analogie liegt vielleicht in dem Verhalten von Campher und dgl. Ersatzmitteln gegenüber Nitrocellulose vor, die von Campher bekanntlich gelatiniert wird, im Gegensatz zu der Wirkung des Ricinusöls, das Nitrocellulose

nicht auflösen oder anquellen kann. Tatsächlich besitzt diese sehr hochviscose Triacetylcellulose eine wesentlich verminderte Löslichkeit in dem dafür sonst sehr geeigneten Gemisch von Methylchlorid und Methanol. Das Überraschende an dem unterschiedlichen Verhalten der hoch- und niedrigviscosen Triacetylcellulose gegen derartige „Weichmachungs- oder Gleitmittel“ ist nun, daß es sich nicht nur an den mechanischen Eigenschaften, wie Zerreißfestigkeit, Dehnung und Doppelfalzzahl, auswirkt, sondern daß auch die dielektrischen Verluste der Filme sonst gleicher Zusammensetzung zwischen 20° und 100° praktisch temperaturunempfindlich sind bei sehr hochviscöser Triacetylcellulose und recht beträchtlich abhängig von der Temperatur bei Produkten mittlerer Viscosität.

Heß, Trogus u. Tomonari⁶⁾ haben von einer sehr stabilen Verbindung geschrieben, die z. B. zwischen Nitrocellulose und Aceton, aber auch anderen, infolge ihres höheren Siedepunktes als Weichmachungsmittel in Betracht kommenden Stoffen, zustande kommen könne. Guth u. Rogovin⁴⁾ bringen damit allerdings neben anderen Ursachen auch die Tatsache in Verbindung, daß die gleiche Nitrocellulose aus Acetonlösungen Filme mit geringerer Festigkeit als aus Lösungen in dem bekannten Gemisch von Äther und Alkohol ergibt.

Auch in unserem Falle könnte zwischen der mittelviscosen Triacetylcellulose und dem Weichmacher eine solche Doppelverbindung wenigstens an der Oberfläche der Micelle entstehen, während die Wirkung desselben Weichmachers auf die hochviscose Triacetylcellulose mehr jener gleichzusetzen wäre, die z. B. von Wassermolekülen ausgeübt wird. Dabei kann es sich nicht um die verhältnismäßig geringen Mengen Wasser, 2–4%, handeln, die die absolut trockene Triacetatfolie beim Lagern im Wasser aufnimmt, sondern um die erheblich größeren Wassermengen, die z. B. bei der Herstellung von Triacetatfolien auf dem Naßgießwege³⁾ vor dem Wegtrocknen der letzten Reste Wasser darin vorhanden sind. Diese üben auch eine sehr günstige Wirkung auf Zerreißfestigkeit, Dehnung und Falzzahl der Folie aus, obwohl zwischen dem Triacetat und dem Wasser bestimmt keine Doppel- oder Molekülverbindung möglich ist.

Die oben bereits genannte Wasseraufnahme der Triacetatfolie nach 16–20stündiger Lagerung in Wasser bei Raumtemperatur zwischen 20 und 25° beträgt übrigens nur dann 2–4% des Foliengewichtes, wenn das verwendete Triacetat praktisch 62,5% abspaltbare Essigsäure enthält, also frei ist von nennenswerten Mengen chemisch gebundener anorganischer Katalysatorsäure. Sowie der Essigsäuregehalt auf 60–61% zurückgeht, wächst die Wasseraufnahme sofort auf 5–7% an, um schließlich auf die schon früher¹⁾ genannten Mengen von 15–20% anzusteigen, bei der handelsüblichen acetonlöslichen Acetylcellulose mit 52–55% abspaltbarer Essigsäure. Da übrigens auch die dielektrischen Verluste der Triacetatfolien deutlich abhängig sind von Verunreinigungen im Triacetat oder auch von nicht voll veresterten OH-Gruppen, findet die Folie mit dem höchstmöglichen, d. h. theoretisch begrenzten Gehalt von 62,5% Essigsäure den meisten Beifall. Ein solches Produkt kann schließlich nahe an die bisher bei Kunstharzprodukten niedrigsten dielektrischen Verluste, z. B. des Polystyrols zwischen 0,1 und 0,5% bei 50 Hz und 200 V, herankommen.

⁵⁾ Werner u. Engelmann, diese Ztschr. 42, 441 [1929].

⁶⁾ Heß, Trogus u. Tomonari, Z. physik. Chem. Abt. A 16, 351 [1932].

Um nun einen besseren Überblick in den Aufbau der Triacetatfolien zu bekommen, haben wir, ähnlich wie schon Blom⁷⁾ für Nitrocellulose, das Belastungsdehnungsdiagramm einiger Triacetatfilmstreifen, die teils dünner als 0,03 mm, teils etwa 0,04 mm dick waren, aufgenommen und dabei Filme gewählt, die nach dem Naßgießverfahren mit und ohne Streckung, mit und ohne Weichmacher und nach dem Trockengießverfahren mit Weichmacher hergestellt worden waren. In Tab. 1 sind die wichtigsten Daten dieser Folien festgehalten. Die entsprechenden Kurven I—VII sind in Abb. 1, VIII—X in Abb. 2 dargestellt.

Tabelle 1.

Kurve	Dicke mm									
I	0,022	Festigkeit kg/mm ²	6,0	7,6	9,1	10,6	11,9			
		Dehnung in %	1,2	2,0	3,9	5,8	7,8			
II	0,028	Festigkeit kg/mm ²	4,9	6,1	7,3	8,5	9,7	10,7		
		Dehnung in %	1,0	1,6	2,8	5,2	8,0	10,0		
III	0,026	Festigkeit kg/mm ²	5,1	6,4	7,7	9,0	10,3	11,0		
		Dehnung in %	1,6	2,6	4,6	7,6	8,4	9,4		
IV	0,028	Festigkeit kg/mm ²	5,0	6,3	7,5	8,8	10,0	11,3	12,3	
		Dehnung in %	0,8	1,2	1,4	2,0	3,0	6,0	9,1	
V	0,040	Festigkeit kg/mm ²	3,3	4,1	5,0	5,8	6,6	7,4	8,3	9,0
		Dehnung in %	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4	4,2	10,4	15,2
VI	0,038	Festigkeit kg/mm ²	3,9	4,9	5,8	6,8	7,8	8,8	9,7	10,5
		Dehnung in %	0,8	1,2	1,6	2,4	5,4	11,4	15,4	18,2
VII	0,038	Festigkeit kg/mm ²	3,6	4,5	5,4	6,4	7,3	7,5		
		Dehnung in %	0,8	1,4	2,0	3,8	9,6	10,8		
VIII	0,037	Festigkeit kg/mm ²	3,9	5,8	7,7	9,7	11,6	13,5	15,5	15,85
		Dehnung in %	0,8	1,8	3,0	4,8	6,2	7,4	8,8	9,2
IX	0,037	Festigkeit kg/mm ²	3,9	5,8	7,7	9,7	10,6	11,6	12,5	12,9
		Dehnung in %	1,0	2,8	5,4	8,4	10,0	11,8	13,4	13,9
X	0,039	Festigkeit kg/mm ²	3,5	4,4	5,2	6,2	7,0	7,8	8,7	9,0
		Dehnung in %	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	7,2	12,0	13,2

Kurve	Art des Films	Viscosität/s	Streckung %	Weichmacher %	Dicke in mm	Bemerkungen
I	Naßfilm	etwa 500	25	8	0,022	einfach gegossen
II	Naßfilm	etwa 500	25	6	0,028	einfach gegossen
III	Naßfilm	600	25	6	0,026	einfach gegossen
IV	Naßfilm	600	0	6	0,028	doppelt gegossen
V	Trockenfilm	etwa 3000	0	15	0,040	einfach gegossen
VI	Naßfilm	600	0	6	0,038	doppelt gegossen
VII	Naßfilm	600	0	8	0,038	doppelt gegossen
VIII	Naßfilm	600	31	8	0,037	nach 24 h Wässern
IX	Naßfilm	600	0	8	0,037	nach 24 h Wässern
X	Trockenfilm	etwa 3000	0	15	0,039	nach 24 h Wässern

Dabei zeigt sich deutlich, daß durch den Streckprozeß bei den Filmen I—IV die Zone des plastischen Fließens, in der die Dehnung stark wächst, während die Belastung kaum zunimmt, fast zum Verschwinden gebracht wird, trotzdem die Gesamtdehnungswerte zwischen 8 und 10% liegen, also kaum niedriger sind als bei Kurve VII, wo der Film nicht gestreckt wurde. Noch deutlicher als bei VII tritt diese Zone der plastischen Dehnung bei den Kurven V und VI auf. V entspricht einem etwa 0,04 mm dicken Film aus sehr hochviscoser Triacetylcellulose mit etwa 15% Dibutylphthalat, der auf dem Trockengießwege hergestellt wurde, VI dagegen einem 0,038 mm dicken Film aus mittelviscoser Triacetylcellulose, der auf dem Naßgießwege hergestellt wurde. Alle Kurvenwerte sind an jeweils einem Streifen bei gleichzeitiger Ablesung von Belastung und Dehnung während der Zerreißprüfung im Schopper-Apparat aufgenommen worden. Die Durchschnittswerte (aus je 10 Einzelbestimmungen) liegen z. T. etwas niedriger.

Gerade bei den Kurven V, VI und VII sieht man deutlich, daß die Filme zerrissen, noch bevor die während des plastischen Fließens eintretende Parallelordnung der Hauptvalenzketten sich in einem weiteren, stärkeren Ansteigen der Belastung auswirken konnte. Es kann natürlich auch sehr wohl sein, daß dieser Punkt bei den Filmen gleicher Zusammensetzung deutlicher hervorgetreten wäre, wenn diese eine Dicke von 0,07—0,08 mm gehabt hätten, wie bei dem Versuchsobjekt von Blom⁷⁾, einem Nitrocellulosefilm von 0,076 mm Dicke.

In Kurve VIII, Abb. 2, sind die Werte eingezeichnet, die bei einem Film von 0,037 mm Dicke, der unter sehr starker Streckung hergestellt wurde, nach 24 stündiger Wässerung erhalten wurden. Hier ist von einer plastischen Zone kaum mehr die Rede, obwohl der Film eine Gesamt-

dehnung von 9,2% hat. Die sehr hohe Bruchfestigkeit von rd. 16 kg/mm² fällt besonders auf und zeigt ähnlich wie bei den Kurven IX und X an, daß die 24stündige Lagerung in Wasser sich praktisch nicht in einer Verminderung der Zerreißfestigkeit auswirkt. Diese Feststellung wird übrigens noch erhärtet durch die Werte der Tab. 2, aus der ersichtlich ist, daß die Zerreißfestigkeit im nassen Zustande bei allen Filmen etwas besser ist als bei Lufttrockenheit, während die Dehnung etwas schlechter wurde. Dies kann auch mit dem teilweisen Herauslösen des Weichmachers bei der langen Wässerung zusammenhängen.

Tabelle 2.

Folienart	Dicke in mm	Viscosität/s	Trocken		Nach 24 h Bewässerung		
			Zerreißfestigkeit kg/mm ²	% Dehnung b. Bruch	Zerreißfestigkeit kg/mm ²	% Dehnung b. Bruch	Weichmacher %
Naßfilm	0,023	6000	11,0	7,25	12,5	5,5	etwa 6—8
Naßfilm	0,024	550	9,7	6,3	10,7	4,7	etwa 6—8
Trockenfilm	0,025	650	8,5	9,2	9,5	10,9	kein Weichm.
Trockenfilm	0,040	3000	8,5	12,2	8,5	11,2	etwa 15
Naßfilm	0,038	600	9,2	10,0	11,0	11,0	etwa 6—8
Naßfilm	0,044	600	9,7	6,1	13,7	8,1	etwa 6—8
Naßfilm	0,040	600	11,5	4,7	13,4	8,6	etwa 6—8
Naßfilm	0,039	600	13,6	5,3	—	—	kein Weichm.
Naßfilm	0,039	600	11,9	4,4	—	—	kein Weichm.

Grundsätzlich darf man feststellen, daß das Naßgießverfahren Filme liefert, die in ihren mechanischen Eigenschaften ohne Anwendung von Weichmachungsmitteln nicht schlechter, sondern eher besser sind als Filme, die mit Weichmachern auf dem Trockengießwege hergestellt wurden. Dabei lag den Naßgießversuchen eine mittelviscose Triacetylcellulose zugrunde, während für die Trockengießversuche ein nach einem älteren Spezialverfahren gewonnenes sehr hochviscoses Produkt zur Anwendung kam.

Von großem Interesse dürfte übrigens auch die Verarbeitung dieser essigsäuren Cellulosetriacetatlösungen auf Kunstfäden sein. Grundsätzlich ist es möglich, durch Naßspinnen solcher Lösungen in verdünnten Essigsäurefärbädern Kunstfäden aus Triacetylcellulose zu erhalten, die mit 1,6—1,8 g Festigkeit pro Denier die Trockenreißfestigkeit der handelsüblichen Celluloseacetatseide erreichen, ja überschreiten. Da nun auch eine höhere Naßfestigkeit gefunden wurde, und andererseits die Triacetatseide eine sehr hohe Isolierfähigkeit und geringe Oberflächenleitfähigkeit besitzt (siehe Nowak u. Hofmeier⁸⁾), ist auch für dieses Produkt ein größerer Anwendungsbereich zu erwarten.

Neben der hohen Wasserbeständigkeit der Triacetatfolien und -fäden ist noch besonders die gute Wärme- und Alterungsbeständigkeit hervorzuheben, durch die diese Produkte sich deutlich abheben von anderen Stoffen, wie Celluloseäther- oder Polyvinylchloridfolien, deren Anwendung infolgedessen auf einen engeren Temperaturbereich, z. B. unter 80°, beschränkt bleibt.

Andererseits besitzt die Triacetylcellulose gegenüber der Hydratcellulose einen erheblichen Vorzug, der darin besteht, daß aus 100 Teilen Cellulose etwa 175—180 Teile Triacetat entstehen, dagegen nur etwa 85 Teile Hydratcellulosefolien oder -fäden. Es liegt also eine sehr viel bessere Ausnutzung des volkswirtschaftlich äußerst wichtigen Celluloserohstoffes vor, ein Umstand, der gerade in unserer Zeit besondere Beachtung verdient. Und es erscheint durchaus möglich, daß die Triacetylcellulosefäden und -folien einmal an bestimmten, wichtigen Stellen die Hydratcellulose verdrängen werden, zumal schon jetzt gesagt werden kann, daß der Verwendung von Holzzellstoff für Acetylierungszwecke keine grundsätzlichen Hindernisse entgegenstehen. Damit kann der an sich geringe Devisenbedarf, der jetzt noch für die Einfuhr von Baumwoll-Linters für Acetylcellulose benötigt wird, später wegfallen. [A. 60.]

⁷⁾ Blom, Kolloid-Z. 61, 234 [1932].⁸⁾ Nowak u. Hofmeier, Kunststoffe 27, 184 [1937].