

LENZINGER BERICHTE

Folge 32

Dezember 1971

Vorträge, gehalten auf der 10. Internationalen Chemiefasertagung vom 21. bis 23. September 1971 in Dornbirn, sowie die im Anschluß daran geführten Diskussionen

	Seite
Eröffnungsansprache Generaldirektor KR. Rudolf H. Seidl, Wien	5
Grußbotschaft der Internationalen Chemiefaservereinigung Dr. Leo Landsmann, Paris	8
Entwicklungstendenzen bei den Chemiefasern Professor Dr. Dirk W. van Krevelen, Arnheim, Holland	10
Polymerforschung in ihrer Auswirkung auf die Faserherstellung Professor Dr. Burkhard Philipp, Teltow-Seehof, DDR	21
Hochtemperaturbeständige Fasermaterialien aus organischen Grundstoffen Privatdozent Dr. Heinz Herlinger, Stuttgart-Wangen, BRD	31
Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von Polycarbonatfasern Dr. Bela von Falkai, Dormagen, BRD	40
Zum Problem der Wechselwirkung zwischen Faden und Fadenleitorganen bei schnell laufenden Textilmaschinen Dipl.-Phys. H. Linz, Emmenbrücke, Schweiz	48
Polyesterfasern der zweiten Generation Dr. Franz Jakob, Frankfurt/Main-Höchst, BRD	56
Der Einfluß der Spannung auf die Kinetik des Färbeprozesses der Polyesterfasern Professor René Freytag, J. J. Donzé, Frankreich	65
Vliesstoffe mit besonderer Berücksichtigung der Spinnvliese Dr. Ludwig Hartmann, Kaiserslautern, BRD	70
Fäden und Fasern aus Folien Dr. J. Harms, Dr. H. Krässig, Dr. F. Saßhofer, Lenzing	81
Ein neues Garnkonzept – Acrylfasern in Weberei und Strickerei Dr. Georges Pamm, Dr. O. Heuberger, Dr. S. M. Ibrahim und F. C. Field jr., Genf, Schweiz	90
Modifizierte Polyamidfasern Professor G. Kudrjawzew, Moskau, UdSSR	97
Eigenschaften von mit Acrylsäure gepfropften Polypropylenfasern W. Tsuji, T. Ikeda, M. Hamanaka und Y. Ikeda, Kyoto, Japan	106
Internationale Arbeitsteilung im Textilbereich und Zukunftsaussichten der EWG-Textilindustrie Dr. Hans-Werner Staratzke, Frankfurt/Main, BRD	114
Klassische und neue Einsatzgebiete technischer Chemiefasern Dr. Berthold H. Daimler, Wuppertal/Elberfeld, BRD	120
Filamentmischgarne – eine neue Gruppe von Endlos Garnen Dr. rer. nat. Ernst Heim, Freiburg/Breisgau, BRD	129
Bikomponent-Polyamidfasern (Herstellung und Einsatz besonders im Nadelvliessteppich) Dr. Heinz Gilch und Ernst Raabe, Östringen, BRD	135
Rückblick und Ausblick Generaldirektor KR. Rudolf H. Seidl, Wien	152

Eröffnungsansprache

Generaldirektor KR. Rudolf H. Seidl

Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts, Wien

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Zu unserer 10. Internationalen Chemiefasertagung begrüße ich Sie alle auf das herzlichste. Es ist mir eine besondere Ehre und Freude, die zu unserer Jubiläumstagung so zahlreich erschienenen Ehrengäste, an deren Spitze Herr Landeshauptmann Dr. Kessler, Herrn Bürgermeister Dr. Bohle und den Messepräsidenten Herrn KR. Oskar Rhomberg, willkommen zu heißen.

Herr Präsident DDr. Mayer-Gunthof, der seine Teilnahme an dieser Tagung wieder zugesagt hatte, mußte leider plötzlich in das Krankenhaus eingeliefert werden und kann deshalb an unserer Veranstaltung heuer nicht teilnehmen, was wir sehr bedauern. Wir werden Herrn Präsident DDr. Mayer-Gunthof ein Telegramm mit den besten Wünschen für eine baldige Genesung zugehen lassen.

Mein besonderer Gruß gilt selbstverständlich darüber hinaus den 16 Vortragenden aus 9 Staaten, die in diesem Jahr unser Programm mit ihren Beiträgen so vielfältig und interessant machen, daß nicht weniger als 650 Teilnehmer aus 22 Staaten sich zu dieser Tagung eingefunden haben. Nicht zuletzt möchte ich auch die Vertreter der Presse und des Österreichischen Rundfunks herzlich begrüßen, die von Jahr zu Jahr unsere Tagung besuchen und deren Interesse es wir verdanken, daß unsere Dornbirner Chemiefasersymposien ein so weltweites Echo finden.

Ein Jahrzehnt mag für einen so jungen und dynamischen Industriezweig wie die Chemiefaserindustrie kurz erscheinen, und wenn wir diesen Anlaß dennoch würdigen, so deshalb, weil die Jahre 1961 bis 1971 einen der entscheidenden Abschnitte in der Entwicklung unserer Industrie markieren.

Vor zehn Jahren stand die Chemiefaserindustrie, speziell die Synthesefaserindustrie, noch am Anfang einer stürmischen Aufwärtsentwicklung. Lediglich die zellulosefasernen Fasern, die ja schon seit Beginn dieses Jahrhunderts auf dem Markt sind, hatten bis dahin in der Textilwirtschaft Eingang gefunden. Sie erreichten 1960 bei einem Gesamtfaserverbrauch von knapp 15 Mio t Spinnfasern mit etwa 2,5 Mio t rund 16%, während die synthetischen Fasern und Fäden mit erst knapp $\frac{3}{4}$ Mio t des Gesamtverbrauchs vertreten waren.

1970 hat sich das Bild völlig gewandelt: Der Weltverbrauch an Textilfasern hat 21 Mio t überschritten, von denen nicht weniger als 40% oder 8,4 Mio t auf Chemiefasern aller Art entfielen. Die Synthetics haben in diesem Jahrzehnt in einem beispiellosen Siegeszug den Textilmarkt erobert. Mit 4,86 Mio t im Jahr 1970 haben sie bereits die zellulosefasernen Chemiefasern um 3,54 Mio t überflügelt, und die Produktion der Synthetics allein hat bereits mehr als das Dreifache des Weltaufkommens an Schurwolle erreicht.

Im Wettbewerb der Chemiefasern untereinander sind die Synthetics nunmehr bereits auf nahezu 60% der Weltproduktion an Chemiefasern angestiegen. Davon entfallen 41% auf Polyamid-, 31% auf Polyester- und knapp 20% auf Polyacrylnitrilfasern. In den sechziger Jahren begann ein harter Wettbewerb der Chemiefaserproduzenten, der dazu beitrug, daß im Jahre 1967 auf dem Textilmarkt eine schwierige Situation entstand, die uns allen noch in Erinnerung ist.

Lag die Wirtschaftlichkeit einer Synthesefaserproduktion Anfang der sechziger Jahre noch bei rund 6000 t pro Jahr, so hatten technologischer Fortschritt und Preisentwicklung in den folgenden Jahren bewirkt, daß aus Rationalitätsgründen die Kapazitäten immer mehr ausgeweitet wurden und heute für Synthesefasern zwischen 20 000 und 30 000 t pro Jahr liegen. Dies führte temporär zu Überproduktionen, die von einem Preisverfall begleitet waren. Wenn sich auch das zeitweise Überangebot an Chemiefasern durch den schnell wachsenden Bedarf an Textilfasern im allgemeinen nach und nach wieder ausgleicht, so kommt es dadurch doch immer wieder zu einer Beunruhigung der Märkte.

Auch wir in Österreich haben diese Entwicklung deutlich verspürt: Die Chemiefaserproduktion hat sich im letzten Jahrzehnt auch hier entscheidend gewandelt. Während noch 1960 nur etwa 5500 t Kunstseide und 52 000 t Zellwolle produziert wurden, hat Österreichs Chemiefaserindustrie im letzten Jahr eine Gesamtproduktion von rund 100 000 t erreicht. Hievon entfallen 75 000 t auf Viskosespinnfasern aus Lenzing, etwa 14 000 t auf Reyon aus St. Pölten und ca. 10 000 t auf die erst vor wenigen Jahren von der Austria-Faserwerke Ges. m. b. H. aufgenommene Polyesterfaserproduktion. Seit der Jahreswende 1971 haben sich auch die Österreichischen Stickstoffwerke in Linz den Chemiefaserproduzenten unseres Landes durch die Aufnahme einer Erzeugung von Polypropylenfasern und -fäden sowie von Vliesstoffen angeschlossen.

Nicht zu übersehen ist bei dieser Entwicklung der tiefgreifende Strukturwandel, den die Textilindustrie im vergangenen Jahrzehnt durch die wachsende Verarbeitung von Chemiefasern genommen hat.

Die noch vor zehn Jahren geltende klassische Einteilung etwa in Woll-, Baumwoll- und Seidenindustrie ist heute durch die Entwicklung großteils überholt. Denn jeder Industriezweig verarbeitet neben den Naturfasern bereits verschiedene Chemiefasern, was letzten Endes zu dem Bild einer „Multi-Faserindustrie“ führt. Da die Chemiefasern eine Abstimmung der Produkteigenschaften auf den jeweiligen Verwendungszweck in einem weitaus größerem Maße gestatten, als dies bei Naturfasern möglich ist, stellt der Konsument immer differenziertere Ansprüche an die Fertigartikel der Textilindustrie. Dies hat wohl zu einer außerordentlichen Verbreiterung der Angebotspalette, aber auch zu einem immer schnelleren Wechsel der modischen Zielrichtungen beigetragen. Damit hat wieder der Fachhandel eine Fülle neuer Impulse erhalten, so daß der Markt heute völlig anders gestaltet ist als noch vor zehn Jahren.

Stehen wir heute vor der Tatsache, daß die Chemiefasern aus keinem Bereich der Textilwirtschaft mehr wegzudenken sind und daß die Chemiefasern von einst heute schon beinahe als klassische Materialien angesehen werden, weil sie eine ideale Ergänzung zur Naturfaser sind, so haben doch Forschung und Entwicklung ununterbrochen an einer weiteren Verbesserung der Erzeugnisse gearbeitet. Dies gilt sowohl für neue Erkenntnisse in der Polymerchemie als auch für die Weiterentwicklung von Technologien zur Faserverarbeitung und zur Herstellung textiler Flächengebilde. Allein auf dem Gebiet der Viskosefasern, von denen man fälschlich behauptet, daß hier keine zukunftsreichen Entwicklungsmöglichkeiten mehr bestünden, hat sich im letzten Jahrzehnt die Modalfaser bereits weltweit durchgesetzt, gepfropfte Fasern lassen ganz neue Aussichten erwarten, und flammfeste Viskosefasern werden in naher Zukunft weite Bereiche auf dem Heim- und Haushaltstextilensektor beeinflussen. Auf dem Kunstseidensektor haben sich die hochnaßfesten Reyontypen für die Reifenkorderzeugung durch den Gürtelreifen bestens bewährt und bestreiten heute dadurch einen beträchtlichen Marktanteil im Reifen-sektor.

Auch bei den Synthetics hat die Forschung durch neue Eigenschaften die Voraussetzung für neue Einsatzgebiete ermöglicht. Zu den bedeutendsten Erfindungen des letzten Jahrzehnts gehören die texturierten Synthesefasern und -fäden, die die Textilindustrie revolutioniert und eine ganz neue Phase für die Maschenindustrie eingeleitet haben.

Bikomponentenfasern, Profilfasern und Hohlfasern verschaffen sich gleichfalls Eingang in verschiedene Spezialgebiete. Schließlich kommen aber auch noch die im letzten Jahrzehnt gefundenen neuen Technologien bei der Faserverarbeitung hinzu. Ich möchte hier nur auf die Vliesstoffe hinweisen, die einen neuen Abschnitt in der Textilgeschichte eingeleitet haben. Von diesen Entwicklungen hat ihrerseits auch die Maschinenindustrie viele neue Impulse erhalten und Verarbei-

tungsmaschinen auf den Markt gebracht, die diesen speziellen Technologien gerecht werden.

Das Tufting- und das Näh-Wirkverfahren sowie in der Bekleidungsindustrie das Verkleben und Schweißen von Nähten oder das Frontfixieren sind nur einige der in diesem Zusammenhang zu erwähnenden Neuerungen.

Dies alles hat uns veranlaßt, unsere diesjährige 10. Internationale Chemiefasertagung unter die Devise „Chemiefasern der zweiten Generation“ zu stellen, um damit einen Überblick über die in Gang befindliche Entwicklung in der Textilindustrie durch die Chemiefasern zu geben.

Diese – unsere 10. Tagung – fällt in das gleiche Jahr wie der 3. Weltkongreß für Chemiefasern, der erst vor drei Monaten in München von der Internationalen Chemiefaservereinigung abgehalten worden ist. Hat dieses internationale Großereignis der Chemiefaserwirtschaft, das nur alle acht Jahre stattfindet, gewissermaßen eine Weltbilanz der augenblicklichen Situation der Chemiefaserindustrie gezogen, so haben wir mit unserer Chemiefasertagung in Dornbirn die Absicht, uns mit Detailproblemen zu beschäftigen, die in die Zukunft weisen. Aus den Vorträgen in München wurde ebenso deutlich, wie das auch aus den bei unserer diesjährigen Tagung gehaltenen Referaten hervorgeht, daß Chemiefaserindustrie und Textilindustrie auf das engste verbunden sind und daß die zukünftigen Entwicklungen von beiden Teilen getragen werden.

Ursprünglich wurden die Chemiefasern als eine Konkurrenz der Naturfasern betrachtet, wogegen wir heute zur Erkenntnis gelangt sind, daß die Chemiefasern eine Ergänzung der natürlichen Fasern darstellen. Schon heute füllen sie eine Marktlücke, und bis zum Jahre 2000 werden sie vielleicht schon drei Viertel des Gesamtfaserbedarfs decken müssen.

Wir hoffen deshalb, daß Ihnen die 16 Referenten, die diesmal aus neun Staaten zu unserer Tagung gekommen sind, ein eindrucksvolles Bild der Möglichkeiten und Chancen für die Chemiefaser- und die Textilindustrie vermitteln werden. Freilich soll dabei nie der wirtschaftliche Hintergrund übersehen werden, der für jede Industrie von entscheidender Bedeutung ist.

Lassen Sie mich deshalb auch noch ein Wort zu der augenblicklichen weltwirtschaftlichen Situation, deren Schatten gerade jetzt auch auf unsere Industrie fällt, etwas sagen:

In diesen letzten zehn Jahren, auf die wir zurückblicken, herrschte das Bestreben, den Welthandel auszuweiten und in jeder Beziehung liberaler zu gestalten. Man sprach immer vom Abbau der Handelsbeschränkungen im grenzüberschreitenden Verkehr, gleichgültig, ob es sich um mengenmäßige Beschränkungen oder um finanzielle Belastungen, wie Zölle und Ausgleichssteuern, handelte. Der letzte diesbezügliche große Schritt war die Kennedy-Runde. Eine der Grundlagen des prosperierenden Welthandels waren jedoch die stabilen Wechselkurse, die auf den Vereinbarungen von Bretton Woods basierten.

Nun haben die letzten Wochen eine schwere Erschütterung gebracht, denn durch das Ungleichgewicht in der Zahlungsbilanz der Vereinigten Staaten von Amerika ist die Leitwährung der westlichen Welt, der US-Dollar, in Schwierigkeiten geraten, und dadurch sind schwere Störungen im Wirtschaftsverkehr der westlichen Welt eingetreten.

Man sucht nun nach neuen Lösungen, die für die Chemiefaserindustrie und für die Textilindustrie im speziellen außerordentliche Bedeutung besitzen, nachdem diese Industrien ja besonders exportintensiv sind, vor allem aus den drei Zentren USA, Japan und Westeuropa. Wie die Lösung dieser Fragen schließlich erfolgt, ist daher auch für uns von ausschlaggebender Bedeutung.

Wir werden in den siebziger Jahren mit den Währungsproblemen leben müssen. Es sind starke Bestrebungen im Gange, zu einem Realignment der Wechselkurse zu kommen, doch die Volkswirtschaften der Welt entwickeln sich so unterschiedlich, daß man wahrscheinlich in Zukunft mit festen Wechselkursen allein nicht mehr das Auslangen finden wird. Auf lange Sicht gesehen, wird es daher notwendig sein, die Bandbreiten der Wechselkurse nach einem Realignment zu erweitern, um kleinere temporäre Schwankungen in der wirtschaftlichen Entwicklung einzelner Länder besser ausgleichen zu können.

Wenn es jedoch zu strukturellen Verschiebungen in den Volkswirtschaften einzelner Länder kommt, wird es wahrscheinlich

erforderlich sein, temporär zum Floating der Wechselkurse für jene Währungen überzugehen, bei welchen eine strukturelle Änderung in der Zahlungsbilanz des betreffenden Landes eintritt. Dies setzt für einen so exportorientierten Wirtschaftszweig, wie den der Chemiefaser- und den der Textilindustrie, voraus, das es gut funktionierende Terminmärkte gibt, die billig arbeiten und von spekulativen Einflüssen freigehalten werden sollten. Es ist natürlich zweifelhaft, ob sich das in verschiedenen Ländern bereits eingeführte System der Teilung des Wechselkurses in einen Finanzdollarkurs und in einen Warendollarkurs bewähren wird, weil das notwendige Überwachungssystem hierfür so engmaschig sein müßte, daß es in der Praxis kaum durchzuführen wäre. Viel vorteilhafter wäre dagegen eine Lösung, die mittels einer einheitlichen Kursgestaltung das Problem sowohl für den Kapital- als auch für den Warentransfer ermöglicht.

Wir als exportierende Industrien müssen die Forderung stellen, daß sich die Regierungen, die Zentralbanken und der Bankenapparat im allgemeinen dessen bewußt werden, wie stark der derzeitige Zustand den Welthandel behindert und daß rasch Lösungen gefunden werden müssen, die auf lange Sicht wieder Sicherheit für den Zahlungsverkehr bringen und den Exporteur als wertvollen Teil einer Volkswirtschaft vor Verlusten schützen.

Ich persönlich glaube auch, daß das Abgehen von der Goldparität, das heute in vielen Kreisen erörtert wird, zu sehr großen Unsicherheiten, insbesondere bei der Berechnung der Kurse, führen würde. Bevor man ein altbewährtes System verläßt, müssen erst die Wege gefunden werden, die Sicherheit auf lange Sicht gewährleisten. Es wäre falsch, ein System der Sicherheit aufzugeben und durch Experimente zu ersetzen, die unter Umständen den Welthandel schwersten Erschütterungen aussetzen.

Besonders für die Anlagenindustrie, die mit langen Zahlungszielen verkauft, ist eine solche Sicherheit notwendig. Kursicherheit auf Jahre hinaus hat es allerdings nie gegeben, und es wird daher notwendig sein, für derartige langfristige Geschäfte durch ein entsprechendes Sicherungssystem, das weltweit wirken sollte, die Absicherung der Gegenwerte solcher Exporte zu gewährleisten. Wir in der Chemiefaserindustrie verkaufen normalerweise kurzfristig, für uns wäre daher die erste Forderung in diesem Zusammenhang, gut funktionierende Terminmärkte zur Verfügung zu haben, um un gerechtfertigte Verluste zu vermeiden.

Doch nun lassen Sie mich zu unserer 10. Internationalen Chemiefasertagung zurückkehren:

Der große Kreis der Teilnehmer und das Echo, das unsere Tagungen von Jahr zu Jahr finden, läßt erkennen, daß wir mit diesen jährlich stattfindenden Symposien, mit diesen Gesprächen zwischen Wissenschaft und Forschung, Textilindustrie und Wirtschaft einem echten Bedarf dienen und daß wir auch mit der Gestaltung unserer Tagungen einen richtigen Weg eingeschlagen haben. Wir wissen jedoch, daß der Weg in die Zukunft auch für unsere Industrie nicht ohne die entsprechende enge geistige Verbindung – gerade mit der Jugend – gefunden werden wird.

Wir haben uns daher entschlossen, diese 10. Tagung zum Anlaß zu nehmen, um eine Studienförderungstiftung ins Leben zu rufen, die zum Ziel hat, die wissenschaftliche Betätigung auf dem Gebiet der Polymerchemie im Bereich der Chemiefasern anzuregen und Arbeiten, die hierfür als geeignet befunden werden, auszuzeichnen. Als Bewerber kommen Absolventen, Assistenten und Privatdozenten österreichischer wie ausländischer Hochschulen in Betracht, die abgeschlossene Arbeiten, zum Beispiel in Form von Dissertationen, Diplomarbeiten oder anderen wissenschaftlichen Abhandlungen, an österreichischen oder ausländischen Hochschulen vorlegen. Die Mittel hierzu werden vom österreichischen Chemiefaser-Institut gestiftet und verwaltet.

In diesem Jahr sind uns erfreulicherweise bereits zwei Arbeiten vorgelegt worden, und zwar eine von der Technischen Hochschule Wien und eine von der Universität Graz. Im ersteren Falle handelt es sich um eine Dissertation, die bei Herrn Professor Dr. Prey am Institut für organische Technologie an der Technischen Hochschule Wien eingereicht worden ist und die das Pfropfen von Zellulosefasern zum Gegenstand hat. Wir haben uns entschlossen, die Arbeit von Herrn Dipl.-Ing. Hans

L a s s mit einem Barpreis von S 30 000,- auszuzeichnen. Ich darf Ihnen Herrn Dipl.-Ing. Lass hiermit vorstellen und ihn zu seinem Erfolg herzlich beglückwünschen.

Als weiteren Preisträger haben wir Herrn Dr. Peter Zipper vom Institut für physikalische Chemie an der Technischen Universität Graz ausersehen, der bei Herrn Professor Dr. Kratky eine Arbeit über Röntgenkleinwinkeluntersuchungen an niedermolekularen Zellulosenitraten fertiggestellt hat. Herr Dr. Zipper erhält einen Preis in Höhe von S 20 000,-. Auch ihn möchte ich herzlich zu diesem Erfolg beglückwünschen. Es ist vorgesehen, daß das Österreichische Chemiefaser-Institut auch künftig, und zwar immer anläßlich der Internationalen Chemiefasertagung in Dornbirn, solche Studienförderungspreise vergibt, falls die entsprechende Arbeit zeitgerecht, das heißt spätestens fünf Monate vor der Tagung, eingereicht wird. Die Preise können auch in Form von entsprechenden Zuschüssen zu Studienreisen bzw. zu Auslandsaufenthalten zuerkannt werden, sofern die weitere wissenschaftliche Tätigkeit des Preisträgers dadurch gefördert werden kann. Ein wissenschaftliches Kuratorium nimmt dann die Auswertung der eingereichten Arbeiten vor.

Wir hoffen, damit der akademischen Jugend einen Anreiz zur wissenschaftlichen Beschäftigung mit dem Thema Chemiefasern zu geben, und würden uns freuen, auch auf diese Weise einen Baustein für die Zukunft der Chemiefaser- wie der Textilindustrie beizutragen.

Meine Damen und Herren! Zum Schluß steht der Dank an all jene, die vor zehn Jahren, als unsere Tagung im kleinen Rahmen ins Leben gerufen wurde, sich mit Energie und Tatkraft für diese Idee eingesetzt haben.

Ich denke hier insbesondere an den verstorbenen Pressereferenten der Dornbirner Messe, Herrn Dr. A m a n, und vor allem an Herrn Dr. Wilhelm A l b r e c h t, der seit vielen Jahren unendlich viel Initiative und Mühe aufwendete, um unsere Dornbirner Tagung interessant zu gestalten. Zu danken habe ich auch allen Referenten sowie den Diskussionsleitern, die uns in diesen zehn Jahren stets Wissenswertes aus den vielen Spezialgebieten der Chemiefaserforschung sowie der Textiltechnik geboten haben.

Ich habe mich gefreut, anläßlich des wissenschaftlichen Symposiums beim Weltkongreß in München feststellen zu können, daß mindestens zwei Drittel der dort Vortragenden auch schon in Dornbirn Referate gehalten haben oder bereits für unsere künftigen Programme vorgesehen sind. Niveau und Bedeutung unserer Dornbirner Tagungen ist damit wohl genügend charakterisiert.

Ich danke aber auch besonders herzlich allen Gästen dieser Tagung, die zum Teil seit Jahren immer wieder in diese gastliche Stadt kommen, um an unseren Gesprächen teilzunehmen. Es sind das fast 50% unserer Zuhörer hier, die wir schon als richtiges Stammpublikum betrachten dürfen.

Nicht zuletzt gilt mein Dank aber auch dem Lande Vorarlberg und der Stadt Dornbirn, in der sich – wie der von Jahr zu Jahr steigende Zuhörerstrom zeigt – die Gäste während ihres Aufenthaltes wohlfühlen.

Dem Bürgermeister von Dornbirn, Herrn Dr. B o h l e, sei ebenso herzlich Dank gesagt wie dem Messepräsidenten, Herrn K R. O s k a r R h o m b e r g. Sowohl von der Stadt als auch von der Dornbirner Messegesellschaft haben wir immer und überall beste Unterstützung erfahren.

Auch den Mitarbeitern des Chemiefaser-Instituts – an seiner Spitze Herrn Dr. R o b e r t K a t s c h i n k a –, die Jahr für Jahr mit vollem Einsatz dafür tätig sind, daß die Tagung in technischer und organisatorischer Hinsicht reibungslos abläuft, sei an dieser Stelle gedankt.



Über 25 Jahre im Dienst der Dampferzeuger

In Zusammenarbeit mit den führenden Kesselherstellern

Reinigung und Korrosionsschutz rauchgasbe-rührter Flächen von Kohle-, Laugen-, Öl-, Müll-kesseln und aller Arten von Prozeßöfen.

UNSER PROGRAMM:

- **Konservierung/Graphitierung** neuer und ge-gereinigter Flächen mit Aufbringung eines abriebresistenten Alkaliendepots
- **Betriebsreinigung** durch Kugelregen- und Rußbläseranlagen
- **Stillstandsreinigung** nach dem Hutter-Cleanosol-Verfahren mit Vollneutralisation bei geringstem Wassereinsatz. Mechanische Trockenreinigung und Sandstrahlen von Dampferzeugern.

Minimale Stillstandszeit

Höherer Wirkungsgrad

Niedrige Betriebs- und Anlagekosten

Kurzfristige Amortisation

Für ausführliche Informationen wenden Sie sich bitte an

S. HUTTER KG

Kraftwerktechnik und Apparatebau

435 Recklinghausen

Dortmunder Straße 106

(Werk Oer-Erkenschwick)

Telefon 2 43 35/6 und 2 39 40

Telex (rklhn 829) 810

Grußbotschaft der Internationalen Chemiefaservereinigung

Dr. Leo Landsmann
Generalsekretär des C. I. R. F. S., Paris

War es das Ziel des 3. Weltkongresses für Chemiefasern, die allgemeinen Formen einer langfristigen Zukunft für die Textilindustrie anzudeuten, so bieten Ihre Dornbirner Tagungen, Herr Präsident, den Zuhörern die Möglichkeit, eine ständige Information über die neuesten Entwicklungen der Gegenwart und der Zukunft, über die aber oft schon heute entschieden werden muß, zu erhalten.

Für jeden, der mit Chemiefasern zu tun hat, haben die Dornbirner Tagungen eine spezielle Bedeutung und einen besonderen Wert. Wir alle sind Ihnen dankbar, daß Sie uns schon seit zehn Jahren und von Jahr zu Jahr immer mehr Interessierten die Möglichkeit geben, von den erfahrensten Fachleuten auf internationaler Basis informiert zu werden und zugleich Kontakte anzuknüpfen, die in solchem Ausmaß ohne Dornbirn kaum möglich wären.

In aller Meinung ist Dornbirn eine unentbehrliche Informationsstelle geworden. In diesem Sinn ist die Begrüßung des CIRFS an Ihre heutige Tagung gedacht.

Ich möchte aber auch nicht versäumen, hier die allgemeinen Ergebnisse, die der 3. Weltkongreß für Chemiefasern in München brachte, zu erwähnen.

Zuerst zu den Chemiefasern selbst und ihrem Einsatz.

1. Man darf erwarten, daß die Entwicklung der Chemiefaserindustrie nicht unbedingt zu neuen Chemiefasern führen wird; vielmehr wird man sich weiter bemühen, die bestehenden Fasern zu variieren und modifizieren, um eine noch bessere Qualität und eine optimale Anpassung an bestimmte Einsatzmöglichkeiten zu erzielen. Hier liegt für die gesamte Textilindustrie ein Operationsfeld, das mit jedem Tag größere konkrete Möglichkeiten bietet.
2. Eine stets wachsende Verschiedenartigkeit der Kleidung für die vielen Aspekte des Lebens kennzeichnet den Tag von heute. In sicher noch größerem Ausmaß wird dies auch morgen der Fall sein, wo die Nachfrage immer differenzierter wird. Bringt oft die Mode mit ihren rasch wechselnden Tendenzen eine Psychose von Unsicherheit in den ganzen Textilsektor, so ist sie doch noch immer in diesem Sektor das Triebwerk zum Verbrauch. Vielleicht würden Konsultationen der betroffenen Sparten untereinander es ermöglichen, einige zeitliche Konstanten festzulegen und so die Herstellung ebenso wie den Absatz einigermaßen konkret zu lenken; nicht der Verbraucher jedoch, sondern die Industrie – in großem Maße die Chemiefaserindustrie – ist hier der Motor des Fortschritts und soll es auch weiter bleiben.
3. Die heutigen Wohnkomplexe sind gekennzeichnet durch etwas sehr Unpersönliches, etwas Anonymes, sogar oft Monotones und Banales. Das ist aber gerade unter den heutigen Baubedingungen und -bedürfnissen unvermeidlich. Hauptsächlich sind es daher die Heimtextilien, teilweise auch die Möbel, die es ermöglichen, jeder Wohnung etwas Eigenes, etwas Persönliches zu geben, das fast jeder Mensch in seinem Heim wünscht.

Die Heimtextilien – die durch den Einsatz von Chemiefasern zumeist ganz besonders interessante Aspekte und auf den Endzweck ausgerichtete Eigenschaften erhalten – werden darum in Zukunft eine immer größere Rolle zu spielen haben und in der Wohnung eine wachsende Verwendung finden.

4. Auch in den technischen Anwendungsgebieten spielen die Chemiefasern eine mit jedem Tag größere vom Publikum meist noch kaum geahnte Rolle. Ich will mich diesbezüglich auf eine während des Kongresses geäußerte Meinung beschränken, die besagte, daß heutzutage weder Reisen auf der Straße noch die Raumfahrt ohne moderne Chemiefasern realisierbar wären.

Ich möchte nun in ganz wenigen Worten andeuten, welche Probleme wir im Anschluß an den 3. Kongreß der Chemie-

fasern in München im CIRFS zu analysieren beabsichtigen: Die Entwicklung, die Nachfrage und die jetzt oft schon überwiegende Verwendung von Chemiefasern im Gesamttextilmarkt werfen natürlich für den Produzenten sehr wichtige Probleme auf, beispielsweise die Wahl der Fasertypen, wie schon erwähnt. Das CIRFS gibt hier den Produzenten die Möglichkeit, ihre Standpunkte zu vergleichen. So befaßt sich die Kommission für Entwicklung und Marktforschung mit den wichtigsten allgemein interessierenden Fragen, die die verschiedenen Absatzmöglichkeiten und deren Entwicklung betreffen, wobei die Bedürfnisse der Verarbeiter und Verbraucher ständig im Auge behalten werden. Die Kommission beschäftigt sich nicht nur mit den in fast allen Ländern verschiedenen Techniken der Verarbeitung – wie Texturierung, Färberei, Permanent-Press-Verfahren –, sondern sie wendet sich vor allem auch grundsätzlichen Themen, wie der Verwendung von Chemiefasern in Vliesstoffen, in der Wirkerei, in Teppichen, in Reifen und dem Einsatz dieser Fasern in Textilsektoren, die traditionell andere Fasern verarbeiten, zu. Das CIRFS verfolgt mit großer Aufmerksamkeit Fragen, die die Entflammbarkeit von Textilien betreffen, und unterstützt eine aktive Zusammenarbeit seiner Mitglieder im Kampf gegen Wasser- und Luftverschmutzung. Auf dem Weltkongreß fand ein fruchtbarer Gedankenaustausch über die meisten dieser Themen statt, was uns in Zukunft eine gezielte Orientierung unserer Aktivität zum Nutzen aller Verarbeiter von Chemiefasern ermöglichen wird.

Das Problem des textilen Welthandels wurde natürlich im Weltgremium des Kongresses von seinen verschiedenen Aspekten beleuchtet. Wegen der teilweisen immer noch bestehenden Unterentwicklung einiger Länder und verschiedenen damit zusammenhängenden Faktoren werden noch viele Jahre vergehen, ehe ein zollsatz- und kontingentloser Handelsverkehr erreicht werden wird. In der heutigen Lage müssen wir darum alle konkreten Möglichkeiten ausschöpfen, um den internationalen Handel zwischen Entwicklungs- und Industrieländern auszudehnen. Einfache und wirksame Mittel müssen eingesetzt werden, die es ermöglichen, eine auf anomale Praktiken basierende Desorganisation der Märkte auszuschalten. Bestimmt könnte das GATT durch Konsultationen mit den internationalen Fachorganisationen sich dieses Problems mit den besten Erfolgchancen annehmen.

Die Entwicklung der Textilindustrie – wie dies auf dem Kongreß bestätigt wurde – zeigt zweierlei Tendenzen:

1. die Industrie ist in hohem Maße kapitalintensiv geworden, und diese Entwicklung geht bestimmt weiter,
2. auch die Interdependenz aller Textilbranchen hat in der letzten Zeit mehr denn je zugenommen und wird auch weiter zunehmen.

Daraus folgen denn auch neuartige Verantwortungen: Wir müssen alle eine immer intensivere vertikale Zusammenarbeit betreiben. Die Chemiefaserindustrie ist sich in diesem Zusammenhang des rechten Weges bewußt: ihr Schicksal ist mit dem der Textilindustrie eng verbunden. Eine in Zukunft gesteigerte Zusammenarbeit ist denn auch das Motto, das die Redner während der Besprechungen des Kongresses am meisten hervorgehoben haben.

Während des Kongresses wurden natürlich auch einige sich auf die Produktionsmenge beziehende Prognosen formuliert.

Nach der Meinung von unabhängigen Spezialisten werden 1980 in den OCDE-Ländern zwei Drittel bis drei Viertel des Bedarfs an Textilfasern (Baumwolle, Wolle, Chemiefasern) von Chemiefasern gedeckt; es wird dabei vorausgesehen, daß der Bedarf an Textilfasern bis dahin um ungefähr 25% zugenommen haben wird. Für die Chemiefaserindustrie wird dies die Notwendigkeit einer Investitionspolitik mit sich bringen,

die Marktstörungen ausschaltet, indem sie ihre Kapazitäten mit dem wachsenden Bedarf zu korrelieren versucht.

Nach Meinung derselben Spezialisten wird im Jahre 2000 der Weltbedarf an Textilien infolge der angestiegenen Bevölkerung und des höheren Lebensstandards ca. 50 Mill. t betragen, während jetzt der jährliche Bedarf bei ungefähr 25 Mill. t liegt. Dieser zusätzliche Bedarf wird beinahe ganz von den Chemiefasern zu bestreiten sein.

Diese Aussicht, in einem Augenblick, der für die Textilindustrie, wie jeder weiß, nicht ohne Schwierigkeiten ist, könnte vielleicht utopisch vorkommen. Wie sehr ich auch Ortega y Gasset in seiner Verurteilung vielen utopischen Denkens beistimme, bleibe ich doch weiter überzeugt, daß für die Chemiefaserindustrie ein utopisches Denken unentbehrlich ist.

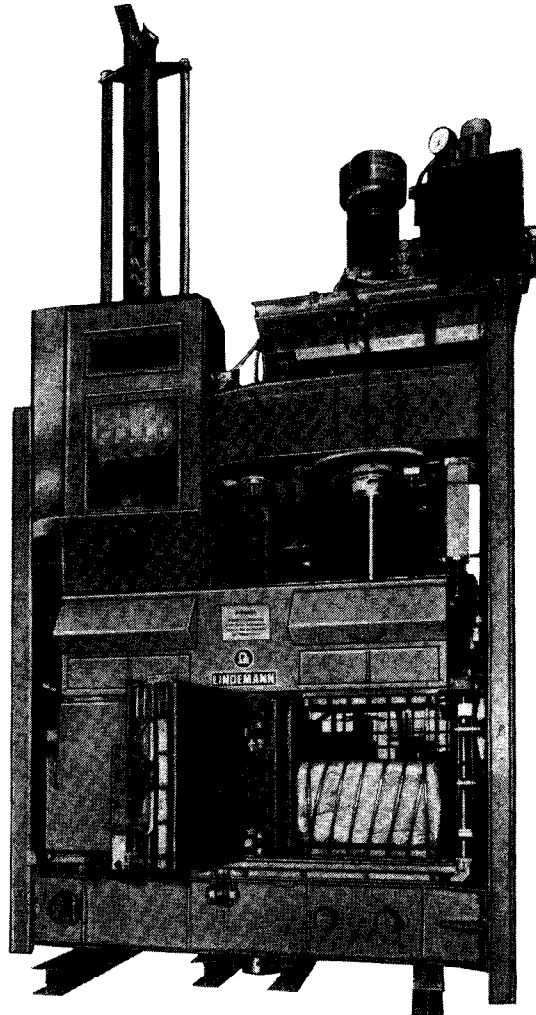
TEXTIL-DOKUMENTATION

Wegen der großen Bedeutung, die einem guten Dokumentationssystem als Informationsquelle über den technischen Fortschritt zukommt, hat sich die VDI-Fachdokumentation Textiltechnik in Düsseldorf auf Anregung des Forschungskuratoriums Gesamttextil in Frankfurt zur Umstellung auf ein neues EDV-Dokumentationssystem entschlossen. Hieran sind auch die meisten westeuropäischen Länder beteiligt. Ein entsprechender Kooperationsvertrag wurde vor kurzem vom VDI abgeschlossen.

Das neue Dokumentationssystem basiert auf einem speziellen TEXTIL-THESAURUS – einer Sammlung von Fachwörtern aus dem Bereich Textil und Bekleidung –, der aus dem Englischen ins Deutsche und in eine große Zahl anderer Sprachen übersetzt wurde, sowie auf einem eigenst für die Textildokumentation entwickelten Computer-Programm.

Das neue Dokumentationssystem eröffnet der deutschen Textilindustrie in Zukunft einen vollständigen Einblick in die gesamte Textil-Fachliteratur der Welt. Aufgrund der angewendeten Arbeitsteilung zwischen den beteiligten Ländern und der zu erwartenden öffentlichen Zuschüsse werden die Kosten des neuen Dokumentationssystems und damit die Preise für seine Inanspruchnahme relativ günstig sein. Sobald das neue System läuft, wird an dieser Stelle eine ausführliche Information über die verschiedenen Möglichkeiten und Bedingungen der Inanspruchnahme erfolgen. Bis dahin läuft im übrigen die bisherige Fachdokumentation Textiltechnik im vollen Umfang weiter.

LINDEMANN Ballenpressen für Chemiefasern



Oberdruckpresse BUSOG 10

LINDEMANN Ballenpressen sind seit Jahrzehnten bekannt. LINDEMANN war und ist Pionier in der Entwicklung von Ballenpressen, sei es für Naturfasern, Kunstfasern oder Chemiefasern.

Bei der abgebildeten Presse mit 115 Mp Preßkraft erfolgen die hydraulische Vor- und Nachpresse von oben. Das Material wird durch die patentierte Saugvorrichtung zugeführt.

Unser Standardprogramm umfaßt 6 hydraulische Ballenpressen. Wir informieren Sie gern. Fordern Sie unseren ausführlichen Prospekt an.

 **LINDEMANN**

LINDEMANN KG – HYDR. PRESSEN – DÜSSELDORF
Erkrather Str. 401 · Postfach 5229 · Tel.: (0211) 78151 · Telex: 08581318

Entwicklungstendenzen bei den Chemiefasern

Professor Dr. Dirk W. van Krevelen

Akzo Research & Engineering N. V., Arnheim, Holland

Das Erscheinen und der schnelle Aufschwung der synthetischen Fasern gehören zu den bedeutendsten Entwicklungen unseres Jahrhunderts. Dieses schnelle Wachstum wird anhand einiger Diagramme erläutert. Das prozentuelle Vordringen der Chemiefasern in den Textilmarkt, der Aufmarsch der synthetischen Fasern auf dem Chemiefasergebiet, die Zunahme des Anteils der Endlosgarne gegenüber den Stapelfasern und den technischen Garnen im Verhältnis zu den Textilgarnen werden besprochen. Im industrialisierten Westen haben die Chemiefasern jetzt wahrscheinlich bereits den Gipfel der Wachstumsgeschwindigkeit erreicht oder schon passiert.

Die großen Trends bei den Chemiefasern lassen sich am besten in der Entwicklung der Fasereigenschaften erkennen, bei denen man

spezifische Eigenschaften,
Verarbeitungseigenschaften und
Arteikeigenschaften

unterscheidet.

The advent and the rapid rise of synthetic fibers are among the most important developments marking our century. This fast growth is explained by means of some diagrams. The advance of man-made fibers in the textile market (expressed in per cent), the advent of synthetics in the field of man-made fibers and the lead filament-yarns have gained over staple fibers and industrial yarns in relation to textile yarns are discussed. Man-made fibers may well have attained, or even left behind, the peak of their growth rate in the industrialized countries of the West.

The general trends of man-made fibers can best be recognized in the development of fiber properties, whereby a differentiation can be made in

specific properties,
process properties and
properties of end-products.

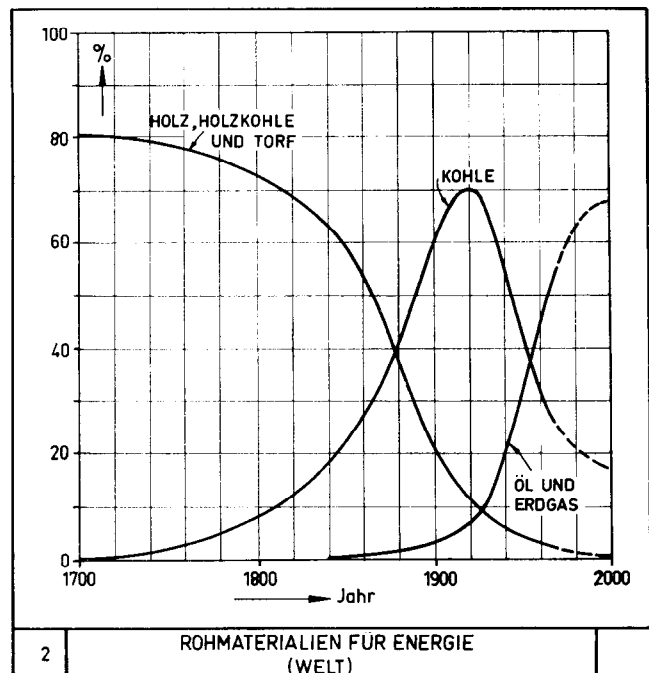
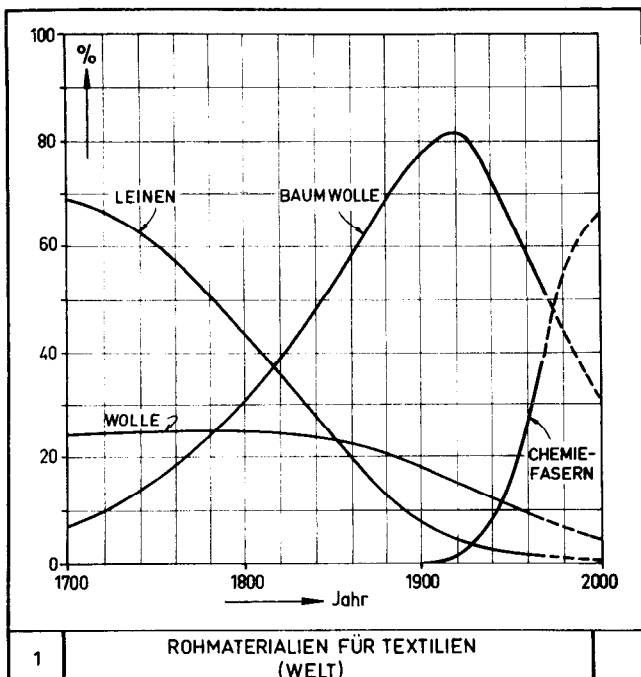
EINLEITUNG

a) Das Erscheinen und der schnelle Aufschwung der Chemiefasern gehören zu den bedeutendsten Entwicklungen unseres Jahrhunderts.

Sehen wir zurück auf die Entwicklung der Textilrohstoffe seit etwa 1700 (Abb. 1), dann zeigt sich zuerst das dynamische Wachstum der Baumwolle im 19. Jahrhundert; Baumwolle nahm bei der Jahrhundertwende eine vorherrschende Stellung ein, wodurch Leinen – bis dahin die

bedeutendste Textilfaser – fast vollständig verdrängt wurde. Nach der Baumwolle kam aber die noch mehr imponierende Entwicklung der Chemiefasern, zuerst die des Rayons, danach die der synthetischen Fasern.

Merkwürdige Parallelen dieser Entwicklung finden wir in der Welt der Baumaterialien (Holz, Stein, Stahl, Beton) und in der der Energierohstoffe (Holz, Steinkohle, Öl, Kernenergie). Letztere ist in Abbildung 2 dargestellt. Steinkohle verdrängte zuerst Holz und Torf, um danach selber durch Erdöl und Erdgas verdrängt zu werden. Inzwischen hat sich schon die Kernenergie angekündigt, die schließlich die gesamte Energieversorgung beherrschen wird.



b) Die allgemeinen Trends auf dem Textilfasergebiet seit 1920 und die, die in den kommenden Jahrzehnten zu erwarten sind, werden in den Abbildungen 3 bis 9 illustriert. Die Abbildungen 3 bis 6 zeigen einen prozentualen Vergleich. Abbildung 3 zeigt die schon erreichte und die noch zu erwartende prozentuale Durchdringung des Textilmarktes durch die Chemiefasern. Erwartungsgemäß werden bei der kommenden Jahrhundertwende die Chemiefasern etwa zwei Drittel des ganzen Faserpakets bilden.

Abbildung 5 zeigt einen Vergleich von Endlosfasern und Stapelfasern. Im Gesamtfaserpaket nahmen die Endlosgarne allmählich zu: zuerst durch die Erscheinung des Rejons, dann durch die der synthetischen Fasern, und dies zusätzlich verstärkt durch die Entwicklung der texturierten Garne. Dennoch wird von den Chemiefasern, die ursprünglich als Endlosgarne eingesetzt wurden, heute schon mehr als die Hälfte zu Stapelfasern verarbeitet. Zu erwarten ist, daß sich dieses Verhältnis stabilisiert.

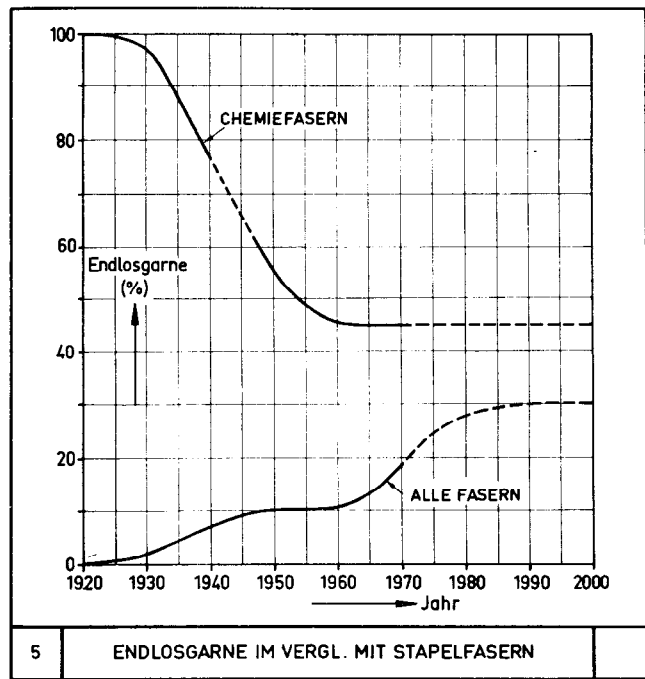
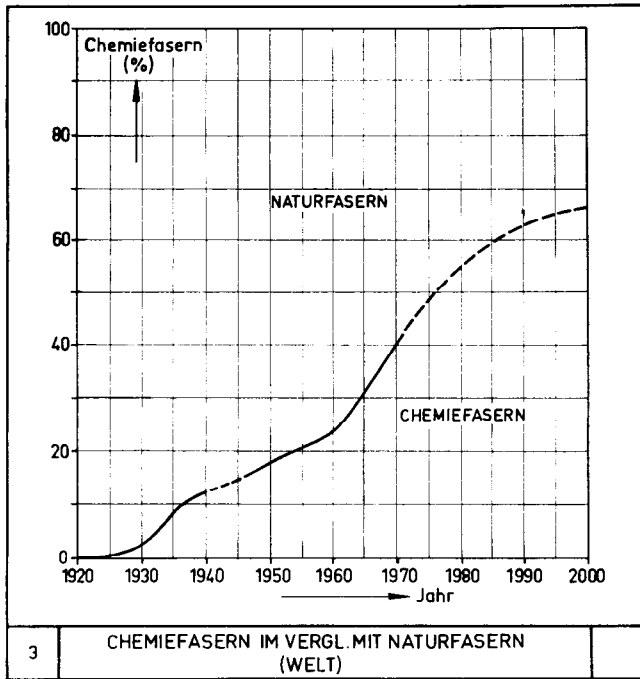
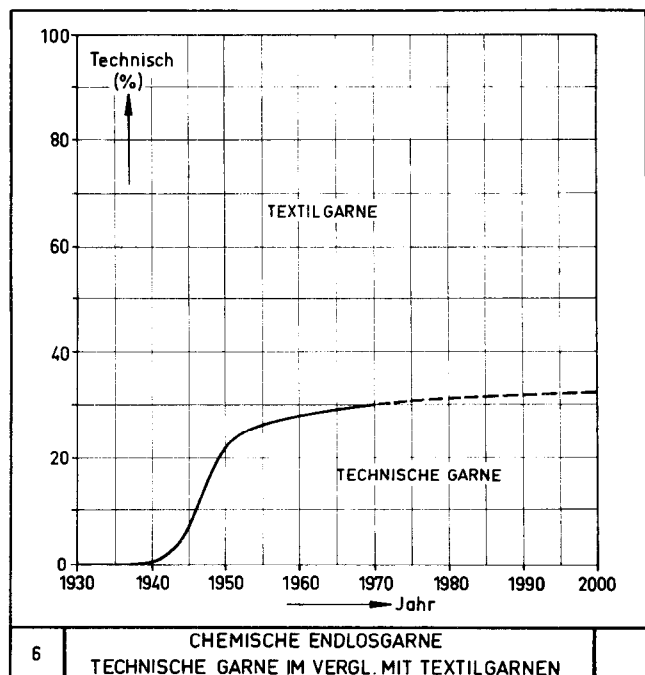
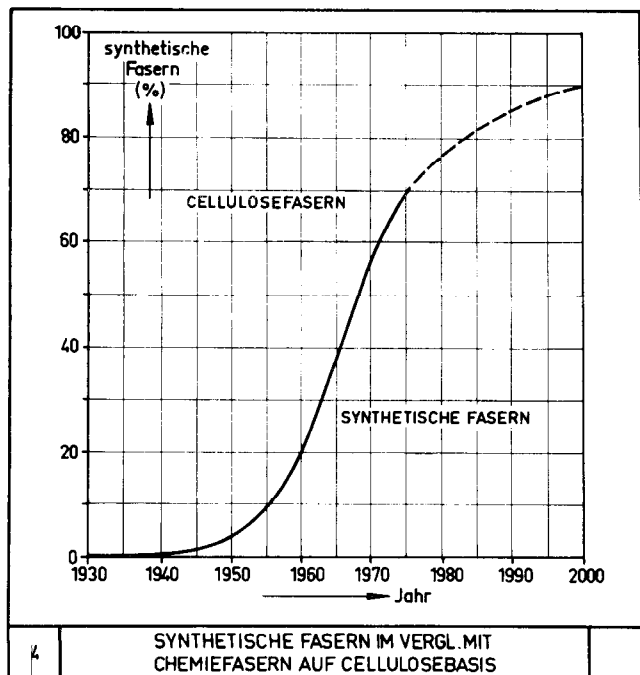
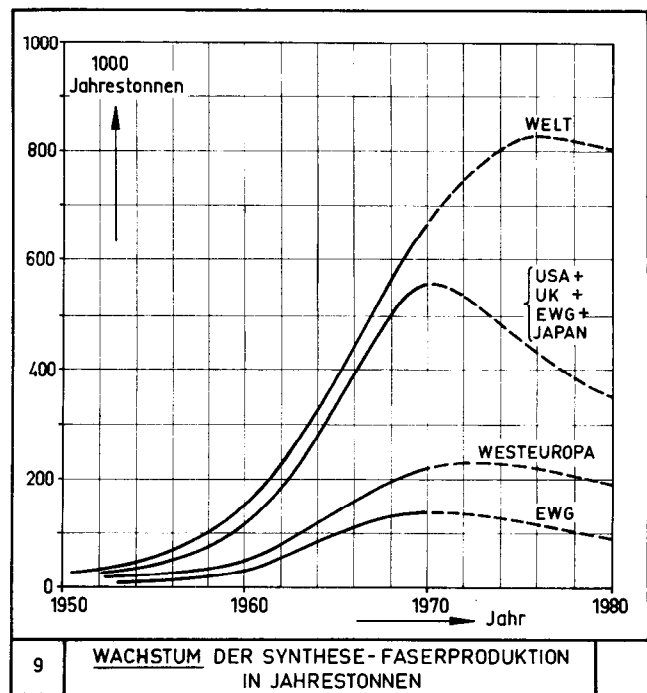
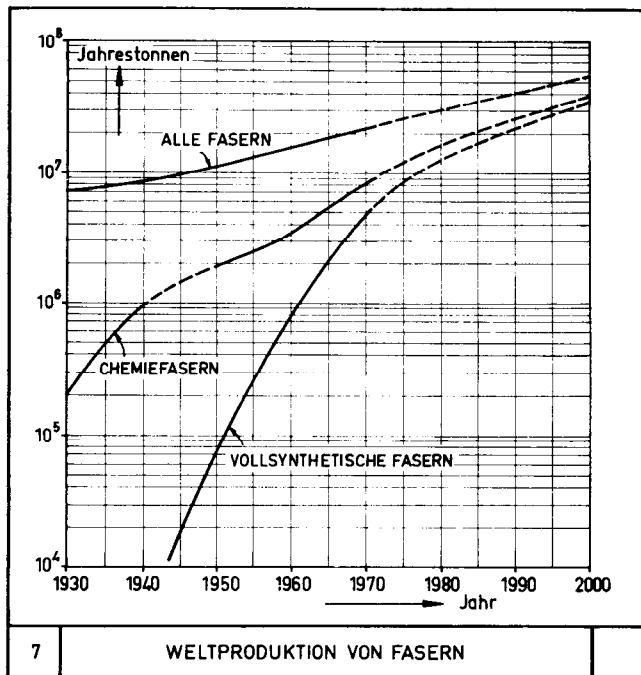


Abbildung 4 zeigt die große Bedeutung, die die vollsynthetischen Fasern unter den Chemiefasern erreicht haben. Schon jetzt haben sie die fünfzig Jahre älteren Chemiefasern auf Zellulosebasis überholt, und es läßt sich erwarten, daß am Ende dieses Jahrhunderts mehr als 80 Prozent der Chemiefasern vollsynthetisch sein werden.

Abbildung 6 zeigt als Einsatzgebiet der chemischen Endlosgarne die Anwendung im industriellen Sektor, hauptsächlich bei Autoreifen, die im zweiten Weltkrieg schnell zunahm und heute bei etwa 30 Prozent liegt. Das Gesamtwachstum der Faserproduktion ist in Abbildung 7 in logarithmischem Maßstab wiedergegeben. Wäh-





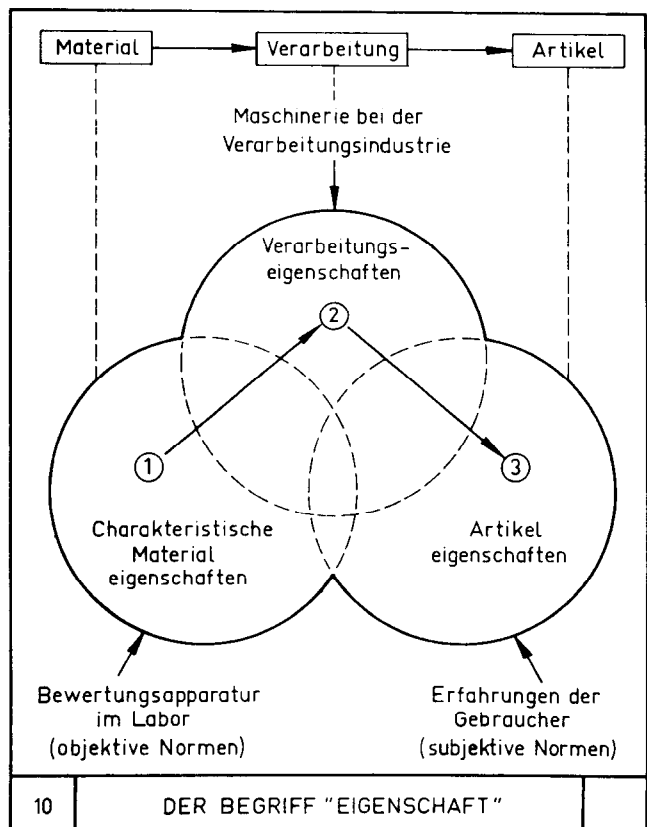
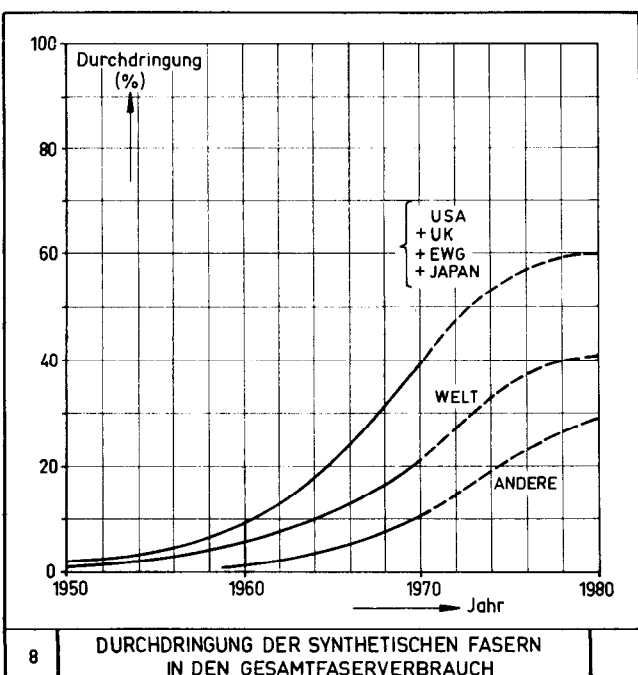
rend der Welttextilverbrauch sich in einem Jahrhundert etwas mehr als verzehnfacht hat, hat das Wachstum der synthetischen Fasern eine Verzehnfachung innerhalb von zehn Jahren erreicht. Es ist aber klar, daß ein Punkt erreicht haben, wo das Wachstum (in Tonnen pro Jahr gerechnet) wiederum abnimmt. Diese Entwicklung wird noch etwas ausführlicher durch die Abbildungen 8 und 9 illustriert. In Abbildung 8 ist die Entwicklung der vollsynthetischen Fasern in den Textilmarkt nochmals dargestellt, aber jetzt zugleich nach den stark industrialisierten Ländern und dem Rest der Welt differenziert. Die Phasenverschiebung ist klar ersichtlich.

Für die gleichen Gebiete gibt Abbildung 9 das jährliche Wachstum in Tonnen an. Es ergibt sich, daß die industrialisierte westliche Welt und Japan den Gipfel des jährlichen Wachstums in Tonnen jetzt schon passiert haben, während dies für die ganze Welt erst 1976 der Fall sein wird.

c) Eine Skizze dieser allgemeinen Tendenzen schien mir nötig, bevor ich in diesem Vortrag auf die mehr spezifischen Trends und Entwicklungen eingehe. Dabei werde ich den Begriff „Eigenschaft“ als Brennpunkt nehmen.

Die Bedeutung des Begriffs „industriell“ für den wissenschaftlichen Forscher, den industriellen Verarbeiter und den Endverbraucher sehr verschieden, auch wenn es sich immer um das gleiche Material handelt.

Abbildung 10 zeigt diesen gegenseitigen Zusammenhang, der für jeden industriellen Artikel gilt. Der Rohstoff besitzt eine Anzahl charakteristischer Eigenschaften, an



denen sehr wenig verändert werden kann; die Eignung der Fasern für die verschiedenen Bearbeitungen hängt von den Kombinationen dieser charakteristischen Eigenschaften (Verarbeitungseigenschaften) ab. Die Bearbeitungen fügen eine Anzahl von Eigenschaften, wie Form, Abmessung, Farbe, Oberflächenbeschaffenheit usw., hinzu. Die Summe der charakteristischen und hinzugefügten Eigenschaften bestimmt schließlich die Arteikeigenschaften, die meistens subjektiv bewertet werden und zuweilen objektiv sehr schwierig meßbar sind.

Diese Arteikeigenschaften können schließlich auf vier Fragen zurückgeführt werden:

- Ist der Artikel schön (attraktiv)?
- Ist er zweckmäßig und/oder dauerhaft?
- Erfordert er viel Pflege?
- Was ist der Preis?

Im folgenden will ich die Tendenzen und die Entwicklungen in den genannten Kategorien von Eigenschaften erläutern.

CHARAKTERISTISCHE POLYMEREIGENSCHAFTEN

a) In den charakteristischen Polymereigenschaften sehen wir als allgemeine Entwicklung ein Streben nach Diversifikation in der Funktion. Die Funktion kann eine höhere Steifheit oder eine höhere Elastizität, eine höhere oder eine viel niedrigere Feuchtigkeitsabsorption, eine leichtere Plastifizierbarkeit oder eine vollständige Unschmelzbarkeit erfordern.

Man erreicht dies im allgemeinen auf drei Wegen:

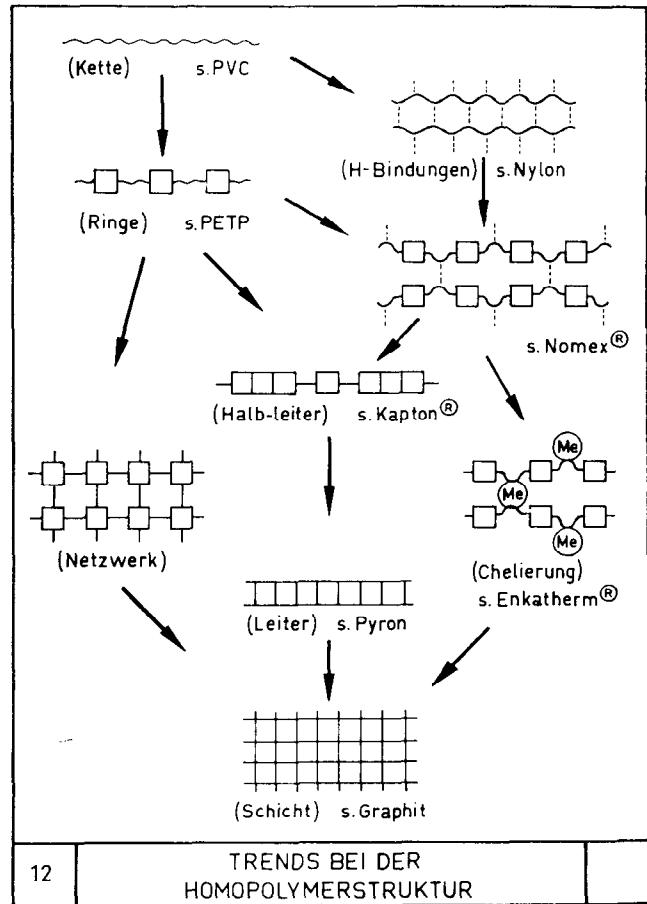
1. durch die Wahl neuer Homopolymeren,
2. durch die Entwicklung von Copolymeren und
3. durch die Entwicklung von Mehrkomponentensystemen (Polymermischungen, Bikomponentensystemen, „Composites“).

Abbildung 11 stellt dies in genauen Details dar. Bei Homopolymeren geht der allgemeine Trend nach größerer Steifheit, höherer Hitzebeständigkeit und – meistens damit verbunden – besserer Flammfestigkeit.

Bei Copolymeren ist speziell die Blockcopolymerisation ein Mittel, um eine bessere Kompatibilität und Anfärbbarkeit zu erhalten.

Bei den Mehrkomponentensystemen kann man durch die Wahl richtiger Komponenten überraschende potentielle Eigenschaften einbauen, die bei einer nachfolgenden thermischen Behandlung zur Entwicklung kommen.

b) Abbildung 12 zeigt Besonderheiten der Entwicklung bei den Homopolymeren. Chronologisch sehen wir, wie sich diese Entwicklung vollzieht, wobei man – von den rein aliphatischen Polymeren ausgehend – via Einbauen von immer mehr Aromatringen zu den Leiterpolymeren kommt. Das Limit in dieser Entwicklung ist die Graphitfaser, ein Schichtpolymeres.



12 TRENDS BEI DER HOMOPOLYMERSTRUKTUR

c) In diesem Rahmen möchte ich zwei neue Beispiele hier etwas näher behandeln; sie sind von den Akzo-Forschungslaboratorien in Holland und in Deutschland entwickelt worden.

Das erste ist ein vollständig aromatisches Polymeres: das Poly-2,6-diphenyl-p-phenylenoxid (unter dem Namen Tenax® auf den Markt gebracht). Die Herstellungsweise ist in Abbildung 13 dargestellt. Das Polymere zeigt eine außerordentliche Hitzebeständigkeit; die Glasumwandlungstemperatur T_g ist 235°C , der kristalline Schmelzpunkt T_m liegt bei 480°C .

In Luft ist das Polymere bis zu Temperaturen von 175°C vollständig stabil. Es kann aus Lösungen in organischen Flüssigkeiten trocken versponnen werden; durch Strecken bei hohen Temperaturen wird es hochkristallin. In Form kurzer Fasern kann es zu Papier verarbeitet werden, das eine ausgezeichnete Hitzebeständigkeit mit vorzüglichen dielektrischen Eigenschaften besitzt. Es scheint das geeignete Produkt für die Kabelisolation zur Übertragung von Elektrizität unter superhohen Spannungen (500.000 Volt und höher) zu sein. Die dielektrische Konstante ist 2,0; der dielektrische Verlustfaktor beträgt 2×10^{-4} ; beide sind fast unabhängig von Temperatur, Spannung und Frequenz.

I HOMOPOLYMERE

(a) starrere Hauptkette	{ mehr Ringe Halb-leiterprinzip }
(b) stärkere intermolekulare Kräfte	{ Taktizität Kristallinität Wasserstoffbindung Vernetzung }

Konsequenzen:

{ höhere Erweichungstemperatur höherer Modul bessere Hitzebeständigkeit niedrigere Flammbarkeit }	
--	--

II COPOLYMERE

{ (a) statistisch (b) alternierend }	{ (c) Block- (d) Pfropf- }
---	-------------------------------

Konsequenzen:

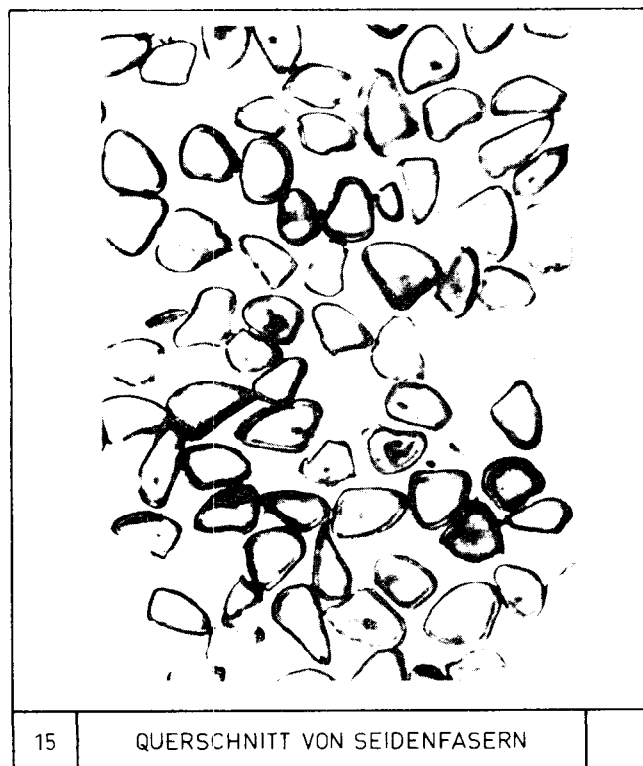
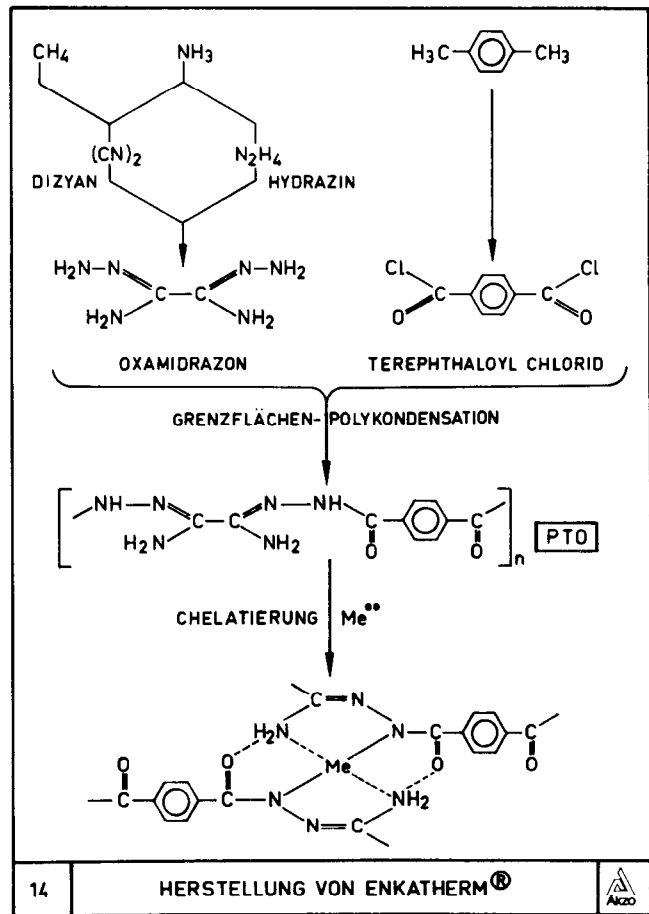
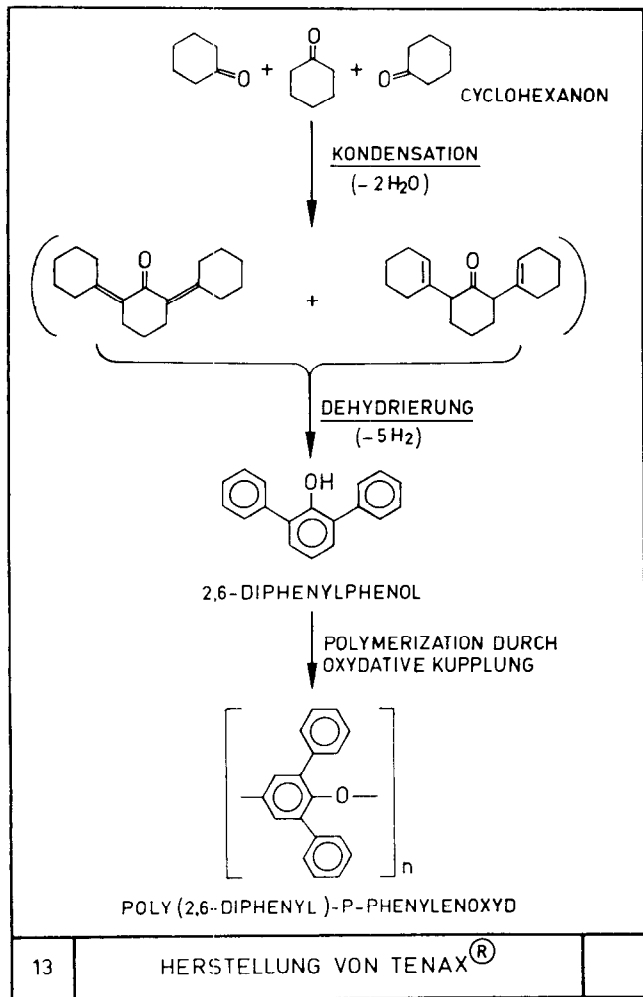
{ bessere mechanische Eigenschaften bessere Anfärbbarkeit besseres statisches Verhalten bessere Flammfestigkeit }	
--	--

III POLYMERMISCHUNGEN (Legierungen)

{ (a) statistisch (b) konjugiert }	{ (c) Kern-Haut (d) multifibrillar }
---------------------------------------	---

Konsequenzen: siehe II

11 TRENDS IM POLYMERBAU



Das zweite Faserpolymere ist das Polyterephthaloyloxamidazon (PTO), von dem Abbildung 14 die Herstellungsweise erläutert.

An sich zeigt dieses Polymere im Vergleich mit anderen neuen Polymeren eine außergewöhnliche Eigenschaft: Es ist durch mehrwertige Metallionen chelatierbar und bildet dann offenbar ein koordinatives Netzwerk. Durch die Chelatierung erhält man eine außerordentlich gute Flammfestigkeit, die besser ist als die irgendeines anderen organischen Produktes. Gewöhnlich erzielt man diese Art Hitzebeständigkeit durch eine thermische Nachbehandlung mit dabei auftretender Zyklisierung.

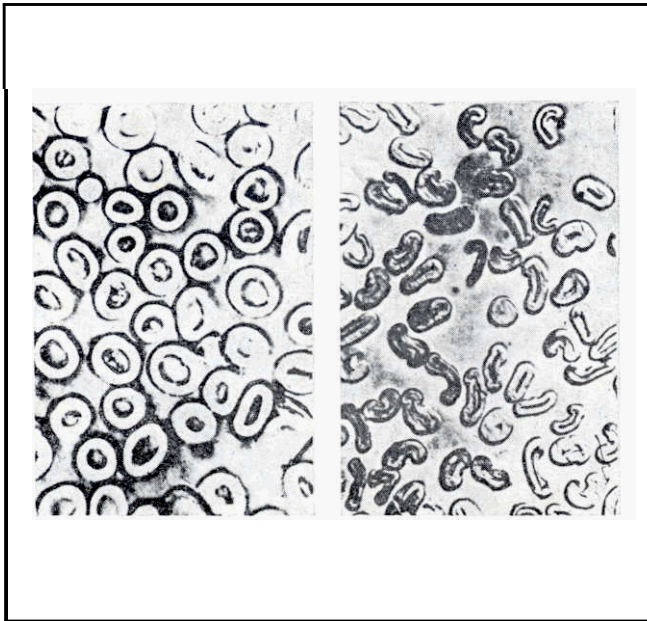
In unseren Laboratorien wurde entdeckt, daß der gleiche Effekt durch Pseudo-Zyklisierung in Form von Chelatierung viel eleganter erreicht wird. Soweit mir bekannt, ist dies das erste Chelatpolymere, das (unter dem Namen Enkatherm®) in kommerzieller Entwicklung ist.

Das Produkt ist sogar in einer Flamme von 1500° C noch überraschend beständig: Es verkohlt zwar, aber es behält seine Form. Der sogenannte „Limiting Oxygen Index“ (L. O. I.), der angibt, bei welchem Volumenanteil Sauerstoff in einer Sauerstoff/Stickstoffatmosphäre ein Material, das einer Testflamme ausgesetzt wird, selbstständig weiterbrennt, ist für dieses Produkt außerordentlich hoch, nämlich 0,52, im Vergleich mit 0,28 für Nomex® oder 0,25 für Wolle.

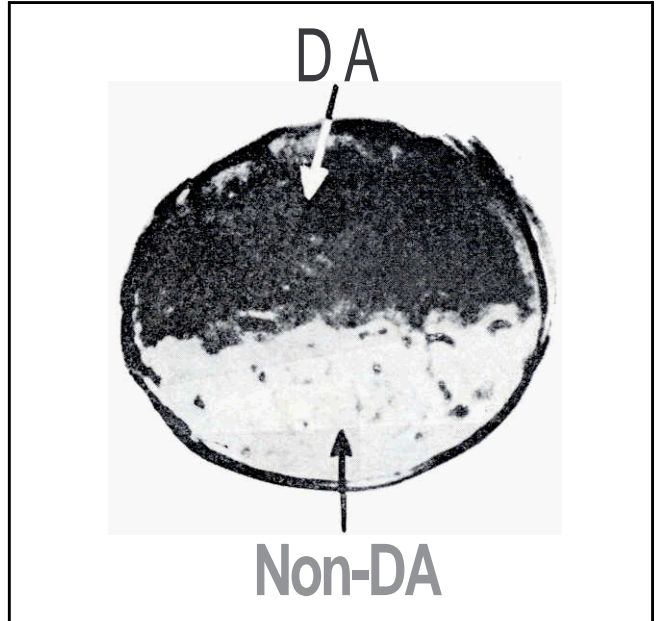
Die Mischbarkeit von PTO in Alkali mit Viskose gibt die Möglichkeit, durch Zusatz von ca. 40% dieses Polymeren Rayonfasern herzustellen, die nach Chelatierung flammfest sind.

HINZUGEFÜGTE EIGENSCHAFTEN

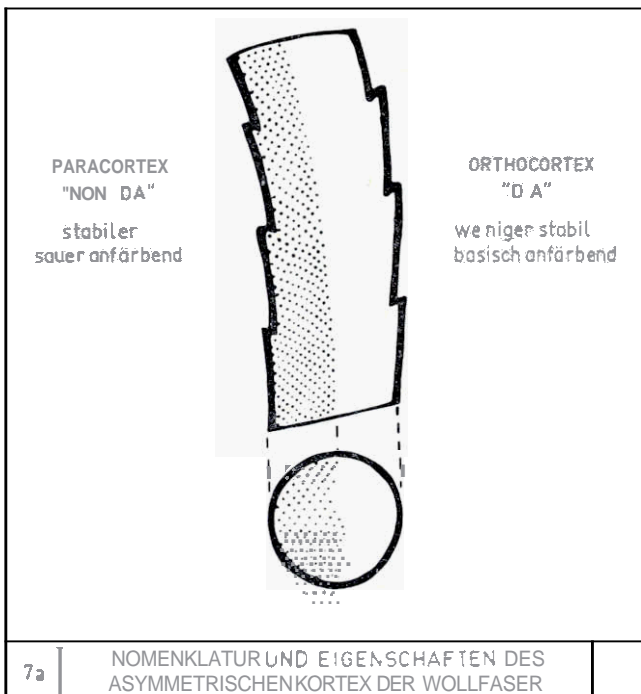
Durch Formgebung und Nachbearbeitung kann man der Faser sehr viele zusätzliche Eigenschaften verleihen.



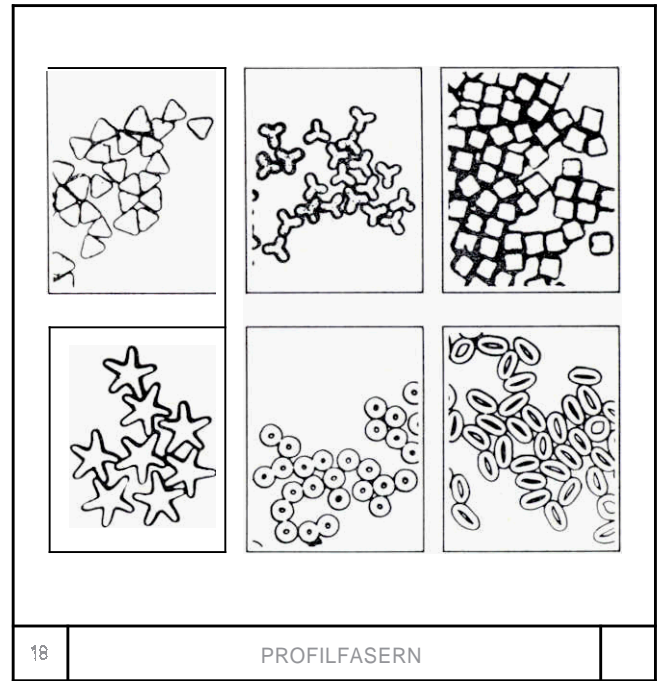
16 | QUERSCHNITT VON BAUMWOLLFASERN



17 | DIFFERENZIELL GEFÄRBTEN QUERSCHNITT EINER WOLLFASER



7a | NOMENKLATUR UND EIGENSCHAFTEN DES ASYMMETRISCHEN KORTICES DER WOLLFASER



18 | PROFILFASERN

a) Modifizierter Querschnitt

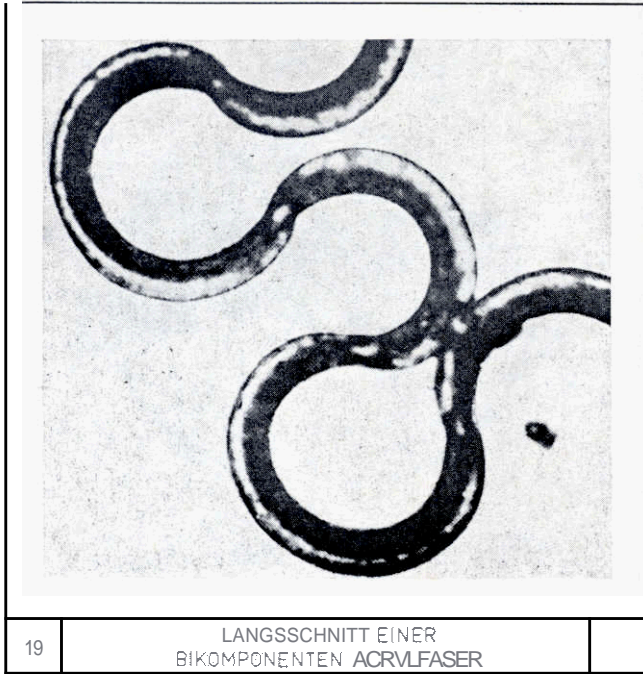
im Prinzip haben die meisten gesponnenen Fasern einen runden Querschnitt. Die Natur gibt uns hier schöne Beispiele von Formgebung. Seide ist eine Faser mit dreieckigem äusseren Querschnitt (Abb. 15). Baumwolle ist eine Hohifaser (Abb. 16) und Wolle ist eine Bikomponentenfaser (Abb. 17), deren Komponenten verschiedene Wasserabsorptionsvermögen besitzen: außerdem zeigt Wolle eine ganz typische Schuppenstruktur (Abb. 17a).

Speziell dem Querschnitt verdankt die Seide ihren Glanz, ihren Griff und ihr Rauschen. Dem Bikomponentencharakter verdankt die Wolle ihre Kräuselfähigkeit und dadurch wiederum ihre Voluminösität. Es ist gelungen, in den Chemiefasern viele dieser Kunststücke der Natur nachzuahmen (Abb. 18, 19 und 20).

b) Modifizierte Textur

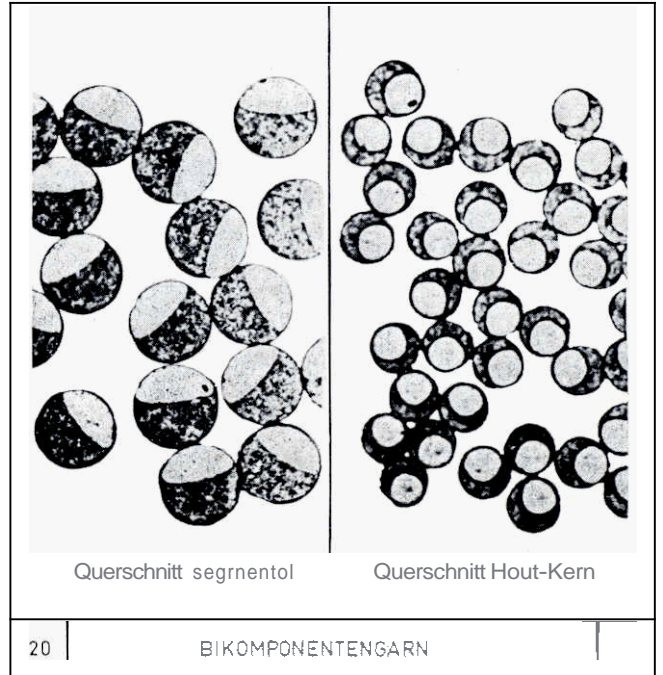
Die synthetischen Fasern lassen sich durch ihren thermoplastischen Charakter in einer bestimmten Form fixieren, das heißt, sie können „texturiert“ werden. Diese Bearbeitung kann mechanisch oder pneumatisch durchgeführt werden; viele Verfahren sind inzwischen bekannt. Die Textur kann als zweidimensionale (wellenförmige) oder als dreidimensionale (spiralförmige, statistisch wellenförmige, gestauchte usw.) Verformung erfolgen. Die Abbildungen 21 bis 23 geben hiervon einige Beispiele.

Man kann auch durch den schon genannten Bikomponentencharakter eine Texturierpotenz einbauen und diese Fähigkeit dann durch eine Nachbehandlung, beispielsweise durch Dämpfen oder durch Erhitzen, zur Entwicklung bringen.



19

LANGSSCHNITT EINER
BIKOMONENTEN ACRYLFASER

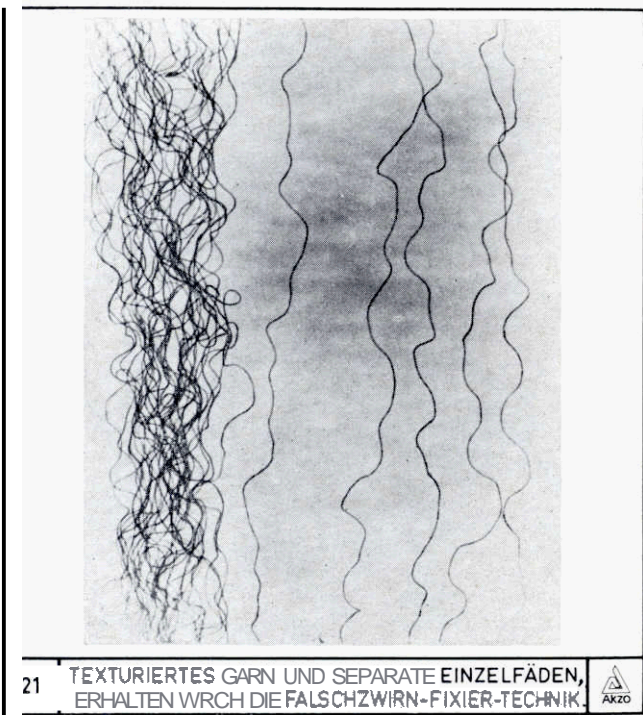


20

Querschnitt segmental

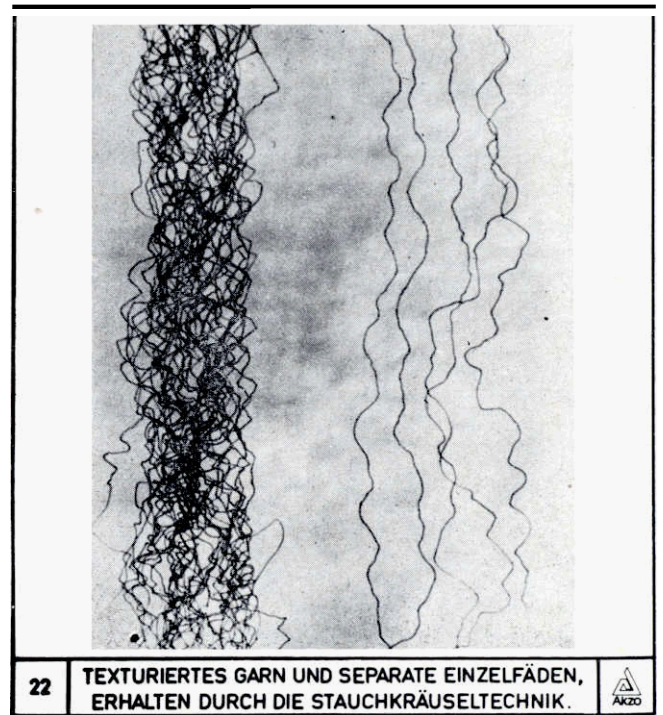
Querschnitt Hout-Kern

BIKOMONENTENGARN



21

TEXTURIERTES GARN UND SEPARATE EINZELFÄDEN,
ERHALTEN WRCH DIE FALSCHWIRN-FIXIER-TECHNIK.



22

TEXTURIERTES GARN UND SEPARATE EINZELFÄDEN,
ERHALTEN DURCH DIE STAUCHKRÄUSELTECHNIK.



c) Mehrkomponentenaufbau

Mit der Bikomponentenstruktur haben wir schon ein Beispiel von bewußt eingebauten Eigenschaften durch Benutzung von Zweiphasensystemen (Abb. 24). Eine interessante Entwicklung bilden die multifibrillären Systeme.

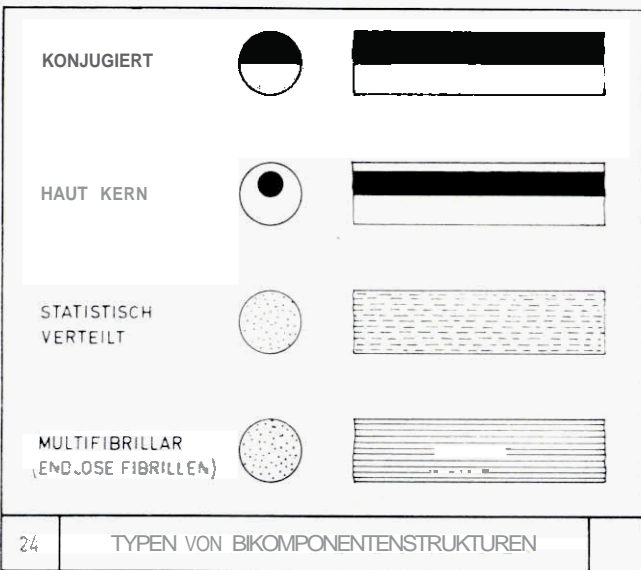
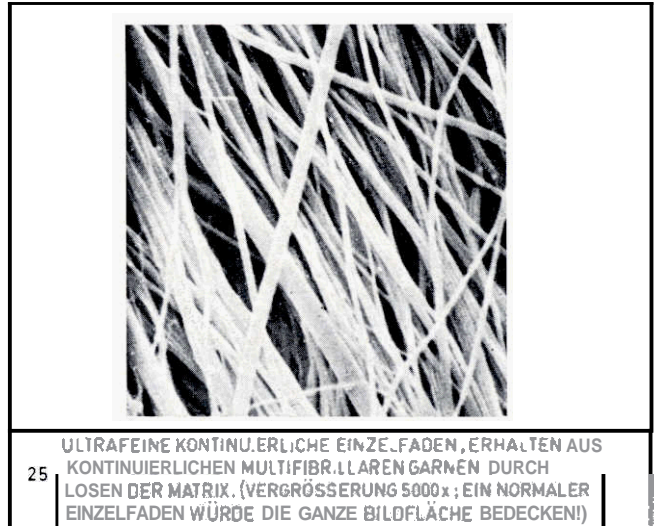
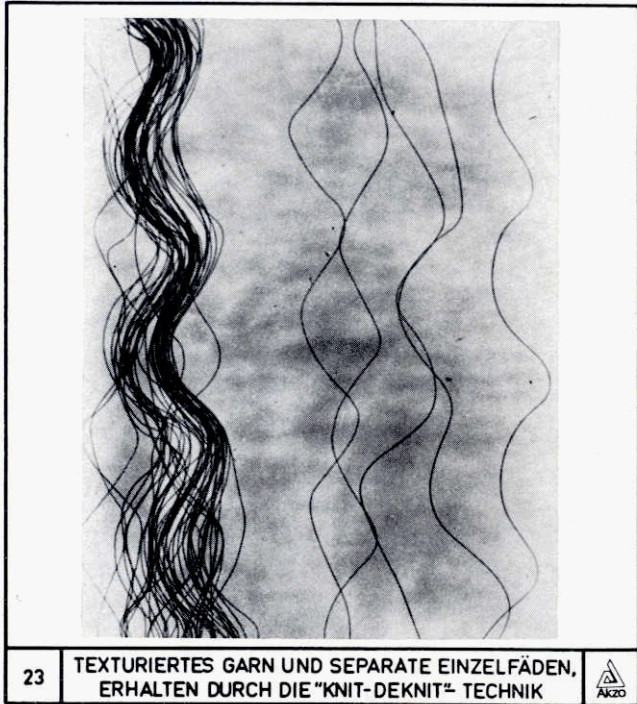
Die erste sogenannte „bi-constituent“ Faser war Source® von Allied Chemical 170% Polyamid/30% Polyester), entwickelt für Reifengarne und später als Teppichgarn eingesetzt. Es ist ein System von „randomly dispersed“ (statistisch verteilten) Fibrillen. Bei Akzo ist eine Technik entwickelt worden, um Fasern zu spinnen, bei denen sehr feine endlose Fibrillen des einen Polymeren in einer Matrix eines anderen Polymeren eingebettet sind. Ein Garn daraus ist unter dem Namen Enkatron® auf dem Markt.

So kann man dem Nylon beispielsweise durch Einbauen endloser Polyesterfibrillen einen höheren Modul geben. Man kann auch die Matrix nachher lösen und so ein Garn mit unvergleichlich feinen Einzelfäden herstellen (Abb. 25).

VERARBEITUNGSTECHNIKEN

Auch bei den Verarbeitungsprozessen sehen wir deutliche Ansätze, die von den Chemiefasern ausgingen, dann aber oft auch für die Naturfasern von großer Bedeutung geworden sind:

- die Steigerung der Geschwindigkeiten bestehender Prozesse,
- der Durchbruch neuer Techniken sowie
- die Integration von Verarbeitungsphasen.



b) Durchbruch neuer Techniken
Davon möchte ich nennen:

1. Dasschon erwähnte Texturieren.
2. Den spulenlosen Webstuhl. Hierbei wird der Schußfaden entweder via einem Greifermechanismus (Sulzer) oder mittels einer pneumatischen (Maxbo, te Strake) oder einer hydraulischen (Kovo, Prince) Technik eingeführt. In Kombination mit größerer Maschinenbreite kann damit eine Produktionserhöhung um den Faktor 4 erreicht werden.
3. Den Tufting-Prozeß. Für die Herstellung von Bodenbelag ist die Entwicklung der Tuftmaschine von großer Bedeutung gewesen. Durch das Erscheinen der Polyamidendlosgarne hat die Anwendung von Teppichen als Bodenbelag in den letzten zehn Jahren spektakulär zugenommen. Die Maschinen selber sind mit immer raffinierteren Dassiniermöglichkeiten, nämlich Hoch-Tief-Effekten, ausgestattet und ermöglichen eine individuelle Regelung der Zufuhrgeschwindigkeit des Einzelfadens.
4. Den Nadelfilzprozeß. Dies ist ebenfalls eine neue Technik, bei der eine mechanische Verankerung von Fasern in einem Vlies stattfindet, wodurch der Zusammenhang im Vlies stark erhöht wird.
6. Die Entwicklung der „Nonwovens“ bzw. der Faservliese. Auf sehr verschiedenen Wegen können entweder unmittelbar aus Stapelfasern oder sofort aus Endlos Garnen ohne irgendwelche Web- oder Wirktechnik zweidimensionale Strukturen hergestellt werden.

Die Nonwoven-Technik erinnert an die klassische Papierherstellung. Das Problem, daß jetzt eine Lösung erfordert, ist, wie sich die Geschmeidigkeit plus alle anderen asthetischen und funktionellen Eigenschaften von Textilrohstoffen mittels der Nonwoven-Herstellungstechniken realisieren lassen. Dies bildet eine Herausforderung für die siebziger Jahre.

Für die Nonwovens aus Endlos Garnen sind bestimmte Bezeichnungen aufgetreten, die eine Andeutung des angewendeten Verfahrens enthalten. So spricht man beispielsweise von „fiberwoven“-Konstruktionen, womit man andeutet, daß Endlos Garnen den Rohstoff bildeten, ohne daß die Webtechnik eingesetzt wurde. „Spunbonded“ weist auf die Technik hin, daß der Rohstoff – ebenfalls Endlos Garn – in einem einzigen direkten Arbeitsgang von der Spinn Düse zum zweidimensionalen Vlies verbunden wurde.

6. Die Nähwirktechniken. Neu sind die in den funfriger und sechziger Jahren namentlich in Osteuropa entwickelten Maschinen, wobei entweder Vliese durch Endlos Garnen zu ‚Stoffen‘ verstärkt werden (Arachne-Maschinen) oder Kombinationen von Endlos Garnen in Längs- und Cluerrichtung zusammengefügt werden (Malimo-, Mallpol- usw. Maschinen). Diese Techniken haben zu einer neuen Klasse von – im allgemeinen

a) Steigerung der Geschwindigkeiten
Aus Tabelle 1 geht hervor, wie in einer Periode von 15 Jahren die Geschwindigkeit von fast allen konventionellen Verarbeitungsmethoden um ein Vielfaches gesteigert wurde. Daß dies einen ungeheuren Rückschlag auf den Kostenpreis ausgeübt hat, ist ohne weiteres klar. Demgegenüber steht, daß dies selbstverständlich auch mit enormen Erhöhungen der Investitionskosten für die sehr teuer gewordenen Maschinen verbunden war. Auch ist verständlich, daß diese stark erhöhten Geschwindigkeiten sehr hohe Anforderungen an die Qualität der Textilrohstoffe stellen. Fehlerzahlen von 50 pro Tonne bedeuten tatsächlich Fehler der Größenordnung von 1 auf 4000 Kilometer oder nur 10 auf eine Garmlänge, die dem Erdumfang gleich ist.

Dies bedeutet aber, daß sich im Rohstoff für Faserpolymere Verunreinigungen in der Größenordnung von 1 mg/kg schon bemerkbar machen, so daß hier Reinheitsanforderungen an die chemischen Rohstoffe eine Rolle spielen, die noch um einen Faktor 10 bis 100 rigorosere sind als in der pharmazeutischen Industrie!

Tabelle 1: Einige charakteristische Daten von Prozessen

Prozeß	Garn- geschwindigkeit m/min		„Tuch“- geschwindigkeit m/h		Multiplikations- faktor der Maschinenausbeute 1970/1955
	1955	1970	1955	1970	
Chemiefaserspinnen					
Naßspinnen	75	150			2
Schmelzspinnen	400	800			2
do., integriert mit Verstrecken	—	4000			—
Fasergarn					
Krempeln (Kardieren)	15	90			6
Verstrecken	50	500			10
Spinnen	35	100			3
„Tuch“-Herstellung					
Scheren	300	600			2
Rundstricken	120	180	5	8	3
Kettenwirken			13	40	3
Weben			5	10	4
Faservliesherstellung			600	3000	5

ziemlich schweren — Stoffen geführt. Die Produktion dieser Maschinen ist wohl auffallend hoch (50 bis 100 kg/h).

Weitere Entwicklungen zur Erhaltung leichter Stoffe sind jetzt im Gange.

7. Die Herstellung von „Bonded“ und „Laminated“ Stoffen, die einigermaßen mit der Nähwerktechnik verwandt ist. Bei dieser Technik werden zwei Stoffschichten aufeinander befestigt, und zwar entweder mittels einer dünnen Schaumschicht oder durch ein Klebemittel in einer Art Punktschweißmuster. Auf diesem Wege können zum Beispiel Wirkstücke mit einer stabilisierenden Unterschicht versehen werden, oder es können Wärmeisolierstoffe mittels einer dickeren Schaumschicht hergestellt werden.

- c) Integration von Verarbeitungsphasen
Besondere Aufmerksamkeit verdient die Tendenz, die sich in den fünfziger und sechziger Jahren in zunehmendem Maße im Streben nach wirtschaftlicheren Produktionstechniken manifestierte, nämlich das Kombinieren von Verfahren, wodurch ein kurzer Weg zwischen Rohstoff und Fertigartikel verwirklicht werden kann.

Einige Beispiele hierfür sind:

1. Die Konverterprozesse, wodurch direkt aus einem endlosen Kabel von vielen Filamenten ein orientiertes Konverterband hergestellt wird. Hiedurch wurde das Öffnen und Krempeln loser Fasern überflüssig. Die Konverter arbeiten entweder mit einem Schneidmechanismus (Pacific converter) oder mittels einer Zerreißtechnik — „craqueuse“ — (Seidel- und Rieter-Konverter).
2. Das Spinntexturieren, mit dem aus dem gesponnenen Faden in einer Stufe ein formfest gekräuseltes Garn erhalten wird.
3. Die schon genannten Nonwoven-Techniken, die unmittelbar vom Spinnen zu einer zweidimensionalen Tuchform führen.
4. Die „Differential dyeing“-Techniken, die es ermöglichen, in einem einzigen Färbegrad mehrere Farben zugleich anzubringen. Wenn ein Gewebe zusammengesetzt ist aus einem sauer (oder basisch) anfärbbaren Garn, dem sogenannten „high-dyeing“ Polymertyp, und einem Garn eines sogenannten „low-dyeing“ Polymertyps, das also wenig oder keinen sauren oder basischen Farbstoff, aber wohl einen dispersen Farbstoff aufnimmt, dann kann in einem

Färbegrad ein Dessin realisiert werden, wozu früher entweder ein Druckprozeß oder eine spezielle Reservefärbung erforderlich war. Auch hier handelt es sich also um einen verkürzten Arbeitsweg, und außerdem hat man den großen Vorteil, daß die Wahl der Farben noch in einem möglichst späten Herstellungsstadium stattfinden kann.

ARTIKELEIGENSCHAFTEN

Das Erscheinen der synthetischen Fasern hat den Fertigartikeln durchaus neue Eigenschaften gebracht. Wir wollen davon die wichtigsten nennen:

- a) „Easy care“ (pflegeleichte) Kleidungsstücke

Man kann sich 1971 kaum mehr vorstellen, daß noch vor 25 Jahren alle Kleidungsstücke nach dem Waschen sorgfältig gebügelt werden mußten. Die synthetischen Fasern haben die Naßknitterfestigkeit der schon bereits bekannten, der Kunstharzimprägnierung entnommenen Trockenknitterfestigkeit hinzugefügt. Dieser Begriff „easy care“, der jetzt für alle Waschartikel Bedeutung erlangte und sich nicht mehr aus einer Gesellschaft, in der Arbeit und Dienstleistung fortwährend teuer werden, wegdenken läßt, wird in den kommenden Jahren noch umfassender werden und auch alle Artikel für Oberbekleidung erfassen. Eine Voraussetzung dafür ist jedoch die darauf abgestimmte Einstellung der Konfektionsindustrie. Die Stoffe und Hilfsstoffe dafür als solche sind verfügbar!

- b) Komfort

Die Chemiefasern haben für eine Anzahl konkreter Einsatzgebiete zu einer ausgesprochenen Zunahme des Kleidungskomforts beigetragen. Für andere Verwendungszwecke werden noch nähere Untersuchungen durchgeführt werden müssen, um eine weitere Erhöhung des Komforts verwirklichen zu können. Als Beispiele von dem, was schon erreicht ist, nennen wir:

1. Die Leichtgewicht-Kleidung. Die hohe Festigkeit, in Kombination mit hoher Knitterbeständigkeit, die den synthetischen Fasern eigen ist, hat die Entwicklung leichter Stoffe ermöglicht. Zusammen mit einer weitgehenden Verbesserung der Heizung von Häusern und dem Reisen in geheizten Transportmitteln hat dies dazu geführt, daß das Durchschnittsgewicht eines Herrenanzugs von 280 bis 350 g/m² um das Jahr 1950 auf 150 bis 200 g/m² um das Jahr 1970 abgenommen hat.

Die Leichtgewicht-Kleidung ist ein normaler Teil der heutigen Herren- und Damengarderobe geworden. Man denke hierbei insbesondere an die leichten, festen Polyester/Baumwolle-Gewebe, wie diese heutzutage für die Herstellung von Regenbekleidung oder von Anoraks zur Verfügung stehen, wodurch der (schwere) Regenmantel, den man vor zehn bis fünfzehn Jahren trug, eine wahre Metamorphose erfahren hat.

2. Die elastische Kleidung. Die elastischen Garne aus Polyamiden und später aus Polyestern – ursprünglich als Helancagarn eingeführt – haben die Entwicklung einer Kleidung veranlaßt, die viel besser als je zuvor den Körperbewegungen folgt. Schickleidung und Reitkleidung sind typische Beispiele dieser elastischen Kleidung, die in hohem Maße von diesen neuen komfortbietenden Stoffen profitiert haben.

Der nächste Schritt in dieser Richtung ist durch die Polyurethangarne möglich geworden, die insbesondere den Sektor der Miederwaren vollständig für sich gewonnen haben.

Es unterliegt kaum einem Zweifel, daß eine entsprechende Menge an Elastizität in kurzem in alle Kleidungsstücke eingebaut sein wird.

3. Die Dauerfalte und das Dauerplissee. Dasselbe, was unter a) für das problemlose Waschen gesagt wurde, gilt 1971 auch für die Falten in den Hosen und für das Plissee im Rock. Vor zwanzig Jahren noch mußte immer von neuem gebügelt und/oder gepreßt werden; jetzt sind Falten und Plissees einfach waschecht, dank den spezifischen Eigenschaften der Synthetics.

In der Form der „permanent press“- oder „durable press“-Baumwollhosen eroberte diese Technik in der ersten Hälfte der sechziger Jahre die USA und danach bald Westeuropa. Ursprünglich auf den Kunstharzveredlungstechniken basierend, konnte diese Technik, die bei reiner Baumwollfaser zu einem dramatischen Festigkeitsrückgang führt, in den sechziger Jahren zu einem kommerziellen Erfolg gebracht werden, indem man zwei Drittel des Gewichts an Zellulosefasern durch Polyesterfasern ersetzte. Diese Entwicklung setzt sich jetzt in Richtung höherer Polyestergehalte fort, wobei schließlich die (teure) Imprägnierung mit Kunstharzen unterbleiben kann.

4. Die weitere Erhöhung des Komforts. Trotz aller Fortschritte gibt es noch eine Lücke in der Gesamtsicht in den Zusammenhang von Garn- bzw. Gewebeeigenschaften einerseits und dem Komfort von Kleidungsstücken andererseits. Eine nähere Untersuchung über diese „physiologischen Eigenschaften von Textilmaterialien“ bleibt noch ein dringendes Bedürfnis.

c) Unvollkommenheiten der heutigen Synthetics

Es ist unserer Meinung nach ehrlich, auch einige weniger günstige Eigenschaften der Synthetics zu nennen und die Wege aufzuweisen, denen man jetzt folgt, um diesen Handikaps zu begegnen oder sie im positiven Sinne zu beeinflussen:

1. Die statische Aufladung. Diese Erscheinung, die allen hydrophoben Fasern eigen ist, kann in der Praxis zu unangenehmen Empfindungen führen, zum Beispiel „Kleben“ von Kleidungsstücken an der Haut, elektrische Schläge nach Gehen auf Teppichen u. ä. Es sind viele ermutigende Erfahrungen gesammelt worden, aus denen hervorgeht, daß es durchaus möglich ist, bestimmte Gruppen in die betreffenden Polymeren einzubauen, so daß eine ausreichende Leitfähigkeit entsteht und damit diese Erscheinung eliminiert wird. Solche Garne sind inzwischen schon auf dem Markt.
2. Die Verschmutzung. Das Verhalten von Synthetics und Mischungen von Synthese- mit Naturfasern beim Waschvorgang weicht von dem reiner Naturfasern ab. Hiedurch kann ein Vergrauen der gewaschenen Artikel auftreten. Eines der Mittel zur Bekämpfung dieser Erscheinung sind die sogenannten „soil-release finish“-

Behandlungen. Sowohl auf diesem Wege wie auf dem einer zweckmäßigen Wahl von Waschmitteln nähert sich das Verschmutzungsproblem immer mehr einer Lösung.

3. Die Brennbarkeit. Unter bestimmten Umständen kann die Anwesenheit von synthetischen Fasern das Brennen von Textilmaterialien fördern. Dieser Fall tritt zum Beispiel bei Mischgarnen aus Polyester/Wolle und Polyester/Baumwolle auf. Auch können brennende Kleidungsstücke durch geschmolzenes Polymeres die Haut schwer verletzen. Weiter können brennende Gardinen und Vorhänge die Folgen eines Feuerherds zu katastrophalen Ausmaßen vergrößern.

Alle diese Faktoren stimulieren in zunehmendem Maße die Suche nach Methoden, um Textilmaterialien flammfest zu machen. Es sind schon Fasern entwickelt worden, die wenig oder gar nicht brennen. Allem Anschein nach wird in den kommenden Jahren auf diesem Gebiet ein beträchtlicher Fortschritt gemacht werden können.

EINSATZ VON FASERN IN VERSCHIEDENEN STRUKTUREN

Mit den Verarbeitungstechniken und den Artikeleigenschaften ist auch der Einsatz von Fasermaterial zur Bildung von verschiedenen Strukturen eng verbunden. Davon hat uns die Natur in den Mehrkomponentenstrukturen von Holz, Bambus, Leder und Knochen schöne Beispiele gegeben. Der strukturelle Aufbau dieser Stoffe führt hier zu einem äußersten Raffinement von Eigenschaften.

Die Technik hat diese Beispiele mit Erfolg nachgeahmt. Ich nenne hier nur die mit Fasern verstärkten Kunststoffe, den mit Kanevas verstärkten Autoreifen und das Förderband, die mit Glasfäden verstärkte Angelrute aus Kunststoff, das synthetische Leder und die Schaumstoffe.

Von einigen Verstärkungsfunktionen in noch größerem Maßstab gebe ich hier einige Beispiele:

- Verstärkung von Asphaltstraßen mit synthetischen Geweben (Structofors®),
- Verstärkung von Ufern mit konfektionierten Deckschichtgeweben,
- mit Wasser füllbare textile Staudämme.

SCHLUSSBEMERKUNG

Ich hoffe, Ihnen hiemit eine zusammenfassende Übersicht der Ziele und Entwicklungen der Chemiefasern gegeben zu haben.

Alle diese Trends sind möglich gewesen durch:

- a) die vielseitige Art der neuen Textilrohstoffe, die sich zu bewußtem „Engineering“ von Faserlänge, Querschnitt, Textur und zu neuen Prozessen, wie „Differential Dyeing“, Tuften usw., eignen;
- b) die enge, fruchtbare Zusammenarbeit von Faserhersteller, Faserverarbeiter und Maschinenbauer.

Die neuen Chemiefasern haben die alten Naturfasern herausgefordert, welche sich ihrerseits in keiner Weise geschlagen gaben und die Herausforderung annahmen. Dies hat zu einer Vielfalt von Entwicklungen geführt, die bis vor einigen Jahrzehnten unvorstellbar war.

Diskussion

Köb: Ich glaube, Herr Generaldirektor Seidl hat durchaus recht gehabt, als er uns einen Festvortrag versprochen. Das Thema „Chemiefasern der zweiten Generation“ wird uns ja im Verlauf unserer Tagung noch viele Details bringen. Der Vortrag, den wir aber gerade gehört haben, hat nicht nur in Stichworten die Probleme, die auf dem Chemiefasersektor vor uns stehen, angedeutet, sondern in einer großartigen Übersicht gezeigt, welche Zusammenhänge zwischen den wirtschaftlichen Aspekten, der Polymerauswahl und der Anwendungstechnik bestehen, wobei speziell auf solche Gebiete eingegangen wurde, die uns weniger geläufig sind, wie beispielsweise technische Sektoren und darüber hinaus auch solche, die normalerweise bisher mit Textilien gar nicht belegt wurden. Ich darf Sie für die Diskussion, zu der Professor Krevelen trotz des Festvortrages gerne bereit ist, bitten, das Thema „Hochtemperaturfeste Fasern“ auszuschließen, weil heute nachmittag diese Frage noch einmal auf dem Programm steht und wir dann diese Fragen gemeinsam diskutieren können. Darf ich Sie auch bitten, sich bei der Diskussion an den Aufbau des Vortrages zu halten, so daß zuerst die wirtschaftliche Seite, dann die Polymerseite und am Schluß die Anwendungstechnik besprochen werden kann.

Rust: Herr Professor, wie verändert sich die Dielektrizitätskonstante des PTO vor der Chelatbildung und nach der Chelatbildung bei einer Sequenz, die Sie bitte bestimmen mögen?

Krevelen: Die dielektrische Konstante von PTO ist eigentlich nicht so interessant. Ich habe das andere Polymere, das Polydiphenylphenylenoxid als Beispiel eines wirklich dielektrischen Materials genannt. Die Dielektrizitätskonstante von unchelatiertem und trockenem PTO ist ungefähr 4 und wird wahrscheinlich durch Zufügen von Metallionen noch erheblich höher werden. Ich habe aber darüber keine Daten.

Köb: In den Diagrammen zur wirtschaftlichen Entwicklung zeigten Sie einen Vergleich von Endlosfasern und Spinnfasern. Die Kurve für die Anteile an Endlosfasern biegt bereits im Jahr 1960 in die Waagrechte; wie begründen Sie die Annahme, daß sich bis zum Jahr 2000 in keiner Weise eine Bevorzugung von speziell strukturierten Endlosfasern bemerkbar machen wird?

Krevelen: Völlig begründet ist diese Annahme nicht. Ich habe zwar auf die bestmögliche Art die Entwicklung, die sich in den letzten Jahren gezeigt hat, extrapoliert, doch können sicher Durchbrüche kommen von etwas ganz Neuem, wodurch vielleicht die Spinnfaser teilweise ersetzt wird. Das habe ich aber nicht einkalkuliert.

Köb: In den Kreisen der Faserspinner wird natürlich diese Frage immer wieder aufgeworfen. Man fragt aber auch, was wird passieren, wenn die Texturierung und alles, was damit zusammenhängt – beispielsweise Bikomponentenfasern –, immer weiterentwickelt wird, wo wird dann die Spinnfaser bleiben? Ihre Meinung, daß die Entwicklung zu einem Gleichgewicht führen wird, war somit ein Hoffnungsschimmer für die Herren aus der Spinnereisparte der Textilindustrie.

Keller: Sie machten die Voraussetzung, daß der Verbrauch an textilen Fasern für Europa bereits in den nächsten Jahren nicht mehr steigen wird und für die hochentwickelten Länder sogar stark abfallen wird. Nun ist aber anzunehmen, daß der Verbrauch an Textilien aus verschiedenen Gründen weiter steigen wird. Das heißt, daß Substituierungen für Fasern im Bereich der Textilien notwendig sind. Dazu nun zwei Fragen: Ist meine Ansicht über diese Substituierungen richtig, und wie sehen Sie die Entwicklung der Textilwirtschaft als Ganzes in dieser Phase des Abklingens des textilen Faserkonsums, den Sie voraussagen?

Krevelen: Ich habe nicht gesagt, daß der Verbrauch weniger wird, Ich habe gesagt, daß das Wachstum pro Jahr absinkt. Der Verbrauch wird zunehmen. Es gibt überhaupt keine Abnahme des Verbrauchs; es ist nur ein Rückgang der Wachstumsgeschwindigkeit zu verzeichnen. Die Mengen, die noch jährlich zusätzlich auf der ganzen Welt aufgebracht werden müssen, sind ungefähr die Produktion eines großen Chemiefaserkonzerns. Bei Investitionen in neuen Anlagen muß einem aber bewußt sein, daß die Wachstumsgeschwindigkeit, die wir von 1967 bis 1970 gekannt haben, sich nicht halten kann, obwohl sie im Jahre 2000 weltweit noch immer doppelt so hoch sein wird wie zwischen 1960 und 1965.

Philipp: Ich hätte noch eine Frage zu der sehr interessanten Entwicklung einer über Amino- und Hydroxygruppen chelatisierten Faser. Es bestehen ja Theorien, daß praktisch jedes Nebengruppenmetall für diese Chelatisierung eingesetzt werden kann. Bei der Verwendung als Mischkomponente im Viskoseprozeß zur Herstellung flammfester Fasern wird aber wohl eine gewisse Einschränkung wegen der Möglichkeit zur Sulfidbildung bestehen. Meine Frage wäre: Wie verhalten sich Mischungen von Enkatherm und Viskosefasern beim Waschen? Kann es dabei zu Austauschprozessen kommen, wenn diese Fasern mit anderen Schwermetallen in Kontakt kommen, oder sind die Metalle, die Sie verwenden, so fest gebunden, daß dies nicht der Fall ist?

Krevelen: Auch wenn man Gemische von diesem PTO mit Viskose spinnst, wird man nach dem Spinnen chelatisieren. Dann hat man also keine Schwierigkeiten mehr. Diese Metallionen sind sehr, sehr stark gebunden, und man kann sie eigentlich nur unter ganz besonderen Umständen wieder herausbringen. Aber beim normalen Waschen passiert nichts.

Renner: Können Sie die Metallionen, die zur Chelatisierung des PTO verwendet werden, noch höher spezifizieren? Im besonderen würde mich interessieren, welche Metallionen die stärkste Verminderung der Brennbarkeit der Fasern ergeben.

Krevelen: Es läßt sich Zink, Zinn, Eisen, auch Platin und Quecksilber zur Chelatbildung verwenden; in gewissem Maße auch Calcium. Für flammfeste Anwendungen ist bis heute Zink eigentlich das beste. Quecksilber kann man auf diese Weise bis zu 50 oder 60% in ein Tuch einbauen und erhält damit Strahlenresistenz. Das Quecksilberchelate ist aber nicht flammfest.

Thaler: Herr Professor, Sie haben eine kurze Andeutung über die Lösung des Problems der elektrostatischen Aufladung bei Fasern in allernächster Zeit gemacht. Können Sie da vielleicht eine kurze Erklärung geben?

Krevelen: Sie wissen davon wahrscheinlich genausoviel wie ich. Alle Chemiefaserfirmen, die sich mit diesem Problem befassen, sind auf verschiedenen Wegen tätig, um durch Zusatzprodukte zum Polymeren oder durch Copolymerisation dieses Problem zu lösen. Es gibt in Amerika und Japan auch schon zwei textile Polyamide mit entsprechenden

Eigenschaften, und wahrscheinlich werden diesen in allernächster Zeit oder im nächsten Jahr andere, ähnliche Produkte folgen. Über Details kann ich aber leider noch nicht sprechen, denn wie Sie verstehen werden, sind die Entwicklungen auf diesem Gebiet noch voll im Gange und patentrechtlich noch kaum geschützt.

Köb: Meine Herren, ich darf für Sie, die vielleicht heute zum ersten Mal hier sind, hinzufügen, daß diese Frage und Antwort in der Diskussion durchaus normal sind. „No comment“ ist keine Entschuldigung, sondern ein Zeichen, daß wir uns in unseren Diskussionen an der Grenze dessen bewegen, was eben morgen kommt, und das wollen wir hier auch. Sie dürfen weiterhin also harte Fragen stellen, und die anderen Herren Redner dürften gerne nein sagen, wenn sie sich nicht in der Lage fühlen, über verschiedene Details zu sprechen.

Sprenkman: Ich möchte mich dem Herrn Vorredner mit einer ergänzenden Frage anschließen und Sie bitten, Herr Professor, diese amerikanische antistatische Faser zu nennen, die ja schon auf dem Markt ist. **Krevelen:** Sie wissen wahrscheinlich, daß die Firma Du Pont antistatisches Antron® anbietet und in Japan Toyo Rayon ebenfalls eine antistatische Faser auf den Markt brachte.

Sprenkman: An der erstgenannten Faser haben wir eine Reihe physikalischer Messungen durchgeführt und beispielsweise die Durchgangswiderstände und Oberflächenwiderstände nach DIN-Normen gemessen. Die Ergebnisse waren für uns äußerst erstaunlich. Man fragte sich, nach welchen Prinzipien diese Antron®-Fasern diese hervorragende antistatische Wirksamkeit entfalten sollen.

Krevelen: Ich kann dazu nur sagen, daß für diesen textilen Zweck ein spezieller Test, ein sogenannter Kling-Test, entwickelt worden ist, der die eigentlichen Verhältnisse beim Tragen von Kleidung, speziell bei Damenkleidung, wiedergibt. Dieser Kling-Test gibt eine Art Beurteilungsmöglichkeit, um genau zu unterscheiden, was gewissermaßen noch akzeptabel ist und was den praktischen Anforderungen nicht mehr entspricht. Ich habe nicht gesagt, daß dies eine endgültige Lösung ist, sondern nur, daß schon solche Produkte erhältlich sind. Die wirkliche Lösung, die endgültige Lösung, wird wahrscheinlich noch einige Jahre auf sich warten lassen.

Gilch: Könnten Sie uns, bitte, etwas über das Molekulargewicht des Poly-2,6-diphenylphenylenoxid sagen? Ich glaube, bei der Polymerisation hatten Sie ja sicher gegen sterische Änderungen und Resonanzstabilisierung zu kämpfen. Haben Sie dazu irgendwelche Untersuchungen gemacht?

Krevelen: Ja, wir haben welche gemacht. Das war auch anfänglich das große Problem, daß wir nicht hoch genug kommen konnten. Aber wir sind jetzt in einem normalen Bereich von Molekulargewichten, zwischen 100.000 und 500.000.

Gilch: Brechen Sie Ihre Reaktionen dann ab, oder haben Sie auch noch nachher lebende Radikale im Polymeren?

Krevelen: Nein, die Reaktion wird abgebrochen.

Gilch: Vielen Dank. Ich hätte noch eine Frage zur Leitfähigkeit Ihres Metallchelats. Haben Sie da irgendwelche Messungen gemacht, speziell bezüglich Feuchtigkeit?

Krevelen: Ja, die Leitfähigkeit ist merkwürdigerweise nicht sehr hoch, denn diese Metallionen sitzen natürlich im Polymeren ziemlich isoliert. Die Leitfähigkeit ist gegenüber dem normalen Polymeren natürlich gestiegen (rund 10⁹ Ohm*cm gegenüber 10¹⁴ Ohm*cm für Polyester) – aber es kann noch nicht zu den Halbleitern gezählt werden. Dieses Polymere kann Wasser absorbieren, ungefähr 8% – es ist also nicht stark wasserabstoßend und kann mit Polyamiden oder mit Gemischen von Polyamiden und Reyon verglichen werden. Das ist aber wahrscheinlich eine Folge der Feinstruktur des Polymeren und nicht irgendwelcher wasserbindender Gruppen.

Thater: Sie haben Enkatherm ja sicher mit einem bestimmten Endzweck entwickelt und hatten von vornherein eine Vorstellung, wo diese Faser eingesetzt werden kann. Welche Einsatzgebiete sind dies? – Sie werden ja sicher wissen, daß man auf dem Dekorasektor mit der sehr preisgünstigen Glasfaser, die in der letzten Zeit auch um vieles weiterentwickelt wurde, konkurrieren muß.

Eine zweite Frage betrifft die Vernetzungsreaktion, die ja sicher sehr langsam vor sich geht. Müssen Sie dadurch eine Herabsetzung der Geschwindigkeit bei der Faserherstellung in Kauf nehmen, oder wird diese Vernetzungsreaktion in einer anderen Verarbeitungsstufe durchgeführt?

Krevelen: Beim Einsatzgebiet denken wir an erster Stelle nicht an den Dekorasektor, sondern an Feuerwehruniformen, für Marinezwecke usw., für „sophisticated applications“. Natürlich ist dies eine kostspielige Faser, und man muß dafür natürlich auch bezahlen.

Die Vernetzungsreaktion durch Chelatierung geht relativ schnell. Es ist eine Ionenreaktion, wobei nur die Diffusion im gequollenen Polymeren eigentlich geschwindigkeitsbestimmend ist. Man kann sowohl die Chelatierung mit dem Spinnen kuppeln als auch durch eine Nachbehandlung chelatisieren. Genauso wie in der Färberei kann man auch Tücher mit Metallionen nachbehandeln und auf diese Weise chelatisieren.

Berger: Herr Professor, ich hätte eine Frage zum Problem Matrixfibrillenfasern. Mir erscheint diese Technik zur Herstellung von kontinuierlichen Multifibrillen – ich habe das so aufgefaßt, daß die Matrix die kontinuierliche Faser ist und die Multifibrille diese Faser durchzieht – als äußerst schwierig in der Herstellungsphase.

Krevelen: Sie ist auch schwierig. Wir haben das patentiert, und wenn Sie daran interessiert sind, dann kann ich Ihnen die Patentnummer schicken.

Köb: Können Sie sich nicht dazu äußern, ob es sich dabei um eine besondere Spinntechnik handelt, oder ist es ein Mitverstrecken einer dispergierten Phase? Man könnte sich ja denken, daß Teilchen beim Strecken und Spinnen in die Länge gezogen werden. Das haben wir ja auch oft dort ab und zu, wo wir es gar nicht haben wollten.

Krevelen: Es gehört zur Spinntechnik. Das heißt, es ist ein spezielles Aggregat vor der Spindüse eingebaut. Vielleicht ist ihnen der Name Multiflux (das ist ein Mischaggregat) bekannt, wodurch man eine sehr, sehr feine Verteilung bekommt, und zu diesem Multiflux muß man noch etwas hinzufügen, und dann kann man es machen.

Polymerforschung in ihrer Auswirkung auf die Faserherstellung

Professor Dr. Burkhard Philipp

Unter Mitarbeit von Albrecht Bauer, Anneliese Gröbe, Gerald Rafler, Hans Reichert, Gerhard Reinisch und Christian Ruscher
Institut für Faserstoff-Forschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Teltow-Seehof, DDR

Ausgehend von einigen „klassischen“ Beispielen, wird einleitend dargelegt, wie nach einer „Expansionsphase“ der heute gebräuchlichsten Chemiefaserstoffe die Polymerwissenschaft eine erste systematische Behandlung der Zusammenhänge zwischen Primärstruktur und Grundeigenschaften ermöglicht. In Kombination mit der Verfahrenstechnik schuf sie entscheidende Vereinfachungen und Rationalisierungen in der Technologie der Chemiefaserherstellung (z. B. VK-Rohr, Lösungspolymerisation, Extruderspinnen).

Aus der Gesamtproblematik der Polymerforschung werden folgende Fragenkomplexe herausgegriffen und anhand von Beispielen neuerer Ergebnisse des Instituts für Faserstoff-Forschung der DAW eingehender behandelt:

1. Die Erweiterung der stofflichen Grundlage für die Faserherstellung durch systematische Polymerforschung wird diskutiert.
2. Die Bedeutung der Strukturforschung (übermolekulare und morphologische Struktur) als diagnostisches Mittel, als Optimierungshilfe und als konstruktives Moment der Faserentwicklung und -herstellung wird eingeschätzt.
3. Die Bedeutung des „Verteilungsspektrums“ als zentraler Begriff moderner Polymercharakterisierung – auch auf dem Chemiefasergebiet – wird hervorgehoben.

Abschließend wird auf die zunehmende Integration sowohl der verschiedenen Wissenschaftsgebiete in der modernen polymerwissenschaftlich orientierten Chemiefaserforschung als auch einer Anzahl bisher nebeneinander existierender Industrien bei der Realisierung dieser Forschungsergebnisse hingewiesen.

1. EINFÜHRUNG UND RÜCKBLICK

Die stürmische Entwicklung der Faserherstellung der letzten dreißig Jahre und insbesondere die alle seinerzeitigen Erwartungen übertreffende Expansion bei den Chemiefasern ist gekennzeichnet durch eine zunehmend engere Wechselbeziehung mit der Polymerforschung in ihrer Gesamtheit. War die erste großtechnisch produzierte Chemiefaser, die Viskosekunstseide, noch das Ergebnis einer weitgehend zufälligen Entdeckung, so basierte die Herstellung von Syntheseseiden aus Polyamid 66 bereits auf einer in ihren Anfängen ca. zehn Jahre zurückliegenden systematischen Grundlagenforschung zur Polykondensation, deren Ergebnis in den klassischen Arbeiten von Carothers seinen Niederschlag fand.

Wenn wir heute in der Lage sind, bei der Baumwollveredlung die vernetzenden Brücken zwischen den Zelluloseketten schon weitgehend „nach Maß“ einzubauen, so greifen wir dabei schon fast unbewußt auf die grundlegenden Erkenntnisse zur Zellulosestruktur zurück, wie wir sie vor allem Mark, Kratky und Hermans verdanken. Die jetzt im wesentlichen abgeschlossene erste Expansionsphase der Chemiefasererzeugung führte in technisch-ökonomischer Hinsicht zur Herausbildung der marktbeherrschenden Stellung der „Großen Vier“ – Polyamid-, Polyester-, Polyacrylnitril- und Zellulose regeneratffäden –, an der sich – abgesehen von den noch offenen Fragen „Polypropylen“- und „Glasfaserstoffe“ – wohl auch in diesem Jahrzehnt kaum etwas ändern wird.

Ausgehend von diesen Grundfasertypen und ihren Variationen, ermöglichte die Polymerwissenschaft am Ende dieser Expansionsphase eine erste systematische Behandlung der Zusammenhänge zwischen Struktur und Grundeigenschaften, wobei ich hier als willkürlich ausgewählte Beispiele nennen möchte: eine schon ältere Arbeit von Tippetts und Zimmerman¹, einen seinerzeit an dieser Stelle gehaltenen Vortrag von Schlack², speziell zur Frage der Polyamide, und eine Veröffentlichung von de Winter³ über neue faserbildende Polyamide aus dem vorigen Jahr.

Starting from a few „classic“ examples, the lecturer points out, how polymer science – after an „expansion phase“ of now-a-days widely used man-made fiber materials – permits a first systematic discussion of the interrelations existing between primary structure and fundamental properties. In combination with process engineering, a decisive simplification and rationalization in the field of fiber-production technology (e. g. VK-pipe, polymerization in solution, extrusion) was achieved.

The following complexes of questions have been selected from the overall problems of polymer research, and are discussed in detail on the basis of selected results, recently obtained by the Institute of Fiber Research of the DAW (German Academy of Sciences):

- 1) possible ways of expanding the number of raw materials for the fiber production by systematic polymer-research are discussed;
- 2) the significance of structural research (supramolecular and morphological structures) as a diagnostic aid, a means of optimization, and a constructive factor in fiber development and fiber production is assessed;
- 3) the importance of the „distributing spectrum“ as a central concept in modern polymer identification – also in the field of man-made fibers – is stressed.

In conclusion, attention is paid to progressive integration of the various scientific fields of modern, polymer conscious fiber research and of a number of previously co-existing industries in putting these research results into practice.

Man muß allerdings feststellen, daß solche Erkenntnisse über Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften von Chemiefasern bisher in erster Linie einer nachträglichen Systematisierung schon vorliegenden Tatsachenmaterials dienen. In ihrer praktischen Konsequenz viel offensichtlicher und augenfälliger zu erkennen war während dieser Expansionsphase die Mitwirkung der Polymerwissenschaft gemeinsam mit der Verfahrenstechnik bei der Rationalisierung und Vereinfachung der Herstellungsprozesse.

Als Beispiel möchte ich hier die in enger Wechselwirkung mit der Erforschung der Polykondensationskinetik erfolgte Weiterentwicklung des VK-Rohrs zur Schmelzpolykondensation anführen, die Kopplung zwischen der Rheologie von Polymer-schmelzen und der Optimierung des Extruderspinnens und schließlich den Lösungspolymerisationsprozeß zur Herstellung von Acrylnitrilfasern, bei dem ich anhand einiger Ergebnisse aus unserem Institut die Beziehungen zur Polymerisationskinetik kurz aufzeigen will.

Die Gewinnung einer spinnbaren Polyacrylnitrillösung unmittelbar aus dem Monomeren bedeutet durch die Umgehung des festen Polymeren, seiner Trocknung und Wiederauflösung die Einsparung einer großen Anzahl aufwendiger Verfahrensstufen bei gleichzeitig besserem Weißgehalt der Rohfaser, stellt jedoch zugleich bestimmte Anforderungen an den Polymerisationsablauf, vor allem hinsichtlich Bruttogeschwindigkeit und erreichbarem Polymerisationsgrad. Beide Faktoren werden durch das Polymerisationsmedium, das ja zugleich Lösungsmittel für Polyacrylnitril sein muß, stark unterschiedlich beeinflusst.

Unter sonst gleichen Bedingungen ist eine Abnahme von Bruttopolymerisationsgeschwindigkeit und DP in der Reihenfolge „anorganische Salzlösung“ (Rhodanid) – Dimethylsulfoxid – Dimethylformamid zu verzeichnen. Es war daher naheliegend, daß zuerst anorganische Salzlösungen als Medium zur Anwendung kamen („Courtelle“-Verfahren), deren Regenerierung jedoch eine recht aufwendige Technologie erfordert.

Von den beiden großtechnisch zugänglichen organischen Lösungsmitteln DMSO und DMF scheint ersteres auf Grund des

etwa doppelt so hohen Wertes der Bruttopolymerisationsgeschwindigkeit (Tabelle 1) und der wesentlich niedrigeren Kettenübertragungskonstante ($7,9 \cdot 10^{-5}$ gegenüber $28,3 \cdot 10^{-5}$ unter vergleichbaren Bedingungen) vorteilhafter zu sein und wurde auch bei der japanischen Entwicklung der „Toraylon“-Faser verwendet.

Tabelle 1: Abhängigkeit der Brutto-Polymerisationsgeschwindigkeit und des Polymerisationsgrades von der Monomerkonzentration in Dimethylformamid (DMF) und Dimethylsulfoxid (DMSO) – AIBN ($[I]/[M] = 3,29 \cdot 10^{-3}$)

M [Mol/l]	[L]/[M]	DMF V _{Br.} · 10 ⁵ [Mol/l sec]	P · 10 ⁻³	[L]/[M]	DMSO V _{Br.} · 10 ⁵ [Mol/l sec]	P · 10 ⁻³
5,06	1,70	9,46	1,46	1,86	19,10	3,05
3,80	2,56	6,18	1,02	2,79	8,45	3,00
3,04	3,41	4,37	0,81	3,72	4,45	2,50
2,53	4,26	3,27	0,71	4,65	3,58	2,01
2,17	5,11	2,54	0,55			

Aufbauend auf die vor allem von J. Ulbricht⁴ erarbeiteten Grundlagenkenntnisse zur Polymerisationskinetik des Acrylnitrils in verschiedenen Medien gelang es jedoch bei einer von uns gemeinsam mit dem VEB Chemiefaserkombinat Schwarza „Wilhelm Pieck“ durchgeführten Entwicklung, diese Nachteile durch passende Wahl der Polymerisationsbedingungen weitgehend zu kompensieren und die Vorteile des DMF, nämlich vor allem die niedrigere Viskosität der Spinnlösungen bei gleicher Polymerkonzentration und die geringere Neigung zum Gelieren sowie die gegenüber DMSO niedrigere Verdampfungswärme des DMF beim Aufkonzentrieren der Lösung, voll zur Geltung zu bringen.

Selbstverständlich werden auch bei diesem jetzt im großtechnischen Maßstab im VEB Chemiefaserkombinat Schwarza „Wilhelm Pieck“ laufenden Prozeß nicht Homo-, sondern Copolymerisate hergestellt. Hierbei verbessert eine Acrylatkomponente sowohl die Verarbeitbarkeit der Lösung durch Verlagerung der Gelbildung nach höheren Konzentrationen als auch die textilen Eigenschaften daraus ersponnener Fasern, etwa hinsichtlich Dehnung, Biege- und Schlingenfestigkeit und Bauschigkeit, wobei die im Gegensatz zur heterogenen Fällungspolymerisation annähernd statistische Einpolymerisation dieser Cokomponente in homogener Lösung (gleiche Kettenwachstumsgeschwindigkeiten für Acrylnitril und Acrylat) einen weiteren Vorteil der Lösungspolymerisation darstellt.

Auf die Bedeutung einer dritten, sauren Sulfonatkomponente in dem jetzt produzierten Terpolymeren für die Fadeneigenschaften, besonders für die Transparenz des in einem Wasser-DMF-Gemisch koagulierten Fadens, war ich bereits anlässlich meines inzwischen publizierten Vortrags zum Dresdner Chemiefasersymposium 1970 eingegangen⁵, und ich möchte hier nur nochmals auf die Wichtigkeit eines breiten Wissensfundus über Kinetik und Mechanismus der Copolymerisation gerade für die Optimierung der Technologie einer solchen Terpolymerisation hinweisen.

Nachdem ich in meinen bisherigen Ausführungen einige Wechselbeziehungen zwischen Polymerwissenschaft und Chemiefaserherstellung im bereits hinter uns liegenden Zeitraum umrissen habe, möchte ich mich nun der Frage zuwenden: „Was ist für die vor uns liegende Entwicklung einer neuen Generation von Fasern an Impulsen und an Unterstützung von seiten der Polymer-Grundlagenforschung zu erwarten?“

Im Rahmen meines Vortrags kann ich hierbei natürlich nur subjektiv einige Fragenkomplexe auswählen und anhand von Beispielen erläutern, die ich zum Teil neueren Forschungsergebnissen des Instituts für Faserstoff-Forschung Teltow-Seehof der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin entnehmen will.

Im Zusammenhang mit der Problematik „Massenfaserstoffe – Spezialtypen“ will ich zunächst die Erweiterung der stofflichen Grundlage für die Faserherstellung durch systematische Polymerforschung behandeln, dann auf die Bedeutung der Strukturforschung mit ihrer für die Zukunft unbedingt notwendigen komplexen Betrachtung von molekularer und übermolekularer

Struktur und der engen Verflechtung polymerkonstruktiver und polymeranalytischer Arbeiten eingehen und schließlich auf dem für die Prozeßoptimierung und Prozeßsteuerung auch technologisch wichtigen Gebiet moderner Polymercharakterisierung den zentralen Begriff des „Verteilungsspektrums“ in seiner Bedeutung darstellen.

2. POLYMERFORSCHUNG ZUR ERWEITERUNG DER STOFFLICHEN GRUNDLAGE DER FASERHERSTELLUNG

a) Zum Problem „neue Polymere“
Was die stoffliche Grundlage der künftigen Chemiefaserproduktion anbelangt, so ist mit großer Wahrscheinlichkeit ein Fortbestehen der marktbeherrschenden Position der Grundpolymeren Polyamid 66 und 6, Polyester (Polyäthylenterephthalat), Polyacrylnitril und Zellulose zu erwarten. Selbst bei den auf dem Weltmarkt bereits etablierten Polypropylenfaserstoffen ist die Zuwachsrate geringer, als ursprünglich angenommen wurde.

Bei einem anderen Polymeren, dem Polyoxymethylen (Polyformaldehyd) wurde bisher nur über die Herstellung von Experimentalfäden berichtet, obwohl das Monomere billig und leicht zugänglich ist, obwohl das Polymere heute bereits auf dem Plastsektor ein großtechnisches Produkt darstellt und sich durch Extrusionsspinnen ohne größere Schwierigkeiten zu Fäden verformen läßt, die – wie die folgenden Tabellen anhand von gemeinsamen Versuchsergebnissen⁶ des eigenen Instituts und des CFK Schwarza ausweisen – textilphysikalisch recht günstige Eigenschaften zeigen (Tab. 2 und 3).

Tabelle 2: Textilphysikalische Eigenschaften von Polyformaldehydseide

Feinheit, geweift	[tex]	3,49
Reißkraft	[p]	189
Reißdehnung	[%]	18
Reißlänge	[km]	54,2
elast. Dehnungsverhältnis bei 150 p (92% der Reißlast)	[%]	87
Glanzzahl G		8,2
Weißgrad	[%]	79
Kochschrumpf (TGL 142-2009)	[%]	8,0
Heißluftschrumpf bei 150° C	[%]	15,3
Erweichungspunkt	[° C]	160
Schmelzpunkt	[° C]	168

So wird mit 54 Rkm das übliche Reißkraftniveau polyfiler Fäden für textile Einsatzzwecke ohne besonderen technologischen Aufwand übertroffen, und der relative ela-

Tabelle 3: Vergleich einiger Gebrauchswerteigenschaften verschiedener Faserstoffe

Faserstoff Merkmal	Polyformaldehyd-Seide	Polyester-Seide	Polyamid-Seide	Polyvinylchlorid-Seide	Viskose-Seide
rel. Biegewert	ca. 15	ca. 20	ca. 6	ca. 12	–
Bruchverdrehungswinkel (°)	ca. 52	ca. 45	ca. 40	ca. 52	ca. 62
Schlingenscheuertouren bis zum Bruch (Touren)	ca. 21000	ca. 20–25000	ca. 20–25000	ca. 650	ca. 1000

stische Dehnungsanteil bei einer Belastung mit 90% der Reißkraft liegt für unsere Polyformaldehydfäden mit über 87% weitaus höher als bei normaler Polyesterseide mit 39% bei etwa gleicher Reißdehnung.

Bemerkenswert erscheint das völlige Ausbleiben einer elektrostatischen Aufladung bei Polyformaldehydfäden im Gegensatz zu allen anderen bisher in dieser Hinsicht geprüften Syntheseseiden. Der erreichte Bruchverdrehwinkel und die hohe Anzahl der Schlingenscheuertouren weisen auf eine gute Gebrauchstüchtigkeit auch unter verstärkten Belastungen hin, und die relativ hohe Biegesteifigkeit der Polyformaldehydseide mit Werten zwischen Polyesterseide und Polyamidseide läßt günstige Knittererholungswinkel für daraus hergestellte textile Flächengebilde erwarten.

Obwohl – wie das in Tabelle 3 zusammengefaßte Ergebnis einer vielseitigen apparativen und verarbeitungstechnischen Prüfung ausweist – einer großen Zahl vorteilhafter Eigenschaften nur wenige stoffbedingte Einschränkungen gegenüberstehen und sich aus dieser Tabelle zweifellos geeignete Einsatzgebiete ableiten lassen, läßt sich an diesem Beispiel der Polyformaldehydfäden recht deutlich demonstrieren, wie gering die Chancen eines neuen Grundpolymeren sind, gegen die vorhandenen Massenfaserstoffe zu konkurrieren, wenn nicht grundsätzlich neue und vom Verbraucher gerade jetzt benötigte Eigenschaften bzw. Eigenschaftskombinationen dadurch erschlossen werden.

Wenn wir von Spezialfaserstoffen, wie zum Beispiel den hochtemperaturbeständigen Fäden für technische Einsatzgebiete, einmal absehen, so wird die künftige Entwicklung vor allem in Richtung einer Erweiterung des Spezialtypensortiments unter Beibehaltung des Grundpolymeren und – soweit als möglich – auch ihrer Herstellungs- und Verformungstechnologie zielen, ganz analog zur Praxis auf dem Gebiet der Plastikwerkstoffe⁷. In beiden Fällen wird dabei die Compoundierung im weitesten Sinne, der gezielte Einbau neuer Cokomponenten in die Kette und eventuell die Gewinnung stereospezifischer Polymerer im Vordergrund stehen. Diese schon jetzt erkennbare Richtung zeigt wiederum recht deutlich die Notwendigkeit einer zunehmenden Integration der Chemiefaserforschung in das Gesamtgebiet der Polymerwissenschaft.

b) Einbau von Cokomponenten

Auf die Bedeutung des Einbaues von Cokomponenten zur Eigenschaftswandlung von Polymerisatfaserstoffen wurde einleitend bereits hingewiesen. Daß auch bei Polykondensatfaserstoffen gerade bei Verwendung einer länger-kettigen Zweitkomponente als Baustein eines Sequenzpolymeren interessante Variationsmöglichkeiten bestehen, soll das folgende Beispiel entropieelastischer Experimentalfaserstoffe auf Basis von Polyäthylenterephthalat⁸ veranschaulichen.

Auf eine frühere Mitteilung von Shivers⁹ aufbauend, stellten Dr. G. Reinisch und Mitarbeiter im Labormaßstab einen elastischen Copolyätherpolyester aus Terephthalsäure, Äthylenglykol und α, ω -Dihydroxipolyäthylenoxid her und verformten ihn aus der Schmelze zu Fäden. Bereits die ersten Versuche zeigten, daß die bei vorangegangenen polymerpräparativen Untersuchungen im Gramm-Maßstab erhaltenen Ergebnisse nicht ohne weiteres auf 5-kg-Ansätze übertragbar waren, sondern vielmehr Copolymerzusammensetzung sowie Katalysatorart und -menge nochmals weitgehend variiert werden mußten. Als Zweitkomponente diente ausschließlich α, ω -Dihydroxipolyäthylenoxid der Molmasse 4000. Im Bereich zwischen 4,5 und 5,5 Mol-% hatte die Menge der Cokomponente kaum Einfluß auf die reversible Dehnbarkeit; eine weitere Erhöhung des Polyäthylenoxidanteils führte generell zu einer schlechteren Spinnbarkeit.

Die zur Polyäthylenterephthalat-Kondensation gebräuchliche Mischung Manganacetat, Triphenylphosphat und Antimontriacetat¹⁰ erwies sich bei unseren kleintechnischen Ansätzen wegen des raschen thermischen Abbaus und einer dadurch bedingten Verschlechterung der Spinn- und Reckbarkeit sowie der Fadeneigenschaften als ungeeignet. Wir setzten daher für die weiteren Versuche ausschließlich Manganacetat in relativ hoher Konzentration ein und hoben dessen katalytische Wirkung nach beendeter Polykondensation durch Zugabe von Triphenylphosphat auf. Eine durch den Katalysator begünstigte thermische Schädigung des Polymeren beim Spinnen wurde so vermieden und eine

absolute Viskositätsstabilität der Schmelze über eine Stunde erreicht. Das in der Literatur als spezieller Katalysator für Copolykondensation erwähnte Magnesium-hexan-butyltitanat führte zwar zu Polymeren deutlich höherer relativer Lösungsviskosität, ohne jedoch das elastische Verhalten zu verbessern, was wir auf die Bildung teilweise vernetzter Strukturen unter Einfluß des Titans zurückführen. In Tabelle 4 sind die Prüfergebnisse unserer Elastomerefäden denjenigen einer kommerziellen Polyurethanelastomereide gegenübergestellt, wobei als Bewertungsgrundlagen neben Reißkraft und Reißdehnung das elastische Dehnungsverhältnis C (Quotient aus elastischem Dehnungsanteil und Gesamtdehnung beim ersten Lastwechsel jeder Kraftstufe) und eine als Zunahme des Abfalls von „C“ bei zehn aufeinanderfolgenden Lastwechseln pro Kraftstufe definierte Größe „m“ dienen.

Tabelle 4: Textilphysikalische und elastische Eigenschaften von Co-(polyäther-)polyesterfäden im Vergleich zu Lycra. Abhängigkeit vom Reckverhältnis

Prüfmerkmal	Reckverhältnis	feinheitsbezogene Reißkraft	Reißdehnung	elast. Dehnungsverhältnis nach Dehnung um 50%	-m x 10 ⁻²
Fadenmaterial	λ	[p/tex]	[%]	[%]	
„Lycra“		6,5	550	99	0,2
Co-(polyäther-)polyester	1,0	4,4	719	82	2,6
	1,5	5,3	328	86	2,4
	2,0	6,2	212	91	1,2
	2,5	12,1	203	97	0,7
	3,0	15,8	162	93	1,1
	3,6	19,6	145	88	1,8

In Abhängigkeit vom Reckverhältnis ergibt sich ein gegenläufiges Verhalten der Größen „C“ und „m“ mit einem Optimum bei Reckverhältnissen zwischen 1:2 und 1:3. Durch eine geeignete Thermofixierung läßt sich das zug-elastische Verhalten weiter verbessern. So haben im Verhältnis 1:2,5 gereckte Fäden nach 30 Minuten Heißluftbehandlung bei 95° C ein elastisches Dehnungsverhältnis von 95 bis 97%, wobei gleichzeitig eine wesentliche Verringerung von „m“ erreicht wird und die Reißdehnung von Werten von ca. 200% auf etwa 280% ansteigt. Mit steigender mittlerer Molmasse des Copolymeren nehmen Reißdehnung und Reißfestigkeit bedeutend zu (Tab. 5), während sich das zug-elastische Verhalten nur wenig ändert.

Tabelle 5: Zusammenhang zwischen der Molmasse von Copolyätherpolyestern und den textilphysikalischen Eigenschaften daraus hergestellter Fäden

γ , rel	Feinheit [tex]	feinheitsbezogene Reißkraft [p/tex]	Reißdehnung [%]
1,50	8,1	8,4	92
1,65	9,5	18,0	142
1,67	9,6	18,7	148
1,70	9,9	19,2	162
1,80	10,8	23,1	196

Zusammenfassend kann man sagen, daß das zug-elastische Verhalten durch die Herstellungsweise der Copolymeren kaum beeinflusst wird, wohl aber durch die Wahl zweckmäßiger Reck- und Aufspulbedingungen im Zusammenhang mit einer geeigneten Thermofixierung entscheidend verbessert werden kann. Gegenüber handelsüblichen Polyurethan-

elastomere Fasern liegt der Anfangsmodul etwa 10mal so hoch, und das Wasseraufnahmevermögen im Normklima erreicht ca. 4% gegenüber 1.0 bis 1.3%. während die Reißdehnung nur etwa ein Drittel so hoch ist. Für einen potentiellen Einsatz wäre also das Material nicht in Konkurrenz, sondern als Ergänzung zu Polyurethanelastomere Fasern zu sehen.

c) Compoundierung

Die polymerkonstruktiven Möglichkeiten zur Erweiterung des Feintypensortiments umfassen neben der bisher behandelten Abwandlung der Primärstruktur des Grundpolymeren vor der Verformung eine Variation der Eigenschaften durch Compoundierung bei der Verformung und durch chemische oder physikalische Modifizierung des fertigen Fadens nach der Verformung. Bei der großen Anzahl heute bekannter faserbildender Polymerer bietet die Compoundierung, das heißt die Verspinnung von Schmelzmischungen zu Matrixfibrillenfasern, eine kaum übersehbare Fülle von Möglichkeiten, von denen allerdings bis heute nur die Kombination Polyamid/Polyester großtechnisch realisiert wird („Source“, „Enkatron“).

Von den in Tabelle 6 schematisch dargestellten Verfahren zur Gewinnung solcher Matrixfibrillenfasern ist das Verfahren 3 im allgemeinen am günstigsten, da es eine ausreichend gleichmäßige Verteilung beider Komponenten bei nur einmaliger thermischer Belastung des Polymeren im schmelzflüssigen Zustand gewährleistet.

Tabelle 6: Schematische Darstellung der Verfahren zur Herstellung von Matrixfibrillenfasern

Verfahren 1	Verfahren 2	Verfahren 3
Polymer A Polymer B	Polymer A Polymer B	Polymer A Polymer B
Mechanische Schnittmischung	Mechanische Schnittmischung	Aufschmelzen Aufschmelzen
Aufschmelzen, dispergieren	Aufschmelzen, dispergieren	Dispergieren
	Granulieren	
	Aufschmelzen, dispergieren	
Fadenbildung	Fadenbildung	Fadenbildung

Streckung entstehen dann orientierte Mikrofibrillen von 0,05 bis 5 µm Durchmesser und 100 bis 150 µm Länge in der Matrix der Hauptkomponente (Abb. 1).

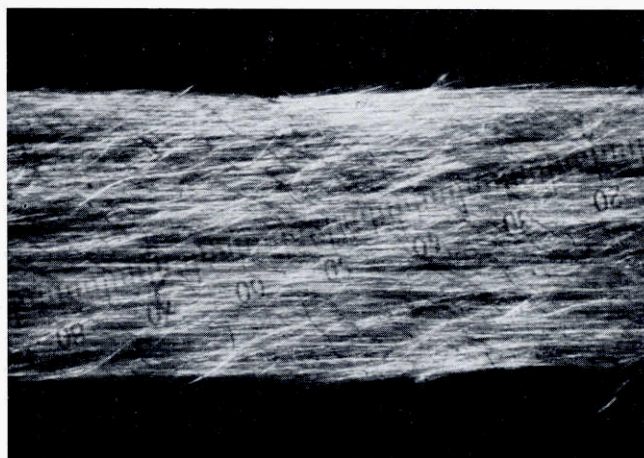


Abb. 1: Polyesterfibrillen nach Lösen der Polyamidmatrix eines Matrixfibrillenfadens

In dem für die Praxis heute interessanten System Polycaprolactam/Polyäthylenterephthalat kann das durch die Nachpolykondensation von nur teilweise endgruppenblockiertem Polycaprolactam entstehende Reaktionswasser den Polyester hydrolysierten, wobei die große spezifische Oberfläche der Mikrofibrillenstruktur diese Hydrolysereaktion des im kompakten Zustand recht hydrophoben Polyesters begünstigt und ein unerwünschter Abbau bei der Verspinnung hervorgerufen wird. Beim Prüfen der Möglichkeiten zur nachträglichen Aminoendgruppenblockierung von Polyamiden stellten wir fest, daß die in früheren Patenten¹² hierzu empfohlene Sebacinsäure nicht stabilisierend, sondern erwartungsgemäß acidolytisch wirkt, während bei Verwendung von Diacylimiden, zum Beispiel N-Acetylcaprolactam, eine sehr schnelle und weitgehende Blockierung der Aminoendgruppen erreicht wird¹³ (Abb. 2).

Solche weitgehend aminoendgruppenfreien Polyamide sind übrigens nicht nur für Verbundwerkstoff-Fäden interessant, sondern zeigen außerdem eine geringere Vergilbungsneigung¹⁴ und steilen ausgesprochene „loft-dyeing-Typen“ dar.

d) Nachträgliche Modifizierung

Eine Modifizierung von Faserstoffen nach der Verformung als dritte polymerkonstruktive Möglichkeit war schon wiederholt Thematik dieser Tagung, so daß ich hierauf nur ganz kurz eingehen will.

Kennzeichnend für den derzeitigen Entwicklungsstand der chemischen Modifizierung von Fäden ist eine außerordentlich starke Diskrepanz zwischen der Fülle der in der Fach- und Patentliteratur angebotenen Möglichkeiten und der recht geringen Zahl technisch tatsächlich realisierter Verfahren, wenn man von dem Komplex „Baumwollveredlung“ einmal absieht. Die Ursachen dieser Diskrepanz sehe ich in erster Linie in dem verhältnismäßig großen technisch-ökonomischen Aufwand, der solche Verfahren nur schwer gegenüber einer Eigenschaftswandlung durch Cokomponenten vor bzw. durch Compoundierung während der Verformung konkurrieren läßt.

Hinzu kommt noch der durch Nebenreaktionen und durch eine ungleichmäßige Verteilung der eingebauten Gruppen oft schwer überschaubare chemische und topochemische Reaktionsverlauf.

Aufgabe künftiger systematischer Polymerforschung auf diesem Gebiet wird es daher vor allem sein, Modifizierungsverfahren unter Vermeidung von Flüssigkeitsbädern zu finden, Wege zur Umgehung unerwünschter Vernetzungs- und Abbauvorgänge aufzuzeigen und schließlich die Zusammenhänge zwischen Reaktionsbedingungen und der Verteilung der als Ergebnis der Modifizierungsreaktion entstandenen funktionellen Gruppen bzw. der Seitenzweige bei der Pfropfung zu erkennen und zu nutzen. Erst die Beherrschung dieser Zusammenhänge könnte einen spezifi-

Probleme für die Polymerforschung ergeben sich bei der Herstellung solcher Fasern

1. hinsichtlich der thermodynamischen Verträglichkeit, das heißt der Dispergierbarkeit bzw. Mischbarkeit der Komponenten.
2. hinsichtlich möglicher chemischer Umsetzungen zwischen den Polymerkomponenten und
3. durch das heute noch nicht im voraus übersehbare rheologische Verhalten solcher Schmelzen beim Spinnprozeß, wobei vor allem auf mögliche Zusammenhänge zwischen Strahlaufweitung und sogenanntem „Regeneffekt“ hingewiesen sei.

Vor der Spinn Düse ist das in geringer Menge zugesetzte Polymere in Form kleiner schmelzflüssiger Partikel in der Hauptkomponente verteilt; durch Spinnverzug und Ver-

schen Vorteil der Modifizierung im fertigen Faserstoff voll zur Geltung bringen, nämlich die Gewährleistung einer speziell auf den Verwendungszweck zugeschnittenen Verteilung der eingebauten Komponente über die morphologische und die übermolekulare Faserstruktur, vor allem bei geringem Umsetzungsgrad, und damit einen Effekt, der bei den vorher behandelten polymerkonstruktiven Richtungen nicht gegeben ist.

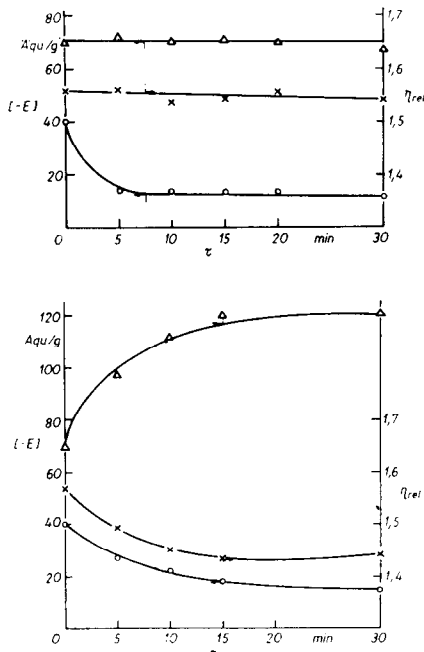


Abb. 2: Umsetzung von Polycaprolactam mit der aminoendgruppenäquimolaren Menge N-Acetylcaprolactam (oberes Bild) und Sebacinsäure (unteres Bild) bei 270°C
 ($[-NH_2] = 0$; $[-COOH] = \Delta$; $\eta_{rel} = x$; $[-E] = [-NH_2]$ bzw. $[-COOH]$)

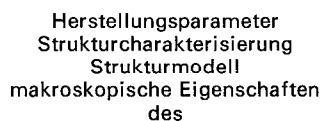
Um dieses Ziel zu erreichen, müssen natürlich entsprechend vertiefte Kenntnisse zur übermolekularen und morphologischen Struktur des Ausgangspolymeren und zu ihrer Beeinflussung etwa durch Quellungs- und Aktivierungsprozesse vorliegen.

3. STRUKTURFORSCHUNG UND FASERENTWICKLUNG

An dieser Stelle möchte ich einiges zur Strukturforschung und ihrer Wechselbeziehung zur Faserentwicklung und Faserherstellung sagen, wobei ich unter Struktur die gegenseitige Anordnung der Polymerkette und die Zusammenlagerung dabei entstandener Primäraggregate (geordnete Bereiche, Kristallite) zu größeren morphologischen Einheiten (Fibrillen, Lamellen) verstehen will.

a) Einige offene Probleme

In der Kette



Zwischenprodukts
Verarbeitbarkeit

Endprodukts
Einsatzgebiete

nimmt die analytische Charakterisierung in Methodik und Systematik und die darauf aufbauende Modellierung der Polymerstruktur eine zentrale Stellung ein. Die außerordentlich rasch wachsende Zahl der Publikationen auf beiden Gebieten und zur Verknüpfung beider Gebiete kann als Ausdruck dafür gelten. Hierbei ist allerdings zu bedenken, daß in unserer Zeit der raschen großtechnischen Nutzung polymerwissenschaftlicher Erkenntnisse bei solchen methodisch-theoretischen Arbeiten ein verhältnismäßig weiter

Spielraum für Publikationen gegeben ist, im Gegensatz zu den unmittelbar zu neuen Verfahren und zu neuen Stoffen führenden polymerkonstruktiven Aufgaben.

Wesentlich weniger zahlreich sind Arbeiten, in denen Zusammenhänge zwischen Strukturparametern und makroskopischen Eigenschaften erkannt werden, etwa wie zwischen den Abmessungen morphologischer Struktureinheiten und der Faserfestigkeit in einigen neueren Publikationen von Krässig¹⁵.

In der Aufstellung von Korrelationen zwischen Herstellungsparametern, Struktur und makroskopischen Eigenschaften befinden wir uns auf dem gesamten Polymergebiet noch recht im Anfang. Zweifellos gibt es hier schon wertvolle Ansatzpunkte – als klassisches Beispiel sei der Zusammenhang zwischen Verstreckung, Orientierung der Ketten und Faserfestigkeit beim Viskosespinnprozeß genannt¹⁶ –, aber wir müssen doch kritisch feststellen, daß als Ergebnis solcher Arbeiten in erster Linie eine nachträgliche Systematisierung vorher gesammelter Tatsachenmaterials vorliegt, deren Erkenntniswert auch und gerade von seiten des in der Praxis stehenden Technologen keinesfalls gering geachtet werden sollte, zumal hieraus bereits neue diagnostische Hilfsmittel zur Prozeßkontrolle und/oder zur Erkennung und Beseitigung produktverschlechternder Abweichungen in der Herstellungstechnologie hervorgingen. Als Beispiele seien genannt: die Spannungsmessung am laufenden Faden sowie Orientierungsmessungen oder lichtmikroskopische Bilder ungefärbter Faserquerschnitte.

Eine umfassende und auf die Technologie projizierbare Klärung der Zusammenhänge zwischen Herstellungsparametern, Struktur und makroskopischen Eigenschaften mit dem Ziel einer wenigstens interpolatorischen Vorausberechnung und damit einer unmittelbar polymerkonstruktiven Anwendung der Strukturforschung zur Prozeßgestaltung und Prozeßoptimierung ist gerade auf dem Gebiet der textilen Faserstoffe erheblich erschwert:

– Erstens gibt es nicht eine, sondern eine große Anzahl verschiedener makroskopischer Eigenschaften, die als Zielgröße zu berücksichtigen sind, aber heute zum Teil noch nicht einmal physikalisch exakt definiert werden können.

– Zweitens könne diese Zielgrößen durch Struktureinheiten ganz unterschiedlicher Größenklassen (geordnete Bereiche der Querschnittsdimension 10 bis 100 Å – eingebaute Gelpartikel der Dimension 10 bis 100 µm) beeinflußt werden, die kaum in einem einzigen Strukturmodell quantitativ erfaßbar sind.

Außerdem muß eine Vielzahl möglicher Störfaktoren in einem solchen Modell unberücksichtigt bleiben und läßt dieses so zu einem nur recht unvollkommenen Abbild der realen Fadenstruktur werden. Ich denke dabei vor allem an chemische Störfaktoren, wie Vernetzungen, einzelne Kettenbrüche oder beim Spinnprozeß eingebaute Fremdgruppen, die bei solchen Diskussionen zur physikalischen Struktur zumeist völlig außer acht gelassen werden.

– Drittens ist zu berücksichtigen, daß sowohl bei der Erfassung makroskopischer Eigenschaften (z. B. Reißkraft, Anfangsmodul) wie auch bei der Strukturcharakterisierung (Ordnungsgrad, Orientierung) meist nur Mittelwerte gemessen und korreliert werden können, obwohl zumeist ein breites und in seiner Form nicht a priori definiertes Verteilungsspektrum für diese Größen vorliegt.

b) Beispiele möglicher Lösungswege

Mit der Aufzählung der einen polymerkonstruktiven Einsatz der Strukturforschung inhibierenden Probleme kann man sich natürlich nicht begnügen, und es sollen daher aus der subjektiven Sicht eines Polymerchemikers einige mögliche Wege zu ihrer Lösung aufgezeigt werden:

– Erstens muß in weit stärkerem Maße als bisher die chemische und physikalische (d. h. übermolekulare und morphologische) Struktur im Sinne einer zunehmenden Verflechtung von Polymerchemie und Polymerphysik als Einheit betrachtet werden. Besonders wichtig erscheint dies u. a. für die Erkennung, Beherrschung und weitgehende Vermeidung unerwünschter Abbau- und Schädigungsvorgänge.

Mit einer Reihe von Mitarbeitern habe ich in den vergangenen Jahren versucht, diesen Weg bei Untersuchungen

zum thermischen und thermohydrolytischen Abbau von Zellulose".¹⁸ zu gehen, wobei wir zum Beispiel feststellen, daß die chemische Geschwindigkeit des Kettenabbaus unter trockenem Stickstoff allein über die übermolekulare Struktur im Verhältnis von etwa 1:20 variiert werden kann".

– Zweitens erscheint es notwendig, die Strukturuntersuchungen erheblich mehr mit den Parametern der Herstellung der jeweiligen Polymerstruktur zu koppeln. Selbst bei rein methodischen Arbeiten der Polymercharakterisierung sollten meines Erachtens soweit als möglich Proben bekannter, definierter Vorgeschichte an Stelle der oft noch benutzten Handelsmuster verwendet werden.

Bei der systematischen Anwendung solcher Charakterisierungsmethoden sollte neben dem zweifellos notwendigen Vergleich von unter Variation bestimmter Herstellungsparameter erhaltenen fertigen Fasern in zunehmendem Umfang auch die Strukturanalyse im Verlauf des Herstellungsprozesses selbst treten, entweder mittels kontinuierlicher on-line-Methoden oder nach „Einfrieren“ entsprechender Zwischenstufen.

Solche „kinetischen Strukturuntersuchungen“ dienen einmal unmittelbar der Prozeßoptimierung und geben außerdem anhand dieser Zwischenstufen oft zusätzliche, am Fertigprodukt nicht mehr erhältliche Informationen, wobei ich als Beispiel die durch H. Klare, A. Gröbe und Mitarbeiter durchgeführten morphologischen Untersuchungen zum Viskosespinnprozeß nennen möchte¹⁹.

– Drittens ist ein Ausbau und eine Weiterentwicklung der chemischen und physikalischen Charakterisierungsmethodik erforderlich, wobei sich für die Methodik der Strukturcharakterisierung die Richtungen
 Methodenkombination,
 Methodenrationalisierung,
 Erhöhung des Informationsgehaltes der Einzelmethode,
 Erfassung von Verteilungsspektren anstelle von Mittelwerten
 abzeichnen.

Nur durch eine Kombination verschiedener Methoden wird es möglich sein, die Vielzahl der Einflußgrößen zu erfassen und Strukturmodelle zunehmend zu präzisieren, wobei ich die Kombination von Röntgendiffraktometrie und IR-Spektroskopie oder von Elektronenmikroskopie und Porosimetrie als heute schon geläufige Beispiele nennen möchte.

Gleichwertig neben diese Kombination apparativer Methoden sollten wir aber auch die systemtheoretische Kombination und Verflechtung von Denkmethoden stellen: Während früher zwischen dem Fließverhalten einer Polymerlösung, dem Extrusionsverlauf einer Polymerschmelze und der dynamischen Prüfung eines Fadens kaum Berührungspunkte bestanden, ist heute – trotz unterschiedlicher apparativer Anordnungen – eine Verknüpfung über die Polymerrheologie, über die Erfassung des viskoelastischen Verhaltens mit der Relaxationszeit bzw. dem Relaxationsspektrum als zentraler Größe auf einer gemeinsamen theoretischen Grundlage möglich.

Eine Rationalisierung der Charakterisierungsmethodik unter weitgehendem Einsatz der EDV ist erforderlich, einmal um zum on-line-Betrieb in der Prozeßkontrolle übergehen zu können, zum anderen, um auch bei aufwendigeren Methoden das zur Gewinnung von Korrelationen zu den Herstellungsparametern und zu den makroskopischen Eigenschaften erforderliche Datenmaterial bei erträglichem Aufwand zu erhalten und zu verarbeiten. Ich denke hier beispielsweise an die Röntgendiffraktometrie, bei der es jetzt möglich ist, von einem programmgesteuerten Zählrohrgeoniometer die Daten direkt zu einem Rechner zu geben und die gewünschten Strukturparameter dann ohne aufwendige Zwischenauswertung unmittelbar ausgedruckt zu erhalten. Bevor ich etwas ausführlicher auf die Bedeutung und die Ermittlung von Verteilungsspektren eingehe, möchte ich Ihnen mit den folgenden Diapositiven noch ein Beispiel für die Erhöhung des Informationsgehaltes eines einzelnen Charakterisierungsverfahrens durch dessen methodische Weiterentwicklung vorführen. Es handelt sich dabei um von Frau Dr. A. Gröbe und ihren Mitarbeitern durchgeführte morphologische Untersuchungen an einer Viskosesuperkordseide¹⁹.

Abbildung 3 zeigt Ihnen die in der Betriebskontrolle der Viskoseindustrie seit langem übliche lichtmikroskopische Querschnittsaufnahme nach Anfärbung mit Viktoriablau. Bis auf eine schmale Randzone, die Cuticula, hat der Farbstoff den Dünnschnitt gleichmäßig angefärbt, und wir finden die scheinbar homogene Struktur einer Nur-Mantelfaser vor uns.

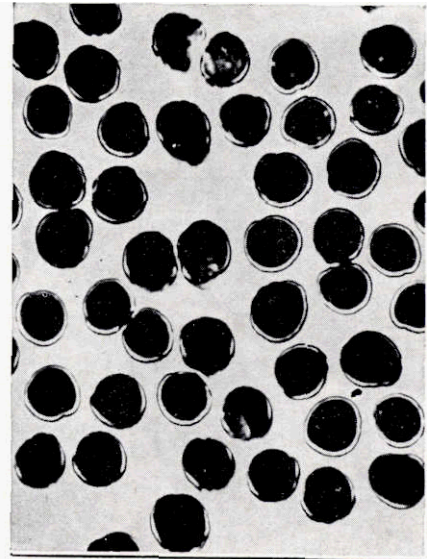


Abb. 3: Supercord, Querschnitte angefärbt, Gröbe, A., u. Gensrich, H. J.

Die folgende Aufnahme (Abb. 4) gibt das elektronenmikroskopische Bild eines Ultradünnschnittes wieder, wobei die Schnittdicke mit ca. 500 Å nur etwa 1/200 im Vergleich zum Dünnschnitt für die Lichtmikroskopie beträgt.

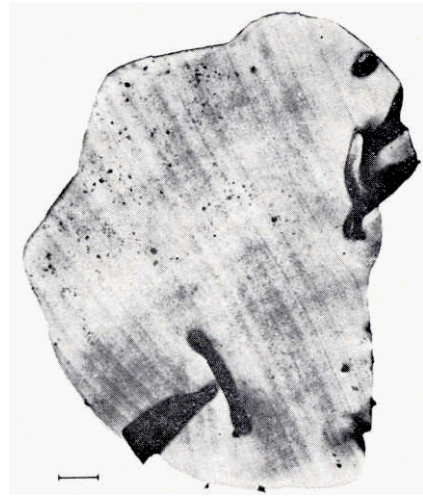


Abb. 4 Supercord, Ultradünnschnitt, Pd.-beschattet, Gröbe, A., Gensrich, H. J.

Die schwarzen Streifen sind präparationsbedingte Artefakte, die nichts mit der Fasermorphologie zu tun haben. Im Inneren des Ultradünnschnittes erkennen wir Hohlräume von 100 bis 1000 Å Durchmesser, während der äußere Teil keine solchen Hohlräume aufweist. In der Fadenstruktur zeigt dieser Ultradünnschnitt einer getrockneten Faser einen recht kompakten Aufbau, und außer der Erkenntnis, daß die Struktur in radialer Richtung doch nicht so homogen ist, wie es im lichtmikroskopischen Querschnittsbild schien, sind zunächst keine weiteren Informationen zu erhalten. Dies ist jedoch der Fall, wenn man die Präparationsmethodik durch Verbesserung der Kontrastierung ver-

feinert, zum Beispiel durch Einlagerung der stark elektro-nstreuenden Phosphorwolframsäure zwischen oder auf die einzelnen Strukturelemente.

Im Bild eines solchen mit Phosphorwolframsäure kontrastierten Ultradünnschnittes aus dem Zentrum eines Supercordfadens erkennen wir zahlreiche Hohlräume unterschiedlicher Größe, und man kann auch nicht mehr von einer gleichmäßig homogenen Struktur der Zellulosesubstanz zwischen diesen Hohlräumen sprechen (Abb. 5).

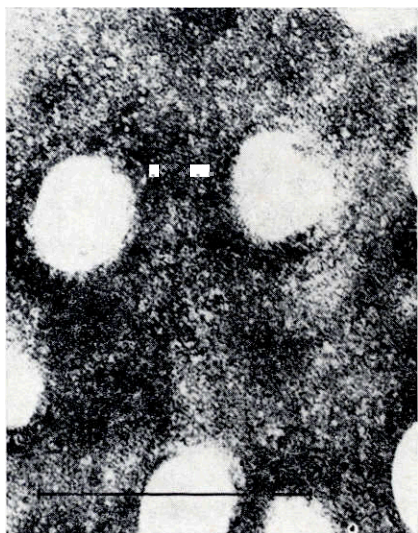


Abb. 5: Supercord, Ultradünnschnitt. PWS kontrastiert. Größe, A., Gensrich, H. J.

Eine nochmalige und sehr beträchtliche Informationssteigerung erhält man, wenn die schon erwähnte Rückkopplung zum Herstellungsprozeß vorgenommen und der Faden im niegetrockneten Zustand untersucht wird, wie Sie dies in Abbildung 6 sehen.

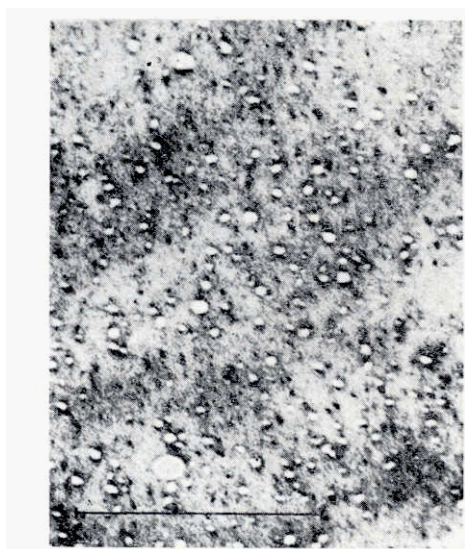


Abb. 6: Supercord, Ultradünnschnitt, gequollen, PWS kontrastiert. Größe, A., Gensrich, H. J.

Zwischen den hier sehr groß erscheinenden Hohlräumen können wir die zu einem kohärenten Netzwerk verbundenen Zellulosefibrillen mit einer Breite unter 100 Å erkennen. Um die Hohlräume herum ist die Zellulosesubstanz unterschiedlich angeordnet. Wir finden einzelne Bereiche dichter Struktur und stimmen dabei mit der Auffassung

von Marchessault²⁰ Überein, wonach diese Strukturverdichtungen durch den Druck gasförmiger Zersetzungsprodukte im noch plastischen Faden zustande kommen. Im Prinzip bietet diese letzte Aufnahme bereits die Möglichkeit zur halbquantitativen Auswertung eines Verteilungsspektrums etwa der Bezirke dichter Struktur oder auch der Hohlraumgrößen.

4. VERTEILUNGSSPEKTREN IM RAHMEN DER POLYMERCHARAKTERISIERUNG

Mit der Frage dieser „Verteilungsspektren“ will ich mich nun am Schluß meines Vortrags etwas näher befassen, zumal wir uns im Institut in Zusammenarbeit mit dem VEB Chemiefaserkombinat Schwarza „Wilhelm Pieck“ methodisch und systematisch eingehend mit dieser Frage beschäftigt haben.

Sie kennen alle die Gleichmäßigkeitsprüfung am laufenden Faden mit dem Uster-Gerät und wissen, welche Bedeutung die Größe und Verteilung von Titer schwankungen für die Prozeßkontrolle und als Gütekriterium hat. Ihnen sind vielleicht auch die sehr interessanten und gründlichen Untersuchungen von Bobeth und Kitzelmann²¹ zur Festigkeitsverteilung bei den Einzelkapillaren polyfaser Viskosesiden bekannt, bei denen in einem Material beispielsweise Schwankungen zwischen 20 und 80 Reißkilometern festgestellt wurden.

Diese Untersuchungen zeigten recht augenfällig, wie weit wir von einer gleichmäßigen übermolekularen und morphologischen Architektur in unseren Fäden noch entfernt sind, und führten zugleich zu der bemerkenswerten Erkenntnis, daß die Breite dieses Verteilungsspektrums mit der Höherzüchtung des Spinnverfahrens in Richtung steigender Festigkeit nicht ab-, sondern erheblich zunahm.

Solche Verteilungsspektren makroskopischer Faserkennwerte sind letzten Endes Ausdruck und Spiegelbild entsprechender Ungleichmäßigkeiten und deren Verteilung auf allen Ebenen der Faserstruktur bis hin zur Molmasseverteilung bei den einzelnen Polymerketten. Mit der vor allem aus Arbeiten von Treiber²² bekanntgewordenen Methode der konduktometrischen Partikelzählung konnten die in den Fäden eingebauten größeren morphologischen Inhomogenitäten nach Wiederauflösung des Fadens in ihren Größenverteilungsspektren erfaßt werden. Bei Polyamidfäden ließen sich auf diese Weise thermische Schädigungen recht empfindlich nachweisen²³ (Abb. 7).

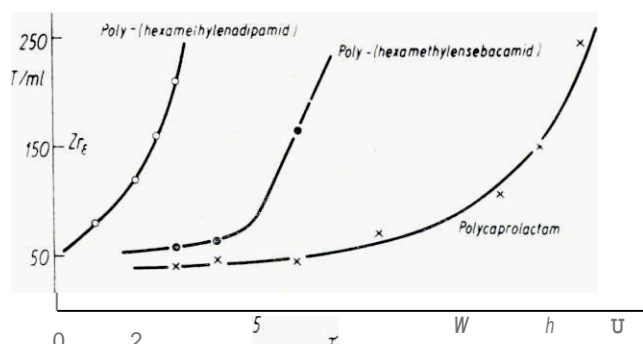


Abb. 7: Gelteilchengehalt Zr_e von Polycaprolactam, Polyhexamethylenadipamid und Poly-(hexamethylenesbacamid) nach Thermooxidation im Stickstoffstrom (60 ml/min, O_2 -Gehalt 50 ± 1 rpm) bei $290^\circ C \pm 0,5$ grd in $HCOOH/H_2SO_4$ Granuimeter TuR ZG 2: IS = 10, $DS_U = 3$, $j_S = 2^{-2}$, Einwaage 0,25 g/dl

An Viskosereyon wurde gezeigt daß bei gegebenem Spinnverfahren und dem damit gegebenen Festigkeitsniveau offenbar ein Grenzwert für Zahl und Größe solcher Inhomogenitäten existiert, dessen Überschreitung dann zu einem Festigkeitsabfall führt²⁴.

Zur Charakterisierung der übermolekularen Struktur von Zellulosefasern vor und nach Abbauprozessen erwies sich unseres Erachtens die seinerzeit von Marchessault und Howson²⁵ veröffentlichte Konzeption des „lateral order

spectrums" als recht tragfähig. Obwohl sie ebenfalls nur als ein stark schematisiertes und die Realstruktur sicher nicht vollständig beschreibendes Modell anzusehen ist, ermöglicht dieses nach unseren Erfahrungen an Zellulosefasern doch eine einheitliche und übersichtliche Auswertung, vor allem der mit chemischen Accessibilitätsmethoden erhaltenen Ergebnisse, wobei man sich natürlich im klaren sein muß, daß stets nur methodenbedingte Relativwerte bzw. Rangordnungen zwischen den verschiedenen Fasern erhalten werden und daß es grundsätzlich keine „absoluten Accessibilitätswerte“ gibt.

Im molekularen Bereich ist heute jedem Polymerchemiker und -physiker das Denken in Verteilungsspektren geläufig, wobei neben der Molmasseverteilung bei Copolymeren auch die sogenannte chemische Uneinheitlichkeit in zunehmendem Maße interessiert. Schwerpunkte der methodischen Forschung sind derzeit die Entwicklung möglichst rationeller Methoden zur Ermittlung der Molmasseverteilung von Homopolymeren, um solche Verfahren serienmäßig zur Prozeßkontrolle einsetzen zu können, und eine möglichst saubere getrennte Erfassung von molekularer und chemischer Uneinheitlichkeit.

Zur rationellen Lösung des letztgenannten Problems wird es sicher notwendig sein, weiterhin nach grundsätzlich neuen Methoden außerhalb der eigentlichen Fraktionierung zu suchen. So konnten wir kürzlich gemeinsam mit H. J e h r i n g²⁶ für ein anionisches Zelloxiderivat, die Carboxymethylzelloxide, durch Auswertung der wechselstrompolarographischen Desorptionsschwelle ein Verteilungsspektrum nach dem Substitutionsgrad aufstellen, und dieses Verfahren erscheint zumindest auf andere teilsubstituierte anionische Polyelektrolyte verallgemeinerungsfähig.

Für die MolmassEFRaktionierung stehen heute zwar eine Reihe eleganter kontinuierlicher Verteilungsmethoden zur Verfügung, vor allem die Gelpermeationschromatographie, man ist jedoch bei nur in aggressiven Lösungsmitteln löslichen Polymeren, zu denen auch Polyamide und das Polyäthylenterephthalat gehören, nach wie vor auf eine Rationalisierung klassischer diskontinuierlicher Verfahren angewiesen.

Vor etwa zwei Jahren entwickelten Reinisch und Mitarbeiter²⁷ die klassische phasentrennende Fraktionierung von Polyäthylenterephthalat in Phenol/Tetrachloräthan 1:1 mit n-Heptan als Fällmittel durch Auswahl eines optimalen Phasen-Volumen-Verhältnisses zu einer hochselektiv und rationell arbeitenden Methode. Bei einem mittleren Variationskoeffizienten von 2,2% kann man damit rechnen, Abweichungen von mehr als 5% von der mit dieser Methode erneut bestätigten S c h u l z - F l o r y - Verteilung noch erfassen zu können. Abbildung 8 demonstriert an einer Modellmischung zweier Polyester (10% P_u = 25; 90% P_u = 118) die Leistungsfähigkeit dieser Methode.

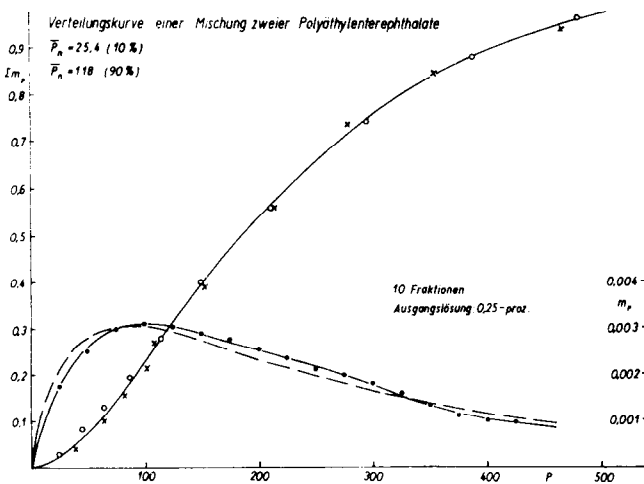


Abb. 8

Die naheliegende Absicht, Polycaprolactam unter ähnlichen Bedingungen in diesem System zu fraktionieren, führte zu stark verzerrten Kurven²⁸. Als Ursache dieser Verzerrung wurde auf Basis viskosimetrischer Modellversuche eine Linearassoziation des Polyamids²⁹ unter den angewandten Fällbedingun-

gen erkannt. Diese Linearassoziation kann durch Acylierung der Aminoendgruppen unterdrückt werden, wozu schon relativ niedrige Acylierungsgrade ausreichen. Die Nachacylierung der reglerfreien Polycaprolactame erfolgte im heterogenen System, wobei sich unter den angewandten milden Acylierungsbedingungen (Acetylcaprolactam in Dimethylformamidpyridin) die Molmasseverteilung mit Sicherheit nicht veränderte.

Die Gegenüberstellung von theoretischer und experimenteller Verteilungskurve zeigt, daß sich partiell acyliertes Polycaprolactam bei Ausgangskonzentrationen von 1,25 g/l fast verzerrungsfrei fraktionieren läßt, wobei der Gesamtzeitaufwand von ca. einer Woche pro Doppelbestimmung für die Analyse ausgewählter Stichproben vertretbar erscheint und das Verfahren in Selektivität und Reproduzierbarkeit etwa der oben erwähnten PÄT-Fraktionierung entspricht (Abb. 9).

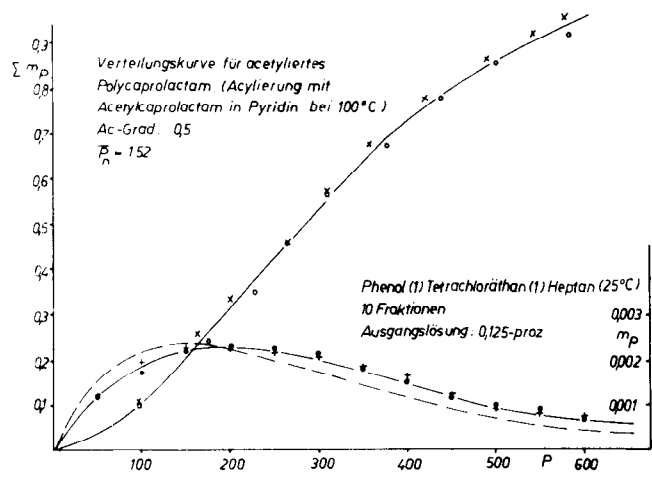


Abb. 9

Nach dieser etwas ausführlichen Darlegung charakterisierungs-methodischer Details erhebt sich natürlich die Frage nach der Rückkopplung dieser Ermittlung und Auswertung von Verteilungsspektren in verschiedenen Strukturdimensionen zur polymerkonstruktiven prozeß- bzw. produktorientierten Forschung. Diese Rückkopplung sehe ich in erster Linie in der Möglichkeit, die Grenzen abzustecken, außerhalb denen eine solche Ungleichmäßigkeit prozeßstörend oder – bezogen auf den jeweiligen Einsatzzweck – produktverschlechternd wirkt.

Die Forderung nach einer maximal schmalen spektralen Verteilung der „Strukturelemente im weitesten Sinne“ ist schon allein aus ökonomischen Gründen meist nicht vertretbar und auch wissenschaftlich keinesfalls immer begründet, wie das zitierte Beispiel der in Zelloxerregeneratfäden eingebauten Inhomogenitäten zeigt, und sollte durch das Anstreben einer für den betreffenden Prozeß oder für das betreffende Einsatzgebiet optimalen bzw. eben noch vertretbaren Verteilungsbreite abgelöst werden. Damit sind zugleich die Einsatzmöglichkeiten solcher Untersuchungen als Optimierungshilfe und bei polymerkonstruktiven Arbeiten umrissen.

5. SCHLUSSBEMERKUNG

Meine Damen und Herren! Ich komme damit zum Schluß meines anhand subjektiv ausgewählter Beispiele gegebenen Überblicks über einige in der Gegenwart bereits vorhandene und für die Zukunft sich abzeichnende Wechselbeziehungen zwischen Polymerforschung und Chemiefaserherstellung. Die vorgestellten Beispiele ließen zugleich erkennen, wie in Denkweise und Methodik sich in zunehmendem Maße eine Integration verschiedener Wissensgebiete, insbesondere der Physik und der Chemie, in einer modernen polymerwissenschaftlich orientierten Chemiefaserforschung durchsetzt und gleichzeitig bei der Realisierung von Forschungsergebnissen zur Herstellung einer nächsten Generation von Chemiefasern eine immer stärkere Zusammenführung bisher getrennt und nebeneinander existierender Industriezweige erfolgt.

Abschließend darf ich betonen, daß die hier von mir dargelegten Gedankengänge und Forschungsergebnisse in ihrer Ge-

samtheit Arbeitsresultate eines großen, durch die Regierung der DDR während zweier Jahrzehnte großzügig geförderter Institutskollektivs darstellen, wobei ich zugleich die Gelegenheit wahrnehme, dem Chemiefaserkombinat „Wilhelm Pieck“ in Rudolstadt-Schwarz meinen Dank für die verständnisvolle finanzielle Unterstützung dieser Arbeiten auszusprechen.

Literatur:

- 1) E. A. Tippetts, I. Zimmermann: „Polymers as Fibers“; J. App. Polymer Sci. **8**, 2465–2478 (1964)
- 2) P. Schlack: „Die Polyamide mit besonderer Berücksichtigung von Nylon 6 und 66 sowie deren Anwendung“; Melliland Textilberichte **10**, 1175–1182 (1966)
- 3) W. de Winter: „Neuere faserbildende Polymere“; Textilindustrie (Mönchengladbach) **72** (11), 833–839 (1970)
- 4) J. Ulbricht: „Über die Lösungspolymerisation des Acrylnitrils“; Habilitationsschrift, TH für Chemie Leuna-Merseburg, 1964
J. Ulbricht: „Zur Kinetik der homogenen Lösungspolymerisation von Acrylnitril“; Faserforsch. u. Textiltech. **10** (4), 166–172 (1959)
J. Ulbricht: „Q- und e-Werte verschiedener Lösungsmittel für Polyacrylnitril“; Faserforsch. u. Textiltech. **11** (2), 62–65 (1960)
- 5) B. Philipp: „Entwicklungslinien der Chemiefaserforschung im Rahmen der Polymerwissenschaft“; Faserforsch. u. Textiltech. **22** (3), 111–119 (1971)
- 6) K. Dietrich, G. Reinisch, H. Versäumer, R. Schiffner, I. Naumann, M. Kleindienst: „Experimentalfaserstoffe aus Formaldehyd-Copolymerisaten“; Faserforsch. u. Textiltech. dzt. im Druck
- 7) E. Taeger: „Technologische Aspekte der komplexkoordinativen Polymerisation“; Vortrag 1. Merseburger Hochpolymerenseminar, Merseburg 1971
- 8) E. Leibnitz, K. Dietrich, G. Reinisch, F. Winkler, F. Schmidt: „Über Poly-(äthylencyano-*co*-[*b*]-polyoxaäthylen)-terephthalate; II. Laborschmelzspinnversuche und Fadeneigenschaften“; Faserforsch. u. Textiltech. dzt. im Druck
- 9) W. H. Charch, I. C. Shivers: „Elastomeric Condensation Block Copolymers“; Text. Res. J. **29** (7), 536–540 (1959)
- 10) H. Zimmermann: „Chemische Untersuchungen über faserbildende Polyester. I. Über die thermische Stabilisierung von Polyäthylenterephthalat“; Faserforsch. u. Textiltech. **13** (11), 481–490 (1962)
- 11) K. Dietrich, S. Tolsdorf: „Verbundwerkstoff-Fäden aus Schmelzdispersionen organischer Hochpolymerer“; Faserforsch. u. Textiltech. **21** (7), 285–304 (1970)
„Verfahren zum Inkorporationsspinnen“; Jap. Pat. 898/69 vom 19. 4. 1966 (Toyo Rayon Co.)
- 12) „Verfahren zur Herstellung von Polyamid/Polyestergemischen und daraus hergestellte Fäden“; Niederl. Pat. 6,600,608 vom 18. 1. 1966
- 13) G. Reinisch, K. Dietrich: „Zur Nachacylierung der Aminoendgruppen von Polycaprolactam“; Faserforsch. u. Textiltech. **21** (9), 367–370 (1970)
- 14) P. Schlack: „Oxydationserscheinungen an Polyamiden“; Angew. Chem. **80**, 761 (1968)
- 15) H. Krässig: „Betrachtungen zum Problem der Beziehungen zwischen Faserstruktur und Fasereigenschaften“; Textilveredlung **4** (1), 26–37 (1969)
H. Krässig: „Struktur und Eigenschaften von Viskosefasern“; Chemiefasern **10**, 821–830 (1967)
H. Krässig: „Future of man-made cellulose fibers in Europe depends on strong technology, bold new financing“; Ind. Engng. Chem. **62** (3), 5–12 (1970)
- 16) I. E. Cumberbirch, W. G. Harland: „The degree of polymerisation and its distribution in cellulose rayons. VIII.“; J. Text. Inst. **50** (4), 311–339 (1959)
- 17) B. Philipp, J. Baudisch, A. Gaudig: „Strukturuntersuchungen an Cellulosegeneratfäden mit chemischen Accessibilitätsmethoden. 5. Mitt. Einfluß der übermolekularen Faserstruktur auf den thermischen Abbau von Cellulose in einer trockenen Stickstoffatmosphäre“; Faserforsch. u. Textiltech. **18** (1), 9–17 (1967)
- 18) B. Philipp, J. Baudisch, H. Klugmann: „Strukturuntersuchungen an Cellulosegeneratfäden mit chemischen Accessibilitätsmethoden. 7. Mitt. Einfluß der übermolekularen Faserstruktur auf den thermischen Abbau der Cellulose in einer Stickstoffatmosphäre in Gegenwart von Wasserdampf bzw. Glycerin“; Faserforsch. u. Textiltech. **18** (10), 461–469 (1967)
- 19) H. Klare, A. Gröbe, R. Maron, H. Jost, H.-J. Purz, H.-J. Gensrich, D. Paul: „Möglichkeiten der Strukturbildung von Cellulosegeneratfäden“; Abh. Dt. Akad. Wiss. Berlin, Kl. f. Chemie, Geologie und Biologie S. 130–140 (1965)
H. Klare, A. Gröbe, B. Philipp: „Über den Lösungszustand von Viskose und den Bildungsmechanismus von Cellulosegeneratfäden“; Chemiefasern **15**, 502–509 (1965)
A. Gröbe, D. Paul, H.-J. Purz, D. Bartsch, H.-J. Gensrich, H.-G. Hicke, J. Ludwig, H. Buschatz: „Strukturuntersuchungen an Cellulosegeneratfasern“; Chemiefasern **20**, 134–140 (1970)
A. Gröbe, H.-J. Gensrich: „Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Ultradünnschnitten von Cellulosegeneratfäden. Teile I bis VI“; Faserforsch. u. Textiltech. **20**, 118–124, 425–433 (1969); **21**, 67–77, 163–172, 470–482 (1970); **22**, 21–30 (1971)
- 20) R. L. Coalson, A. Day, R. H. Marchessault: „The structure of cellulose gels by light scattering and thin section electron microscopy“; Holzforschung **22**, 190–198 (1969)
- 21) W. Bobeth, W. Kittelmann: „Über die Ursache des Festigkeitsverlustes von Viskosecordseide“; Faserforsch. u. Textiltech. **13**, 193–299 (1962)
- 22) F. Kolos, E. Treiber: „Particle determination in viscose solution“; Svensk Papperstidn. **64** (16), 577–588 (1961)
- 23) W. Jäger, W. Jacob, G. Reinisch: „Gelteilchenbestimmung in Polycaprolactamlösungen“; Faserforsch. u. Textiltech. **21** (11), 529–536 (1970)
G. Reinisch, W. Jacob, W. Jäger: „Quantitative Teilchenanalyse in Polycaprolactamlösungen“; Faserforsch. u. Textiltech. **20** (3), 152–154 (1969)
- 24) J. Baudisch, B. Philipp, H. Schmiedeknecht, W. Schleicher: „Zum Einfluß des Gelteilchengehaltes von Viskosespinnlösungen auf die Festigkeit daraus hergestellter Cellulosegeneratfäden und deren Teilchenzahl nach Lösen in EWNN“; Faserforsch. u. Textiltech. **15** (4), 153–157 (1964)
- 25) R. H. Marchessault, Howsmon: „Experimental evaluation of the lateral-order distribution in cellulose“; Text. Res. J. **27** (1), 30–41 (1957)
- 26) H. Alsleben, H. Jehring, B. Philipp: „Wechselstrompolarographische Untersuchung an Carboxymethylcellulose“; Faserforsch. u. Textiltech. dzt. im Druck
- 27) G. Reinisch, G. Rafler, G. Timofejewa: „Selektivitätsuntersuchungen an einer Zweischichtenfraktionierung von Polyäthylenterephthalat“; Angew. makromol. Chem. **7**, 110–120 (1969)
- 28) G. Rafler, G. Reinisch: „Methodische Untersuchungen zur phasentrennenden Fraktionierung von Polycaprolactam“; Angew. makromol. Chem. dzt. im Druck
- 29) G. Rafler, G. Reinisch: „Viskositätsverhalten von Polycaprolactam in Phenol/Tetrachloräthan-Gemischen“; Faserforsch. u. Textiltech. **21** (2), 91–93 (1970)

ING. GOTTFRIED TSCHAMLER

POSTFACH 134

DÖBLINGER GÜRTEL 3

A-1191 WIEN

TELEFON 34 66 65

TELEX 07-5364

● TEXTILTECHNISCHES BÜRO

● SCHWEIZER TEXTILMASCHINEN

Diskussion

Albrecht: Vielen Dank, Herr Professor Philipp, daß Sie uns aus Ihrer Werkstatt so viel Interessantes vorgetragen haben. Sie haben aber nicht nur in Ihren Ausführungen gezeigt, wie heute praktisch vorgegangen werden muß, sondern Sie haben uns mittels Ihrer Bilder über die Zellulosequerschnitte buchstäblich vor Augen geführt, wie man heute am besten arbeitet. Diese Bilder könnten einen etwas kritisch stimmen, denn sie zeigen, daß wir mit immer feineren Methoden an unsere tägliche Arbeit herangehen müssen, um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Dieses Beispiel der von Bobeth und Kittelmann untersuchten Fäden und die eben zitierten vier Bilder führen ja fast zu der Aussage, daß man in der Zukunft vor dem Naß- und Lösungsmittelspinnen Angst bekommen müßte und sich noch mehr auf das Schmelzspinnen konzentrieren sollte. Aber ich möchte der Diskussion nicht vorgreifen.

Gilch: Können Sie etwas über die Lichtstabilität der von Ihnen untersuchten Elastomerfäden aussagen?

Philipp: Natürlich sind hierüber Untersuchungen gemacht worden, doch stellt die Lichtstabilität ein Problem dar.

Albrecht: Darf ich vielleicht daran eine Frage anknüpfen? Sie haben uns berichtet, daß Sie das Katalysatorsystem entsprechend änderten und das Phosphat und das Antimon weggelassen hatten. Wenn man das Phosphat herausnimmt, überrascht es doch ein bißchen, daß man nur mit hohen Mengen von Manganacetat ein stabiles Material bekommen will.

Philipp: Wie ich bereits im Vortrag erwähnte, wurde das Manganacetat nur als einziger Katalysator für Umerstung und Polkondensation eingesetzt, seine katalytische Wirkung aber nach beendeter Polykondensation durch Zugabe von Triphenylphosphat aufgehoben. — Ohne Phosphat geht es nicht!

Krevelen: Sie haben am Anfang Ihres Vortrags über Acrylfasern gesprochen und darauf hingewiesen, daß nicht nur verfahrenstechnisch, sondern auch reaktionskinetisch große Unterschiede zwischen dem Cyanid-, dem DMSO- und dem DMF-Verfahren bestehen. Haben Sie auf Grund Ihrer Erfahrungen auch ein Urteil über Unterschiede in der Faserqualität vorliegen?

Philipp: Primär wird durch das Reaktionsmedium der Polymerisationsgrad über die Übertragungskonstante zum Lösungsmittel beeinflusst. Wenn eine größere Übertragungskonstante vorliegt, dann besteht von vornherein die Gefahr, daß der erhaltene Polymerisationsgrad nicht hoch genug ist, um zu vernünftigen Fasereigenschaften zu führen. Bei dem im Vortrag behandelten Verfahren ist es aber schließlich durch entsprechendes Optimieren — auf Basis reaktionskinetischer Untersuchungen — gelungen, auch mit dem Dimethylformamid trotz der ungünstigeren Übertragungskonstante — sie liegt bei 28×10^{-5} unter vergleichbaren Bedingungen gegenüber 8×10^{-5} beim Dimethylsulfoxid — ein ausreichend hohes Molekulargewicht zu bekommen. Von der Polymerisationskinetik her gesehen, ist es wichtig, daß man ein genügend hohes Molekulargewicht erreicht. Daran knüpft sich die Frage des Einbaues der Cokomponenten, der gerade in diesem Fall sehr günstig erfolgt, denn die Acrylatkomponente wird hier im Gegensatz zur heterogenen Fällungspolymerisation beinahe statistisch eingebaut. Diese zwei Momente sehe ich als eine unmittelbare Wechselbeziehung zwischen den kinetischen Parametern und den Fasereigenschaften an. Alle anderen Einflüsse auf die Fasereigenschaften sind eher sekundärer Natur, so beispielsweise, daß man durch Vermeidung des Wiederauflöses des Polymeren einen besseren Weißgrad bei den nach dem Lösungspolymerisationsverfahren hergestellten Fasern erhält.

Harms: Herr Professor Philipp, Sie haben Hohlräume in Viskosefasern, und zwar in Kordseide, gezeigt. Haben Sie neuere Ergebnisse über Hohlräume und Hohlraumverteilung im Querschnitt von Hochmodulfasern, von Polyosics bzw. von normalen Viskosefasern vorliegen?

Philipp: Derartige Ergebnisse liegen bisher nicht vor, denn wir haben zunächst bewußt die methodische Weiterentwicklung in den Vordergrund gestellt und sind deshalb auch bewußt von Fasern ausgegangen, die wir selbst ersponnen haben. Wir sehen es als problematisch an, wenn man sich zusehr auf vergleichende Untersuchungen handelsüblicher Fasern wirft. Man muß da sehr sorgfältig prüfen, ob der verhältnismäßig große Einsatz, den ja die Methode erfordert, auch wirklich gerechtfertigt ist. Es besteht da auch die Möglichkeit, mit Hilfe und unter Heranziehung solcher aufwendiger Methoden zuerst andere, leichter durchführbare Relativmethoden zu entwickeln, die dann für den Vergleich fertiger Handelsmuster eingesetzt werden können. Ich zeigte ja auch, daß man an der fertig getrockneten Faser nicht so viel sehen kann und daß die Interpretation erschwert ist, wenn man die Vorgeschiedene nicht kennt. Dies spricht ebenfalls gegen eine Überbetonung handelsüblicher Fäden als Untersuchungsobjekt.

Harms: Als diese Bilder vor mehreren Jahren zuerst gezeigt wurden, überraschte vor allem die Tatsache, daß gerade diese hochfesten Fasern mit besonderen Eigenschaften eine Schwammstruktur hatten. Darum bin ich der Meinung, daß dieses Forschungsgebiet nicht vernachlässigt werden sollte, da man daraus sicher noch manche Schlußfolgerungen wird ziehen können.

Albrecht: Darf ich vielleicht hier eine Frage anschließen? Sie hatten gesagt, daß die Variation 1:20 im hydrolytischen Kettenabbau über Stickstoff von Ihnen über die übermolekulare Struktur geregelt werden könnte. Darf ich fragen, was Sie unter „übermolekularer Strukturregelung“ in einem solchen Verhältnis 1:20 verstehen?

Philipp: Zunächst möchte ich feststellen, daß es kein hydrolytischer, sondern ein thermischer Abbau war. Wir verfolgten diesen in einem Temperaturbereich zwischen 100 und 200° C in Abhängigkeit von der Reaktionsatmosphäre bei den verschiedenartigsten Zellulosestrukturen, wie beispielsweise Baumwolle, Holzcellulose, verschiedenste Regeneratfasertypen, einer dekristallisierten Zellulose und einem weitgehend amorphen Zellulosepulver. Bei gleicher chemischer Zusammensetzung und etwa gleicher Reinheit des Zelluloseproduktes kann man — wenn man zusätzliche chemische Faktoren weitgehend ausschaltet und wenn man die Spaltungsgeschwindigkeit als reziproken DP nach dem einfachsten Gesetz der statistischen Kettenspaltung gegenüber der Zeit aufträgt — allein auf Grund der Anordnung der Ketten einen Unterschied in der Spaltungsgeschwindigkeit im Verhältnis 1:20 bekommen.

Radmann: Wie hoch ist der Erweichungspunkt Ihrer Elastomerfäden, und wie verhalten sie sich in heißem Wasser?

Philipp: Der Schmelzbeginn der Copolyätherfäden liegt bei 240° C. Beim Verhalten im heißen Wasser gab es keine Probleme. Wir haben das Material geprüft, und es verhielt sich recht zufriedenstellend — trotz der Polyäthylenoxidblöcke, die es enthält.

Renner: Herr Professor, Sie haben ein sehr schönes elektronenmikroskopisches Bild eines Compounds aus Polyäthylenterephthalat und Polycaprolactam gezeigt, das eine fibrilläre Struktur aufwies. Glauben Sie, daß solche orientierte Systeme als technische Thermoplaste mit erhöhter mechanischer Festigkeit und verbesserter Dimensionsstabilität Bedeutung erlangen könnten?

Philipp: Das ist bestimmt ein interessanter Gedanke, aber man muß sich dabei berücksichtigen, daß Sie durch diese Verstärkung zugleich eine starke Anisotropie in das System hineinbringen. — Denken Sie jetzt an die Fäden gewissermaßen als Fasermaterial für Faser-Plast-Verbunde?

Renner: Es gibt ja heute ein riesiges Angebot von glasfaserverstärkten Thermoplasten, von Duroplasten gar nicht zu sprechen. Meine Frage geht nun dahin, ob sich hier vielleicht ein rein organisches System abzeichnen könnte, sofern die Elastizitätsmoduli der beiden Komponenten genügend verschieden wären?

Philipp: Ich sehe zunächst einmal keinen direkten Vorteil gegenüber Polyester als reiner Komponente auf Grund der Eigenschaften, die diese Fasern aufweisen.

Risch: Sie haben Angaben über Eigenschaften von Polyoxymethylenfäden gemacht. Wie werden diese Fäden gesponnen? Polyoxymethylen hat doch ganz andere physikalische Eigenschaften als die üblichen Polymeren!

Philipp: Wir haben an sich einen ganz normalen Schmelzspinnprozeß damit durchgeführt, wir haben natürlich Anpassungen machen müssen, aber im Prinzip wurden diese Fasern auf derselben Versuchsanlage ersponnen wie andere Schmelzspinnfasern. Es gibt inzwischen auch Hinweise aus der Literatur zu diesem Problem.

Krässig: Sie haben im Vortrag und auch in der Diskussion erwähnt, daß die Lösungspolymerisation beim Polyacrylnitril zu einem statistischen Zusammenbau der Monomeren führt. Welche Methoden verwenden Sie, um diese Monomerverteilung im Polymeren zu analysieren? Ich stelle mir auch vor, daß sich diese Polymeren in der Feinstrukturausbildung anders verhalten als die nicht statistisch aufgebauten Polymeren, die man normalerweise bei der Emulsionspolymerisation erhält. Könnten Sie dazu etwas sagen?

Philipp: Ja, da stehen wir wohl alle noch ziemlich am Anfang. Die optimalen Polymerstrukturen, die wir brauchen, über eine geeignete Sequenzverteilung wirklich aufzubauen, sehe ich als eine der offenen künftigen Möglichkeiten. Was die Frage nach den Methoden anbelangt, so haben wir im wesentlichen mit Infrarotspektroskopie gearbeitet. Man kann ja heute sowohl mit IR-Untersuchungen als auch mit hochauflösender Kernresonanz solche Ergebnisse erhalten, obwohl diese zum Teil noch auf bestimmte geeignete Cokomponenten beschränkt sind. Auch die Methodik bedarf hier zweifellos noch einer Weiterentwicklung.

Krässig: Infrarotuntersuchungen an Abbauprodukten werden wohl sicher in einem gewissen Umfang einen Einblick in den Sequenzaufbau ermöglichen. Mir fiel an dem elektronenmikroskopischen Bild der mit der Phosphorwolframsäure kontrastierten Zellulosefaser auf, daß man im Querschnitt wohl Anhäufungen dichter und dünnerer Strukturen, das heißt dichter und weniger dichter Fibrillenzusammenlagerungen, sieht, aber noch deutlicher hat man sie ja bei den Aufnahmen von Dolmetsch gesehen, der Längsschnitte gemacht hat und daraus sehr interessante Aufschlüsse über die Länge dieser Sekundärzusammenlagerungen erhielt. Leider gibt es für die Synthesefasern sehr wenige solcher Untersuchungen.

Juiffs: Ich bin Herrn Kollegen Philipp eigentlich von seiten der Physik der Polymeren für die sehr vorsichtigen Formulierungen hinsichtlich der Übertragbarkeit der Modelle in den kleinsten Dimensionen, in mittleren Dimensionen usw. sehr dankbar. Die Überführung der theoretischen Folgerungen aus den Modellen bis zu dem wirklich realen Faden muß ja mit größter Vorsicht erfolgen. Haben Sie bei der Fraktionierung, die ja die angeführten Molanteile nur als ein Bestandteil der offenbar sehr vielen Verteilungsmöglichkeiten, die wir eigentlich alle berücksichtigen müßten, wenn wir strukturelle Eigenschaften auf die makroskopischen projizieren wollen, irgendwelche Hinweise, daß in Lösungen oder vielleicht auch in Schmelzen Assoziate vorliegen, so daß wir es nicht nur mit Molekülen, sondern vorgeordneten Bereichen zu tun haben?

Philipp: Bei Polyamiden konnten wir eine Linearassoziation durchaus finden, bzw. aus allen Ergebnissen müßten wir darauf schließen, daß eine solche vorliegt. Obwohl es sich nur um Endgruppen handelt, muß doch ein Polyelektrolyteffekt vorhanden sein, und wir können annehmen, daß erst nach dieser Endgruppenblockierung wirklich die gewünschte molekulare Lösung — bei einer entsprechend niedrigen Konzentration — gegeben ist. Wir verglichen mit der theoretischen Verteilungskurve unter Bedingungen, unter denen man damit rechnen muß, daß tatsächlich die Schulz-Flory-Verteilung vorliegt. Das ist also ein Beispiel, daß tatsächlich Assoziate auch unter Bedingungen da sein können, wo man sie zunächst nicht vermutet hat. Wir haben aber auch bei der Fraktionierung von Zellulosederivaten ähnliche Probleme gefunden. Wir haben die ältere Auffassung von beispielsweise Galen bestätigt, wonach bei der Nitrierung der Zellulose eben unter allen Umständen ein erheblicher Abbau eintritt. Wir glaubten, dieses Problem umgehen zu können, wenn wir zum Zellulosecarbanilat übergehen und für dieses Derivat eine Fraktionierung ausarbeiten. Aber da müßten wir feststellen, daß zumindest bei den hochmolekularen Fraktionen die Möglichkeit der Rückwärtsfraktionierung sehr groß ist, daß hier in noch stärkerem Maße entweder Primär- oder Sekundäraggregate vorhanden sind, als das zum Beispiel beim Zellulosenitrat der Fall war. Schmelzen sind natürlich problematischer, die können wir nicht so schön untersuchen, wie wir das mit den Lösungen machen können. Wir hoffen aber, über rheologische Untersuchungen doch auch hier ein Stück weiterzukommen, obwohl natürlich auch wieder der Weg von der Theorie, daß heißt vom Modell, bis zum praktisch durchgeführten Experiment sehr weit und sehr schwierig ist, so daß ich im vollen Umfang das unterstreichen kann, was Sie am Anfang sagten.

Albrecht: Wir können Herrn Professor Philipp noch einmal recht herzlich danken für den Überblick, den er uns in Ergänzung zu dem, was wir heute morgen von Herrn Professor Krevelen gehört haben, gegeben hat. Wir haben dabei gesehen, wie es auch handwerklich möglich ist, in diese Zukunft hineinzukommen, und vielleicht können wir irgendwann einmal auch solche schöne Strukturaufnahmen, wie wir sie von der Zellulose gesehen haben, eines Tages einmal an Polyester sehen, die uns dann auch erklären, weshalb wir zum Beispiel Polyester so wunderbar mit Dispersionsfarbstoffen färben können.

Hochtemperaturbeständige Fasermaterialien aus organischen Grundstoffen

Privatdozent Dr. Heinz Herlinger
 Institut für Chemiefasern, Stuttgart-Wangen/BRD

Für das thermochemische und thermomechanische Eigenschaftsniveau von temperaturbeständigen Fasermaterialien ist die optimale Kombination einer Vielzahl von Parametern entscheidend.

Hochtemperaturbeständige Faserstoffe mit textilen Eigenschaften sind nur unter bestimmten Grundvoraussetzungen des chemischen Molekülaufbaues und der damit vorgegebenen physikalischen Struktur zu erwarten. Die hierzu möglichen Maßnahmen in der Auswahl der Stoffklassen werden aufgezeigt. Anhand von vergleichenden Strukturbetrachtungen wird gezeigt, welches Eigenschaftsniveau bei aromatischen und heterozyklischen Linearpolymeren maximal erreicht werden kann. Besondere Bedeutung wird hierbei einer einheitlichen Betrachtung der π - π -Wechselwirkung und der Symmetrievoraussetzungen für eine derartige Wechselwirkung gegeben. Bindungsabstände der Aromatenebenen werden mit dem thermischen Verhalten in Beziehung gebracht.

Die erforderliche optimale Coplanarität der Polymerketten kann beim Einbau polarer, dipolbildender Gruppen, wie Carboamid- und Estergruppierungen, verlassen werden; durch die Wechselwirkung der letzteren wird ein Abgleiten der Polymerketten bei Zugbeanspruchung verhindert.

Wird die Linearität der Polymerketten durch Einführung von winkelbildenden Atomgruppen, wie Äthersauerstoff, Methylene- oder Dimethylmethylengruppen gestört, so erfolgt ein weiteres Absinken des physikalischen Eigenschaftsniveaus, das dann schließlich im Bereich des „normalen Synthefaserniveaus“ endet.

Anhand einer Modellvorstellung, die davon ausgeht, daß die höchste elektronische und sterische Wechselwirkung zwischen aromatischen Gruppierungen bei flächenhaften Polymerketten besteht, wird gezeigt, daß die derzeit bekannten hochtemperaturbeständigen Faserstoffe weitgehend „nichtplanare, gestörte Graphitgitterstrukturen“ darstellen.

Vor der Behandlung des Themas „Hochtemperaturbeständige textile Faserstoffe“ müssen wir erst exakt definieren, was wir hierunter verstehen wollen. Den zu betrachtenden Temperaturbereich ermitteln wir am besten dadurch, daß wir die thermomechanische Festigkeit verschiedener Faserstoffe untersuchen und so eine erste Klassifizierung vornehmen. Hierzu betrachten wir zunächst einmal die Abnahme der Festigkeit verschiedener Fasern bei zunehmender Temperatur (Abb. 1)¹.

Setzt man die Anfangsfestigkeit bei Zimmertemperatur für die im Diagramm eingezeichneten Polymeren gleich 100% und bestimmt nun die Festigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur, so kann man eine grobe Einteilung der Fasermaterialien in der Weise vornehmen, daß man diejenige Temperatur feststellt, bei der noch 50% der ursprünglichen Festigkeit vorhanden ist. Diese Halbwertstemperatur für die Festigkeit zeigt, daß organische Fasermaterialien bis zu einer Temperatur von ca. 400 bis 500° C beständig sind. Oberhalb dieser Temperatur finden wir nur anorganische Faserstoffe mit verhältnismäßig wenig ausgeprägtem textilem Charakter, so zum Beispiel Glasfasern, Bornitridfasern, Quarzfasern, aber auch Kohlenstofffasern.

Im wesentlichen möchte ich mich in meinem Vortrag mit solchen hochtemperaturbeständigen organischen Fasermaterialien befassen, die noch textilen Charakter aufweisen, also mit solchen, die eine höhere thermische Beständigkeit aufweisen als die klassischen Synthefasern.

The thermochemical and thermomechanical properties of temperature-resistant fibers are dependent upon the optimum combination of numerous parameters.

The chemical composition of molecules and the resultant physical structure must meet certain fundamental requirements, if textile fibers displaying high temperature-resistance are to be obtained. Feasible measures therefore consisting in the proper selection of material categories, are listed. The maximum level of properties which can be achieved in aromatic and heterocyclic linear polymers is described by comparing structures. Special importance is attached here to the standard evaluation of π - π interaction, and the prerequisites of symmetry on which such interaction is based. Linkage-intervals on the plane of aromatic substances are related to thermal behaviour.

The required optimal coplanarity of the polymer-chains can be abandoned where polar, dipole-forming groups, such as carbonamide and ester groups, are incorporated; the interaction of the latter will prevent polyester-chains from sliding during tension.

If the linearity of the polymer chains is disturbed by introducing angleforming atomic groups, such as etheric oxygen, methylene groups, or dimethyl methylene groups, the physical properties will further deteriorate and finally arrive on the level of those of "normal synthetics".

A model concept based on the assumption that electronic and sterical interaction between aromatic groups reaches a maximum in two-dimensional polymer-chains is employed to demonstrate that the most highly temperature-resistant fibers known at this time are "non-planar, disturbed graphite lattice structures".

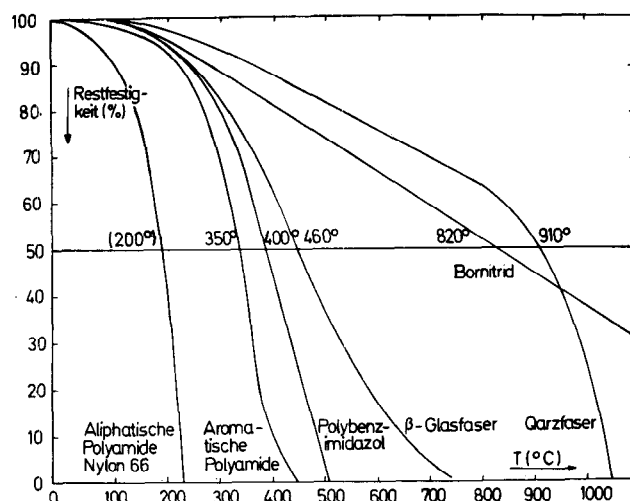


Abb. 1: Abnahme der Festigkeit verschiedener Fasern bei zunehmender Temperatur

Sie könnten nun sofort einwenden, die Festigkeit eines Fasermaterials ist ja nicht nur eine Funktion der Temperatur, sondern vor allem auch eine der Zeit; das heißt, bei längerer Einwirkung von Wärme wird die thermomechanische Festigkeit herabgesetzt. Dies kann nun auf einer Änderung der Morphologie der Fasermaterialien beruhen oder auf einer chemischen Veränderung des Faserpolymeren. Die chemischen Veränderungen bei höherer Temperatur hängen selbstverständlich von der chemischen Umgebung der Faserpolymeren ab, beispielsweise davon, ob eine rein thermische Belastung oder eine thermische Belastung in Gegenwart von Luftsauerstoff stattfindet, und gerade diese chemischen Veränderungen erfolgen erst im Laufe der Zeit. Eine Beurteilung der Beständigkeit muß also als eine Funktion der Bedingungen sowie der Zeit angesehen werden.

Die Diskussion der Frage, welche Faktoren die Temperaturbeständigkeit und den textilen Charakter von Fasermaterialien bestimmen, erfordert die Berücksichtigung zahlreicher Parameter, die erst in ihrer Summe eine Wertung zulassen; deshalb wollen wir uns zunächst einige abstrakte Fragen stellen:

1. Wo liegen die Grenzen der thermochemischen Beständigkeit von organischen Faserpolymeren?
2. Wo liegen die Grenzen der thermomechanischen Beständigkeit von organischen Faserpolymeren?
3. Welche Faktoren beeinflussen die thermochemischen bzw. die thermomechanischen Eigenschaften?
4. Welche chemischen und geometrischen Strukturen führen zu hochtemperaturbeständigen organischen Faserpolymeren?

Wir haben bereits in der vorangehenden Abbildung gesehen, wie eine Einteilung der Fasermaterialien nach ihren thermomechanischen Eigenschaften erfolgen kann, und es war gleichzeitig ersichtlich, daß bestimmte chemische Strukturen besonders thermostabil sind. Wenn wir also thermostabile Fasermaterialien konstruieren wollen, so ist eine Grundvoraussetzung hierfür die, daß die zugrundeliegenden Faserpolymeren zunächst einmal thermochemisch stabil sind, und da es sich bei den Faserpolymeren meist um linearpolymeren Kettenmoleküle handelt, müssen wir die Frage stellen: Welche chemischen Gruppierungen sind bei thermischer bzw. bei thermisch-oxidativer Belastung besonders stabil?

Hierzu betrachten wir zunächst einmal in Abbildung 2 die Bindungsenergien verschiedener Atomgruppierungen, wobei zu ergänzen wäre, daß für eine thermolytische Spaltung dieser Bindungen selbstverständlich die spezielle Art des Einbaus dieser Gruppierungen in einen größeren Molekülverband von Bedeutung ist. Aus dieser Abbildung ist ersichtlich, daß die meisten Einfachbindungen eine Bindungsenergie von weniger als 100 kcal/Mol aufweisen, und zwar, abgesehen von C-F-Bindungen und olefinisch oder acetylenisch gebundenen H-Atomen, das heißt, zum Aufbau thermobeständiger Materialien, sollten bevorzugt mehrfach gebundene Atomgruppierungen angewandt werden².

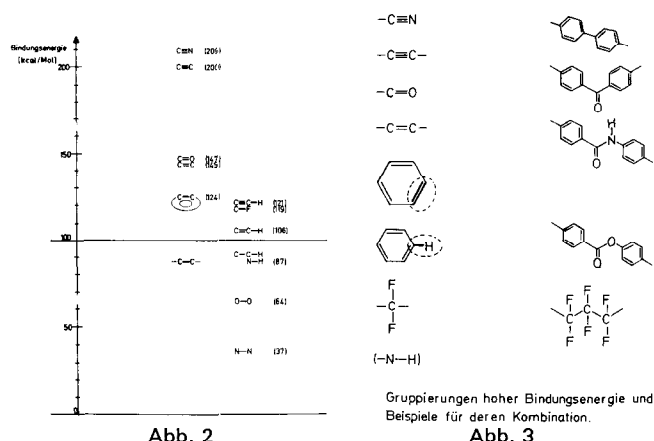


Abb. 2

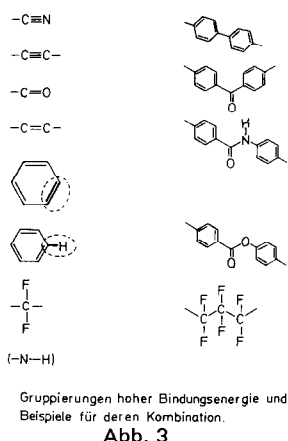


Abb. 3

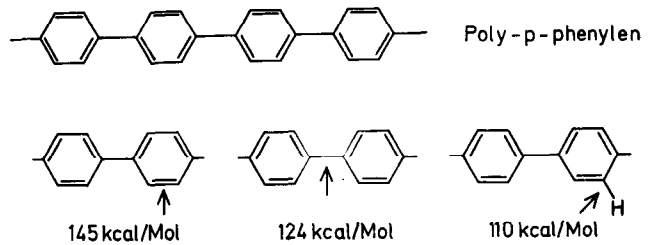
Wenn wir diese Forderung aufstellen, so bleiben folgende Gruppierungen hoher Bindungsenergie übrig (Abb. 3):

- Nitril- und Acetylengruppierungen,
- C = O- und C = C-Doppelbindungen,
- Aromaten und aromatisch gebundene C-H-Gruppen/ C-F-Bindungen.

Durch Kombination und Häufung dieser Gruppierungen kommen wir zu einer Reihe von stabilen chemischen Verbindungen in der Anordnung von Linearpolymeren, zum Beispiel zu Polyphenylenen, Polyketonen, Polyamiden, Polyesteren oder Polytetrafluoräthylen, um nur einige davon zu nennen.

Wir wollen uns nun die Frage vorlegen, bei welchen Polymeren eine hohe thermochemische sowie thermomechanische Beständigkeit zu erwarten ist und wie diese Eigenschaften mit der chemischen und der räumlichen Struktur zusammenhängen.

Eine besondere chemische Stabilität wäre bei den reinen Polyaromaten, den Polyphenylenen, zu erwarten (Abb. 4).



Bindungsenergien im Poly-p-phenylen

Abb. 4

Die verschiedenen Bindungen in einem reinen linearpolymeren Polyaromaten, wie zum Beispiel Poly-p-phenylen, weisen unterschiedliche Bindungsenergien auf. Die thermisch schwächste Stelle ist die C-H-Bindung, die relativ leicht thermisch gespalten werden kann. Dieser thermisch abspaltbare Wasserstoff trägt nebenbei erwähnt zu mehr oder minder starker Entflammbarkeit bei – das Thema Entflammbarkeit soll jedoch hier ausgeklammert werden.

Das heißt also, in thermisch stabilen Polymeren sollten möglichst wenig C-H-Bindungen vorhanden sein. Ein Polyphenylen hätte beispielsweise ein Kohlenstoff-zu-Wasserstoff-Verhältnis von 3:2, jedoch keine polaren Gruppierungen, die eine besonders starke Wechselwirkung zwischen den Polymerketten hervorrufen. Daß die Wechselwirkungsenergie zwischen Polymerketten eine entscheidende Auswirkung auf die Polymereigenschaften hat, ist allgemein bekannt, wir brauchen uns hierzu nur an die unterschiedlichen Eigenschaften von Polyäthylen bzw. von aliphatischen Polyamiden erinnern.

Welcher Zusammenhang besteht nun zwischen der Verknüpfungsart der Polymeren, der m- oder p-Verknüpfung der Benzolringe, und wie ändert sich der Schmelzpunkt hinsichtlich der Länge der Phenylkette?

Da sämtliche Eigenschaften der Faserpolymeren in irgendeiner Beziehung zum Schmelzpunkt stehen, betrachten wir hierzu zunächst eine Schmelzpunktreihe von Phenylverbindungen (Abb. 5)³. Wir sehen, die Poly-p-phenylene erreichen bereits bei einem Kondensationsgrad von ca. 6 Ringen einen Schmelzpunkt von 545° C; sie sind daher nahezu unlöslich. Poly-m-phenylene wurden gezielt bis zu 16 Ringen synthetisiert und weisen dann einen Schmelzpunkt von ca. 320° C auf; bei noch länger-kettigen Polyphenylenen ist ein noch höherer Schmelzpunkt zu erwarten. Wir sehen auch, daß generell die 1,4-Verknüpfung der Ringe zu einer höheren Symmetrie und damit zu einem höheren Schmelzpunkt führt.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich an den bekannten Zusammenhang zwischen Schmelztemperatur, Enthalpie- und Entropieänderung beim Phasenübergang erinnern; es gilt ja für polymereinheitliche Verbindungen die Beziehung:

$$T_s = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

Hierbei bedeutet ΔH die Schmelzenthalpie und ΔS die Schmelzentropie. Die Schmelzenthalpie wird im wesentlichen von den zwischenmolekularen Kräften bestimmt, die Schmelzentropie dagegen von der Regelmäßigkeit der Molekülanordnung, der Symmetrie der Moleküle und der konformativen Beweglichkeit der Polymerketten. Das heißt, eine hohe Molekülordnung, Symmetrie und Kettensteifheit führt zu einem

kleinen ΔS , eine hohe physikalische Wechselwirkung der Ketten dagegen zu einem großen ΔH .

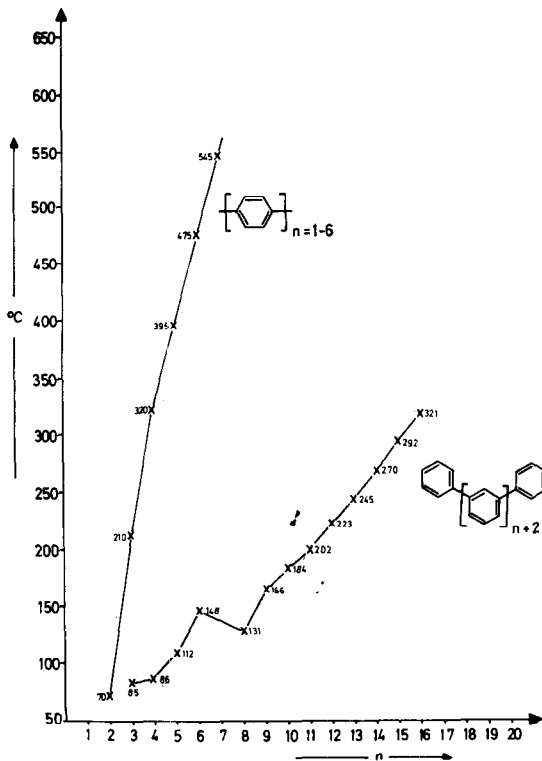


Abb. 5: Abhängigkeit des Schmelzpunktes vom Kondensationsgrad bei Poly-p-phenylenen

Die Höhe des Schmelzpunktes ist also vom Verhältnis dieser Systemeigenschaften zueinander abhängig.

Im weiteren sollen uns zunächst einmal einige Fragen der Molekülanordnung und der davon abhängigen Ausbildungsmöglichkeit einer zwischenmolekularen physikalischen Wechselwirkung interessieren. Betrachten wir hierzu ein Anfangsglied der Poly-p-phenylenreihe, das p-Terphenyl⁴ (Abb. 6).

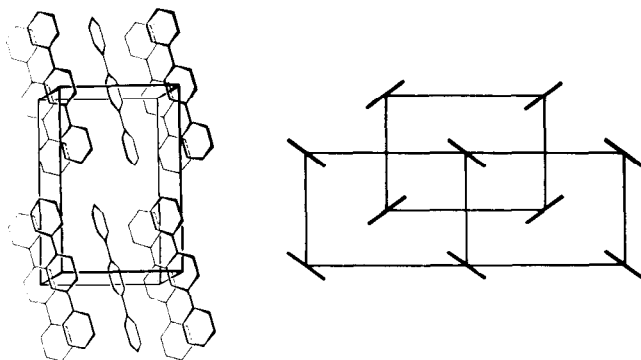


Abb. 6

Die Phenylringe in den kristallinen p-Phenylenen sind in einem monoklinen Gitter angeordnet (C_2^2h), und zwar so, daß zwei solcher Gitter ineinandergestellt, wie die Aufsicht zeigt, in Schichtebenen mit verschiedener Richtung angeordnet sind (Abb. 7).

Die Frage ist nun, ob dieser Gittertyp bei beliebig hohem Kondensationsgrad beibehalten wird oder ob es beim Poly-p-phenylen zu einer Parallelisierung von ringförmigen Molekülgruppen kommt, ähnlich wie bei der Zellulose. Denken wir uns an ein Poly-p-phenylenesystem weitere Benzolringe ankondensiert, so erhalten wir einen Polyaromaten mit schichtweise angeordneten, großflächigen Ringgruppen: den Gra-

phit. Vom Graphit ist uns bekannt, daß seine Aromatenschichten nur eine gewisse relativ geringe Ausdehnung aufweisen.

Mit der flächenhaften Ausdehnung der Schichtmoleküle verkürzt sich der Schichtabstand, und der Schmelzpunkt steigt an. Er beträgt beim Hexaphenylen 545° C, beim Poly-p-phenylen über 500° C, möglicherweise ca. 1000° C und beim Graphit 3650° C.

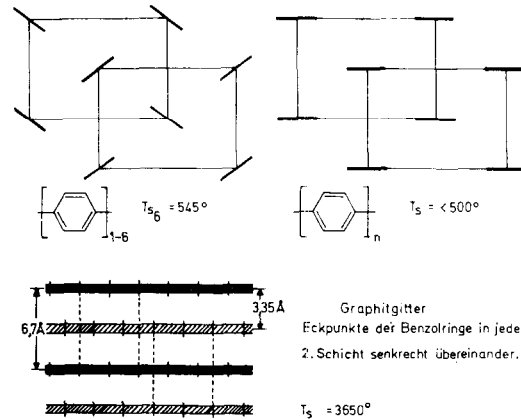


Abb. 7: Aufsicht ineinandergestellter monokliner Gitter von kristallinen p-Phenylenen

Die Eckpunkte der Benzolringe stehen beim Graphit in jeder zweiten Schicht deckungsgleich; der Schichtabstand zwischen zwei Aromatenebenen beträgt 3,35 Å. In der perspektivischen Ansicht sowie in der Aufsicht wird die Ringordnung des Graphits ersichtlich; die Ringkanten der Benzolringe liegen parallel zueinander (Abb. 8).

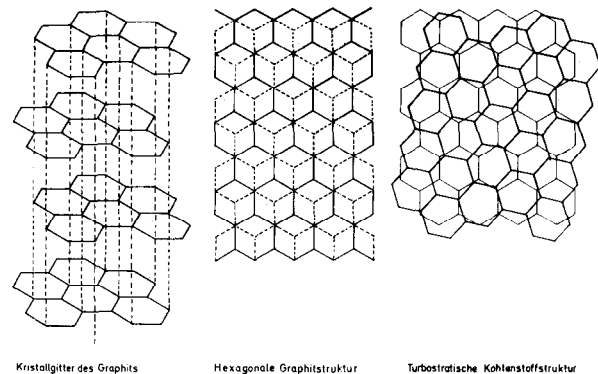


Abb. 8

Eine andere Anordnungsmöglichkeit wäre in einer nichtparallelen Anordnung der Molekülachsen gegeben, wobei trotzdem eine Schichtanordnung besteht; der mittlere Abstand dieser Schichten erweitert sich hierbei jedoch gegenüber dem Graphit von 3,35 Å auf ca. 3,44 Å^{6a-6g}.

Die Folge dieser unterschiedlichen Anordnungsmöglichkeiten wollen wir uns anhand mechanischer Daten derartiger Materialien klarmachen (Abb. 9). Der normale Graphit mit seiner Blättchenstruktur und der relativ geringen Ausdehnung seiner Kristallite eignet sich nicht zur Festigkeitsmessung. Durch Kondensation von Kohlenstoffdampf gelingt es jedoch, Graphitwhiskers herzustellen, die folgende mechanische Daten zeigen:

1. eine Festigkeit von 2000 kg/mm²,
2. einen Elastizitätsmodul von 70.000 kg/mm².

Vergleichen wir hierzu das Poly-p-phenylen, so beträgt hier die Festigkeit nur ca. 200 kg/mm² und der E-Modul nur ca. 260 kg/mm².⁸

Schließlich zeigt der turbostratische Kohlenstoff, wie er durch Graphitierung unter Spannung aus Viskose- oder aus Polyacrylfasern entsteht, eine Festigkeit von ca. 350 kg/mm² und

einen E-Modul von ca. 70.000 kg/mm², ^{6a}. Zum Vergleich seien hier Polyäthylen mit einer Festigkeit von 60 kg/mm² und Nylon 66 mit einer Festigkeit von ca. 96 kg/mm² angeführt.

	C:H	T _g [°C]	Festigkeit [kg/mm ²]	E-Modul [kg/mm ²]	Entflammbarkeit
Polyäthylen	- 1 2	- 130	60 (6,5-8 g/dtex)	100	leicht
Polyphenylen	- 6 4	< 550	~ 200	~ 260	schwer
Graphit (Whiskers) Schichtstruktur	- 1 (0)	3650	2000	70 000	schwer
Kohlenstoff-Fasern (Thermet 100) (turbostratisch, verdrehte, gestörte Parallelschichten)	- 1 (0)	< 3000	350	70 000	schwer
Nylon-66	C:H:N:O 12 22 2 2	265	96 (6-7 g/dtex)	310	(leicht)

Abb. 9: Gegenüberstellung verschiedener Anordnungsmöglichkeiten anhand der mechanischen Daten derartiger Materialien

Aus diesen Betrachtungen ersehen wir, daß für die Festigkeit und den E-Modul von polyaromatischen Verbindungen eine Wechselwirkung der π-Elektronen der Aromaten bei kleinem Schichtabstand eine Art Vernetzung bewirkt. Außerdem führt eine besondere Anordnung und Struktur der Schichten, wie zum Beispiel bei den Kohlenstofffasern, bei mechanischer Belastung zu speziellen Abgleitmechanismen.

Bei der Diskussion der Polyphenylene war gezeigt worden, daß die Poly-m-phenylene einen langsameren Anstieg des Schmelzpunktes mit der Kettengliederzahl aufweisen³. Obwohl die Polyphenylene vom thermischen Gesichtspunkt aus optimale Faserpolymere sein könnten, weisen sie zwei schwerwiegende Nachteile auf:

1. sind sie schwer definiert herstellbar,
2. sind sie unlöslich und unschmelzbar, das heißt, sie können nicht zu Fäden verformt werden.

Nun gibt es aber einige leicht synthetisierbare Heterozyklen, die aromatischen Phenylringen äquivalent sind, wie zum Beispiel die Oxadiazole.

Durch Polykondensation von aromatischen Dicarbonsäuredihydraziden mit aromatischen Dicarbonsäurechloriden erhält man Polyhydrazide (Abb. 10)⁹. Diese sind in polaren Lösungsmitteln löslich, während die aus ihnen durch Zyklisierung resultierenden Polyoxadiazole in den meisten Lösungsmitteln unlöslich sind und nur aus konzentrierter Schwefelsäure versponnen werden können. Man verformt deshalb die ringoffenen, löslichen Polyhydrazide durch Naßspinnen zu Fäden und zyklisiert zu Polyphenylen-Oxadiazolen in Fadenform. Die Polyphenylen-Oxadiazole können jedoch auch aus konzentrierter Schwefelsäure versponnen werden.

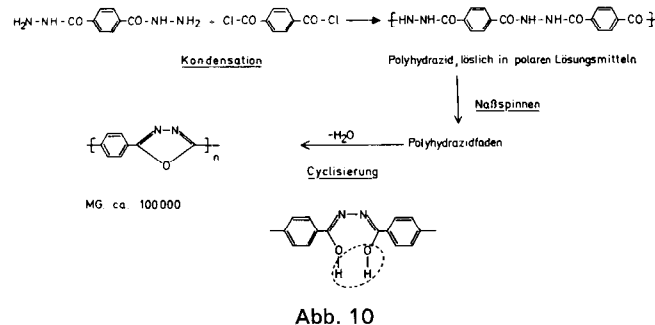


Abb. 10

Der 2,5-disubstituierte Oxadiazolring entspricht einem p-Phenylring¹⁰. Durch Kombination der verschiedenen m- und p-Di-

carbonsäurehydrazide mit Isophthalyl- oder Terephthaloylchlorid können die verschiedenen 4-p-, pmpm- oder pm2p-Strukturen synthetisiert werden (Abb. 11)¹¹.

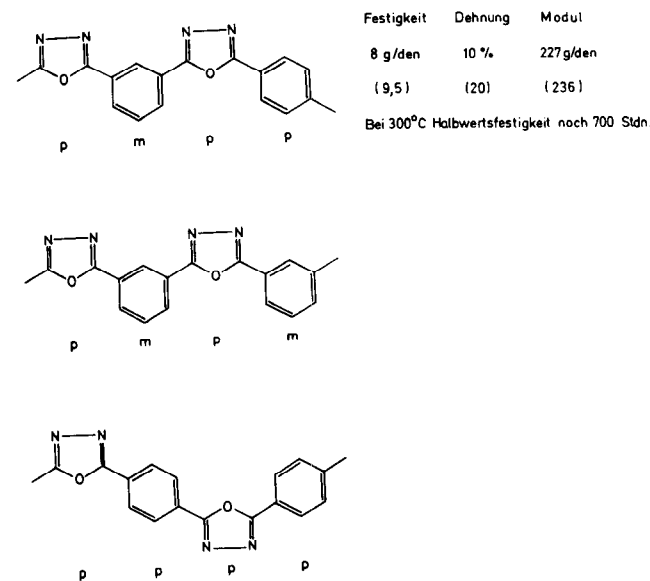


Abb. 11

Eine optimal hergestellte Polyphenylen-oxadiazolfaser zeigt folgende Daten:

Festigkeit	8 g/den
Dehnung	10 %
Modul	227 g/den

Bei einer thermischen Belastung mit 300° C sinkt die Festigkeit erst nach 700 Stunden auf die Hälfte ab⁹. Die Chemikalienbeständigkeit ist ausgezeichnet; sicher auch die Sauerstoffbeständigkeit, denn es sind ja, wie eingangs gefordert, nur wenige C-H-Bindungen vorhanden (2,7% gegen 5,27% bei Polyphenylenen).

Die soeben diskutierten Polyphenylen-oxadiazole stehen in ihren Eigenschaften den Polyphenylenen nahe; ihre spezielle Herstellungstechnologie, nämlich die Zyklisierung nach dem Spinnprozeß, ist sicher sehr aufwendig. Die verhältnismäßig hohe Festigkeit und der hohe Modul, verbunden mit den übrigen Eigenschaften, sichern bei wirtschaftlicher Herstellungsmöglichkeit einen Einsatz auf technischen Gebieten, zum Beispiel als Reifenkord, wenn es gelingt, die Dehnung noch weiter herabzusetzen.

Ganz besonders muß hier nochmals das thermische Langzeitverhalten herausgestellt werden.

Bei dem kurzen Vergleich zwischen Poly-p-phenylenen und Kohlenstofffasern stellten wir fest, daß mit Zunahme der Molekülfläche der Polymergrundeinheit ein starker Anstieg der thermischen Daten erfolgt. Die Kohlenstofffasern entstehen durch rein statistische Ringbildung bei der Pyrolyse von Fasermaterialien, wobei ungleich breite Aromatenbändermoleküle resultieren.

Wir wollen uns nun der Frage der oberen Grenze der Temperaturbeständigkeit von struktureinheitlich aufgebauten Linearpolymeren zuwenden. Eine Verbindung, die die derzeit obere Grenze der Temperaturbeständigkeit erreicht und die gerade noch zur Faserbildung herangezogen werden kann, stammt aus der Reihe der Polyimide. Durch Polykondensation von Pyromellitsäureanhydrid mit 4,4'-Diaminodiphenyläther erhält man eine Polyamidsäure, die zu Folien und Fäden verformt und dann zyklisiert werden kann (Abb. 12). Sie können nun fragen: Warum wird hier ein relativ teures aromatisches Diamin, der 4,4'-Diaminodiphenyläther, eingesetzt?

Würde man die großflächigen Diphenylpyromellitimide starr miteinander verknüpfen, so würden spröde Materialien entstehen. Durch Einbau von Heteroatomen, wie Sauerstoff, erhalten die Kettenglieder eine gewisse Beweglichkeit, und es resultiert durch die Valenzwinkel am Sauerstoff eine abglenkte Polymerkette, wie sie beispielsweise unterhalb der

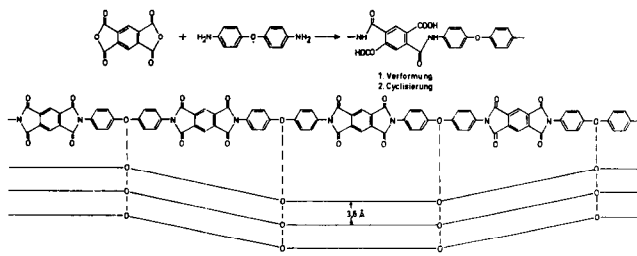


Abb. 12: Polykondensation einer cyclisierbaren Polyamidsäure

Polymerformel für drei assoziierte Molekülketten dargestellt ist. Der Schichtabstand derartiger Kettenmoleküle beträgt ca. 3,6 Å und rückt damit wieder in die Nähe graphitischer Ringanordnung. Durch eine weitere Vergrößerung der Molekülfläche der Grundeinheit der Polymerketten erhält man extrem hochschmelzende Polymere; zum Beispiel aus Naphtalin-tetracarbonsäureanhydrid (I) und Diaminobenzidin (II) zunächst ein Polyimid (III), das zum Pyrolon cyclisiert werden kann (Abb. 13).

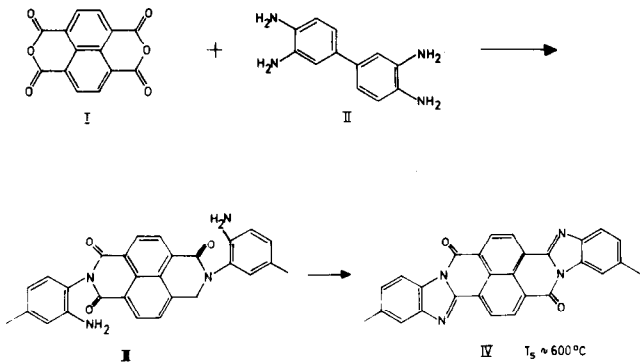


Abb. 13

Damit wurden beispielhaft einige Aufbauprinzipien linear und flächig angeordneter Polymerer besprochen. Es handelt sich dabei stets um Moleküle, die durch eine dichtgepackte Schichtanordnung über eine reine Wechselwirkung der aromatischen Molekülgruppierungen zu hochschmelzenden und damit temperaturbeständigen Polymeren führen.

Die großflächigen starren Molekülgruppen bewirken wiederum, daß die Kettensegmente nicht unabhängig voneinander Molekülbewegungen ausführen können. Da die Kettenbeweglichkeit der starren Molekülsegmente sehr gering ist, ist auch die Entropieänderung ΔS sehr klein und damit T_s der Schmelzpunkt, sehr groß.

In der bisherigen Besprechung der temperaturbeständigen, gegebenenfalls fasergeeigneten Polymeren wurden vor allem solche Substanzklassen herausgestellt, deren Temperaturbeständigkeit die Folge einer starren Molekülkonformation ist, wobei die Moleküle eine physikalische Wechselwirkung aufeinander ausüben. Ein wesentliches Merkmal waren ebene Parallelschichten mit einem Schichtabstand von ca. 3,35 bis 3,6 Å. Die genannten Polymeren wiesen zwar ein sehr hohes Niveau in ihren thermochemischen und thermomechanischen Eigenschaften auf, sie sind jedoch auf Grund ihrer Umschmelzbarkeit bzw. Schwerlöslichkeit praktisch nicht wirtschaftlich zu Fäden verformbar.

Allgemein müssen wir feststellen: Der beste Kunstgriff nützt uns nichts, wenn wir ihn nicht in eine geeignete, praktisch brauchbare Form bringen können – sei es nun in Werkstück-, in Folien- oder in Faserform. Wir müssen deshalb nach weiteren Synthesemöglichkeiten für aromatische, lösliche oder schmelzbare Linearpolymere suchen.

Wie in der aliphatischen Reihe bieten sich auch in der aromatischen Reihe die Polyamide an. Damit ein hochtemperaturbeständiges Linearpolymer überhaupt eine Chance für den technischen Einsatz in Form von Fasern erhält, muß es folgende Eigenschaften aufweisen:

1. Es muß einen hohen Schmelzpunkt besitzen.
2. Es muß technisch leicht und einigermaßen wirtschaftlich zugänglich sein.
3. Es muß lösbar sein, damit es im Trocken- bzw. im Naßspinnprozeß zu Fäden verformbar ist.
4. Die resultierenden Fäden sollten färbbar sein und die üblichen textilen Eigenschaften, wie hohe Reißfestigkeit, Wasser- und Wassertransportvermögen usw., aufweisen.

Fragen wir zunächst nach den wirtschaftlich einsetzbaren Ausgangskomponenten, so ergibt sich folgendes Bild (Abb. 14):

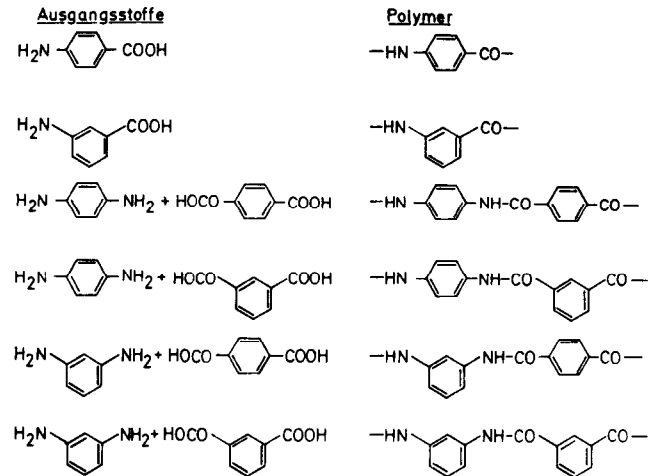
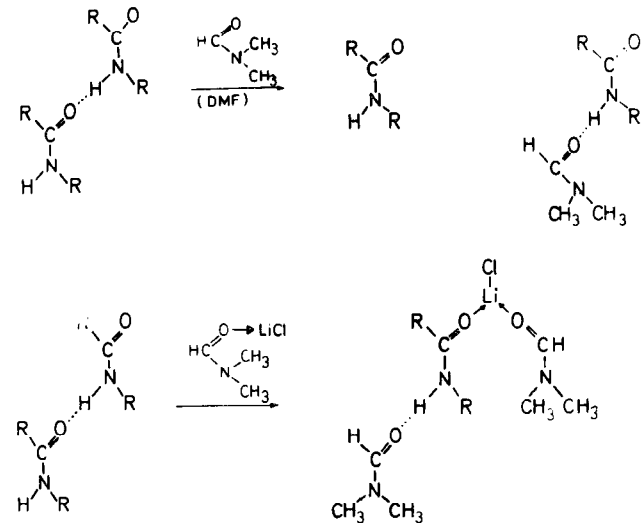


Abb. 14

Aus p-Aminobenzoesäure erhalten wir über das p-Aminobenzoesäurechlorid-hydrochlorid das Poly-p-aminobenzamid. Aus m-Aminobenzoesäure das entsprechende Poly-m-aminobenzamid. Aus den vier technisch ebenfalls leicht zugänglichen difunktionellen aromatischen Verbindungen p- und m-Phenylendiamin bzw. Terephthalsäure- und Isophthalsäuredichlorid erhält man durch Lösungspolykondensation in polaren Lösungsmitteln die entsprechenden Polyamide. Diese Polyamide lösen sich in polaren Lösungsmitteln, wie zum Beispiel Dimethylformamid oder Dimethylacetamid, in Gegenwart von Lithiumchlorid oder Calciumchlorid. Den Lösungsvorgang müssen wir uns etwa folgendermaßen vorstellen (Abb. 15):



Solvatation bei aromatischen Polyamiden im System DMF / LiCl

Abb. 15

Durch Dimethylformamid können die Wasserstoffbrückenbindungen des aromatischen Polyamids aufgespalten werden;

das Lösungsmittel selbst geht eine Wasserstoffbrückenbindung mit der aromatisch gebundenen Carbonamidgruppierung ein. Die Carbonsäuredimethylamide können nicht nur als H-Brückenakzeptormoleküle wirken, sondern sie lagern sich auch leicht koordinativ an Lithiumchlorid an.

Beim Lösungsvorgang eines aromatischen Polyamids in einer Lithiumchlorid/Dimethylformamidlösung erfolgt eine Konkurrenzreaktion der Polyamidcarbonamidgruppen und der Dimethylformamid-carbonylgruppen um die Koordinationsstellen am Lithium; damit sind die H-Brückenakzeptorstellen des Polyamids blockiert, und es können neue H-Brücken zum Lösungsmittel gebildet werden.

Beim Naßspinnprozeß lösen sich Lithiumchlorid und Dimethylformamid in Wasser, und das Polymere koagulierte in Fadenform. Die notwendige Anwendung eines derartigen Lösungsmittels sowie der Naß- bzw. der Trockenspinntechnik legt bereits eine bestimmte Preissituation für derartige Polyamidfäden fest.

Betrachten wir nun einmal die thermochemischen Eigenschaften des Poly-m-phenylenisophthalamids anhand der thermogravimetrischen Analyse (Abb. 16). Erhitzt man hierzu eine Probe nach einem bestimmten Temperaturprogramm und verfolgt die Gewichtsabnahme, so verliert die Probe zunächst im Bereich von 50 bis 150° C ca. 4% an Gewicht. Im Bereich von 150 bis 375° C herrscht Gewichtskonstanz, und oberhalb 375° erfolgt durch Zersetzung des Polymeren eine rasche Gewichtsabnahme. Die ersten 4% Gewichtsabnahme erfolgen durch den Austritt des im Faserpolymeren gebundenen Wassers; dies zeigt, daß aromatische Polyamide verhältnismäßig viel Wasser aufnehmen. Damit ist eine weitere Forderung für ein günstiges textiles Verhalten der Fasern erfüllt, nämlich die *W a s s e r a u f n a h m e*.

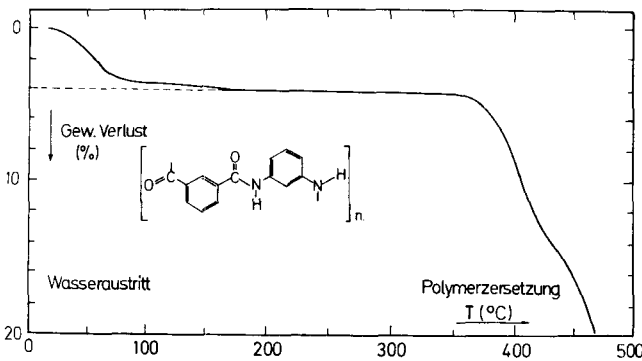


Abb. 16

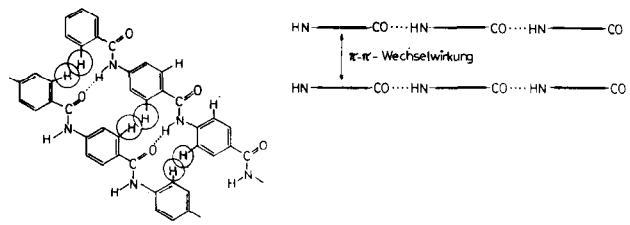
In eigenen Untersuchungen konnten wir durch Messung des Tritiumoxidaustausches nachweisen, daß zudem eine verhältnismäßig hohe Geschwindigkeit für den Wasseraustausch vorliegt, und zwar auch weit unterhalb des Glasumwandlungspunktes dieses Polymeren.

Wir wollen uns nunmehr mit der Struktur der aromatischen Polyamide befassen und einige Zusammenhänge zwischen Molekülstruktur und Polymereigenschaften herausstellen.

Bei der Besprechung des Lösevorgangs haben wir stillschweigend die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Polymerketten angenommen. Dies ist jedoch nur bei speziellen Molekülkonformationen möglich.

Angenommen, die Carbonamidgruppen in einem aromatischen Polyamid würden coplanar zu den aromatischen Ringen stehen, so würde hierbei eine sterische Hinderung der O-ständigen C-H-Bindungen erfolgen, wobei die Molekülketten weit voneinander getrennt würden. Damit wird der Abstand der Carbonamidgruppen so groß, daß keine Wasserstoffbrückenbindungen ausgebildet werden können. Es würde eine ebene Schichtanordnung mit einer bestimmten $\pi-\pi$ -Wechselwirkung der aromatischen Ringe resultieren (Abb. 17).

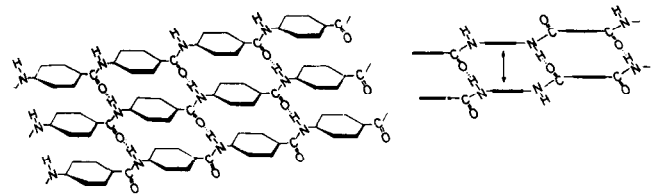
Dreht man nun die ebenen Carbonamidgruppen aus den Aromatenebenen heraus, so resultieren zwei Vorzugsebenen bei der Aggregation zweier Molekülketten: eine Parallelschicht von Aromaten und ein Netzwerk von wasserstoffbrücken gebundenen Carbonamidgruppen. Da jede Carbonamid-Wasserstoffbrückenbindung ca. 6 bis 8 kcal/Mol Bindungsenergie liefert, ergibt



Coplanare? Anordnung von Aromaten und Carbonamidgruppen

Abb. 17

sich eine außerordentlich hohe physikalische Vernetzung der Polymerketten. Bereits geringe Änderungen in der chemischen Struktur haben weitreichende Folgen für die Konformation der Polymerketten (Abb. 18).



Poly-p-benzamid
T_g = 550°

Gewinkelte Anordnung von Aromatenebenen und Carbonamidgruppenebenen

Abb. 18

Gehen wir beispielsweise vom eben gezeigten Poly-p-benzamid zum Poly-m-phenylen-isophthalamid über, so resultiert daraus nach unseren Modellbetrachtungen und Röntgenstrukturuntersuchungen eine geometrische Struktur, wie sie im folgenden Bild (Abb. 19) aufgezeichnet ist.

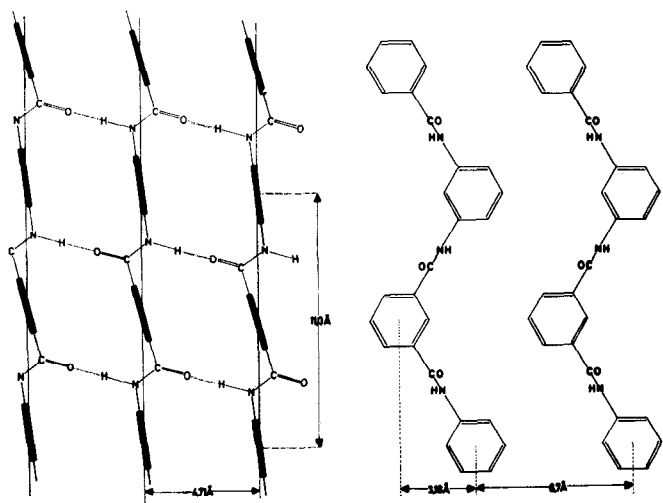


Abb. 19

Durch die m-Verknüpfung der Phenylringe ergibt sich in der Anordnung der Ringe eine wellige Struktur. Betrachtet man das Molekül senkrecht zu den Ringebenen, so zeigt sich, daß die Benzolringe entlang der Faserachse abwechselnd um ca. 10° bzw. um 20° gegen die Faserachse geneigt sind; die Carbonamidgruppen stehen dagegen nahezu senkrecht auf den Benzolebenen. Für jedes aromatische Polyamid resultiert aus der Grundeinheit heraus eine spezielle Anordnung der Benzolringe sowie der Wasserstoffbrückenrichtung (Abb. 20).

Vergleichen wir hierzu beispielsweise die Poly-p-benzamide und die Poly-p-phenylen-terephthalamide, so erkennen wir am

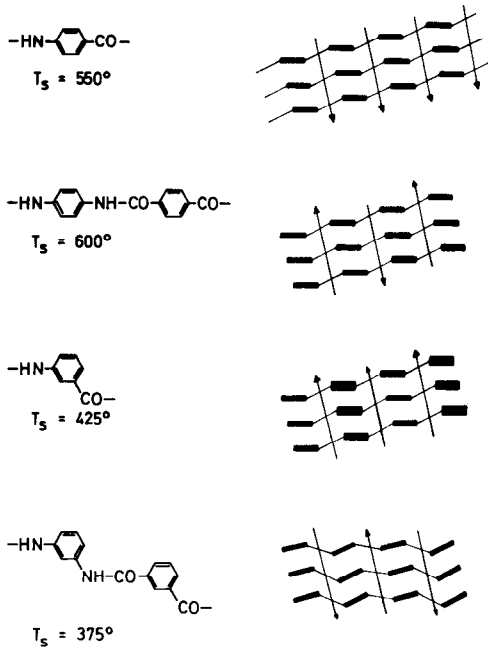


Abb. 20: Anordnung der Benzolringe und der Wasserstoffbrücken in aromatischen Polyamiden

Molekülmodell, daß es sich hierbei um relativ hochsymmetrische Moleküle mit nahezu gleicher räumlicher Anordnung der Molekülgruppen handelt, daß aber beim Poly-p-phenylenterephthalamid die H-Brücken in der Richtung alternieren. Damit ändert sich geringfügig die Symmetrie und der Schmelzpunkt des Polymeren.

Komplizierter sind die Verhältnisse bei den m-Polyamiden, da hier beim Poly-m-benzamid die Benzolringe stärker gegeneinander verdreht sind. In einem schematischen Vergleich sehen wir die unterschiedlichen H-Brückenrichtungen und die im Vergleich zu den p-Verbindungen niedrigere Symmetrie auf Grund der Ringverdrehungen. Die Folgen davon sind die vergleichsweise niedrigen Schmelzpunkte. Wir haben damit folgende Faktoren, die zur Entwicklung hochtemperaturbeständiger Fasermaterialien zu beachten sind, behandelt:

1. die thermochemischen Voraussetzungen,
2. die geometrisch-physikalischen Voraussetzungen sowie
3. die Voraussetzung zur Erzielung der Löslichkeit und damit der Verformbarkeit.

In einer Gegenüberstellung von Molekülstruktur und thermischen sowie mechanischen Daten soll nun zusammenfassend an einigen repräsentativen Beispielen gezeigt werden, welche thermischen und welche mechanischen Grenzen den organischen Faserpolymeren derzeit gesetzt sind (Abb. 21).

Bei der Beantwortung der Frage, welche Molekülstruktur und welche Molekülanordnung zu einem hochtemperaturbeständigen Material führt, konnten wir feststellen, daß großflächige Polyaromaten mit Schichtanordnung die höchsten thermochemischen und thermomechanischen Daten aufweisen.

Für textile Zwecke kommen diese Materialien jedoch nicht in Frage, denn es fehlen ihnen praktisch alle Eigenschaften, die wir von einer Textilfaser verlangen, zum Beispiel das Wasseraufnahme- und -transportvermögen, die Färbbarkeit u. ä. Kohlenstoffasern sind schwarz, und der hohe Elastizitätsmodul, die hohe Biegesteifigkeit und die geringe Dehnung sind zwar Eigenschaften, die für Verbundmaterialien ideal sind, für textile Zwecke liegen aber die mechanischen Daten einfach zu hoch. Das heißt, wir müssen ein Optimum an flächenhafter Molekülausdehnung suchen oder die Polymerkette durch die Ermöglichung von Rotationsfreiheitsgraden elastischer machen. Parallel zu dieser Zunahme an Kettenbeweglichkeit nimmt meist auch noch die Löslichkeit zu und damit die Möglichkeit zu einer Verformung der Polymeren im Naßspinnprozeß.

Die synthetischen Möglichkeiten wurden eben diskutiert. Betrachten wir nochmals eine Zusammenstellung der Daten, so ergeben sich folgende Ausscheidungskriterien: Kohlenstoffasern, bestimmte Polyheterozyklen und Polyamide scheiden

	T_g [°C]	Festigkeit [g/den] (Dehnung) [%]	Modul [g/den]	Farbe	Molekülstruktur Löslichkeit
	3650	2000 (1-2)	70000 kg/mm ²	schwarz	Parallelschicht
	600	3,9 (3,4)	163	rot	eben
	~570	5,2 (4,0)	148	gelb	gewinkelt (parallel)
	~600	5,6 (10)	156	farblos	eben löslich
	~500	8,0 (10)	227	farblos	eben uncyclisiert löslich
	~375	8,6 (10,3)	172	farblos	parallele Ringe H-Brücken färbbar löslich
	~550	10-17 (5-2)	~1000	farblos	parallele Ringe H-Brücken hohe Symmetrie löslich

Abb. 21: Gegenüberstellung von Molekülstruktur und thermischen bzw. mechanischen Daten von Faserpolymeren

wegen ihrer Eigenfarbe sowie der Herstellungs- und Verarbeitungsmöglichkeit aus.

Unter dem Strich haben nur die Polybenzimidazole reelle Chancen, die jedoch das cancerogene Benzidin als Zwischenprodukt erfordern. Damit bleiben die Polyoxadiazole und die Polyamide übrig. Polyoxadiazole sind jedoch nur in der Vorstufe, der Stufe der Polyhydrazide, löslich und verspinnbar, das heißt, man muß den Ringschluß in Fadenform durchführen – eine sicher nicht einfache Arbeitstechnik. Unter Umständen kann auch aus konzentrierter Schwefelsäure versponnen werden.

Die Polyamide sind, wie bereits besprochen, nur in besonderen Lösungsgemischen löslich und verformbar. Sie weisen die besten erzielbaren textilen Eigenschaften auf. Für die Färbung sind jedoch auf Grund der hohen Glasumwandlungstemperatur von 280° C spezielle Verfahren erforderlich.

Wenn wir uns nach weiteren aromatischen Linearpolymeren umsehen, die gegebenenfalls zu Fäden versponnen werden können, so drängt sich die Analogie zu den aromatischen Polyamiden und Polyestern auf (Abb. 22).

Ein Vergleich der Schmelzpunkte und Löslichkeiten ähnlich gebauter Verbindungen zeigt hier anhand zweier Beispiele die Grenzen der Einsatzmöglichkeit vollaromatischer Polyester in der Fasertechnologie. Beispielsweise ist der Polyester aus Resorcin und Isophthalsäure zwar in Chlorphenolen löslich, er schmilzt jedoch zu niedrig. Der Poly-p-benzoessäureester schmilzt zwar hoch, ist jedoch nahezu unlöslich. Schließlich sind dem Einsatz vollaromatischer Polyester als Fasermaterial auch wegen der leichten Hydrolysierbarkeit Grenzen gesetzt. Eine relativ hohe Hydrolysebeständigkeit weisen dagegen die Ester der Kohlensäure auf. Die Kombination von konformativ starren Diphenolen vom Typ des 4,4'-Dihydroxydiphenyl-2,2-propan mit Kohlensäure führt zum Polycarbonat, einem löslichen, aromatischen, hydrolysestabilen Polyester, über den anschließend berichtet wird (Abb. 23). Die hohe konformative Starrheit der Molekülketten führt hier wieder zu einer geringen Schmelzentropie und damit zu einem für Polycarbonate hohen Schmelzpunkt.

In meinem Referat habe ich versucht, folgende Fragen zu beantworten:

1. Welche chemischen Grundvoraussetzungen sind für hochtemperaturbeständige Fasermaterialien zu erfüllen?

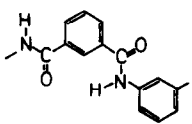
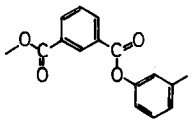

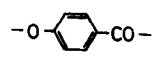
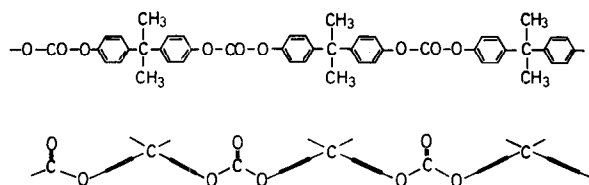
	T_s	T_g	Löslichkeit
	~400°	286°	DMF / LiCl
	245°	~155°	Chlorphenole
	~550°		NMP/LiCl
	455°	~385°?	Quellung in chlorierten Aromaten

Abb. 22: Vergleich von Schmelzpunkten und Löslichkeiten ähnlich gebauter Polyester und Polyamide



Molekülstruktur des löslichen und damit verspinnbaren "Polycarbonates"

Abb. 23

2. Welchen Einfluß hat die geometrische Struktur der Polymergrundeinheit auf die Polymereigenschaften?
3. Welche Konsequenzen ergeben sich hieraus für den Einsatz von Ausgangsprodukten?
4. Welche weiteren Einschränkungen sind durch die im Faserbereich anwendbaren Verarbeitungstechniken gegeben?
5. Welche Substanzklasse erfüllt die meisten der geforderten Eigenschaften?
6. Wie wirken sich geringfügige Änderungen der chemischen Struktur aromatischer Polyamide auf die geometrische Struktur und auf die thermischen Eigenschaften aus?

Literatur:

- 1) W. H. Gloor; J. Polymer. Sci. C, 19, 3-6 (1967)
- 2) E. Behr: „Hochtemperaturbeständige Kunststoffe“; Carl-Hauser-Verlag, München, 1969; vgl. B. G. Ackhammer, Kunststoffe, 49, 600 (1959)
- 3) W. Ried und D. Freitag; Angew. Chemie 80, 932 (1968)
- 4) J. Hiller; „Grundriß der Kristallchemie“; W. de Gruyter Co., Berlin, 1952
- 5) L. C. F. Blackmann; „Modern Aspects of Graphite Technology“; Academic Press, London, 1970
- 6a) H. Böder und E. Fitzer; Naturwissenschaften 57, 29 (1970)
- b) R. W. Calm und B. Harris; Nature 221, 132 (1969)
- c) W. Warr; Proc. Roy. Soc. Lond. A 319 - 5 (1970)
- d) V. E. Kotina, A. A. Konkin, V. O. Gorboceva und N. F. Erafeeva; Chim. Volokna 1969, 6, S. 1-9
- e) D. J. Johnson und C. N. Tyson; Brit. J. Appl. Phys. II, 2, 787 (1969)
- f) A. Fourdeux, C. Herinckx, R. Perret und W. Ruland; C. r., C. 269, 1597 (1969)
- g) Fibers of Carbon and Graphite; Applied Polymer Symposia, 9, S. 213 ff.
- 7) R. Bacon; J. Applied Physics, 31, 283 (1960)
- 8) siehe Lit. 2), Seite 50
- 9) A. H. Frazer und D. R. Wilson; Applied Polymer Symposia 9, 89 (1969)
- 10) J. Sauer, R. Huisgen und H. J. Sturm; Tetrahedron 11, 214 (1960)
- 11) P. A. H. Frazer; Polymer Reviews 17, 176 (1968), Interscience Publishers 1968

Diskussion

Albrecht: Herr Dr. Herlinger hat uns in seinem Vortrag nicht nur einen Einblick in die Arbeiten seines Institutes gegeben, sondern er hat auch systematisch die Überlegungen geordnet, die wir anstellen müssen, wenn wir uns mit höher temperaturbeständigen Fasern als den jetzt vorhandenen auseinandersetzen, sie erzeugen und vielleicht noch weiter optimieren wollen.

Philipp: Sie erwähnten, daß der Aufbau von temperaturbeständigen Polymeren in zwei Stufen erfolgen kann, wie beispielsweise bei den Oxadiazolen, wo zunächst normal polykondensiert wird und dann in der zweiten Stufe eine Art Leiterpolymeres aufgebaut wird. Wie regelmäßig klappt dieser Vorgang entlang der Kette? Muß man nicht damit rechnen, daß ähnlich – wie man es heute für die thermische Zyklisierung beim Polyacrylnitril annimmt – auch hierbei neben der intramolekularen Reaktion eine intermolekulare Reaktion von Kette zu Kette auftritt. Gibt es zu diesem Problem, das wir ja bei allen polymerchemischen Modifizierungen haben, schon nähere Aussagen?

Herlinger: Sie können die Oxadiazole natürlich auch vor der Fadenbildung zyklisieren und mit Hilfe der Infrarotspektroskopie sehr leicht nachweisen, daß eine quantitative Zyklisierung erfolgt; die Löslichkeit in konzentrierter Schwefelsäure spricht gegen Vernetzungsreaktionen, genauso, wie Sie das auch am fertigen Faden beweisen können. Die Zyklisierung bei den Polyoxadiazolen verläuft deshalb vollständig, weil sie zu einer Fünfringbildung führt, das heißt zu einem aromatischen System, das thermodynamisch begünstigt ist. Bei den Polyimiden weiß man, daß bei der Zyklisierung der Amidsäure nur ein Umsatz von 75% erfolgt. Vielleicht muß generell gesagt werden, daß die Herstellungstechnologie solcher Fasern noch nicht ganz ausgereift ist; bei Polyimid erhält man jedenfalls keine quantitative Zyklisierung, Oxadiazole können dagegen quantitativ zyklisiert werden.

Jakob: Ist diese Polyoxadiazolfaser gut färbbar? – Wenn sie färbbar ist, mit welchen Farbstoffen? – Und wie gut ist die Lichtechtheit dieser Färbungen?

Herlinger: Dazu kann ich Ihnen leider keine Auskunft geben. Die Färbbarkeit können Sie ja ungefähr am Glasumwandlungspunkt ablesen, der in jedem Fall sehr hoch ist; das heißt, bei Normaldruck ist hier nichts zu machen. Sie brauchen bestimmt – wie auch bei den Polyamiden – spezielle Carrier, oder Sie müssen Spinnfärbungen während der Koagulation durchführen.

Berg: Sie haben uns gezeigt, daß beim Poly-para-benzamid und beim Poly-para-phenylenterephthalamid die Anordnung der Ringe etwa identisch ist, daß aber die Wasserstoffbrücken beim Terephthalsäurekondensat alternierend und beim Parabenzamid in gleicher Richtung verlaufen. Ist das schon ausreichend, um den um 40° C höheren Schmelzpunkt zu erklären? Ich kann das nicht verstehen!

Herlinger: Das reicht bestimmt nicht aus; es reicht aber aus, um bei diesen Materialien einen bestimmten Kristallinitätsgrad zu erhalten, so daß Sie in einem Fall eine höhere Symmetrie als im anderen haben.

Berg: Könnte es sein, daß die Ausbildung der Wasserstoffbrücken oder die Coplanarität der Kerne durch sterische Behinderung durch die Carbonylgruppen, die neben dem Kern liegen, erleichtert ist?

Herlinger: Wenn Sie sich die beiden Modelle ansehen, dann haben Sie beim Poly-para-benzamid eine relativ gleichmäßige Anordnung der Ringe. Beim Polyterephthalamid sind diese Ringe etwas gegeneinander verdreht. Es ergibt sich hier keine so schöne kettenförmige Anordnung, sondern eine Verdrehung dieser Ringe. Das war in meinen Abbildungen durch die verschiedenen starken Striche angedeutet. Solche geringfügige Störungen in der Symmetrie der Molekülgrundeinheit führen leicht zu einer Schmelzpunktdifferenz von 40° C, was übrigens bei solchen Verbindungen gar nicht viel ist.

Angerer: Ich möchte gerne eine Bemerkung zum ersten Diagramm machen, in dem die Faserfestigkeit gegen die Temperatur aufgetragen war. Zwei anorganische Fasern waren zu sehen, nämlich die Borkarbid- und die Glasfaser. Nun war aber eine Faser, die Stahlfaser, die mit Sicherheit auch temperaturstabil ist, nicht enthalten. Könnten Sie vielleicht sagen, wo diese Faser in diesem Diagramm liegen würde?

Herlinger: Die wird sich vor allem im Modul an völlig anderer Stelle befinden. Es gibt ja Spezialstähle, die eine Temperaturbeständigkeit bis 800° C aufweisen. Im wesentlichen bin ich deshalb darauf nicht eingegangen, weil ich möglicherweise nur über textil verwendbare Faserstoffe reden wollte. Die Kohlenstofffaser habe ich hier sozusagen nur als eine absolute obere Grenze angeführt, um zu zeigen, was man erreichen könnte. Ich wollte damit den Rahmen abstecken, der das Gebiet der hochtemperaturbeständigen Fasern abgrenzt.

Köb: Ich hätte zwei Fragen; die erste betrifft eine Bildungslücke. Kann man grundsätzlich sagen, daß die Bindungsenergie, die Sie in den ersten Bildern gezeigt haben, mit der Temperaturempfindlichkeit und der Temperaturzerstörung parallel gehen? Es gibt ja auch im physikalischen Bereich Flüssigkeiten mit einem hohen Siedepunkt und geringer Energie. Darf man hier Parallelen ziehen? Könnte es nicht auch Bindungen geben, die mit einem geringeren Energieaufwand zerfallen, die aber eine hohe Temperatur dazu benötigen?

Herlinger: Bei der Ausbildung einer chemischen Bindung wird ein bestimmter Energiebetrag frei, und je größer dieser Energiebetrag ist – dies ist der Betrag, der in der Abbildung angegeben war –, einen umso höheren Energiebetrag müssen Sie nachher wieder aufbringen, um eine derartige Bindung zu spalten. Wenn Sie natürlich eine chemische Reaktion in Gegenwart von Sauerstoff durchführen, sieht die Sache völlig anders aus. Die reine Dissoziationsenergie, die Sie thermodynamisch aufbringen müssen, müssen Sie auf jeden Fall erreichen, damit eine Spaltung eintritt. In Wirklichkeit müssen Sie oft eine noch höhere Energie zuführen, nämlich die Aktivierungsenergie, die von der Bindungsenergie sehr verschieden sein kann. Meine Angaben waren ein unteres Maß.

Köb: Ist das gleichzusetzen mit der Temperatur?

Herlinger: Temperatur bedeutet eigentlich nur folgendes: Sie führen einem System Wärmeenergie zu, dadurch steigt die Temperatur. Je mehr Wärmeenergie Sie einbringen, umso leichter dissoziieren zwei chemisch gebundene Gruppierungen in diesem System.

Köb: Sie haben betont, Feuchtigkeitsaufnahmevermögen wäre interessant. Bei Deko-Stoffen und ähnlichem würde es keine Rolle spielen, wenn man nicht mehr als 4% erreichen könnte. Eine Faser, die die Feuchtigkeitsaufnahme von Wolle hätte – wenn wir schon glauben, daß Wolle besser wäre als die Synthetics –, ist doch vermutlich bei hoher Stabilität nicht mehr zu erreichen. Warum also diese Bemerkung, Feuchtigkeitsaufnahme wäre interessant?

Herlinger: Ich habe ja vor allem auch auf die Versuche über den Feuchtigkeitstransport hingewiesen. Man würde normalerweise vermuten, daß eine solche hochtemperaturbeständige Faser einen Feuchtigkeitshaushalt ungefähr wie Stahl oder Glas hätte, das heißt, daß bei Raumtemperatur im Faserinneren überhaupt nichts mehr passiert. Ich fand es erstaunlich, daß immerhin die gleiche Wassermenge aufgenommen wird wie bei aliphatischen Polyamiden und daß der Wasseraustausch nicht um Zehnerpotenzen langsamer ist, sondern daß er etwa in der Größenordnung des Wasseraustausches von Polyamid liegt. Wenn Sie aber die bekleidungsphysiologischen Eigenschaften ansprechen, dann muß man wohl sagen, daß dieser innere Wasserhaushalt nur einen ganz geringen Anteil an den bekleidungsphysiologischen Eigenschaften überhaupt darstellt, daß Wassertransportvorgänge über Kapillaren oder Kapillarlückenräume doch wesentlich schneller verlaufen. Außerdem ist noch wichtig, ob Sie den Wassertransport in der Gas- oder in der Flüssigphase betrachten.

Köb: Dann wären wir uns einig, und es ist nicht beabsichtigt, bei diesen Fasern einen hohen Feuchtigkeitshaushalt anzustreben.

Herlinger: Wenn Sie beispielsweise die Verwendung von Polymethaphenylisophthalamid in Raumfahreranätzen betrachten, dann wäre das unter Umständen sogar ein Nachteil, denn das Wasser aus dem Gewebe würde auf dem Mond im Vakuum nach kurzer Zeit durch die Körperwärme verdampfen. Daher sind auch Isolierschichten außen angebracht, damit nichts passieren kann.

Renner: Bei der vorletzten Diskussionsbemerkung ist das Wort „Beständigkeit gegen Luftsauerstoff bei hoher Temperatur“ gefallen; es ist aber auch vielfach die Rede von „Wärmebeständigkeit“ gewesen. Man muß achtgeben, daß man diese beiden Begriffe nicht durcheinanderbringt. Für die praktische Bewertung ist wohl die Beständigkeit gegen Luftsauerstoff bei hoher Temperatur, die sich vermutlich mit ihrer thermochemischen Beständigkeit weitgehend deckt, das wichtigste Kriterium. Vielleicht können Sie uns noch etwas über die Beständigkeit der verschiedenen Kohlenwasserstoffbindungen, beispielsweise aliphatischer, aromatischer CH-Bindungen, gegenüber dem radikalischen Angriff von Sauerstoff sagen? Außerdem hätte ich gerne gehört, was Sie von dem Konzept eines wasserfreien Polymeren für die Technologie hochtemperaturbeständiger Fasern halten. Es wurde in Amerika ein Polymeres aus Pyrazintetracarbonsäure, das ist eine Pyromellitsäure, bei der die beiden CH-Gruppen durch Stickstoff ersetzt sind, durch Polykondensation mit einem Diaminodithiodiazol hergestellt. Dies gibt ein Polymeres, das völlig frei von Wasserstoff ist und das an der Luft oder sogar in Sauerstoffatmosphäre bis 550° C beständig ist. Meines Wissens wurden keine Fasern davon hergestellt; es würden wahrscheinlich nur sehr brüchige Fasern entstehen. Es wurden aber Folien daraus gemacht und daran Messungen angestellt.

Herlinger: Sie haben sich mit den letzten Ausführungen die Antwort schon selbst gegeben. Je weniger Wasserstoff in einer derartigen Verbindung enthalten ist, umso geringer ist der oxidative Angriff, und damit kommen wir eben auch auf die Entflammbarkeit zu sprechen. Durch die Thermolyse werden vor allem CH-Gruppen gespalten. Es entsteht freier Wasserstoff, der extrem leicht brennbar ist, und damit entzündet sich das Ganze. Wenn Sie keine CH-Bindungen haben, ist die oxidative Beständigkeit natürlich optimal. Das gleiche gilt für den radikalischen Angriff von Sauerstoff. Das Konzept ist also absolut in Ordnung; es ist nur fraglich, ob sich Gruppenkombinationen, die auch elastische Fasermaterialien liefern, finden lassen. Auch die Entwicklung der Polybenzimidazole spricht dafür; wir haben hier eine hohe Temperaturbeständigkeit, weil das C:H:N-Verhältnis sehr zugunsten von C verschoben ist.

Thater: Als eine weitere Ergänzung zu der ersten Tabelle möchte ich noch die Asbestfaser nennen, die vielleicht gerade in diesem Zusammenhang interessant wäre.

Außerdem überraschte mich die verhältnismäßig niedrige Temperatur von 460° C, bei der die Festigkeit der β -Glasfaser schon auf die Hälfte absank. Hier müßten höhere Temperaturen zu erreichen sein, wie dies auch die Praxis beweist.

Dann noch eine kurze Bemerkung zur Färbbarkeit: Die Fasern scheinen vorwiegend für technische Einsatzzwecke bestimmt, so daß die Färbbarkeit vielleicht keine große Rolle spielen wird. Für den Dekorsektor oder für andere Anwendungszwecke könnte man natürlich mit Pigmenten färben; allerdings haben diese Pigmente nicht die entsprechende Temperaturbeständigkeit ebensowenig wie die Carrier. Könnten Sie dazu noch etwas sagen?

Herlinger: 1. Zur Färbung: Wenn man solche Materialien einsetzt, will man einen ganz bestimmten Effekt erzielen, zum Beispiel Schutz im Brandfalle bei Rennfahrerkombinationen. Ob nach einem Brand der Anzug schwarz vom Benzinruß ist oder noch rot von der ursprünglichen Färbung, das ist in diesem Fall wohl völlig egal. Bei Deko-Stoffen müssen Sie allerdings spezielle Färbverfahren anwenden. 2. Zur Glasfaser: Es gibt natürlich eine ganze breite Skala von Glasfasern, die allerdings mit Halbwertsfestigkeiten von 460° C anfangen und im Extremfall bis zu den Quarzfasern gehen.

Wampetich: Für Poly-para-benzamide haben Sie eine Reißfestigkeit von 10 g/den genannt. Man hat aber auch gelegentlich schon ganz andere Zahlen gehört wie 20 oder sogar 100 g/den. Wie ist diese Diskrepanz zu erklären?

Frage 2: In der zweitletzten Tabelle war der Glasumwandlungspunkt dieser Substanz nicht angeführt. Ich habe auch schon gehört, daß man diesen nicht messen könne. Gibt es dafür theoretische Gründe?

Herlinger: Zu Frage 2: Zum Messen des Umwandlungspunktes müssen Sie eben die geeignete Methode haben. Wenn der Glasumwandlungspunkt und der Zersetzungspunkt zu dicht beieinanderliegen, dann ist mit der Differentialthermoanalyse und ähnlichen Methoden nichts mehr zu machen. Mir ist nicht bekannt, warum er am Poly-p-benzamid nicht gemessen wurde. Ich sehe auch keine prinzipielle theoretische Schwierigkeit. Sie müssen nur irgendeine Methode finden, bei der der Eintritt der Molekülbewegung im amorphen Bereich festgestellt werden kann, wie beispielsweise bei Penetrationsmethoden an entsprechenden Folien oder bei der Messung der Abhängigkeit der Länge von der Temperatur.

Zu dem angesprochenen Dia in Ihrer Frage 1: Man kann überhaupt nur an technisch optimierten Systemen optimale Eigenschaften den Molekülgrundstrukturen zuordnen. So finden Sie für das Poly-para-benzamid in einer deutschen Auslegeschrift eines US-Patentes eine Festigkeit von 10 bis 17 g/den angegeben. So groß sind die Schwankungen, die da angegeben werden. Meiner Meinung nach muß man eben schon ein Handelsprodukt in der Hand haben, das standardisiert und optimiert ist, um exaktere Aussagen zu machen.

Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von Polycarbonatfasern

Dr. Bela von Falkai

Farbenfabriken Bayer AG., Werk Dormagen, BRD

Durch Umsetzung von Kohlensäurederivaten mit verschiedenartigen Diolen haben H. Schnell und Mitarbeiter eine neue interessante Polymerklasse, die Polycarbonate, für die technische Anwendung eröffnet. Struktur und charakteristische Eigenschaften einiger Verbindungstypen werden beschrieben.

Das aus 4,4'-Dihydroxidiphenyl-2,2-propane (Bisphenol A) technisch und wirtschaftlich gut zugängliche Polycarbonat hat sich bereits wegen seiner sehr guten mechanischen und thermischen Eigenschaften als Kunststoff eingeführt. Es lag daher nahe, aus diesem Polymeren Fäden herzustellen und deren Gebrauchstüchtigkeit zu prüfen.

Herstellungsverfahren, Struktur, physikalische und textiltechnologische Eigenschaften dieser Fäden werden besprochen. Die herausragenden Merkmale sind die hohe Einfriertemperatur, die durch Gegenwart von Wasser nicht herabgesetzt wird, sowie die gute Elastizität der Fäden. Aus diesem Eigenschaftsbild ergeben sich die möglichen spezifischen Einsatzgebiete für die Polycarbonatfaser: Mischgewebe mit zellulosischen Fasern für pflegeleichte Kochwäscheartikel und Gewebe aus Endlosfäden mit seidenähnlichem Charakter.

Das färberische Verhalten und die Gewebeaufsüßung werden behandelt, mit einigen Beispielen wird auf die guten Gebrauchseigenschaften hingewiesen.

Die Chemiefasern der zweiten Generation entstanden vornehmlich durch verfahrenstechnische und chemische Modifizierung der wichtigsten Fasertypen, um sie den Marktwünschen anzupassen oder neue Einsatzgebiete zu erschließen.

Ein anderer Weg zu den Chemiefasern der zweiten Generation wurde dadurch beschritten, daß gezielt neuartige Polymere eingesetzt wurden. So entstanden neue Fasern mit ganz speziellen Gebrauchseigenschaften, wie zum Beispiel Hochtemperaturbeständigkeit oder Gummielastizität. In der Regel besitzen diese Polymeren allerdings einen verhältnismäßig hohen Rohstoffpreis, der zunächst nur den Einsatz in hochwertigeren Artikeln erlaubt.

Die hier vorzustellende Polycarbonatfaser wird aus gut zugänglichen und preisgünstigen Rohstoffen hergestellt und hat dadurch eine verhältnismäßig günstige Ausgangsposition. Wie später dargelegt werden soll, besitzt die Polycarbonatfaser einige interessante Gebrauchseigenschaften, die es rechtfertigen, sie in die Reihe der Chemiefasern der zweiten Generation zu stellen.

Bekanntlich werden Polycarbonate seit mehr als zehn Jahren als hochwertige Chemiewerkstoffe großtechnisch hergestellt und finden trotz ihrer im Verhältnis zu den Massenkunststoffen höheren Preise einen ständig steigenden Absatz. Die bei den Polycarbonatkunststoffen geschätzten Eigenschaften, wie mechanische Festigkeit bei hohen und tiefen Temperaturen, Wärme- und Witterungsbeständigkeit sowie die geringe Wasseraufnahme von maximal 0,35% und die dadurch bedingte gute Dimensionsstabilität, lassen sie auch als Faserrohstoff wertvoll und interessant erscheinen.

Wenden wir uns nun der Chemie der Polycarbonate zu: Polycarbonate sind als lineare Polyester der Kohlensäure mit wiederkehrenden Einheiten der Formel in Abbildung 1 zu definieren.

Nach der Art der Reste unterscheidet man rein aliphatische, aliphatisch-aromatische und rein aromatische Polycarbonate. Die Herstellung erfolgt allgemein aus Dihydroxidverbindungen entweder durch Phosgenierung oder durch Umesterung von Kohlensäurediestern. Polycarbonate aus aliphatischen Diolen

H. Schnell et al. have arrived at an interesting new category of polymers for industrial uses, i. e. polycarbonates, by allowing derivatives of carbonic acid to react with various bifunctional alcohols. The structure and characteristics of some of these compounds are described.

A polycarbonate, which is from the technical and economical point of view easily accessible from 4,4'-dihydroxidiphenyl-2,2-propane (bisphenol A), has been established as a resin on account of its good mechanical and thermal properties. Therefore it seemed obvious to produce fibers of these polymers and to examine their usability.

Processes for the production, the structure, the physical and the textile properties of these fibers are discussed. The excellent characteristics are high freezing-temperature, which is not decreased in the presence of water, and the elasticity of the fibers. From these properties the specific fields of application of polycarbonate fibers can be derived: fabrics of blends with cellulosic fibers for easy-care articles, which can be boiled, and fabrics of continuous filaments with silk-like characteristics.

The dyeing performance and fabric finish are described. Some examples prove the good properties in use.

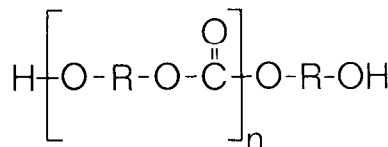


Abb. 1

schmelzen in der Regel unterhalb 120° C, wie an einem Beispiel in Abbildung 2 gezeigt werden soll.

Aliphatisch-aromatische Dirole führen zu Polycarbonaten mit Schmelzpunkten bis zu 240° C, aber geringer Thermo- und Alkalistabilität. Beide Polymergruppen haben keine praktische Anwendung gefunden.

Polycarbonate aus rein aromatischen Diolen, bei denen sich definitionsgemäß die Hydroxylgruppen direkt am aromatischen Ring befinden, wurden um die Jahrhundertwende¹ erstmals aus Hydrochinon und Resorcin dargestellt, zeigten jedoch keine interessanten Eigenschaften.

S c h n e l l und Mitarbeiter² veröffentlichten 1956 eine Arbeit über aromatische Polyester der Kohlensäure auf Basis von 4,4'-Dihydroxidarylalkanen, die aus Carbonylverbindungen und Phenol hergestellt werden.

Als interessanteste und aus Aceton und Phenol gut zugängliche Diolkomponente hat sich das 4,4'-Dihydroxidiphenyl-2,2-propan, kurz Bisphenol A genannt, erwiesen. Das aus diesem Bisphenol A und Phosgen hergestellte Hochpolymere besitzt im amorphen Zustand einen Schmelzpunkt von 245° C und eine Einfriertemperatur, je nach Molekulargewicht und Bestimmungsmethode, zwischen 148 und 158° C.

Die Herstellung erfolgt beispielsweise durch Grenzflächenkondensation aus einer wässrigen Alkalisalzlösung der aromatischen Dihydroxidverbindung und Phosgen in Anwesenheit von Methylchlorid. Die Reaktionsgeschwindigkeit bei Raumtemperatur erlaubt es, den Prozeß kontinuierlich zu führen.

Seit diesen erfolgreichen Arbeiten von Schnell wurde eine Fülle von weiteren Verbindungen und technischen Anwen-

Polycarbonat aus Schmelzpunkt

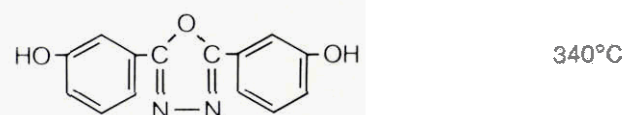
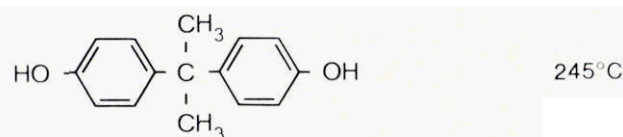
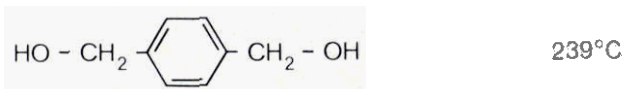
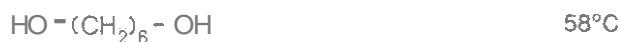


Abb. 2

dungsmöglichkeiten beschrieben. Polycarbonate aus heterozyklischen, zum Beispiel von Oxadiazol abgeleiteten Diolen' können Schmelzpunkte bis zu etwa 340° C erreichen.

Eine große Zahl der Polycarbonate schmilzt zwischen 200 und 300° C. einem für die Verarbeitung und Anwendung günstigen Bereich. Ihre Einfrieremperaturen liegen im Vergleich zu den in demselben Temperaturbereich schmelzenden Polymeren außergewöhnlich hoch, nämlich zwischen 130 und 170° C. Die Dichten betragen 1.17 bis 1.22, bei Polyäthylenterephthalat Vergleichsweise 1.38 bis 1.39, bei Polyamid 6 und 66 1,14 bis 1,15.

Viele dieser Polymerisate und Copolymerisate lösen sich in Methylchlorid, eine Reihe niedermolekularer Verbindungen (z. B. Lacktypen) auch in aromatischen Kohlenwasserstoffen, Estern und Ketonen. Sie sind außerdem in Abwesenheit von Wasserdampf und alkalischen oder sauren Katalysatoren in geschmolzenem Zustand bis über 300° C beständig. Aus diesen Eigenschaften ergibt sich die Möglichkeit einer Verarbeitung aus Lösung oder der thermoplastischen Verformung.

Wenden wir uns nun speziell dem Polycarbonat auf Basis 4,4'-Dihydroxidiphenyl-2,2-propan, im folgenden nur noch als Polycarbonat bezeichnet, zu. Die nächste Abbildung zeigt die chemische Struktur in Formelbild und als Kalottenmodell nach Stuart.

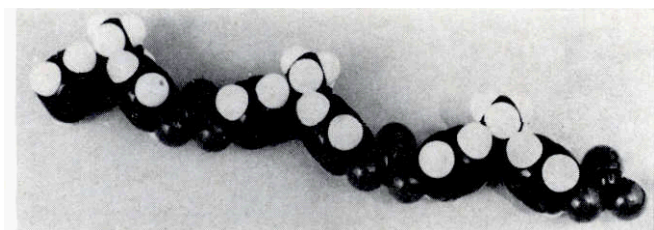
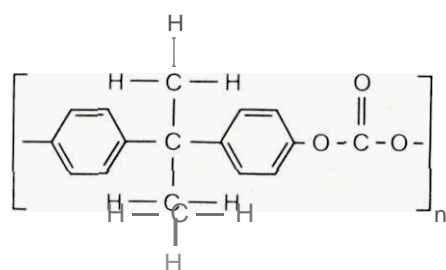


Abb. 3

Aus dem Kalottenmodell ist zu ersehen, daß die Grundvoraussetzung für ein faserbildendes Makromolekül, ein linearer Aufbau, erfüllt ist. Die Polymerkette ist jedoch außerordentlich steif. Die Drehbarkeit der aromatischen Ringe um das zentrale Kohlenstoffatom des Bisphenol A ist dadurch stark behindert. Auf diese Tatsache und weniger auf die Dispersionskräfte der aromatischen Ringe sind die hohen Umwandlungstemperaturen zurückzuführen. Die Zahl der Konfigurationsmöglichkeiten in der Schmelze und damit die Entropieänderung beim Schmelzen ist in diesem Falle nämlich sehr gering, daher muß die Schmelztemperatur nach der thermodynamischen Beziehung Schmelztemperatur gleich dem Quotienten aus der Enthalpieänderung ΔH und der Entropieänderung ΔS einen hohen Wert annehmen.

Dagegen ist bei Polyäthylenterephthalat mit seiner um etwa 15 Prozent höheren Dichte und den damit verbundenen geringeren Kettenabständen die etwa gleichhoch liegende Schmelztemperatur mehr durch die stärkeren Dispersionskräfte zwischen den aromatischen Ringen bedingt.

Wie bereits erwähnt, ist die hervorragendste Eigenschaft unseres betrachteten Polycarbonates die hohe, bei 148 bis 158° C liegende Einfrieretemperatur, die in Gegenwart von Wasser nur geringfügig herabgesetzt wird. Aus dieser Tatsache könnte sich, wie später noch gezeigt werden soll, das Haupteinsatzgebiet der Polycarbonatfaser ergeben. Die für Hochpolymere charakteristische Einfrieretemperatur gibt die Grenze an, oberhalb der eine irreversible plastische Verformung der amorphen Anteile eintritt. Vergleichsweise liegen diese kritischen Temperaturen der drei wichtigsten Synthesefaserklassen Polyamide, Polyester und Polyacrylnitril zwischen 42 und 106° C. Die Literaturangaben hierüber sind sehr unterschiedlich. Die Werte hängen nämlich u. a. von der thermischen und der mechanischen Vorgeschichte der Fäden sowie von der Meßmethode ab. Außerdem hat der Wassergehalt – besonders bei den Polyamiden – einen entscheidenden Einfluß.

Ähnlich wie die Herstellung der Polycarbonate für Chemiewerkstoffe an verschiedenen Stellen aufgegriffen wurde, wurden auch Bemühungen bekannt, diese Polymeren zu Fäden zu verformen. In verschiedenen Veröffentlichungen und Patenten, vorwiegend aus den USA¹ und aus Japan², wird die Faserherstellung beschrieben. Diese Fäden besitzen jedoch nach unseren Erfahrungen keine optimalen Eigenschaften. Wir fanden, daß für die Faserherstellung die Verwendung höhermolekularen Polycarbonates, wie zu erwarten, vorteilhafter ist. Dieses hochmolekulare Material läßt sich jedoch wegen des streng Newtonschen Fließverhaltens der Polycarbonate im allgemeinen nicht mehr aus der Schmelze, sondern nur aus Lösung und Fäden verspinnen. Die Herstellung der Spinnlösung sowie der Spinnprozeß erfordern wegen der geringen Kristallisationsneigung dieses hochmolekularen Polycarbonates einen gewissen technischen Aufwand, der jedoch nach dem heutigen Stand der Verfahrenstechnik gut zu bewältigen ist.

Eine entscheidende Voraussetzung für die Kristallisation, genauer für die Bruttokristallisation, ist die Keimzahl und deren Wachstumsgeschwindigkeit. Da wegen des starren Molekülaufbaus die Wachstumsgeschwindigkeit der morphologischen Einheiten gering ist, muß für eine ausreichende Zahl geeigneter Keime während der Polymerisat- bzw. Lösungsherstellung gesorgt werden. Die unverstreckten Fäden sind ähnlich wie bei Polyäthylenterephthalat nahezu röntgenamorph. Die Röntgenstreukurven beider Fäden im unverstreckten Zustand zeigt Abbildung 4.

Der amorphe Halo der Polycarbonatfäden hat eine deutlich geringere Breite als der der Polyesterfäden. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, kann daraus gefolgert werden, daß die Kettenmoleküle in den unverstreckten amorphen Polycarbonatfäden verhältnismäßig gut geordnet nebeneinander liegen. Offensichtlich sind die Polycarbonatketten wegen des Valenzwinkels bei der Isopropylgruppe im amorphen Zustand seitlich so angeordnet, daß gleiche Gruppen jeweils auf gleicher Höhe liegen, während die Polyesterketten willkürlich gegeneinander verschoben sind. In dem amorphen Polycarbonat liegt also eine sogenannte parakristalline Ordnung, allerdings teilweise gestört. Vor dieser parakristallinen Ordnung erschwert, wie später noch erläutert werden soll, die Verstreckung und die damit verbundene Kristallisation.

Wie außerordentlich stark diese Nahordnung energetisch begünstigt ist, zeigt folgender Streck- und Schrumpfversuch. Werden Polycarbonatfäden bei Temperaturen zwischen 100 und

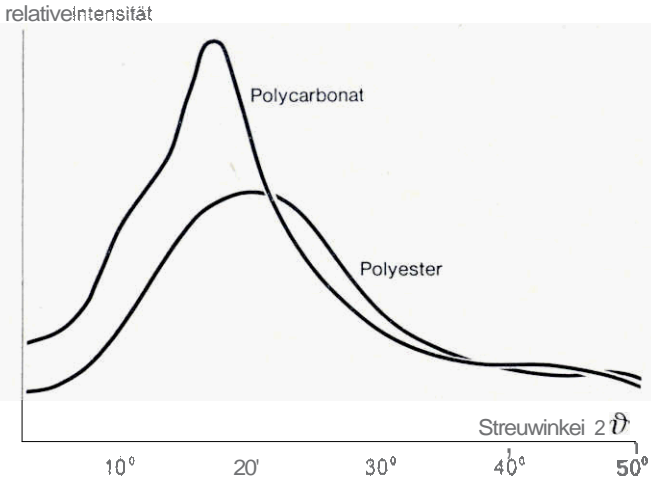


Abb. 4

225° C bis auf das Vierfache gereckt, so schrumpfen diese nach einer Temperung bei 180° C fast vollständig auf ihre ursprüngliche Länge zurück. In derartig verrecktem Zustand werden neue physikalische Netzstellen gebildet, die ursprünglich vorhandenen jedoch nicht aufgehoben, sondern nur verspannt. Durch eine Temperung oberhalb der Einfrieretemperatur lösen sich diese neu gebildeten Netzstellen vollständig auf, und der energetisch begünstigte Ausgangszustand wird wieder hergestellt. Wie durch richtige Wahl der Verreckbedingungen eine stabile morphologische Struktur gebildet werden kann, soll in den nächsten Abschnitten ausgeführt werden.

Damit die Synthesefäden die notwendigen mechanischen und thermischen Eigenschaften erhalten, müssen sie verreckt und Orientiert werden. Beim Streckvorgang wird die Kristallinität der Fäden im allgemeinen erhöht. Die Verreckung kann homogen oder heterogen ausgeführt werden. Eine homogene Verreckung würde bei Polycarbonat lediglich eine weitere Parallelisierung der Kettenmoleküle, aber keine Kristallisation bewirken. Zur Erzielung der geforderten Kristallinität muß die Verreckung heterogen erfolgen, das bedeutet, daß in der Fließzone die vorliegende, amorph verfestigte, parakristalline Struktur aufgelöst werden muß. Diese Auflösung wird durch die in der Fließzone auftretenden, nach außen gerichteten Querspannungen ermöglicht.

Werden also bei Polycarbonat die Strecktemperatur und das Streckverhältnis auf diese Vorgänge optimal abgestimmt, dann kann mit der Verreckung die Kristallisation einsetzen. Abbildung 5 zeigt die Röntgendiagramme eines unverreckten und eines optimal verreckten Polycarbonatfadens.

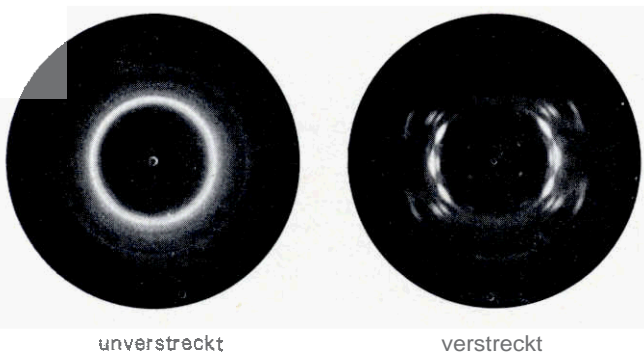


Abb. 5

Nach Auswertung dieser Röntgenmessungen beträgt der Kristallinitätsgrad der Fäden 16 bis 20 Prozent, der auch aus Dichtemessungen bestätigt wird. Der mindestens 80 Prozent lmttragende amorphe Anteil, verreckt und orientiert, ist für die Eigenschaften der Polycarbonatfäden in besonderem Maße mitverantwortlich, wie sich beispielsweise aus dynamisch-mechanischen Messungen für die textiltechnologischen Eigen-

schaften ergibt. So konnte in einer Meßreihe gezeigt werden, daß bei verreckten und orientierten Polycarbonatfäden mit zunehmender Kristallinität der makroskopisch gemessene E-Modul nur ganz geringfügig ansteigt und in jedem Falle in der gleichen Größenordnung liegt wie der aus Röntgendaten ermittelte maximale E-Modul der Kristallbereiche von 600 kp/mm².

Unter der Voraussetzung eines Zweiphasenmodells kann man sich also vorstellen, daß bei Polycarbonat die Aufgabe der kristallinen Bereiche vorwiegend darin besteht, die Struktur der amorphen Bereiche gegen thermische sowie gegen Lösungs- und Quellungsmittel einflüsse zu fixieren.

Im folgenden soll der kristalline Zustand kurz charakterisiert werden⁹. Die Elementarzelle ist monoklin. Die nächste Abbildung zeigt die Gitterzelle mit den Abmessungen und ihre Projektion in die Basisfläche (Abb. 6).

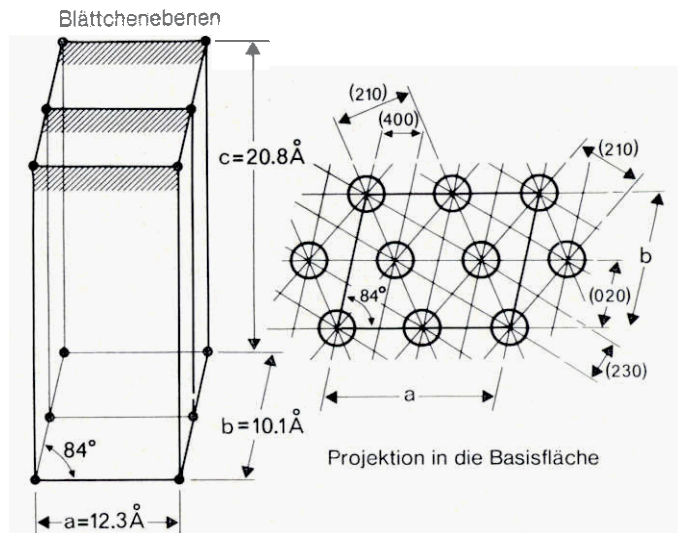
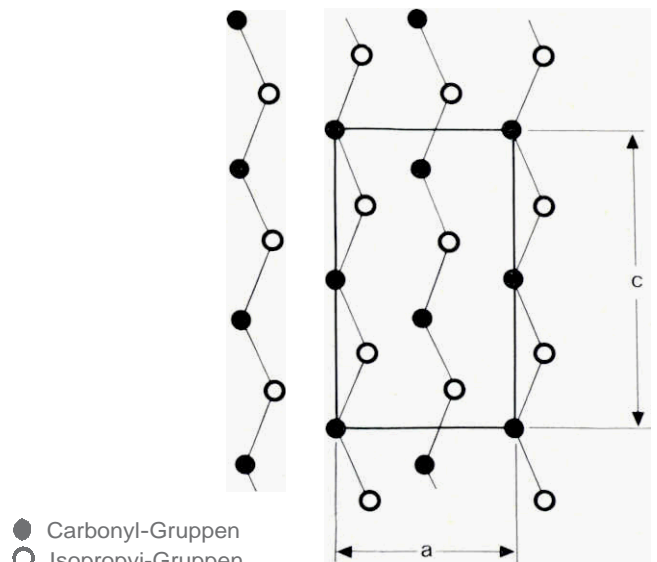


Abb. 6

Durch die Zelle laufen vier Ketten hindurch, die Faserperiode entspricht einer Länge von zwei monomeren Einheiten. Die Kristalldichte beträgt $\rho_k = 1,315$, die Dichte des amorphen Polycarbonates $\rho_a = 1,20$. Die Kettenmoleküle sind in der hexagonal dichtesten Stäbchenpackung angeordnet, die nahezu parallel liegenden Molekülebenen bilden sogenannte Blättchenebenen.

Betrachtet man in Abbildung 7 die Eigenstruktur dieser Blättchenebenen, so fällt die alternierende Kettenverschiebung



● Carbonyl-Gruppen
○ Isopropyl-Gruppen

Abb. 7

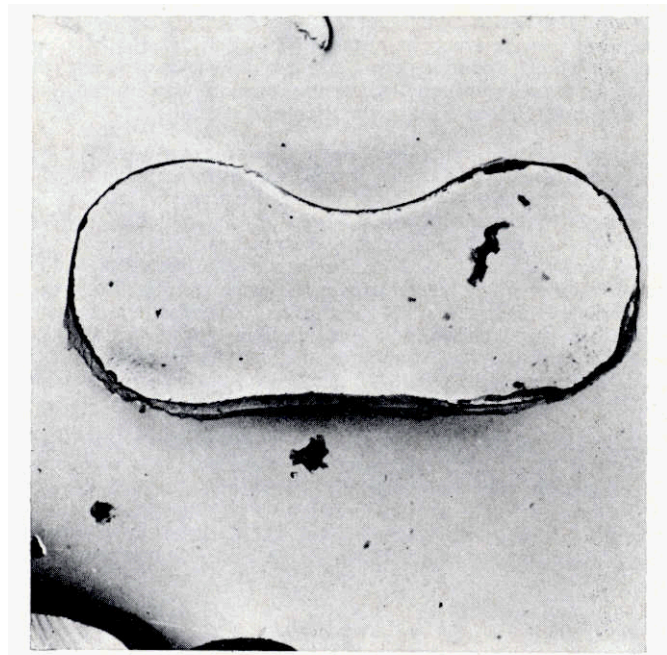
auf. Diese ist auf die seitlich **herausstehenden**, sperrigen Iso-propyigruppen zurückzuführen und **als** Ursache für die vorher dargelegte notwendige Strukturauflösung bei der mit Kristallisation verbundenen Verstreckung anzusehen.

Nach diesen Betrachtungen über **Herstellung** und Struktur der Polycarbonatfäden **sollen** nun ihre physikalischen und faser-technologischen Eigenschaften besprochen werden. Durch die vorangegangene Strukturbetrachtung hatten sich bereits Hinweise ergeben. In der **nächsten** Tabelle sind die wichtigsten physikalischen Daten der Fäden noch **einmal** zusammenge- stellt (Tab. 1).

Tabelle 1: Physikalische **Eigenschaften**

Dichte	1,225
Einfriertemperatur	148–158° C
Kristallit-Schmelzmaximum	255–265° C
Kristalliner Anteil	16–20%
Wasseraufnahme (20° C, 85% r. F.)	0,35%
Wasserrückhaltevermögen	3–7%

Die Fäden besitzen, wie aus der nächsten Abbildung ersicht- lich ist, **ähnlich** wie viele aus Lösung gesponnene Fäden einen hantelförmigen Querschnitt (Abb. 8).



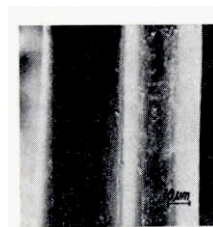
10µm

Abb. 8

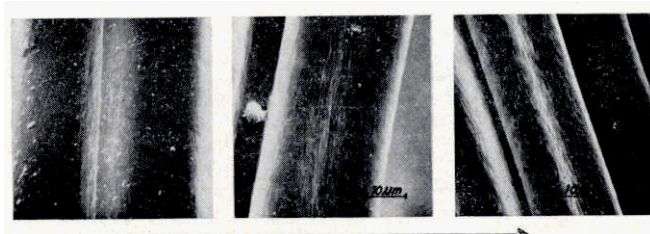
Die Faseroberfläche im unverstreckten Zustand ist strukturlos. Mit zunehmendem Streckverhältnis bildet sich eine charakte- ristische Grobfibrillierung in Richtung Faserachse aus, eine morphologische Folge von aneinander abgleitenden Fibrillen- bündeln im Faserkörper. Dies wird in der folgenden Abbildung deutlich (Abb. 9).

Durch Änderung der Streck- und Nachbehandlungsbedingun- gen kann die Oberflächenspektur **beeinflusst** werden. Daraus ergeben sich Konsequenzen für die Haft- und Gleiteigenschaf- ten der Faser bei der Verarbeitung.

Über das Brennverhalten von Polycarbonatfasern kann ausge- führt werden, daß der Vertikal-Brenntest nach DIN 53908 bestanden wird. Die Faser kann **also** als schwer brennbar



unverstreckt



zunehmender Streckgrad

Abb. 9

bezeichnet werden. Im Vergleich zu anderen schmelzenden Fasern, wie Polyester und Polyamid, ist bei Polycarbonat wäh- rend des **Brennprozesses** eine wesentlich geringere Neigung zur Bildung abtropfender Schmelze zu beobachten.

Die wichtigsten fasertechnologischen Eigenschaften sind in der nächsten Tabelle **zusammengefaßt**.

Tabelle 2: **Fasertechnologische Eigenschaften**

Reißfestigkeit, trocken	3,5–4,5 g/dtex
Rel. Naßfestigkeit	95–100%
Rel. Schlingenfestigkeit	80–75%
Reißdehnung, trocken	20–54%
Reißdehnung, naß	20–45%
E-Modul 1% D., 20° C	450–480 kp/mm ²
1% D., 100° C	350–400 kp/mm ²
1% D., 150° C	260–280 kp/mm ²
E-Grad bei 20% d. Rf.	100%
90% d. Rf.	75–85%
Kochschrumpf, 30 Min.	0,2–0,5%
Thermoschrumpf 180° C, 30 Min.	5–12%
Schrumpf in Perchloräthylen	
5 Min. 20' C	0,4–0,8%
5 Min. 50' C	6–8%

Die fasertechnologischen Werte liegen in den für textile Fa- sern üblichen Bereichen. Die relativ gute thermische Bestän- digkeit **zeigt sich** u. a. darin, daß der E-Modul bei 150° C nur um etwa 40 Prozent niedriger ist als bei 20° C. Bei Polyester wird dieser prozentuale Abfall bereits bei 100° C beobachtet. Das gute elastische Verhalten im Gebrauch kann beispiele- weise durch Messung des elastischen **Dehnungsverhältnisses** als Funktion der Dehnung, des sogenannten E-Grades, ver- deutlicht werden. Die nächste Abbildung zeigt das Verhalten von Polycarbonat im Vergleich zu Polyester (Abb. 10).

Das elastische **Dehnungsverhältnis** fällt bei Polycarbonat ohne Erholung auf 88 Prozent, nach dreiminütiger Erholung nur auf 98 Prozent ab. Für Polyester liegen die **entsprechenden** Werte bei 45 Prozent bzw. bei 85 Prozent. Ähnliche Befunde liefern die Messung der im statischen Versuch **rückgewinnbaren** Ar- beit (work recovery) als Funktion der Dehnung sowie die Be- stimmung der Relaxationszeiten. Diese Relaxationszeiten wur- den aus dem Nachlassen der Spannung nach einer Verdehnung um 5 Prozent in zwei verschiedenen Zeitintervallen errechnet: sie geben die Zeit an, nach der die Spannung auf **den 1/6. Teil** **abgesunken** wäre. Die nächste Tabelle gibt die **Zahlenwerte** für Polycarbonat-, Polyester- und Polyacrylnitrilfäden wieder (Tab. 3).

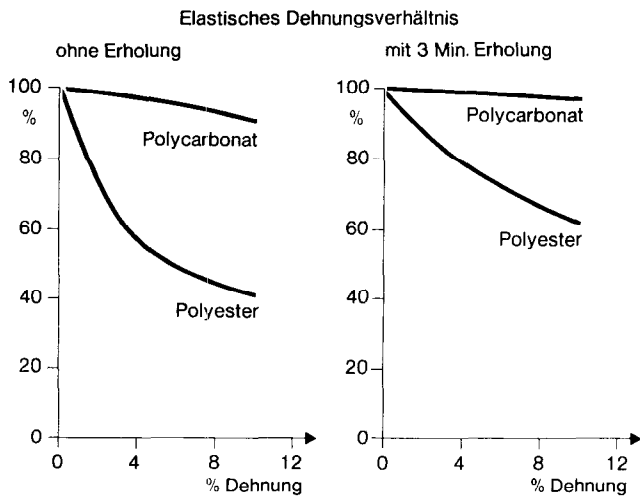


Abb. 10

Je höher die Relaxationszeit, desto weniger nachgiebig ist die Faser und desto mehr nähert sie sich einem ideal elastischen Körper.

Diese Untersuchungsergebnisse über das elastische Verhalten wurden zwar aus Zugversuchen erhalten und lassen sich daher wegen der Anisotropie der elastischen Eigenschaften in Fasern nur bedingt auf das Biegeverhalten übertragen, wie es beim Knittern auftritt. Nach Sommer¹⁰ sowie Beste und Hoffmann¹¹ ist eine Übertragung mit Vorbehalten jedoch möglich.

Tabelle 3: Relaxationszeiten (in Minuten)

	Polycarbonat	Polyester	Polyacrylnitril
5% Dehnung, Zeit: 0 bis 1 Min.	40	4	2
5% Dehnung, Zeit: 1 bis 8 Min.	350	88	50

Nach diesem physikalischen und fasertechnologischen Eigenschaftsbild, aus dem die ungewöhnlich hohe Einfriertemperatur hervorsticht, lag es nahe, die Polycarbonatfaser bevorzugt in solchen Einsatzgebieten zu erproben, in denen die Stabilität gegen die hydrothermische Behandlung bei der Kochwäsche zum Tragen kommt oder die rasche und vollständige Knittererholung. Im ersten Fall stehen Haushalts- und gewerbliche Kochwäsche im Vordergrund, im zweiten hochwertigere Artikel aus Endlosfäden. Endlosfäden wurden glatt oder texturiert zu Geweben mit ansprechendem Griff und gutem Knitterverhalten verarbeitet.

Bei Fasern ist – ähnlich wie bei anderen Synthetics – die Verarbeitung in Mischung mit nativen Fasern wegen des damit verbundenen Tragekomforts vorteilhafter. Als Mischkomponenten wurden vorwiegend Baumwolle, Leinen und hochnaßfeste Viskosefaser eingesetzt.

Die Verarbeitung in der klassischen Spinnerei und Weberei bzw. Strickerei bereitet keine prinzipiellen Schwierigkeiten, so daß darauf nicht näher eingegangen zu werden braucht. Wir möchten uns daher darauf beschränken, auf zwei wichtige Veredlungsschritte einzugehen, nämlich das färberische Verhalten zu beschreiben und Ausrüstungsmöglichkeiten und -ergebnisse zu erörtern.

Die Konstitution der Polycarbonate macht es erforderlich, zur Färbung die ebenfalls weitgehend unpolaren Dispersionsfarbstoffe heranzuziehen, vorwiegend Azo- und Anthrachinonfarbstoffe, in untergeordnetem Maße noch Verbindungen mit verschiedenen anderen Chromophoren.

Wie bereits erwähnt, ist die Kolloidstruktur des Fasergefüges für die Gebrauchseigenschaften im weitesten Sinne und besonders für das färberische Verhalten ausschlaggebend. Wie weit beispielsweise die Thermofixiertemperatur die Feinstruktur beeinflusst, zeigt die Abhängigkeit der Farbausbeute von dieser Vorfixiertemperatur im nächsten Bild (Abb. 11).

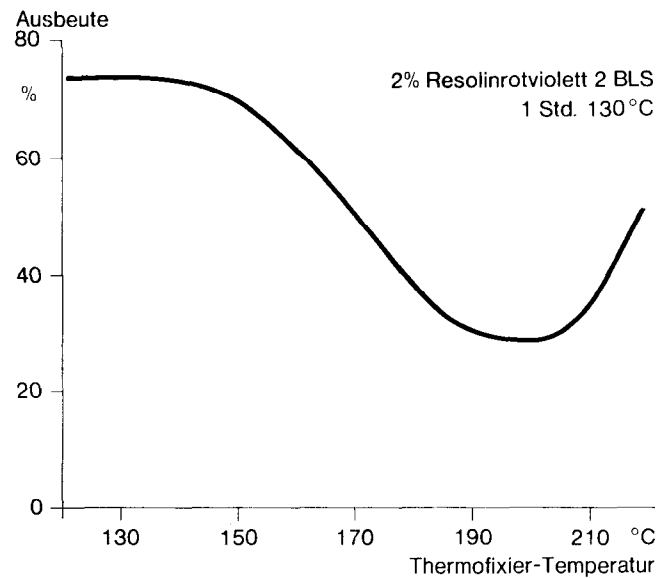


Abb. 11

Ähnlich wie bei Polyesterfasern durchläuft diese Kurve ein Minimum, das bei Polycarbonat um ca. 205° C liegt. Oberhalb dieser Temperatur erhöht sich der kristalline Anteil noch geringfügig, der in parakristalliner Form vorliegende, verstreckte und orientierte amorphe Anteil wird jedoch desorientiert, aufgelockert und dadurch dem Farbstoff besser zugänglich. Die Vorfixiertemperatur muß dementsprechend den Färbereigenschaften der Polycarbonatfaser angepaßt werden.

Die Färbung kann nach dem Auszieh- und nach dem Thermosolverfahren erfolgen. Beim Ausziehverfahren unter HT-Bedingungen liegt die Aufnahme von Dispersionsfarbstoffen im Gleichgewicht nicht in allen Fällen in der gleichen Größenordnung wie bei Polyester. Die Färbegeschwindigkeit ist, bedingt durch die geringe Diffusionsgeschwindigkeit, bei einigen handelsüblichen Polyesterfarbstoffen sehr gering. So wurde zum Beispiel aus dem Vergleich der Färbegeschwindigkeiten für einen ungünstigen Fall (Resolinblau FBL) von Beckmann abgeschätzt, daß die Aktivierungsenergie für die Färbegeschwindigkeit mit 46 kcal/Mol um ca. 11 kcal/Mol größer ist als für Polyester.

Die nächste Abbildung zeigt das Aufziehvermögen von Resolingelb 5 GS auf Polycarbonat und Polyester. Sie zeigt, daß durch Anwendung geeigneter HT-Carrier dieselbe fixierte Farbstoffmenge erreicht werden kann wie bei Polyester (Abb. 12). Für die Färbung ist besonders bei Polycarbonat die Verwendung von Carriern erforderlich. Durch diese Substanzen wird

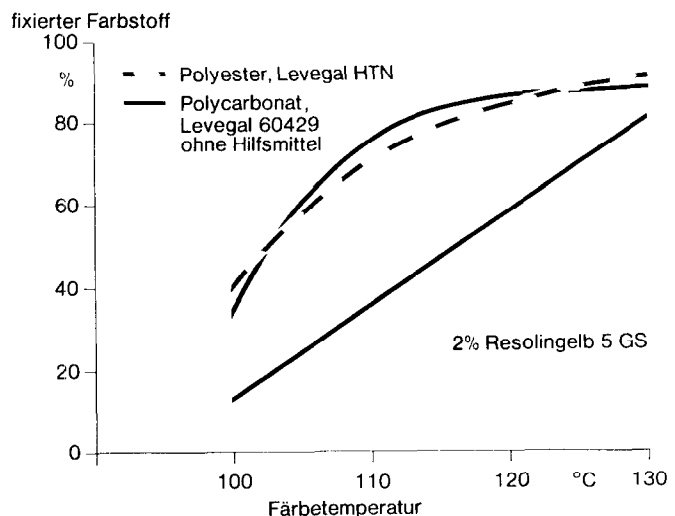


Abb. 12

bekanntlich die Faserstruktur so weit aufgelockert, daß die Farbstoffdiffusion und das Färbgleichgewicht begünstigt werden.

Als wirksame und preisgünstige Produkte haben sich aromatische Verbindungen, Äther, Ester und Carbonate erwiesen. Je nach Konstitution kann die Einfriertemperatur von 148° C bis 158° C bis weit unterhalb der Kochtemperatur herabgesetzt werden.

Die Carrierwirkung kann u. a. durch die Längenänderung von Polycarbonatfäden in Abhängigkeit von der Temperatur veranschaulicht werden. Beim Aufheizen in einem inerten Medium tritt bei einer gewissen Temperatur eine sprunghafte Änderung der relativen Länge ein, die auf den Abbau innerer Spannungen durch die erhöhte Molekülbeweglichkeit hinweist. Diese Temperatur ist gleich der Einfriertemperatur.

Aus der Vielzahl der handelsüblichen Polyester-Dispersionsfarbstoffe konnte nun eine Farbstoffauswahl getroffen werden, die für Polycarbonat geeignet ist. Das folgende Farbstoffsoriment besitzt ein günstiges Ausziehvermögen bei 100° C und 120° C und gute Echtheiten auf Polycarbonat.

Tabelle 4: Farbstoffauswahl für das Ausziehverfahren

Resolinbrillantgelb 7 GL
Resolingelb GL, RL, 5 R
Resolinorange RL
Resolingelbbraun GLS
Resolinbraun RRL
Resolinscharlach 3 GL, RR
Resolinrot FGGL, GR, FB, BRL
Resolinbrillanrot BS, BLS
Resolinrubin BL
Resolinrotviolett FBL
Resolinviolett 4 BLS
Resolinblau FR, 3 GLS
Resolinbrillantblau GL
Resolinmarineblau GLS
Resolinentwicklungsschwarz

Die Lichtechtheiten liegen je nach Konstitution der ausgewählten Farbstoffe in den meisten Fällen zwischen 5 und 7. Die Waschechtheit nach fünfmaliger Wäsche c, die Schweißechtheiten alkalisch und sauer sowie die Benzinechtheit erreichen immer den Wert 5, die Sublimierechtheit bei 200° C liegt durchschnittlich zwischen 4 und 5.

Die Echtheiten in den fluorierten Kohlenwasserstoffen, die in den letzten Jahren in steigendem Maße als Chemischreinigungsmittel zum Einsatz kommen, wurden geprüft: In 1,1,2-Trifluortrichloräthan, einem derartigen Reinigungsmittel vom Siedepunkt 48° C, liegen die Echtheiten dunkler Färbungen, auch Schwarzfärbungen, bei 4, helle bis mittlere Farbtiefen zeigen Echtheiten von 5.

Thermosolfärbungen können unter Verwendung der Pulvermarken bei Temperaturen zwischen 180° C und 200° C mit den in der folgenden Tabelle angegebenen Farbstoffen unter guter Durchfärbung erfolgen.

Tabelle 5: Farbstoffauswahl für das Thermosolverfahren

Resolinbrillantgelb 7 GL
Resolingelb 5 GS, GRL
Resolinscharlach 3 GL
Resolinbrillantrosa C-BLS
Resolinrot FB, BBL
Resolinviolett 4 BLS
Resolinblau FR
Resolinbrillantblau GL
Resolingrün C-FGS

Es sei noch erwähnt, daß Spinnfärbung und Spinnaufhellung mit gutem Erfolg möglich sind.

Nach diesen Ausführungen über das färberische Verhalten der Polycarbonatfaser soll noch über Ausrüstungsversuche und deren Ergebnisse berichtet werden. Die in der Praxis üblichen Verfahrenstechniken für die Ausrüstung von Synthesefasern können sowohl in chemischer als auch in maschinentechnischer Hinsicht auf Polycarbonatartikel übertragen werden.

Wir haben das Schwergewicht auf Mischungen mit zellulosischen Fasern, vorwiegend Baumwolle, gelegt, da wir wegen des im Vortrag bereits ausgeführten sehr guten hydrothermischen Verhaltens der Polycarbonatfaser davon ausgehen konnten, daß sie in diesen Mischungen eine stabilisierende Funktion ausüben wird. Diese Annahme hat sich bestätigt, wie später nachgewiesen werden soll.

Die Grundvorgänge der Ausrüstung, wie Sengen, Entschlichten, Bleichen und Mercerisieren, bereiten bei diesen Mischungen keine Schwierigkeiten. Bei der Bleiche zum Beispiel ergeben die praxisüblichen Kombinationen, wie Natriumchloritbleiche heiß und Wasserstoffperoxidbleiche kalt, sehr gute Weißeffekte für vollweiße Ware. Die Thermofixierung erfolgt bei 180 bis 205° C, wobei sich Temperaturen von 185 bis 195° C als besonders geeignet erwiesen. Eine gleichzeitige optische Aufhellung nach dem Klotz-Thermosolierverfahren mit den für Polyesterfasern geeigneten Dispersionsaufhellern ist möglich.

Bei den heute marktüblichen pflegeleichten Synthesefasermischgeweben, die 30 bis 70 Prozent Zellulosefaseranteile enthalten, ist grundsätzlich eine Hochveredlung erforderlich. Damit sollen den Geweben die pflegeleichten Eigenschaften vermittelt werden, wie vor allem gutes Entknitterungsverhalten nach der Wäsche u. a.

Aus zahlreichen Versuchsreihen soll nun als Beispiel die Hochveredlung eines schwereren Hemdenpopelins 50/50 Polycarbonat/Baumwolle aus Garn Nm 60/1 mit einem Quadratmetergewicht von 140 g angeführt werden. Zum Vergleich wurde ein Gewebe aus 50/50 Polyester/Baumwolle gleicher Konstruktion denselben Verfahren unterworfen. Drei Rezepturen sind in der nachfolgenden Tabelle angeführt.

Tabelle 6: Hochveredlungsrezepturen:

	A	B	C
Dimethyldihydroxiäthylharnstoff (DMDHEU)	g/l 50	100	150
N-Methylolacrylamid	g/l —	—	200
MgCl ₂	g/l 10	10	—

Arbeitsbedingungen: Foulard-Klotzen
Spannrahmentrocknen bei ca. 120° C
Kondensieren bei 155° C

Die Gewebeproben wurden in einer Haushaltswaschmaschine bei 60° C und im Kochwaschgang bei etwa 98° C gewaschen, danach geschleudert und schleuderfeucht bei Raumtemperatur getrocknet. Die Wirkung der Hochveredlung wurde durch die Trocken- und Naßknitterwinkel und durch den Glätteffekt nach dem Monsanto-Standard beurteilt. Die nächste Tabelle gibt die Ergebnisse nach dem Monsanto-Standard wieder (Tab. 7).

Bei der 60°-C-Wäsche erkennt man, daß bereits die nicht hochveredelten Polycarbonatmischgewebe einen ausgezeichneten Glätteffekt zeigen, der von den Polyester-mischgeweben bestenfalls nach Hochveredlung durch die ambivalente Vernetzung erreicht wird. Eine schwache Hochveredlung mit 50 g/l DMDHEU reicht demnach aus, die geringe Unruhe im Warenbild zu eliminieren, die durch die Krumpfung der Baumwolle bedingt ist. Nach der Kochwäsche werden bei den Polycarbonatmischgeweben Glättestufen in derselben Größenordnung und Abstufung erhalten, während die Polyester-mischgewebe eine sehr starke thermische Knitterbildung aufweisen. Betrachtet man nun die Abscheuerungs- und Reißfestigkeitsverluste in der nächsten Tabelle, so erkennt man, daß die erzielte Pflegeleichtigkeit der Polycarbonatmischgewebe nicht mit einem unzumutbaren Abfall der technologischen Werte erkauft wurde (Tab. 8).

Der Abscheuerungsverlust sowie der Reißfestigkeitsabfall liegen bei Mischgeweben mit vergleichbaren Monsanto-Noten

Tabelle 7: Glättebild nach Monsanto-Standard (AATCC 124—19671)

	Polycarbonat/Bw.50/50				Polyester/Bw. 50/50			
	ohne	A	8	C	ohne	A	8	C
Wasche								
60° C 1X	4,25	5,0	5,0	4,75	3,75	3,75	4,0	4,25
5X	4,75	5,0	5,0	5,0	4,25	4,0	4,25	4,5
Wäsche								
98° C 1X	4,5	4,75	5,0	4,75	starke thermische			
5X	4,5	5,0	5,0	5,0	Knitterbildung			

bei Polycarbonat deutlich besser. Es ist also eine geringere Abnutzung beim Gebrauch zu erwarten.

Diese Ausrüstungs- und Waschergebnisse bestätigten unsere Vermutung, daß man bei Polycarbonatmischgeweben nur durch eine gezielte geringe Kunstharzeinlagerung der natürlichen Krumpftendenz der zellulosischen Fasern während der Naßbehandlung entgegenwirken muß. Die bei Polyester-mischgeweben erforderliche aufwendigere Hochveredelung kann bei Mischgeweben mit Polycarbonat durch die stabilisierende Wirkung dieser Faser vermieden werden.

Tabelle 8: Abschöderung und Reißfestigkeitsabfall

	Hochveredelung			Hochveredelung				
	ohne A	8	C	ohne A	B	C		
Abschöderungsverlust % Accelerator 3 min 3000 n/min (AATCC 87—1961) sofort	28	50	7,1	8,0	1,8	49	8,0	12,9
nach 3 Wäschen 95°	3,4	82	8,7	8,6	36	87	92	13,4
Reißfestigkeitsabfall % (DIN 53 858), sofort								
Kette	—	0,9	4,5	85	—	32	6,9	83
Schuß	—	1,3	3,8	7A	—	52	9,9	20,6

Es konnte also gezeigt werden, daß die Polycarbonatfaser wegen ihrer Eigenschaften zur Herstellung von pflegeleichten Kochwäscheartikeln prädestiniert ist. Daher wurden in Versuchen Mischgewebe vor allem in den Einsatzgebieten Bettwäsche, Tischwäsche, Hemdenstoffe und Arbeitsbekleidung erprobt. Die Auswertung ergab sowohl in der Haushalts- als auch in der gewerblichen Wäsche beachtliche Erfolge.

Besonders vorteilhaft erscheint der Einsatz für Arbeitsbekleidung, da durch die Pflegeleichtigkeit in der gewerblichen Wäscherei mit deutlich verringerten Wasch- und Aufarbeitungskosten gerechnet werden kann. Die nächsten Abbildungen sollen abschließend an einigen Teststücken den Warenabfall nach der Kochwäsche und damit die Pflegeleichtigkeit veranschaulichen (Abb. 13, 14 und 15).

Die bisherigen Erkenntnisse über die Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten der Polycarbonatfaser rechtfertigen es nach unserer Ansicht, sie in die Reihe der Chemiefasern



Abb. 13



Abb. 14

der zweiten Generation zu stellen, da sie durch ihre Pflegeleichtigkeit bei Kochwäsche Vorteile für den Verbraucher bringt.



Abb. 15

Literatur:

- 1) A. Einhorn; Ann. 300, 135 (1898)
C. A. Bischoff, A. v. Hedenström; Ber. 35, 3431 (1902)
- 2) H. Schnell; Angew. Chem. 68, 633 (1956)
- 3) Y. Iwakura, K. Uno, Y. Imai, Y. Takase; Makromol. Chem. 95, 261 (1966)
- 4) Modern Textiles Magazine, August 1963, S. 58;
U. S. Pat. 3,214,500 (1960), S. B. Maerov, W. Sweeney; E. I. du Pont de Nemours & Co.
- 5) Brit. Pat. 902,580 (1959); Brit. Pat. 902,581 (1959)
Kunoshima Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha
- 6) U. S. Pat. 3,454,526 (1965); Farbenfabriken Bayer AG., W. Rellensmann, B. v. Falkai, A. Reichle, H. Schnell;
U. S. Pat. 3,329,775 (1964); Farbenfabriken Bayer AG., M. Reichardt, B. v. Falkai, A. Reichle, W. Rellensmann
- 7) U. S. Pat. 3,005,236 (1960); Farbenfabriken Bayer AG., A. Reichle, H. Wilsing
- 8) A. Prietzschk; Kolloid-Z. 156, 8 (1958)
- 9) R. Bonart; Makromol. Chem. 92, 149 (1966)
- 10) H. Sommer; Faserforsch. u. Textiltech. 2, 467 (1951)
- 11) L. F. Beste, R. H. Hoffmann; Text. Res. J. 20, 441 (1950)
- 12) D. N. Marvin; J. S. D. C. 70, 17 (1954)

Diskussion

Thater: Wie unterscheidet sich die Polycarbonatfaser von der Polyesterfaser im Pillverhalten? Dies Frage eins. Frage zwei: Der Griff der von Ihnen genannten Gewebe erschien mir gegenüber Polyester sehr trocken, fast strohig. Bei Polyesterfasern bedient sich der Ausrüster in solchen Fällen eines Tricks, das heißt, er kann die Faser in alkalischer Flotte etwas abschälen, um sie seidiger zu machen. Geht so etwas auch bei Polycarbonatfasern, und wie verhalten sie sich in alkalischer Flotte etwa bei 20 bis 30° Bé?

Falkai: Das Pillverhalten der Polycarbonatfaser liegt zwischen Polyester und Polyacrylnitril. Ihr Pillverhalten könnte sicher durch die bei Polyäthylenterephthalat bewährten Maßnahmen noch verbessert werden. Der von Ihnen beobachtete trocken-strohige Griff dürfte auf eine überhöhte Thermofixiertemperatur zurückzuführen sein, durch eine Kochwäschebehandlung aber würde das Gewebe wieder weicher. In alkalischer Flotte läßt sich die Oberfläche genauso abschälen wie bei Polyesterfasern. Es ist vielleicht interessant, daß die Hydrolysenbeständigkeit bei 80° C größer ist als die der Polyesterfasern wegen der erwähnten höheren Einfrieretemperaturen. Bei niedrigeren Temperaturen ist dann die Polyesterfaser stabiler, die beiden Kurven kreuzen sich bei etwa 80° C.

Krevelen: Können Sie etwas mehr über die notwendige heterogene Verstreckung und den Einfluß der Querspannungen erwähnen? Was ist in dieser Hinsicht heterogen? Außerdem haben Sie immer Gemische von 50:50 Polycarbonat:Baumwolle verglichen mit 50:50 Polyester:Baumwolle. Es ist doch fast die Regel, daß man Gemische von 60:40 verwendet. Der Preis von Polyester ist ja so niedrig geworden, daß man 60:40-Gemische ohne Schwierigkeit benutzen kann.

Falkai: Wenn man die Blättchenebenen der Polycarbonatkette betrachtet, dann ragen aus diesen die Isopropylgruppen heraus. Bei der Verstreckung müssen Sie diese Isopropylgruppen, die eine Kettenverschiebung blockieren, gegeneinander verschieben. Sie müssen daher nach außen gerichtete Querspannungen anlegen, indem Sie eine Kopf-Hals-Einschnürung an einem Punkt verursachen. Die Schwierigkeit bei der Verstreckung der Polycarbonatfaser liegt darin, daß die Strecktemperatur, die oberhalb der Glasübergangstemperatur liegen muß, und der Schmelzpunkt verhältnismäßig nahe beieinander liegen. Man kommt daher sehr rasch in den Schmelzbereich, wo eine homogene Verstreckung stattfindet, also nur eine plastische Verformung ohne Kristallisation.

Zu Ihrer zweiten Frage: Wir haben natürlich auch Mischungen 33:67 und entsprechend 60:40 erprobt. Obwohl es nicht notwendig ist, mehr als 40% Polycarbonatfasern zum Stabilisieren von Baumwolle einzusetzen, haben wir uns bei dieser Testserie auf die Mischung 50:50 festgelegt. Wir hielten es außerdem für unzuverlässig, hier 60% Polyester und 40% Baumwolle oder umgekehrt einzusetzen. Darum haben wir auch bei den Polyestertermischgeweben dieses nichtklassische Mischungsverhältnis 50:50 gewählt.

Herlinger: Herr Dr. von Falkai, Sie haben eine Eigenschaft, die vor allem der Hygiene sehr zuträglich ist, nämlich die Kochbarkeit, angeführt. Mich würde interessieren, wie steht es überhaupt mit der bakteriziden und antimykotischen Wirkung von Polycarbonatfasern? Beim Angriff von Bakterien und Pilzen ist ja eigentlich bei derartigen Fasern zu erwarten, daß an irgendeiner Stelle Phenolgruppen frei werden, wodurch ein bakterizider oder antimykotischer Effekt auftritt. Sind da entsprechende Untersuchungen bereits gemacht? Diese Eigenschaften wären etwas, was bisher ohne Ausrüstung keine Faser aufweisen kann. Falkai: Mir sind vor allem mehrere Arbeiten aus Japan bekannt, in denen diese antibakterielle Wirkung geprüft und sehr positiv beurteilt wurde. Wir haben bei uns dann auch entsprechende Untersuchungen durchgeführt und konnten diese Ergebnisse bestätigen.

Horn: Sie haben vergleichsweise Gewebe aus Polycarbonat und Polyester gezeigt. Waren diese thermofixiert?

Falkai: Natürlich wurden diese Gewebe nach entsprechenden Vorschriften thermofixiert. Die gezeigte starke thermische Verknitterung entstand durch das Kochen, das bei Polyestergeräten sehr ungewöhnlich ist und Sie wahrscheinlich vermuten ließ, daß das Gewebe nicht fixiert wurde. Die bei 60° C ausgeführten Waschversuche zeigten aber, wie in einer Tabelle dargelegt, daß bei der richtig ausgerüsteten und fixierten Ware die Monsanto-Werte zwischen 4,2 und 4,5 liegen und damit in Ordnung sind.

Schlack: Polycarbonate sind verhältnismäßig leicht durch primäre Aminogruppen aminolytisch spaltbar. Nun enthalten Farbstoffe ja Aminogruppen. Besteht die Gefahr, daß bei tiefen Färbungen schon durch den Farbstoff gewisse Spaltungen eintreten können? Kann man das ausnützen, indem man gewisse Di- oder Polyamine auf die Faser ein-

wirken läßt, um dann hinterher sauer färben zu können? Ist eine solche Methode technisch überhaupt durchführbar, ohne größere Schädigung der Faser?

Falkai: Wir haben dazu auch entsprechende Beobachtungen gemacht. Es tritt tatsächlich bei manchen Farbstoffen eine aminolytische Spaltung ein. Darum vielleicht auch die geringere Farbstoffauswahl für die Thermosolfärbung, wo man bei höheren Temperaturen, bei 180–190°, arbeitet. Zu Ihrer zweiten Frage haben wir keine entsprechenden Versuche durchgeführt, dies wäre aber durchaus möglich.

Knöpfel: Was können Sie zu der UV-Stabilität und zu der oxidativen Stabilität der Polycarbonatfaser sagen?

Falkai: Die UV-Stabilität ist besser als die der Polyesterfaser, und die oxidative Stabilität ist etwa gleich. Wir haben Langzeitversuche durchgeführt, um vergleichbare Werte für die Oxidationsstabilität und auch für die UV-Stabilität ohne UV-Absorber zu erhalten. Anschließend wurden entsprechende UV-Absorber eingesetzt, die dann eine zusätzliche Wirkung zeigten, so daß wir praktisch nicht lange genug belichten konnten, um einen Abbau zu beobachten.

Berg: Herr Dr. von Falkai, ich möchte gerne eine Frage stellen, die grundsätzlicher Natur ist und vielleicht sogar ein bißchen weit geht. Erlauben Sie mir den Gegensatz oder die Alternative – Kochbarkeit gegen sehr großen Aufwand für die Färbung – kurz einmal zu diskutieren. Wenn meine Informationen richtig sind, dann kochen wir Wäsche und Bekleidung im wesentlichen nur in Deutschland. In allen anderen Ländern geschieht das nicht. Die Färbbarkeit ist aber eine grundsätzlich wichtige Eigenschaft von Fasern. Die Einsparung von Carriern und Färbekosten ist so wesentlich für die Zukunft, daß ich mich immer wieder frage – solche Diskussionen finden auch in unserem Hause statt –, ist es sinnvoll, Fasern mit einer Glasumwandlungstemperatur weit über 100° zu machen, nur um kochen zu können?

Falkai: Ganz im Gegenteil. Ich möchte diese interessante Frage. Wir diskutieren das genauso in unserem Haus. Ich möchte dazu Herrn Professor Krevelen kurz zitieren. Er hat uns eine Tabelle gezeigt, in der vier Prinzipien aufgeführt waren. Diese waren: der Preis, die Pflegeleichtigkeit, die Zweckmäßigkeit und Dauerhaftigkeit sowie das Aussehen und die Gefälligkeit. Wir haben natürlich auch kalt gewaschen, wie man das heute in den USA macht, und mußten aber immer wieder feststellen, daß das Gewebe einen Grauschleier bekommt. Weiße Wäsche, wie nach dem Kochen, können Sie auf diese Weise nicht erhalten. Aussehen und Gefälligkeit solcher Artikel wären also unbefriedigend.

Bei der Färbbarkeit haben Sie vollkommen recht, daß man einen wesentlich größeren Aufwand treiben muß. Wenn Sie aber die Vorträge von Herrn Professor Philipp betrachten oder auch von Herrn Professor Krevelen, die gezeigt haben, daß man durch Copolymerisation die Faser dem Farbstoff zugänglicher machen kann, so hoffen wir durch Einbau entsprechender Additive – wir haben dazu auch schon einige Versuche angestellt –, die Färbbarkeit der Polycarbonatfaser verbessern zu können. Kochbar wird ein Material allerdings nur dann sein, wenn die Glasübergangstemperatur in Anwesenheit von Wasser noch oberhalb von 100° C liegt. Sie kennen vielleicht die Arbeiten von Herrn Jones aus Manchester, in denen gezeigt wird, daß die Polyamidfaser Nylon 6 eine Glasumwandlungstemperatur in feuchtem Zustand von 0° besitzt. Die Qiana-Faser hat auch eine Umwandlungstemperatur oberhalb von 130°, in Gegenwart von Wasser liegt sie jedoch bei etwa 100° C.

Berg: Ich wünsche Ihnen für Ihre Versuche zur Copolymerisation und zur Senkung von Tg bis in die richtige Gegend sehr viel Erfolg.

Albrecht: Diese Frage ist wirklich von allergrößter Bedeutung. Man muß sich vor Augen halten, daß heute die Chemiefasern nicht mehr irgendeinen Superpreis erzielen, sondern praktisch als ein normaler Rohstoff angesehen werden und auch vom Färber und Ausrüster behandelt werden müssen, so daß natürlich der Preis der Färbung eine zunehmende Bedeutung gewinnt. Aber man muß die verschiedenen Argumente gegeneinander abwägen.

Anonym: Es ist bekannt, und Sie erwähnten auch die Löslichkeit der Polycarbonate in chlorierten Lösungsmitteln, beispielsweise in Methylenchlorid oder Chloroform. Wie ist das Verhalten gegenüber anderen Lösungsmitteln, die in der chemischen Reinigung verwendet werden, wie Trichlor? Ist diese Faser vielleicht daher für die Oberbekleidung nur bedingt einsetzbar, oder gibt es bei der Chemischreinigung keine Probleme?

Falkai: Die Faser besitzt keine Trichloräthylenbeständigkeit und kann daher für die Chemischreinigung, wo man dieses Lösungsmittel benutzt, nicht empfohlen werden, auch die Perchloräthylenbeständigkeit ist nur bedingt gegeben. Das Haupteinsatzgebiet dieser Faser sind aber doch Kochwäschartikel, so daß eine Beständigkeit gegen organische Lösungsmittel, wie sie in der Chemischreinigung benutzt werden, gar nicht benötigt wird.

Köb: Die Herren der Textilindustrie, die hier sind, werden sicher interessiert ein, zu erfahren, ob Polycarbonatfasern schon im großindustriellen Maßstab hergestellt werden.

Falkai: Darf ich vielleicht dazu Herrn Generaldirektor Seidl zitieren. Die Größenordnung einer wirtschaftlich arbeitenden Anlage ist in den letzten 10 Jahren von 6000 auf 20.000 bis 30.000 jato angestiegen. Das ist bei Einführung einer neuen Faser natürlich ein großes Hindernis. Wenn man den Preis betrachtet, so kann ich heute sagen: Für die Herstellung des Polymeren brauchen Sie Bisphenol A, das aus Aceton und Phenol gut zugänglich und preisgünstig ist. Die Verhältnisse sind also ähnlich wie bei der Polyesterherstellung. Daß der Preis der Faser etwas höher liegen muß, wissen wir und nehmen es auch in Kauf, denn die Faserherstellung ist eben wegen des Spinnens aus Lösung etwas aufwendiger.

Steinlin: In Ihrem Vortrag wurde erwähnt, daß man diese Faser optisch aufhellen kann. Wie ist der Weißgrad der rohen Faser ohne optische Aufhellung, und wie ist der Weißgrad nach einer Bleiche ohne optische Aufhellung?

Falkai: Ich habe erwähnt, daß man auch optisch aufhellen kann, weil man heute ein strahlendes Weiß anstrebt, das erfahrungsgemäß ohne Aufhellung nicht zu erzielen ist. Man braucht das hier aber nicht, weil Sie nach der Bleiche ohne weiteres einen entsprechenden Weißgrad erreichen können. Der Rohton der Polycarbonatfaser entspricht durchaus den Wünschen der Verarbeiter.

Albrecht: Vor allem möchte ich Herrn Dr. von Falkai ganz besonders dafür danken, daß er die Frage, die heute morgen schon anklang, nach dem Preis bei der Einführung einer solchen Faser in den Markt hier ganz kritisch betrachtete.

Zum Problem der Wechselwirkung zwischen Faden und Fadenleitorganen bei schnell laufenden Textilmaschinen

Dipl.-Phys. H. Linz
Emmenbrücke/Schweiz

Über den Einfluß des Fadenmaterials, des Materials des fadenberührenden Maschinenteils sowie der Garnpräparationen auf den Fadenlauf liegt hinreichend viel Literatur vor. Darin wird im allgemeinen die Oberflächenbeschaffenheit von Maschinenteilen als zeitlich konstant vorausgesetzt. Auf Grund der Steigerung der Verarbeitungsgeschwindigkeiten in der Textilindustrie und der damit verbundenen höheren Abrasion ist diese Voraussetzung nicht mehr in allen Fällen erfüllt. Darum erweist es sich als notwendig, die Oberflächenstruktur der fadenberührenden Maschinenteile als laufbestimmende Parameter mitzuberücksichtigen. Eine umfassende Kenntnis über die Oberflächenstruktur von Fadenleitorganen ergibt die Möglichkeiten,

- über das Reibungsverhalten schlechthin eine Voraussage zu treffen,
- Abnutzungserscheinungen rechtzeitig zu erkennen sowie
- das Aufarbeiten gebrauchter oder die Anfertigung neuer Maschinenteile hinreichend genau zu kontrollieren.

Anhand einer Übersicht über die allgemein gebräuchlichen Meß- und Prüfmethode zur Beurteilung von Oberflächenstrukturen wird gezeigt, daß die in den verschiedenen DIN- und ASA-Vorschriften fixierten Kenngrößen für die Beschreibung von Oberflächen nur bedingt ausreichen. Es handelt sich hierbei vorwiegend um Größen zur Beschreibung von Gestaltsabweichungen vom jeweils idealen geometrischen Profil, ohne daß dabei Wesentliches über die Art und Weise dieser Gestaltsabweichungen ausgesagt wird. Leider sind auch die bisher handelsüblichen Meßgeräte in erster Linie zur Erfassung eben dieser Kenngrößen konstruiert, so daß zusätzliche Informationen durch aufwendiges Ausmessen der überhöht gezeichneten Profilkurve gewonnen werden müssen.

Erst durch den Einsatz von elektronischen Großrechnern für die numerische Auswertung solcher Oberflächenstrukturen erhält man auf rationelle Weise eine Reihe zusätzlicher Informationen, die es gestatten, zwei verschiedene Oberflächenstrukturen voneinander zu unterscheiden, obwohl sie durch die entsprechenden DIN-Kenngrößen als gleich beschrieben sind.

EINLEITUNG

Unabhängig von der Entwicklung neuer Chemiefasern brachte die Textilmaschinenindustrie im Laufe der Jahre Maschinen mit immer höheren Verarbeitungsgeschwindigkeiten auf den Markt. Jeder Textilverarbeiter, angefangen beim Faserproduzenten bis hin zum Hersteller des endgültigen textilen Flächengebildes, kennt die Probleme, welche mit der Inbetriebnahme eines neuen Maschinentyps verbunden sind. Es wird immer wieder die Erfahrung gemacht, daß ein Garn, welches seit langer Zeit problemlos im gleichen Betrieb verarbeitet worden ist, beim Einsatz auf einer neuen und schnelleren Maschine nicht tolerierbare Fadenbruchzahlen aufweist. Das heißt, parallel mit der Steigerung der Verarbeitungsgeschwindigkeit tritt auch eine Erhöhung des Fadenspannungsniveaus ein. Die in einem solchen Falle erforderlichen Optimierungsarbeiten zur Erniedrigung der Fadenspannung sind erfahrungsgemäß zeitraubend und mit relativ hohen Kosten verbunden, da sie häufig eine enge Zusammenarbeit mit dem Maschinenlieferanten einerseits und mit Lieferanten des Garnmaterials andererseits erfordern. Außerdem kann die neue und teurere Maschine erst nach einer entsprechend langen Anlaufzeit in ihrer Kapazität voll ausgenutzt werden.

A sufficient amount of literature is available concerning the effect exerted on yarn-passage by the material of the running thread, the material of machine-parts contacting the yarn and the yarn-finishes. In these publications, the surface-quality of machine-parts is usually assumed to be constant, independently of time. In view of rising processing speeds employed by the textile industry, and resultant increases in abrasion, this assumption is no longer universally applicable. Hence the surface-structure of thread-guiding machine-parts must be counted among the parameters determining running conditions. Comprehensive knowledge concerning the surface-structure of yarn-guides permits:

- predicting the friction-behaviour in general;
- time recognition of wear; and
- adequate precision in assessing the need of reconditioning used, or making new machine-parts.

A survey of the test-methods customarily used in assessing surface-structures reveals that the indices laid down in the various DIN und ASA regulations do not necessarily suffice to define the surface quality. These indices are mainly fit to describe formal deviations from the geometric profile representing the ideal in any given case, but are not essentially conclusive of the manner of such formal deviation. Unfortunately, the test instruments commercially available at this time are primarily designed to measure just these indices, and costly measurements of the super-elevated profile-curve are necessary to obtain additional information.

It takes electronic computers for the numerical evaluation of such surface-structures to obtain, in an economical way, a number of additional items of information, which permit a distinction between two different surface-structures though the corresponding DIN indices describe them as being identical.

Es wäre daher wünschenswert, ein Verfahren zu besitzen, mit welchem man bereits vor der Inbetriebnahme einer solchen neuen Maschine Aussagen über die Laufeigenschaften, insbesondere über die Fadenspannungsverhältnisse eines Garnes auf dieser, machen könnte. Damit wäre allen Beteiligten die Möglichkeit gegeben, entweder schon in der Konstruktionsphase kritische Fadenleitorgane speziell zu dimensionieren oder rechtzeitig zur Inbetriebnahme ein entsprechend modifiziertes Garn zur Verfügung zu haben.

Es soll im nachfolgenden Beitrag versucht werden, einen Weg für die Lösung dieses Problems aufzuzeigen. Konkret stellt sich dabei die Aufgabe, die das Reibungsverhalten zwischen Faden und Fadenleitorgan bestimmenden Parameter durch eine Anzahl von Maßzahlen umfassend zu beschreiben.

Reibung tritt überall dort auf, wo sich zwei Körper mit unterschiedlicher Oberflächengeschwindigkeit berühren. Unabhängig davon, ob nun ein Faden durch ein Nadelöhr läuft, eine Fadenbremse passiert oder auch nur in seiner Laufrichtung umgelenkt wird, sind die physikalischen Vorgänge überall gleich. Das prinzipielle sei daher zunächst ohne Beschränkung der Allgemeinheit am Beispiel der Umlenkung des Fadens an einem zylindrischen Stift erläutert.

REIBUNGSVERHALTEN ZWISCHEN FADEN UND FADENFÜHRER

Einfluß der Meßparameter

Jede Berührung eines laufenden Fadens mit einem Fadenführer hat eine Erhöhung der Fadenspannung zur Folge (Abb. 1).

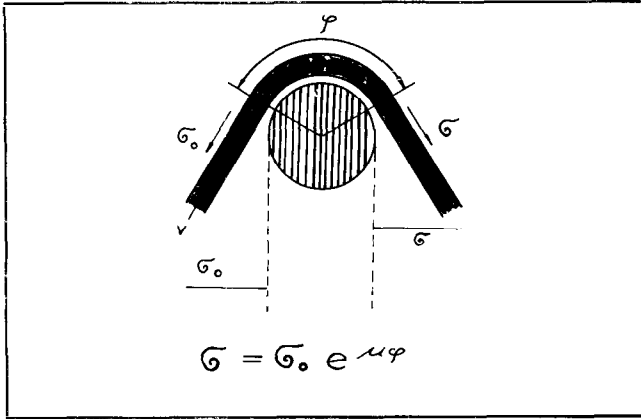


Abb. 1: Fadenspannungsänderung am Umlenkstift

Beschrieben wird diese Fadenspannungsänderung durch die sogenannte Seilreibungsformel:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot e^{\mu \varphi}$$

wobei

- σ_0 = Fadenspannung vor dem Fadenführer,
- σ = Fadenspannung nach dem Fadenführer,
- φ = Umschlingungswinkel im Bogenmaß
- μ = Reibungskoeffizient sind.

Der Reibungskoeffizient μ ist der eigentliche Wechselwirkungsparameter für die Reibung zwischen Faden und Fadenführer. Er besitzt für jede beliebige Kombination von zwei verschiedenen oder gleichen Materialien einen spezifischen Wert. Allerdings ist seine Aussagekraft nach dieser Definition äußerst gering, da er noch einen ganzen Satz weiterer Meßparameter impliziert. So ist z. B. in der oben abgegebenen Formel die Fadengeschwindigkeit überhaupt nicht berücksichtigt. Und dabei übt die Geschwindigkeit bzw. die Relativgeschwindigkeit zwischen Faden und Fadenführer einen entscheidenden Einfluß auf Fadenspannung aus. Abb. 2 zeigt einen deutlichen logarithmischen Zusammenhang zwischen Reibungskoeffizienten und der Fadengeschwindigkeit.

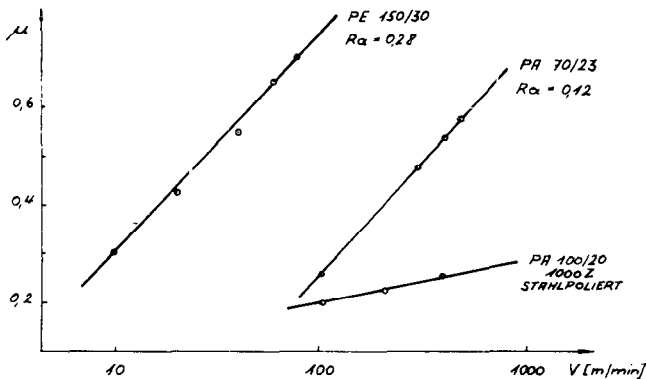


Abb. 2: Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten zwischen Faden und Fadenführer von Fadengeschwindigkeit

Abgesehen von den im Reibungskoeffizienten implizierten Meßparametern hat es sich auch noch gezeigt, daß die aus

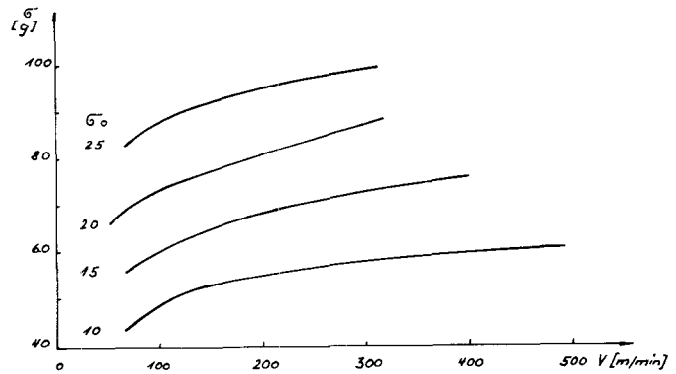


Abb. 3: Abhängigkeit der Abzugsspannung von der Fadenlaufgeschwindigkeit bei verschiedenen Vorspannungen¹

dem Maschinenbau entlehnte Seilreibungsformel für die hier zu diskutierenden Fälle gar nicht anwendbar ist. Untersuchungen über den Einfluß der Vorspannung auf das Reibungsverhalten haben zwar einen Anstieg der Abzugsspannung mit der Vorspannung gezeigt (Abb. 3)¹. Rechnet man jedoch die Ergebnisse auf den Reibungskoeffizienten zurück, so stellt man eine deutliche Abhängigkeit zwischen Vorspannung und Reibungskoeffizienten fest (Abb. 4).

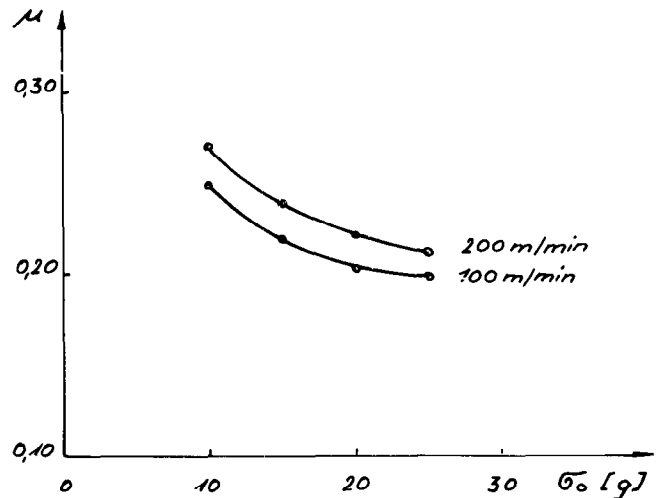


Abb. 4: Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten von der Vorspannung bei verschiedenen Geschwindigkeiten

Durch diese beiden Beispiele schließen wir auf die Notwendigkeit, ein anderes mathematisches Modell für das Reibungsverhalten zwischen Faden und Fadenführer zu kreieren, welches wir in der allgemeinen Form schreiben wollen:

$$\sigma = f(\mu^* \cdot P_1 \dots P_j)$$

Dieses Modell soll für die resultierende Fadenspannung den Einfluß sämtlicher Meßparameter P_i berücksichtigen, wie Geschwindigkeit, Vorspannung, Umschlingungswinkel, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Makrogeometrie des Reiborgans usw. Damit ist der Reibungskoeffizient μ^* auf eine von den Meßbedingungen vollkommen unabhängige Wechselwirkungsgröße zurückgeführt, welche für jede beliebige Materialpaarung einen spezifischen Wert besitzt. Dieses Modell würde die Möglichkeit bieten, die Folgen, welche mit der Änderung des einen oder anderen Betriebsparameters auf einer Verarbeitungsmaschine zusammenhängen, im voraus abzuschätzen.

Unsere Aufgabe kann mit der Ermittlung dieser Zusammenhänge noch nicht als gelöst betrachtet werden, da es sich bei der auf diese Weise explizit dargestellten Wechselwirkungsgröße μ^* immer noch nicht um eine Konstante in physikalischem Sinne handelt. Wir können beispielsweise noch nicht

sagen: Es gibt einen bestimmten Reibungskoeffizienten für die Paarung Polyamid – Keramik.

Denn wie als nächstes gezeigt werden soll, spielt zusätzlich zu den eigentlichen Materialeigenschaften auch noch die topographische Oberflächenbeschaffenheit sowohl des Garns als auch des Fadenführers eine entscheidende Rolle.

Einfluß der Oberflächenstruktur

Es ist bekannt, daß der Reibungskoeffizient zwischen einem Synthesefaden und einem bestimmten Fadenführer wesentlich andere Werte annehmen kann, wenn man den Faden z. B. zwirnt oder texturiert. Ebenso kann man durch die Verwendung unterschiedlich aufgerauhter Fadenführermaterialien die Fadenspannung bei der Verarbeitung glatter Endlosfäden in weiten Grenzen beeinflussen. Das bedeutet aber, daß unsere Wechselwirkungsgröße μ^* für das Reibungsverhalten noch mindestens zwei materialbedingte Parameter enthält. Wir müssen daher noch eine weitere Funktion für die Bestimmung des Reibungskoeffizienten postulieren:

$$\mu^* = f(\mu_0, \Gamma_F, \Gamma_R)$$

worin Γ_F und Γ_R die Parameter zur Beschreibung der Oberflächenstruktur des Fadens bzw. des Reibungsgliedes sind. Allerdings trifft man hier auf eine Schwierigkeit. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Meßparametern gibt es für die zahlenmäßige Beschreibung von Oberflächenstrukturen, wie wir nun zeigen werden, noch kein brauchbares System.

Abb. 5 zeigt die funktionale Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten vom Zwirn eines Endlosfadens. Da ein gezwirnter Endlosfaden eine geometrisch regelmäßige Oberflächenstruktur aufweist, sollte in diesem Falle der Parametersatz Γ_F durch die Angabe von Gesamtziter, Anzahl Einzelfibrillen und des Tourenverhältnisses hinreichend genau beschrieben sein.

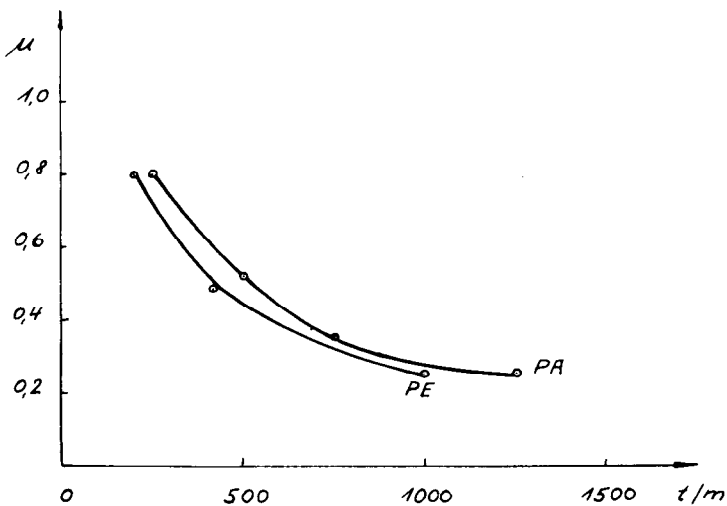


Abb. 5: Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten vom Zwirn des Garnes

Demgegenüber handelt es sich aber bei Oberflächen von Fadenführermaterialien fast ausschließlich um strukturierte Oberflächen. Die Beschreibung solcher Strukturen kann daher nur unter Benutzung entsprechender statistischer Maßzahlen erfolgen. Eine dieser Maßzahlen, wiederum aus dem Maschinenbau entlehnt, ist der „Mittenrauhwert“². Abb. 6 illustriert den Zusammenhang zwischen diesem Mittenrauhwert verschiedener Keramikstifte und dem Reibungskoeffizienten. Es hat hier den Anschein, als gäbe es einen überschaubaren funktionalen Zusammenhang zwischen Mittenrauhwert und Reibungsverhalten. Hingegen ist in einer neueren Publikation nachgewiesen worden¹, daß dieser Zusammenhang nicht eindeutig ist (Abb. 7). Der Reibungskoeffizient kann bei vorgegebenem Mittenrauhwert sehr unterschiedliche Werte besitzen, je nachdem, ob der Mittenrauhwert durch

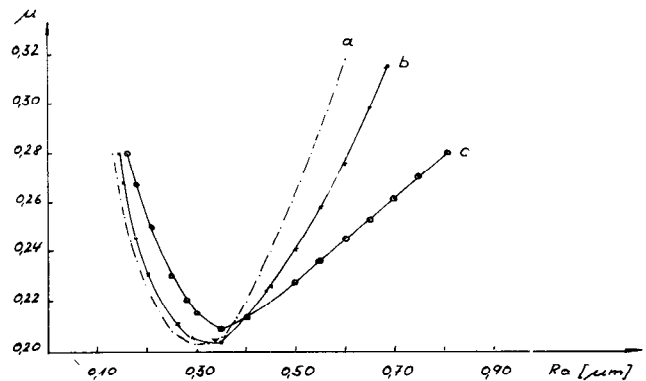


Abb. 6: Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten vom Mittenrauhwert verschiedener Keramikstifte

Polieren oder durch Aufrauen der Oberfläche eingestellt worden ist.

Das wirft die Frage auf, was der Mittenrauhwert über die Struktur einer Oberfläche aussagt.

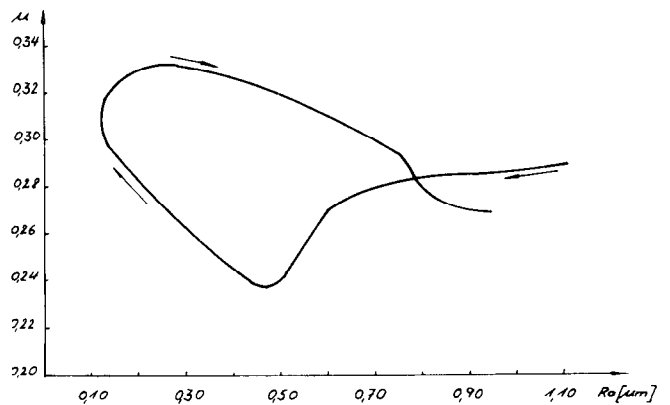


Abb. 7: Beeinflussung der Reibungskoeffizienten durch den Mittenrauhwert in Abhängigkeit von der Bearbeitungsmethode¹

BESCHREIBUNG VON OBERFLÄCHENSTRUKTUREN

Abb. 8 zeigt einen stark überhöht gezeichneten Ausschnitt aus einem Profilschnitt einer statistisch gerauhten Oberfläche. Dieses Istprofil wird parallel zum idealen geometrischen Profil nach oben und unten abgegrenzt durch das Bezugs- und Grundprofil. Zwischen diesen beiden wird das mittlere Profil so hineinkonstruiert, daß die Summe der werkstoffgefüllten

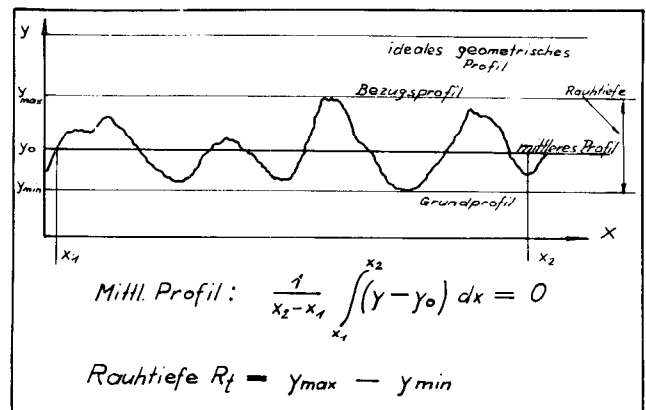


Abb. 8: Bezugssystem zur Beurteilung von rauhen Oberflächen

Profilteile oberhalb und die Summe der werkstofffreien Profilteile unterhalb des mittleren Profils gleich sind²:

$$\frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} (y - y_0) dx = 0$$

Senkrecht zu diesem mittleren Profil wird die Abweichung des Istprofils gemessen. Der integrale Mittelwert der absoluten Abweichung wird als Mittenrauhwert bezeichnet (Abb. 9):

$$R_a = \frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} (|y - y_0|) dx.$$

Es ist leicht einzusehen, daß der so definierte Mittenrauhwert nur sehr wenig über den tatsächlichen Verlauf des Istprofils aussagt, da er keine Information über die Art der Abweichung vom mittleren Profil enthält. Eine Verdopplung der Anzahl Erhöhungen und Vertiefungen des Istprofils auf dem gleichen Längenabschnitt würde sich beispielsweise überhaupt nicht im Mittenrauhwert niederschlagen.

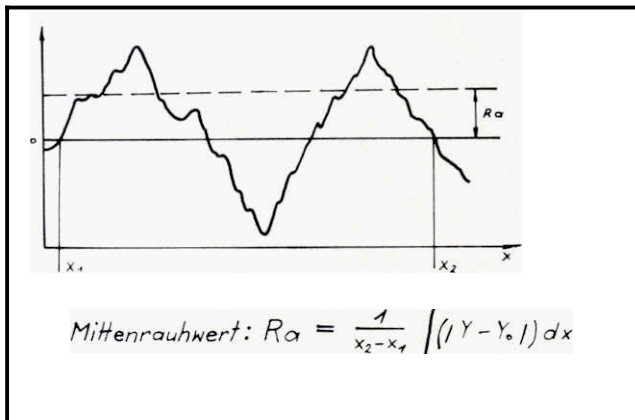


Abb. 9: Zur Definition des Mittenrauhwertes

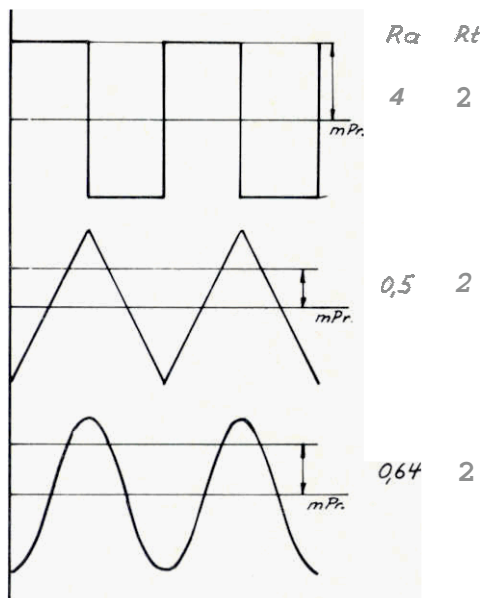


Abb. 10: Abhängigkeit des Mittenrauhwertes von der Gestalt des Istprofils bei konstanter Rauhtiefe

Außerdem kann man innerhalb einer vorgegebenen Rauhtiefe unter Verwendung verschiedener regelmäßiger geometrischer Figuren Profile mit den unterschiedlichsten Mittenrauhwerten konstruieren (Abb. 10). Umgekehrt können Profile mit dem gleichen Mittenrauhwert in ihren Einzelheiten so stark voneinander abweichen, daß krasse Unterschiede im Reibungsverhalten auf der Hand liegen (Abb. 11). Um also eine

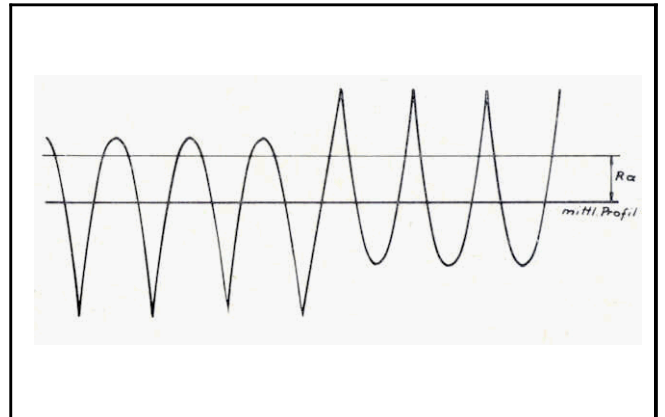


Abb. 11: Unsymmetrische Profile mit gleichem Mittenrauhwert

strukturierte Oberfläche mit Hilfe numerischer Parameter zu beschreiben, bedarf es zusätzlich zum Mittenrauhwert noch entsprechender Maßzahlen, welche über die Art der Abweichung des Istprofils vom mittleren Profil umfassend informieren. Bevor wir jedoch solche Maßzahlen im einzelnen definieren können, müssen wir die allgemein üblichen Methoden zur Beurteilung und Ausmessung von Oberflächenstrukturen kurz behandeln.

UNTERSUCHUNGSMETHODEN FÜR AUFGERAUHTE OBERFLÄCHEN

Das nächstliegende Verfahren zur Untersuchung solcher Mikrostrukturen, wie sie bei den zur Diskussion stehenden Oberflächen vorliegen, ist die Mikrophotographie (Abb. 12).

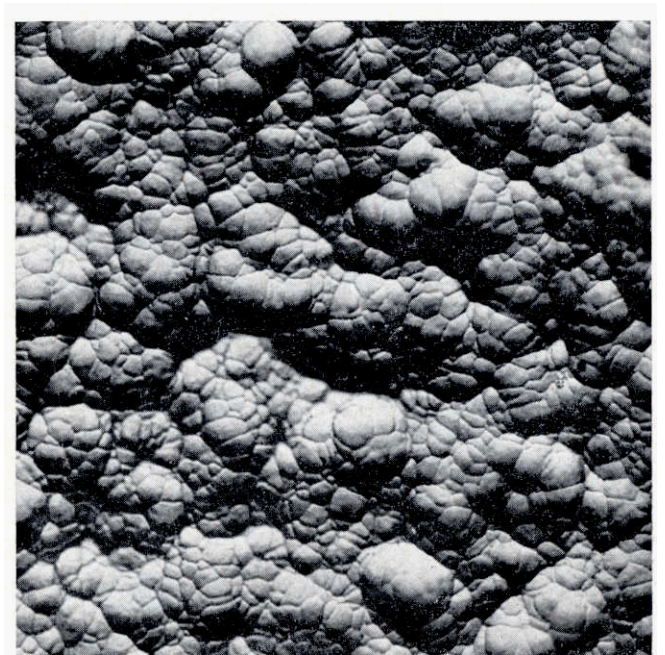


Abb. 12: Oberflächenabdruck einer manverchromten Oberfläche in schiefer Beleuchtung

Mit diesem Verfahren kann man relativ feine Strukturen von nur wenigen Mikrometern lateraler Ausdehnung sehr gut sichtbar machen. Durch entsprechende Kontrastierungsverfahren kann man außerdem speziell interessierende Detailstrukturen besonders hervorheben. Abb. 13 zeigt in differentiellem Interferenzkontrast links eine neue mattverchromte Oberfläche und rechts die gleiche Fläche mit den typischen Abrasionsspuren im Interferenzkontrast.

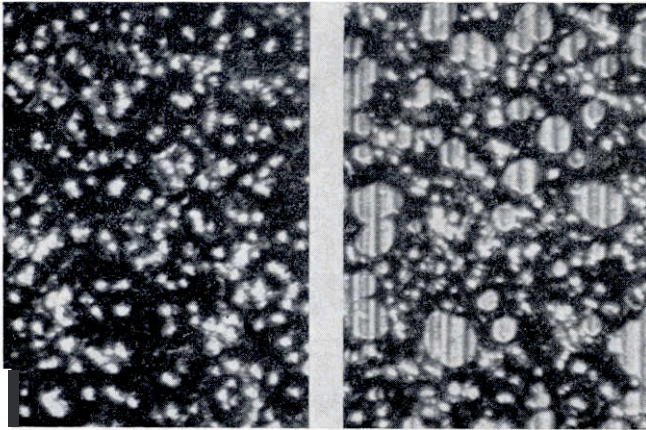


Abb. 13: Mattverchromte Oberfläche neu und mit Abrasionsspuren im Interferenzkontrast

Unter Benutzung von monochromatischem Licht kann man im Auflicht-Interferenz-Verfahren die an sich dreidimensionale Oberfläche wie bei einer topographischen Karte mit einem System von Höhenschichtlinien überziehen, deren senkrechter Abstand gleich der halben Wellenlänge des benutzten Lichtes ist (Abb. 14).



Abb. 14 Auflicht-Interferenzaufnahme einer mattverchromten Oberfläche (mit freundlicher Genehmigung der Maschinenfabrik Rieter, Winterthur)

Alle diese mikroskopischen Verfahren liefern einen sehr guten visuellen Eindruck von den zu untersuchenden Strukturen. Anhand eines Mikrophotos kann man ohne Schwierigkeiten solche Strukturen verbal bis in das kleinste Detail beschreiben. Aber eine physikalische Größe, welche als Variable das Reibungsverhalten eines so strukturierten Fadenführers mit einem Faden funktional beeinflusst, läßt sich daraus nicht gewinnen.

Die einzige bis heute gebräuchliche quantitative Untersuchungsmethode ist die Verwendung von Tastschnittgeräten. Solche Geräte sind mit einem sehr feinen Fühler versehen, welcher mit konstanter Geschwindigkeit längs einer definierten Linie über die Oberfläche bewegt wird. Die vertikalen Auslenkungen, welche die Tastnadel bei dieser Bewegung durch die Oberflächenstruktur erfährt, wird in ein der Auslenkung proportionales elektrisches Signal umgewandelt. Dieses zeitlich veränderliche Signal wird über einen kalibrierten Verstärker einem x-t-Schreiber zugeführt, welcher ein stark überhöhtes aber maßstabgetreues Abbild der Oberflächenstruktur aufzeichnet (Abb. 15). Diese Tastschnittgeräte sind zu einer Präzision entwickelt, daß es ohne weiteres möglich ist, Strukturen von weniger als 0,1 Mikrometer Höhendifferenz gut aufzulösen. In der Regel besitzen solche Geräte zusätzlich noch eine analoge Rechenschaltung, welche das Meßsignal über ein entsprechendes Zeitintervall integriert und anschließend den Mittenrauhwert direkt zur Anzeige bringt. Damit ist der erste Schritt zu einem rationellen quantitativen Meßverfahren für Oberflächenstrukturen gemacht, denn wollte man diesen Mittenrauhwert ohne elektrischen Rechner ermitteln, so würde diese Arbeit viele Stunden beanspruchen. Wir haben jedoch vorher gesehen, daß die Angabe des Mittenrauhwertes allein nur sehr wenig über den tatsächlichen Profilverlauf aussagt.

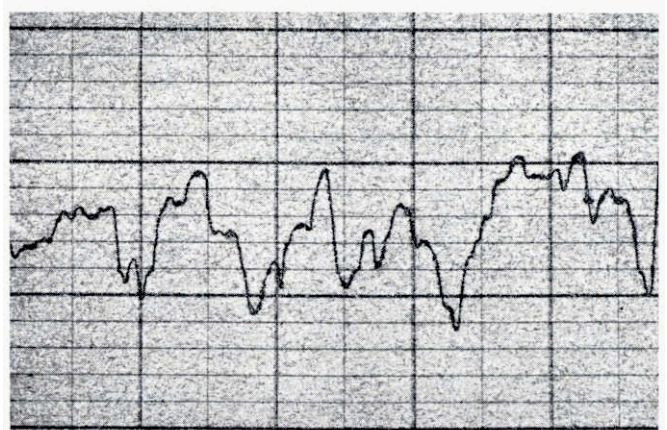


Abb. 15: Registrierkurve eines Tastschnittgerätes

Es bedarf zur numerischen Beschreibung solcher weitgehend statistisch unregelmäßiger Strukturen noch einiger weiterer statistischer Maßzahlen, welche man nur durch weitere entsprechende Analyse des Oberflächendiagramms selbst erhalten kann. Solche Analysen sind aber sehr arbeitsintensiv und zeitraubend, denn letztlich muß man ja das Diagramm über eine beträchtliche Länge Punkt für Punkt ausmessen, die Koordinaten jedes Punktes in einer Tabelle zusammenfassen und diese Tabelle dann wieder Schritt für Schritt nach bestimmten Kriterien interpretieren. Um diese Aufgabe rationell und zufriedenstellend zu erfüllen, was für den Einsatz des Verfahrens für Kontrollmecke die unumgängliche Voraussetzung ist, bedarf es zweierlei:

1. Eine Einrichtung, welche automatisch ein solches Oberflächendiagramm ausmißt, digitalisiert und in einer Form speichert, die eine direkte Weiterverarbeitung ermöglicht.
2. Eine elektronische Datenverarbeitungsanlage, welche mit Hilfe eines speziellen Rechenprogramms diese Zahlentabelle auf die gewünschte Weise analysiert und einige wenige statistisch gesicherte Maßzahlen daraus gewinnt.

AUTOMATISCHE DATENERFASSUNG

Abb. 16 gibt einen Überblick über verschiedene Methoden der Datenerfassung. Wir selbst haben zu Beginn unserer Untersuchungen die Oberflächendiagramme eines Tastschnittgerätes mit einem Mikroskop Schritt für Schritt ausgemessen. Die Meßwerte wurden auf Lochkarten übertragen und dann in einer EDV-Anlage verarbeitet. Eine Automatisierung der Meßwert-erfassung war nur möglich, wenn man anstelle der Lochkarten einen endlosen Datenträger wie Lochstreifen oder Magnetband benutzt. Ferner sollte als Meßgröße ein elektrisches

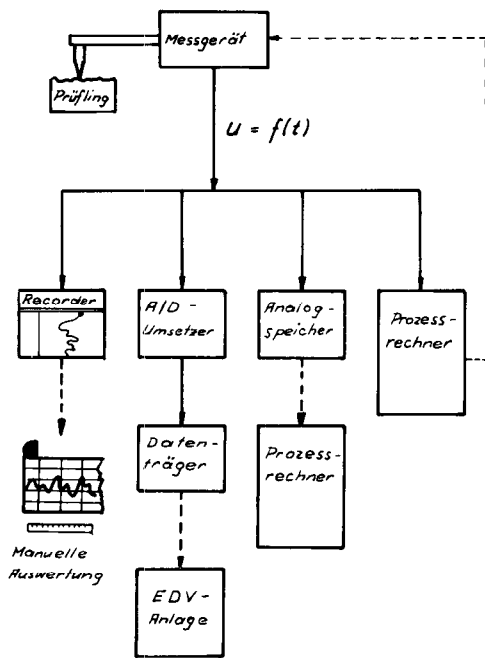


Abb. 16: Schematische Darstellung verschiedener Datenerfassungssysteme

Signal anstehen. Als elektrisches Signal benutzen wir das Ausgangssignal des Oberflächenprüfgeräts, dessen Spannung direkt proportional zur vertikalen Auslenkung der Tastspitze ist. Als Datenträger wählten wir einen Lochstreifen. Da der uns zur Verfügung stehende Lochstreifenstanzer nicht schnell genug war, um ihn direkt an das Meßgerät anschließen zu können, benutzen wir zusätzlich einen Analogzwischen-speicher. Wir registrierten das Meßsignal zunächst auf einem Analog-Magnetbandgerät unter Benutzung der höchsten zur Verfügung stehenden Bandgeschwindigkeit. Zur Digitalisierung reproduzierten wir das Meßsignal mit einer der Digitalisierungseinrichtung angepaßten geringeren Bandgeschwindigkeit. Der erhaltene Lochstreifen wurde dann einer EDV-Anlage zur Verarbeitung ohne weitere manuelle Behandlung eingelesen. Bei Benutzung eines Digitalmagnetbandes als Datenträger kann man auf die Zwischenspeicherung des Analogsignals verzichten. Computercompatible Magnetbandstationen besitzen so hohe Schreibgeschwindigkeiten, daß solche Digitalisierungseinrichtungen direkt an das Meßgerät angeschlossen werden können³. Damit kann das Meßsignal in zeitlich so kurzen Intervallen digitalisiert werden, welche einem Tastweg des Prüfgerätes von nur einem Bruchteil eines Mikrometers entsprechen.

Mit dem Einsatz von Prozeßrechnern, Computern, welche zur Überwachung und Steuerung von Produktionsanlagen eingesetzt werden, ergeben sich völlig neue Möglichkeiten zur Erfassung und Auswertung unserer Oberflächenstrukturen. Prozeßrechner besitzen als Interface-Einheit in der Regel sehr schnelle Analog-Digital-Umsetzer, so daß sie in der Lage sind, ein auch zeitlich schnell veränderliches Meßsignal in sehr kurzen Zeitabständen zu erfassen und die Meßwerte digital abzuspeichern. In der Regel sind solche Rechner mit den reinen Überwachungs- und Steuerungsfunktionen zeitlich nur sehr unvollkommen ausgelastet. Sie bieten daher die Möglichkeit als Hintergrundarbeit dann, wenn keine prozeßorientierten Funktionen verlangt werden, die erfaßten Meßdaten selbst auszuwerten. Es erübrigt sich dann die Ausgabe der Meßdaten auf irgendeinen Datenzweischenträger.

In unserem Falle kann das Meßgerät nicht direkt an den zur Verfügung stehenden Prozeßrechner angeschlossen werden. Wir benutzen wie vorher wieder als Analogzwischen-speicher das Magnetband-Registriergerät, jedoch jetzt nicht mehr zur Zeitdehnung, sondern zur Zeitraffung. Das heißt, wir registrieren das Meßsignal ab Oberflächentaster mit niedriger Bandgeschwindigkeit und geben das Signal mit sehr viel höherer Geschwindigkeit dem Prozeßrechner ein. Auf diese Weise wird für die Digitalisierung und Abspeicherung eines Ober-

flächendiagramms durch den Rechner nur ein Bruchteil der Zeit benötigt, welche zur Ausmessung des Prüflings durch das Meßgerät gebraucht wird.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß es auch möglich ist, das Meßgerät direkt an den Prozeßrechner so anzuschließen, daß nicht nur die Datenerfassung direkt erfolgt, sondern daß der Rechner auch noch die Steuerung des Meßgerätes übernimmt⁴.

PROGRAMMIERTE AUSWERTUNG AN OBERFLÄCHENDIAGRAMMEN

Nachdem nun die Meßkurve in Form einer langen Zahlen-tabelle, in unserem Falle ca. 6000 Meßwerte, irgendwo im Bereich einer EDV-Anlage abgespeichert ist, ist es nur noch eine Frage des Auswertprogramms, welche Informationen daraus entnommen werden. Unser „Software-Paket“ teilt sich in drei Hauptabschnitte:

1. Regressionsanalyse aller Meßwerte,
 2. Grob- und Feinstrukturanalyse des Kurvenverlaufs,
 3. Schnittanalyse.
1. Zur Korrektur einer eventuellen Nullpunktdrift des Oberflächenprüfgerätes wird zunächst eine Regressionsanalyse über alle Meßwerte durchgeführt. Die dabei errechnete Gleichung der Regressionsgeraden ist definitionsgemäß identisch mit dem mittleren Profil. Im Anschluß daran werden die Koordinaten aller Meßpunkte durch eine Koordinatentransformation auf die Regressionsgerade bezogen. Gleichzeitig werden die oben definierten Abstände des Grund- und Bezugsprofils vom mittleren Profil sowie der Mittenrauhwert bestimmt (Abb. 8 und 9).
 2. Über die Art des Verlaufs des Istprofils erhalten wir durch die Grob- und Feinstrukturanalyse Aufschluß. In deren Verlauf wird die Meßkurve Punkt für Punkt abgetastet und nach verschiedenen Kriterien analysiert:
 - a) Als Grobstruktur bezeichnen wir die aufeinanderfolgenden Teile des Istprofils, welche zwischen je zwei Schnittpunkten mit dem mittleren Profil liegen (Abb. 17). Diese Teile bilden jeweils entweder ein Maximum oder ein Minimum mit dem mittleren Profil als Basislinie. Von jedem Maximum und Minimum werden die folgenden geometrischen Kenngrößen erfaßt:

Abstand des höchsten bzw. tiefsten Punktes vom mittleren Profil, Länge der Basislinie, Flächeninhalt, mittlere Flankensteilheit, Abstand vom vorgehenden Maximum oder Minimum sowie der „Formfaktor“. Als Formfaktor definieren wir das Verhältnis des Flächeninhalts eines Maximums oder Minimums zum Flächeninhalt eines Dreiecks mit gleicher Basisbreite und -höhe. Alle diese Maßzahlen werden zuletzt getrennt für Maxima und Minima statistisch ausgewertet und als Mittelwert zusammen mit Fehlerbereich und Streuung ausgedruckt. Die Streuung der einzelnen Werte gibt eine gute Information über die Regelmäßigkeit des Oberflächenprofils.

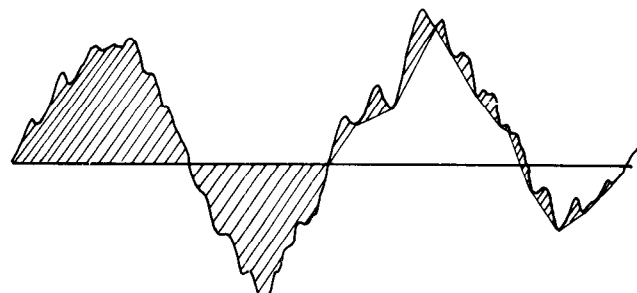


Abb. 17: Zur Definition von Grobstruktur und Feinstruktur

- b) Als Feinstruktur bezeichnen wir die Art der aufeinanderfolgenden Profiltile, welche zwischen je zwei Minima des Istprofils liegen. Ein Minimum befindet sich definitionsgemäß dort, wo der Differentialquotient des Istprofils von negativen zu positiven Werten umschlägt (Abb. 17).

Von jeder dieser Mikroerhebungen werden ebenfalls die Maßzahlen für die Höhe über der Verbindungslinie der benachbarten Minima, die auf das mittlere Profil projizierte Basisbreite und der Flächeninhalt bestimmt. Zusätzlich wird noch im Maximum jeder Mikroerhebung der Radius des Krümmungskreises bestimmt. Auch diese Meßwerte werden nach abgeschlossener Kurvenanalyse statistisch ausgewertet.

3. Durch die Schnittanalyse erhalten wir eine detaillierte Information über die integrale Materialverteilung innerhalb des Istprofils. Parallel zum mittleren Profil werden in äquidistanten Höhen Schnitlinien durch das Istprofil konstruiert. Für jede Schnitlinie wird Längenanteil bestimmt, welcher durch materialerfüllte Teile des Istprofils verläuft. Relativiert man diesen Längenanteil auf die Gesamtlänge des Schnittes, so erhält man den Profiltraganteil². Er ist ein Maß für die durch Polieren erreichbare Kontaktlänge mit einem das Profil berührenden ideal flachen Körper. Gleichzeitig mit dem Profiltraganteil wird noch festgestellt, wie häufig die Schnitlinie materialerfüllte Profileile schneidet.

Diese sogenannte Rillenzahl⁵ ergänzt die Angabe der Kontaktlänge durch das mittlere Profil um die Angabe der Anzahl der Kontaktstellen.

Der Verlauf des Profiltraganteils und der Rillenzahl als Funktion von der Schnitttiefe gibt einen sehr guten Überblick über die Materialverteilung innerhalb des Istprofils. Eine graphische Darstellung dieser Größen erlaubt auch eine gute Differenzierung zwischen zwei verschiedenen Oberflächenstrukturen, welche anhand des Mittenrauhwertes allein nicht voneinander unterschieden werden können (Abb. 18).

ZUSAMMENFASSUNG

Im vorstehenden Beitrag wurde gezeigt, daß es auf Grund der ständig steigenden Verarbeitungsgeschwindigkeiten moderner Textilmaschinen notwendig ist, über das Reibungsverhalten zwischen Faden und Fadenleitorganen besser als bisher Bescheid zu wissen. So besteht ein echtes Bedürfnis, den Reibungskoeffizienten, wie er als Wechselwirkungsgröße durch die Seilreibungsformel definiert ist, durch eine stoffspezifische Paarungskonstante zu ersetzen. Dazu bedarf es eines mathematischen Modells, welches sowohl die Einflüsse sämtlicher Meßparameter als auch die der Oberflächenstruktur berücksichtigt. Da es bisher noch kein Verfahren gibt, welches Oberflächenstrukturen durch einen Satz von Parametern zu beschreiben erlaubt, wurde der Versuch unternommen, durch den Einsatz automatischer Datenerfassungs- und Datenverarbeitungsanlagen zu statistischen Maßzahlen zu gelangen, welche in einem funktionalen Zusammenhang mit dem Reibungsverhalten zwischen Faden und Fadenleitorganen stehen.

Literatur:

- 1) M. P. Davis, C. M. Grether: Modern Textiles, März 1971, S. 61
- 2) DIN - 4761
- 3) Privatmitteilung, Maschinenfabrik Rieter, Winterthur
- 4) K. Chakravarti, A. C. Moody, J. D. Psaras, 8 Annual Synthetic Fibre Symposium, Williamsbourg, April 1971, Preprint
- 5) H. Wolff in E. A. W. Müller: Handbuch der zerstörungsfreien Materialprüfung, Bd. VII, München (1970)

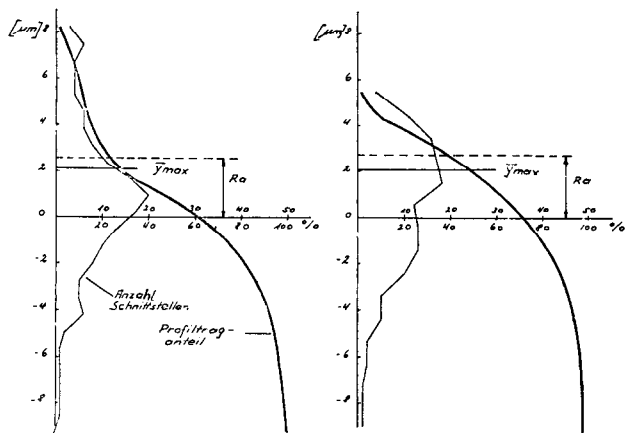


Abb. 18: Profiltraganteil und Rillenzahl als Funktion der Schnitttiefe

ANWENDUNGSBEISPIELE

Dieses hier beschriebene Datenerfassungs- und Auswerteverfahren für Oberflächenstrukturen haben wir inzwischen mit Erfolg für die Definition von für besondere textiltechnische Verfahren spezifische Oberflächen eingesetzt. Es gab uns die Möglichkeit, aus einem breiten Angebot von unterschiedlichen Oberflächenstrukturen die richtigen Strukturen auszuwählen und dadurch Optimierungsarbeiten bei der Inbetriebnahme von Neuanlagen abzukürzen.

Darüber hinaus wird diese Art der Untersuchung für die Beurteilung von Verschleißerscheinungen, wie sie infolge der Abrasion überall auftreten, eingesetzt.

Wir sind bei unserem heutigen Wissen leider noch nicht in der Lage, den Einfluß dieser hier beschriebenen Parameter auf das Reibungsverhalten im einzelnen funktional zu beschreiben. Dazu bedarf es noch weiterer umfangreicher Untersuchungen. Jedoch betrachten wir das hier geschilderte Verfahren als ersten Schritt zu einem mathematisch-physikalischen Modell, in welchem es einen stoffspezifischen Reibungskoeffizienten gibt, der von Meßparametern einerseits und vom Einfluß der Oberflächenstrukturen andererseits unabhängig ist.

Diskussion

Köb: Meine Damen und Herren, Sie haben gesehen, welche Mühe man sich geben muß, um nur ein kleines Detail des Problems Oberflächenrauigkeit näher zu erfassen. Einige Darstellungen sind insofern interessant, weil wir aus den Uster-Diagrammen beispielsweise auch wissen, daß eine durchschnittliche Ungleichmäßigkeit, die wir als eine normale Ablesung bekommen, den Charakter und das Verhalten nicht genügend analysiert; auch dort hat man in ähnlicher Weise Datenverarbeitungsanlagen eingesetzt, um die Frequenz und die Form der Kurven nach Periodizität usw. auszuwerten. Für den Textilfachmann ist natürlich das Problem, daß zwischen dem Fadenführer und dem Faden normalerweise ein Schmiermittel vorhanden ist und hier nicht zwei Strukturen trocken aufeinander reiben, offen geblieben. Schauen wir den laufenden Faden mit der Lupe an, dann sehen wir, daß sich Wassertröpfchen und Wasserfilme ausbilden. Die Formel, die hier angestrebt wird, bezieht sich allerdings, wenn ich den Vergleich machen kann, auf Verhältnisse, wie wir sie beim Autofahren nur auf einer schönen körnigen Straße finden, während bei präparierten Fäden in der Praxis das vorliegt, was man beim Autofahren aqua planning nennt. Herr Linz weiß das ganz bestimmt auch und könnte stundenlang darüber reden, doch muß man das Teilproblem als einen Baustein zum Ganzen sehen.

Linz: Das Problem des aqua planning, das haben wir schon untersucht. Wenn wir eine Fadenbremse haben (Abb. 1) und einen Faden durchlaufen lassen, dann tritt vor der Bremse ein σ_0 und nach der Bremse ein σ auf. Graphisch kann man das durch zwei verschiedene Niveaus darstellen. Die Theorie der Mechanik der Kontinua verlangt aber, daß der Übergang von einem Niveau zum andern stetig ist bis in die zweite Ableitung. Das ist aber nur dann gewährleistet, wenn alle Kräfte, die hier auf diese beiden Fadenbremsplatten und den Faden selbst wirken, durch einen lückenlosen Flüssigkeitsfilm übertragen werden. Das ist aber nicht gegeben. Sie haben auf dem Faden nur wenige Molekülschichten vom Spinnfinish, die nicht dazu ausreichen, mit Hilfe des Newtonschen Fließens dieses Modell zu gewährleisten. Wir brauchen eine aufgeraute Struktur, – eben weil wir kein aqua planning haben!

Gilch: Wie verhalten sich die Ergebnisse der Interferenzmikroskopie zu den Ergebnissen der mechanischen Abtastung? Erhalten Sie die gleichen statistischen Durchschnittswerte der Interferenzmikroskopie wie bei der mechanischen Abtastung? Wenn das der Fall wäre, wäre das nicht ein etwas einfacheres Verfahren, um eine Oberfläche zu charakterisieren? Und eine zweite Frage: Treten durch die Abtastung Oberflächenveränderungen ein?

Linz: Grundsätzlich haben wir selbst keine interferometrischen Messungen durchgeführt. Diese Bilder wurde uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Auch das Ausmessen solcher interferometrischer Abbildungen ist sehr aufwendig. Es besteht wenig Unterschied, ob Sie jetzt den Zahlenwert, den Sie hinterher numerisch auswerten wollen, anhand eines Mikrofotos ausmessen – was zum Teil sehr schwierig ist, da Sie ein zweidimensionales System vorliegen haben, das sauber ausgemessen werden muß – oder ob Sie ein eindimensionales System betrachten, wo Sie eine vertikale Auslenkung längs einer einzigen Meßrichtung analysieren. Ich muß gestehen, daß wir diesen Vergleich nicht gemacht haben. Zur Veränderung der Oberflächenstruktur durch das Meßverfahren selbst möchte ich erwähnen, daß die Auflagekraft der Analysennadel sehr gering ist, so daß wir nicht nur reproduzierbare Aufnahmen machen können, sondern auch reproduzierbare Tastschnitt-Diagramme von einem thermoplastischen Abdruck einer Oberfläche erhalten können.

Jüllfs: Ich habe zwei Fragen. Zunächst: Sie haben in den beiden Diagrammen zum Schluß die Form der Rauigkeit durch den Schnitt, durch die Übergangslinie von Nichtstoff zu Stoff gezeigt, wünschen aber doch einen analytischen Eingang von Meßgrößen. Wie sind diese Zahlengrößen aus diesem Diagramm einzusetzen?

Wir haben selbst vor vielen Jahren Reibungsuntersuchungen in Abhängigkeit von der Laufgeschwindigkeit verschiedener Körper gemacht. Diese Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten haben Sie auch in Bildern gezeigt. Ich beschäftige mich hauptsächlich mit der Verformung von Polymeren. Kann nicht durch die Verformung, die beim Anlegen einer Spannung auftritt, irgend etwas passieren? Wären es reversible Vorgänge, so wäre alles in Ordnung. Aber genau das ist bei den Polymeren nicht der Fall. Man erhält – ob eine Umwälzung eine Umschlingung oder ein einfacher Durchgang durch einen Fadenführer vorliegt – eine Belastung, die den noch nicht im dynamischen Verhältnis abge-sättigten Faden verformt und arbeitsmäßig nicht reversibel wieder zurückbringt. Das bedeutet einen zusätzlichen Beitrag zur Spannungserhöhung nach Durchgang des Fadens durch den Fadenführer. Dabei können bei einem zunächst mechanischen Reibungskoeffizienten ganz erhebliche Werte zustande kommen. Bei diesem schnellen Lauf bzw. Umlauf um den Fadenführer kommt man in kritische Relaxationszeiten des Materials, und dann werden die irreversiblen Prozesse, die Sie nur noch thermodynamisch auffassen können, höchst interessant. Darf ich Sie bitten, zu diesen beiden Problemen Stellung zu nehmen.

Linz: Was die Analysenzahlen der Diagramme anbelangt, so stehen wir hier noch sehr in den Kinderschuhen. Wir haben sie bisher nach Plausibilitätskriterien analysiert. Im letzten Diapositiv finden Sie, abgesehen von dem Profilfragenteil und der Rillenzahl, noch die Höhe der mittleren Grobstrukturmaxima aufgetragen. Bei diesen Plausibilitätsgründen gehen wir davon aus, daß der Faden in ungefähr dieser Höhe verläuft, das ist also die Höhe der mittleren Grobstrukturmaxima. Bei diesen beiden verschiedenen Materialien sehen Sie ganz starke Unterschiede sowohl in der Rillenzahl als auch im Profilfragenteil. Das dürfte ungefähr den gleichen Effekt zur Folge haben, wie eine Änderung des Zwirns auf das Reibungsverhalten. Wobei Sie allerdings hier eine bei weitem nicht so regelmäßige Struktur antreffen, wie wir es bei einem normalen gezwirnten Endlosgarn vorliegen haben. Zur Abhängigkeit von der Fadenlaufgeschwindigkeit sagten Sie schon selbst, daß es sich hier um kurzzeitige oberflächliche Deformationen zwischen der Fibrille und dem Fadenführer handeln muß, das heißt, es finden an diesen kleinen Mikroerhebungen sicherlich irgend welche oberflächliche Deformationen statt, die wir – ich kann es zwar nicht beweisen – bisher für reversibel gehalten haben.

Jüllfs: Ich spreche nicht von Oberflächendeformationen, sondern von der Verformung des Gesamtgefüges. Wenn Sie ein Material biegen, tritt oben eine Verlängerung, unten eine Stauchung ein, die sich über das

ganze Gebilde erstreckt und nicht voll reversibel ist. Vor allem in den Anfangsbereichen und bei einem nicht häufig dynamisch beanspruchten Material – und das ist ja der Faden bei der Herstellung und Verarbeitung – sind diese Erscheinungen nicht unwesentlich.

Linz: Ganz sicher, aber grundsätzlich gehen ja diese nicht reversiblen Deformationserscheinungen als Resultate in die Fadenendspannung auf der Textilmaschine ein. Das ist das eigentliche Problem.

Jüllfs: Wenn Sie aber den Reibungskoeffizienten zu Hilfe ziehen, dann geht eben dieser Anteil der Fadenstruktur nicht mit ein. Ich meine, daß man diesen Anteil der Fadenstruktur aber doch auch berücksichtigen sollte.

Linz: Das wäre durchaus weiterer Untersuchungen wert.

Krause: Es ist sehr verdienstvoll, daß hier der Versuch gemacht wurde, die Oberflächenstruktur zu quantifizieren. Nun kann man sich aber doch die Frage stellen, ob Sie damit auch zu Ende kommen werden. Ich glaube, Sie denken auch nicht ganz daran. Sie haben die erste Allgemeinformel aus dem Amontons-Gesetz: Reibung gleich Reibungskoeffizienten mal der Normalkraft bzw. Reibungskraft abgeleitet. Das ist ein angenehmes Gesetz, weil es so einfach ist, nur darf man nicht übersehen, daß im μ eben alles drinsteckt, es ist ein Sammelsurium. Zerlegen wir nun das μ , so finden wir, daß vielleicht noch die Härte, die Plastizität usw. miteinbezogen werden müssen. Wenn wir also alle Funktionen, die einen Einfluß ausüben, erfassen, dann bleibt vom μ ja nichts mehr übrig. Sie haben die Formel $\sigma = f(\mu^*, P_1, \dots, P_j)$ angeschrieben und dann noch zusätzliche Parameter angegeben. Wird eigentlich letzten Endes einfach dieses μ aufgelöst? Wäre das vielleicht dann das Endziel, so daß die Formel nur noch $\tau = \sigma_0$ plus verschiedener Funktionen von eben den verschiedenen Größen lauten muß, so daß μ komplett wegfällt. Sind Sie da anderer Meinung?

Linz: Ja, ich bin etwas anderer Ansicht. Tatsächlich können Sie auch durch die chemische Struktur eines Materials sehr unterschiedliche Reibungskoeffizienten erhalten. Dies wird heute schon durch verschiedene Garnpräparationen, die auch wiederum eine Anzahl von Aufgaben erfüllen müssen, angewendet. Über die Garnpräparation wird die Faden-spannung weitgehend eingestellt. Sie können aber damit auch die Färbbarkeit oder die elektrostatischen Eigenschaften beeinflussen. Dabei allerdings haben wir das ungute Gefühl, daß wir da irgendwann einmal vor einer Schallmauer stehen werden. Das war auch an sich der Grund, weshalb wir versucht haben, einen anderen Weg als über die Präparation zu suchen. Es wäre also sehr praktisch, die Garnpräparation als integralen Bestandteil des Fadenmaterials stoffspezifisch, wie ich vorhin gesagt habe, zu betrachten.

Müllner: Sie haben gesagt, die Garnpräparation wäre also hauptsächlich fadenspezifisch zu betrachten. Aber füllt nicht die Präparation die Vertiefungen in dem Profil des Fadenleitkörpers aus, und verändert es nicht vielleicht auch so die Oberflächeneigenschaften des Leitorgans selbst? Auch von dieser Seite her dürften die Verhältnisse viel komplexer sein, als sie im ersten Augenblick scheint.

Linz: Ich würde sagen, in diesem Fall handelt es sich eigentlich nur um Einlaufvorgänge, sobald sie ein stationäres Gleichgewicht erreicht haben, dürfte das nicht mehr der Fall sein. Wenn die Vertiefungen erfüllt sind, haben sie einen stationären Zustand und damit ein bestimmtes Reibungsverhalten erreicht.

Köb: Ich wollte vorhin mit dem Ausdruck „aqua planning“ besonders schick sein, und nun wurde der Bohrer noch einmal nachgesetzt. Wir wissen, daß Präparationen und Feuchtigkeit schmierig. Wenn Sie einerseits einen Fadenleitkörper, gegebenenfalls mit Präparation, und andererseits den Faden einschließlich der Präparation, die bei der betreffenden Temperatur und Präparationsmenge gerade vorgegeben ist, betrachten, dann sind wir uns einig, daß es hier schwierig wird, die raue Oberfläche abzutasten und daraus Schlüsse zu ziehen.

Darf ich selbst noch eine Frage stellen. Sie haben demonstriert, daß Sie die Rauigkeit nun etwas feiner definieren können. Sie haben auch eine Figur gebracht, in der Sie zeigten, daß zwei Mitternauwerte an Fäden offensichtlich verschiedene Reibungskoeffizienten ergeben, aber darüber hinaus haben Sie für die Praxis keine Andeutung gemacht. Können Sie nun ungefähr schon eine Definition einer guten Oberfläche geben, beispielsweise wenn sehr wenige oder sehr viele Berührungspunkte vorhanden sind, wenn die Erhebungen der Orangenschale rund oder spitz sind, oder gibt es noch keine Ausdeutung des Profils? Sie sagten doch, Sie sehen schon eine Möglichkeit, etwas zu finden.

Linz: Es ist etwas da. Dies sind aber im Grunde genommen statistische Maßzahlen, die mit einer entsprechenden Streubreite eine Oberflächenstruktur beschreiben. Auf Grund dieser statistischen Maßzahlen haben wir tatsächlich ein ganz spezielles Reibungsverhalten beschrieben, aber diese Beschreibungen sind Gegenstand einer Patentanmeldung und noch nicht erteilt.

Köb: Das war eine klare Antwort.

Krevelen: Herr Linz, Sie haben in einigen Bildern die funktionelle Abhängigkeit des μ von der Relativgeschwindigkeit, vom Zwirn und auch von der Anfangsspannung gezeigt. Bleiben diese funktionellen Abhängigkeiten in dieser allgemeinen Form auch bestehen, wenn man Präparationsmittel anwendet, oder werden sie dann ganz anders?

Linz: Sie sollten grundsätzlich funktionell gleich bleiben, wobei allerdings gewisse präparationsbedingte zusätzliche Parameter den Anstieg der Kurve durchaus beeinflussen können.

Polyesterfasern der zweiten Generation

Dr. Franz Jakob

Farbwerke Hoechst AG., Frankfurt/Main-Höchst, BRD

Unter Polyesterfasern der „zweiten Generation“ sollen hier solche verstanden werden, die sich von Polyäthylenterephthalat ableiten. Durch Variation des chemischen Aufbaus des Polymeren und durch geeignete Herstellverfahren können gezielt Fasern und Fäden mit speziell auf das Einsatzgebiet zugeschnittenen Eigenschaften erhalten werden. Im Vordergrund der Betrachtung sollen Copolyesterfasern stehen, bei denen partiell die Terephthalsäure- bzw. die Äthylenglykoleinheiten im Polymermolekül durch ausgewählte Cokomponenten ersetzt sind. Vorteile und Grenzen für ihren Einsatz werden dargestellt. Die Auswirkungen der chemischen Eingriffe am Grundmolekül werden unter besonderer Berücksichtigung

der Veränderung der Färbbarkeit,
des Pillingverhaltens und
des Schrumpfvormögens

diskutiert.

Abschließend werden kurz einige Entwicklungstendenzen allgemeiner Art auf dem Polyestergebiet angesprochen.

The term "second-generation" polyester fibers, as used in this context, should apply to polyesters derived from polyethylene terephthalate only. Staple fibers and filaments with properties tailored systematically to end-use requirements can be obtained by varying the chemical composition of the polymer and by employing suitable production processes. The main subjects of discussion are copolyesters, in which the terephthalic acid units or the ethylene glycol units in the polymer molecule have been partially replaced by selected co-components. The advantages and limitations of their use are described. The effects produced by chemical intervention in the basic molecule are discussed with special emphasis on changes in dyeing properties, pilling behaviour, and shrinkability.

In conclusion, some general trends in the fields of polyesters are briefly dealt with.

A. EINLEITUNG

Seit beinahe zwanzig Jahren sind Polyesterfasern auf der Basis von Polyäthylenterephthalat (PÄT) auf dem Markt. Kaum eine andere Faser hat eine solch stürmische Aufwärtsentwicklung erlebt. Der Grund für diese Sonderstellung ist die außerordentlich große Variationsbreite für ihre Einsatzmöglichkeiten. Hohe Festigkeit, Lichtbeständigkeit, Knitterfestigkeit und Formstabilität, angenehmer Griff und Pflegeleichtigkeit sind hervorstechende Merkmale für Stapelfasern, Endlosfäden und daraus hergestellte textile wie technische Artikel.

Am Anfang standen Fasern für die Verarbeitung in Mischung mit Wolle, zu denen sich nach und nach Baumwolltypen und Endlosgarne für den textilen wie den technischen Einsatz – hier auch in Form von Monofilamenten – gesellten. Die Entwicklung ist sicherlich noch nicht abgeschlossen, wenn man beispielsweise nur an die Aktivitäten auf dem Gebiet der texturierten Endlosgarne und der Vliese denkt.

Der Vollständigkeit halber sei hier auch die Verwendbarkeit des Polymers zur Folienherstellung erwähnt.

Ein Überblick über die große Breite der Einsatzgebiete dieses Polyesters darf aber sicher nicht bei einer Aufzählung und – soweit das heute schon möglich ist – der Erklärung seiner besonderen Eigenschaften stehenbleiben. Probleme gab es – besonders bei der Einführung – zum Beispiel mit der Färbbarkeit, die zunächst nur für ausgewählte Dispersionsfarbstoffe gegeben war, sowie mit der Pillingfähigkeit der Textilien aus den im Vergleich zur Wolle sehr reißfesten Stapelfasern. Hieraus resultierte für die Hersteller von Polyesterfasern und -fäden die Aufgabe, eine Palette von Produkten der zweiten Generation zu schaffen, die im Hinblick auf diese und eine Reihe weiterer Eigenschaften alle Anforderungen der Anwendungstechnik erfüllen.

In diesem Vortrag soll über Polyesterfasern der zweiten Generation berichtet werden. Nach gängigem Sprachgebrauch versteht man darunter Fasern, die durch physikalische oder durch chemische Eingriffe im Vergleich zu den Standardtypen der ersten Generation in ihren Eigenschaften in verschiedener Richtung verändert wurden.

Wir wollen uns wegen der Fülle des Stoffes auf chemisch modifizierte Polyester beschränken und sie in erster Linie aus der Sicht des Chemikers abhandeln, der die Rohstoffe für die Faserphysiker, Verfahrens- und Anwendungstechniker zur Ver-

fügung stellt. Es sollen also solche Fasern besprochen werden, die neben der Glykol- und der Terephthalsäurekomponente eine untergeordnete Menge einer dritten oder vierten Komponente im PÄT-Molekül enthalten.

Auf die Copolyesterätherfaser, die p-Hydroxybenzoesäure im PÄT enthält, möchte ich in meinem Referat nicht eingehen, da darüber bereits im Rahmen der 5. Chemiefasertagung 1966 hier in Dornbirn von Griehl¹ berichtet wurde. Der Vortrag soll einen Überblick geben und bezieht sich deshalb nicht nur auf eigene Arbeiten, sondern berücksichtigt naturgemäß auch Arbeiten, die von anderer Seite durchgeführt und veröffentlicht wurden².

B. FÄRBBARKEIT VON PÄT-FASERN UND -FÄDEN

Die erste Schwierigkeit, mit der die Produzenten und Weiterverarbeiter konfrontiert wurden, war die nicht voll befriedigende Färbbarkeit dieser Polyesterfaser. Zu Beginn der fünfziger Jahre stand zwar eine Vielzahl von Farbstoffen zum Färben von nativen Fasern, Regenerat- und Synthesefasern – letztere zum Beispiel auf Basis von Polyamid und Polyacrylnitril – zur Verfügung, für die PÄT-Faser mußte zunächst aber eine systematische Ausprüfung der vorhandenen Farbstoffe bzw. die Synthese neuer Farbstoffe in Angriff genommen werden. Betrachtet man den chemischen Aufbau des PÄT-Moleküls in Abbildung 1, so ist aus der oberen Formel zu ersehen, daß es sich hier um ein „neutrales“ Polymermolekül handeln soll, das nur alkoholische Hydroxylendgruppen trägt.

Wir wissen aber durch Endgruppenbestimmung, daß dieses ideale Polyester-molekül nie erhalten wird, selbst dann nicht, wenn bei der Polymerherstellung nicht von Terephthalsäure, sondern von deren Dimethylester ausgegangen wird und dieser mit überschüssigem Äthylenglykol umgesetzt wird. Trotz peinlichster Sorgfalt laufen bei Umesterung und Polykondensation zwangsläufig Nebenreaktionen ab. Hydrolytischer, thermischer und thermooxydativer Abbau führen zu Carbonsäuregruppen, was in der unteren Formel zum Ausdruck kommt.

Die Bildung der Carboxylgruppen setzt sich über den Schmelzspinnprozeß fort. Im allgemeinen haben Fasern und Fäden für den textilen Einsatz 25 bis 60 mval/kg Carboxylgruppen – eine doch recht beachtliche Menge. Trotzdem können solche Fasern, obwohl sie saure Gruppen enthalten, praktisch überhaupt nicht mit kationischen Farbstoffen gefärbt werden. Hauptverantwortlich ist neben der geringen Hydrophilie und

der hohen Ordnung der Fasern die zu geringe Acidität der Carboxylgruppen.

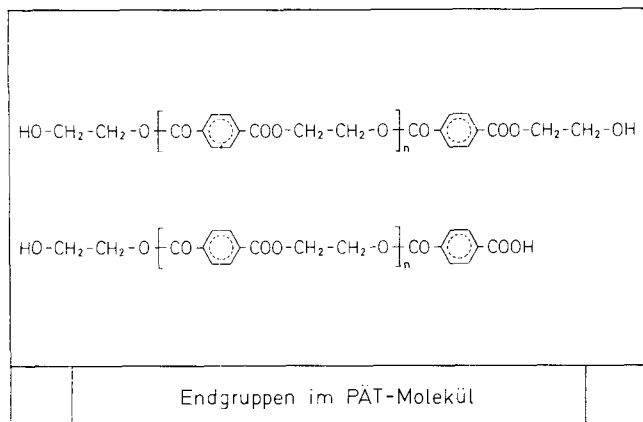


Abb. 1

1. Veränderung der Färbbarkeit für Dispersionsfarbstoffe

Einen entscheidenden Fortschritt brachte die Entwicklung spezieller Dispersionsfarbstoffe sowie die Einführung neuer Färbetechniken. Die Carrier-, die HT- und die Thermosolfärbung von PÄT-Fasern gehören heute zum allgemeinen Stand der Technik. Da aber sowohl die Dispersionsfarbstoffe als auch die Carrierfärbung nicht billig sind und zumindest zu Beginn des Polyesterbooms für eine HT-Färbung nicht überall die notwendigen Druckaggregate zur Verfügung standen, hat es an Versuchen nicht gefehlt, die Färbekosten zu senken und die Palette der Färbemöglichkeiten zu verbreitern. Carrierreste in den gefärbten Fasern üben außerdem häufig einen ungünstigen Einfluß auf die Echtheit der Färbungen, insbesondere auf die Lichtechtheiten, aus und müssen daher meist wieder entfernt werden. Die Problematik der Carrierfärbung ist neuerdings aus der Sicht des Umweltschutzes recht aktuell geworden.

Der Wunsch nach Mehrfarbeneffekten bei einbadiger Stückfärbung zur Senkung der Färbekosten und vor allem zur Verringerung der aufwendigen Lagerhaltung gefärbter Garne und nicht zuletzt die damit verbundene modische Beweglichkeit hat der Veränderung der Färbbarkeit von PÄT-Fasern neuen Auftrieb gegeben.

Wie kann nun die Färbbarkeit von PÄT-Fasern verändert werden?

Entscheidend für die Farbstoffaufnahme ist die Diffusionsgeschwindigkeit des Farbstoffes in die Faser sowie die Sättigungskonzentration. Da die Farbstoffe nur in den weniger geordneten Bereichen aufgenommen werden können, muß die molekulare Beweglichkeit der Segmente der Makromoleküle in diesen Bereichen verändert werden. Die Temperaturabhängigkeit der molekularen Beweglichkeit und damit auch die des Diffusionskoeffizienten des Farbstoffes wird u. a. entscheidend durch die Lage der Glasumwandlungstemperatur beeinflusst. Das Färben findet im allgemeinen oberhalb dieser Umwandlungstemperatur statt.

Nun ist aber die Glasumwandlungstemperatur vom kristallinen Ordnungszustand und von der Orientierung in der Faser abhängig und liegt nach allgemeiner Ansicht höher als die im vollkommen amorphen und isotropen Polymeren gemessenen Werte. Eine Senkung der Glasumwandlungstemperatur wird durch die Einwirkung von Carriern oder Lösungsmitteln bewerkstelligt. Das Färben in organischen Lösungsmitteln, über das gegenwärtig viel gesprochen wird, ist deshalb auch für das Färben von Fasern interessant, die einen sehr hohen Glaspunkt haben.

Die Diffusionsgeschwindigkeit des Farbstoffes in die Faser und die Affinität der Faser zum Farbstoff kann neben der Veränderung der Verstreck- und Fixierbedingungen durch den Einbau von Comonomeren in das PÄT günstig beeinflusst werden. Da die Schmelztemperatur und die guten mechanischen Eigenschaften der PÄT-Faser nach Möglichkeit erhalten bleiben sollen, betrachten wir hier nur Copolyesterfasern mit weniger als 15 Molprozent an Cokomponenten.

Der Einbau von Dicarbonsäuren, Hydroxycarbonsäuren oder Diolen führt im allgemeinen zu einer Senkung der Glasumwandlungstemperatur und damit zu einer höheren Kettenbeweglichkeit bei niedrigeren Temperaturen, vorausgesetzt, daß

die Cokomponenten nicht zu einer zusätzlichen Kettenversteifung beitragen. Im allgemeinen geht damit eine mehr oder minder starke Senkung des Polymerschmelzpunktes parallel. Da sich aber andererseits eine Senkung des Glasumwandlungsbereiches auf die mechanischen und textiltechnologischen Eigenschaften auswirkt, muß sie in bestimmten Grenzen gehalten werden. Außerdem wird eine möglichst geringe Schmelzpunktdepression angestrebt.

Deshalb wurden schon früh Copolyesterfasern mit relativ hohem Schmelzpunkt hergestellt, die sich mit Dispersionsfarbstoffen ausgezeichnet färben lassen. Es handelt sich hier um Blockcopolymerer auf Polyäthylenoxidbasis. Je nachdem, ob mono- oder bifunktionelle Polyalkylenoxide verwendet werden, können die Polyätherblöcke im Polyester Kettenglied oder Endgruppe sein. In Abbildung 2 ist der Kettenaufbau schematisch dargestellt.

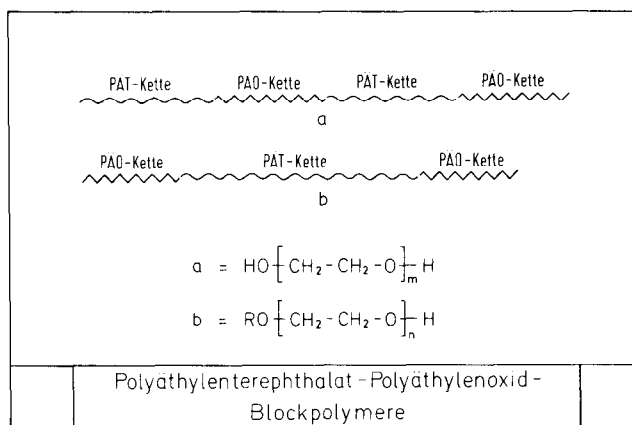


Abb. 2

Bekanntlich ist die Schmelzpunktdepression vom Molverhältnis Äthylenglykol zu Polyäthylenoxid abhängig, demzufolge ist beim Einbau der gleichen Gewichtsmenge eines niedermolekularen Diols anstelle des Polyäthers ein stärkerer Abfall des Polymerschmelzpunktes zu finden. Die Erniedrigung der Glasumwandlungstemperatur ist dagegen von der Gewichtsmenge des eingebauten Polyätherblocks abhängig³.

Copolyesterfasern mit Polyäthylenoxiden, die gute mechanische Eigenschaften besitzen, sind auf dem Markt. Diese Fasern lassen sich bei Kochtemperaturen carrierfrei mit Dispersionsfarbstoffen in tiefen Tönen färben. Außerdem zeigen sie geringere Pillingneigung, höhere Hydrophilie und damit günstigere elektrostatische Eigenschaften.

Die Polymerisation des Faserrohstoffes muß sehr vorsichtig durchgeführt werden, da Polyalkylenoxide bei hohen Temperaturen zu irreversibler Depolymerisation neigen. Diese Reaktion beginnt bei 270° C mit meßbarer Geschwindigkeit. Ein Nachteil dieser Fasern ist ihre Empfindlichkeit gegen hydrolytischen und photochemischen Abbau, der bevorzugt an den der Sauerstoffbrücke der rein aliphatischen Äther benachbarten Methylengruppen einsetzt.

Es wurden daher viele Versuche unternommen, diesen Nachteil über andere Blockpolymere zu umgehen. In grundlegenden Arbeiten konnten Griehl, Hoffmeister und Kresse⁴ zeigen, daß PÄT-Polyesterblockpolymere nicht die geforderte Verarbeitungssicherheit geben können, da sie in relativ kurzer Zeit – bis auf wenige Ausnahmen – zu einem statistischen Copolyester umgebaut werden.

In Abbildung 3 sind eine Reihe von Verbindungen zusammengestellt, die in PÄT eingebaut zu einem verbesserten Ziehvermögen für Dispersionsfarbstoffe führen. Hier kann es sich nur um eine kleine Auswahl aus den von uns untersuchten und den zahlreichen in der Literatur beschriebenen Copolyestern handeln. Ferner erhebt die Zusammenstellung keinen Anspruch auf die Nennung der wirksamsten Vertreter zur Verbesserung der Färbbarkeit.

Außer dem gewünschten Effekt spielt der Preis des Modifikanden eine entscheidende Rolle. Neben der Möglichkeit zur Erzeugung von Schatteneffekten sollen gerade durch Einsparung von Carriern und durch Vermeidung der HT-Färbung die Färbekosten gesenkt werden. Das bedeutet aber, daß sich Copolyesterfasern im Preis nur ganz geringfügig von normalen Polyesterfasern unterscheiden dürfen.

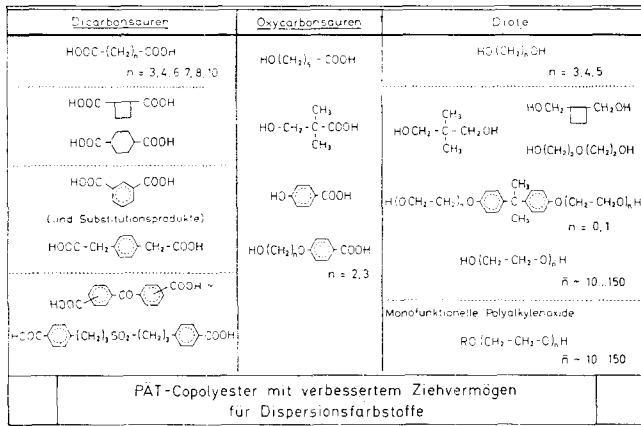


Abb. 3

In den Abbildungen 4 und 5 sind Copolyester aufgeführt, die hauptsächlich nach diesem Gesichtspunkt ausgewählt wurden. In den Diagrammen wurden Schmelzpunkte und Glasumwandlungstemperaturen (T_g) in Abhängigkeit von der Menge der eingebauten Cokomponente aufgetragen. Der Glasumwandlungsbereich wurde durch Aufheizen der abgeschreckten, geschmolzenen Proben mit Hilfe der Differentialthermoanalyse ermittelt. In der Literatur wird für das Homopolymerisat im isotropen Zustand eine Glasumwandlungstemperatur von 68 bis 69,5° C angegeben.

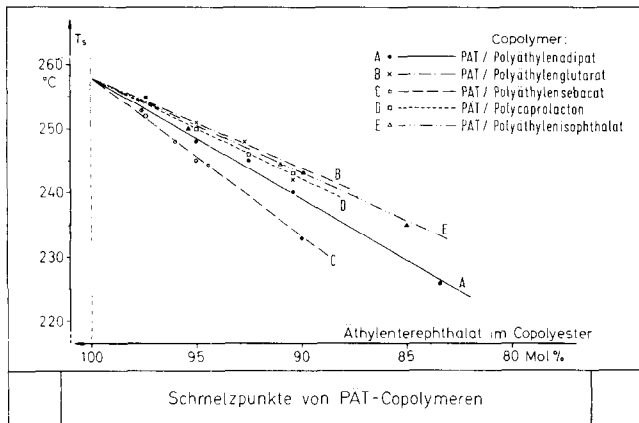


Abb. 4

Die Lage von T_g hängt außer vom Polymeren selbst auch vom Meßverfahren – Probengeometrie und Aufheizgeschwindigkeit – und von der Auswertmethode ab. Dadurch erklärt sich der von uns angegebene höhere T_g Wert. Die Aussagekraft wird aber dadurch nicht eingeschränkt, weil alle Proben unter identischen Bedingungen gemessen wurden und die relative Beziehung zueinander erhalten bleibt.

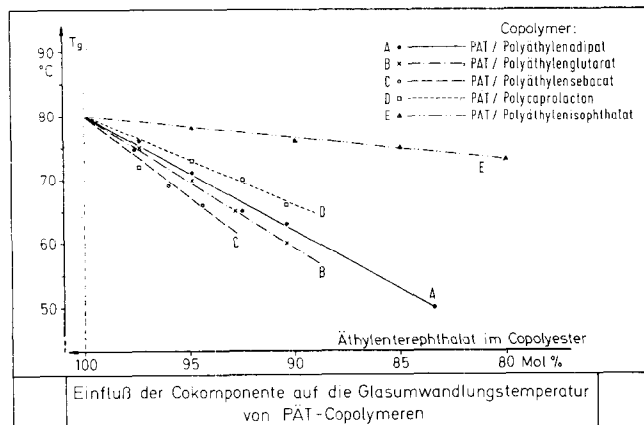


Abb. 5

Die angegebenen Molprozent beziehen sich auf die Polymer-einheiten. Während, wie zu erwarten, bei gleichen Molverhältnissen der eingebauten Substanzen die Schmelzpunkte nur

geringfügig voneinander abweichen, erfahren die Glasumwandlungstemperaturen eine starke Beeinflussung durch die Art der verwendeten Modifizierungskomponenten. Wie bereits erwähnt, wird unter der Glasumwandlungstemperatur jene Temperatur verstanden, bei deren Überschreitung Bewegung und Rotation größerer Molekülsegmente im Makromolekül möglich werden. Infolgedessen bewirken unverzweigte aliphatische Kettenglieder eine viel gravierendere Senkung der Glasumwandlungstemperatur als aromatische. Im Falle der Iso-phthalsäure müssen also viel mehr Molprozent in das Polymermolekül eingebaut werden als bei Verwendung von aliphatischen Dicarbonsäuren, um die gleiche Depression der Glasumwandlungstemperatur zu erreichen.

Rein aliphatische lineare Polyester ohne Verzweigungsstellen und cykloaliphatische Ringe im Molekül haben sehr flexible Ketten und deshalb auch sehr niedrige Glasumwandlungstemperaturen. Werden nun in diese Polyester p-Phenylkerne eingeführt und trägt man nach O. B. Edgar und R. Hill⁵ die T_g gegen die Zahl N der p-Phenyleneinheiten pro hundert aliphatische Kettenatome auf, so wird für Werte bis $N = 16,67$ (PÄT) eine Gerade erhalten.

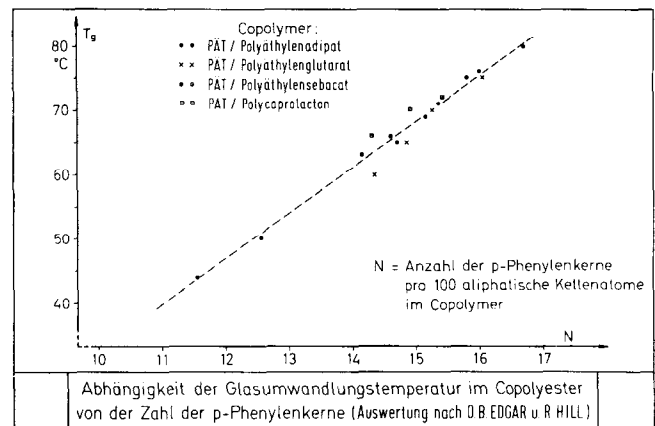


Abb. 6

Wir haben in Abbildung 6 eine solche Auswertung durchgeführt. Die genannten Autoren erklären den Anstieg von T_g durch Kettenversteifung, hervorgerufen durch die p-Phenylkerne. Obwohl diese Theorie – zumindest bezüglich der Schmelzpunkte – seine Mängel hat, gibt sie doch bei PÄT-Copolymeren für die Glasumwandlungstemperaturen beim Einsatz von linearen aliphatischen Modifizierungskomponenten eine befriedigende Erklärung. Aus den vorgenannten Ausführungen wird außerdem verständlich, daß ein partieller Ersatz der Terephthalsäure durch eine aliphatische Dicarbonsäure unter vergleichbaren Bedingungen eine stärkere Senkung von T_g hervorruft als ein partieller Ersatz von Äthylenglykol durch ein anderes Glykol, wie zum Beispiel Butandiol-1,4. Der beste Kompromiß von textiltechnologischen Eigenschaften und der Färbbarkeit wird erreicht, wenn in Copolyestern mit niedermolekularen aliphatischen Dicarbonsäuren die Äthylterephthalateinheiten 92 bis 95 Molprozent und im Falle der Iso-phthalsäure 85 bis 90 Molprozent betragen.

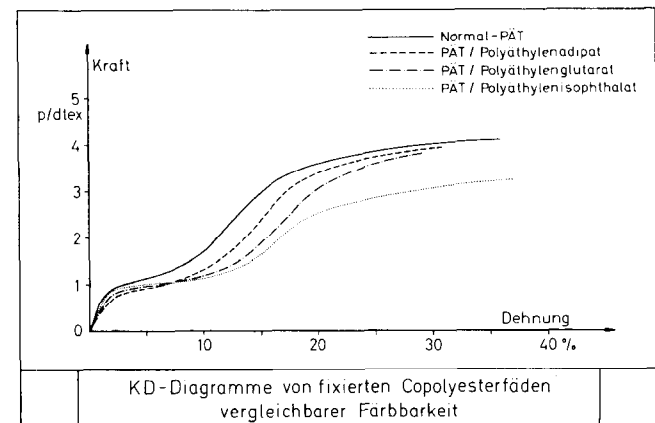


Abb. 7

Bei Copolyestern ist außerdem zu beachten, daß das Kristallisationsvermögen hinsichtlich Geschwindigkeit und erreichbarem Endniveau nicht allzu ungünstig beeinflusst wird, damit die Fixierbarkeit erhalten und der Schrumpf kontrollierbar bleibt⁶. Diese Forderung wird in den genannten Konzentrationsbereichen erfüllt.

Betrachtet man die Kraft-Dehnungsdiagramme von fixierten Copolyesterfäden gleicher Färbbarkeiten in Abbildung 7, so ist daraus zu ersehen, daß die Kurven im Anfangsbereich und im Bereich des Schrumpfsattels nur unwesentlich voneinander abweichen. Die Anfangsmoduli der angeführten Copolyesterfasern liegen geringfügig unter dem Modul der Homopolyesterfaser, aber deutlich über denen vergleichbarer Nylon-6- oder Nylon-66-Fasern.

In Tabelle 1 werden die mechanischen und die textiltechnologischen Eigenschaften von untexturierten bzw. von texturierten Fäden und Teppichfasern aus einem mit einer aliphatischen Dicarbonsäure modifizierten Copolymeren mit den entsprechenden Homopolyesterfäden und -fasern verglichen. Die Eigenschaften stimmen weitgehend überein. Die etwas geringere Kräuselbeständigkeit und der etwas erhöhte Thermo-schrumpf bei 200° C schränken die Gebrauchstüchtigkeit von Fasern und Fäden kaum ein.

Tabelle 1: Textiltechnologischer Vergleich zwischen Copolyester- und Homopolyester-Fäden und -Fasern

	FÄDEN		FASERN	
	Normal-PÄT	Co-polyester	Normal-PÄT	Co-polyester
	untexturiert:			
Titer (dtex)	167	167	17	17
Kapillarzahl	32	32		
Reißfestigkeit (%)	4,4	4,2	3,5	3,5
Reißdehnung (p/dtex)	22	23	67	64
Kochschrumpf (%)	8	12	0	0
Thermo-schrumpf 200° C (%)	15	20	3..4	7...10
	texturiert:			
Reißfestigkeit (p/dtex)	3,3	3,4		
Reißdehnung (%)	27	28		
Einkräuselung (%)	10...13	11		
Restkräuselung (%)	7...10	7		

Abbildung 8 zeigt für Normalpolyester und für den tieffärbenden Copolyester Carrierfärbungen mit dem gut ziehenden Farbstoff Samaronblau FBL[®] und dem schlecht ziehenden Farbstoff Samaron-Marineblau G[®] unter praxisnahen Bedingungen.

Abbildung 9 enthält die entsprechenden Ergebnisse für praxisnahe HT-Färbungen. Die angegebenen Farbtiefen beruhen auf visueller Beurteilung.

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Schlüsse ziehen: Eine tieffärbende Type kann eingesetzt werden, um Carrier sparen oder um HT-Färbungen bei erniedrigter Temperatur durchführen zu können. Erst unter HT-Bedingungen bei 130° C wird für die normale wie die Copolyestertype praktisch die gleiche Farbtiefe erreicht. Erfolgt die gemeinsame Färbung der beiden Proben in einem Bad, so fallen die Farbtiefenunterschiede stärker aus. Die Stärke der Schattierung hängt beträchtlich vom Anteil der Copolyesterkomponente am Gesamtgewicht eines Artikels ab. Bei unveränderter Rezeptur werden die modifizierten Fäden umso dunkler gegenüber der Normaltype ausfallen, je geringer ihr Gewichtsanteil im Färbbad ist. Schattenfärbung ohne Farbumschlag bei Farbstoffkombinationen ist immer nur dann möglich, wenn Farbstoffe mit möglichst gleichem Aufziehverhalten eingesetzt werden.

Eine nachträgliche Farbkorrektur einer Komponente ist schwierig. Sie könnte beispielsweise durch Überfärben der tieffärbenden Komponente mit einem schlecht ziehenden Farbstoff

erfolgen. Auf das färberische Verhalten von Copolyestertypen, die sich in tiefen Tönen mit Dispersionsfarbstoffen oder mit kationischen Farbstoffen färben lassen, werden wir noch zurückkommen.

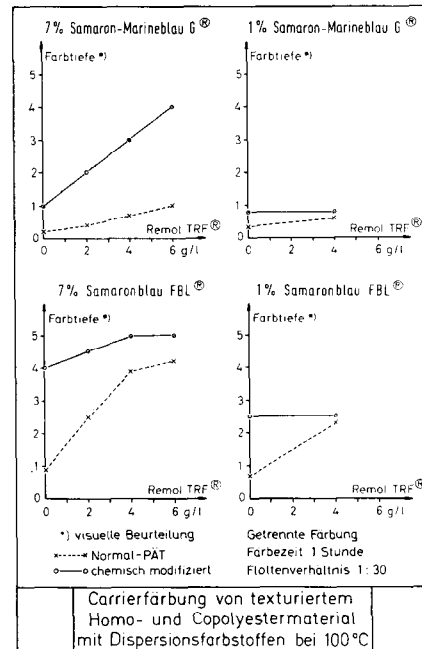


Abb. 8

PÄT-Fasern, die mit aromatischen, aliphatischen Comonomeren oder mit Polyätherblöcken modifiziert sind, sind im Handel. Ihr Marktanteil gegenüber normalen PÄT-Fasern steigt, da sie für bestimmte Einsatzgebiete färberische Vorteile bringen und zumindest für die beiden erstgenannten Verbindungsklassen Licht- und Hydrolysebeständigkeit der Fasern sowie die Echtheiten der Färbungen kaum oder nur geringfügig verschlechtern werden. Ob sie sich weiter durchsetzen werden, muß die Zukunft lehren.

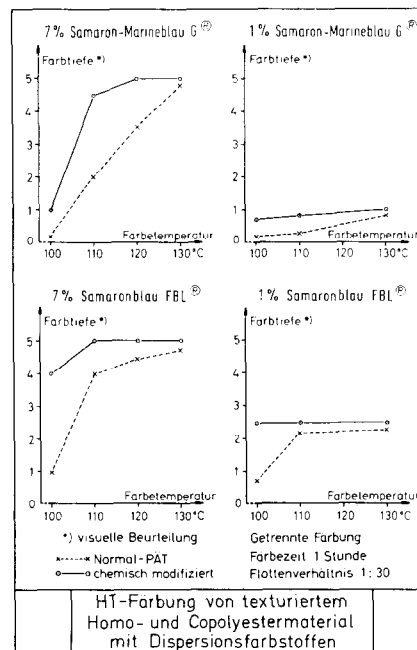


Abb. 9

2. Affinität zu kationischen Farbstoffen

Wachsende Bedeutung kommt – neben den bisher besprochenen „neutralen“ Copolyestern – Polyestern zu, die mit

kationischen Farbstoffen färbbar sind. Prinzipiell gibt es drei Möglichkeiten, saure Gruppen in die Faser einzuführen:

- über die Cokondensation mit geeigneten Verbindungen,
- durch Inkorporierung von anionenaktiven Substanzen vor oder während des Spinnprozesses oder
- durch Nachbehandlung geformter Gebilde zur Erzeugung saurer Gruppen.

Gegen die Inkorporierung spricht die schwierige Beherrschung des Färbeprozesses solcher Fasern, da die beigemischten Verbindungen bei Fixier- und Färbeprozessen mehr oder minder aus der Faser herausdiffundieren können. Die Folge davon sind unterschiedlicher Ausfall und außerdem mangelnde Echtheiten der Färbungen. Die Ausrüstung von Fäden und Fasern mittels oxidativer Nachbehandlung, Sulfurierung oder Pflöpfung führt zwar in manchen Fällen zu ausgezeichnet färbbaren Produkten, verfahrenstechnische Gründe, nicht ausreichende Reproduzierbarkeit sowie Unwirtschaftlichkeit sprechen jedoch gegen dieses Verfahren. Aus diesen Gründen hat sich in der Praxis der Einbau von Cokomponenten mit sauren Gruppen bei der Polymerherstellung durchgesetzt.

In Abbildung 10 sind die eben genannten drei Verfahren aufgezeichnet. Unter 1 findet sich eine Reihe von Verbindungen, die als Modifikanden in Frage kommen. Von den zahlreichen sauren Gruppen nimmt die Sulfonatgruppe eine Spitzenstellung ein.

Einige Bemerkungen zu den Echtheiten sollen hier angefügt werden. Die Lichtechtheiten der Färbungen mit kationischen Farbstoffen auf sauer modifizierten Polyesterfasern erreichen nicht das Niveau, das wir von entsprechend modifizierten Polyacrylnitrilfasern her kennen. Deshalb ist eine besondere Farbstoffauswahl nötig. Ferner hat es an Versuchen nicht gefehlt, die Lichtechtheiten der Färbungen durch geeignete Stabilisatoren zu verbessern⁷. Da die kationisch färbbaren Polyesterfasern in erster Linie für modische Artikel in Frage kommen, sind im allgemeinen die Lichtechtheiten ausreichend. Die Naßechtheiten der kationischen Färbungen dagegen sind ausgezeichnet, da die Farbstoffe durch salzartige Bindungen an die Faser fixiert sind.

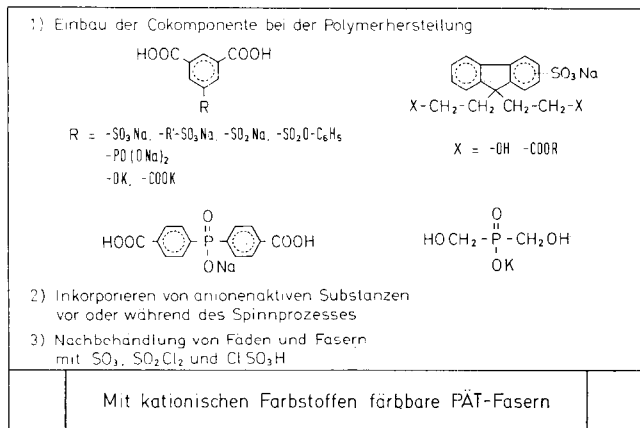


Abb. 10

Werden 2 bis 3 Molprozent Natriumsulfonat der Isophthalsäure, bezogen auf Terephthalsäure, oder eines anderen bifunktionellen Natriumsulfonats in PÄT einkondensiert, so zeigen daraus hergestellte Fasern und Fäden neben befriedigenden Färbungen mit kationischen Farbstoffen ein gesteigertes Ziehvermögen für Dispersionsfarbstoffe. Durch Verarbeitung von normalen mit sauer modifizierten Polyesterfäden lassen sich bei Stückfärbung mit kationischen Farbstoffen Weißreserven, mit Dispersionsfarbstoffen Schattenfärbungen und mit beiden Farbstoffklassen Bicoloreffekte erzeugen. Neben geeigneten Farbstoffen ist dazu eine sorgfältige Auswahl von Färbemitteln, Carriern und Färbetemperaturen erforderlich.

Sauer modifizierte PÄT-Fasern sind im Vergleich zu Normal-PÄT empfindlicher gegenüber hydrolytischem Abbau, und da dieser Abbau durch Säuren oder durch Laugen katalysiert wird, muß der Färbeprozess genau gesteuert werden. Über das Färben von sulfonatgruppenhaltigen Copolyesterfasern liegen zahlreiche Veröffentlichungen vor⁸.

3. Affinität zu sauren Farbstoffen

Während also PÄT-Fasern und -Fäden mit verbesserter Färbbarkeit gegenüber Dispersionsfarbstoffen und kationischen Farbstoffen bereits auf dem Markt sind, gelang es bisher nicht, ein technisch brauchbares, mit sauren Farbstoffen färbbares PÄT zu entwickeln, obwohl wiederholt in der Presse solche Typen angekündigt wurden⁹. Unseres Wissens sind diese Produkte bisher noch im Versuchsstadium. Mit sauren Farbstoffen färbbare Fasern und Fäden sind für eine Reihe von Einsatzgebieten interessant. Die Weißreservierung bei dieser Farbstoffklasse ist für Homopolyester noch ausgeprägter, und darüber hinaus würde zum Beispiel die Verarbeitung von Wolle/Polyester-Mischgeweben vereinfachte Färbetechniken ermöglichen.

Um PÄT für anionische Farbstoffe affin zu machen, müssen basische Gruppen in das Polymermolekül eingebaut bzw. während des Spinn- und Nachbehandlungsprozesses ein- oder aufgetragen bzw. erzeugt werden.

In Abbildung 11 sind solche Verfahren zusammengestellt und eine Reihe von Verbindungen aufgezählt, die in verschiedenen Laboratorien untersucht wurden. Der Einbau von basischen Verbindungen läuft im wesentlichen auf die Verwendung von tertiären Aminen hinaus. Auch tertiäre Amine, die durch Polyoxyäthylierung von primären Aminen hergestellt werden, kommen in Frage. Die Amine überstehen die hohe Temperaturbelastung bei der Polykondensation nicht und führen zu mehr oder minder verfärbten Produkten. Eine sterische Blockierung der Aminogruppe, die die Basizität kaum verändert, jedoch eine Alkylierung verhindert, brachte eine graduelle, im Niveau jedoch noch nicht befriedigende Verbesserung.

Liegt der basische Stickstoff in aromatischen Ringen mesomeriestabilisiert vor oder wird allgemein seine Basizität verringert, so können dadurch wohl thermostabilere Polymere, aber immer noch nicht farblich einwandfreie Produkte erhalten werden. Werden tertiäre Amine über die schonende Feststoffkondensation in das Polymermolekül eingeführt, so werden zwar hellere Produkte erhalten, die Temperaturbelastung des anschließenden Schmelzspinnprozesses hebt aber die erzielte Verbesserung teilweise wieder auf. Die Kondensation mit Acyl- oder mit Sulfonamiden gestattet die Herstellung farblich brauchbarer Produkte, ihre Anionenaffinität ist aber so weit gesenkt, daß darunter die Färbbarkeit mit sauren Farbstoffen leidet.

Von der Temperaturbelastung her gesehen, wäre das Einspinnen geeigneter Basen oder von Polyamiden vorzuziehen; mangelnde Echtheiten sowie die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse führen jedoch zu ungenügender Betriebssicherheit. Das gleiche gilt für Thermodiffusionsverfahren mit geeigneten Basen am fertigen Faden. Es bleibt festzustellen, daß das Problem der technischen Verwirklichung einer sauer färbbaren PÄT-Faser mit akzeptablen Eigenschaften bis heute noch nicht befriedigend gelöst ist. Aber gerade dieses ungelöste Problem reizt die Polymerchemiker immer wieder zu neuen Anläufen.

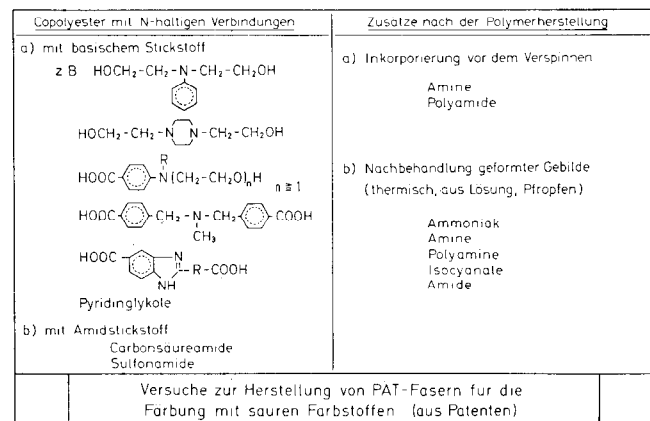


Abb. 11

C. PILLARME FASERN

Textilien aus Polyesterfasergarnen neigen zum Pillen, wenn der Polyester ein normales Molekulargewicht besitzt.

Bekanntlich versteht man darunter die Bildung von Knötchen an der Stoffoberfläche, wodurch das Aussehen der Kleidungsstücke sehr beeinträchtigt wird. Der Pilleffekt kommt dadurch zustande, daß durch Walk- und Scheuerwirkung beim Tragen einzelne Fasern aus dem Faserverband der Garne herauswandern, die sich dann zu Pills verknäueln. Während nun bei Stoffen aus Naturfasern diese Pills im allgemeinen rasch abgescheuert werden und verschwinden, ist das bei Stoffen aus den sehr festen und vor allem sehr biegebeständigen Polyesterfasern nicht ohne weiteres der Fall. Dadurch kann der Pilleffekt permanent werden. Man hat daher nach Wegen gesucht, der Neigung zur Pillbildung entgegenzuwirken.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten: Man hindert entweder die Fasern aus dem Garn herauszuwandern, oder man setzt ihre Biegebeständigkeit herab.

Für die Herstellung pillarmer PÄT-Stoffe hat man zunächst von der ersten Möglichkeit Gebrauch gemacht, indem man höher gezwirnte Garne zu Geweben verarbeitete. Zwangsläufig wurden die Gewebe dadurch etwas weniger voluminös. Es war durch diese Verfahrensschritte aber nicht möglich, aus nicht pillarmen Fasern sehr weiche, lockere Stoffe, wie beispielsweise Streichgarnartikel oder Maschenwaren aus Fasergarnen, herzustellen. Für diese Sektoren muß daher zur Reduzierung der Pillneigung vor allem die Biegebeständigkeit der Faser herabgesetzt werden. Bei Tragebedingungen unterliegen die Ankerfasern, die die Pills an der Gewebeoberfläche festhalten, weniger einer Zug- als vielmehr einer Biegebeanspruchung.

Wie kann nun die Biegebeständigkeit von Fasern herabgesetzt werden?

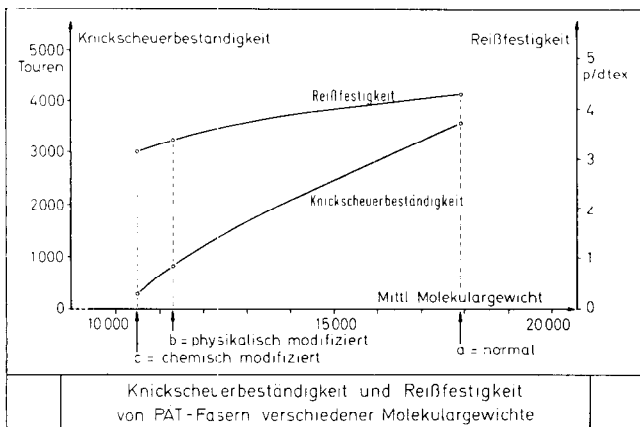


Abb. 12

Um eine Antwort auf diese Frage zu bekommen, betrachten wir in Abbildung 12 die Reißfestigkeit und die Biegebeständigkeit von Fasern (mit gleichem Titer und gleicher Dehnung) als Funktion des mittleren Molekulargewichts. Aus dem Diagramm ist zu erkennen, daß die Reißfestigkeit mit sinkendem Molekulargewicht nur geringfügig, die Biegebeständigkeit dagegen stärker abnimmt. Auf die feineren Unterschiede zwischen der physikalisch und der chemisch modifizierten pillarmen Faser werden wir noch zurückkommen. Diese Befunde werden durch die Pillkurven in Abbildung 13 bestätigt.

Zum besseren Vergleich wurden hier Gewebe und Gestricke aus 100% Polyesterfasern hergestellt, die im ungeschorenen und gefärbten Zustand im Random-Tumble-Pillingtester geprüft wurden. In Übereinstimmung mit der sinkenden Biegebeständigkeit der Fasern nehmen Maximum und Länge der Pillkurven ab. In der gleichen Reihenfolge nimmt auch die Pillneigung dieser Gewebe und Gestricke, wie Trageversuche zeigten, ab. Dabei schneidet eine chemisch modifizierte PÄT-Faser mit niedrigerem mittlerem Molekulargewicht deutlich am besten ab. Eine solche Faser wurde von J. Thimm bereits vorgestellt¹⁰.

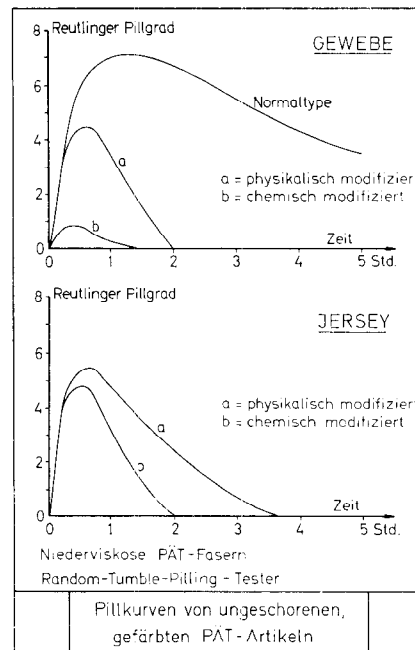


Abb. 13

Welche Konsequenzen ergeben sich nun für die Herstellung von niederviskosen pillarmen Fasern?

Am Beginn der PÄT-Faserentwicklung standen Fasern mit relativ hoher mechanischer Tüchtigkeit, das heißt solche, die aus Polymeren mit verhältnismäßig hohem mittlerem Molekulargewicht hergestellt werden. Die Schmelzviskosität dieser gut verspinnbaren Fasern liegt bei 2000 bis 3500 Poise (gemessen bei 285° C). Es war daher zunächst naheliegend, Fasern, Garne und Gewebe zur Senkung der Pillneigung chemisch¹¹, beispielsweise mit Wasser, Soda, Ammoniak, Hydrazin, Aminen oder Alkoholen, abzubauen. Dieser Abbau ist aber schwer zu beherrschen bzw. reproduzierbar zu gestalten, und außerdem erfordert er einen zusätzlichen Arbeitsprozeß.

Eine andere Möglichkeit, die Biegebeständigkeit von Fasern herabzusetzen, die auch industriell genutzt wird, besteht darin, von vornherein einen Polyesterrohstoff mit niedrigerem Polykondensationsgrad einzusetzen. Unter normalen Produktionsbedingungen haben aber diese Polymere eine so niedrige Schmelzviskosität, daß die Verspinnung erschwert ist. Außerdem ändert sich durch Senkung des Molekulargewichts die Kristallisationskinetik der Fasern. Es treten zusätzliche färbische Schwierigkeiten bei dieser hochkristallinen Faser auf, die bei Homopolykondensaten nur durch eine physikalische Modifizierung überspielt werden können. Zur Verminderung eines Teils der aufgezeigten Schwierigkeiten wird bei niedrigerem Molekulargewicht in der Faser eine hohe Schmelzviskosität im Spinnprozeß angestrebt.

Es liegen zahlreiche Veröffentlichungen vor, die sich mit der Lösung des Pillingproblems durch chemische Modifizierung von PÄT befassen. Industriell werden aber neben dem Verspinnen von niederviskosem Homopolymer im wesentlichen nur drei Modifizierungsrichtungen genutzt:

1. Partieller Ersatz der Diol- bzw. Dicarbonsäurekomponente im Polyester^{2, 11}. Hierher gehören Fasern, die 10 bis 15 Molprozent Isophthalsäure, p-Hydroxy- bzw. p-Hydroxyäthoxybenzoesäure, bezogen auf die Säurekomponenten, enthalten. Auch Blockpolymere, bei denen monofunktionelle Polyäthylenoxide als Endgruppen am PÄT-Molekül fixiert sind, sind bekannt. Einführung von anionischen Gruppen in das Polyester-molekül, wobei die Linearität der Polymerkette ebenfalls erhalten bleibt. Es handelt sich hier um Vertreter, die uns bereits bei der Abhandlung der Färbbarkeit begegnet sind.
2. Einbau einer permanenten Verzweigung in die Kette. Die polyfunktionelle Verbindung darf nur in sehr geringer Menge, weniger als 1 Molprozent, bezogen auf die Säurekomponente, vorhanden sein, weil sonst die Verstretchbarkeit stark reduziert und die Garnfestigkeit außerdem zu stark erniedrigt wird. Als Modifizierungskomponenten kommen Polycarbonsäuren und Polyole in Frage. Diese Ver-

bindungen können auch zur Unterstützung der Pillresistenz mit den unter 1 genannten Copolyestern kombiniert werden.

- Einbau von Kettengliedern, die auch Verzweigungs- und Vernetzungsstellen im Polymermolekül sein können und die sich in ihrem chemischen Charakter stark von den normalen Esterbindungen unterscheiden. Ihre Reaktivität muß so erhöht sein, daß thermolytische oder hydrolytische Abbaureaktionen bevorzugt an diesen Stellen stattfinden und die Carbonsäureestergruppen intakt bleiben.

Werden Verbindungen mit Heteroatomen in das Polymermolekül eingebaut, so zeichnen sich diese Störstellen – wie längst bekannt ist – durch besonders ausgeprägte Hydrolyseempfindlichkeit aus. Die Hydrolyseempfindlichkeit ebenso wie die Thermostabilität ist von der Natur der Kohlenstoff-Sauerstoff-Heteroatombindung abhängig.

In Abbildung 14 ist die Kettenverlängerung und die Kettenverzweigung des Polyesteremoleküls über leicht spaltbare Kettenglieder schematisch dargestellt. Der hydrolytische Abbau ist der Übersichtlichkeit halber nur im Fall der Kettenverlängerung eingezeichnet.

Über solche Bindungssysteme können gezielt niederviskose Fasern mit extremer Pillarmut der daraus hergestellten Gewebe und Maschenwaren erhalten werden. Durch besondere Auswahl der Modifizierungskomponente wird außerdem das Ziehvermögen für Dispersionsfarbstoffe verbessert.

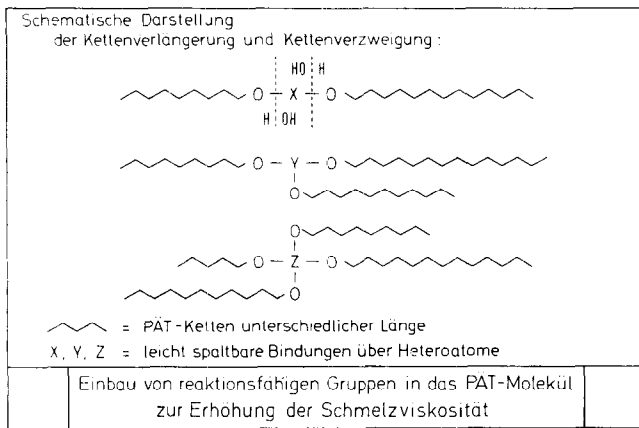


Abb. 14

D. HOCHSCHRUMPFASERN (HS-FASERN)

Der Wunsch nach voluminösen Faserganggeweben für Herren- und besonders für Damenoberbekleidung leitete die Entwicklung von Polyester-Hochschrumpffasern ein. Von der Strickerlei her ist bekannt, daß beim Mischen von normalschrumpfenden und hochschrumpfenden Fasern – z. B. Acrylfasern – und nach der Schrumpfauslösung im Mischgarn besonders voluminöse, bauschige und damit auch wärmehaltige Artikel hergestellt werden können.

Bei der Schrumpfauslösung durch Wärmebehandlung zieht sich im Garn die schrumpfende Faser zusammen und drückt dabei zwangsläufig bogenförmig die nichtschrumpfende Faser nach außen. Damit wird die geschrumpfte Faser zur tragenden Komponente. Da aber der Schrumpffaseranteil im allgemeinen nur bis 30 bis 40% im Garn beträgt, muß diese nach der Schrumpfauslösung eine gute Längsfestigkeit haben. Außerdem kommt es bei einer Hochschrumpffaser nicht nur auf den zu erreichenden Schrumpfbetrag an, sondern auch auf die Schrumpfkraft. In Garn und Gewebe hat nämlich die schrumpfende Faser einen mehr oder minder großen Widerstand zu überwinden.

Welche Möglichkeiten bestehen nun für die Herstellung einer PÄT-Hochschrumpffaser?

Der einfachste Weg zur Verwirklichung dieses Zieles führt über die Verwendung von normalem Polyesterrohstoff und ist zweifellos für den Faserhersteller am wirtschaftlichsten. Diese nicht chemisch modifizierten Polyester-Hochschrumpffasern sollen nur zu Vergleichszwecken herangezogen werden. Es soll

deutlich gemacht werden, daß eine Copolyester-Schrumpffaser nicht nur eine Typenbereicherung darstellt, sondern eine notwendige Ergänzung für den Bekleidungs- und Teppichsektor bedeutet.

Hochschrumpf-Polyesterfasern, physikalisch oder chemisch modifiziert, befinden sich auf dem Markt. Über Hochschrumpffasern haben Albrecht, Thimm, Hähne und Gernhardt¹² berichtet. Eine Hochschrumpffaser soll ungefähr das Kraft-Dehnungsverhalten einer normalen PÄT-Faser besitzen und bei Heißwasser- oder Heißluftbehandlung bis ca. 50% schrumpfen können. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die HS-Fasern so hergestellt werden, daß sie nach der Verstreckung weitgehend amorph, das heißt wenig kristallin, aber hoch orientiert sind. In Abbildung 15 sind die Kraft-Dehnungsdiagramme von physikalisch und chemisch modifizierten HS-Fasern im Ausgangszustand und nach Wärmebehandlung zu sehen.

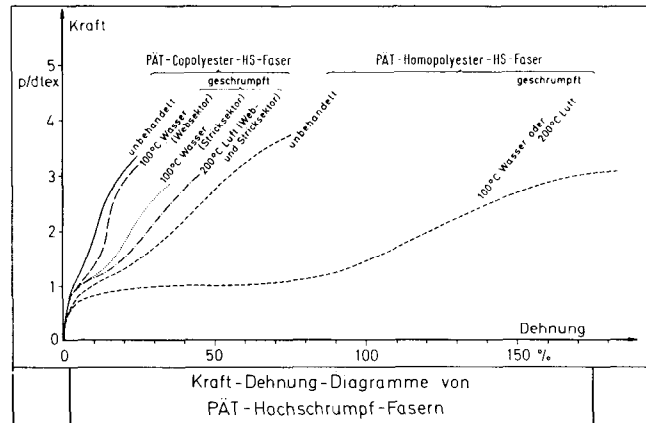


Abb. 15

Beim Schrumpfprozeß nimmt die Reißfestigkeit verhältnismäßig wenig ab, die Reißdehnung bei der physikalisch modifizierten HS-Faser dagegen stark zu. Beachtet man aber, daß der Anfangsmodul praktisch unverändert bleibt und beim Trageversuch die Einzelfaser im Gewebe nicht bis zur Fließgrenze beansprucht wird, so muß sich die höhere Reißdehnung nicht schädlich auswirken.

In Abbildung 16 sind die Schrumpfkurven einer normal schrumpfenden, pillarmen PÄT-Faser, einer physikalisch modifizierten und zwei Kurven einer chemisch modifizierten HS-Faser aufgetragen. Während die physikalisch modifizierte HS-Schrumpffaser schon durch kochendes Wasser, 130° C heißem Dampf oder 200° C heiße Luft bei schockartiger Einwirkung maximal um 40 bis 50% schrumpft, schrumpft die chemisch modifizierte HS-Faser für den Webereisektor nur um maximal 1% bzw. für den Strickereisektor um ca. 19 bis 22% in kochendem Wasser. Außerdem ist der maximal bei einer bestimmten Temperatur zu erzielende Schrumpf bei der Copolyester-HS-Faser nicht mehr von einer plötzlichen Wärme-einwirkung abhängig und kann stufenweise durch Temperaturerhöhung erreicht werden.

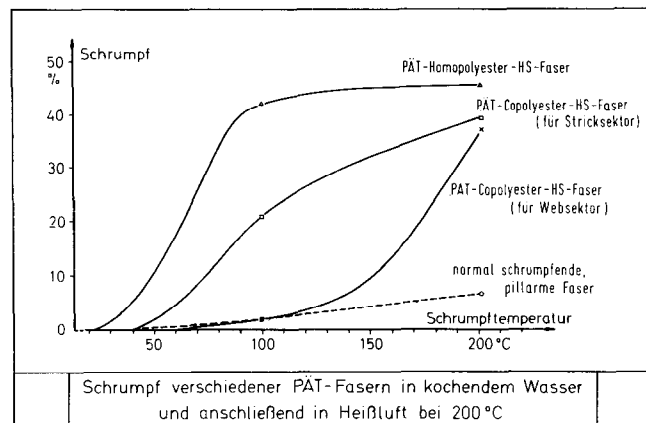


Abb. 16

Dieses Verhalten bedeutet für den Färber und Ausrüster einen großen Vorteil. Der maximale Schrumpfung kann in mehreren Arbeitsschritten erreicht werden. Die für die Weberei bestimmte Faser kann wegen ihres kleinen Kochschrumpfes als Flocke, im Kammzug oder als Garn sogar unter HT-Bedingungen gefärbt werden. Erst beim Fixieren des Gewebes bei 185 bis 195° C wird der Faserschrumpfung voll ausgelöst.

Bei der physikalisch modifizierten Hochschrumpffaser ist wegen des hohen Kochschrumpfes nur Stückfärbung möglich. Wir glauben daher, daß sich eine normale HS-Faser auf Grund des aufgezeigten Verhaltens besser für den technischen Sektor (z. B. für Vliese und Filze), die Copolyester-HS-Faser dagegen auch und gerade für den Web- und Stricksektor eignet. Der optimale Anteil an HS-Fasern liegt für Webartikel bei 30% und für Maschenartikel bei 40%.

Zur Erklärung des Verhaltens der Copolyester-HS-Faser muß die Kristallisationskinetik des Polymeren angesprochen werden. Durch den Einbau einer bestimmten Modifizierungskomponente in steigender Konzentration in das PÄT-Molekül nimmt die Kristallisationsgeschwindigkeit ab. Deshalb ändert sich unter den Schrumpfbedingungen die den Schrumpfung begrenzende Kristallinität nur wenig. Eine vorgeschrumpfte Copolyesterfaser kann also durch steigende Temperatureinwirkung erneut schrumpfen.

Für die günstige Beeinflussung von Schrumpfung und Schrumpfkraft der PÄT-HS-Fasern durch chemische Modifizierung werden zahlreiche Verbindungen genannt. Betrachten wir die in Tabelle 2 angeführten Comonomeren, so treffen wir viele alte Bekannte, die wir bereits zur Verbesserung der Färbbarkeit mit Dispersionsfarbstoffen abgehandelt haben. Der Unterschied liegt lediglich – von der Konzentration abgesehen – in den speziell zugeschnittenen Herstellungsverfahren für die Fasern. Ob all die genannten Verbindungen in der gewünschten Richtung wirksam sind, ist zweifelhaft.

Tabelle 2: Modifizierungskomponenten für PÄT-Hochschrumpffasern (aus Literaturangaben)

Dicarbonsäuren	Hydroxycarbonsäuren u. Diole
Isophthalsäure	p-Hydroxybenzoesäure
Uvitinsäure	p-Hydroxyäthoxybenzoesäure
2,6-Naphthalindicarbonsäure	p-Hydroxymethylbenzoesäure
4,4-Diphenyldicarbonsäure	
2,5-Dichlorterephthalsäure	
5-Hydroxyisophthalsäure	
2,5-Furandicarbonsäure	höhere oder substituierte Glykole
Adipinsäure	
Sebacinsäure	
5-Na-Sulfoisophthalsäure	

Comonomere, die statistisch in PÄT eingebaut sind und zu einer Erhöhung der Kristallisationstemperatur (T_k) und damit zu einer Erniedrigung der Kristallisationsgeschwindigkeit führen, scheinen am ehesten für die Herstellung chemisch modifizierter Hochschrumpffasern geeignet zu sein.

E. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Kehren wir noch einmal zum Ausgangspunkt zurück. Zu den Homopolyesterfasern gesellten sich relativ bald die Copolyesterfasern. Daß sich diese Entwicklung so schnell anbahnte, mag in gewissen Ländern auch mit patentrechtlichen Fragen zusammenhängen.

Bei Polyamiden klappte zwischen Homo- und Copolymeren zeitlich eine größere Kluft. Gerade in den letzten Jahren haben hier die Entwicklung der Differential-Dyeing-Technik und die durch die Bikomponentenfäden geschaffenen neuen Möglichkeiten der Forschung starke Impulse gegeben und die Anwendungspalette erweitert. Erst als die Grenzen ihrer Einsatz-

möglichkeiten abgesteckt waren und sich zusätzliche Bedürfnisse ergaben, wurden Fasern und Fäden aus vollaromatischen Polyamiden oder Polyamide mit cycloaliphatischen Ringen, die beide, vom Polymer her gesehen, nicht einmal so neu waren, für Spezialzwecke vorgestellt. Zum Teil mußte allerdings das bis dahin bei Polyamiden übliche Schmelzspinnen verlassen und zu anderen Spinnverfahren übergegangen werden.

Für Polyesterfasern läuft die Entwicklung in gewisser Weise parallel. Bei PÄT-Fasern, die neben Terephthalsäure und Äthylenglykol in untergeordnetem Maße eine dritte Komponente enthalten, wird die Färbbarkeit verändert oder das Färben mit anderen Farbstoffklassen möglich. Häufig ist damit auch eine Herabsetzung der Pillneigung verbunden. Dieser Effekt kann durch Verzweigungsstellen im Polyester verstärkt werden. Copolyester-Hochschrumpffasern bereichern die Typenpalette. Der Einsatz von modifizierten PÄT-Fasern erstreckt sich heute vom Bekleidungssektor bis auf das Teppichgebiet. Bei den Fäden ist ihr Vordringen deutlich erkennbar.

Die Entwicklung ist jedoch keineswegs abgeschlossen. Angesprochen wurde eine mit sauren Farbstoffen färbbare Faser. Die Neigung von PÄT-Artikeln zur elektrostatischen Aufladung ist in manchen Fällen lästig. Gewisse Verbesserungen wurden bereits erzielt. Voll befriedigende, permanent antistatische Fasern, die ihre Wirksamkeit bis zu sehr niedrigen relativen Luftfeuchtigkeiten behalten, außerdem aber keine Färbeschwierigkeiten und bei Erhalt der guten textiltechnologischen Eigenschaften keine Anschmutz- und Schmutzentfernungsprobleme aufweisen, stehen noch aus.

Obwohl die PÄT-Fasern unter den großen Chemiefasern, z. B. im Vergleich zu Polyacrylnitrilfasern, die geringste Brennbarkeit zeigen, werden Anstrengungen unternommen, ihre Entflammbarkeit noch mehr herabzusetzen. Diese Frage ist vielschichtig und muß im Zusammenhang mit der Verarbeitung von Mischgarnen gesehen werden. Dadurch kann das Brennverhalten einer Faser und des Textils daraus entscheidend verändert werden.

Man kann mit PÄT und seinen Copolymeren vieles erreichen; natürlich hat aber auch diese Substanzgruppe ihre Grenzen. Andere Polyesterfasern ergänzen die Einsatzmöglichkeiten. Erinnert sei an Fasern, die aus Terephthalsäure und 1,4-Bis-hydroxymethyl-cyclohexan, oder an Fäden, die aus p-Hydroxyäthoxybenzoesäure hergestellt werden. Die letztgenannten Fäden sollen seidenähnliche Eigenschaften aufweisen. Noch nicht abzusehen ist, ob sich auf dem Fasergebiet das altbekannte Polybutylenterephthalat durchsetzen wird.

Gänzlich andere Polyester, wie Polypivalolacton mit interessanten Elastizitätseigenschaften, werden ebenfalls untersucht. Auch auf dem Gebiet der Polycarbonate sind die Dinge in Fluß. Hochtemperaturbeständigen vollaromatischen Polyesterfasern mit sehr hohem Schmelzpunkt dürften allerdings Grenzen gesetzt sein. Dafür ist schließlich die im Vergleich zur Polyamidgruppe herabgesetzte Stabilität der Carbonestergruppen im Polymermolekül bei hohen Temperaturen verantwortlich. Eine zusätzliche Einschränkung ist die Tatsache, daß es für die hochschmelzenden Polyester im Gegensatz zu den aromatischen Polyamiden kaum wirtschaftlich zugängliche und einsetzbare Solventien gibt, die ein Spinnen aus Lösungen attraktiv machen könnten.

Ich hoffe, daß es mir gelungen ist, Ihnen einen kleinen Überblick über Polyesterfasern der zweiten Generation zu geben. Viele Themen und Entwicklungen konnten nur am Rande angesprochen werden.

Literatur:

- 1) W. Griehl; Lenzinger Berichte, Folge 22, 55 (1966)
Chemiefasern **16**, 775 (1966)
- 2) S. Morimoto; Man-Made Fibers, Vol. 3, 21 (1968)
- 3) D. Coleman; J. Polymer Sci. **14**, 15 (1954)
- 4) W. Griehl, R. Hoffmeister; Faserforsch. Textiltechn. **6**, 504, 554 (1955)
P. Kresse; Faserforsch. Textiltechn. **11**, 353 (1960)
- 5) J. Polymer Sci. **8**, 1 (1952)
- 6) J. B. Jackson, G. W. Longman; Polymer **10**, 873 (1969)

- 7) S. B. Maerov, H. Kobsa; *Textile Res. J.* **31**, 697 (1961)
 8) E. Siepmann; *Melliand Textilber.* **49**, 577 (1968)
 B. L. Schipolt; *Textilveredlung* **4**, 670 (1969)
 J. K. Thimm; *Journal of the American Association of Textile Chemists and Colorists* Vol. 2, Nr. 4, 69/25 (1970)
 W. G. Berger; *Melliand Textilber.* **51**, 438 (1970)
 H. Tiefenbacher; *Textilveredlung* **5**, 100 (1970)
 H. Beutler; *Melliand Textilber.* **51**, 1189 (1970)
 9) siehe auch *Chem. Ind.* XXII, 159 (März 1970)
 10) *Melliand Textilber.* **51**, 181 (1970)
 11) A. J. Hall; *Textile Recorder*, S. 73 (September 1966)
 12) W. Albrecht; *Chemiefasern* **18**, 746 (1968)
 H. Hähne; *Textil-Industrie* **72**, 57 (1970)
 J. K. Thimm; *Melliand Textilber.* **51**, 177 (1970)
 S. Gernhardt u. M.; *Deutsche Textiltechnik* **20**, 515, 559, 716 (1970)

Diskussion

Albrecht: Vielen Dank, Herr Dr. Jakob, für die ausgezeichnete Übersicht, die die verschiedenen Möglichkeiten der Polyesterfasern aufzeigte. Mit den tieffärbenden, den basisch- oder sauerfärbenden, den pillingresistenten, den hochschrumpfenden sowie den bikomponenten Fasern und den Möglichkeiten, auch noch antistatische und flammfeste Fasern herzustellen, haben Sie die Grenzen aufgezeigt, die uns praktisch beim Konstruieren und Verarbeiten dieser Fasern gesetzt sind.

Berger/Dresden: Herr Dr. Jakob, trotz der Vielzahl der chemischen Modifizierungsmöglichkeiten haben sich industriell nur wenige durchgesetzt. In der letzten Zeit sind sehr viele Phosphorverbindungen als Zusatzmittel eingeführt worden. Welche Wirkung besitzt Phosphor als Element beim Färben auf die Aktivierungsenergie usw.?

Jakob: Sie meinen wohl den Einbau von Phosphonsäuregruppen in das Polyester-molekül. Der Faserhersteller, der diese Modifizierungsart studiert, wird relativ bald wieder von diesen phosphorhaltigen Verbindungen abkommen, da die Lichtechtheiten der Färbungen mit kationischen Farbstoffen bei diesen Copolyestern im allgemeinen schlechter liegen als bei den sulfonatmodifizierten Polyestern. Messungen der Aktivierungsenergie haben wir nicht durchgeführt.

Anonym: Sie haben uns in einem Ihrer Diagramme den Einfluß der Anzahl der Phenylkerne auf den Gasumwandlungsbereich gezeigt. Haben Sie den Gasumwandlungsbereich als Funktion des Molekulargewichts bei Polyäthylenterephthalat ebenfalls untersucht?

Jakob: Ja, das ist geschehen. Mit steigendem Molekulargewicht steigt der Gasumwandlungspunkt geringfügig an.

Gilch: Sie haben gezeigt, daß sich durch die Copolymerisation die Einfrieretemperatur ziemlich stark, der Schmelzpunkt hingegen weniger ändert. Die Kristallisationskinetik ändert sich auch stark. Wie sieht die Endkristallisation nach längerer Zeit aus? Wenn Sie ein Copolymeres beispielsweise längere Zeit aufbewahren, verändert sich die Farbaufnahme mit der Zeit und in Abhängigkeit von der Lagerungstemperatur?

Jakob: Uns haben vor allem Copolymere mit einem Copolymerengehalt von 5 bis 8 Mol% interessiert. Hier ändert sich die Kristallisationskinetik durch das Ansteigen der Kristallisationsgeschwindigkeit bei einer bestimmten Konzentration einer Dicarbonsäure. Bei höheren Konzentrationen kehren sich die Verhältnisse meist um. Die Kristallisationsgeschwindigkeit fällt. Hinsichtlich des Kristallinitätsgrades ist bei diesen geringen eingebauten Mengen der mit Dispersionsfarbstoffen tief färbaren Fasern kein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Kristallinitätsgrad von normalen Polyesterfasern festgestellt worden. Hinsichtlich der Kristallinität liegen die Unterschiede eher in der Orientierung der Kristallite, aber nicht so sehr im unterschiedlichen Kristallinitätsgrad. Die Farbstoffaufnahme ändert sich bei normaler Lagertemperatur nicht.

Schlack: In der Tabelle stickstoffhaltiger Cokomponenten haben Sie auch eine Benzimidazolcarbonsäure erwähnt, die nun im Gegensatz zu den anderen Aminverbindungen thermisch völlig stabil ist. Auch diese Dicarbonsäure erwies sich als ungeeignet, das heißt, sie verursachte Nebenreaktionen durch den katalytischen Einfluß der Basizität der Benzimidazolgruppe. Ist das nicht ein grundsätzliches Argument gegen derartige Dinge?

Jakob: Herr Professor Schlack, Sie schneiden hier eine Erwähnung, die in meinem Referat, das zur Verteilung kommt, angesprochen ist, an, und die ich hier aus Zeitmangel wegließ. Einesteiß brauchen wir eine bestimmte Basizität, um eine Fixierung des sauren Farbstoffs zu erzielen. Mit fallender Basizität nimmt im allgemeinen aber auch – trotz erhöhter Thermostabilität der Verbindung – die Färbbarkeit ab. Gehen Sie zu stabileren Verbindungen über, die schwächer basisch sind, dann erhalten Sie also eine Färbbarkeit, die nicht mehr zufriedenstellend ist. Das von Ihnen angesprochene Benzimidazol, über das Sie ja auch ein Patent besitzen, hat mich immer wieder begleitet. Doch war die Farbe der daraus hergestellten Copolyesterfasern für die Bereiche, wo sie eingesetzt werden sollten, nicht thermostabil genug. Auch wenn Stabilisatoren und Katalysatoren bei der Polymerherstellung in breiten Bereichen verändert wurden.

Schlack: Ich will nur bemerken, daß damals diese Komponente ja eigentlich als Cokomponente für Polyamide und nicht für Polyester gedacht war.

Jakob: Diese Imdazole boten sich immer wieder an, weil diese basischen Gruppen eine starke Mesomeriestabilisierung in dem aromatischen System aufweisen, und darum hat man sie auch beim Polyester untersucht.

Kratzsch: In Ihrer Aufstellung gaben Sie bei der tiefanfärbenden Type auch Endlosfäden an. So erfreulich es ist, daß man nun auch schon ohne Carrier bei 100° färben kann, so erhebt sich doch die Frage, wie sieht es mit der Gleichmäßigkeit aus, denn der Carrier hat ja auch manchmal eine ausgleichende Funktion? Bei den basisch anfärbaren Typen sprachen Sie von der größeren Verseifungsanfälligkeit. Ist das eine unabdingbare Angelegenheit, oder hatten Sie etwas Spezielles im Auge?

Jakob: Die Frage der Gleichmäßigkeit ist sehr wesentlich und interessant. Wir haben uns damit sehr genau beschäftigt und zu unserer Freude festgestellt, daß die Gleichmäßigkeit gegenüber der normalen Polyesterfaser nicht verändert ist.

Bei der Verseifung basisch färbbarer Polyesterfasern ist ja bekannt, daß im Färbebad Protonen da sind, die aus der Natriumsulfonatgruppe das Natriumion partiell herauslösen können. Dadurch erhalten Sie in der Faser eine stärkere Säure – nämlich eine Sulfonsäure –, die die Hydro-

lysenempfindlichkeit erhöht. Die Publikationen, die sich mit der Verzögerung der hydrolytischen Verseifung befassen, laufen eigentlich darauf hinaus, daß man den Glaubersalzgehalt im Färbebad erhöhen muß, wodurch die Hydrolysenempfindlichkeit relativ stark abnimmt. Mit anderen Worten, Sie bieten große Mengen an Natriumionen an und blockieren damit die saure Sulfogruppe.

Albrecht: Bei tiefer färbenden Typen haben Sie erwähnt, daß die nachträgliche Korrektur unter Umständen Probleme aufwirft. Ist das eine strukturelle Frage, oder ist das eine praktische Frage? Außerdem wissen wir, daß bei den basisch anfärbenden Typen die Reproduzierbarkeit unter Umständen auch dem Färber Sorge macht. Ist das auch eine strukturelle Frage, das heißt ein substanzbedingtes Problem, verursacht durch die Zugänglichkeit oder durch die Verteilung der Isophthalsäure. Kann man dem Praktiker vielleicht zu diesen beiden Problemen noch etwas sagen?

Jakob: Diese Frage ist nicht ohne weiteres zu beantworten. Letzteres könnte das Ausschlaggebende sein.

Albrecht: Also die Verteilung. Kann man zu der nachträglichen Korrektur bei den tiefer anfärbenden Typen noch etwas sagen?

Jakob: Wenn Sie korrigieren müssen, sollen Sie mit einem schlechtziehenden Dispersionsfarbstoff korrigieren, damit der Färber Zeit hat, die gewünschte Korrektur vorzunehmen.

Das andere Problem ist bei der basischen Modifizierung zu sehen. Hier können Sie beim Färben mit Dispersionsfarbstoffen, wenn Schattenfärbungen gewünscht werden, die Korrektur mit basischen Farbstoffen auf dem sauer modifizierten Faseranteil erreichen. Hier stehen also tief-färbende und basischfärbende Fasern – zugunsten der letztgenannten – in Konkurrenz.

Ich kann mir allerdings auch Anwendungszwecke, wo der Übergang zu einer neutral modifizierten Faser vom Preis her diktiert sein kann, vorstellen. Es ist ja unverkennbar, daß eine basisch modifizierte Faser – Herr Dr. Albrecht, wer würde das besser als Sie – teurer sein muß als eine neutral modifizierte.

Groß: Es wird so oft davon gesprochen, daß in Zukunft vor allem aus Lösungsmitteln gefärbt werden wird. Kann dann noch die Frage, ob eine Polyesterfaser basisch oder sauer anfärbbar ist, aktuell sein?

Jakob: Ja, ich würde das schon annehmen. Vor allem wenn Sie bei einbadiger Färbung besondere Effekte erzielen wollen.

Steinlin: Sie haben gesagt, daß eine basisch anfärbbare Polyesterfaser gleichzeitig auch mit Dispersionsfarbstoffen stärker angefärbt wird. Das bedeutet aber, daß keine scharfen Farbkontraste zwischen normaler Polyester- und basisch anfärbbarer Faser erzielt werden können, weil der Dispersionsfarbstoff ja auch auf der basisch färbbaren Faser verstärkt aufzieht. Einen fast klassischen Gelb-Blau-Kontrast können Sie also gar nicht färben.

Jakob: Das ist richtig.

Steinlin: Das ist also anders als bei den Polyamiden, bei denen Sie durch einen Säurefarbstoff für beide Fasertypen je einen Einzelfarbstoff zur Verfügung haben.

Schlack: Noch eine kurze Frage zu der Lichtechtheit der basischen Farbstoffe. Kann man sagen, daß basische Farbstoffe, in denen der zur Faserbindung beitragende basische Anteil außerhalb des Chromogen liegt, grundsätzlich besser sind?

Jakob: Das hat auch mich sehr interessiert. Bei den Färbungen mit basischen Farbstoffen müssen auch Carrier verwendet werden, wenn man nicht zu sehr hohen Färbetemperaturen übergehen will. Dabei läßt sich nicht vermeiden, daß Sie neben echten salzartigen Farbstoffbindungen auch einen dispersionsgefärbten Anteil erhalten. Die Unterschiede sind zwar nicht sehr groß, eine Dispersionsfärbung mit basischen Farbstoffen erniedrigt aber die Lichtechtheiten. Die Echtheiten der Färbungen scheinen hauptsächlich mit der Acidität der sauren Gruppen im Polyester zusammenzuhängen und nicht so sehr, ob die basische Gruppe außerhalb des Chromogens im Farbstoff liegt. Die Bindung von basischen Farbstoffen über Carbonsäuregruppen – wenn Sie sich überhaupt mit Pastellönen zufrieden geben – führt deshalb zu noch schwächer lichtechten Färbungen.

Albrecht: Sie deuteten an, daß die Frage der Elektrostatik noch nicht befriedigend gelöst ist. In der Einführung beschäftigten Sie sich mit Copolyesterfasern mit Polyäthlenoxidgruppen, die verbesserte elektrostatische Eigenschaften aufwiesen. Ist das ein ausbaubarer Weg, oder ist der lediglich von Ihnen, weil eben der kleine Effekt da ist, erwähnt worden?

Jakob: Natürlich ist dieser kleine Effekt vorhanden und wahrscheinlich jeder, der diesen Effekt auf Grund der erhöhten Hydrophile dieser Faser gesehen hat, hat sich bemüht, über Polyätherblöcke das Problem zu lösen. Es wird auch etliches dabei erreicht. Sie kennen ja wahrscheinlich die Ankündigung der WD2-Faser von Monsanto, die in diese Richtung geht. Nur muß man abwarten, was wirklich damit erzielt werden kann. Ich glaube nicht, daß es der einzige oder der Lösungsweg schlechthin ist.

Albrecht: Wir konnten uns nun nochmals überzeugen, daß die Polyesterfaser eine Allroundfaser ist. Daß natürlich eine Faser, die erst in der Entwicklung steht, noch einen langen Weg vor sich hat, um tief anfärbbar, basisch anfärbbar, sauer anfärbbar, pillingresistent, hochschrumpfend, bikomponent, antistatisch und flammfest zu werden, liegt auf der Hand.

Der Einfluß der Spannung auf die Kinetik des Färbeprozesses der Polyesterfasern

Professor René Freytag

Ecole Supérieure de Chimie de Mulhouse

J. J. Donzé

Centre de Recherches Textiles de Mulhouse, France

Diese Untersuchungen wurden ursprünglich durch zunehmende Beschwerden über das Streifigfärben von Geweben aus Polyesterfasern eingeleitet.

Wir studierten zuerst den Einfluß eines Temperaturunterschiedes während der Thermofixierung auf die Farbkinetik dieser Fasern. Diese Arbeit wurde 1968 veröffentlicht und zeigte, daß bei 190° C ein Temperaturunterschied von 2° C nicht überschritten werden darf, wenn eine einwandfreie Färbung zustande kommen soll. Wir mußten aber feststellen, daß bei genauer Einhaltung des empfohlenen Temperaturbereichs die Beschwerden zwar abnahmen, aber nicht verschwanden, so daß wir nach weiteren Ursachen, die diese Streifigkeit erklären könnten, suchen mußten.

Jede Strukturänderung führt ja bekanntlich zu Unterschieden in der Geschwindigkeit der Farbaufnahme, und solch eine Änderung kann durch die Spannung verursacht werden. Wir benutzten dieselbe Arbeitsweise für die Messung von Spannungsunterschieden, die wir für das Messen des Einflusses von Temperaturunterschieden anwendeten. Auf diese Weise konnte gezeigt werden, daß ein kleiner Spannungsunterschied zwischen zwei Fäden im gleichen Gewebe zu großen Unterschieden in der Farbstoffaufnahme führen kann, also zu einem streifigen Gewebe.

Die erhaltenen Resultate werden vorgeführt, und es wird besonders hervorgehoben, daß eine geringe Spannung zu einer verlangsamten Färbung führt, während eine große Spannung eine viel schnellere Farbstoffaufnahme verursacht. Es wird auch gezeigt, wie sich das Thermofixieren, mit oder ohne Spannung, auf die sich im Gewebe befindlichen Spannungsunterschiede auswirkt.

EINLEITUNG

Das Färben der Polyesterfasern wirft von Zeit zu Zeit immer wieder Probleme auf, insbesondere wegen der Bildung von streifigem Gewebe. Selbst wenn mit Bestimmtheit alle Fasern in einem Gewebe aus derselben Fabrikation stammen, kann dieser Fehler auftreten; nicht eines eventuellen Affinitätsunterschieds wegen, sondern wegen eines Unterschieds in der Farbstoffaufnahmegeschwindigkeit.

Die Kinetik des Färbeprozesses wird durch verschiedene mechanische oder thermische Einwirkungen, die eine Strukturveränderung bewirken können, beeinflusst, sei es während des Spinnens, des Spulens, des Zettelns, des Webens oder des Texturierens. 1968 haben wir gezeigt¹, daß während des Thermofixierens bei 190° C ein Temperaturunterschied von $\pm 2^\circ \text{C}$ zu einer Streifigkeitsbildung führen kann, hauptsächlich dann, wenn mit einem Carrier gefärbt werden muß. Wir konnten auch zeigen, daß die Kinetik eines Färbeprozesses nicht nur von der Methode (mittels Carrier, HT oder Thermosol), sondern auch vom Farbstoff selbst abhängt. Der größte Unterschied resultiert aus der Carrierfärbung, der kleinste aus der Thermosolfärbung.

Um möglichst große Unterschiede in der Farbstoffaufnahme zu erzielen, färbten wir mit einem Farbstoff mit hohem Molekulargewicht. Wir verwendeten das Colour-Index-Disperse-Blau 40 in Form von Esterophile-Lichtblau BJLL von Francolor. Nachdem wir feststellen mußten, das es sehr schwierig ist, mit ortho- bzw. mit para-Chlorophenylphenol als Carrier eine genau reproduzierbare Färbung zu erhalten, haben wir für unsere Versuche mit Dichlorbenzol in Form von Dilatin DB der Firma Sandoz AG. gearbeitet.

The present study has originally been introduced by an increasing number of complaints concerning the barriness of dyeings on polyester fabrics.

We first studied the influence of the temperature-variation during heat-setting on the kinetics of the dyeing process. This study was published in 1968 and showed that a difference in temperature of 2° C must not be exceeded at 190° C, if satisfactory dyeings are to be obtained. While complaints were found to become more rare after recommended temperature ranges had been strictly observed, they did not cease altogether. The search for additional causes of barriness was thus continued.

As is well-known, any change in structure results in varying rates of dyestuff absorption, and such changes in structure can be induced by tension. Differences in tension were measured by the same procedure as had been employed in measuring the effects of differences in temperature. We were able to demonstrate, as a result, that any small difference in the tension of two threads forming part of the same fabric can give rise to major differences in dyestuff absorption, and thus to barriness of fabrics.

The results obtained are demonstrated, and stress is placed on the fact that low tension will delay the dyeing process, whereas high tension will considerably speed up dyestuff absorption. It is shown, further, how heat setting with or without tension will influence the differences in tension existing in a given fabric.

Da es bekannt ist, daß auch thermisch unbehandelte Garne zu Streifigkeit im Stoff führen können, haben wir uns nun entschlossen, den Einfluß von Spannungsunterschieden auf die Kinetik des Färbeprozesses zu studieren, um hier Grenzen festlegen zu können, innerhalb der eine Spannungskontrolle durchgeführt werden muß, um eventuelle Fehler zu vermeiden. Auf diesem Gebiet sind mehrere Veröffentlichungen erschienen. So studierten Moncrieff², Schroth³ und Valk⁴ den Einfluß der Fadenspannung während des Thermofixierens und stellten fest, daß die Anfärbegeschwindigkeit mit zunehmender Spannung abnimmt. Kürzlich zeigte aber Valk⁴, daß eine Spannung während des Färbens die Farbstoffaufnahme beschleunigt.

In unserer Arbeit haben wir zwei Versuchsreihen durchgeführt, und zwar untersuchten wir

- a) den Einfluß der Fadenspannung während des Färbens und
- b) den Einfluß der Fadenspannung vor der Thermofixierung.

Schließlich wollten wir feststellen, inwieweit eine spannungslose Thermofixierung einen vorausgegangenen Spannungsunterschied ausgleichen kann.

DIE ARBEITSMETHODE

1. Fasermaterial

Wir benutzten für unsere Versuche ein nicht mattiertes, aus fünfzig Einzelfäden bestehendes Tergalgarn von 280 dtex. Die Drehung betrug 140 T/M S.

2. Aufwickelvorrichtung

Der Faden wurde auf einen besonderen Träger aufgewickelt (Abb. 1). Dieser Träger erlaubt eine genau einstellbare Schrumpfung nach dem Aufwickeln bei konstanter Spannung.

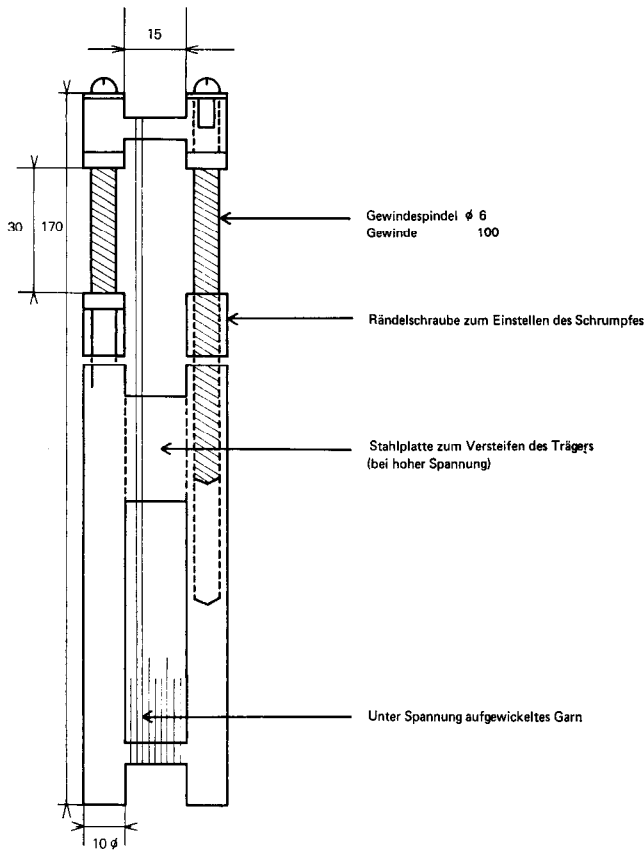


Abb. 1: Garnträger zum Färben des Garns

Für das Aufwickeln wurde eine spezielle Vorrichtung aufgebaut (Abb. 2). Der Materialträger dreht sich langsam mit konstanter Geschwindigkeit, und die belastbare Tänzerwalze steuert die Geschwindigkeit der Fadenzubringertrommel. Die kleinste einstellbare Spannung betrug 10 g/280 dtex.

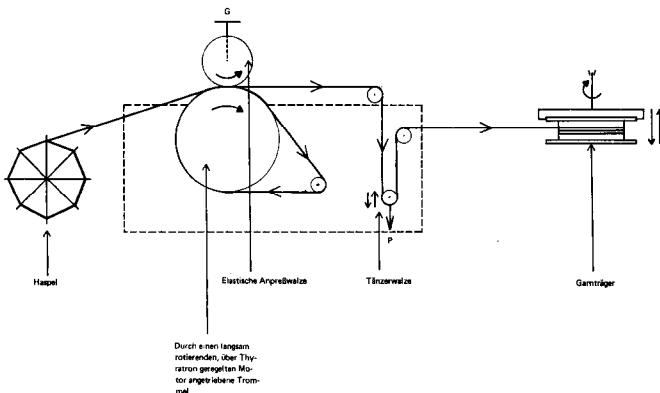


Abb. 2: Aufwickeln des Garns unter konstanter Spannung

3. Vorbehandeln des Materials

- a) **Vorwaschen:** Der Faden wurde vor dem Aufwickeln im spannungslosen Zustand während 30 Minuten bei 60° C mit 0,5 g/l Montopol 1241 (PCMN) in einem Flottenverhältnis 1/60 ausgewaschen, gespült und an der Luft getrocknet.
- b) **Thermofixieren:** Für die erste Versuchsreihe wurde der Faden vor dem Aufwickeln spannungslos thermofixiert. Für die zweite Versuchsreihe wurde das Garn auf dem Materialträger nach dem Aufwickeln thermofixiert. Für diese Behandlung benutzten wir einen Laborspannrah-

men der Firma Benz und arbeiteten bei 200° C während 30 Sekunden.

4. Färben

Die Färbungen wurden in dem Multicolor-Gerät der Firma Pretema durchgeführt. Als Rezeptur benutzten wir eine, die schon 1968 von uns beschrieben wurde und die gezeigt hat, daß sie zu den größten Farbstoffaufnahmeunterschieden führt¹.

- Farbstoff: 1% Esterophil Lichtblau BJLL extra
- Carrier: 5% Dilatin DB
- Flottenverhältnis: 1/40
- pH: 5,0 (Ameisensäure)
- Verlauf: 20° C 3 min 40° C 55 min 100° C 120 min
+ HCOOH + Farbstoff + Carrier
- 100° C 10 min 40° C

Nach dem Färben wurde 30 Minuten gespült.

5. Nachbehandeln

Um den nur oberflächlich fixierten Farbstoff zu entfernen, wurde das gefärbte Material während 20 Minuten mit Aceton bei 5° C in einem Flottenverhältnis 1/35 behandelt.

6. Quantitative Farbstoffbestimmung

Das gefärbte Material wurde mit einer heißen azeotropischen Pyridin/Wasser-Mischung extrahiert und die Farbstoffmenge kolorimetrisch bestimmt. Die Farbstofflösung folgt in unserem Meßbereich dem Lambertschen Gesetz (Abb. 3).

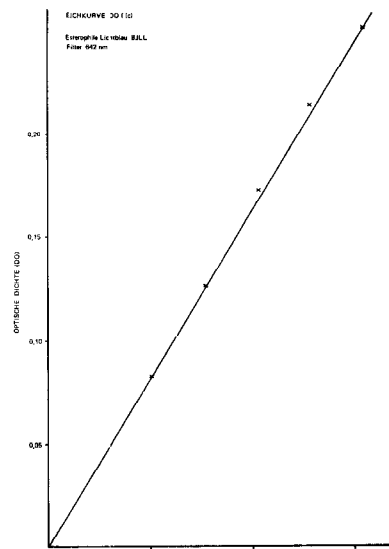


Abb. 3: Farbstoffkonzentration in azeotropem Pyridin (g/l)

7. Kraft-Dehnungsdiagramm

Da die Aufwicklung des Fadens bei konstanter und bekannter Belastung durchgeführt wurde, wobei wir aber die Ergebnisse mittels Dehnungsunterschieden ausdrücken wollten, bestimmten wir das Kraft-Dehnungsdiagramm des Fadens vor und nach einer spannungslosen Thermofixierung (Abb. 4).

ERGEBNISSE

1. Einfluß der Spannung während des Färbens

Der spannungslos fixierte Faden wurde in sieben verschiedenen Spannungen auf die Träger aufgewickelt. Die Spannung wurde zwischen 50 und 450 g variiert; dies entspricht Spannungen zwischen 0,18 und 1,6 g/dtex und Dehnungsunterschieden zwischen 0,3 und 9,6%.

In jedem Färbebad wurde gleichzeitig ein mit nur 50 g und ein unter höherer Spannung aufgewickelter Faden gefärbt. Die Farbstoffaufnahme jedes einzelnen Fadens wurde gemessen und die Mengenunterschiede des aufgenommenen Farbstoffs verglichen (Tab. 1). Die Ergebnisse waren so überras-

schend, daß wir den Versuch dreimal wiederholten, um sie, so wie sie sind, bestätigen zu können.

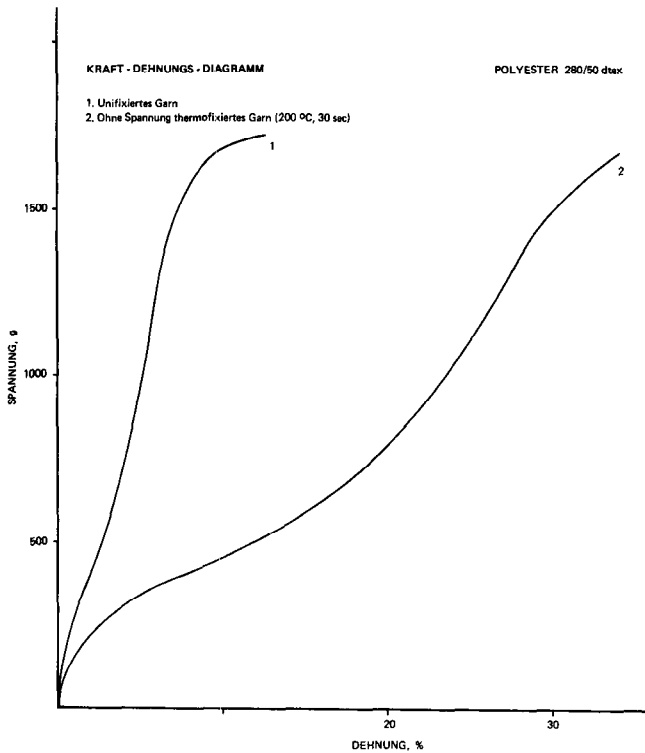


Abb. 4

In unserer früheren Arbeit über den Einfluß von Temperaturunterschieden beim Thermofixieren¹ zeigten wir, daß ein Unterschied von 5% des aufgenommenen Farbstoffs vom Auge noch als Farbunterschied wahrgenommen wird, so daß in dem speziellen Fall nach einer spannungslosen thermischen Behandlung ein Spannungsunterschied überhaupt nicht vorkommen darf. Wir sehen auch, daß der unter Spannung gefärbte Faden – je nach der angewandten Spannung – heller oder dunkler ausfallen kann.

Diese Versuche entsprechen nicht genau den Verhältnissen in der Praxis. Sehr weit sind wir allerdings nicht davon entfernt, wenn wir thermisch behandelte Polyesterfasern, zum Beispiel texturierte Fasern, betrachten, die unter verschiedenen Spannungen in ein Gewebe eingewoben werden, wonach das Gewebe dann anschließend ohne zusätzliche bzw. ohne genü-

Tabelle 1: Thermofixierung ohne Spannung

Spannung g/280 dtex	Dehnung %	Farbstoffkonz. %	Farbstoffunterschied %	Dehnungsunterschied %
50	0,4	0,530	— 18,5	0,3
100	0,7	0,432		
50	0,4	0,512	— 14,8	1,0
175	1,4	0,436		
50	0,4	0,522	— 12,8	2,0
250	2,4	0,455		
50	0,4	0,478	+ 0,6	3,0
300	3,4	0,481		
50	0,4	0,419	+ 31,7	5,0
350	5,4	0,552		
50	0,4	0,451	+ 44,5	9,6
450	10,0	0,652		

gende Thermofixierung gefärbt wird. Der unter Spannung eingewobene Faden bleibt während des Färbens gespannt, weil er von den anderen Fäden festgehalten wird. Tritt in einem solchen Fall Streifigkeit auf, so schreiben wir das vielleicht oft mit Unrecht den Temperaturunterschieden während des Texturierens zu.

Diese Versuche müssen allerdings noch dadurch vervollständigt werden, daß wir untersuchen, inwieweit eine Thermofixierung vor dem Färben diesen Fehler ausschalten kann.

2. Einfluß der Spannung vor dem Thermofixieren

Stellen wir ein Gewebe her, das Fäden mit Spannungsunterschieden enthält, so wird der gespannte Faden im Gewebe in diesem Zustand festgehalten. Auch während der nachfolgenden Thermofixierung kann dieser Faden nicht mehr schrumpfen als seine Nachbarn.

Wir haben bei unseren Versuchen den Faden auf die Träger aufgewickelt, dann wurde das Material thermofixiert und in diesem Zustand zusammen mit einem unter schwacher Spannung aufgewickelten Faden gefärbt. Die Spannungen während des Aufwickelns schwankten zwischen 0,18 und 2,1 g/dtex, was einem Dehnungsunterschied von 0,1 bis 3,3% entspricht. Ein Schrumpfen von 1, 5 und 10% während des Thermofixierens wurde angestrebt. Die erhaltenen Ergebnisse sind in den Tabellen 2, 3 und 4 zusammengefaßt. Wir stellten fest, daß eine Spannungseinwirkung vor dem Thermofixieren immer eine Verminderung der Färbegeschwindigkeit bewirkt. Die Unterschiede hinsichtlich Färbegeschwindigkeit werden umso besser sichtbar, je kleiner das erlaubte Schrumpfen während des Thermofixierens ist.

Tabelle 2: Thermofixierung mit einem Schrumpfen von 1%

Spannung g/280 dtex	Farbstoffkonz. %	Farbstoffunterschied %	Dehnungsunterschied %
50	0,401	— 13,9	0,1
100	0,344		
50	0,388	— 17,5	0,3
150	0,320		
50	0,370	— 20,2	0,8
225	0,295		
50	0,379	— 31,9	1,4
350	0,258		
50	0,369	— 39,5	2,3
450	0,223		
50	0,419	— 46,5	3,3
600	0,224		

Was bedeutet dieses Resultat für die Praxis?

Bekommt der Färber ein Rohgewebe, das eine Breite von 142 cm aufweist, und muß das Gewebe mit einer Fertigbreite von 140 cm abgeliefert werden, so darf – damit wir uns innerhalb der Toleranzgrenze von 5% Farbstoffkonzentrationsunterschied befinden – der Fadendehnungsunterschied im Gewebe nicht größer als 0,035% sein. Das entspricht einem Spannungsunterschied von 25 mg/dtex oder von 7 g je Faden!

Wird das Rohgewebe in einer Breite von 147 cm geliefert, so darf der Fadendehnungsunterschied im Gewebe 0,05% nicht überschreiten, das heißt eine Spannungsunterschied von 36 mg/dtex oder von 10 g je Faden! Nur wenn das Rohgewebe eine Breite von 154 cm hat, werden die Spannungsunterschiede gedämpft. In diesem Fall darf der Fadendehnungsunterschied 1,25% und der Spannungsunterschied 0,9 g/dtex oder 250 g je Faden betragen. Natürlich muß so thermofixiert werden, daß auch die Kettfäden um 10% schrumpfen können.

SCHLUSSFOLGERUNG

Wir haben versucht, die Ergebnisse einer noch ganz am Anfang stehenden wissenschaftlichen Arbeit für die Praxis

Tabelle 3: Thermofixierung mit einem Schrumpfen von 5%

Spannung g/280 dtex	Farbstoff- konz. %	Farbstoff- unterschied %	Dehnungs- unterschied %
50	0,444	— 9,5	0,1
100	0,402		
50	0,497	— 15,9	0,3
150	0,418		
50	0,416	— 18,7	0,8
225	0,338		
50	0,493	— 24,7	1,4
350	0,371		
50	0,443	— 26,2	2,3
450	0,327		
50	0,451	— 27,5	3,3
600	0,327		

Tabelle 4: Thermofixierung mit einem Schrumpfen von 10%

Spannung g/280 dtex	Farbstoff- konz. %	Farbstoff- unterschied %	Dehnungs- unterschied %
50	0,538	0	0,1
100	0,540		
50	0,558	— 0,9	0,3
150	0,553		
50	0,538	— 3,7	0,8
225	0,518		
50	0,550	— 3,9	1,4
350	0,529		
50	0,503	— 9,3	2,3
450	0,456		
50	0,582	— 23,7	3,3
600	0,444		

auszuwerten. Der Endzweck dieser Forschung besteht darin, einen Zusammenhang zwischen der Kinetik des Färbeprozesses und der Struktur der Polyesterfaser zu finden. Heute wollten wir nur zeigen, daß es praktisch unmöglich ist, ein aus Endlofasern hergestelltes Polyestergewebe, das gefärbt werden muß, zu thermofixieren, ohne ein 10%iges Schrumpfen zu erlauben.

Aber auch wenn das Gewebe mit einer 10%igen Schrumpfung thermofixiert werden kann, darf der Spannungsunterschied während des Spulens, des Zettelns und des Webens 0,9 g/dtex nicht überschreiten.

Literatur:

- 1) R. Freytag, J. Blouquin, J. Diemunsch; Bulletin I. T. F. 137, 585-595 (1968)
- 2) R. W. Moncrieff; Dyer, Heft 2, 251-253 (1965)
- 3) R. Schroth; Faserforsch. u. Textiltechn. 19 (5), 230-235 (1968)
- 4) G. Valk, H. J. Berndt, G. Heidemann; Chemiefasern 21 (5), 386-398 (1971)

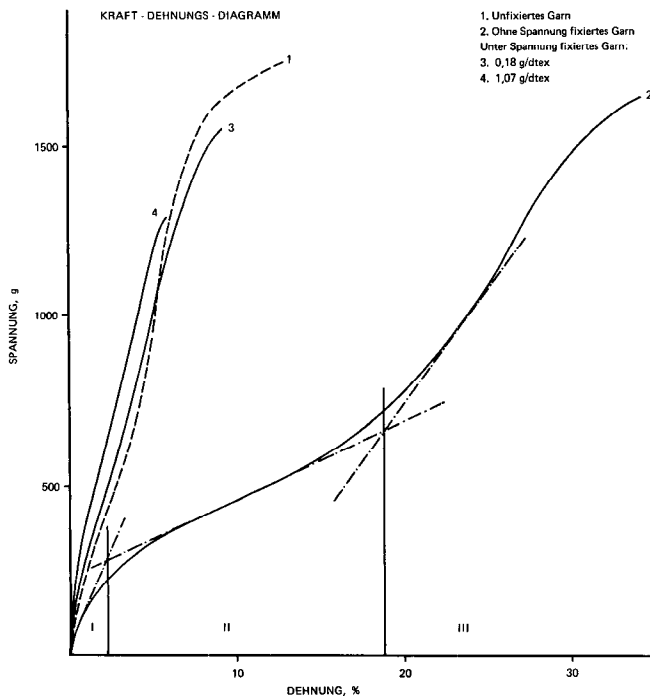


Abb. 5

Wir müssen uns auch überlegen, ob man eine thermische Behandlung der Polyesterfaser ohne Schrumpfmöglichkeit als Thermofixierung bezeichnen darf, denn die Abbildung 5 zeigt uns, daß die Kraft-Dehnungsdiagramme eines unter Spannung thermofixierten Fadens und eines thermisch unbehandelten Materials sehr ähnlich sind, während nach einer Thermofixierung ohne Spannung die Struktur der Faser vollkommen verändert ist.

Diskussion

Risch: Ich möchte hier eine Zusatzbemerkung anbringen. Die gleichen Probleme, die gleichen Abhängigkeiten der Beziehungen zwischen Spannung und Farbstoffaufnahme bestehen auch bei Viskosekunstseide und sind in keiner Weise auf Polyester oder vollsynthetische Fasern beschränkt. Vor ungefähr vierzig Jahren wurden an der Hochschule in St. Gallen sehr einfache Versuche gemacht, um dies zu untersuchen. Verschiedene Viskosefäden wurden mit verschiedenen Gewichten von 1 bis 20 g belastet und zusammen in einem hohen Zylinder gefärbt. Es zeigten sich dabei ganz gewaltige Unterschiede zwischen der Farbtiefe der mit 1 g belasteten Fäden, die dunkel gefärbt waren, und der mit 20 g belasteten, die helle Färbungen aufwiesen.

Albrecht: Mich hat bei Ihrem Vortrag besonders die Zahl von 0,9 g/dtex beeindruckt, die nicht überschritten werden soll. Bei Zellulose haben wir immer wieder festgestellt, daß in dieser Größenordnung keine Sorgen bestehen, aber daß in der Größenordnung von mehreren Gramm 1,9, 2,0 schon etwas passiert. Ich möchte manchen Stricker, manchen Weber fragen, ob er nicht da unter Umständen doch schon in kritische Bereiche kommt. Ich möchte außerdem die Herren von der Färberei, nachdem sie hörten, wie wichtig diese Fragen sind, fragen, was sie nun zu den Jet-Färbeapparaten sagen, die nun praktisch ohne Fixierung arbeiten wollen.

Freytag: Ich möchte zuerst klarstellen, daß nicht die Rede davon ist, daß man nicht mit einer Spannung von 0,9 g/dtex stricken kann, sondern davon, daß der Spannungsunterschied 0,9 g/dtex nicht überschreiten darf. Aber auch in diesem Fall muß dann mit einem vollen Ausschrumpfen der Faser gerechnet werden. Leider ist es heute sehr selten, daß man 10% Schrumpfen beim Thermofixieren erlaubt. Vor allem ist die Endbreite des Gewebes vorgegeben, und die Weber liefern die Ware dem Ausrüster immer schmaler, wollen aber eine vorfixierte Fertigungsbreite haben. Es war der Zweck, auf diese Verhältnisse hinzuweisen.

Thater: Ich bin für diesen praxisnahen Vortrag, der wirklich die Probleme des Ausrüsters aufzeigte, sehr dankbar. Wir kennen das Problem vom Regenmantelpopelin, wo eine sehr genaue Färbung nötig ist und wo wir lange Zeit für uns unerklärliche Farbstoffdifferenzen hatten, bis wir von Ihren Versuchen vor einiger Zeit hörten. Gibt es, obwohl Sie es mehr als zukunftsbezogen ansahen, Erklärungen, ob diese geringen Spannungsunterschiede strukturelle Veränderungen in der Polyesterfaser, vielleicht Orientierungsunterschiede oder ähnliches hervorrufen, die man als Gründe für diese unterschiedlichen Farbausfälle ansehen kann?

Freytag: Leider kann ich diese Frage nicht beantworten, die Arbeiten dazu sind im Gange. Wir werden in nächster Zeit ganz genau die Struktur dieser speziell präparierten Garne untersuchen. In einer ersten Versuchsreihe soll die Gassorption studiert werden mit der BET-Technik, mit Krypton und Stickstoff, dann werden röntgenographische Untersuchungen ausgeführt, und letzten Endes wird das Elektronenmikroskop herangezogen werden. Heute kann ich noch nicht sagen, ob es eine Kristallisation, eine Desorientierung oder etwas anderes ist. Die erste Versuchsreihe, die vielleicht nicht so praxisnahe ist wie die letzte, hat gezeigt, daß man sowohl eine Verringerung als auch eine Erhöhung der Färbung erzielen kann. Ich vermute – ich kann das aber noch gar nicht beweisen –, daß die Geschwindigkeit der Farbstoffaufnahme durch Einrisse beeinflusst wird, die vielleicht bei zu starker Dehnung in der Faseroberfläche entstehen. In diese Risse dringt dann der Farbstoff vielleicht schneller ein. Es handelt sich hier nicht um Farbstoffaffinitätsunterschiede, sondern um Geschwindigkeitsunterschiede in der Farbstoffaufnahme.

Albrecht: Ich hatte vor kurzem Gelegenheit, interessante elektronenmikroskopische Aufnahmen von Polyesterfasern zu sehen, die während des Färbens aufgenommen wurden. Über die Technik der Herstellung dieser Präparate ist mir nichts bekannt. Diese zeigten aber große Öffnungen in der Faser, die unter Umständen die Zugänglichkeit, das heißt also wiederum die Diffusion, entscheidend beeinflussen können. Normalerweise nehmen wir an, daß Polyesterfasern, wenn wir sie elektronenmikroskopisch untersuchen, erstaunlich wenig zugänglich sind. Man müßte sich vielleicht bemühen – wie dies eben auch bei der Zellulose im noch nicht entquollenen Zustand geschieht –, die Zugänglichkeit im Färbebad elektronenmikroskopisch zu prüfen.

Weidauer: Herr Professor, haben Sie Ihre Untersuchungen nur auf Polyesterfasern beschränkt, oder können Sie uns sagen, ob für Polyamidfasern dasselbe zutrifft.

Freytag: Wir haben nur Polyesterfasern untersucht, aber im Textilinstitut in Paris wird über Polyamidfasern gearbeitet. Wir haben einige Versuche mit Polyacrylnitril gemacht, doch konnten dort diese großen Unterschiede nicht festgestellt werden.

Anonym: Hatten Sie bei Ihren Versuchen Dispersionsfarbstoffe mit verschiedenen Diffusionskoeffizienten verwendet?

Freytag: Wir haben nur einen Farbstoff verwendet. In einer Arbeit, die wir im Juli 1968 im Bulletin de Textiles de France in französisch veröffentlichten, verwendeten wir eine Reihe von Farbstoffen. Wir haben lange gearbeitet, um diesen einen Farbstoff, es war Esterophile Lichtblau, zu finden. Wir wählten den Farbstoff und die Färbemethode, die die größten Unterschiede aufzeigen. Wir nehmen an, daß, wenn wir bei diesem Test keine Farbstoffdifferenzen erhalten, man ruhig mit irgendeinem Färbeprozess, mit irgendeinem Farbstoff arbeiten kann. Wir haben das Scherbeste ausge sucht. Bei anderen Farbstoffen ist wahrscheinlich der Unterschied nicht so groß wie hier.

Hennige: Haben Sie solche Messungen auch nach dem Thermosolfärbverfahren durchgeführt.

Freytag: Jawohl, in der ersten Versuchsreihe. Bei der Carrierfärbung erhält man den größten Unterschied und beim Thermosolfärben den kleinsten.

Thoma: Besteht die Aussicht, daß Sie Ihre Auswertungen auch auf Spulenfärbungen ausdehnen und verschiedene Shore-Härten?

Freytag: Direkt haben wir das nicht gemacht, denn das ist auch sehr schwierig zu tun. Aber die Versuche entsprechen ungefähr diesem Verhältnis. Wir haben ja das Garn mit verschiedenen Spannungen aufgewickelt. Wenn die Spannung auf der Spule überall dieselbe ist, dann ist die Gefahr nicht groß. Was wichtig ist, ist der Spannungsunter-

schied! Wenn Sie also einen Spannungsunterschied zwischen dem Kern und dem äußeren Teil der Spule haben, dann kommen Sie zu diesem Effekt.

Köb: Wir haben dieselbe Frage, da wir Färbespulen herstellen und verkaufen, natürlich auch als Problem vor uns. Dabei haben wir folgende Beobachtung gemacht: Wenn man eine Kunststoffspule konischer Form mit Material, das im Spulprozeß vorher künstlich durch verschiedene Einstellungen der Fadenbremse verschieden gespannt worden ist, bewickelt, dann kann man das an den KD-Diagrammen zunächst sehen. Wenn wir diese Spulen färben, dann kommt erstaunlicherweise das, was normalerweise bei Spulprozessen, die nicht einwandfrei gefahren sind, eintreten muß, nicht zum Ausdruck. Wenn man dagegen dasselbe Material auf eine zylindrische, stabile Spule wickelt und dann den Färbeprozess durchführt, so unterscheiden sich die KD-Linien sehr stark. Man sieht, daß die innere Lage, die direkt auf der parallelen metallischen Hülse aufliegt, nicht schrumpfen konnte, und wir haben große Differenzen. Wir haben daraufhin die konische Kunststoffspule nachgemessen und festgestellt, daß diese Kunststoffspule während des Färbeprozesses erheblich schrumpft, wobei sich die Spannungsunterschiede offensichtlich ausgleichen – wir bekommen auch in den inneren Lagen eine Schrumpfung. Also im Prinzip dürfte hier dasselbe Problem bestehen, das Sie auch bei den Geweben festgestellt haben. Es ist allgemein bekannt, daß man möglichst gleiche Shore-Härten einhalten soll. Daß zusätzlich mit vernünftigen Farbstoffen, das darf man nun auch hinzufügen, nichts Ernsthafes passiert, widerspricht auch nicht Ihrer Aussage.

Freytag: Ich möchte nur noch ergänzen, daß je besser die Sublimationsechtheit der Farbstoffe ist, desto größere Unterschiede werden bemerkt. Sie können immer Farbstoffe aussuchen, die vielleicht diesen Unterschied nicht entwickeln, aber dann haben Sie sehr schlechte Sublimationsechtheiten.

Vliesstoffe mit besonderer Berücksichtigung der Spinnvliese

Dr. Ludwig Hartmann

Lutrasil Spinnvlies GmbH & Co., Kaiserslautern, BRD

In einem Überblick über die verschiedenen Methoden der Vliesstoffherstellung wird gezeigt, daß Vliesstoffe „Flächengebilde der zweiten Generation“ sind, die in den meisten Fällen aus "Fasern der zweiten Generation" aufgebaut sind.

Neben dem sogenannten nassen bzw. trockenen Weg der Vliesstoffherstellung wird insbesondere der Spinnvliesweg in seinen verschiedenen Verfahrensvarianten geschildert. Es wird gezeigt, daß die Eigenschaften eines Vliesstoffes durch die Art der Faser und durch die Methode der Bindung der Fasern sowie besonders auch durch die Legung der Fasern im Moment der Vliesbildung bestimmt wird. Von der Längsrichtung der Fasern über die Wirrvliesanordnung bis zu den strukturierten Lochvliesen reicht die Methodik der Vlieslegung.

Der Ermittlung der Vliesstruktur, die in einem Beispiel geschildert wird, kommt deshalb große Bedeutung zu, Es wird kurz gezeigt, wie bestimmte Vliesstrukturen gewählt werden, um notwendige Produkteigenschaften zu erzielen.

Abschließend werden die fünf großen Einsatzgebiete der Vliesstoffe einander gegenübergestellt, angefangen vom Teppichsektor über das Gebiet der Trägermaterialien, dem Textilsektor, der Filterstoffe bis zum Wegwerf- und Papiergebiet.

Die diesjährige Tagung in Dornbirn steht unter dem Leitgedanken „Fasern der zweiten Generation“. Unter diesen Begriff lassen sich die Vliesstoffe sehr gut einordnen, denn sie sind Flächengebilde der zweiten Generation, ganz oder zum Teil aufgebaut aus Fasern der zweiten Generation. Die besonderen Erfordernisse der Vliesstoffherstellung führten zur Entwicklung spezieller Fasertypen und neuartiger Spinnmethoden.

Eine Schätzung des Weltverbrauchs an Textilien gibt für die nächsten dreißig Jahre einen Zuwachs bis auf eine Menge von etwa 54 Millionen Tonnen. Man glaubt, daß die Woll- und Baumwollproduktion bis zu diesem Zeitpunkt auf etwa 20 Millionen Tonnen gesteigert werden kann, so daß die Chemiefasern eine Lücke von 34 bis 35 Millionen Tonnen zu schließen haben.

Ein heute noch relativ kleiner Teil des Chemiefaserverbrauchs geht in den Vliesstoffsektor, wobei anzunehmen ist, daß dieser Teilbereich im Laufe der weiteren Entwicklung zunehmen wird. Die Entwicklungstätigkeit, die in den verschiedensten Ländern auf diesem Gebiet stattfindet, dient dem Ziel, durch vielseitige Bemühungen Verfahren zu finden, die es gestatten, Faservliese mit verbesserten Eigenschaften herzustellen.

Im nachfolgenden möchte ich an ausgewählten Beispielen aus Literatur und Praxis die Vielfalt dieser Bemühungen aufzeigen und versuchen, ihnen einen Eindruck von einigen Schwerpunkten dieser Entwicklung zu vermitteln. Hierbei soll sowohl die Trocken- als auch die Naßtechnik der Vliesbildung behandelt werden, wobei die Spinnvliese und deren Herstellung im Vordergrund stehen sollen.

VLIESTRUKTUR

Die Eigenschaften eines Vliesstoffes werden bereits in hohem Maße im Augenblick der Vliesbildung bestimmt. Die Art der Faserlagerung sowie der Auflösungsgrad der Fasern spielen neben dem Fasertyp eine erhebliche Rolle. Nachdem die Spinnvliesetechnik den Faserlängenbereich auch nach oben geschlossen hat, werden heute Faservliese aus Kurzfasern von 3 mm Länge über herkömmliche Stapelfasern von 40 bis 60 mm Länge bis hin zu den aus Endlosfasern gebildeten Produkten hergestellt.

Die Kurzfasern sind bekanntlich die Domäne des nassen Weges, das heißt der Papiermaschinenteknik; die Stapel-

A survey of the various methods of the production of non-wovens demonstrates that non-wovens are „second-generation fabrics“ which, in most instances, are made of "second generation fibers".

Apart from discussing what is called the wet and the dry processes of non-wovens production, special attention is devoted to the different variations of the spun-bonded process. The properties of non-wovens are shown to depend on the type of fiber used, the method of fibre-bonding employed and, in particular, on the position of the fibers at the moment of fabric formation. The various patterns of web-configuration range from longitudinal fiber orientation to random position, and finally to structured punched fabrics.

Hence, the determination of web-structure, which is explained on the basis of an example, is of major importance. It is briefly demonstrated, how certain web-structures are selected in order to obtain certain properties in the final product.

In concluding, the five major fields of application viz. carpeting, supporting-materials, textiles, filter-fabrics, disposables and paper, are pointed out.

Fasern werden im wesentlichen auf den herkömmlichen Formeln, wie Krempeln, Garneten, Karden, verarbeitet, während die Endlosfasern mit Hilfe von Luftströmen zu Vliesen gelegt werden. Charakteristisch für das Vliesstoffgebiet ist jedoch, daß überall gleitende Übergänge sind. Kurz- bzw. Stapelfasern werden ebenfalls mit Luftströmen zum Vlies „formiert“, zum Beispiel durch den Rando-Webber sowie durch eine Reihe ähnlicher Maschinen. Ebenso werden längere Stapelfasern bis hin zu den Endlosfasern auf unserem Weg verarbeitet, wodurch sie den daraus gebildeten Faservliesen höhere Festigkeiten oder bessere Drapierfähigkeit bringen sollen.

Die Faserlagerung reicht ebenfalls mit gleitenden Übergängen vom längsgerichteten Kardenvlies über das quergelegte Krempelvlies und das mit Hilfe von Luftströmen gelegte Vlies mit Dachziegelstruktur bis hin zum Wirrfaservlies ohne Vorzugsrichtung der Faserachsen. Die geometrische Gestalt der Fasern spielt dabei eine erhebliche Rolle, wobei von glatten bis zu hochgekräuselten Fasern eine Fülle von Typen ausgewählt werden kann, um spezifische Eigenschaften zu erzielen.

Die charakteristische Struktur eines Vliesstoffes im Vergleich zu einem Gewebe zeigen die beiden ersten Bilder. Hierbei wurde ein aus gebündelten Fäden aufgebautes Spinnvlies (Abb. 1) einem Damast (Abb. 2) gegenübergestellt.

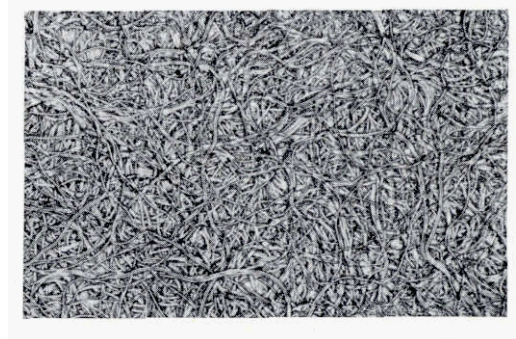


Abb. 1

Die Aufnahmen wurden mit Hilfe der Filmabdruckmethode vom Institut für angewandte Mikroskopie, Photographie und Kinematographie, Karlsruhe, hergestellt und zeigen beim Spinnvlies sehr schön den Wirrvliescharakter ohne definierte Vorzugsrichtung sowie den Auflösungsgrad der Filamente bzw. der Filamentbündel im Vergleich zur regelmäßigen geometrischen Struktur des Damastgewebes. Letzteres zeigt im mikroskopischen Bereich der Kett- bzw. Schußfäden durchaus bereits eine gewisse Zufälligkeit der Lage der Einzelfilamente bzw. der Fasern.

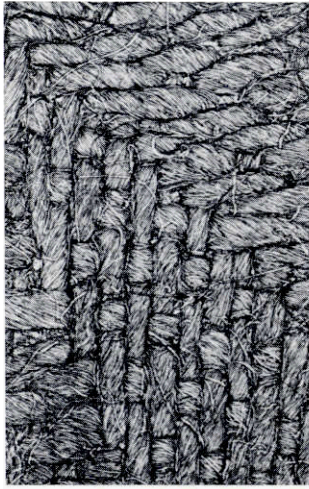


Abb. 2

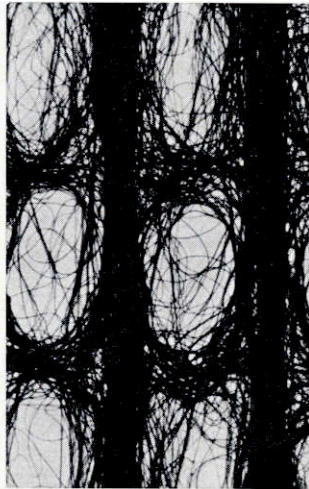


Abb. 3

Wenn wir uns die nachfolgende Mikroaufnahme eines Lochvlieses ansehen (Abb. 3), so können wir die Gestalt der Strukturierung und Maschenbildung von Stapelfaservliesen erkennen. Diese Arbeitsrichtung wird auch auf dem Spinnvliesweg weiterverfolgt, so daß letzten Endes gewebe- oder gewirkeartige Strukturen erzeugt werden, bei denen die Maschen aus endlosen Filamenten bestehen, die mit Hilfe von strömenden Medien strukturiert verteilt werden².

Die Ermittlung der Faserlagerung sowie der Grad der Faser-auflösung spielt bei der Untersuchung des Vlieses naturgemäß eine erhebliche Rolle. In Zusammenarbeit mit den Herren Dr. Reumuth und Neukirchner vom Institut für angewandte Mikroskopie, Karlsruhe, haben wir eine Methode ausgearbeitet, um sowohl den Parallelisierungsgrad als auch den Faserrichtungsverlauf zu bestimmen. Hierbei wird mit Hilfe eines Projektionsmikroskops eine eingebettete Vliesprobe auf einer Fresnel-Scheibe (Projectina) abgebildet und der Faser-verlauf mit Hilfe verschiedener Farbmarkierungen gekennzeichnet (Abb. 4).

Die Vliestiefe wird durch Nachfocussierung erfaßt, wodurch der Faserverlauf der einzelnen Vlies-schichten gekennzeichnet

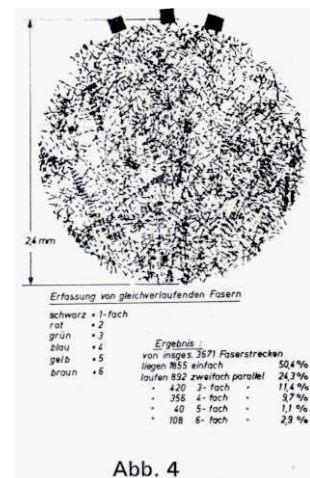


Abb. 4

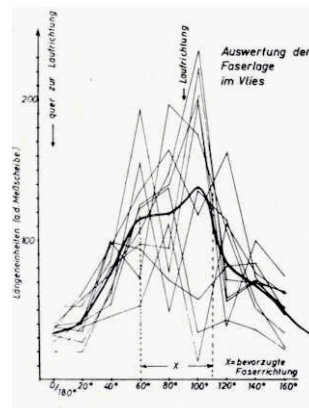


Abb. 5

werden kann. Die Ergebnisse können dann in Kurven wiedergegeben werden, die die Häufigkeit der Faserlagerung in Laufrichtung und in jedem Winkel dazwiedergeben (Abb. 5). Die Wahl und die Einstellung der Faserlagerung hängt von den geforderten Produkteigenschaften ab. Für technische Anwendungen, bei denen das Vlies sehr stark in Längsrichtung belastet wird (z. B. bei Beschichtungsvorgängen), ist eine gewisse Bevorzugung der Längsrichtung, wie in vorstehendem Kurvenverlauf zu sehen, von Vorteil. Bei der Herstellung von Grundvliesen für den Tufting-Sektor kann eine bevorzugte Ausrichtung der Fasern in Längs- und üerrichtung mit einem bestimmten Verhältnis der Festigkeit von Vorteil sein und wird in der Praxis auch gefordert.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen Mikroaufnahmen von Spinnvliesen (Lutrador®), die nach diesen Gesichtspunkten entwickelt wurden. Die Zugkräfte, die sowohl beim Tuftvorgang als auch bei der nachfolgenden Ausrüstung (Spannrahmenbehandlung) auftreten, müssen abgefangen werden.

Eine weitere Möglichkeit der Beeinflussung des Festigkeits-/Dehnungsverhaltens besteht in der Herstellung von Stretchvliesen, wie sie als spezielle Lutrabond®-Typen, die eine bevorzugte Üereieastizität und in der Gegenrichtung eine verminderte Dehnung aufweisen, seit einigen Jahren auf den Markt gebracht werden. Diese Produkte dienen beispielsweise in der pharmazeutischen Industrie zur Herstellung von Verbandstoffen.

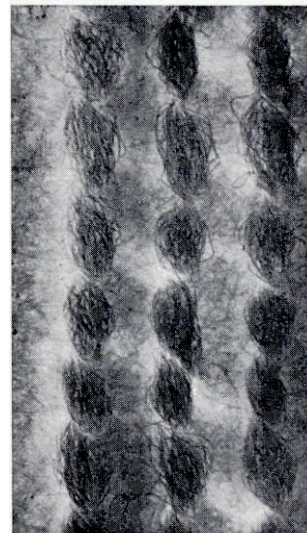


Abb. 6

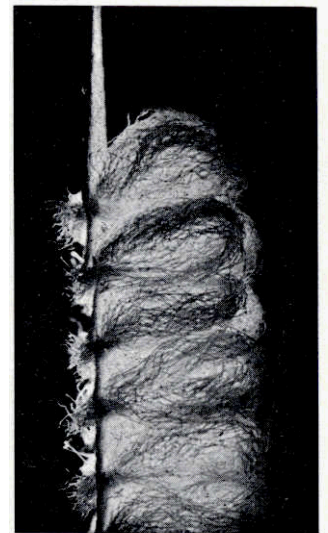


Abb. 7

Stretch-Spinnvliese, die nach allen Richtungen vollelastisch sind, also keine Vorzugsrichtung der Elastizität aufweisen, werden nicht mit Hilfe der Faserlagerung, sondern durch die Auswahl geeigneter Fasertypen hergestellt. Wir stellen seit längerer Zeit solche Spinnvliese aus Polyurethan her³.

Wir sehen also, daß neben der Lagerung der Fasern auch die Vielfalt der Faserarten in der Praxis der Vliesstoffherstellung stark ausgenutzt wird. Besonders bei den modernen Methoden der Vliesstoffherstellung, wie zum Beispiel bei den Spinnvliesen, haben wir es mehr und mehr mit neuen Fasertypen zu tun, die einerseits von der chemischen Zusammensetzung, andererseits aber auch von der Faserform und der Struktur her weitgehend spezialisiert sind.

VLIECBILDUNG MIT FIBRILLIERTEN FASERN

Besonders zu erwähnen sind fibrillierte Fasern, die auf na5 sem Weg in Form der sogenannten „Fibrils“ als Bindefasern benützt werden, die als sogenannte Spleißfasern aus Folien hergestellt werden und in Form von Plexifilamenten auf dem Gebiet der Spinnvliese anzutreffen sind. Derartig fibrillierte Fasern werden unter anderem durch Ausfällen der Hochpolymeren aus Lösung unter Einwirkung von Scherkräften, durch Verdüsen derartiger Lösungen zum Teil in überhitztem Zustand (Flash-Spinning⁴) sowie durch Ausspinnen von Lösungen unter Einwirkung elektrischer Felder⁵ erhalten (Abb. 8).

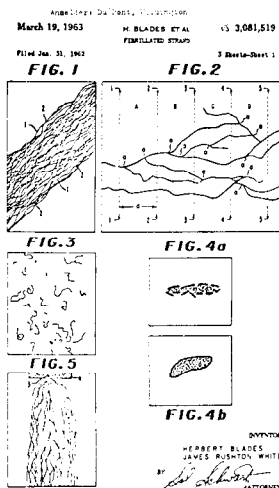


Abb. 8

Charakteristisch dabei ist, daß ein Flüssigkeitsstrahl nicht wie beim normalen Spinnen in ein Filament ausgezogen wird, sondern daß mit Hilfe von Scherkräften, turbulenter Luft, verdampfenden Lösungsmitteln oder elektrischen Kräften ein Strahl in eine Vielzahl verästelter Fibrillen aufgeteilt wird. Die ersten Arbeiten⁶ darüber gehen bis ins Jahr 1902 zurück, wurden 1934 insbesondere durch Formhals⁷ sowie durch Arbeiten am MIT⁸ weitergeführt (Abb. 9).

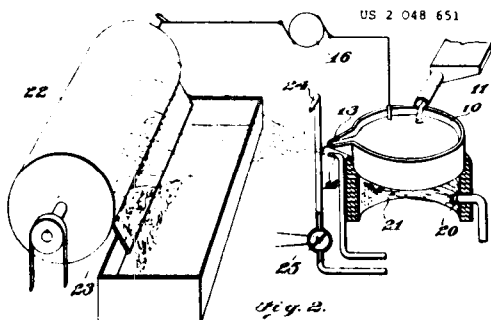


Abb. 9

Die Bemühungen galten damals neben der Herstellung von Vliesen vor allem auch der Herstellung von Fasern, wie dies aus einer Arbeit von Werner⁹ aus dem Jahre 1941 hervorgeht. Hierbei wurden Fasern unterschiedlicher Länge erhalten, wobei man durch Variation der Arbeitsbedingungen sowohl die Faserdicke als auch deren Länge steuerte. Sehr oft erhielt man dabei Fäden mit variierender Dicke innerhalb eines Fadenabschnitts begrenzter Länge. Man hatte bereits damals die Arbeitsvariablen so eingestellt, daß entweder alle oder bloß ein Teil der Fasern bei der Vliesbildung noch klebrig waren, so daß sich das Einbringen sekundärer Bindemittel erübrigte¹⁰. Man unterschied hierbei schon zwischen Binde- und Strukturfasern, das heißt solchen, die bei den vorgegebenen Arbeitsbedingungen an der Oberfläche klebrig waren oder nicht.

Die Strukturfasern sind solche, die dem Vlies Festigkeit bringen, die Bindefasern stellen die gegenseitige Verklebung her.

Ein derartiges Verdüsen von Hochpolymeren zu fasrigen Strukturen nicht nur aus Lösung, sondern bereits aus der Schmelze ist von Carothers¹¹ in einem seiner Nylon-Patente 1938 beschrieben worden. In der Folgezeit haben sich viele Autoren der Konstruktion geeigneter Düsen zugewandt, die ein derartiges „Verblasen“ von Schmelzen gestatten sollen. So wurde im Jahr 1950 eine derartige Konstruktion¹² vorgeschlagen, die in Abbildung 10 gezeigt wird.

Alle diese Methoden zielen darauf ab, auffibrillierte bzw. mehr oder weniger „zerrissene“ Fasern in Form von Stapel-

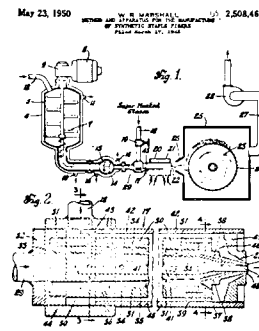


Abb. 10

oder Kurzfasern bzw. in Vliesform herzustellen. In letzterem Falle wird entweder das gesamte Vlies aus derartigen Fasern aufgebaut, oder diese Fasern dienen hauptsächlich als Bindefasern und werden mit anderen Fasern zum Teil in einem separaten Arbeitsgang entweder naß oder trocken zum Vlies formiert. Ein Verfahren, das in diesem Zusammenhang erwähnt werden muß, ist das Zentrifugenspinnen, bei dem eine Lösung bzw. Schmelze unter dem Einfluß von Zentrifugalkräften in eine fasrige Masse zerteilt wird. Auch nach dieser Methode können sowohl Fasern als auch Fasermatten direkt erzeugt werden (Abb. 11)¹³.

Frankreich: 1.154.476

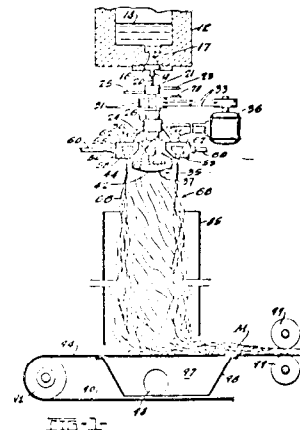


Abb. 11

VLIESBILDUNG NACH DEM SPINNVERFAHREN

Im Gegensatz zu den bis jetzt erwähnten Verfahren werden bei der Spinnvliesherstellung die endlosen Filamente im wesentlichen nach der Schmelzspinntechnik hergestellt, wobei die aus den einzelnen Spinnlöchern austretenden Massefäden nicht auffibrilliert, das heißt mehr oder weniger zu Kurzfasern zerrissen, sondern ausgezogen und mit Hilfe von Luftströmen oder auch mechanisch verstreckt und mittels weiterer Luftströme zum Vlies abgelegt werden. Die Basis vieler dieser Verfahren geht auf Bemühungen zurück, die Spinnmaschinerie bei der herkömmlichen Synthesefaserherstellung zu erhöhen. Es sei in diesem Zusammenhang auf die Arbeiten von Griehl und Versäumer¹⁴ sowie von Hebel¹⁵ verwiesen. Es konnte dabei gezeigt werden, daß durch entsprechend erhöhte Abzugsgeschwindigkeit bzw. durch andere Maßnahmen, wie zum Beispiel geheizte Spinnmäntel, der durch den Verzug erzielte Verstreckeffekt vergrößert werden kann. Es konnten dabei vollorientierte Fäden bei von den Spinnmaschinen gerade noch zu bewältigenden Abzugsgeschwindigkeiten erzeugt werden. Die Spinnmaschinerie von 4000 m/min und darüber lassen sich natürlich besonders gut durch Luftabzug realisieren.

Bei einer Übertragung dieser Erkenntnisse auf die Herstellung von Faservliesen mußte die Problematik der Vliesbildung mit der Faserherstellung in Einklang gebracht werden. Die Florbildung erfolgt beim trockenen Verfahren mit Hilfe von Krem-

peln, Garnetten oder Deckelkarden bei Geschwindigkeiten von 50 bis 100 m/min (Abzugsgeschwindigkeit am Hacker). Nach dem Querlegen dieser Flore zu aufeinandergeschichteten Vliesen hat man es im allgemeinen mit Geschwindigkeiten bis zu 20 m/min zu tun.

Beim nassen Verfahren auf der Papiermaschine liegen schon wesentlich höhere Geschwindigkeiten (von 300 m/min und darüber) vor, wobei jedoch beim Einsatz von längeren und feineren Fasern die Geschwindigkeit eher im Bereich von 40 bis 100 m/min liegt.

Beim Spinnvliesverfahren werden die endlosen Filamente mit Geschwindigkeiten zwischen 2000 und 10.000 m/min der Vliesbildungszone zugeführt, wobei sich die Längsgeschwindigkeit des Auffangbandes nach der gewünschten Vliesdicke sowie nach der Anzahl der Spinndüsen richtet. Je nach Vliesgewicht können dabei Bahngeschwindigkeiten bis zu 100 m/min erreicht werden; bei höheren Gewichten (400 g/m² und darüber) eher 10 m/min.

Der Ausgestaltung der Verstreckungs- und Führungsorgane der mit hoher Geschwindigkeit angelieferten Fäden kommt erhebliche Bedeutung zu. Bei Verwendung runder Abzugsorgane wird das die Spinndüse verlassende Faserbündel kabelartig zusammengefaßt und mit Hilfe konzentrisch aufgebrachtener Luft beschleunigt.

Um die in Form eines Bündels zusammengefaßten Fasern wieder zu trennen, können sie elektrisch aufgeladen werden, so daß bei der Vliesbildung möglichst separierte Fasern vorliegen (Abb. 12)¹⁶. Es wurde auch vorgeschlagen, die einzelnen Stränge separaten runden Abzugsorganen vorzulegen, die durch ein Hin- und Herschwenken über dem Auffangband das Vlies bilden (Abb. 13)¹⁷.

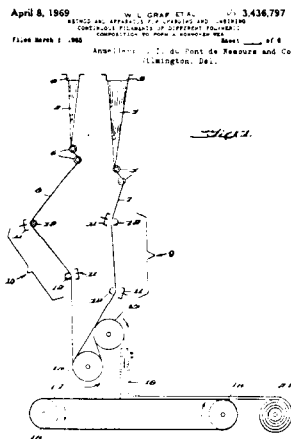


Abb. 14

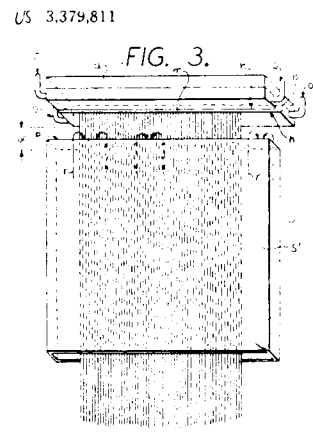


Abb. 15

Erst nach dem Verlassen der Kanäle werden die parallelen Fadenscharen in eine Turbulenzzone eingeführt und das Vlies gebildet (Abb. 16)².

April 28, 1970 L. HARTMANN US 3,509,009
NON-WOVEN FABRIC

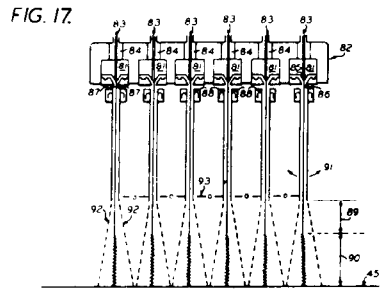


Abb. 16

Die geometrische Anordnung der Spinndüsen in Relation zum Auffangband spielt bei der Vliesbildung eine bedeutende Rolle, insbesondere dann, wenn man nach dieser Methode Mischvliese herstellt. Hierbei bietet sich eine zur Richtung des Auffangbandes schiefwinklig angeordnete Spinnreihen-anordnung an, wie das in der folgenden schematischen Zeichnung zum Ausdruck kommt (Abb. 17)²⁰.

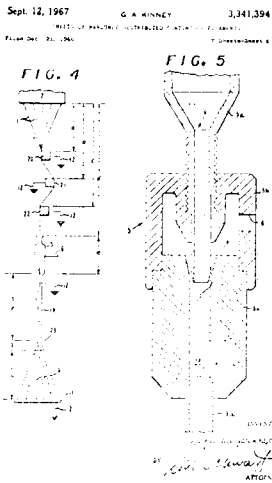


Abb. 12

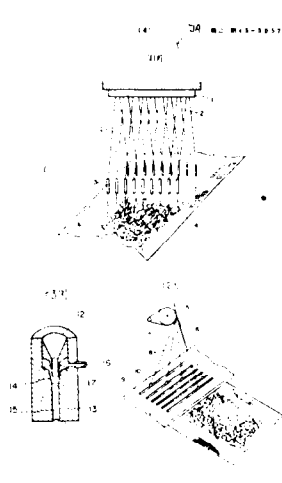


Abb. 13

Mischvliese können dabei so hergestellt werden, daß der aus zwei verschiedenen Düsen kommende Strang in einem Abzugsorgan zusammengefaßt wird, um auf diese Weise zwei Fasertypen gemeinsam zu verteilen. Dabei kann so verfahren werden, daß die aus Düse I kommenden Fäden weniger stark verstreckt werden als die aus Düse II kommenden, um dadurch Unterschiede im Verstreckungsgrad hervorzurufen. Die weniger stark verstreckten Fäden dienen dabei als Bindefäden (Abb. 14)¹⁸.

Nach einer anderen Methode werden die Fäden in Form einer Fadenschar sowohl ausgesponnen als auch verstreckt und in dieser Form dem Auffangband zugeführt (Abb. 15)¹⁹. Bei diesem Verfahren werden die Spinndüsen parallel nebeneinander angeordnet, wobei jeder Düse ein Verstreckungskanal zugewiesen ist. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß die Fäden vom Moment des Ausspinnens an bis zur Vliesbildung weitgehend voneinander getrennt bleiben, so daß der hohe Auflösungsgrad der das Vlies bildenden Fasern von Anfang an gewährleistet ist. Eine weitgehende Auflösung in statistisch verteilte Einzelfäden ist besonders bei der Herstellung von Vliesstoffen mit niederen Flächengewichten (100 g/m² und darunter) wichtig, um eine hohe Gleichmäßigkeit der Flächengewichte der einzelnen Vliesabschnitte zu erreichen.

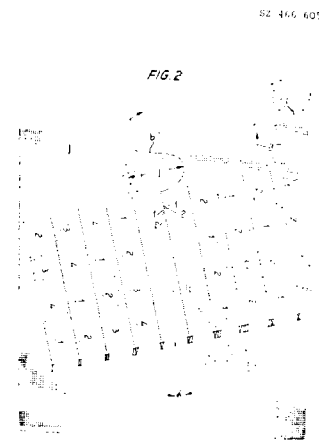


Abb. 17

Benachbarte Düsenreihen können jeweils andere Polymere ausspinnen, es können aber auch, innerhalb einer Reihe gestaffelt, verschiedene Fasertypen ausgesponnen werden. Es ist

leicht einzusehen, daß die lineare Konfiguration der Fadenscharen eine gleichmäßige Verteilung zum Vlies begünstigt, während die kabelartige Zusammenfassung mit runden Abzugsorganen der Erzeugung eines Flächengebildes mit hoher Gleichmäßigkeit der Faserverteilung eher im Weg steht.

Die Fadenscharen können innerhalb der Führungskanäle mit Hilfe von Randabsaugung und entsprechend ausgebildeter Ausblasöffnung so verteilt werden, daß ein optimaler Vliesbildungseffekt erreicht wird (Abb. 18)²¹.

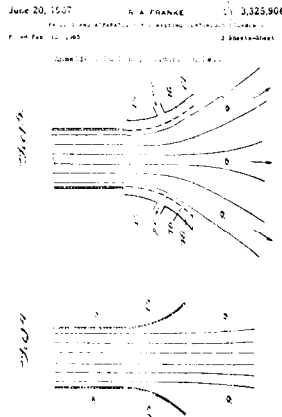


Abb. 18

Es wird jedoch auch vorgeschlagen, die zunächst bündelförmig ausgesponnenen und beschleunigten Faserstränge in Scharen aufzulösen, so daß bei der Ablage die hierfür günstige lineare Anordnung zur Verfügung steht (Abb. 19)²².

Bei mehreren benachbarten Düsen spielt die Gestalt der Faserablage eine erhebliche Rolle (Abb. 20)²³. Die gegenseitige Überlappung der aus den einzelnen Düsen gebildeten Vliesabschnitte kann aerodynamisch beeinflußt werden.

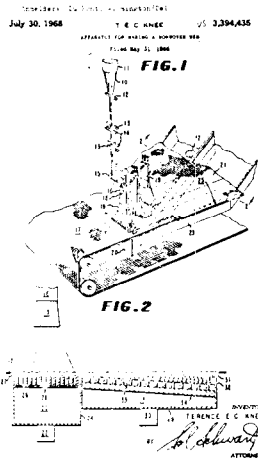


Abb. 19

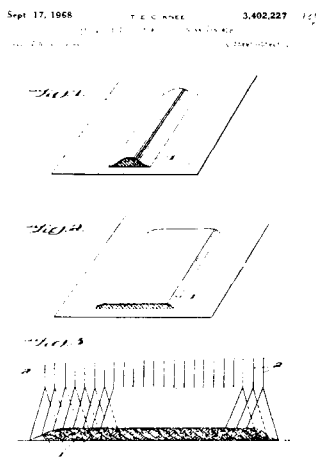


Abb. 20

Zur Ausbreitung eines Stranges in möglichst weitgehend aufgelöste Fasern werden gewölbte Luftschlitze vorgeschlagen, die eine ebenfalls gewölbte Strahlausbreitung zur Folge haben (Abb. 21)^{24, 25}. Diese Maßnahmen dienen alle der Ausbreitung der Faserbündel, um in der Auftreffzone gerade oder gekrümmte Fadenscharen zur Ablage zu bringen. Auch hier soll eine möglichst weitgehende Auflösung des Fadenbündels in einzelne Filamente erfolgen, die zur Ausbildung der Vliesstruktur in gegenseitiger Wirrlage abgelegt werden sollen. Man erhält in all diesen Fällen ein mehr oder weniger gut ausgebildetes Wirrvlies aus separaten Endlosfilamenten.

Es gibt jedoch auch die Möglichkeit, ein Wirrvlies aus Fadenbündeln herzustellen. Ohne Auflösung des Stranges werden in diesem Fall die gebündelten Fäden auch bündelförmig in Wirrvliesstruktur abgelegt, wie das in der nachfolgenden Abbildung zum Ausdruck kommt. Wir sehen dabei in Figur 2 der Abbildung 22 das Zusammenfassen von aus zwei Spinndüsen kommenden Fadensträngen, die mit Hilfe eines changierenden Abzugsorgans auf dem Auffangband abgelegt werden²⁶.

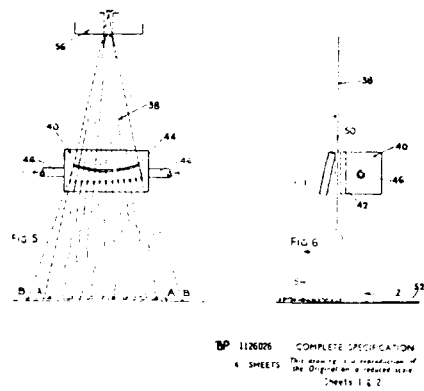


Abb. 21

Es zeigt sich bei der Optimierung von Produkten, die mit Hilfe der Spinnvliestechnik hergestellt werden sollen, daß eine Va-

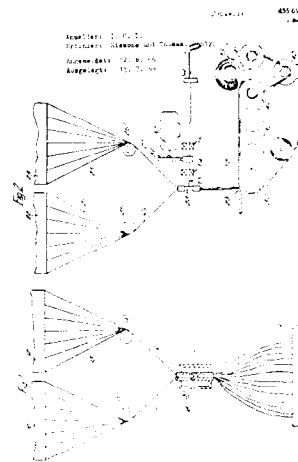


Abb. 22

Durch entsprechende Ausgestaltung des Abzugsorgans kann auch innerhalb des Abzugskanals eine Bündelung erfolgen²⁷, die dann oft von einer gegenseitigen Verknäuelung begleitet ist, wie überhaupt die innere Ausgestaltung der Abzugsorgane auf Grund der aerodynamischen Gegebenheiten einen großen Einfluß auf Faser- und Vlieseigenschaften ausübt (Abb. 23)²⁸.

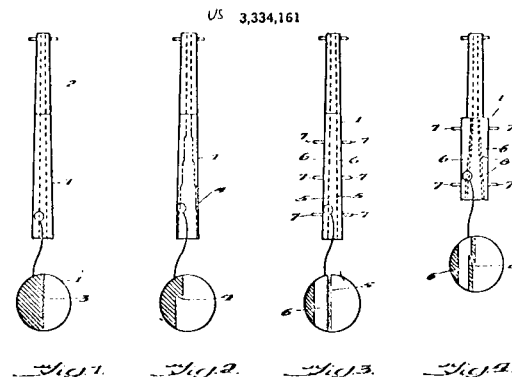


Abb. 23

Es zeigt sich bei der Optimierung von Produkten, die mit Hilfe der Spinnvliestechnik hergestellt werden sollen, daß eine Va-

riation der Verfahrenstechnik unter Einbeziehung dieser verschiedenen Möglichkeiten unbedingt notwendig ist. Die Herstellung von Feinvliesen für den Textilbereich, die sehr oft mit Gewichten von unter 100 g/m² hergestellt werden sollen, erfordert eine hohe Auflösung in Einzelfilamente und eine optimal gleichmäßige Gewichtsverteilung. Dies bedingt eine völlig andere Auswahl von Verfahrensmerkmalen als bei der Herstellung von Fasermatten höherer Flächengewichte, beispielsweise für den Teppichsektor. In letzterem Fall erwies sich eine Bündelung der Fäden von Vorteil, insbesondere wenn hierbei noch eine hohe Kräuselung erzielt werden konnte. Eine noch weiter abgewandelte Methode erfordert die Erzeugung von Filterstoffen, bei der sehr oft besonders feine Filamente mit Titern von 1/10 dtex gesponnen und zu gleichmäßigen Vliesen abgelegt werden sollen. In vielen Fällen müssen zur Optimierung eines bestimmten Produkts Mischvliese hergestellt werden, bei denen zwei oder mehr Fasertypen ausgesponnen und gegenseitig vermischt zum Vlies abgelegt werden. Die Spinnköpfe spielen dabei natürlich eine wesentliche Rolle. Hier sind verschiedene Typen von Längs-, Rund- und Ovaldüsen bekannt, die speziell für das Spinnvliesverfahren in Anwendung sind. Entsprechend konstruierte Düsen sind besonders zur Herstellung von Mischvliesen geeignet, wo es auf eine günstige Verteilung der beiden Komponenten ankommt (Abb. 24)^{29, 30}.

Pat. 7, 1967 F. J. MEDEROS 3,302,238
FILIERE PAT. 10, 1960 2. BUNDEL-DÜSE

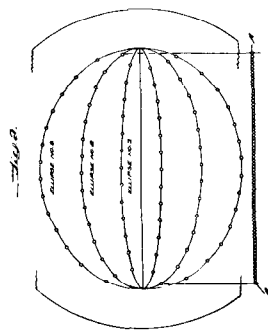


Abb. 24

Der Spinnvliesweg eröffnet auf Grund der Möglichkeit, auf diese Weise spezifische Fasern auszuspinnen, neue Anwendungsgebiete. So erreichte man durch Ausspinnen von Filamenten mit Bruchdehnungen um 300% in Kombination mit geeigneten Bindemitteldispersionen tiefziehfähige Materialien. Durch Beschichtung mit PVC konnten daraus gut verformbare Kunstleder hergestellt werden. Der hier gezeigte Autositz (Abb. 25) wurde aus einem Material, und zwar aus Lutrabond® der Lutravil Spinnvlies GmbH & Co., Kaiserslautern, in einem Arbeitsgang durch Vacuumverformung erhalten. Derartige Produkte eröffnen die Möglichkeit einer starken Rationalisierung bei der Autositzanfertigung.

Der überwiegende Teil der heute produzierten Vliesstoffe wird immer noch auf trockenem Weg hergestellt. Die verschiedenen Verfahren wurden bereits mehrfach hier bei früheren Dornbirner Tagungen beschrieben. Einer der großen Vorteile des trockenen Weges besteht in der Möglichkeit, Mischungen aus vier, fünf und mehr verschiedenen Fasertypen für die Bildung voluminöser Vliese einzusetzen, wobei besonders die hochgekräuselten Fasern interessante Effekte ergeben. Dieses Mischen von Fasertypen ist oft notwendig, um die geforderten Eigenschaften des Fertigprodukts zu erhalten.

Die Mehrzahl der Einlagestoffe auf dem Bekleidungssektor ist nach dem Trockenverfahren hergestellt. Dasselbe gilt für einen Großteil von Trägermaterialien für Kunstleder, Filterstoffe und Haushaltsartikel. In der Vielfalt der Fasermischungen liegt, wie oben ausgeführt, einer der wesentlichen Vorteile des trockenen Weges. Sehr wichtig ist auch die hohe Saugfähigkeit der Zellwolltypen, um Eigenschaften zu erzielen, die durch eine entsprechende Ausgestaltung des Bindeverfahrens noch ausgebaut werden können. Eine Kombination von Zellwolle mit vollsynthetischen Fasern ergibt die für viele Fertigprodukte geforderten Eigenschaften, wie Formbeständigkeit und guten Tragekomfort.



Abb. 25

Weiters können auch noch Salze in die Imprägniermischung mit eingebaut werden, die nach völliger Vernetzung des Bindemittels wieder herausgelöst werden. Man erhält dabei besonders abriebfeste und doch saugfähige Strukturen: Eigenschaften, die beispielsweise für künstliches Leder zum Fensterputzen sehr erwünscht sind. Statt der Salzeinlagerung kann man übrigens auch lösliche Fasern einbringen, wie das in Japan sogar mittels Heterofilamenten vorgeschlagen wurde³¹. (Die eine Komponente dieser side-by-side-Heterofilamente ist z. B. Polystyrol, das nach der Einbringung der Bindemittel mit Hilfe von Solventien wieder herausgelöst wird.)

NASSVERFAHREN

Eine Überleitung der Spinnmethodik der Vliesherstellung zum nassen Weg bildet ein Verfahren, bei dem Viskose unter gleichzeitiger Bildung des Faservlieses in ein Fällbad ausgesponnen wird. Es können aber auch in einem dazwischen angeordneten Arbeitsgang die frisch gesponnenen Fasern verstreckt, geschnitten und dann zum Vlies gelegt werden. Charakteristisch ist bei beiden Ausführungsformen, daß die Fasern von dem Moment des Ausspinnens bis zur Vliesbildung *n a b l e i b e n*³². Auch hier erweist es sich als vorteilhaft, Fadenscharen zu verwenden, die im nassen Zustand mehreren senkrecht zur Laufrichtung schwingenden Wasserstrahlen oder Wasserschießern ausgesetzt werden, um eine gute Auflösung der Einzelkapillaren zu erreichen (Abb. 26)³³. Die Fadenscharen werden dann mit Hilfe eines Wasserstroms einem Siebband zugeführt, auf dem das überschüssige Wasser abgetrennt und das Vlies gebildet wird. Die Vliesbildung erfolgt unter anderem auf Grund des Unterschiedes zwischen Fadenanlieferungsgeschwindigkeit und Siebbandgeschwindigkeit.

Die Tatsache, daß heute das Vliesstoffgebiet eine so große Vielseitigkeit aufweist – angefangen von der Faserherstellung über die Vliesbildung bis hin zu speziellen Ausrüstungsverfahren –, bringt eine ständig wechselnde Kombination der verschiedenen Techniken mit sich. Schwierigkeiten, die auftauchen, werden nicht nur mit Hilfe neuer Maschinen, son-

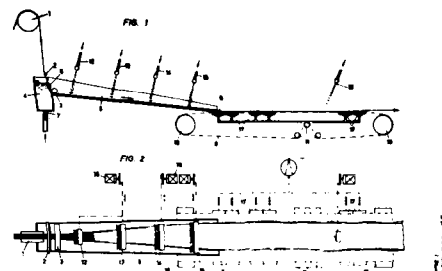


Abb. 26

dem sehr oft auch durch die Entwicklung spezieller Faser- bzw. Binderrohstoffen gelöst.

Bei der Erzeugung von Vliesen aus Synthefasern auf nassem Weg geht es unter anderem darum, eine Flockenbildung – die sogenannten „Krähenfüße“ – zu vermeiden, die oft schon bei der Herstellung geeigneter Kurzschnitte der Fasern auftreten. Je höher die Faserlänge und je feiner der Titer, desto mehr Probleme treten auf, wobei auch die relativ hohen Verdünnungen, mit denen bei hohem Synthefaserteil zur Vermeidung von Knäuelbildung gearbeitet werden muß, zu beachten sind.

Es wurden die verschiedensten Vorschläge gemacht, geeignete synthetische Papiermacherfasern herzustellen, angefangen von den eingangs erwähnten Fibrids³⁴ bis zu den neueren Arbeiten, Polymerlatices in der Faserstoffaufschwemmung auszufällen³⁵, wobei sehr oft noch Verdickungsmittel zugesetzt werden, um die Masse besser verarbeiten zu können³⁶. Auch durch Ausspinnen von Fäden aus zwei sich nicht mischenden Thermoplasten, die durch Aufschlagen dann fibrillenartige Fasern bilden, können für den nassen Weg besser geeignete Synthefasern bereitgestellt werden³⁷.

Sehr oft wird die Frage nach den Vorteilen des nassen gegenüber dem trockenen Weg gestellt. Beim Vergleich der Vorzüge hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von Naß- und Trockenverfahren scheint auf Grund der hohen Investitionskosten des Naßverfahrens die Wettbewerbsfähigkeit in hohem Maß von der Rohstoffseite her beeinflußt zu werden. Die Möglichkeit, beim nassen Weg billigen Zellstoff zusetzen zu können, scheint einen gewissen Ausgleich für die hohen Investitionskosten zu bringen³⁸. Dies aber bedingt auf Grund geänderter Produkteigenschaften (papierartiger Griff), daß die Einsatzgebiete eingengt werden und eindeutig in Richtung Wegwerfartikel gehen.

Werden dagegen in überwiegendem Maß die teureren Synthefasern verarbeitet, dann müssen auch auf der Papiermaschine die Geschwindigkeiten herabgesetzt werden, so daß man wiederum in den Geschwindigkeitsbereich des trockenen Weges kommt.

Weiterhin hat der Einsatz von Rayon oder vollsynthetischen Fasern im Naßverfahren eine Erhöhung der Rohstoffpreise auf Grund des hiezu notwendigen Kurzschnitts der Fasern zur Folge. Andererseits ist der „Disposable“-Markt ein durchaus zukunftsträchtiges Gebiet, wobei jedoch nicht übersehen werden darf, daß neben der Bewältigung der technologischen Probleme ganz besonders in der Werbung Anstrengungen unternommen werden müssen, um dem Verbraucher diese neuen Produkte nahezubringen, aber auch um die erheblichen Mengen, die bereits von einer einzigen Papiermaschine erzeugt werden, auf dem Markt unterzubringen.

Auf jeden Fall soll hier nochmals festgehalten werden, daß die Wahl des trockenen bzw. des nassen Weges für die Vliesstoffproduktion von der Art der Artikel, die daraus hergestellt werden sollen, bestimmt wird. Es hat sich immer wieder gezeigt, daß jedes Verfahren seine typischen Produktgattungen hervorbringt, deren Eigenschaften mit Hilfe anderer Verfahren nicht erreicht werden können. Darum kann nie der eine Weg eine echte Alternative für den anderen sein, und wir müssen froh sein, daß wir auf Grund der verschiedenen Technologien die Möglichkeit haben, derart vielfältige Produkte zu erzeugen.

VLIESBINDUNG MIT DISPERSIONEN

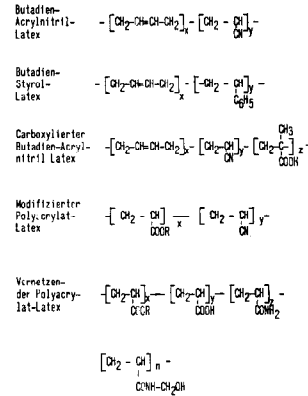
Die Aufbringung der Bindemittel bei der Vliesstoffherstellung erfolgt bekanntlich nach verschiedenen Methoden, die jeweils bestimmte Auswirkungen haben. Es gibt eine Reihe von Verfahren, die – unabhängig von der Vliesherstellung – allen Vliesbildungsmethoden nachgeordnet werden können. Eine Reihe von Methoden ist auch spezifisch für den sogenannten „nassen“, den „trockenen“ und den „Spinnvlies“-Weg.

Wir haben bereits gesehen, daß beim nassen Verfahren sehr oft die Bindemittel im Holländer bzw. beim Stoffauflauf aufgebracht werden, wobei man zum Teil direkt auf der Zellulosefaser auskoaguliert.

Beim Spinnvliesweg gibt es die Möglichkeit, nasse oder pulverförmige Bindemittel mit den Luftströmen, die die Faser transportieren, einzubringen. Daneben spielen natürlich auch die Bindefasern eine immer größere Rolle; auf dieses Thema soll aber erst später eingegangen werden.

Zunächst wollen wir uns einige in Form von Dispersionen verwendete Bindemittel ansehen. Man muß sich dabei vor Augen

führen, daß die Mehrzahl der Vliesstoffe, die weichen Griff und gute Wasch- sowie Reinigungsbeständigkeit aufweisen, mit Hilfe solcher Dispersionen hergestellt ist (Abb. 27).



Grundaufbau von Bindemittel-Dispersionen

Abb. 27

Bindemittel, die dem Faservlies eine hohe Sprungelastizität und Formbeständigkeit verleihen, sind vor allem synthetische Latices auf Butadienacrylnitril- und Butadienstyrolbasis, die mit Schwefel, Zinkoxid und den üblichen Beschleunigern vulkanisiert werden. Derart gebundene Vliesstoffe werden dann sehr oft noch mit Melamin- oder anderen Kondensationsharzen ausgerüstet, um insbesondere die Beständigkeit gegen die chemische Reinigung zu erhöhen. Weiterentwickelte Latices auf Basis Butadienacrylnitril enthalten einpolymerisierte Methacrylsäure, wodurch eine Vernetzung mit Zinkoxid ohne Schwefelzusatz ermöglicht wird.

Eine besondere Rolle als Bindemittel spielen vor allem die Polyacrylate und Polymethacrylate, die gegenüber Butadienbindemitteln den großen Vorteil der Alterungsbeständigkeit besitzen, da sie im Gegensatz zu den butadienhaltigen Polymeren keine Doppelbindungen enthalten, die insbesondere unter dem Einfluß von UV-Licht und erhöhter Temperatur durch Oxidation angegriffen werden. Die Weichheit der Acrylate wird unter anderem bei der Veresterung durch Auswahl der entsprechenden Alkoholkomponenten eingestellt. Die Latices werden mit vernetzenden Substanzen kombiniert, wobei neben Melamin- und Harnstoff-Formaldehydharzen auch Diisocyanate und Diepoxide eine Rolle spielen.

Die neueren Polyacrylate enthalten vernetzende Gruppen, wobei unter anderem Carboxyl-, Carbonamid-, methoxylierte Carbonamidgruppierungen und andere verwendet werden. Die Auswahl der verschiedensten Monomeren gestattet die Herstellung eines breiten Sortiments an Bindemitteln, und doch sind von seiten der Vliesstoffproduzenten noch eine Reihe von Wünschen offen. Dazu gehört beispielsweise die starke Beeinflussung des Griffs der acrylgebundenen Vliesstoffe durch die Temperatur, das heißt, die Stoffe sind bei tiefen Temperaturen im Winter steifer als bei sommerlichen Witterungsverhältnissen. Auch die Luftfeuchtigkeit spielt dabei eine Rolle. Diese Schwierigkeiten hat man bei den butadiengebundenen Vliesstoffen zwar nicht, hier stehen jedoch wieder die Probleme der Alterung und der Vergilbung im Vordergrund. Angestrebt wird daher eine Kombination der guten Eigenschaften beider Systeme.

Sehr wichtig ist außerdem die Beeinflussung der Koagulation der verschiedenen Latices, das heißt die Sensibilisierung, wobei die Möglichkeit bestehen soll, verschiedene Koagulationstemperaturen einzustellen. Meist wird dann noch mit koagulationsauslösenden Mitteln gearbeitet, die (wie z. B. bestimmte Organopolysiloxane) einen charakteristischen Trübungspunkt aufweisen und bei der Temperatur, bei der sie unlöslich werden, dann auch die Dispersionsteilchen des Latex mitreißen.

Auch die Struktur des Koagulats spielt dabei eine erhebliche Rolle, denn Acrylate geben mehr krümelige, unzusammenhängende Koagulate, während man mit Butadienlatices sehr schöne, schaumgummiartige, elastische Ausfällungen erhält. Ferner zeichnen sich auch auf dem Gebiet der Polyurethanlatices interessante Entwicklungen ab.

Die Art der Einbringung der Bindemittel in das Faservlies, die entweder durch Aufsprühen, durch Imprägnieren oder durch Drucken erfolgt, bestimmt neben anderen Einflüssen die Struktur des Bindemittels innerhalb des Vliesstoffes. Die Tropfenstruktur aufgesprühter Bindemittel ist ebenso typisch wie die Spannsegelausbildung (Abb. 28) bei der Imprägnierung.



Abb. 28

Die Art der Trocknung nach dem Imprägnieren ist dabei wesentlich, Langsame Trocknung ohne Vorsichtsmaßnahmen führt zur Migration, das heißt zu einer Anreicherung des Bindemittels an der Oberfläche. Dies ist im Allgemeinen zu vermeiden, da es sonst infolge Verarmung an Bindemittel im Inneren des Vlieses zu Spalterscheinungen kommt. Diese Probleme kann man sowohl von der chemischen als auch von der apparativen Seite her lösen: Die Migration wird durch schnelle Temperaturerhöhung (z. B. bei Verwendung von Trommeltrocknern mit intensiver Luftdurchströmung, System Fließner) oder durch Verwendung entsprechend sensibilisierter Bindemittelsysteme ausgeschaltet.

Besondere Effekte der Bindemittelverteilung erhält man mit semisensiblen Imprägniersystemen. Hierbei nutzt man die abgestufte Migration bzw. Koagulation zweier verschiedener Latices in einer Imprägnierflotte aus. Spinnvliese, die eine hohe Waschbeständigkeit besitzen, konnten mit Hilfe der Dispersionsmethodik mit gutem Erfolg hergestellt werden und sind unter dem Markennamen Lutrabond® im Handel. Eine aus diesem Material hergestellte Tischdecke zeigt die nachfolgende Abbildung (Abb. 29).



Abb. 29

Diese aus Nylon aufgebauten Vliesstoffe werden mit Hilfe der Spinnvliesetechnik gefertigt und mit speziellen Bindemitteln gebunden. Sie können wie Perlonstrümpfe in der Waschmaschine unter Feinwaschbedingungen gewaschen werden und sind bügelfrei. Sie halten weit über achtzig Wäschen aus, sind auf Grund ihres niedrigen Gewichts (50 bis 60 g/m²) sehr schnell wieder trocken und können praktisch sofort nach dem Ausschleudern mit der verbleibenden, äußerst geringen Restfeuchte aufgelegt werden.

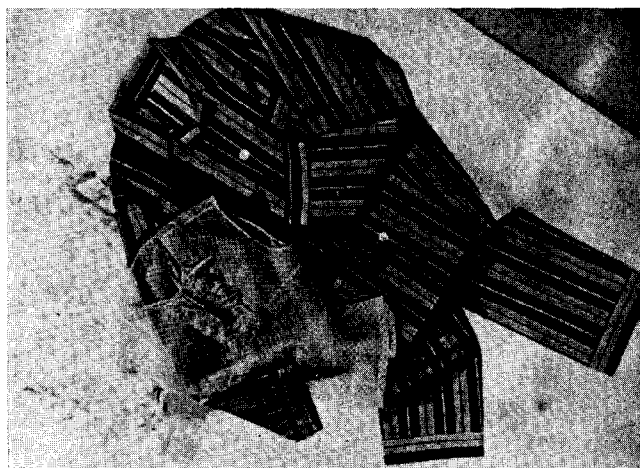


Abb. 30

Bekleidungsstücke aus diesem Material erweisen sich als äußerst knitterresistent beim Tragen und zeigten ein ausgezeichnetes Waschverhalten (Abb. 30). Zu beachten ist jedoch, daß das aufgebrauchte Bindemittel diese Eigenschaften sehr im positiven Sinne beeinflusst und daß auch der Tragekomfort durch die Bindemittel wesentlich verbessert werden kann. Die bisher erhaltenen Trageergebnisse zeigen, daß Herstellung und Verwendung derartiger Bekleidungsstücke in den Bereich des technisch Möglichen gerückt wurden, wobei wir betonen möchten, daß wir hier nicht über Wegwerfbekleidung reden, sondern nur über wasch- und reinigungsfest ausgerüstete Ware.

VLIESBINDUNG MIT BINDEFASERN

Neben der Verfestigung mit Bindemitteln erhält die Bindung der Vliese mittels geeigneter Klebfasern wachsende Bedeutung. Es wird hier bereits mit vielen verschiedenen Bindemitteln gearbeitet. In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 1) wird eine Reihe von thermoplastischen Bindefasern angeführt. Man sieht, daß diese Fasertypen aus den verschiedensten Rohstoffen hergestellt wurden, angefangen von Polyamiden und Copolyamiden über Polyester und Copolyester bis hin zu den Vinylpolymerisaten und Polyurethanen. Der Aktivierungsbereich der Bindefasern wird sehr oft noch durch die Einbringung weichmachender Mittel beeinflusst, wobei zu beachten ist, daß Dampf bereits eine weichmachende Wirkung, insbesondere auf die Polyamide und Copolyamide, ausübt. Häufig werden jedoch auch noch Weichmacher aufgebracht, um beispielsweise Acetatfaservliese zu verfestigen.

Fasertyp	Chemischer Aufbau	Temperaturbereich der Bindung:°C
Nylon 6	Polycaprolactam	200 - 220
Copolyamid	Polymerisat aus Caprolactam + RN Salz	150 - 160
Polyester nicht verstrickt	Polymethylterephthalat	200 - 220
Polyamid Heterofil	Nylon 6 + 66 in Hantelkern oder side by side	200 - 220
Copolyester	Polyethylterephthalat-isophthalat	190
Vinylfaser	Polyvinylchlorid-vinylacetat	150 - 170
Vinylfaser	Polyäthyl-ethylacetat	110
Vinylfaser	Polyvinylchlorid-Acrylnitril	200
Olefin	Polypropylen	140 - 160
Polyurethan	lineare Polyurethane	120 - 160

Lutrabond 21/38	Thermoplastische Bindefasern	-----
--------------------	---------------------------------	-------

Tab. 1

Auch bei Nylonvliesen wurde durch Tränken mit Lösungen oder Emulsionen von p-Oxybenzoesäureoktylester³⁹ eine gute

Verfestigung erreicht. Nachfolgende Abbildung zeigt eine Bindungsstelle eines mittels Weichmacher verfestigten Polyamidspinnvlieses (Abb. 31). Man sieht, daß sich ein Spannsiegel aus der mit Hilfe des Weichmachers herausgelösten Substanz der Faseroberfläche ausbildete.

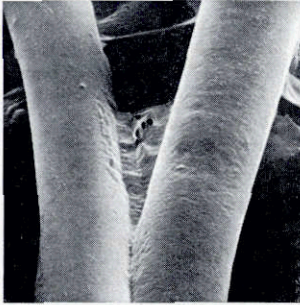


Abb. 31

Zellulosefaservliese werden durch Anquellen mit Natronlauge oder mit Eisen/Weinsäurekomplexen verfestigt⁴⁰.

Eine weitere interessante Quellmethode wird bei der Herstellung von Spinnvliesen angegeben. Hier werden die aus endlosem Nylon-6.6 gebildeten Vliese einem Gasgemisch, das Chlor oder Schwefeldioxid enthält, ausgesetzt und dadurch verfestigt. Das Gasgemisch enthält höchstens 50% Luft oder Stickstoff und mindestens je 25% Chlor oder SO₂ (Abb. 32)⁴¹.

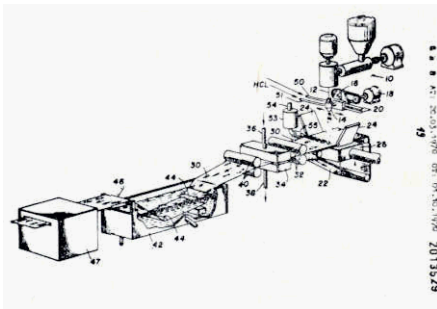


Abb. 32

Wie bereits oben erwähnt, werden hochelastische Spinnvliese durch Ausspinnen linearer Polyurethane erhalten, die einige Zeit nach dem Ausspinnen noch ihre Klebrigkeit beibehalten und die so ausgezeichnet als Bindefasern wirken. Nach einiger Zeit verliert sich diese Klebrigkeit jedoch infolge Kristallisation. Eine ähnliche Erscheinung kann man beim Ausspinnen von weichmacherhaltigen Copolyamiden beobachten. Derartige Produkte waren auch jene Spinnvliese, die erstmals im Jahre 1965 in Europa auf den Markt kamen und von der Firma C. Freudenberg, Weinheim, unter dem Markennamen Viledon M[®] herausgebracht worden waren. SiO werden in der Textilindustrie als einbügelbare Vliesstoffe mit großem Erfolg zur Rationalisierung des Fertigungsablaufes eingesetzt.

MECHANISCHE VLIESBINDUNG

Nachdem die dispersions- und bindefaserverfestigten Vliese besprochen wurden, sollen noch einige Worte über die mechanisch verfestigten Vliesstoffe gesagt werden. Neben der Verfestigung durch den Nadelvorgang sowie durch das Nähverfahren spielt neuerdings auch die Verfilzung mittels strömender Medien eine gewisse Rolle. Das Ziel ist eine Umlagerung der Fasern im Vliesverband, um einen besseren Zusammenhalt der verschiedenen Vliesstoffschichten zu erhalten. In einer dieser Methoden⁴² werden die Vliese aus einer Mehrzahl feiner Düsen mit Wasserstrahlen hohen Drucks behandelt, um eine Verfilzung herbeizuführen (Abb. 33). Dazu werden mehrere solcher Düsenreihen über einem Vliestransportband angeordnet.

Eine gegenseitige Verwirrung und Verfilzung der Fasern wird in vielen Fällen durch den Einsatz von Schrumpffasern erzielt, wobei durch Hitze- bzw. Dampfeinwirkung oder durch Behand-

April 28, 1970 W. W. BUNTING, JR. ET AL. U.S. 3,506,306
 METHOD AND APPARATUS FOR PRODUCING NONWOVEN AND
 LINE DENTURED NONWOVEN FABRICS
 ORIGINAL PAPER NUMBER 11, 1966

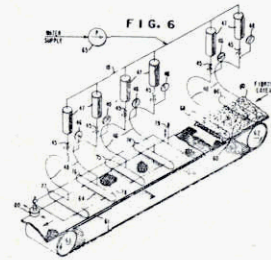


Abb. 33

lung mit flüssigen oder dampfförmigen Lösungsmitteln eine Spralräuselung der Fasern erzeugt wird, die naturgemäß einen besonders guten mechanischen Zusammenhalt bewirkt. Vor allem werden hierfür Bikomponentenfasern vorgeschlagen, wobei natürlich auch noch die Möglichkeit besteht, eine Faserkomponente als Bindemittel auszunützen⁴³.

Die Verfestigung von Vliesen durch Nadeln wurde hier bereits mehrfach behandelt. Wir wollen nur einige neuere Entwicklungen erwähnen, die besonders die „Struktur“-Nadelung betreffen. Diese Technik, die die Erzeugung bestimmter Oberflächenstrukturen zum Ziel hat, wird besonders auf dem Gebiet der Nadelfilzteppichherstellung eingesetzt. Die Entwicklung auf diesem Gebiet ging bekanntlich vom Teppich, dessen Oberfläche stark mit Bindemittel versehen war, so daß die Fasern intensiv eingebunden waren, hin zum Bodenbelag mit „floriger“ Oberfläche. Der Fasercharakter des Teppichs trat damit in den Vordergrund. Dsmit wird, wie das auch beim Tuftingteppich der Fall war, die Herstellung spezieller Teppichfasern auch für den Nadelfilzbereich wichtig.

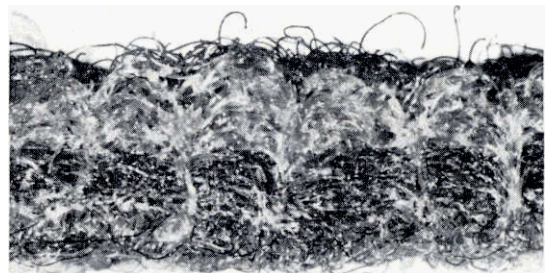


Abb. 34

Weiter ist es von Interesse, die Spinnvliesetechnik zu nutzen, um Materialien für den Nadelfilzsektor bereitzustellen. Hierbei geht man zunächst davon aus, Spinnvliese aus Polyester oder aus Polypropylen als Zwischenlage zu verwenden, während die Laufschiene aus Stapelfasern gebildet wird. Beide Schichten werden durch Nadeln miteinander verbunden sowie mit Hilfe von Tränk- bzw. Pflatschvorgängen weiterbehandelt. Die Strukturierung beim Nadelvorgang wurde bereits erwähnt. Hierbei wird zum Beispiel durch linienartig versetztes Ein-

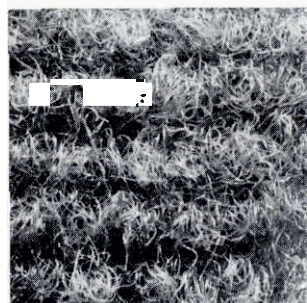


Abb. 35

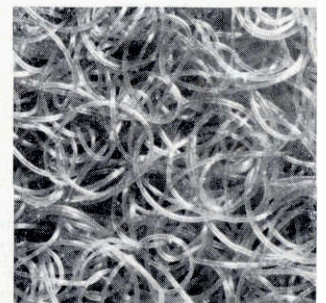


Abb. 36

nadeln der Florschicht in die Tiefe des Teppichs ein sogenannter „Rippenfilz“ erzeugt, wie das in den beiden nachfolgenden Bildern (Abb. 34 und 35) zu sehen ist.

Die Herstellung von völlig aus Spinnvliesen aufgebauten Teppichen hängt eng mit der Entwicklung geeigneter Spinnmethoden zusammen, die es erlauben, Spinnvliese aus hochgekräuselten Filamenten zu erzeugen. Mit diesen gelingt es dann besonders gut, das für Teppiche erforderliche Volumen sowie interessante Oberflächenstrukturen zu erzielen. Die nachfolgende Mikroaufnahme (Abb. 36) zeigt ein derartiges Spinnvlies.

AUSBLICK

Zusammenfassend können wir feststellen, daß – neben den drei Hauptmethoden bei der Vliesherstellung: dem trockenen, dem nassen und dem Spinnvliesweg – sich vom Einsatzgebiet her folgende große Bereiche herauschälen lassen (Tab. 2): Beim Teppichsektor haben wir also neben dem Gebiet der Nadelfilzteppiche den großen Bereich der Tuftingmaterialien, die mit Hilfe der Vliesstofftechnik hergestellt werden. Gerade bei den zuletzt genannten Produkten, die in großen Arbeitsbreiten (5 m) hergestellt werden müssen, ergibt der Spinnvliesweg mit seinen gegenüber dem Weben sehr hohen Produktionsgeschwindigkeiten große Vorteile.

Tabelle 2: Anwendungsbereiche der Vliesstoffe Lutravil 71/39

I	Bodenbelag-Sektor
II	Trägermaterial
III	Textil-Sektor
IV	Filterstoffe
V	Wegwerf- und Papiergebiet

Das Gebiet der Trägermaterialien reicht von den Grundmaterialien für die PVC-Beschichtung bis hin zu den schweren, hochveredelten Produkten für die Syntheseliederherstellung. Derartige Materialien werden nach allen drei Vliesstoffmethoden hergestellt.

Der Textilsektor ist mit dem großen Gebiet der Einlagestoffe die Domäne des trockenen Verfahrens. Die Spinnvliese konnten jedoch bei der Erzeugung von vollwaschbaren, bügelfreien Heimtextilien schöne Erfolge erzielen. Ferner konnten mit Hilfe der Spinnvliesmethodik einbügelbare Vliesstoffe gewonnen werden, die heute zur Rationalisierung bei der Kleiderfabrikation dienen.

Das Gebiet der Filterstoffe ist wegen deren Labyrinthstruktur ein natürliches Anwendungsfeld der Vliesstoffe. Auch hier kann der Spinnvliesweg durch das Ausspinnen von Fasern mit besonders geringem Querschnitt (1/10 dtex) besondere Vorteile bieten. Schließlich ist es auch noch möglich, durch Übereinanderspinnen verschiedenartiger Faserschichten Filterstoffe mit abgestuften Eigenschaften herzustellen.

Der Wegwerf- und Papiersektor ist die Domäne des nassen Verfahrens. Es soll jedoch erwähnt sein, daß auch hier der Spinnweg, insbesondere bei der Herstellung synthetischer Papiere, an vielen Stellen untersucht wird. Für unsere eigene Firma war diese Aufgabenstellung vor über zehn Jahren der Ausgangspunkt der Spinnvliesentwicklung. In diesem Zusammenhang ist das Einspinnen von Endlosfasern in die Naßpartie der Papiermaschine von besonderem Interesse, um hier zu einer Kombination von Zellstoff mit Endlosfasern zu kommen.

Auf Grund unserer Erfahrung können wir feststellen, daß es in der Vliesstofffertigung kein Allroundverfahren gibt. Die Entwicklung ist so weit fortgeschritten, daß dies sogar schon für die Einzelmethoden gilt. Unsere Firma mußte im Verlauf der letzten Jahre mehrere Verfahrensvarianten der Spinnvliesherstellung erarbeiten, um die für die verschiedenen Anwendungsbereiche geforderten Produkteigenschaften zu erzielen. Einerseits ist dadurch natürlich die gewünschte Optimierung der Erzeugnisse ermöglicht worden, andererseits mußten zur Realisierung dieser Fortschritte erhebliche Mittel bereitgestellt werden. Diese Tendenz wird sich in Zukunft noch ver-

stärken. Aus den vielfältigen Bemühungen wächst jedoch der technische Fortschritt, so daß wir alle dankbar auf die vergangene Arbeit zurück- und voll Interesse der Zukunft entgegenblicken können.

Literatur:

- 1) FAZ 1971, Nr. 23, S. 13
- 2) USP 3,509.009 – Freudenberg, Erf. Hartmann
- 3) USP 3,439.085 – Freudenberg, Erf. Hartmann
- 4) USP 3,081.519 – Du Pont, Erf. Blades
- 5) USP 1,975.304 – DRP 658.721, Erf. Formhals
- 6) USP 705.691 – Morton
- 7) USP 2,123.992 – Schreiber-Castell, Erf. Formhals
- 8) USP 2,048.651 – MIT, Erf. Norton
- 9) Werner; Chemiker-Zeitung 65, 389 (1941)
- 10) USP 2,357.392, 2,483.404, 2,483.406 – American Viscose, Erf. Francis
- 11) USP 2,130.948 – Du Pont, Erf. Carothers
- 12) USP 2,508.462 – Union Carbide, Erf. Marshall
- 13) FP 1,154.476 – Owens-Corning, Erf. Snow
- 14) Griehl und Versäuer; Faserforsch. u. Textiltechn. 9, 226 (1958)
- 15) USP 2,604.667 – Du Pont, Erf. Hebel
- 16) USP 3,341.394 – Du Pont, Erf. Kinney
- 17) JP 45-5057 – Toyo Rayon
- 18) USP 3,436.797 – Du Pont, Erf. Graf et. al.
- 19) USP 3,379.811 – Freudenberg, Erf. Hartmann et. al.
- 20) SZP 466.605 – Freudenberg, Erf. Hartmann
- 21) USP 3,325.906 – Du Pont, Erf. Franke
- 22) USP 3,394.435 – Du Pont, Erf. Kneeb
- 23) USP 3,402.227 – Du Pont, Erf. Kneeb
- 24) BP 1,126.026 – ICI, Erf. Barlow et. al.
- 25) USP 3,510.038 – Du Pont, Erf. Bundy
- 26) SZP 455.699 – ICI, Erf. Sissons et. al.
- 27) SZP 471.923 – Freudenberg, Erf. Hartmann et. al.
- 28) USP 3,334.161 – Du Pont, Erf. Guzman
- 29) USP 3,302.238 – Du Pont, Erf. Medeiros
- 30) USP 3,433.857 – Du Pont, Erf. Dutton
- 31) DOS 1,469.416 – Kurashiki, Erf. Noda
- 32) DOS 1,435.119 – Spinnfaser AG., Erf. Albrecht
- 33) SZP 496.837 – Glanzstoff, Erf. Ritzen et. al.
- 34) DOS 1,469.120 – Du Pont, Erf. Morgan
- 35) DAS 1,158.036 – Feldmühle, Erf. Kirchner
- 36) DOS 2,018.237 – Goodrich, Erf. van der Geer
- 37) DAS 1,060.246 – Union Carbide, Erf. Miller
- 38) Schmidt; Wochenblatt für Papierfabrikation 23/24, 1045 (1970)
- 39) DAS 1,237.057 – Filzfabrik Fulda, Erf. Guldner
- 40) DP 921.826 – Eisenhut/DAS 1,001.889 – Jayme
- 41) DOS 1,955.252 – Monsanto, Erf. Mallonee
- 42) USP 3,508.308 – Du Pont, Erf. Bunting et. al.
- 43) DOS 1,913.246 – Bayer, Erf. Kubitzek et. al.

Diskussion

Albrecht: Herr Dr. Hartmann hat uns sehr deutlich vorgeführt, wie aus einem Gebiet, das anfänglich von vielen Leuten als Randgeschäft betrachtet wurde und primär Abfälle verarbeitete, ein Industriezweig wurde, der heute volle Beachtung verdient und Spezialprodukte erzeugt. Allerdings bedient man sich heute der Chemiefasern, einer wesentlich verfeinerten Verfahrenstechnologie und einer totalen Abstimmung auf den Endzweck von eingesetztem Material, Verfahren und Hilfsstoffen. Gerade die Vliesstoffe zeigen, welche Konstruktionsaufgabe letzten Endes unter Zuhilfenahme von Chemiefasern im einzelnen mit klarer Ausrichtung auf das Endprodukt erfüllt werden kann.

Herzog: Herr Dr. Hartmann, bei Spinnvliesen nannten Sie die Verstreckung der Fasern im Luftstrom oder ihre mechanische Verstreckung. Haben Sie das rein theoretisch gemeint, oder ist Ihnen ein Fall bekannt, wo eine mechanische Verstreckung tatsächlich stattfindet. Wie ist dies bei diesen hohen Spinnengeschwindigkeiten möglich?

Hartmann: Vielleicht sahen Sie bei einigen Bildern, die ich aus der Patentliteratur zeigte, daß die Fäden, die die Düse verlassen, mehrere Walzensysteme passieren. Hier tritt tatsächlich eine Art mechanischer Verstreckung auf. Wir wissen, daß derartige Methoden im Einsatz sind.

Herzog: Wie wollen Sie bei einer Spinnengeschwindigkeit von 4000 m noch dreifach verstrecken?

Hartmann: 4000 m ist in diesem Fall die Endgeschwindigkeit. Sie fangen mit relativ normalen Spinnengeschwindigkeiten an, beschleunigen zusehends und saugen mit Luft ab.

Anonym: Herr Dr. Hartmann, Sie sagen in Ihrem Vortrag, Sie erreichen bei Vliesstoffen aus Mischungen von Viskose- mit synthetischen Fasern eine gute Formbeständigkeit. Können Sie bitte spezifizieren, welche synthetische Fasern Sie in erster Linie meinen?

Hartmann: Bei den Einlagestoffen werden sehr oft Fasermischungen benutzt, beispielsweise Polyester, Polyamid, die sozusagen das Gerippe geben. Ein gewisser Prozentsatz an Zellwolle verbessert die Atmungsaktivität, die Saugfähigkeit und den Tragekomfort.

Anonym: Sie haben auch das Kapitel „Trägergewebe“ angesprochen. Was macht man heute in der Entwicklung, um die Reißfestigkeit bzw. die Lagentrennung zu verbessern?

Hartmann: Sie kennen die klassische Methode der Nadelung, um die Spaltfestigkeit zu verbessern. Meines Erachtens ist eine gezielte Binde-

methode ein weitaus besserer Weg. Zur Frage der Reißfestigkeit ist zu sagen, daß, wenn Sie einen Vliesstoff überbinden, die Einreißfestigkeit sehr rasch abnimmt. Die Faserbeweglichkeit vermittelt an einer Solleinreißstelle eine gewisse Elastizität, die es ermöglicht, die Beanspruchung an dieser Stelle auf einen großen Bereich zu übertragen und dadurch den Vliesstoff fester zu machen.

Blauhut: Sie nannten die Abzugsgeschwindigkeiten bzw. Spinnungsgeschwindigkeiten von etwa 4000 m und die Vliesbildungsgeschwindigkeiten von großordnungsmaßig 10 bis 100 m/min. Bedeutet das, daß ein Spinnvlies somit grundsätzlich ein Wirrvlies sein muß?

Hartmann: Der Einwand ist absolut richtig, denn das Verhältnis von Fadenanlieferungsgeschwindigkeit zu Abtransportgeschwindigkeit des Vlieses hat naturgemäß eine große Auswirkung auf die Ablage der Fasern. Im Grund ist bei einer Relation von 4000 zu 20, wie man sie zum Beispiel im praktischen Bereich hat, die Wirrvliesbildung auf jeden Fall gewährleistet.

Faltlhansl: Ich möchte zur letzten Frage von Herrn Blauhut bemerken, daß die Tatsache, daß die Spinnungsgeschwindigkeit viel höher als die Ablagegeschwindigkeit ist, nicht unbedingt eine Voraussetzung dafür ist, daß sich ein Wirrvlies bildet. Sie können bei denselben Spinn- und Ablagegeschwindigkeiten auch ein orientiertes Vlies herstellen, indem Sie die Ablagedüsen in einer Richtung oszillieren lassen. Sie erhalten dadurch zwar auch ein Wirrvlies, aber mit einer vorzüglichen Orientierungsrichtung.

Hartmann: Nur müssen Sie bedenken, daß beim Entstehen eines Vlieses, mit einem Flächengewicht von 100 g/m² und einer Fadenanlieferungsgeschwindigkeit von 4000 m, ein gewisser Aufbau an Fasersubstanz vorliegt. Durch diesen Aufbau an Fasersubstanz haben Sie eine zunehmende Turbulenz, die diese orientierte Ablage schon verwischt.

Faltlhansl: Ein Zentralproblem der Vliesbildung, um Flächengebilde mit Eigenschaften, die an Gewebe herankommen, zu erzielen, scheint mir das Binden des Vlieses zu sein. Welche Art der Bindung erscheint Ihnen, beim derzeitigen Stand der Technologie, als die optimale, um ein zweidimensionales Flächengebilde zu erstellen, das in bezug auf Oberflächenstabilität, Festigkeit und Biegsamkeit den Geweben am nächsten kommt.

Hartmann: Die große Masse der Vliesstoffe, die einen weichen Griff und eine gute Waschbeständigkeit aufweisen, sind mit Bindemitteln gebunden.

Albrecht: Ich glaube, es ist ein bißchen gefährlich, diese Frage so pauschal zu beantworten. Ich kann mir schon vorstellen, daß man auch einmal ein Vlies braucht, in dem man überhaupt kein Bindemittel verwenden kann. Beim Vliesstoff – das möchte ich ausdrücklich betonen – muß immer wieder die Idee, was ich damit machen will, zuerst da sein. Wenn ich weiß, was ich damit machen will, kann ich auch meine Eigenschaften festlegen, und wenn die Eigenschaften, die ich brauche, bekannt sind, dann kann ich die Frage der Bindung lösen. Daß die Frage der Bindung ein zentrales Problem ist, das muß zugegeben werden.

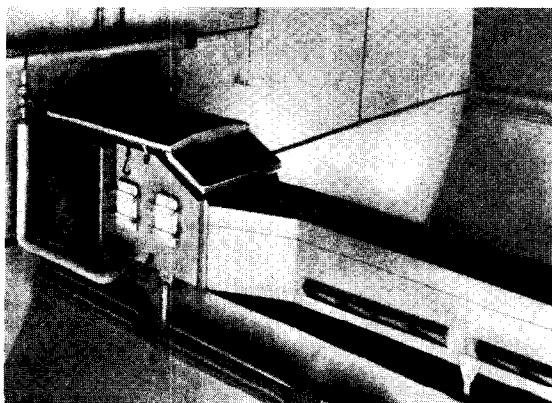
Anonym: Herr Dr. Hartmann, Sie sprachen vorhin von Vlieswaschartikeln, die 200 Wäschen überstehen. Was für Konstruktionen sind das, und bei welcher Temperatur wurden diese Wäschen durchgeführt?

Hartmann: Die Vliesstoffe sind mit Bindemittel gebunden, und die Wäschen, von denen wir sprechen, sind unter Feinwaschbedingungen, also bei 40°, durchgeführt.

Simacek: Welche farbgebenden Möglichkeiten bestehen bei den Vliesstoffen?

Hartmann: Bei der Färbung von Vliesstoffen muß man vor allem davon ausgehen, was von der Färbung verlangt wird. Bindemittelgebundene Vliese, die aus nackten Fasern bestehen, können mit den herkömmlichen Färbemethoden gefärbt werden. Im allgemeinen sind aber bei Vliesstoffen, die mit Bindemittel gebunden sind, auch an den Nichtkreuzungsstellen die Fasern mit einem Film überzogen. Wenn Sie nun versuchen, ein Nylonvlies, das mit Acrylat überzogen ist, sauer zu färben, dann wird es schon schwierig. Vorwiegend verwendet man dann auch Pigmentfärbungen, naturgemäß kann man auch die Spinnfärbung einsetzen.

Albrecht: Herr Dr. Hartmann hat uns noch einmal ganz deutlich gezeigt, daß eben die Vliesstoffindustrie, die Non-Woven-Industrie, aus den Kinderschuhen herausgewachsen ist und uns heute Produkte liefert, die speziell auf ihren Einsatzzweck zugeschnitten sind und dafür auch Rohstoff, Hilfsstoff und Verfahren musterergütig aufeinander abgestimmt und eingesetzt werden.



Übersättigungsklimaanlagen, System **KLIMON**, für höchste relative Luftfeuchtigkeit

KLIMA- und Lüftungsanlagen für alle Anforderungen (EDV-Räume, Laboratorien, Großküchen usw.)



ING. R. HIEBEL

KOMMANDITGESELLSCHAFT FÜR HYDRO- UND KLIMATECHNIK

1140 WIEN, LINZER STRASSE 221
Telefon 94 21 06

Fäden und Fasern aus Folien

Dr. J. Harms, Dr. H. Krässig, Dr. F. Saßhofer

Chemiefaser Lenzing AG., Lenzing

Die Entwicklung der Folienbändchenerzeugung und der verschiedenen Prozesse zur Fibrillierung von Folien in textile Faserprodukte wird geschildert. Die wichtigsten Verfahrensschritte, wie Folienextrusion, Verfestigung, Verstreckung und die verschiedenen Fibrilliermethoden, werden beleuchtet und deren Einfluß auf die äußere Textur, auf Feinstruktur und auf die Eigenschaften der Fasern diskutiert.

Der Einfluß verschiedener Extrusions- und Verfestigungsmethoden, der Verstreckung und der Aufspaltung der Folien wird anhand von optischen Untersuchungen, infrarotspektroskopischen Ergebnissen und Röntgendaten aufgezeigt.

Anschließend wird ein kritischer Vergleich zwischen der konventionellen Fasererzeugung und der Fasererzeugung über die Folie gegeben und zu den Zukunftsaussichten des letzteren Verfahrens Stellung genommen.

WARUM FÄDEN UND FASERN AUS FOLIE

Bei dem Thema „Fäden und Fasern aus Folien“ ist man zunächst versucht zu fragen: Wozu der Umweg über die Folien? Der direkte Weg der Fäden- und Faserherstellung mittels Spinddüsen ist altbekannt und allgemein üblich. Wenn sich trotzdem in den letzten Jahren in aller Welt eine größere Anzahl von Firmen und Forschungsinstitutionen mit den Möglichkeiten der Herstellung textilverwendbarer Faserprodukte aus Polymerfolien beschäftigt hat und diese Verfahren Eingang in die Praxis gefunden haben, so muß das seine Gründe haben. Diese liegen sowohl in den speziellen Eigenschaften der aus Folien hergestellten Fäden, z. B. die sehr hohe Flächendeckung der Flachfäden im Gewebe, wie auch in den niedrigeren Anlagen- und Herstellkosten bei der Fädenerzeugung.

Anstoß zu den Bemühungen, Fäden und Fasern aus Folien herzustellen, gaben vor allem die spezifischen Eigenschaften des Polypropylens, das sich nach monoaxialer Verstreckung leicht in faserartige Gebilde aufsplittern bzw. aufspalten läßt.

Zweck dieser Ausführungen ist es, über den Stand der Entwicklung auf diesem noch relativ jungen Gebiete zu berichten. Bei der 7. Internationalen Chemiefasertagung in Dornbirn im Jahre 1968 hat Herr Dr. Peucker¹ in einem Referat bereits umfassend über die Herstellung, Weiterverarbeitung und Verwendung von Flach- und Splittfäden aus Polyolefinen berichtet. Hier soll nun vornehmlich über die weitere Entwicklung, nämlich über die Erzeugung von textil einsetzbaren, aus Folien hergestellten, fibrillierten und gespaltene Fäden und Fasern, berichtet werden.

FLACHFÄDEN

Die Herstellung von Flachfäden, vielfach auch „Folienfäden“ oder „Folienbändchen“ genannt, sowie von Produkten daraus war bis in die frühen fünfziger Jahre auf Papier bzw. auf Folien aus Viskose, Polyvinylchlorid und Polystyrol beschränkt. Diese Materialien brachten einerseits entweder zu wenig Trocken- und Naßfestigkeit sowie Abriebfestigkeit mit sich, um eine ernste Konkurrenz für die Hartfasern im Sektor der Schnüre, Seile oder Matten darzustellen, oder sie waren andererseits vom Preise her von diesen Einsatzgebieten auszuschließen. Als jedoch im Laufe der fünfziger Jahre die hochdichten Polyäthylene und die isotaktischen Polypropylene industrielle Realität wurden, änderte sich die Ausgangssituation schlagartig. Diese relativ billigen, gut kristallisierenden und leicht orientierbaren Polymeren ergaben ausgezeichnete Folien, die sich wegen der geringen Nebervalenzkräfte leicht zu hochfesten Folienbändchen spalten ließen. Innerhalb weniger Jahre wurden von verschiedenen Firmen Herstellungsanlagen für Folienbändchen entwickelt. Die erste kommerzielle Anlage zur Erzeugung eines Folienbändchenproduktes, nämlich von Ernte-

The development of the slit film-tape-production and of different processes of fibrillation of the films to from fibrous products with textile characteristics is described. The most important production steps, such as film extrusion, cooling, stretching and the different methods of fibrillation are illuminated and their influence on the outer texture, fine structure and on the fiber properties are discussed.

The influence of different methods of extrusion and cooling of stretching and splitting of the film is shown by means of optical examinations, IR-results and X-ray data.

Finally a critical comparison between the conventional fiber production method and the production of fibers from films is drawn and the outlook for the future of the latter is discussed.

bindegarnen, hat die amerikanische Tennessee Eastman Corporation aufgebaut und 1964 in Betrieb genommen.

Die Einfachheit der Herstellung zusammen mit den spezifischen Eigenschaften des Polyäthylens und des Polypropylens, wie z. B. das niedrige spezifische Gewicht, die hohe Festigkeit, die niedrige Wasseraufnahme und die chemische Beständigkeit, begründeten die rasante Entwicklung der Folienbändchen und ihr Eindringen in einen weiten Kreis von Anwendungsgebieten. Aus ihnen können durch Verseilen Seilkitzen und Seile, durch Verzwirnen Schnüre und Bindegarne, durch Weben oder Wirken Sackgewebe, Verpackungsgewebe, Polsterstoffe für Gartenmöbel und Matten, Teppichgrund für die Tuftingteppichindustrie und anderes mehr hergestellt werden.

DIE HERSTELLUNG VON FLACHFÄDEN

Bei der Herstellung von Flachfäden aus Folien lassen sich folgende Verfahren unterscheiden:

1. Die aus einer Rund- oder Breitschlitzdüse extrudierte Folie wird mit zahlreichen Messern in ca. 1 bis 10 mm breite Flachfäden aufgeschnitten. Diese Flachfäden werden sodann monoaxial verstreckt und auf Spulen oder Kettbäumen aufgewickelt (Abb. 1).

Das Verfahren kann kontinuierlich in einem Arbeitsgang oder diskontinuierlich mit Zwischenaufwicklung der Folie betrieben werden.

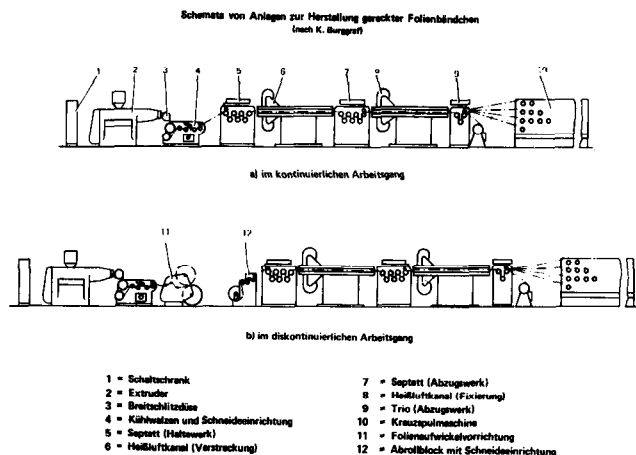


Abb. 1

2. Die aus einer Rund- oder Breitschlitzdüse extrudierte Folie wird vor dem Aufschneiden zu Fäden verstreckt (Abb. 2). Die Verstreckung erfolgt hier auf kurzem Wege zwischen zwei Streckwalzen. Dadurch wird ein Einspringen in der Breite der Folie verhindert und eine gleichmäßige Verstreckung erreicht. Die verstreckte Folie wird sodann entweder in Flachfäden geschnitten und auf Spulen oder Kettbäumen aufgewickelt oder nach dem Lenzinger „Split-Weaving“-Verfahren direkt dem Webstuhl vorgelegt und dort zu Kettfäden aufgeschnitten.

Anlage zur Herstellung von monoaxial verstreckten Folien, von Folienbändchen und von Folienbändchengewebe nach dem Lenzinger „Split-Weaving“-Verfahren.

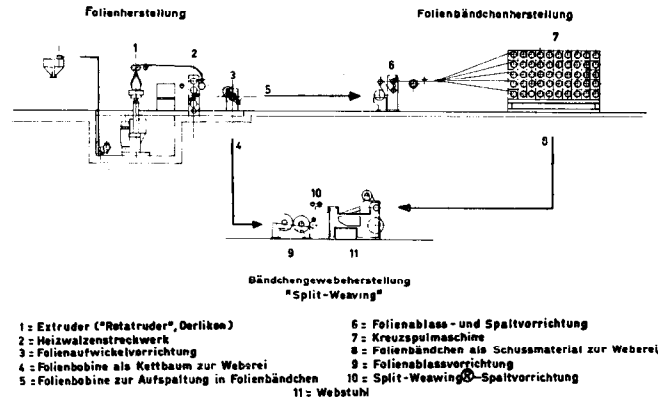


Abb. 2

3. Die Verstreckung, die bekanntlich für die Eigenschaften der Fäden – wie z. B. Festigkeit, Dehnung und Splitterneigung – sehr wichtig ist, kann in jedem Fall in zwei oder mehreren Stufen erfolgen. Es kann eine Vorverstreckung vor dem Schneiden oder eine Nachverstreckung nach dem Schneiden der Folie zu Fäden erfolgen.

Die Struktur und die Eigenschaften der nach den verschiedenen Verfahren hergestellten Flachfäden sind nicht identisch. Die Verstreckung nach dem Aufschneiden in Fäden ergibt eine eindeutig monoaxiale Orientierung. Die Verstreckung der Folie unter Verhinderung des Breitereinsprungs ergibt neben der Längsorientierung eine Querkomponente. Diese Unterschiede wirken sich vor allem in der Splitterneigung der Fäden aus.

In den USA schätzte man für das Jahr 1969 bereits einen Verbrauch von etwa 40 000 Tonnen Polypropylen für die vorher genannten Anwendungsgebiete. In den beiden letzten Jahren hat dieser Verbrauch erheblich zugenommen. Allein für Teppichgrund und für die Sackherstellung wurden im Jahre 1970 in den Vereinigten Staaten über 800 Millionen Quadratmeter Bändchengewebe aus Polyolefinen hergestellt.

Diese Entwicklung hat vor allem die bislang für die Schnur-, Seil-, Verpackungs- und Grundgewebe sowie für die Mattenherstellung verwendeten natürlichen Hartfasern und ihre Erzeuger bitter getroffen. So sank die Produktion an Manillahanf in den Philippinen von ca. 100 000 Tonnen im Jahre 1963 bis 1969 auf etwa die Hälfte des ursprünglichen Volumens. In ähnlicher Weise sank im gleichen Zeitraum die Sisalproduktion von Tansania.

SPLITTER- UND SPALTFÄDEN

Bei der Verarbeitung hochverstreckter Folienbändchen speziell aus Polypropylen machte man schon sehr bald die Beobachtung, daß diese beim Verdrehen und Zwrinnen weiterspalten und sich zu Netzwerken feinerer Fasern aufteilen.

Die anregende Pionierarbeit auf diesem Gebiet leisteten Anfang der dreißiger Jahre Heinrich Jacqué² und Mitarbeiter bei der I. G. Farbenindustrie. Jacqué beobachtete, daß bei der Längsverstreckung von Polyvinylchlorid- und Polystyrolfolien in der Hitze Materialien entstehen, die einen hohen Grad der Orientierung und hohe Längsfestigkeit aufweisen. Gleichzeitig zeigten derart verstreckte Folien eine mit dem Verstreckungsgrad abnehmende Querfestigkeit und zunehmende Splittrigkeit. Sie konnten durch mechanische Einwirkung, wie z. B. Verdrehung, Bürsten oder andere reibende Behandlung, leicht zu Fasern aufgesplittert werden.

Zu Beginn der fünfziger Jahre entwickelte die Dow Chemical Corporation³ in den USA einen nahezu gleichartigen Prozeß zur Erzeugung von Fasern aus Polyvinylidenfolien. Zu etwa der gleichen Zeit begann in Dänemark O. B. Rasmussen⁴ seine ausgedehnten Arbeiten, die den Anstrengungen um die Herstellung von Fasern aus Folien neuen Auftrieb und vielfältige Anregungen gaben.

Unserer Kenntnis nach erfolgte die erste größere industrielle Realisierung eines Prozesses zur Herstellung eines textilen Garnes auf dem Wege über die Folie im Jahre 1968 durch die Chevron Research Corporation in ihrer Produktionsstätte in Dayton im Staate Tennessee, wo seither unter dem Namen „Polyloom“ ein Teppichgarn hergestellt wird. In der Folge haben eine größere Zahl von Firmen in aller Welt, wie z. B. die Plastizisers Ltd. in Großbritannien, die Firmen Toshiba und Mitsubishi in Japan, die Firma Barmag in Deutschland, die Celanese Corporation und Phillips Petroleum Company in den USA, unabhängig voneinander eigene Prozesse zur Herstellung von Splitter- oder Spaltfasern entwickelt.

DER SPLITTER- UND SPALTPROZESS

Das Kernstück der Prozesse zur Erzeugung von Fasern auf dem Wege über die Folie ist naturgegeben die Methode des Aufsplittens. Während der letzten Jahre sind eine große Anzahl verschiedener Verfahren zur Überführung von Folien in Fasern entwickelt worden. Ein Versuch, diese verschiedenen Verfahren nach charakteristischen Kriterien zu ordnen, ist nicht besonders leicht. Von Condit und Johnson⁵ wurde vor einiger Zeit folgende Klassifizierung vorgeschlagen, der wir uns hier anschließen wollen. Danach kann man wie folgt unterscheiden:

1. Die unkontrollierte mechanische Fibrillierung

Darunter sind all jene Prozesse einzuordnen, bei denen die Folie durch rein mechanische Einwirkung derart aufgesplittert wird, daß netzartig zusammenhängende Fasern entstehen, die bezüglich ihrem Trennungsgrad, ihrer Faserlänge und Faserdicke statistische Unterschiede aufweisen. Grundvoraussetzung für die Anwendung rein mechanischer Fibrillation ist die Erzeugung hoher Festigkeitsanisotropie in der Folie durch extrem hohe Verstreckung und die Anwendung von Polymermaterialien, die eine nur geringe Nebenvaleanzbindungstendenz aufweisen, wie z. B. die Polyolefine.

2. Die unkontrollierte chemisch-mechanische Fibrillierung

Dazu sind solche Prozesse zu zählen, bei denen dem Polymermaterial bei der Folienbildung ein Zusatz gegeben wird, der in der Folie statistisch verteilte Inhomogenitäten erzeugt und somit die spätere mechanische Fibrillierung begünstigt. Diese Verfahren führen ebenfalls zu netzartig zusammenhängenden Fasern unterschiedlicher Trennungslänge und Faserdicke. Produkte, die nach diesen beiden Fibrillierungsmethoden hergestellt sind, wollen wir „Splitterfasern“ nennen.

3. Die kontrollierte mechanische Aufspaltung

Hiezu sind die Verfahren zu rechnen, bei denen die Folie durch definierte Schlitz-, Schneide- oder Spaltvorgänge zu regelmäßigen netzartigen Strukturen oder zu getrennten Endlosfasern gespalten wird. Produkte, die durch solche vorgegebenen oder definierten Spaltvorgänge erzeugt sind, sprechen wir als „Spaltfasern“ an.

ad 1) Die unkontrollierte Aufspaltung hochverstreckter Folien bzw. Folienbändchen hoher Festigkeitsanisotropie durch mechanische Beanspruchung geht – wie bereits erwähnt – auf Jacqué zurück. Er beobachtete, daß beim Reiben hochverstreckter Polyvinylchlorid- bzw. Polystyrolfolienstreifen zwischen zwei gegenläufig bewegten Gummibändern eine Aufspaltung in viele einzelne Kapillare stattfindet. Eine weitere Aufspaltung und Parallelisierung der entstandenen Fasern konnte Jacqué durch die Einwirkung zylindrischer rotierender Bürsten erreichen.

Auch durch die Hochverzwirnung von hochverstreckten Folienbändchen, wobei bis zu 1000 Drehungen pro Meter auf die Bändchen aufgebracht werden, läßt sich eine Aufspaltung in feine Fasern erreichen. Diese Behandlung ist die Grundlage der Herstellung grobfibrillierter Splittergarne für Erntebindegarne, für Verpackungschnüre oder für Seillitzen.

Das Resultat dieser Aufsplitterungsart⁶ ist aus Abbildung 3 ersichtlich. Es ist deutlich zu erkennen, daß hier Faserkapillaren von sehr unterschiedlicher Dicke und nur unvollständiger Längstrennung entstehen. Besonders klar ist die stark variierende Faserdicke auf dem Querschnittsbild zu erkennen.



Längsbild (oben) und Querschnitt (unten) einer durch Zwirnen von PP-Folienbändchen erzeugten Splitterfaser.

Abb. 3

Vergleicht man die Festigkeit von gereckten Folien aus Polypropylen, aus Polyamid oder aus Polyester mit der Festigkeit der daraus hergestellten Bändchengarne, so zeigt sich, daß das Garn aus dem splinternden Polypropylen gegenüber der Folie kaum an Festigkeit verloren hat, also eine Substanzausnützung von ca. 100% hat (Tab. 1)⁷. Die Garne aus dem nicht splinternden Polyamid bzw. Polyester ergeben dagegen nur eine Substanzausnützung von 30 bis 60%.

Vergleich der prozentualen Festigkeitsausnützung in Zwirnen, hergestellt aus fibrillierfähigen Polypropylen-Folienbändchen und aus nicht fibrillierenden Polyamid- bzw. Polyester-Folienbändchen.

	% Festigkeitsausnützung
Polypropylen	90-105
Polyamid	30- 60
Polyester	30- 60

(nach W. N. Broatch)

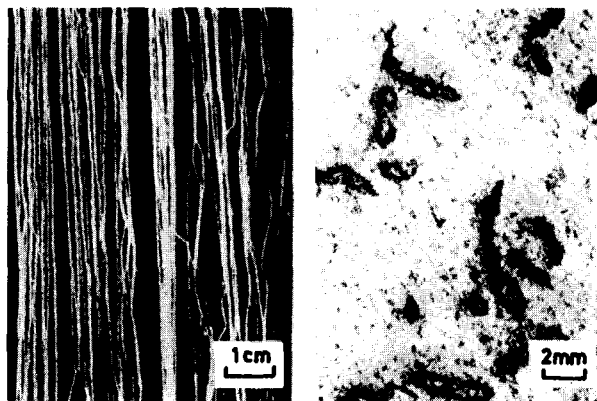
Beim Polypropylengarn verteilt sich die Last gleichmäßig auf die einzelnen Kapillaren, und außerdem tritt der Einfluß von Randeinrissen, die die Festigkeit herabsetzen, zurück.

Eine ähnliche, unkontrollierte Aufsplitterung läßt sich auch durch Behandlung hochverreckter Polypropylen- oder Polyäthylenfolienbändchen mittels Dralldüsen, die mit Druckluft betrieben werden, erreichen.

ad 2) Die unkontrollierten chemisch-mechanischen Fibrillierungsmethoden beruhen in den meisten Fällen auf der Einführung von Schwachstellen in den Polymerfilm. Bei der Verstreckung oder einer nachfolgenden mechanischen Behandlung erfolgt an diesen Fehlstellen eine leichtere Aufsplitterung.

Eine Art der Einführung solcher Schwachstellen ist die Erzeugung von Hohlräumen oder Gasblasen im Polymerfilm. Rasmussen⁸ hat zur Erzeugung von Hohlräumen die Einlagerung löslicher Salze in den Film vorgeschlagen, die nach der Verstreckung herausgelöst werden. In der gleichen Patentanmeldung schlägt er auch die Verwendung von Verbindungen vor, die sich in der Hitze während der Extrusion oder der Verstreckung unter Bildung von Gasblasen zersetzen und eine Schaumstruktur ergeben. Bei der Verstreckung werden die Hohlräume der Schaumstruktur längsgedehnt und zum Ansatzpunkt der Aufsplitterung.

Abbildung 4, die einer Veröffentlichung von Condit und Johnson⁵ entnommen ist, gibt die Längsaufspaltung eines derart erzeugten Splitterfasergarnes wieder. Auf der rechten Seite ist anhand von Faserquerschnitten die Unregelmäßigkeit der Querschnittsformen demonstriert. Eine andere Art der Einführung von Schwachstellen, zur Erleichterung der Aufspaltung, ist die Zufügung kleiner Mengen von mit dem Hauptpolymeren nicht verträglichen Fremdpolymeren bei der Filmherstellung. Dieser Vorschlag stammt ebenfalls von Rasmussen.



Längsbild (links) und Querschnitt (rechts) einer chemo-mechanisch aus geschäumten PP-Folienbändchen erzeugten Splitterfaser.

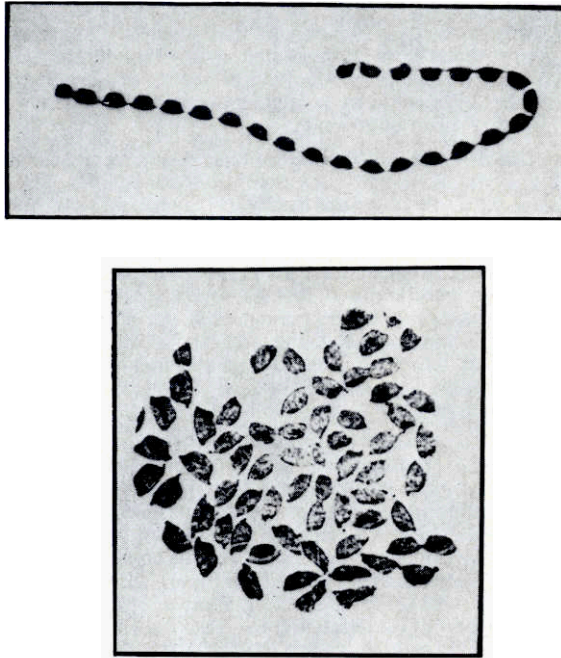
Abb. 4

ad 3) Die größte Bedeutung unter den Aufsplitterungs- bzw. Aufspaltmethoden kommt der kontrollierten Aufspaltung von Folien oder Folienbändchen zu.

Dem Prinzip der Aufspaltungsmethodik nach unterscheidet man drei Methoden der kontrollierten mechanischen Aufspaltung:

a) die erste bedient sich der Einführung von definierten Schwachstellen in die Folie durch Längsrillung. Dies kann entweder, wie von Courtaulds⁹ oder Barmag¹⁰ vorgeschlagen, durch Verwendung von profilierten Düsen erfolgen, oder die Spaltung wird, wie bereits in den fünfziger Jahren von der Dow Chemical Corporation³ vorgeschlagen und neuerdings für ein Vliesstoffverfahren durch Smith & Nephew Research Ltd.¹¹ angewandt, durch Einführung von Längsrillen oder anderen Prägungen mittels entsprechender Profilwalzen erreicht.

Abbildung 5¹² zeigt an einem Querschnitt durch einen Profilm, der nach dem sogenannten „Barfilex-Verfahren“ hergestellt wurde, die dünneren Schwachstellen der Längsrillung auf. Bei der Verstreckung spaltet sich der Film, wie man aus der Querschnittsaufnahme der Fasern sieht, entlang die-



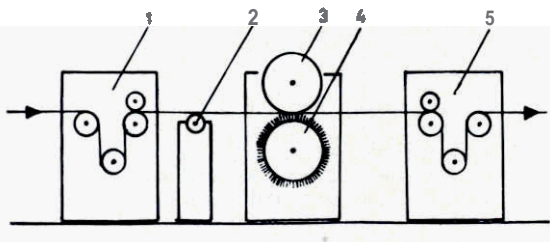
Querschnitt durch einen mittels einer Profiidüse hergestellten "Barfilex"-Film (oben) und Duerschnitte von aus diesem hergestellten Spaltfasern (unten).

Abb. 5

ser dünneren Längsrillen in mehr oder weniger getrennte Einzelkapillaren auf.

b) Bei der zweiten Methode wird der stark verstreckte Film durch rotierende Walzen gezogen, die mit Zähnen oder mit Nadeln besetzt sind. Diese Zähne oder Nadeln dringen in den Film ein und schneiden ihn zu einem regelmäßigen Netzwerk feiner Fasern mit einer durch die Walzenbesetzung vorgegebenen Struktur auf.

Das in Abbildung 6 gezeigte Verfahrensschema gibt das Prinzip dieses Spaltprozesses wieder. Das Verhältnis der Spaltwalzengeschwindigkeit zur Filmgeschwindigkeit ist für die Aufspaltung und für die Struktur des Netzwerkes von wesentlicher Bedeutung. Dieser Methode bedient sich die Chevron Research Co. bei ihrem sogenannten „Polyloom-Verfahren“¹³, Nach einem ähnlichen Prinzip arbeiten auch die Firmen Plastizisers Ltd.¹⁴ in England und die Firmen Mitsubishi und Toshiba in Japan. Je

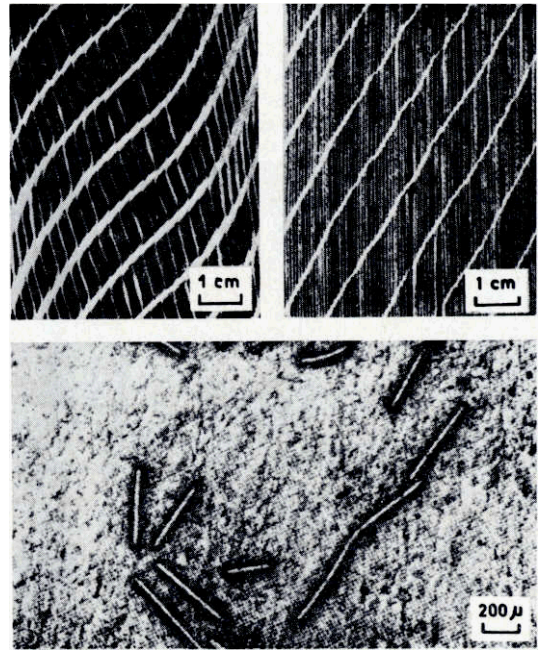


Schematische Darstellung einer Nadelwalzen-Fibrilliereinrichtung.

- 1 = Liefertrio
- 2 = Avivageauftrag
- 3 = elastisch bezogene Anpresswalze
- 4 = Nadelwalze zur Fibrillierung
- 5 = Abzugstrio

Abb. 6

nach der Besetzung der Walzen oder der Trommeln mit Zähnen oder Nadeln können auf diese Weise dichtere oder offenere netzartige Strukturen erreicht

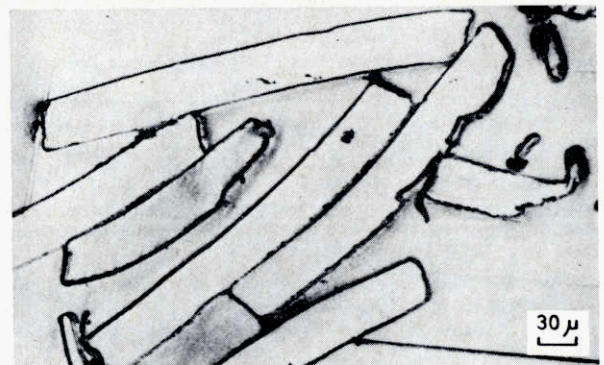


Längsbilder (oben) und Querschnitt (des oben rechts gezeigten Produkts; unten) von mit einem Nadelwalzenverfahren erzeugten Spaltfaser ("Polyloom").

Abb. 7

werden. Beispiele für die Struktur derartiger Fasern und die damit erreichbaren Querschnittsformen zeigen die Abbildungen 8 und 9.

In Abbildung 7⁶ ist die netzwerkartige Struktur des Polyloom-Teppichgarns der Netzstruktur eines nach dem gleichen Verfahren erzeugten, aber feiner aufgespaltenen Materials gegenübergestellt. Es ist er-



Längsbild (oben) und Querschnitt (unten) einer mit einem Nadelwalzenverfahren erzeugten Spaltfaser.

Abb. 8

sichtlich, daß bei dieser Aufspaltung Fasern mit ausgeprägt rechteckigem Querschnitt entstehen.

Abbildung 5 zeigt, daß bei einer derartigen Aufspaltung auch eine unregelmäßige Netzstruktur erhalten werden kann. Auch hier ist die eindeutig rechteckige Natur des Faserquerschnittes erkennbar.

- c) Die dritte Methode der Aufspaltung von Folien bedient sich sehr feiner, sägezahnartiger Spaltvorrichtungen

tungen oder sehr eng gesetzter feststehender oder rotierender Messerkombinationen.

Diese werden in den meisten Fällen ebenfalls zur Spaltung hochverstreckter Folien angewandt und ergeben weitgehend getrennte Einzelfasern von gleichmäßigem Titer.

Zu dieser dritten Gruppe gehört auch das Lenzinger Spaltfaserverfahren.

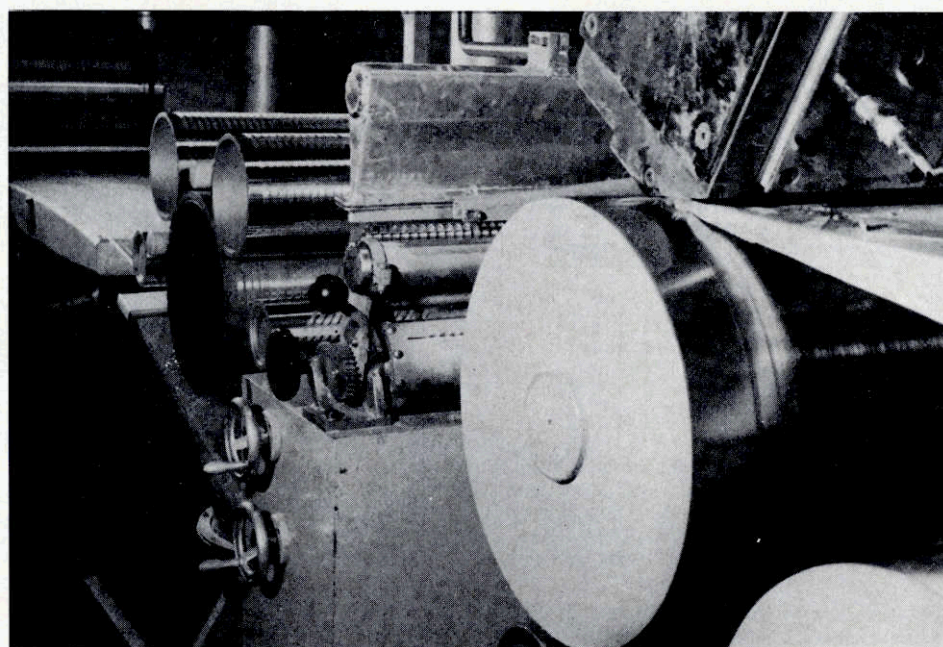


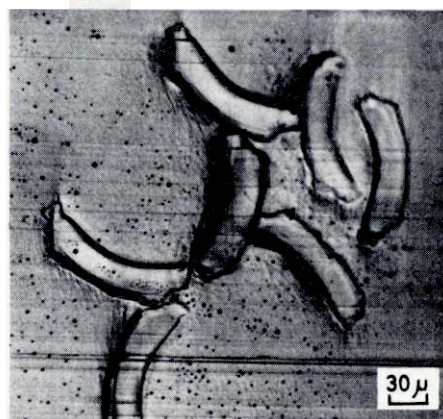
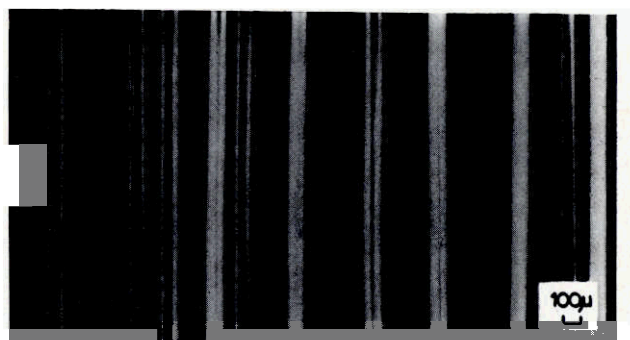
Abb. 9: Ausschnitt aus einer Lenzinger Anlage zur Herstellung von Spaltfasern

Abbildung 9 zeigt einen Ausschnitt aus einer Anlage mit einer Kapazität von ca. 500 Tonnen pro Jahr an texturiertem Endlos Garn. Dieses Verfahren unterscheidet sich in folgender Weise von den übrigen Spaltverfahren, die sich der Methode des Schneidens bzw. Aufspaltens mit messerartigen Vorrichtungen bedienen:

1. Die Aufspaltung erfolgt bei erhöhter Temperatur an der unverstreckten Folie zu völlig getrennten endlosen Fasern (Abb. 10). Die Aufspaltung an dieser Spaltvorrichtung erfolgt, wie das mikroskopische Bild zeigt, äußerst regelmäßig.
2. Die mit dem Spaltvorgang verbundene besondere Art der Verstreckung führt zu einer Modifizierung des rechteckigen Querschnitts der Fasern, wie das hier ebenfalls gezeigte Querschnittsbild belegt.
3. Während der Aufspaltung wird in der Folie einseitig eine Strukturveränderung induziert, die eine latente Kräuselfähigkeit der entstehenden Fasern zur Folge hat. Derartig aufgespaltene Fasern lassen sich durch einfache Temperatureinwirkung im gleichen Arbeitsgang in Kräuselfasern überführen (Abb. 11). Derart thermisch entwickelte Kräuselfasern sind in dem hier gezeigten Bild veranschaulicht.
4. Der gesamte Prozeß von der Folienherstellung bis zum fertigen texturierten Garn erfolgt in einem Arbeitsgang.
5. Das Verfahren ist nicht auf leicht speißende Polymere, das heißt nicht auf Polyolefine, beschränkt.

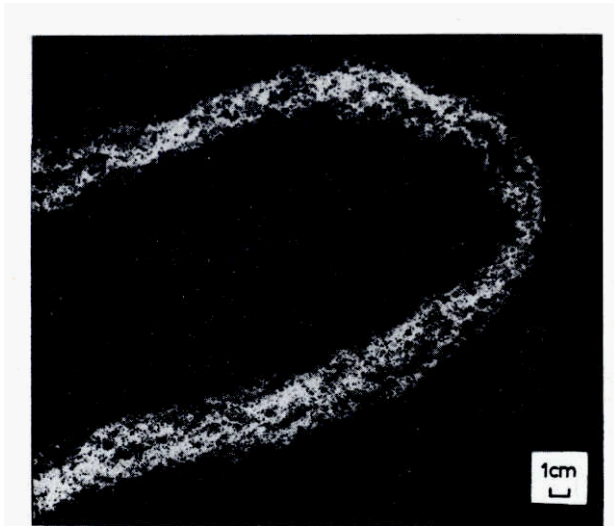
STRUKTURUNTERSUCHUNGEN AN FOLIEN UND FASERN

Wir haben durch eine Reihe von Strukturuntersuchungen unter Anwendung optischer, spektraler und röntgenographischer Methoden versucht, sowohl die Ursachen für die unterschiedlichen Eigenschaften der auf verschiedene Art hergestellten Folien wie auch besonders die Ursachen für die latente Kräuselfähigkeit der Lenzinger Spaltfaser festzustellen.



Längsbild (oben) und Querschnitt (unten) einer nach dem Lenzinger Spaltfaser-Verfahren hergestellten Polypropylenfaser.

Abb. 10

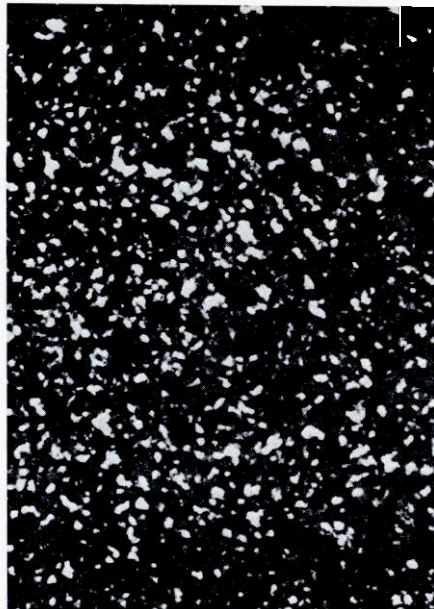


Demonstration der Kräuselfähigkeit einer nach dem Lenzinger Spaitfaser-Verfahren hergestellten Polypropylenfaser.

Abb. 11

Zwischen der Feinstruktur einer Flachfolie, die mittels Kühlwalzen oder im Wasserbad verfestigt wurde, und einer mit Blasluft verfestigten Schlauchfolie besteht ein erheblicher Unterschied, der auch durch den Einsatz zusätzlicher Kühlringe bei der Schlauchfolie nicht voll aufgehoben werden kann.

So weist eine im Wasserbad oder mittels Kühlwalzen verfestigte Polypropylenfolie eine ausgeprägt „smektische“, das heißt feinsphärolithische Struktur auf, die man am Doppelbrechungsverhalten im polarisierten Licht unter dem Mikroskop unschwer sichtbar machen kann (Abb. 12).



Feinsphärolithische Struktur einer mit Kühlwalzen verfestigten Polypropylenflachfolie

Abb. 12

Demgegenüber ist eine Polypropylenblasfolie eindeutig grobsphärolithisch, wie das hier gezeigte Doppelbrechungs-bild veranschaulicht (Abb. 13).

Dieser Unterschied gibt sich auch im Röntgen-Weitwinkeldiffraktionsverhalten von derart verschieden verfestigten Polypropylenfolien erkennen, wie wir aus entsprechenden Un-

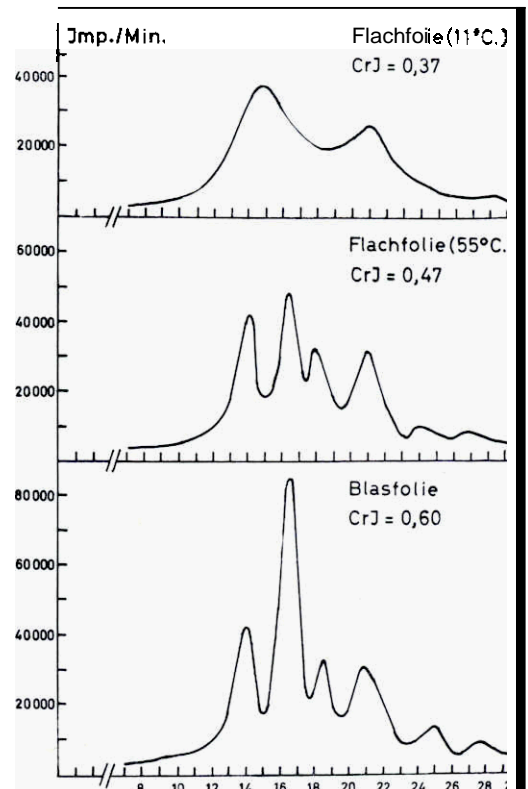


Grobsphärolithische Struktur einer Polypropylenblasfolie

Abb. 13

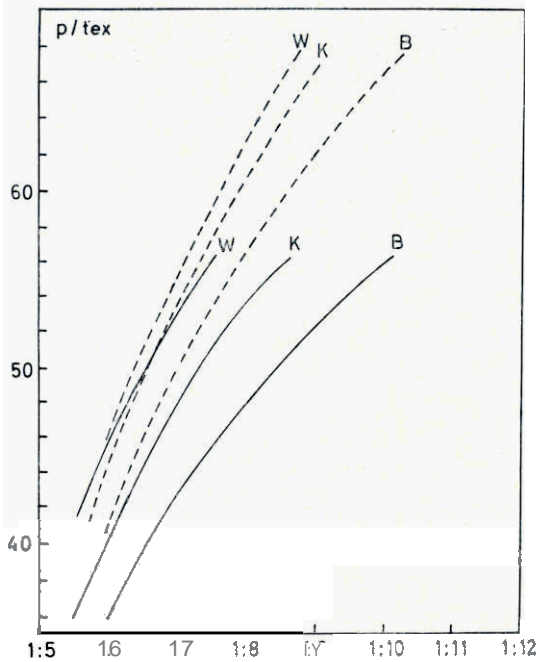
tersuchungen in Zusammenarbeit mit Professor Kratky und Frau Dr. Sekora ableiten konnten (Abb. 14).

Das hier gezeigte Weitwinkeldiffraktogramm einer mittels Kühlwalzen bei 11°C abgekühlten Polypropylenfolie zeigt wenig ausgeprägte ineinanderlaufende Diffraktionsbanden. Daraus läßt sich nach der üblichen Flächenverhältnismethode ein „Kristallinitätsgrad“ von 31% ableiten. Demgegenüber ist



Vergleich der Röntgenweitwinkeldiffraktogramme von bei verschiedener Kühlwalzentemperatur verfestigten Flachfolien und von Blasfolie (CrJ = Kristallinitäts-Index)

Abb. 14



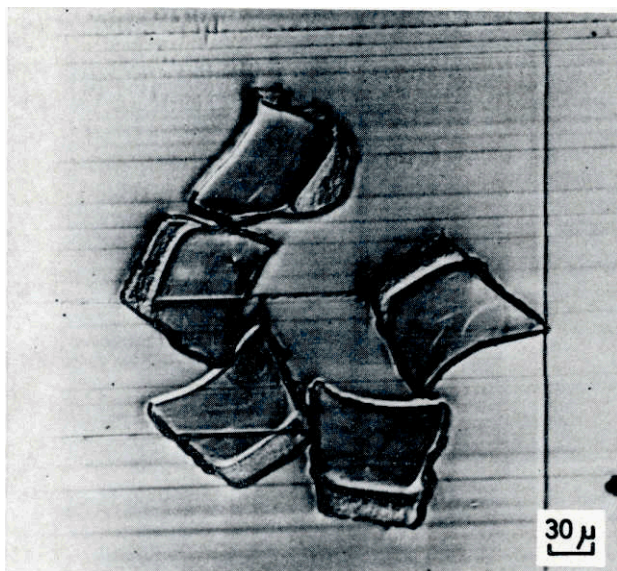
Einfluss verschiedener Verstreckung von Wasserbad (W)- und kühlwalzen (K)-verfestigten Flachfolien bzw. von Blasfolien (B) aus Polyäthylen (—) und aus Polypropylen (---) auf die Reißfestigkeit.

(nach Gouw u. Skoroszewski)

Abb. 15

das Weitwinkeldiffraktogramm einer Polypropylenblasfolie durch sehr ausgeprägte, gut isolierte Diffraktionsbanden ausgezeichnet, und der daraus errechenbare Kristallinitätsgrad beträgt 57%. Bei einer Kühlwalzentemperatur von 55° C entsteht dagegen eine Polypropylenfolie mit einem der Blasfolie ähnlichen Diffraktionsverhalten und erhöhter Kristallinität.

Die thermische Vorgeschichte und der Strukturzustand der Primärfolie sind aber, wie dies auch bei der Düsenerspinnung von Fasern der Fall ist, von ausschlaggebender Bedeutung für die Wirksamkeit der nachfolgenden Verstreckung und die Ausbildung optimaler mechanischer Eigenschaften.



Demonstration der "Bikomponentenstruktur" von nach dem Lenzinger Spaltfaser-Verfahren hergestellten Polypropylenfasern.

Abb. 16

Die hier gezeigte Abbildung 15 demonstriert an Ergebnissen von Gouw und Skoroszewski¹⁵, daß sich Primärfilme aus Polyäthylen und Polypropylen mit feinsphärolitischer, smektischer Struktur, wie sie bei der Wasserbad- bzw. Kühlwalzenverfestigung entstehen, effektiver verstrecken lassen als die höherkristallinen und grobsphärolitischen Blasfolien. Bei gleichem Verstreckungsverhältnis lassen sich durchwegs höhere Reißfestigkeiten in den Folienbändchen erreichen, wenn von einer Folie mit smektischer Struktur ausgegangen wurde.

Was nun die nach dem Lenzinger Verfahren hergestellten Spaltfasern anbelangt, so gelang es durch Ausarbeitung einer speziellen Präparationstechnik an Querschnitten von Modellfasern, das Vorliegen einer „Bikomponentenstruktur“ mikroskopisch nachzuweisen (Abb. 16).

Auch Doppelbrechungsaufnahmen (Abb. 17) im polarisierten Licht deuten auf das Vorliegen struktureller Unterschiede in den beiden Schichten hin. Um weiteren Aufschluß hierüber zu erhalten, wurden sowohl Streulichtuntersuchungen, Infrarotreflektions- und Dichroismusuntersuchungen als auch Röntgendiffraktionsmessungen zum Teil in Zusammenarbeit mit Professor Derkosc h von der Universität Wien und Professor Kratky von der Universität Graz durchgeführt.

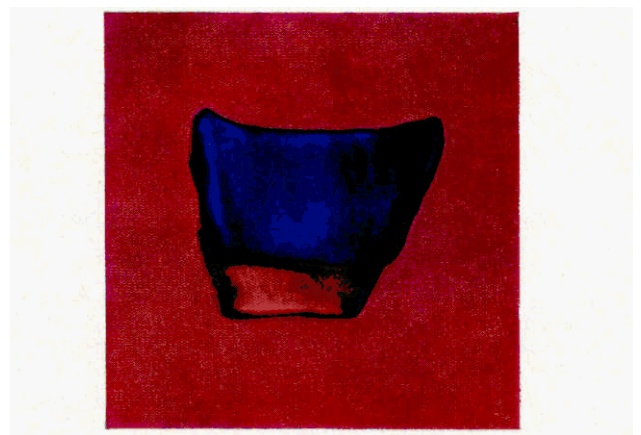


Abb. 17: Bikomponentenstruktur der Lenzinger Spaltfaser Durchlicht = Helifeid, Vergrößerung 250 : 1, A = 0,86. gekreuzte Polarisationsfilter. Gips = Rotl. Ordnung

Auf Grund von Streulichtuntersuchungen an Folien, die in gleicher Weise wie beim Spaltvorgang behandelt worden waren, konnte festgestellt werden, daß die eine Seite der Folie eine eindeutige Längsorientierung des Streulichtes aufweist, während die andere Seite keinerlei derartige Orientierung zeigt.

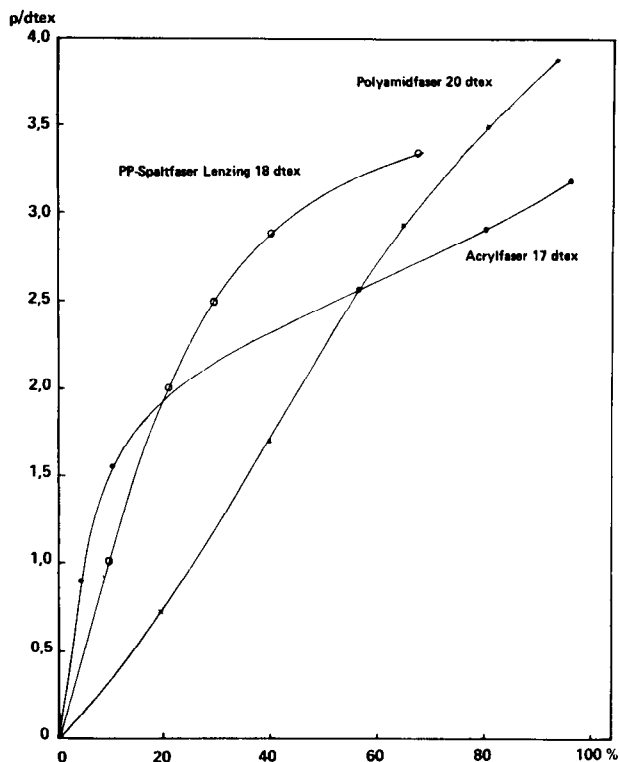
In Abbildung 18 wird das Kraft-Dehnungsverhalten der Spaltfasern gezeigt und mit Polyamid- und Polyacrylnitrilfasern ähnlichen Titers verglichen. Die Reißfestigkeit liegt zwischen jener der Polyamid- und der Polyacrylnitrilfaser. Die Bruchdehnung ist höher als die von Splitterfasern, der Modul ist höher als der von Polyamidfasern.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß unsere Untersuchungen eine Erklärung für die Besonderheiten des Lenzinger Spaltverfahrens gegeben und zur Optimierung der Eigenschaften der Spaltfaser beigetragen haben.

ZUKUNFTSAUSSICHTEN

Eine kritische Betrachtung der Zukunftsaussichten von Verfahren zur Herstellung von Fäden und Fasern aus Folien kommt zu folgenden Ergebnissen:

1. Flachfäden aus Folien haben sich bereits einen erheblichen Marktanteil erobert, und dieser Anteil wird weiter steigen.
2. Für textile Zwecke, besonders auf dem Teppichsektor, liegen bei Splitter- und Spaltfasern aus Folien vielversprechende Ansätze vor.
3. Ein wesentlicher Vorteil bei der Erzeugung von Fäden und Fasern aus Folie liegt in den geringeren Investitionskosten



14) Plastizisers Ltd.: BP 1,037.741; ÖP 257.029

15) Gouw und W. H. Skoroszewski: "Film production techniques and stretching conditions and their influence on fibre qualities"; 1. Conference, Textiles from Film, Manchester 4, 5 April 1968

Abb. 18: Kraft-Dehnungsverhalten texturierter Spaltfasern (nach Entkräuselung)

für die Anlagen. Es fällt vor allem die Vielzahl der Spinnpumpen, der Einzeldüsen, der Spinnschächte, der Führungsorgane und der Zwischenaufspulorgane bei der Endlosgarnerzeugung weitgehend weg.

- Die „Spinnengeschwindigkeit“ ist durch die Folienherstellung bedingt und damit geringer als beim Spinnen von Fasern aus Düsen. Diesem Nachteil steht jedoch der Vorteil gegenüber, daß die Produktion in einem Arbeitsgang vom Granulat bis zum fertigen texturierten Garn erfolgt.

Entscheidend für die gegenseitige Konkurrenzsituation werden auch die zukünftigen Neuentwicklungen auf dem Gebiet der konventionellen Fasererzeugung, wie z. B. das Spinnstrecken und Spinntexturieren, sein.

Literatur:

- H. Peuker: „Fäden aus Folie“; Textilindustrie 70 (Nov. 1968) 774-781; (Dez. 1968) 867-874; 71 (Jan. 1969) 10-20; (Febr. 1969) 82-88
- Heinrich Jacqué: USP 2,185.789; DP 667.234; BP 479.202
- Smith et al.: USP 2,707.805
Costa et al.: USP 2,853.741 und 2,980.982; FP 1,136.103 (Dow Chemical)
- O. B. Rasmussen: USP 2,954.587; 2,948.927; 3,235.644 und 3,296.351; DP 1,237.058; SZP 380.289; ÖP 251.751; Belg. P. 637.119
- P. C. Condit und G. B. Johnson (Chevron Research Co.): „Film Fibrillation Spurts“; Modern Textiles Magazine 1969 (August) 23, 48-55
- G. B. Johnson und J. L. Darragh; Modern Textiles Magazine (Sept. 1968) 1-4
- W. N. Broatch: "Polypropylene for stretched tape applications"; 1. Conference, Textiles from Film, Manchester 4, 5 April 1968
- O. B. Rasmussen: USP 2,948.927; 2,954.587; 3,235.644
- Courtaulds Ltd.: DP 1,435.407; BP 1,035.657
- Vgl. Beschreibung des Barfilex-Verfahrens, gegeben durch H. Peuker; Textilindustrie 71 (Jan. 1969) 17/18; BP 1,176.357
- Smith & Nephew Research Ltd.: BP 914.489
- Vgl. H. Peuker; Textilindustrie 71 (Jan. 1969) 18
- Chevron Research Company: BP 1,128.274; FP 1,518.108

Diskussion

Renner: Hat man schon versucht, mit Hilfe von Laserstrahlen, die in Abständen von einem Faserdurchmesser oder von einer Bändchenbreite angeordnet sind, Folien zu Fasern respektive zu Bändchen zu schneiden?

Harms: Ja, wir haben im Labormaßstab schon derartige Versuche gemacht. Dies ist ein sehr interessanter Weg.

Wallner: Welche Festigkeit in Reißlänge ist für Schnüre, zum Beispiel Erntebindegarne, angemessen?

Harms: Die gesplitterten und gespaltenen Foliengarne haben eine Festigkeit zwischen 3 und 5 p/tex. Dies hängt natürlich davon ab, wie weit Sie verstrecken und wie stark Sie das Garn machen wollen. Die rein mechanisch aufgesplitterten Fasern müssen sehr hoch verstreckt werden, wobei diese eine hohe Festigkeit und niedrige Dehnung erhalten. Das letztgenannte Verfahren ist ziemlich kontrollierbar, und Sie können die Festigkeit und die Dehnung in einem ziemlich weiten Bereich variieren.

Wallner: Hat sich die Festigkeitsausnützung von 95 bis 105% auf unverdrehte fibrillierte Garne bezogen?

Harms: Nein, das waren gedrehte Garne.

Wallner: Man kann auch durch Verdrehen eine Fibrillation zustande bringen, bei 1000 Touren. Sind dabei nicht größere Festigkeitseinbußen zu erwarten?

Harms: Ich erwähnte diesen Prozeß als eine Möglichkeit, eine Aufspaltung zu bewirken – es ist nicht die beste und nicht die zweckmäßigste. Wenn man überdreht, wird man Festigkeitseinbußen zu erwarten haben – wie überall in der Textilindustrie.

Szabolcs: Ist es möglich, aus den Spaltfasern ein Grundgewebe für Nadelfilze herzustellen, und welche Vorteile hätten diese in bezug auf Dimensionsstabilität?

Harms: Bändchengewebe werden ja als Grundgewebe für Teppiche vielseitig verwendet. Man kann natürlich ebenso aus den aufgesplitterten Bändchen Grundgewebe für Nadelfilze machen. Die Dimensionsstabilität ist hauptsächlich vom Material abhängig.

Hofinger: Herr Dr. Harms, haben Sie festgestellt, ob bei einer thermischen Nachbehandlung oder bei einer Weiterverarbeitung der Spaltfasern die strukturellen Unterschiede, die den bikomponenten Charakter bedingen, wieder ausgeglichen werden?

Harms: Nein, das haben wir nicht bemerkt.

Anonym: Herr Dr. Harms, Sie werden bei der Herstellung der Folie ja sicher auch mit der Gleichmäßigkeit der Foliendicke und damit mit einer gleichmäßigen Färbung der Folie zu kämpfen gehabt haben. Haben Sie das Streifenproblem bei Fertigwaren aus den bikomponenten texturierten Endlos Garnen, das auf unterschiedliche Foliendicke und damit unterschiedliche Anfärbung zurückgeht, gelöst?

Harms: Sie haben ein sehr wichtiges Gebiet angesprochen. Wir haben mit Schwierigkeiten gekämpft, glauben aber, das Problem gelöst zu haben. Wir färben Polypropylen in der Masse. Die Streifenbildung ist allerdings nicht allein eine Frage des Anfärbens, sondern ebenso der gleichmäßigen Kräuselung. Das darf man nicht vergessen.

Sattler: Herr Dr. Harms, haben Sie auch versucht, aus anderen Rohstoffen, zum Beispiel aus Polyamiden oder aus Polyester, solche Spaltfasern herzustellen? Welche Feinheiten haben Sie bis jetzt mit Ihrem Verfahren erreicht?

Harms: Eine Spule von Polyamidgarn steht dort drüben auf dem Tisch. Polyester haben wir auch schon verarbeitet. Die meisten dieser Garne hier haben Feinheiten von 15 bis 20 den, man kommt aber auch noch wesentlich weiter herunter. Wir haben uns zunächst einmal auf einen Titer beschränkt und optimieren nun die übrigen Eigenschaften.

Hennige: Wo glauben Sie, daß der Kostenschnittpunkt zwischen dem normalen Spinnverfahren und dem Split-fiber-Verfahren liegt, wenn Sie an den Titer denken? Es gibt Leute, die sagen, dieser Schnittpunkt liegt bei 6 den, wieder andere sagen, der liegt bei 15 den.

Harms: Da bin ich derzeit noch überfragt. Wir haben uns natürlich darüber auch Gedanken gemacht, doch möchte ich dazu heute noch keine endgültige Äußerung machen. Man darf natürlich auch nicht vergessen, daß man bei diesem Verfahren die Texturierung, die Kräuselung sozusagen, umsonst in ein und demselben Arbeitsgang miterhält. Das ist natürlich auch ein entscheidender Faktor.

Herzog: Ich glaube, bei diesen Berechnungen darf man nicht alle Verfahren gleichsetzen. Ich kann ein Splitfaserverfahren genauso wenig mit einem Spaltfaserverfahren vergleichen, wie ich ein Verfahren, wo vorher verstreckt wird, mit einem solchen, wo nachher verstreckt wird, vergleichen kann. Es wäre gefährlich, wollte man hier mit der Kostenschere einen Punkt für sämtliche Verfahren festlegen. Es ist also für jedes Verfahren anders. Auch ist leicht einzusehen, daß bei einem Spaltverfahren feinere Titer viel leichter zu erreichen sein werden, als dies bei jedem anderen Verfahren zu erzielen ist.

Sautter: Herr Dr. Harms, da Sie ja vor allem Teppichgarne herstellen wollen, würde mich interessieren, wie Sie das Erholungsvermögen der daraus hergestellten Teppiche beurteilen. Ich denke hier insbesondere an die Wirkung des ausgeprägten rechteckigen Querschnitts der Fasern. Ist die erwähnte latente Kräuselung, die Ihre Fasern besitzen, genau definiert, und läßt sich diese genau kontrollieren? Wie ist die Gebrauchstüchtigkeit in bezug auf das Nachspießen, wenn die Teppiche begangen werden?

Harms: Frage 1 wird am besten Herr Professor Herzog beantworten können, der die entsprechenden Untersuchungen zu diesem Problem durchgeführt hat. Für die Bestimmung der Kräuselung gibt es ja verschiedene Methoden. Wir kontrollieren selbstverständlich die Kräuselung laufend und haben sie auch in der Hand. Bei unserem Verfahren, wo wir nicht hochverstrecken müssen, ist die Gefahr des Nachspießens kaum vorhanden. Splitterfasern, deren Foliendickungen hochverstreckt werden, spießen häufig weiter nach.

Herzog: Bei der Erholung von statischem und dynamischem Druck spielt der Faserquerschnitt eine geringe Rolle, sondern hauptsächlich das Material. Bei Spalt- und Splitfasergarnen ist im wesentlichen die Erholungsfähigkeit nicht anders als bei düsengesponnenen Polypropylen-garnen. Vielleicht mag der Einfluß der Dehnungsvariation bei Spaltfasern gegeben sein. Polypropylenteppiche werden hauptsächlich in Objektqualitäten hergestellt, das heißt mit niedrigem, dichten Flor, so daß das geringe Erholungsvermögen nicht so sehr ins Gewicht fällt.

Mikula: Herr Dr. Harms, besteht ein wesentlicher Unterschied im Heißschrumpverhalten der Polypropylenfaser nach dem Lenzinger Spaltfaser- verfahren und den düsengesponnenen Polypropylenfasern?

Harms: Der Heißschrumpf ist von der Fixierung abhängig. Wenn man beide gleich gut fixiert, dann ist kein Unterschied vorhanden.

Jaschke: Läßt sich ein prinzipieller Unterschied in den Anwendungs- gebieten zwischen den düsengesponnenen Polypropylen-garnen, also mit rundem Querschnitt, und solchen mit rechteckigem Querschnitt fest- stellen?

Harms: Die Einsatzgebiete der Fasern sind hauptsächlich vom Titer abhängig und haben eigentlich mit dem Querschnitt nicht sehr viel zu tun. Bei gleichem Titer ist in der Anwendung zwischen den Spaltfasern und den düsengesponnenen kaum ein Unterschied. Im Preis dürften sie verschieden sein, darüber haben wir ja schon diskutiert.

Jaschke: Sie nannten bei Bändchengarnen die Möglichkeit einer mono- axialen und einer biaxialen Verstreckung. Läßt sich ein Unterschied in den Grundgeweben für die Teppichindustrie, die aus monoaxial oder biaxial gereckten Bändchen hergestellt wurden, oder in anderen An- wendungsgebieten feststellen?

Harms: Von biaxial gestreckten Bändchen habe ich nicht gesprochen. Alle Bändchen sind monoaxial gestreckt.

Jaschke: Und von der Folie ausgehend?

Harms: Auch die Folien sind monoaxial gereckt. Ich habe nur erwähnt, daß bei der Blaseextrudierung und bei der Verstreckung ohne Breiten- einsprünge eine kleine Querkomponente vorhanden ist. Die Unterschiede, die dadurch entstehen, liegen in der Splitterneigung.

Berger: Sie erwähnten den Begriff „Schwachstellen“. Im Zusammen- hang mit der Phasenmorphologie wäre es doch theoretisch denkbar, daß bei Schmelzdispersionen am Phasenumkehrpunkt die größte Fibrillie- rungstendenz besteht. Haben Sie in dieser Hinsicht Untersuchungen durchgeführt, und haben Sie diesen Phasenumkehrpunkt ermittelt?

Harms: Es liegen von unserer Seite dazu keine Untersuchungen vor, doch wäre dies sicher eine interessante Aufgabe. Wir haben kaum ver- sucht, eine Aufspaltung durch Zusätze zu erreichen, da unser Verfahren eine andere Richtung geht.

Schlack: Ich habe keine Frage, sondern möchte nur eine Bemerkung machen, da Sie die Versuche von Herrn Jacqué zitierten. Die Erfahrun- gen von Jacqué wurden während des Krieges von Rein an PAN-Folien ausgenutzt. In einer Pilotanlage wurden damals aus PAN-Folie durch Nitscheln Erntebindegarne gemacht.

Harms: Sehr interessant, Herr Professor Schlack, wir haben auch – ich habe das vorhin nicht erwähnt – PAN-Folien in einem erheblichen Ausmaß gespalten. Das geht sehr gut und hat eigentlich schöne Ergeb- nisse gebracht.

Brychta: Welche Geschwindigkeiten könnten Sie bei der Herstellung von Polyamidteppichgarnen erzielen, und wieviele Bändchen schneiden Sie?

Harms: Die Geschwindigkeit liegt etwa bei 200 m/min, wir rechnen aber schon, daß wir auf etwa 300 oder darüber hinaus kommen werden. An der Anlage, die ich vorhin gezeigt habe, schneiden wir 50 Bänd- chen.

Köb: Ich möchte nun abschließend für die interessante Diskussion danken und Sie bitten, die hier vorliegenden Muster zu besichtigen.

Technische Großhandlung
und Gummihaus

**Konrad
Rosenbauer KG.**

LINZ/DONAU
SPITTELWIESE 11

Ein neues Garnkonzept – Acrylfasern in Weberei und Strickerei

Dr. Georges Pamm, Dr. O. Heuberger, Dr. S. M. Ibrahim und F. C. Field jr.

E. I. du Pont de Nemours & Co., Genf, Schweiz

Gebündelte Garne sind eine neue Art der Faservereinigung. Sie besitzt eine Seele aus Fasern, die als kompaktes Bündel von einigen Fasern durch Oberflächenumschlingung zusammengehalten wird.

Im Gegensatz zum konventionellen Spinnen mit Spindeln, das durch die Geschwindigkeit des Läufers begrenzt ist, und dem Open-End-Spinning, das die Rotation eines schweren Rotors benötigt, läßt man bei der Herstellung von gebündeltem Garn nur das Garn rotieren. Das Verfahren ermöglicht deshalb erheblich höhere Geschwindigkeiten als kommerzielle Spinnverfahren, und da es mit konstanter linearer Geschwindigkeit läuft, ist es besonders zur Herstellung von Garnen mit feinem Titer geeignet.

Die einmalige Struktur von Rotofil®-Garnen, wie wir diese gebündelten Garne genannt haben, ergibt ungewöhnlichen Griff und Glanz mit einem hohen Grad an Deckkraft und ausgezeichnetem Gebrauchswert in klassischen gewebten oder gewirkten Waren. Das Garn ist sehr gleichmäßig, besitzt eine hervorragende Stärke und läßt sich nach allgemein bekannten Verarbeitungsmethoden mit einem Produktionsausstoß, der mit konventionell gesponnenen Garnen bis jetzt nicht erreichbar war, in ein Sortiment gewebter, rundgestrickter oder ketten-gewirkter Ware, das sich von den gängigen Produkten unterscheidet, überführen.

Die Möglichkeit, verschiedene Fasern und Fasergemische zu verwenden, bietet eine große Vielseitigkeit, neue, gewünschte Anwendungsgebiete zu erschließen, wie beispielsweise die Herstellung eines feinen Crêpe-Tuches ohne hohe Drehung zeigt.

Bundled yarns represent a new way of fiber consolidation. They are comprised of a core of fibers which, in the form of a compact bundle, are held together by wrapping some other fibers around that core.

In contrast to conventional spinning with spindles, a process which is limited by traveler-speeds, and to open-end spinning which depends on the use of a heavy rotor, only the yarn is allowed to rotate in the manufacture of bundled yarns. The process thus permits considerably higher speeds than do commercial spinning methods, and is excellently suited for use in spinning fine-count yarns in that it proceeds at constant linear speed.

The unique structure of Rotofil® yarns, which is the name assigned to these bundled products, makes for unusual handle and gloss, high degree of cover, and excellent wear in classic woven and knit goods. The yarns are highly uniform, have outstanding strength, and can be processed by universally known methods, with an output which has never been reached with conventional spun yarns, to obtain an assortment of woven, circular-knitted, or warp-knitted goods which differ from traditional products.

The feasibility of using different types of fibers and blends makes for great versatility in opening-up new and desirable fields of application, as exemplified by the production of fine crêpe fabrics in the absence of high twist.

I. EINFÜHRUNG

Mein Vortrag über die Technologie von gebündelten Garnen behandelt eine neue und einmalige Art von Faserverbänden. Schon in frühester belegter Geschichte über Textilmaterial erhielten gesponnene Stapelfasergarne ihre Stärke und andere physikalische Eigenschaften, die für ein brauchbares textiles Stoffverhalten nötig sind, aus dem Zwirn. In alten Zeiten wie auch heute noch in einigen Teilen der Welt wurde dies durch das Rotieren eines Garnkörpers relativ zu einem feststehenden Liefersystem erreicht, wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Diese Frau füttert gerade ein schon geformtes Garn mit einem Faserband. Sie läßt den Garnkörper rotieren, um ihm einen Zwirn zu geben, ohne jedoch das Garn aufzuwickeln. Erst wenn genügend Zwirn vorhanden ist, wickelt sie das Garn auf die Spule.

Das Spinnrad und das mechanische System, das während der industriellen Revolution entwickelt wurde, erhöhten Produktivität und Garnqualität, hielten aber an denselben Grundprinzipien, wie sie die Frau auf Bild 1 verwendet, fest. Die meisten modernen Maschinen vereinigen jedoch die zwei Rotationsschritte für das Zwirnen und für das Aufwickeln zu einem einzigen Schritt. In den letzten vierzig bis fünfzig Jahren wurde das Ringspinnen das dominierende Spinnsystem, und beträchtliche Fortschritte wurden hinsichtlich einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit sowie der Qualitätskontrolle erreicht, beispielsweise durch automatisches Abnehmen der Spulen sowie durch hohe Verstreckung. Die Notwendigkeit jedoch, die Spule eine ganze Umdrehung ausführen zu lassen, um eine ganze Zwiirndrehung im Garn zu erzielen, stellt aber für die wirtschaftliche Produktivitätssteigerung eine Begrenzung dar.



Abb. 1: Einfache Methode der Garnherstellung (rechts oben das Rohmaterial, das die Frau zu einem Faden dreht, der danach auf einer Spindel aufgespult wird)

Ein einfaches Beispiel soll einmal die Ursache für die Begrenzung eines Prozesses, der Zwirnen und Aufwickeln in einem Arbeitsgang vereinigt, wie dies beim konventionellen Ringspinnen der Fall ist, veranschaulichen.

Ein Garn, das mit 20 tpi (= Umdrehungen pro Zoll) auf eine Spule mit 5 Zoll Umfang aufgewickelt wird, rückt bloß um ein Zwanzigstel eines Zolles pro Rotation der Spule vor, wobei nur 1% der Aufwickelkapazität des Systems ausgenutzt werden kann. Wie sehr sich die Größe dieser Einschränkung auswirkt, wurde von Catling¹ drastisch gezeigt, als er berechnete, daß es ungefähr 32 Millionen Spindelumdrehungen bedarf, um das Garn für ein einziges Popelinhemd herzustellen. Obwohl die Japaner² kürzlich berichteten, daß sie ein Verfahren mit einer Spindelgeschwindigkeit von 20 000 UpM entwickelt hätten, so arbeiten doch die meisten der derzeit gebräuchlichsten Maschinen mit Geschwindigkeiten von weniger als 15 000 UpM.

Das Open-End-Spinnverfahren überwindet die Barriere, die von der Drehung der Spule herrührt, aber selbst das fortgeschrittendste kommerzielle System benötigt das Drehen eines schweren Rotors, der für die Geschwindigkeit immer wieder eine ökonomische und technische Begrenzung darstellt. Die Höchstgeschwindigkeit von zur Zeit bekannten Maschinen liegt bei 50 000 UpM³; Open-End-Spinnmaschinen sind daher für gröbere Garne wirtschaftlicher⁴.

Das Self-Twist-Spinnverfahren überwindet diese Geschwindigkeitsbeschränkung, da das Faserband bloß an einer Stelle rotiert; doch kann dieses System nur für dublierte Garne eingesetzt werden und erfordert noch einen zusätzlichen Arbeitsgang auf einer konventionellen Ringspinnmaschine, um einen echten Zwirn dem wechselnden Self-Twist zu überlagern. Außerdem beschränkt die wechselnde Garmdrehung im Endprodukt dessen Einsatz nur auf ganz bestimmte Verwendungszwecke wie beispielsweise auf Strickwaren⁵.

Gebündelte Garne besitzen dagegen eine ganz neuartige Struktur⁶ und überwinden alle diese Beschränkungen. Der Ausdruck „gebündelt“ stammt vom lateinischen „fascis“ (Abb. 2), was soviel wie ein „Bündel von Stäben, die mit

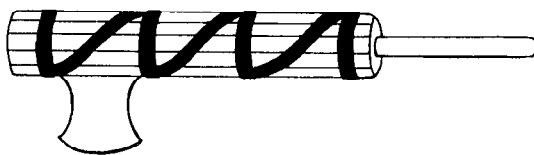


Abb. 2: „FASCES“ = Liktorenbündel (römisches Symbol der Macht)

einem Band umwickelt sind“, bedeutet und bei den Römern als ein Symbol von Autorität galt. Ähnlich diesem Symbol besteht das neue, einzigartige gebündelte Garn, für das wir den Gattungsnamen „Rotofil“ prägten und das schematisch in Abbildung 3 gezeigt wird, aus einem Kern von parallelen Stapelfasern, die von einem kleineren Teil von Fasern, die aber auch aus dem Gesamtfaserverband stammen, umwickelt werden.

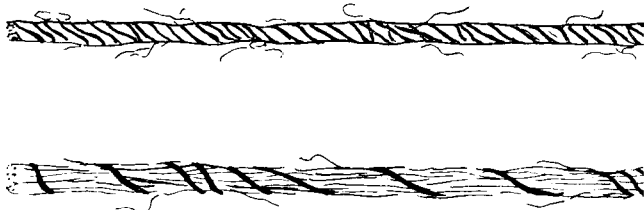


Abb. 3: Schema von gesponnenem (oben) und von gebündeltem Garn (unten)

Diese Struktur weicht von der konventionell gesponnenen Garne, in welcher alle Fasern zu einem bestimmten Prozentsatz an der schraubenförmigen Verzwirnung beteiligt sind, völlig ab. Abbildung 4 zeigt einen Vergleich von gebündelten, mit konventionell gesponnenen Garnen und mit Endlosfasergarnen mittels Stereoscanphotographie.

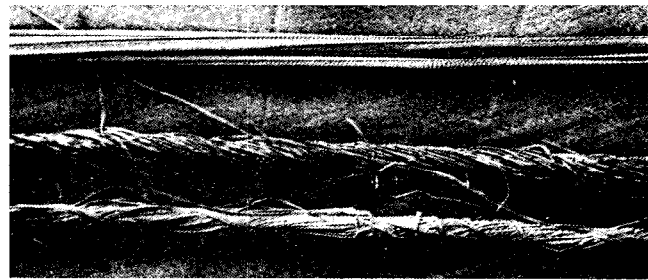


Abb. 4: Stereoscanaufnahme zum Vergleich von Endlosfasern (oben), gesponnenen Fasern (in der Mitte), gebündelten Fasern (unten)

Es ist bemerkenswert, daß die gebündelten Garne zu einem großen Teil aus parallelen ungezwirnten Fasern bestehen, die den Endlosfasergarnen ähneln, und aus einem kleinen Teil von Fasern, die den Kern umschlingen und der den gesponnenen Garnen gleicht. Der Helixwinkel der den Kern umwickelnden Fasern schwankt im Bereich von 10 bis 80° erheblich, während er bei konventionell gesponnenen Garnen zwischen 15 und 25° liegt.

II. VERFAHRENSTECHNOLOGIE

Das Herstellungsverfahren für gebündelte Garne nützt prinzipiell die hohe Geschwindigkeit des Falschzwirnverfahrens aus, um dem Faserbündel einen echten Zwirn zu geben. Der Prozeß umfaßt das Strecken des Faserbandes; abschließend werden die Fasern durch Saugdüsen einer Zwirndüse zugeführt und durch Wirkung eines Gasstroms zu einem gebündelten Garn verfestigt. Die verstreckten Fasern werden als flaches bandartiges Bündel der Saugdüse zugeführt und gelangen zur Zwirndüse, die einen echten Zwirn einführt und die Oberfläche umwickelt – ein Phänomen, das wir als „Twist Transference“ bezeichnen. Dieses Phänomen kann mit Hilfe von Abbildung 5 erklärt werden.

Die Zwirndüse bewirkt einen Falschzwirn, da die aufgebrachte Drehung in der einen Richtung vor der Zwirndüse gleich ist der Rotation nach der Düse in der entgegengesetzten Richtung. Da die Fasern in bandartiger paralleler Form – wie in Abbildung 5 gezeigt wird – zur Düse gebracht werden und diskontinuierlich sind, werden etliche Fasern, vor allem die an den Kanten des Bandes liegenden, nicht von der vollen Zwirneingebung, die die nach unten arbeitende Zwirndüse dem Hauptkörper der Faser verleiht, erfaßt. Es erhalten daher diese diskontinuierlichen Oberflächenfasern weniger Zwirn als die im Hauptbündel.

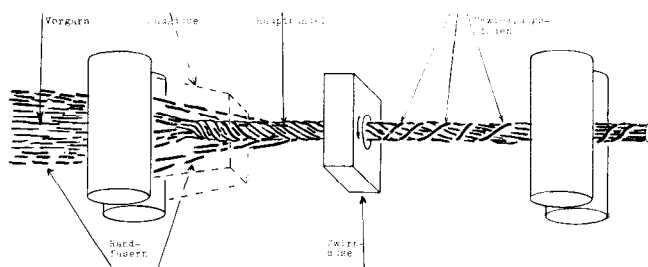


Abb. 5: Schematische Darstellung der Zwirneingebung

Sobald sich nun die Fasern des Hauptbündels in der für das Falschzwirnen charakteristischen Art nach unten entzwirnen, werden die weniger gezwirnten Oberflächenfasern zu einem größeren Prozentsatz entzwirnt, als der ursprüngliche Drall war, und sie erhalten dadurch einen echten Zwirn in Gegenrichtung zum Aufzwirn. Das Ausmaß dieses echten Nettozwirns ist von der Anzahl der freiliegenden Kantenfasern vor dem Zusammenbringen mit dem Hauptfaserbündel in Aufwärtsrichtung zur Zwirndüse abhängig.

Eine außergewöhnliche Eigenheit dieses Verfahrens besteht in der Möglichkeit, damit hohe Produktivitäten zu erzielen. Die ihm inhärente hohe Kapazität, einen Zwirn bereits durch die

Falschzwindüse zu erhalten, macht es geeignet, bei hoher Umdrehungsgeschwindigkeit sehr feine Garne herzustellen. Im Gegensatz dazu erfordert der hohe Zwirn, der nötig ist, um feintättrige Garne zu erzeugen, auf konventionellen Ringspinnmaschinen eine Geschwindigkeitsverringerung der Vorderrolle, was dann natürlich auch eine Produktivitätsverminderung zur Folge hat.

Dieser neue Prozeß, gebündelte Garnstrukturen herzustellen, ist im Prinzip zuverlässig und einfach; die praktische Ausführung jedoch verlangt eine neue, ausgefeilte Technologie. Die Faserversteckanlage muß das erforderliche bandartige Faserbündel paralleler Fasern liefern. Saug- und Zwindüse müssen so konstruiert sein, daß sie den gewünschten Grad an Oberflächenumwicklung um das Bündel paralleler Fasern bewirken und aufrecht erhalten. Durch den Einsatz von speziell in unserem Werk entwickelten Maschinen konnten wir das beschriebene gebündelte Garn auf diese Weise bereits herstellen. Hinsichtlich der Kosten dieser speziellen Maschinen muß erst noch die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens geprüft werden.

111. PRODUKTEIGENSCHAFTEN

a) Garn

Die einzigartige Struktur des gebündelten Garns liefert Produkte (Garne und Stoffe) mit ungewöhnlichen Eigenschaften. Die Vorherrschaft von ungezwirnten, relativ langen parallelen Fasern, die durchschnittlich 5 bis 6 Zoll lang sind, verleihen dem gebündelten Garn Charakteristika, die jenen von Endlosgarn nahekommen, während die Faserenden und die Fasern an der Oberfläche dem Garn auch noch die Eigenschaften eines gesponnenen Stapelfasergarns verleihen. Diese beiden auffallenden Kennzeichen beeinflussen die sichtbaren wie die fühlbaren, ja selbst die physikalischen Grundeigenschaften des gebündelten Garns und geben auch den Stoffen daraus ungewöhnliche Merkmale.

Optisch sind gebündelte Garne sauberer, weniger flusig und glänzender als konventionell gesponnene Stapelfasergarne. Das saubere Aussehen kommt von der höheren durchschnittlichen Faserlänge, wodurch auch viel weniger Faserenden aus dem Garn herausragen.

Der höhere Glanz geht auf die freiliegende Kernstruktur der parallelen Fasern zurück, die eine höhere Lichtreflexion als bei konventionell gezwirnten Garnstrukturen bewirkt. Der Griff von Stoffen aus diesen Garnen ist von dem aus gesponnenen oder Endlosgarnen verschieden und spiegelt die unterschiedliche Garnstruktur wieder.

Tabelle 1 gibt einen Vergleich ausgewählter physikalischer Eigenschaften von gebündelten Garnen mit jenen von gesponnenen Stapelfasergarnen, beide aus denselben Orlon®-Acrylfasern hergestellt.

Tabelle 1: Eigenschaften von gebündelten und von gesponnenen Garnen (aus 100% Orlon®)

	gebündelt	gesponnen
Titer (den)	90	90
Zwirn (Drehungen per Zoll)	0	30
Durchmesser (mils)	5.5	3.5
Stärke Lea-Produkt	3500	1700
Einzelfäden (gm)	230	155
Dehnung (in %)	14.5	17.9
Gleichmäßigkeit (in % C. V.)	166	21
Schrumpfung (in %)	40	4.3

Ein weiterer großer Unterschied ist, daß die gebündelten Garne einen größeren Durchmesser aufweisen als gesponnene Garne. Der größere mittlere Durchmesser der gebündelten Strukturen ist insbesondere auf die geringere Packung zurückzuführen. Wie noch später gezeigt werden wird, gibt diese geringere Packung in Stoffen eine bedeutend höhere Deckkraft.

Noch ein bedeutender Aspekt der gebündelten Garne ist, daß sie bedeutend starker sind als ihre nach dem Cottonsystem

gesponnenen Parmer. Die höhere Festigkeit stammt aus der größeren durchschnittlichen Länge sowie aus der parallelen Lage der Fasern. Ferner übt die Umwicklung der Oberfläche auf den Faserkern einen seitlichen Druck aus und bewirkt dadurch die gewünschte Reibungskraft zwischen den parallelen Fasern im Bündel.

Die höhere Garnstärke sollte unseren Erwartungen nach bei der textilen Verarbeitung einen höheren Wirkungsgrad erzielen, als er bei gesponnenen Garnen erhalten wird. Das Dehnungsvermögen des Garns ist allerdings etwas geringer und zeigt den vernachlässigbaren Zwirn im Kernbündel. Aus demselben Grund ist auch die Lebendigkeit des Zwirns sehr gering, und das Garn benötigt keine Fixierung mehr, wenn es als Einzelgarn gebraucht wird.

Die Gleichmäßigkeit der gebündelten Garne, gemessen mit einem Kapazitätsmeßgerät, beispielsweise von Uster, ist größer als die gesponnenen Stapelfasergarne. Diese größere Gleichmäßigkeit ist primär auf das gleichförmigere Vorgarn zurückzuführen, das durch die höhere Faserlänge und durch die bessere Faserlängenverteilung zustande kommt. Gebündelte Garnstrukturen können aus einer großen Anzahl von Fasern hergestellt werden. Die beste Erfahrung haben wir bis heute jedoch mit 70-Denier- (80/l c. c.) und 90-Denier- (60/l c. c.) Garnen aus 100% Orlon®-Acrylfasern gemacht. Wir haben aber auch Mischungen von Acryl- mit Polyesterfasern sowie Garne aus 100% Polyesterfasern geprüft. um Wege zu verschiedenen Garnen und Stoffen zu finden.

b) Stoffe

Die einzigartige Struktur von gebündelten Garnen bietet die Möglichkeit, ungewöhnliche Eigenschaften in klassische gewebte oder gestrickte Stoffe einzubringen. Eines der wohl bedeutendsten Merkmale dieser gebündelten Garne - abgesehen von den sehr feinen Titern - ist ihre Fähigkeit, in Stoffen eine sehr hohe Deckkraft zu erreichen. Diese hohe Deckkraft ergibt sich aus dem Abflachen der parallelen Faserbündel im Stoff, wodurch sich die Zwischenräume darin fest zusammenschließen, so wie das in Abbildung 6 gezeigt wird. Diese Stereoscanaufnahme zeigt, daß in Stoffen mit vergleichbarem Gewicht die Deckkraft von gebündelten Dacron®/Orlongarnen wesentlich größer ist als die von gesponnenen Polyester/Baumwollgarnen. Das Bild zeigt, daß die Strukturen des gebündelten Garns im Stoff flach sind, so daß dieses dadurch einen weitaus größeren Durchmesser aufweist.

Andererseits kann die hohe Deckkraft durch einen Vergleich von gewebten Stoffen, hergestellt aus gesponnenen bzw. aus gebündelten Orlon®-Garnen, im durchgehenden Licht gezeigt werden. Beide Stoffe werden aus denselben Orlon®-Fasern und mit gleichem Garntiter hergestellt. Dabei ist zu bemerken, daß die Stoffe aus gebündelten Garnen trotz des geringeren Gewichts eine höhere Deckkraft aufweisen als die aus gesponnenem Stapelfasergarn.

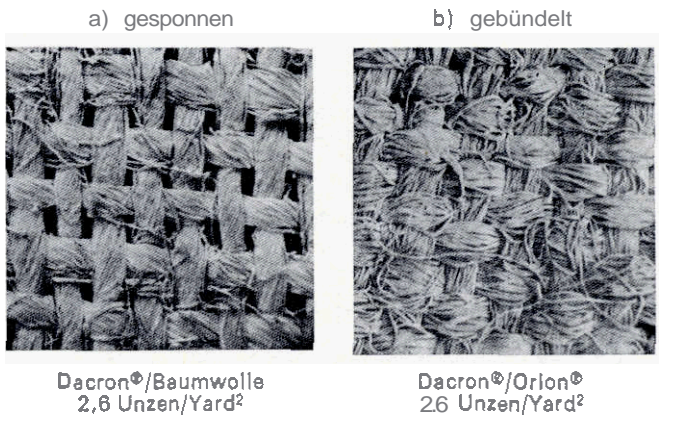


Abb. 6: Deckvermögen gewebter Stoffe aus gesponnenem bzw. aus gebündeltem Garn

Eine andere wichtige charakteristische Eigenschaft der gebündelten Garne ist, daß sie auch eine höhere Biegesteifigkeit als die gesponnenen Garne aufweisen. Eine Erklärung für die hohe Biegesteifigkeit wurde von Backer⁷ gegeben. er zeigte, daß sich die Faserkomponenten während des Biegens der Garnstruktur relativ zueinander bewegen. Das Aus-

maß der relativen Bewegung ist vom Grad des Zwirns abhängig: Je stärker der Zwirn, desto geringer ist die relative Bewegungsfreiheit der Fasern.

Tabelle 2: Stoffe aus gebündelten und aus gesponnenen Garnen (100% Orlon®)

	gebündelt	gesponnen
Titer (den)	90	90
Einstellung (Kette – Schuß)	130x75	130x76
Gewicht (Unzen/Yard ²)	24	24
Dicke (mils)	12	7
Bausch (cm ³ /gm)	40	20
Berührungsfläche (in %)	81	74
Lichtdurchlässigkeit (in %)	1.5	24
Luftdurchlässigkeit (cu. ft./min/ft. ²)	36	46
Reißfestigkeit (in Pfund)	Kette	65
	Schuß	52
		72
		50

Wenn der seitliche Druck durch das Verflechten zwischen den Fasern bei gewebten Stoffen gleich ist, dann wird die geringere relative Faserbewegung – durch den Zwirn verursacht – einen geringeren Reibungsverlust hervorrufen und daher eine größere scheinbare Stoffflexibilität ergeben. Die Fasern eines gebündelten Garns sind ja größtenteils parallel oder haben einen sehr geringen lokalen Zwirn; daher sollten sie eine höhere Biegesteifigkeit aufweisen, was auch tatsächlich der Fall ist.

Die Kombination von hoher Deckkraft, erhöhter Biegesteifigkeit und feinem Garniter, erreichbar durch gebündeltes Garn, bietet die Möglichkeit, sehr leichte gewebte Stoffe mit guten textilen Eigenschaften herzustellen.

Einige physikalische Eigenschaften von gewebten Stoffen, hergestellt aus gebündelten und aus Stapelfasergarnen unter Verwendung derselben Type und Garnnummer, sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Die Zahlen zeigen, daß Stoffe aus gebündeltem Garn mit gleichem Gewicht und gleicher Konstruktion höheren Bausch und höhere Deckkraft zeigen, was aus Messungen mittels verschiedener Methoden (z. B. mit Hilfe der Licht- oder der Luftdurchlässigkeit), aber auch aus der Bestimmung der Kontaktflächen bei Berührung hervorgeht. In Tabelle 3 werden die Fasereigenschaften mit den Eigenschaften von gewebten Stoffen, hergestellt aus gebündelten

Tabelle 3: Gewebte Stoffe aus gebündelten und aus gesponnenen Garnen

	gebündelt 50/50 Dacron®/ Orlon®	gesponnen 65/35 Dacron®/ üaumw.	gesponnen 100% Baumwolle
Titer	65	70	70
Einstellung (Kette – Schuß)	108x84	100x80	102x85
Gewicht (Unzen/Yard ²)	1.8	2.1	2.2
Dicke (mils)	11	6	6
Bausch (cm ³ /gm)	4,5	21	21
Berührungsfläche (in %)	80	52	55
Lichtdurchlässigkeit (in %)	3,6	12,5	9,5
Reißfestigkeit (in Pfund)	Kette	58	61
	Schuß	45	38
		50	
		41	

Orlon/Dacrongarnen, aus gesponnenen Polyester/Baumwollgarnen bzw. aus 100% Baumwolle, miteinander verglichen. Wieder ermöglicht die Struktur des gebündelten Garns das Herstellen von leichten Stoffen mit hohem Bausch, guter Deckkraft und großer Festigkeit nach den üblichen Stoffkonstruktionen.

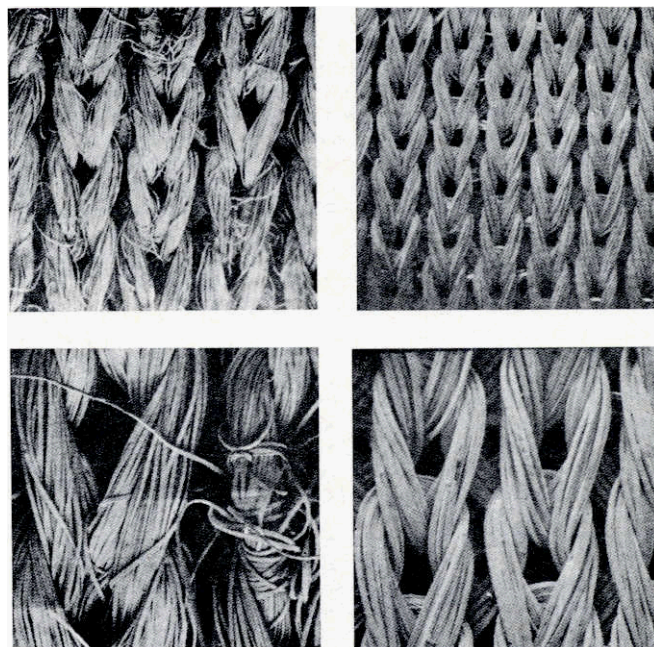
Stoffe, die gebündelte Garne enthalten, besitzen ästhetische Eigenschaften, die sich von anderen Garnarten deutlich unterscheiden. So haben Stoffe, die beispielsweise gebündelte Acrylfasergarne enthalten, einen angenehm weichen und trockenen Griff, sie kombinieren also in sich die Eigenschaften von Endlos- und Stapelfasergarnen. Diese Stoffe sind auch viel glänzender, haben ein sauberes Aussehen als solche aus gesponnenen Garnen und reflektieren damit die Eigenschaften der gebündelten Struktur. Aus der Kombination dieser physikalischen Eigenschaften mit der guten Anfärbbarkeit der Acrylfasern resultiert ein ausgezeichnetes Färbe- und Bedruckmaterial, das Stoffe mit tiefer, strahlender und samtartiger Erscheinung liefert.

Gewebte Stoffe aus gebündelten Garnen können nach ähnlichen Prozessen und Vorschriften, wie diese für gesponnene Garne gelten, veredelt werden. Typische Färbe- und Veredlungsvorschriften für Stoffe aus gebündelten Garnen werden in Tabelle 4 gezeigt.

Tabelle 4: Endausrüstung von gewebten Stoffen aus gebündeltem Garn (100% Orlon®)

1. Sengen
2. Entschlichten
3. Waschen
4. Färben im Kessel
5. Erholen lassen
6. Trocknen auf Rahmen
7. Kalandern
8. Pressen

in Kettenwirkartikeln ergeben die konventionell gesponnenen Stapelfasergarne zwar einen angenehmen Griff, hatten aber soweit noch keinen kommerziellen Erfolg, rar allem nicht in



a) aus gebündelten Orlon®-Fäden

b) aus Nylonfäden

Abb. 7: Kettwirkartikel

Trikotagen, da ihnen die Kombination von feiner Garnnummer, guter Festigkeit und großer Gleichmäßigkeit, wie sie für die feinmaschigen Trikotartikel notwendig ist, fehlt. Gebündelte Garne bieten jedoch diese wünschenswerte Kombination von Eigenschaften, so daß sie für alle Kettenwirkartikel, besonders aber für die Herstellung von feinmaschigem Trikotmaterial als sehr geeignet erscheinen.

Wie schon an gewebten Stoffen beobachtet, bewirkt die gebündelte Garnstruktur leichte Trikotstoffe mit einem Griff, ähnlich dem von gesponnenen Garnen, sauberem Aussehen und guter Deckkraft. Die Acrylfasern liefern ein ausgezeichnetes Material zum Bedrucken und zum Stückfärben. Abbildung 7 vergleicht gestrickte Stoffe aus gebündeltem Garn mit solchen aus Endlosfasergarn.

Es ist bemerkenswert, daß mit Ausnahme der Umwicklungen der Faserenden, die dem Stoff die charakteristischen Eigenschaften von gesponnenen Garnen verleihen, das Aussehen der meisten Fasern in den Strickschleifen dem von Produkten aus Endlosfasergarnen nicht unähnlich ist. Strickstoffe aus gebündeltem Garn können nach dem einfachen System, das Tabelle 5 zeigt, veredelt werden.

Tabelle 5: Endausrüstung von Trikotstoffen aus gebündeltem Garn (100% Orlon®)

Rundware		Flachware	
Endeln		Aufbäumen auf den Keitbaum unter geringer Spannung	
Waschen im Kessel		Waschen auf dem Keitbaum	
Färben im Kessel		Färben auf dem Kettbaum	
Spülen	- Weichmacher zugeben	-	Spülen
Trocknen auf Rahmen	- Erholen lassen	-	Trocknen auf Rahmen

Für Rundstrickartikel, wie beispielsweise Jersey, Doppelperse oder Socken, bieten die feintitrligen gebündelten Garne die Möglichkeit, leichte Stoffe mit guter Maschenklarheit und guten Trageeigenschaften sowie mit einem Griff, ähnlich dem von Stoffen aus gesponnenen Garnen, zu erzeugen. Gebündelte Garne können garn- oder stückgefärbt werden, und die Technologie für die Stoffherzeugung ist ganz genau dieselbe, wie sie bei konventionell gesponnenen Garnen angewandt wird.

IV. NEUESTOFFTECHNOLOGIEN

Der Aufbau der gebündelten Garne erlaubt auch die Konstruktion von Garnen mit Eigenschaften, die eine Möglichkeit bieten, neue Entwicklungen in der Stofftechnologie einzuleiten. So kann beispielsweise die Struktur dazu ausgenutzt werden, um eine ungleichmäßige Schrumpfung entlang des Garns einzubauen, die - wenn in ein gewebtes Material eingebaut - einen Kreppeffekt ganz ohne den sonst nötigen Zwirn bewirkt. Ein Weg, um ungleichmäßige Schrumpfungen zu erzielen, ist, einen geringen Prozentsatz hochschrumpfender Fasern in den Garnverband einzubauen. Die Anwesenheit dieser kleinen Komponente von hochschrumpfenden Fasern hat an sich wenig Einfluß auf die Struktur bzw. auf das Verhalten des konventionell gesponnenen Garns. Bei gebündelten Strukturen aber, die hauptsächlich aus parallelen Stapelfasern bestehen, die durch verschiedene Schraubenwicklungen räumlich angeordnet werden, führt die Anwesenheit hochschrumpfender Komponenten und deren Wechselwirkung mit der einzigartigen gebündelten Struktur zu Schrumpfunterchieden in der Garnlänge. Diese Schrumpfunterchiede, wenn in parallelen Garnen eines gewebten Stoffes vorhanden, führen zu einem lokalen Bauschen und einer charakteristischen Deformation aus

der normalen Ebene - also zur Krepstruktur. Ein solcher Effekt wird in Abbildung 8 gezeigt.

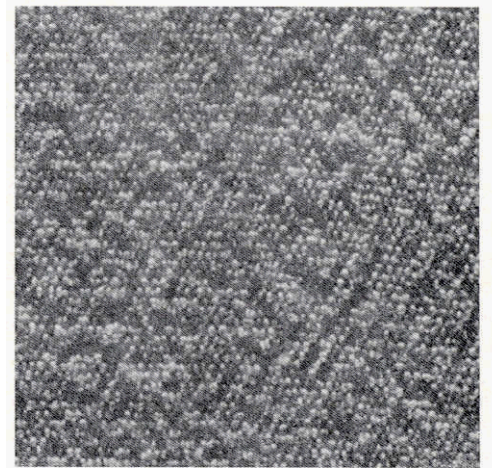


Abb. 8. Krepstoff aus 100% Orlon®, gebündelt

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die gebündelte Garnstruktur ist eine neue Form eines Faserverbandes, deren Kern aus parallelen, diskontinuierlichen Fasern besteht und von Fasern, die seine Oberfläche umwickeln, zusammengehalten wird. Der Prozeß für die Herstellung dieser Struktur macht sich die neue, in unserem Werk entwickelte Technologie, die die Prinzipien des Falschmirens anwendet, um dem Faserverband einen echten Zwirn zu verleihen, zunutze. Der größte Vorteil dieser Technologie liegt in der Möglichkeit, damit sehr feintitrlige Garne erzeugen zu können, wie man sie auf den konventionellen Spinnmaschinen bisher wirtschaftlich nicht herstellen konnte.

Gebündelte Garne können zu allen klassischen Stoffstrukturen verarbeitet werden, denen sie einen distinktiven Griff verleihen, und sie bieten auch die Möglichkeit, neue, leichte Stoffe, wie zum Beispiel feinmaschige Trikots, zu erzeugen. Durch Modifizieren der Faserkomponenten kann diese Garnstruktur sogar nach weiter ausgenutzt werden und zur Herstellung ganz neuer Stoffe führen.

Sorgfältige Kontrolluntersuchungen sind in unserem Werk im Gange, aber auch auf dem Markt, um die Wirtschaftlichkeit der Herstellung von gebündelten Garnen in feinen Garnnummern auszuarbeiten und den kommerziellen Erfolg dieses Garns zu berechnen.

Literatur:

- 1) H. Catling: "Studies in Modern Yarn Production"; The Textile Institute, 76-95 (1968)
- 2) J. Goldberg: Textile Industries, 135 (1), 76-80 (1971)
- 3) E. Oxtoby: Textile Manufacturer, 96, 89-94 (1970)
- 4) P. R. Lord: "Studies in Modern Yarn Production"; The Textile Institute, 141-149 (1968)
- 5) D. E. Henshaw: The Textile Institute 6 Industry, 8, 301-304 (1970)
- 6) U. S. Pat. 3.079.746: E. I. du Pont de Nemours & Co., Inc., (5. März 1963)
- 7) S. Backer: Text. Res. J., 22, 668-681 (1962)

Diskussion

Köb: Wir haben hier von der Seite der Verarbeitungstechnologie der Fasern einen ganz neuen Weg kennengelernt, von dem man heute noch nicht weiß, wohin er führt, der aber sicherlich viele neue Möglichkeiten eröffnet. Ich möchte gleich eine Frage voranstellen. Mit welcher Geschwindigkeit wird man ungefähr arbeiten können, wenn das Verfahren ausgearbeitet ist? Sie haben dabei ja keinen Ring und keinen Läufer, auch keine Aufwindung auf eine Spindel, sondern nur noch einen reinen Spulprozeß. Haben Sie davon schon eine Vorstellung?

Pamm: Die Laufgeschwindigkeit des Verfahrens beträgt über 500 m/min.

Köb: Beim Ringspinnen arbeiten wir heute mit über 20 bis 25 m/min.

Faltlhansl: Herr Dr. Pamm, könnten Sie das Abriebverhalten von Stoffen, die aus diesen neuartigen Garnen hergestellt sind, kommentieren? Wenn diese umschlingenden Kapillaren abgerieben werden, verliert dann nicht der Faserverband sehr rasch seine Integrität?

Pamm: Bei Geweben und Gewirken aus diesen gebündelten Garnen ist die Abriebfestigkeit besser als bei Stoffen aus gesponnenen Garnen. Wenn die Garne in die Stoffstruktur eingebaut sind, halten sie einander fest und sind fixiert. Die Umschlingungen sind kaum mehr nötig. Wir haben recht gute Erfahrungen mit diesen Stoffen gemacht, wir zeigten sie im Vorjahr erstmals auf der Interstoff, und sie werden auch schon verkauft.

Faltlhansl: Gibt es bei diesem Verfahren eine untere Stapellänge?

Pamm: Die Stapellänge soll zwischen 5 und 15 cm betragen. Diese Längen erhält man auf einer Reißmaschine, wenn man das Kabel direkt einspeist. Sie können aber auch das Verfahren noch bei wenig davon abweichenden Stapellängen fahren. Allerdings beeinflusst dies dann die Garneigenschaften. Vielfach wird die Stapellänge von den Eigenschaften, die im Endprodukt gewünscht sind, abhängen.

Faltlhansl: Können Sie diese Umschlingungsdüse etwas genauer definieren. Nach welchem Prinzip arbeitet sie, nach einem mechanischen oder aerodynamischen?

Pamm: Diese Düse besitzt keine mechanischen Teile. Ein Gasstrom mit hoher Geschwindigkeit wirbelt die äußeren Fasern um den Faserkern herum.

Kosch: In der Abbildung 5 zeigen Sie ein Faserbündel und Randfasern. Bilden Sie in dieser Düse aus diesen Randfasern die Umwicklungsfäden oder sind das Endlospäden?

Pamm: Sie haben kurze Fasern an der Oberfläche des Faserbündels, die in der Zwirndüse nur sehr wenig gezwirnt werden, weil sie durch-

rutschen. Die langen Fasern im Inneren erhalten in der Düse einen vollständigen Zwirn, der außerhalb der Zwirndüse wieder auf Null zurückgeht. Die Oberflächenfasern, die zuerst nur ganz wenig gezwirnt wurden, erhalten durch eine Twisttransferenz nach der Zwirndüse eine echte Zwirnung in der Gegenrichtung und bilden dadurch die Umwicklungen. Sie haben also einen richtigen Falschzwirneffekt vorliegen.

Hetzinger: Müßten Sie für das Verweben spezielle Präparationen verwenden? Welches Pillingverhalten zeigen Gewebe aus diesen Garnen im Vergleich zu Geweben aus gesponnenen Garnen?

Pamm: Man kann nicht dieselben Schlichtemittel verwenden. Beim Weben normaler gesponnener Orlon®-Garne benützt man Stärke, während hier Polyvinylalkoholschichten eingesetzt werden. Die Schlichtetechnik ist der von Endlospfasern eher verwandt. Pilling stellt kein Problem dar.

Lys: Kann Baumwolle nach demselben Prinzip verarbeitet werden?

Pamm: Es ist bei diesem Prozeß sehr wichtig, Fasern verschiedener Länge zu haben. Man braucht die längeren Fasern, um den Kern zu bilden, der dem Garn Festigkeit verleiht. Bei Stapellängen von 5 cm besitzt das Garn nicht genügend Reißfestigkeit. Die kurzen Fasern bilden die Oberflächenumwicklung und halten den Kern zusammen.

Thimm: In einem Bild zeigten Sie, daß der Zwirndüse ein Faserband zugeführt wird. Wird dieses Band aus einem normalen Orlon®-Kabel gewonnen, das beispielsweise über eine Reißmaschine geht und dann verstreckt wird, oder spinnen Sie schon speziell feine Kabel, die Sie dann reißen.

Pamm: Sie können für dieses Verfahren ein normales Faserkabel benützen.

Albrecht/Monsanto: Beabsichtigen Sie auch, die Spinnmaschinen für dieses Verfahren auf den Markt zu bringen oder nur das Garn?

Pamm: Wir werden nur das Garn verkaufen.

Albrecht/Monsanto: Sie erwähnten eine Stapellänge von ungefähr 15 cm. Diese Schnittlänge findet vor allem in Teppichgarnen Anwendung. Haben Sie auch Versuche gemacht, Teppichgarne auf diese Weise herzustellen?

Pamm: Nein, dieser Prozeß dient ausschließlich der Herstellung feintitriger Garne. Für Teppichgarne ist das Offen-End-Spinnen durchaus gut geeignet.

Köb: Ich darf Sie nur noch darauf aufmerksam machen, daß hier Muster aufliegen, die Sie sicher interessieren werden.



Stopfbüchsenpackungen
Dichtungen
Teflon

OEL-CHEMIE

Nifestol Rapidrostlöser
Ocedol Seilpflegemittel
Patron Schmelztauchmasse
Perklinol Rietreinigungsmittel

Generalvertretungen und Auslieferungslager für Österreich:
DIPL.-ING. RICHARD F R Ä N Z E L KG. • 5280 BRAUNAU

Modifizierte Polyamidfasern

Professor G. Kudrjawzew

Allunions-WNIW, Wissenschaftliches Forschungsinstitut für Kunstfasern, Moskau/UdSSR

Beschrieben werden Reaktionen zur Modifizierung von Polyamidfasern. Am Beispiel der Kapron®-Faser (Nylon 6) wird die Möglichkeit gezeigt, thermomechanische und Deformationseigenschaften von Fasern durch chemische Umsetzung der Amid- sowie der anderen reaktionsfähigen Gruppen der Polyamide zu verbessern.

Untersucht wurden folgende chemische Umsetzungen:

- Umsetzungen der Amidgruppen mit Formaldehyd
- Umsetzungen der Amidgruppen mit ungesättigten Aldehyden
- Umsetzungen mit aliphatischen Säurechloriden
- chemische Umwandlungen ungesättigter Polyamide
- Modifizierung von Fasern aus Mischpolyamiden mittels Semikarbazid und Ammoniumsulfid

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß durch Anwendung chemischer Umsetzungen an Polymerketten die Eigenschaften von Polyamidfasern weitgehend modifiziert werden können.

Reactions for the chemical modification of polyamid fibers are described. Kapron®-fibers (nylon 6) are taken as an example to show the improvement of the thermo-mechanical and deformation properties of fibers by chemical reactions of the amid- or other reactive groups of the polyamide chain.

The following reactions were examined:

- reactions of amid groups with formaldehyde
- reactions of amid groups with unsaturated aldehydes
- reactions with chlorides of aliphatic acids
- chemical conversion of unsaturated polyamides
- modification of fibers of polyamide-blends by means of semicarbazide and ammonium sulfide.

The obtained results prove that by chemical reactions of the polymer-chain the properties of polyamide fibers can be remarkably modified.

Die Modifizierung der im industriellen Maßstab erzeugten Polymermaterialien, insbesondere der synthetischen Fasern, zählt zu den aussichtsreichsten und wirtschaftlich interessantesten Methoden, um die Eigenschaften dieser Materialien zu verändern und ihre Einsatzgebiete zu erweitern. Es gibt drei Methoden zur Modifizierung bereits existierender Fasern:

1. **Die Strukturierung**, die auf eine Veränderung der physikalischen Struktur der Fasern durch Anwendung von Modifikatoren bzw. von Strukturbildnern oder auf die Schaffung neuer Spinnbedingungen hinausläuft;
2. **die chemische Strukturmodifizierung**, die hauptsächlich im Verspinnen von Polymergemischen besteht, und
3. **die chemische Modifizierung** faserbildender Polymerer oder fertiger Fasern.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich vor allem mit der letzten Methode. Von den zahlreichen Möglichkeiten der chemischen Modifizierung beschäftigt sie sich nur mit einer von ihnen, nämlich mit Reaktionen in den Polymerketten, um eine gezielte Veränderung der Polyamidfasereigenschaften zu erreichen.

Obwohl diese Methode schon lange zur Modifizierung von Polymeren herangezogen wird, nützt man ihre Möglichkeiten in der chemischen Industrie bisher nur ungenügend aus. Besonders mangelhaft sind die Fragen der Anwendung chemischer Reaktionen zur Modifizierung einer so wichtigen Fasergruppe, wie es die Polyamidfasergruppe ist, untersucht worden. Das ist anscheinend durch die Schwierigkeiten bedingt, die die Durchführung von Reaktionen an Polymeren mit Heteroketten mit sich bringt. Die Monomerglieder sind in den Polymerheteroketten durch Gruppen und Atome miteinander verbunden, die zu vielen den Bruch der Makroketten hervorgerufenen chemischen Umwandlungen neigen (Hydrolyse, Azidolyse, Aminolyse, Umaminierungen usw.), so daß die Auswahl von Reaktionen, bei denen das Ausgangsmolekulargewicht und folglich auch die physikalischen Grundeigenschaften des Materials erhalten bleiben, eingeschränkt wird. In dieser Veröffentlichung beschäftigen wir uns mit zwei Typen von Polymerkettenreaktionen:

1. Mit Reaktionen, die auf der chemischen Aktivität der Amidbindung der Polyamide basieren, und
2. mit Reaktionen, die die Amidbindung der Polyamide unberührt lassen.

I. REAKTIONEN, DIE AUF DER AKTIVITÄT DER AMIDGRUPPE BASIEREN

a) Umsetzungen mit Formaldehyd

Bei der Behandlung von Polyamidfasern mit gasförmigem Formaldehyd beobachtet man die Bildung zwischenmolekularer Bindungen (chemische Vernetzung)¹. Es wurde festgestellt, daß diese Reaktion in zwei Stufen verläuft². In der ersten Stufe bilden sich Methylolgruppen $=N-CH_2OH$, die im weiteren Verlauf zwischenmolekulare Brücken bilden. Diese bestehen entweder aus einer Methylengruppe $=N-CH_2-N=$, oder sie weisen eine Ätherbindung oder lange Polyoxymethylenketten $=N-(CH_2O)_n-CH_2-N=$ auf. Den Behandlungsbedingungen entsprechend bilden sich entweder überwiegend Methylolgruppen oder Methylenbrücken. Die Wahrscheinlichkeit, daß Ätherbindungen entstehen, ist sehr gering, da die Möglichkeit eines Aufeinandertreffens zweier Methylolgruppen aus benachbarten Ketten in der festen Phase (Fasern) sehr klein ist.

Die Formaldehydanlagerung erfolgt in den weniger geordneten Bereichen der Fasern und an der Oberfläche der kristallinen Bereiche. Die Diffusion in die Kristallitbereiche ist infolge ihrer Packungsdichte erschwert.

Trotz der beschränkten Anzahl von chemischen Vernetzungen und deren ungleichmäßiger Verteilung erhalten Polyamidfasern (Nylon 6) eine Reihe neuer wertvoller Eigenschaften (Tab. 1)³. Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die Festigkeit und die Dehnung eines Kordgarnes Nm 34 infolge der Vernetzung etwas abnehmen. Besonders deutlich ist das bei den sogenannten „stark“ vernetzten Fäden erkennbar. Gleichzeitig steigt bei allen Vernetzungsgraden die Wärmebeständigkeit der vernetzten Fasern an (Restfestigkeit bei 200° C, bezogen auf die Festigkeit bei 20° C). Eine wesentliche Verbesserung tritt auch hinsichtlich der Thermostabilität ein.

Für die Beurteilung der Gebrauchseigenschaften sind die Ermüdungseigenschaften vernetzter Fasern besonders interessant. Aus Abbildung 1 geht hervor, daß die Restfestigkeit (nach Ermüdungsbeanspruchung) bei vernetzten Fasern um ein Vielfaches größer ist als bei unernetzten. Die Festigkeitskurven sind durch scharf ausgeprägte Maxima charakterisiert, deren Größe und Lage von der Untersuchungstemperatur abhängen.

Tabelle 1: Mechanische Eigenschaften der mit Formaldehyd vernetzten Kapron®-Fasern

Kenngrößen	der Ausgangsfasern	von schwach vernetzten Fasern	von mittelstark vernetzten Fasern	von stark vernetzten Fasern
Anzahl der Vernetzungen (je 100 Glieder)	—	0,5–2	2–4	4
Festigkeit (p/tex)	65–68	60–63	52–55	40–45
Dehnung (%)	17–18	16–17	14–17	12–14
Temperatur der Festigkeit Null	200	235–245	260–270	270–300
Wärmebeständigkeit bei 200° C (%)	25	32	45	53
Dehnungsmodul bei 140° C (kp/mm ²)	65	74	86	185
Schrumpfung bei 180° C (%)	7,0–7,3	5–5,5	7–7,5	1,5–2
Thermostabilität (nach Erhitzen auf 160° C, 50 Std.)	18–20	25–30	32–35	42–45

Charakteristisch ist, daß man nach Ermüdungsbeanspruchung bei 130° C eine Festigkeitszunahme bei schwach vernetzten Fasern beobachten kann (Abb. 1, Kurve 1). Wie schon gezeigt wurde, beobachtet man bei der Vernetzung von Kapron®-Fasern sowohl mit Formaldehyd als auch mit anderen Reagenzien eine Festigkeitsabnahme⁴. Man hat gefunden, daß diese Festigkeitsabnahme in keiner Weise mit dem Abbau des Polymeren infolge Einwirkung eines Katalysators oder des Formaldehyds zusammenhängt⁵.

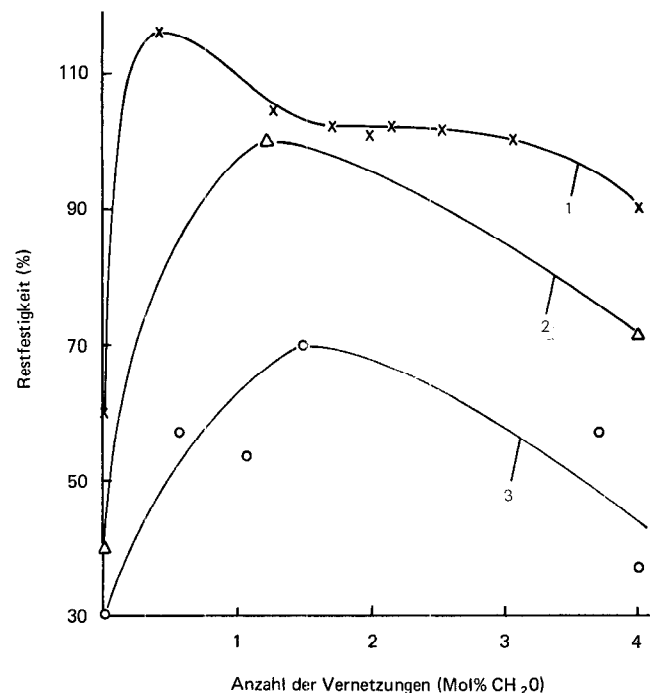


Abb. 1: Die Abhängigkeit der Festigkeit von Kapron®-Fasern vom Vernetzungsgrad nach Ermüdungsbeanspruchungen bei verschiedenen Temperaturen: Kurve 1: 130° C; Kurve 2: 160° C; Kurve 3: 180° C

Bei der Bildung der zwischenmolekularen Bindungen kommt es in der Faser zu tiefgreifenden Strukturumwandlungen, die mit Änderungen der Spannung und der Materialdichte verbunden sind. Einer der Beweise dafür ist, daß eine bestimmte Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften vernetzter Fasern von der durch den Verstreckungsgrad (λ) charakterisierten physikalischen Struktur der Ausgangsfaser festgestellt werden konnte.

Abbildung 2 zeigt die Abhängigkeit der Festigkeit verschieden stark verstreckter Fasern von der Vernetzungstiefe. Bei stark verstreckten Fasern ($\lambda = 4,16; 4,5; 5,0$) bleibt die Anfangsfestigkeit bis zu 85, 65 bzw. 55 Prozent erhalten, während bei schwach verstreckten Fasern ($\lambda = 2,4-3,0$) die Einführung zwischenmolekularer Bindungen zu einem Anstieg ihrer Festigkeit um 15 bis 25 Prozent führt. Offenbar wird durch die Einführung chemischer Querverbindungen in schwach orientierte Fasern deren unzureichend entwickeltes System von Wasserstoffbindungen quasi ergänzt, wodurch es zu einer

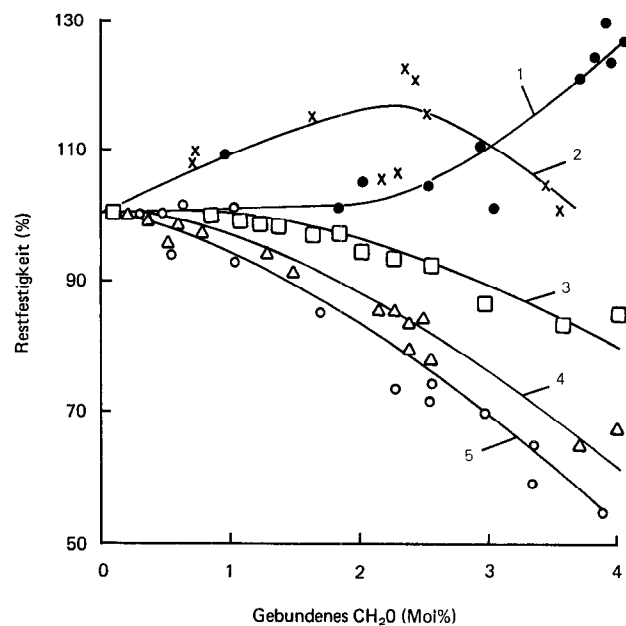


Abb. 2: Der Einfluß des Modifizierungsgrades auf die Festigkeit von Kapron®-Fasern mit verschiedenem Verstreckungsgrad (λ): Kurve 1: 2,42; Kurve 2: 3,3; Kurve 3: 4,16; Kurve 4: 4,5; Kurve 5: 5,0

Verbesserung der mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Dauerbiegebeständigkeit u. a.) kommt. Verschieden stark verstreckte Kapron®-Fasern enthalten, wenn sie anschließend mit Formaldehyd unter gleichen Bedingungen behandelt werden, verschieden viele zwischenmolekulare Bindungen (Abb. 3). Diese Ergebnisse stimmen mit der Vorstellung von der Veränderung der Diffusionsgeschwindigkeit des Formaldehyds infolge der Verdichtung der Fasern beim Verstrecken überein. Das Diffundieren des Formaldehyds von der Faseroberfläche ins Innere bringt eine ungleichmäßige Verteilung der Vernetzungsstellen über den Faserquerschnitt mit sich⁶.

Rationeller ist in dieser Hinsicht die Methode der „homogenen“ Vernetzung⁷, die darin besteht, daß man beim Spinnen der Polycaprolactamschmelze ein Copolymeres aus Formaldehyd und Dioxalan zusetzt. Wegen der geringen Geschwindigkeit der thermischen Zersetzung des Copolymeren (bei 220° C ca. 1%/h) gelingt es, Fasern ohne irgendwelche durch spontanes Strukturieren des Polymeren bedingte Schwierigkeiten herzustellen. Die Vernetzung der Fasern erfolgt nach dem Spinnen durch Imprägnieren mit Katalysator und Erhitzen auf 175° C im Stickstoffstrom während 30 Minuten. Untersuchungen haben gezeigt, daß bei „homogener“ Vernetzung eine gleichmäßigere Verteilung der Vernetzungsstellen zu beobachten ist, deren Folge geringere Spannungen in den Fa-

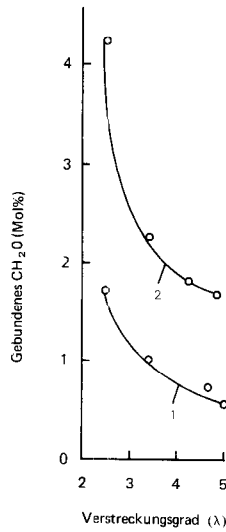


Abb. 3: Die Abhängigkeit der Menge des gebundenen Formaldehyds vom Verstreckungsgrad (λ) der Ausgangsfaser: Kurven 1 und 2: 0,8 bzw. 1% Katalysator (H_3BO_3)

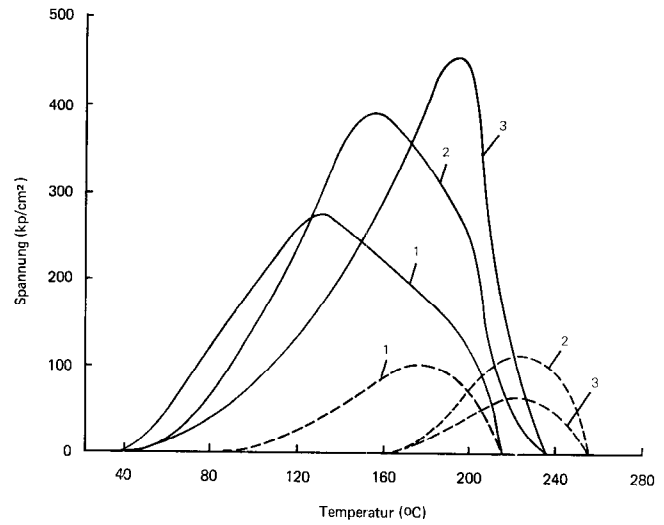


Abb. 4: Isometrische Kurven von mit Formaldehyd vernetzten Kapron®-Fasern: Heterogenmethode ——— Homogenmethode - - - - -

sern (Abb. 4), niedrigere Schrumpfung bei 185° C (Abb. 5) sowie eine einheitlichere Verteilung der Vernetzungsstellen über den Faserquerschnitt sind⁷. Dadurch liegen bei allen Vernetzungsgraden die Festigkeit und die Reißdehnung „homogen“ vernetzter Fasern immer höher als bei inhomogen vernetzten (Abb. 6). Die Wärmebeständigkeit der nach der letztgenannten Methode vernetzten Fasern liegt um 10 Prozent höher als jene von Fasern, die durch Oberflächenbehandlung vernetzt wurden (Abb. 7).

b) Umsetzung der Amidgruppen mit ungesättigten Aldehyden?

Analog der Umsetzung der Amidgruppen mit Formaldehyd erfolgt auch die Umsetzung mit ungesättigten Aldehyden (wie

z. B. mit Acrolein, Methacrolein u. a.). Diese Methode ist deshalb interessant, weil sie die Möglichkeit zur Durchführung sekundärer Umwandlungen an Doppelbindungen bietet. Die Umsetzung kann in der Katalyse oder in Acrylsäurelösung vorgenommen werden. Als Katalysator werden verwendet:

- Borsäure
- Oxalsäure
- Essigsäure
- Ameisensäure
- Ammoniumoxalat
- Zinkacetat
- Calciumchlorid u. a.

Die Reaktionstemperatur kann zwischen 100 und 130° C

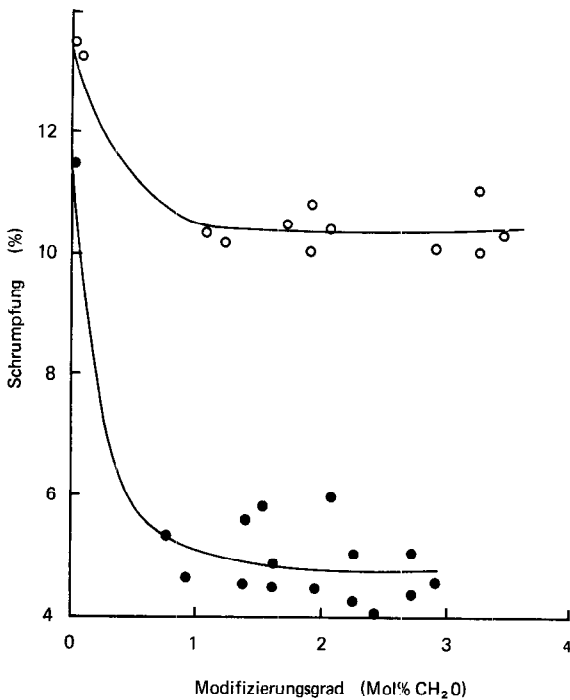


Abb. 5: Der Einfluß des Modifizierungsgrades auf die Schrumpfung von Kapron®-Fasern mit unterschiedlicher Verteilung der Vernetzungen

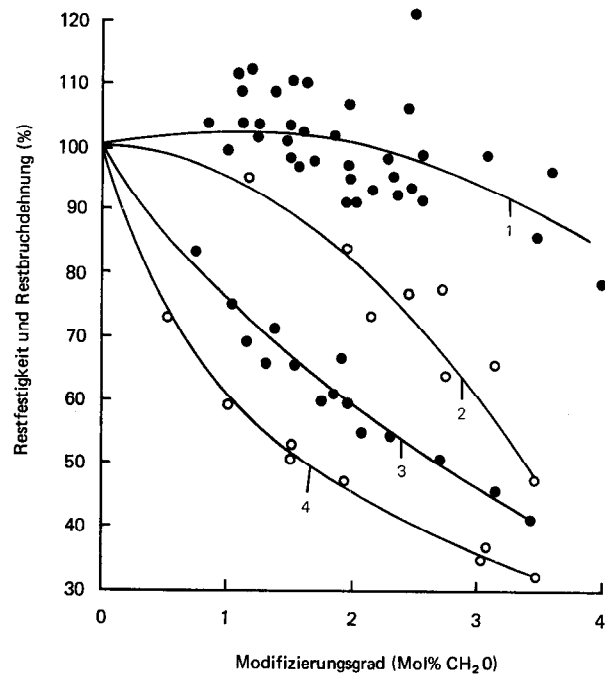


Abb. 6: Der Einfluß des Modifizierungsgrades auf die Festigkeit (Kurven 1 und 2) und auf die Bruchdehnung (Kurven 3 und 4) vernetzter Fasern

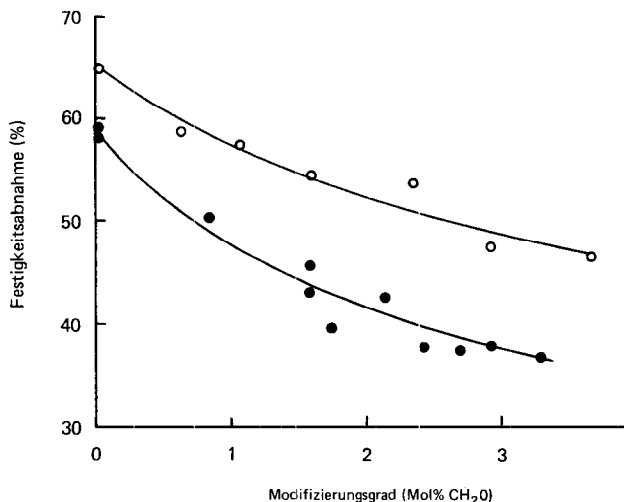


Abb. 7: Der Einfluß des Modifizierungsgrades auf die Wärmebeständigkeit vernetzter Fasern

variiert werden. Die Umsetzung der Polyamide mit Acrolein oder Methacrolein ist von Nebenreaktionen (wie z. B. der Bildung von zwischenmolekularen Bindungen) begleitet, was durch IR-Untersuchungen sowie durch die Abnahme der Löslichkeit und Schmelzbarkeit bestätigt wird. Durch die entstehenden Vernetzungen werden die Wärmebeständigkeit und die thermomechanischen Eigenschaften der Fasern verbessert. Mechanische Untersuchungen zeigten, daß die Eigenschaften der mit diesen Aldehyden modifizierten Fasern in allen Fällen schlechter sind als diejenigen der mit Formaldehyd modifizierten (Tab. 2).

Mit ungesättigten Aldehyden behandelte Fasern bilden bei Anwesenheit von radikalbildenden Initiatoren sehr leicht Copolymere mit Acryl- und Methacrylsäure, aber auch mit Acrylnitril, Styrol, Vinylpyridin, Vinylacetat und anderen Monomeren. Je nach den Reaktionsbedingungen kann man den Fasern bis zu 60 Gewichtsprozent der zweiten Komponente aufpfropfen, ohne daß sie eine Einbuße ihrer mechanischen Eigenschaften erleiden. Copolymere, deren Hauptkette Polyamid enthält und die aufgepfropfte Seitenketten besitzen, sind unschmelzbar und in Dimethylacetamid und N-Methylpyrrolidon löslich. Ihre Einfrieretemperaturen steigen bedeutend an und hängen von der Natur der Seitenkette ab. Copolymerfasern, die Acrylsäure- und Methacrylsäureglieder enthalten, zeichnen sich durch verminderte elektrostatische Aufladbarkeit aus und sind zum Ionenaustausch befähigt.

Tabelle 2: Eigenschaften von mit ungesättigten Aldehyden modifizierten Fasern

Probennummer	Behandlungsbedingungen				Produkteigenschaften		mechanische Eigenschaften		Festigkeitsabnahme (%)	Änderung der Dehnung bei 140° C (%)
	Katalysator	Menge (%)	Temperatur (° C)	Dauer (Std.)	Substitutionsgrad (%)	Löslichkeit	Festigkeit (p/tex)	Dehnung (%)		
A. Umsetzung mit Acrolein										
1.	H ₂ C ₂ O ₄	1,0	120	4	9,8	unlöslich	46,7	17,9	38,0	+ 4,0
	H ₂ C ₂ O ₄	1,0	150	4	9,8	unlöslich	20,2	14,1	34,0	+ 3,0
2.	H ₃ BO ₃	1,0	100	4	0,5	H ₂ SO ₄	51,9	16,9	42,5	+ 18,0
	H ₃ BO ₃	1,0	150	4	4,2	H ₂ SO ₄	50,1	16,5	40,0	+ 15,5
3.	CH ₃ CO ₂ K	1,0	120	3	—	H ₂ SO ₄	53,0	20,2	41,0	+ 15,0
	CH ₃ CO ₂ K	1,0	150	3	1,8	H ₂ SO ₄	50,8	18,7	38,5	+ 13,0
B. Umsetzung mit Methacrolein										
4.	H ₂ C ₂ O ₄	1,0	120	4	2,1	H ₂ SO ₄	56,1	19,1	41,6	+ 16,0
	H ₂ C ₂ O ₄	1,0	150	4	6,4	unlöslich	43,7	17,7	36,1	+ 9,0
5.	H ₃ BO ₃	2,0	150	4	1,0	H ₂ SO ₄	49,8	18,5	43,2	+ 25,0
6.	Ausgangsfaser	—	—	—	—	Kresol H ₂ SO ₄	61,2	18,6	45,4	— 2,5

c) Umsetzungen der Amidgruppen mit Säurechloriden

Ungesättigte Bindungen können bei Umsetzung der Amidgruppen mit Säurechloriden ungesättigter Säuren (Acryl- und Methacrylsäure) leicht in Polyamidfasern eingebaut werden. Derart modifizierte Fasern können entweder durch homolytische Aufspaltung der Doppelbindung oder durch Pfcopolymerisation mit verschiedenen Monomeren der Vinyl- oder Acrylreihe weiteren chemischen Umwandlungen unterworfen werden.

Die Modifizierung des Polycapramids kann leicht in einer Acrylsäurelösung unter Zusatz von Chinolin erfolgen. Das modifizierte Polymere läßt sich jedoch schwer aus der Schmelze verspinnen, da dabei Sekundärreaktionen stattfinden und zwischenmolekulare Bindungen entstehen. Daher ist es zweckmäßiger, die Fasern unter heterogenen Bedingungen durch Behandeln mit in Dimethylformamid, Benzol, aliphatischen Alkoholen und gelösten ungesättigten Säuren zu modifizieren. Obwohl die Umsetzung der Amidbindungen bis zu 90 Prozent erreichen kann, erlangen die modifizierten Fasern keine vom praktischen Standpunkt interessanten Eigenschaften.

Größeres Interesse besitzt hingegen das nachträgliche Aufpfropfen von Seitenketten über die ungesättigten Bindungen der Acryloyl- und Methacryloylgruppen. Die Pfcopfung kann in Lösung oder in der Gasphase erfolgen. Dabei wird die modifizierte Kapron®-Faser vorher mit einer Lösung von Ammoniumpersulfat, Cersalz oder mit einem anderen Initiator der radikalischen Polymerisation getränkt, Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Aufpfropfung auf mit Methacrylsäurechlorid modifizierte Kapron®-Fasern.

In der Regel bleibt die Festigkeit der Faser nach der Pfcopfung etwa gleich der der Ausgangsfaser, dagegen wird dadurch das Verhalten der Fasern beim Erhitzen stark verändert. Polarisationsmikroskopische Untersuchungen zeigen, daß sich die Fasern beim Erhitzen bis zu einer Temperatur von 350 bis 400° C nicht verändern. Beim Erhitzen an der Luft auf Temperaturen über 200° C nehmen sie allerdings eine dunkle Färbung an, ohne sich dabei jedoch zu zersetzen. Auch die Thermostabilität der Fasern wird durch das Aufpfropfen von Acrylnitril wesentlich verbessert.

Für praktische Belange ist die Verbesserung der Lichtbeständigkeit, die bei gepfropften Fasern auf das Doppelte ansteigt,

Tabelle 3: Eigenschaften der modifizierten Kapron®-Fasern nach Behandlung mit Acrylnitrildämpfen

Probennummer	Dauer der Behandlung (min)	Gewichtszunahme (%)	physikochemische Eigenschaften		mechanische Eigenschaften			
			Löslichkeit	Schmelztemperatur (° C)	Festigkeit (p/tex)	Dehnung	Lichtbeständigkeit* (%)	Thermo- beständigkeit** (%)
1.	10	0,2– 1,2	Kresol, H ₂ SO ₄	250–280	35,0	18,8	91,0	81,0
2.	15	1,0– 2,5	H ₂ SO ₄	unschmelzbar	36,2	17,2	95,0	82,0
3.	30	6,5– 6,7	H ₂ SO ₄	unschmelzbar	32,4	18,1	97,0	83,5
4.	60	14,0–14,5	quillt	unschmelzbar	35,2	12,8	98,0	82,8
5.	90	15,0–16,0	quillt	unschmelzbar	34,5	12,0	97,8	85,1
6.	120	15,8–17,0	quillt	unschmelzbar	31,8	10,0	96,3	83,5
7.	Ausgangs- faser			210–220	32,8	18,6	33–40,0	72,0

* Restfestigkeit nach Bestrahlung mit einer Quecksilberquarzlampe PRK während 12 Std. (%)

** Restfestigkeit nach Erhitzen auf 140° C während 100 Stunden (%)

am interessantesten. Da die Fasern durch die Pfropfung in allen für Polyamide üblichen Lösungsmitteln unlöslich werden und in konzentrierter Schwefelsäure nur zum Teil quellen, kann angenommen werden, daß das Aufpfropfen des Acrylnitrils von einer Kettenübertragung über das wachsende Polymer radikal begleitet wird. Die Faser wird offensichtlich teilweise vernetzt.

II. UMSETZUNGEN, DIE DIE AMIDGRUPPE DES POLYKAPROAMIDS NICHT BERÜHREN

1. Modifizierung ungesättigter Polyamide

Chemische Umwandlungen ungesättigter Polyamide sind deshalb von Interesse, weil die Modifizierung des Polymeren durch Umgruppierungen der chemischen Bindungen im Makromolekülsystem ohne das Einführen eines Reagens „von außen“ vorgenommen werden kann. Diese Reaktionen sind nicht von der Diffusionsgeschwindigkeit eines Reagens abhängig, so

daß man homogenere Strukturen der modifizierten Fasern erwarten kann.

Polyamidfasern, die in der Kette ungesättigte Bindungen enthalten, werden aus Copolymeren des Caprolactams, des Önantholactams oder des AH-Salzes mit Salzen ungesättigter Dicarbonsäuren (Fumar-, Malein-, Itaconsäure u. a.) mit Hexamethyldiamin (FH, MH und IH) hergestellt⁸.

Unter allen möglichen Modifizierungen ungesättigter Polyamide besitzt die Herstellung chemisch vernetzter Fasern durch homolytische Spaltung der Doppelbindung das größte Interesse. Am Beispiel von Fasern, die aus Copolymeren der IH- und AH-Salze mit einem Koponentenverhältnis 40:60 erhalten wurden, wird gezeigt, daß schon einfaches Erhitzen in Stickstoffatmosphäre auf 150 bis 160° C während 180 Minuten zur Bildung von Vernetzungen führt. Von den 40 Molprozent an Doppelbindungen in der Ausgangsfaser werden bis zu 12 Prozent bei der Umsetzung erfaßt. Wie man aus Tabelle 4 sieht, büßen die vernetzten Fasern praktisch nichts

Tabelle 4: Ergebnisse der Thermobehandlung ungesättigter Polyamidfasern

Probennummer	Zusammensetzung des Copolymeren (Mol%)	Behandlungsbedingungen			Eigenschaften der Ausgangsfaser		Eigenschaften der behandelten Faser				
		Temperatur (° C)	Dauer (min)	Spannung (%) *	Festigkeit (p/tex)	Dehnung (%)	Festigkeit (p/tex)	Dehnung (%)	Wärmebeständigkeit** (%)	Schmelztemperatur (° C)	Löslichkeit
1.	20/80	150	180	10,0	22,0	34,0	18,5	20,0	85,9	240	H ₂ SO ₄
2.	40/60	150	180	10,0	60,0	33,0	60,3	21,0	100,0	unschmelzbar	unlöslich
3.	20/80	160	180	10,0	22,0	34,0	21,0	18,0	94,5	unschmelzbar	H ₂ SO ₄
4.	40/60	160	180	10,0	60,0	33,0	39,8	5,6	91,5	unschmelzbar	unlöslich
5.	40/60	150	300	3,0	44,6	23,0	41,6	5,5	90,5	unschmelzbar	unlöslich
6.	40/60	180	180	3,0	44,6	23,0	33,6	30,0		unschmelzbar	quillt, H ₂ SO ₄
7.	40/60	110	300	10,0	44,6	23,0	44,2	25,0		unschmelzbar	unlöslich

Anmerkung: * in % der Bruchlast

** Restfestigkeit bei 200° C, %

von ihrer ursprünglichen Festigkeit ein; sie sind uneschmelzbar und in den üblichen Lösungsmitteln für Polyamide unlöslich. Sie behalten ihre Gebrauchsfähigkeit bis zu 200° C. Die vernetzten Fasern bestehen eine Wärmebehandlung in Stickstoffatmosphäre bis zu einer Temperatur von 400° C ohne Zersetzung. Stark vermindert wird hiedurch auch das Kriechen

der Fasern. Daß die Vernetzung über Doppelbindungen erfolgt, beweisen Ergebnisse der IR-Spektroskopie.

Zu interessanten Resultaten kommt man beim Aufpfropfen von Acrylmonomeren über Doppelbindungen, das in der Dampfphase an vorher mit radikalbildenden Initiatoren (Azo-isobut-

Tabelle 5: Eigenschaften der mit N-Formylamidacrylsäure modifizierten und mit Metallen chelatierten Fasern aus ungesättigten Polyamiden

Probennummer	Fasereigenschaften bei 20° C		chelatbildendes Metall	Fasereigenschaften nach Erhitzen auf 170° C, 20 Std.		Festigkeit bei 170° C (%)*	Schmelztemperatur (° C)	Wärme- festig- keit = 0	Löslichkeit
	Festigkeit (p/tex)	Dehnung (%)		Festigkeit (p/tex)	Dehnung (%)				
1.	27,0	15,0	unmodifiziert	3,7	0,1	13,6	205	165	Kresol, H ₂ SO ₄ , DM
2.	15,8	39,0	Ca**	6,7	16,5	43,7	unschmelzbar	285	quillt in H ₂ SO ₄
3.	10,2	24,3	Cu	7,5	17,7	73,5	unschmelzbar	292	quillt in H ₂ SO ₄
4.	7,5	35,3	Ca***	5,7	18,1	77,4	unschmelzbar	280	quillt in H ₂ SO ₄

Anmerkung: * Restfestigkeit in % der Ausgangsfestigkeit
 ** 2,8 % des chelatbildenden Metalls
 *** 3,5 % des chelatbildenden Metalls

tersäure-dinitril, Percarbonate u. a.) getränkten Fasern vorgenommen wird.

In Tabelle 5 sind Daten für eine Faser aus einem IH-AH-Copolymeren (40:60 Mol%) angeführt, auf die man N-Formylamidacrylsäure aufpflöpft und die man anschließend mit Kupfer- oder Calciumsalzen chelatiert. Die mechanischen Eigenschaften der Fasern verschlechtern sich im Laufe der beschriebenen Modifizierung stark, ihre Thermostabilität steigt jedoch bedeutend an.

2. Modifizierung mit Ammoniumsulfid und Semicarbazid

Im vorhergehenden wurden Beispiele der Modifizierung von Kapron®-Fasern beschrieben, die auf folgenden Methoden basieren:

- a) auf einer Ausnützung der Reaktionsfähigkeit der Gruppen in der Polycaproamidhauptkette (Amidgruppen, Doppelbindungen der ungesättigten Polamide) und
- b) auf den sekundären Umsetzungen der durch Sonderbehandlung in die Fasern eingeführten chemisch aktiven Gruppen (Doppelbindungen acylierter Fasern u. a.).

Es gibt daneben aber auch noch eine dritte Methode der chemischen Modifizierung von Polyamidfasern. Diese beruht auf der Herstellung von Polyamidfasern aus Gemischen von Poly-

caproamid mit anderen damit verträglichen faserbildenden Polymeren. Dabei muß die zweite Polymerkomponente reaktionsfähige, für die nachfolgende Modifizierung geeignete Gruppen enthalten. Es wurde festgestellt, daß die folgenden Copolymeren am besten mit Kapron® verträglich sind.

- Copolymeren des Acrylnitrils mit Styrol (AN:ST),
- mit Methylacrylat (AN:MA),
- mit Methylmethacrylat (AN:MMA)
- oder
- mit Vinylpyridin (AN:VP).

Die Copolymeren wurden beim Spinnen der Schmelze in Mengen von 1 bis 5 Gewichtsprozent (bezogen auf das Gewicht des Polycaproadids) zugesetzt.

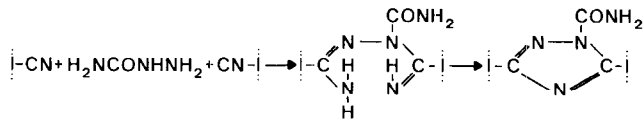
Die erhaltenen Mischpolyamidfasern besaßen alle Eigenschaften des Kaprons®, enthielten aber gleichzeitig auch noch eine gewisse Menge der mit der Seitenkettenkomponente eingeführten Nitrilgruppen. Wenn man die Neigung der Nitrilgruppen, zahlreiche Reaktionen einzugehen, nützt, kann man durch Behandeln der fertigen Fasern mit verschiedenen Reagenzien modifizierte Fasern mit neuen Eigenschaften erhalten. So beobachtet man an mit 40prozentiger Semicarbazidlösung behandelten Fasern aus Polymernmischungen die Ausbildung

Tabelle 6: Eigenschaften der mit Semicarbazid behandelten Fasern aus Polymergemischen
 (Behandlungsbedingungen: Imprägnieren – 4 Std. bei 100° C, Erhitzen – 2 Std. bei 130° C)

Zusammensetzung der zweiten Komponente	Festigkeit (kp)	Dehnung (%)	Dichte bei 20° C (g/cm ³)	Querschnitts- quellung (sec)	Lichtbe- ständigkeit (%)*	Thermobe- ständigkeit (%)**	Elastizitäts- modul (kp/mm ²)	Dauerbiege- zahl
Ausgangsfasern								
AN:ST	0,584	38,1	1,1468	7,0	80,0	30,0	263	1878
AN:VP	0,601	39,9	1,1468	7,0	74,5	21,0	238	1955
AN:MMA	0,556	26,8	1,1470	7,0	74,0	23,0	249	2400
AN:MA	0,468	46,1	1,1466	7,0	70,0	23,8	248	1922
Kapron	0,640	42,0	1,1400	–	50,0	20,0	200	–
modifizierte Fasern								
AN:ST	0,632	34,0	1,1648	8,0	112,0	44,0	309	1566
AN:VP	0,608	36,0	1,1740	9,0	108,0	42,0	311	1440
AN:MMA	0,529	28,0	1,1664	8,0	102,0	46,0	355	2355
AN:MA	0,558	40,0	1,1795	8,0	107,0	60,0	289	1855

Anmerkung: * Bestrahlung mit Quecksilberquarzlampe PRK, 20 Std.
 ** 10 Std. bei 180° C

einer zwischenmolekularen Netzstruktur. Es wird angenommen, daß dabei folgende Reaktionen ablaufen können:



Mit Semicarbazid modifizierte Fasern aus Polymermischungen erlangen eine Reihe neuer Eigenschaften, von denen erhöhte Thermostabilität und Lichtbeständigkeit sowie ein größerer Elastizitätsmodul hervorgehoben werden sollen (Tab. 6).

Die Behandlung der Fasern aus Polymermischungen mit Ammoniumsulfid führt ebenfalls zur Bildung einer chemischen

Netzstruktur, die aber offenbar auf folgende Umsetzungen in der Kette der Kohlenstoffkomponente zurückzuführen ist:

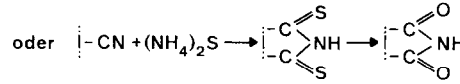
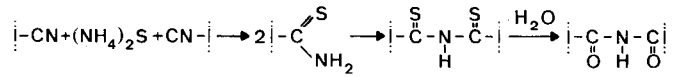


Tabelle 7: Eigenschaften der mit Ammoniumsulfid behandelten Fasern aus Polymergemischen
(Behandlungsbedingungen: Imprägnieren – 3 Std. bei 100° C, Erhitzen – 2 Std. bei 120° C)

Chemische Zusammensetzung des Copolymeren	Festigkeit (kp)	Dehnung (%)	Dichte bei 20° C (g/cm ³)	Querschnittsquelleung (sec)	Lichtbeständigkeit (%)	Thermoständigkeit (%)*	Dauerbiegezahl
Ausgangsfasern							
AN:ST	0,584	38,1	1,1468	10	80,0	30,0	1878
AN:VP	0,601	39,9	1,1468	9	74,5	21,0	1955
AN:MMA	0,551	26,8	1,1460	10	74,0	23,0	2400
AN:MA	0,468	46,1	1,1461	9	70,0	23,8	1922
Kapron	0,640	42,0	1,1400	–	50,0	20,0	–
modifizierte Fasern							
AN:ST	0,547	35,5	1,1585	18	96,0	21,2	1890
AN:VP	0,527	34,5	1,1570	19	95,1	21,3	2178
AN:MMA	0,589	29,0	1,1586	17	96,2	23,6	2590
AN:MA	0,498	34,5	1,1576	14	89,4	21,7	2010

* Erhitzen – 10 Std. bei 180° C

Modifizierte Fasern zeigen erhöhte UV- und Wärmebeständigkeit (Tab. 7). Behält die Ausgangsfaser beim Reißversuch in einer auf 200° C beheizten Kammer mit einem Dynamometer nur 4 Prozent der bei 20° C gemessenen Festigkeit, so beträgt die Restfestigkeit der mit Ammoniumsulfid modifizierten Faser 37 bis 40 Prozent. Semicarbazid und Thiosemicarbazid sowie deren Derivate sind aktive Strukturmodifikatoren¹⁰. Schon in geringen Mengen verändern sie die übermolekulare Struktur sowie die Kristallinität von konventionellen, aus Homopolymeren hergestellten Kapron®-Fasern. Tabelle 8 bringt Zahlenmaterial über Eigenschaften der Ausgangsfasern im Vergleich zu den mit Semicarbazid behandelten Fasern. Nach Behandlung mit Semicarbazid steigt die Thermostabilität der Fasern bei

200° C auf mehr als das Doppelte. Ihre Wärmebeständigkeit macht bei dieser Temperatur 24 bis 31 Prozent aus, während die konventionelle Faser dabei praktisch keine Festigkeit mehr aufweist. Die Dauerbiegefestigkeit steigt sogar fast auf das Dreifache an. Röntgen-, akustische, dilatometrische und andere Untersuchungen von auf diese Weise modifizierten Kapron®-Fasern haben gezeigt, daß das Semicarbazid im Verlauf der Behandlung die Kristallisation „amorpher“ Segmente des Makromoleküls begünstigt. Der Ordnungsgrad und die Dichte der Fasern steigen dabei an.

Die geschilderten Untersuchungen zeigen, daß es verschiedene Wege der Anwendung chemischer Reaktionen zur Modifizierung der Eigenschaften von Polyamidfasern gibt. Tiefer-

Tabelle 8: Eigenschaften der mit 40%iger Semicarbazidlösung modifizierten Kapron®-Faser

Probennummer	Behandlungsbedingungen		Festigkeit bei 20° C (p/tex)	akust. Modul (kp/mm ²)	Thermoständigkeit 2 Std. bei 200° C (%)	Festigkeit bei 200° C (%)	Lichtbeständigkeit (%)*	Dichte (g/cm ³)	Dauerbiegezahl **	Kristallinitätsgrad
	Temperatur (° C)	Dauer (h)								
1.	unbehandelte Kapron®-Faser		60,0	820	18,9	3,0	60,2	1,1470	11 000	0,434
2.	80	5	60,0	780	21,7	–	53,1	1,1530	22 100	–
3.	80	10	54,0	760	28,7	–	54,5	1,1535	23 500	–
4.	100	5	62,2	710	42,3	31,2	72,4	1,1525	25 200	0,475
5.	100	10	62,2	720	40,0	24,6	73,4	1,1530	23 700	0,480
6.	100	20	62,3	720	50,0	–	80,0	–	27 500	–

Anmerkung: * Restfestigkeit nach Bestrahlung mit einer Quecksilberquarzlampe PRK-2 (20 Std. bei 40° C) in % der Anfangsfestigkeit

** Anzahl der Zyklen bis zum Bruch bei einer Belastung von 0,5 kg/mm²

gehende Untersuchungen auf diesem Gebiet werden es erlauben, die Eigenschaften dieser im großen Maßstab erzeugten synthetischen Faser zu verbessern und Mängel, wie schlechte hygienische Eigenschaften, elektrostatische Aufladbarkeit, Kriechen u. a., zu beseitigen.

Literatur:

- 1) A. Ch. Chakimow, G. I. Kudrjawzew, E. A. Wassiljewa-Sokolowa; Chim. Volokna (Chemiefasern – russ.) Nr. 6, 29 (1963)
- 2) A. Ch. Chakimow, M. W. Schablygin, N. V. Michailow; Chim. Volokna (Chemiefasern – russ.) Nr. 2, 25 (1969)
- 3) E. A. Wassiljewa-Sokolowa, A. A. Semerowa, A. A. Rogowina; Chim. Volokna (Chemiefasern – russ.) Nr. 3, 66 (1970)
- 4) A. A. Konkin; Lenzinger Berichte Nr. 26, 33 (1968)
- 5) A. S. Semenowa, E. A. Wassiljewa-Sokolowa, N. W. Michailow, G. I. Kudrjawzew; Chim. Volokna (Chemiefasern – russ.) Nr. 5, 24 (1970)
- 6) D. M. Gates; Analytic. Chem. 34, 25 (1962)
- 7) G. I. Kudrjawzew; Dissertation 1966
- 8) A. W. Tokarew, G. I. Kudrjawzew; Chim. Volokna (Chemiefasern – russ.) 6, Nr. 5, 850 (1964)
- 9) L. W. Kut'ina, L. S. Solowjewa, G. I. Kudrjawzew; Chim. Volokna (Chemiefasern – russ.) Nr. 2, 20 (1968)
L. W. Kut'ina, G. I. Kudrjawzew; Sammelwerk „Chemiefasern“, Verlag „Chimija“, 1970
- 10) L. W. Kut'ina, A. G. Shigotzkij, G. I. Kudrjawzew; Chim. Volokna, Nr. 1, 56 (1969)

Eigenschaften von mit Acrylsäure gepfropften Polypropylenfasern

W. Tsuji, T. Ikeda, M. Hamanaka und Y. Ikeda
 Institut für Chemieforschung der Universität Kyoto, Japan

Es werden einige Eigenschaften von Polypropylenfasern geprüft, die mit Acrylsäure unter Einwirkung von Kobalt-60-Gammabestrahlung gepfropft und mit Natrium- oder Kaliumsalzlösungen bzw. mit NH_4Cl oder mit Tris-(1-aziridinyl-)phosphinoxid (APO) nachbehandelt wurden.

Die Kraft-Dehnungseigenschaften blieben durch diese Behandlung nahezu unverändert. Der Hitzeschrumpf zeigte sich stark vermindert, und der scheinbare Schmelzpunkt wurde durch das Pfropfen und die Nachbehandlung deutlich erhöht.

Durch die Nachbehandlung mit Natriumsalz nach der Pfropfung wurde das Feuchtigkeitsaufnahmevermögen und die Anfärbbarkeit vergrößert, die Tendenz zu elektrischer Aufladung durch Reibung merklich verringert, während die Naßdehnung, die Heißfixierbarkeit und die Dimensionsstabilität im nassen Zustand fast unverändert blieben.

Ferner wurden der Feuchtigkeitsgehalt, das Wasseraufnahmevermögen sowie Hitze- und Lichtbeständigkeit der mit Acrylsäure gepfropften und mit verschiedenen Metallsalzlösungen nachbehandelten Fasern geprüft. Durch Erhitzen in 100°C heißer Luft während 70 Stunden oder nach Sonnenlichteinwirkung während 135 Stunden wurde die Reißfestigkeit derart behandelte Fasern ebenso stark wie von Original- bzw. mit Acrylsäure gepfropften Fasern vermindert. Durch die Behandlung mit APO-Lösung nach dem Pfropfen wurde überraschenderweise sowohl die Hitze- als auch die Lichtbeständigkeit verbessert.

EINLEITUNG

Synthetische Fasern haben im allgemeinen viele wünschenswerte Eigenschaften; die geringe Wasseraufnahmefähigkeit birgt jedoch für einige Verwendungszwecke Nachteile in sich. Einige synthetische Fasern haben einen relativ niedrigen Schmelzpunkt oder werden schon bei niedrigen Temperaturen weich, was ihre praktische Verwendbarkeit einschränkt. Ein sehr wichtiges Problem besteht also darin, die Wasseraufnahmefähigkeit gewisser synthetischer Fasern zu verbessern und ihren Schmelzpunkt hinaufzusetzen.

Hinsichtlich dieser Schwierigkeiten berichtete E. E. Magat und Mitarbeiter¹ über das sehr interessante Ergebnis, daß man Nylon 66 durch Pfropfung mit Acryl- bzw. Maleinsäure sowie durch Nachbehandlung mit bestimmten wässrigen Metallsalzlösungen eine höhere Feuchtigkeitsaufnahme, gute Naßknetterholung, geringe elektrische Aufladung und einen hohen scheinbaren Schmelzpunkt verleihen kann; genauere praktische Eigenschaften dieser Fasern wurden allerdings noch nicht beschrieben.

Ursprünglich hatten wir Versuche über die chemische Modifizierung von hydrophilen Fasern wie Baumwolle oder Polyvinylalkoholfasern durch Pfropfcopolymerisation durchgeführt und waren später aus dem oben angeführten Grund dazu übergegangen, hydrophobe Fasern zu pfropfen. Daraufhin wurde dann die von E. E. Magat entwickelte, äußerst interessante Methode an Polypropylen- und Polyvinylchloridfasern erprobt, um den Einfluß dieser Behandlung auf die Fasereigenschaften genauer zu untersuchen.

Einige Ergebnisse in bezug auf Festigkeit, thermisches Verhalten und hygroskopische Eigenschaften der mit Acrylsäure gepfropften und mit wässrigen Metallsalzlösungen nachbehandelten Polypropylen- und Polyvinylchloridfasern wurden bereits veröffentlicht².

Die Pfropfcopolymerisation mit Acrylsäure wurde mit Kobalt-60-Gammastrahlung durchgeführt, und die gepfropften Fasern

Some properties of polypropylene fibers were examined, which are grafted with acrylic acid using Co-60 γ -ray irradiation and aftertreated with the solutions of Na or Ca salts, NH_4Cl or tris-(1-aziridinyl-)phosphine oxide (APO).

The tensile properties were almost unchanged by those treatments. The heat-shrinkage was remarkably decreased and the apparent melting-point was highly elevated by the grafting and aftertreatment.

By the Na-salt treatment after grafting, moisture-regain and dyeability were increased and frictional electricity was remarkably suppressed, while the wet-tensile strength, heat-settability and dimension-stability in wet-state were almost unchanged.

Furthermore, the moisture-regain, water-absorbency and heat- or light-deterioration were examined of the polypropylene fibers, grafted with acrylic acid and aftertreated with solutions of many kinds of metal salts. By heating in air of 100°C , for 70 hrs. or exposure to sun-light for 135 hrs., the tensile-strength of those treated fibers was decreased to the value of the original polypropylene fibers or the grafted fibers. After a treatment with APO solution after grafting, both heat- and light-resistance were surprisingly improved.

wurden mit wässrigen Lösungen von Natriumcarbonat, Calciumacetat, Ammoniumchlorid oder Tris-(1-aziridinyl)phosphinoxid (APO) nachbehandelt. Trockene wie nasse Reiß- und Knotenfestigkeit blieben durch das Pfropfen und die Nachbehandlung fast unverändert, während die Neigung der Fasern zum Schrumpfen in der Hitze bedeutend herabgesetzt und der scheinbare Schmelzpunkt durch diese Behandlung entsprechend hinaufgesetzt wurde. So schrumpften zum Beispiel die zu 25% gepfropften und nachbehandelten Polypropylenfasern nicht mehr als 10% und rissen erst bei 200°C oder darüber (Abb. 1).

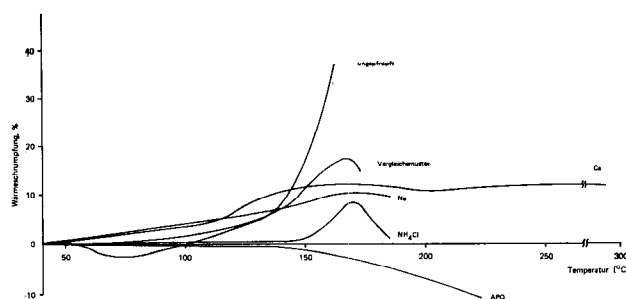


Abb. 1: Wärmeschrumpfung der zu 25,3% mit Acrylsäure gepfropften, nachbehandelten Polypropylenfasern

Durch die Pfropfung mit Acrylsäure sowie durch die Nachbehandlung mit Natriumsalz erhöhten sich Feuchtigkeitsaufnahmevermögen und Anfärbbarkeit der Polypropylenfaser erheblich, und die Bildung von Reibungselektrizität wurde stark unterbunden, während Reißfestigkeit, Modul und Dimensionsstabilität im nassen Zustand nicht absanken.

Danach führten wir ähnliche Untersuchungen mit Acrylsäure und vielen anderen Nachbehandlungsmitteln an Polypropylenfasern durch, um genaue Daten über das Verhalten, beispielsweise hinsichtlich Hitze- und Lichtbeständigkeit, zu erhalten. Die Beständigkeit der Polypropylenfaser gegen Licht und Hitze ist derzeit noch unzureichend. Außerdem entdeckte Gagliardi³, daß bei Behandlung der Polypropylenfasern mit einer geeigneten Phosphor-, Schwefel- oder Carbonsäureverbindung bzw. mit Metallsalzen keine so starke Herabsetzung der Reißfestigkeit durch Hitze einwirkung bzw. nach Belichtung mit einem Fade-Ometer erfolgt.

Allerdings wurde in der UdSSR⁴ festgestellt, daß die Lichtbeständigkeit der Polypropylenfaser durch Pfropfung mit Acrylnitril, mit Methylvinylpyridin oder mit Acrylsäure bedeutend verbessert wurde, obwohl die Hitzebeständigkeit (bei 100° C in Luft) durch die Pfropfreaktion eher vermindert wird. In dieser Arbeit wurde jedoch die Wirkung der Metallsalzbehandlung nach der Pfropfung nicht untersucht.

VERSUCHE

1. Pfropfcopolymerisation von Acrylsäure (AA) auf Polypropylen-gewebe (PP) und Monofilamente

Nach einer Vorbestrahlung mit Cobalt-60-Gammastrahlen im Vakuum (Strahlungsintensität 7,71x10⁴ r/h; Gesamtbestrahlung 1,54x10⁵ r) wurden Gewebe mit einer wäßrigen Acrylsäurelösung bzw. Monofilamente mit einer Wasser-Dioxanlösung (30/70 Gew.-%) versetzt und in einem Vakuum von 10⁻⁴ mm Quecksilbersäule hitzopolymerisiert. Das Homopolymere wurde durch Waschen mit Leitungswasser entfernt. Das Verhältnis Gewichtszunahme zu ursprünglichem Gewicht der Probe wurde als Pfropfprozentsatz angesetzt.

2. Nachbehandlung der gepfropften Polypropylenfasern

Mit Acrylsäure gepfropfte Polypropylen-gewebe wurden eine Stunde lang bei 60° C mit einer 1%igen wäßrigen Natriumcarbonatlösung behandelt. Anschließend wurden die Gewebe eine Stunde bei 60° C mit 1%igen wäßrigen Lösungen von verschiedenen Metallacetaten behandelt.

Bei Aluminium und Zinn, deren Acetate in Wasser schwer bzw. unlöslich sind, verwendete man Al (CH₃COO)₃ + Al₂(SO₄)₃ bzw. SnCl₄. Monofilamente wurden mit 5%igen Lösungen bei 80° C eine Stunde lang behandelt. Durch diese Nachbehandlung wurden die Carboxylgruppen auf den Pfropfketten in Metallsalze umgewandelt.

Im Falle der Nachbehandlung mit Tris-(1-aziridinyl)phosphin-oxid wurden die mit Acrylsäure gepfropften Polypropylenfasern mit einer Dimethylformamidlösung von APO und Zn (BF₄)₂ als Katalysator bei Zimmertemperatur ca. 15 bis 20 Stunden lang imprägniert (bei Gewebe war die Aufnahme ca. 100%, bei Monofilamenten wurde sie nicht bestimmt), 10 Minuten lang bei 120° C gehärtet und dann nach einer ebenfalls 10 Minuten währenden Trocknung bei 90° C gründlich mit Wasser gespült. Die Gewichtszunahme nach der Trocknung wurde als APO-Anlagerung gewertet.

Tabelle 1: Feuchtigkeitsaufnahme von mit Acrylsäure gepfropften und mit Metallsalzen nachbehandelten Polypropylen-geweben (in Prozent)

Type	Metallsalz	P f r o p f u n g (in Prozent)		
		9,6-10,4	15,2-16,6	21,6-22,1
PA	-	1,2	2,8	3,3
PA (Na)	Na ₂ CO ₃	3,1	14,3	18,9
PA (Mg)	Mg (OAc) ₂	-	6,4	5,6
PA (Al)	Al (OAc) ₃ -Al ₂ (SO ₄) ₃	1,2	4,4	5,2
PA (Ca)	Ca (OAc) ₂	1,7	5,5	6,6
PA (Ni)	Ni (OAc) ₂	1,9	4,9	7,3
PA (Cu)	Cu (OAc) ₂	3,3	3,2	5,2
PA (Zn)	Zn (OAc) ₂	1,4	3,9	5,0
PA (Zr)	Zr (OAc) ₂	2,9	2,6	-
PA (Cd)	Cd (OAc) ₂	1,3	4,9	5,2
PA (Sn)	SnCl ₄	1,1	4,1	6,5
PA (Ba)	Ba (OAc) ₂	1,0	4,6	5,0
PA (Pb)	Pb (OAc) ₂	0,9	2,9	6,6

3. Scheinbarer Schmelzpunkt

Die Probe wurde unter leichter Belastung (0,7 g) mit einer Geschwindigkeit von 5° C/min erhitzt, und die Temperatur, bei der die Faser riß, wurde als scheinbarer Schmelzpunkt angenommen.

4. Dichte

Die Faserdichte wurde mittels Monochlorbenzol-Toluol- oder Tetrachlorkohlenstoff-Toluolgemischen, in denen die Fasern in Schwebe gehalten werden, bei 30° C bestimmt.

5. Feuchtigkeitsaufnahme

Nach dem Trocknen bei 40° C unter Vakuum wurde die Probe bei 20° C 100 Stunden bei einer relativen Feuchtigkeit von 65% gelagert, und die Gewichtszunahme wurde dann bestimmt.

6. Wasserabsorption

Die Probe wurde 24 Stunden in Wasser von 30° C getaucht, und die Gewichtszunahme wurde bestimmt, nachdem das überschüssige Wasser von der Oberfläche mit Filterpapier entfernt worden war.

7. Hitzebeständigkeit

Die Probe wurde mehrere Stunden hindurch von einem Luftzirkulationstrockner bei 100° C erhitzt, dann wurde die Reißfestigkeit des Kettgarns bestimmt.

8. Lichtbeständigkeit

Das Probegewebe wurde dem Sonnenlicht bzw. dem Licht einer Xenonlampe über verschiedene Zeitabstände ausgesetzt, und nach jeder Belichtung wurde die Reißfestigkeit des Kettgarns bestimmt.

ERGEBNISSE UND BESPRECHUNG

1. Eigenschaften der nach dem Aufpfropfen von Acrylsäure mit Metallsalzen nachbehandelten Polypropylenfasern

a) Feuchtigkeitsaufnahme und Wasserabsorption

Die Feuchtigkeitsaufnahme der mit verschiedenen Metallsalzen nachbehandelten gepfropften Polypropylen-gewebe ist in Tabelle 1 sowie in Abbildung 2 dargestellt. Es fällt auf, daß die mit Na₂CO₃ behandelten Proben eine besonders hohe Feuchtigkeitsaufnahme aufweisen. Ähnliches Verhalten zeigen sie auch bezüglich der Wasserabsorption (Abb. 3).

Polypropylen-gewebe, die zu 10 bis 15% mit Acrylsäure gepfropft und mit Na₂CO₃ nachbehandelt wurden, haben das gleiche Feuchtigkeitsaufnahmevermögen und die gleiche Wasserabsorption wie Baumwolle.

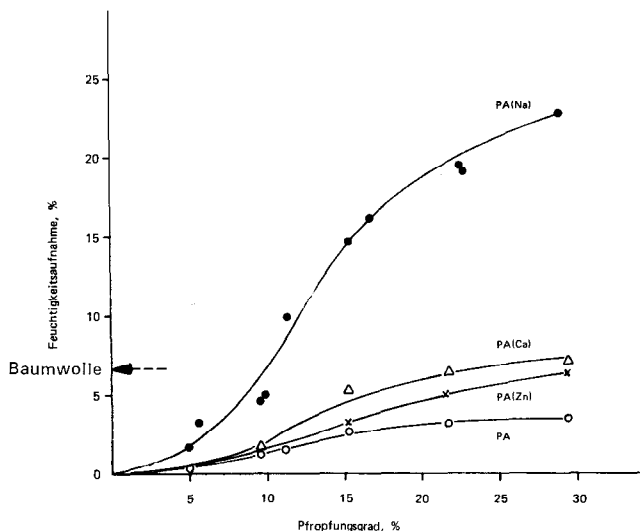


Abb. 2: Feuchtigkeitsaufnahme eines Polypropylen-gewebes, das mit Acrylsäure gepfropft und mit Metallsalz nachbehandelt wurde

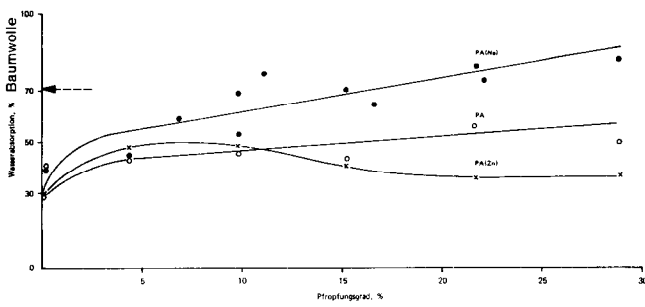


Abb. 3: Wasserabsorption von mit Acrylsäure gepfropften und mit Metallsalzen nachbehandelten Polypropylengeweben

b) Dichte

Obwohl die Faserdichte durch das Pfropfen mit Acrylsäure sowie durch die Behandlung mit Metallsalzen zunimmt, haben die modifizierten Fasern immer noch eine geringere Dichte als viele andere Textilfaserarten, was aus Abbildung 4 hervorgeht.

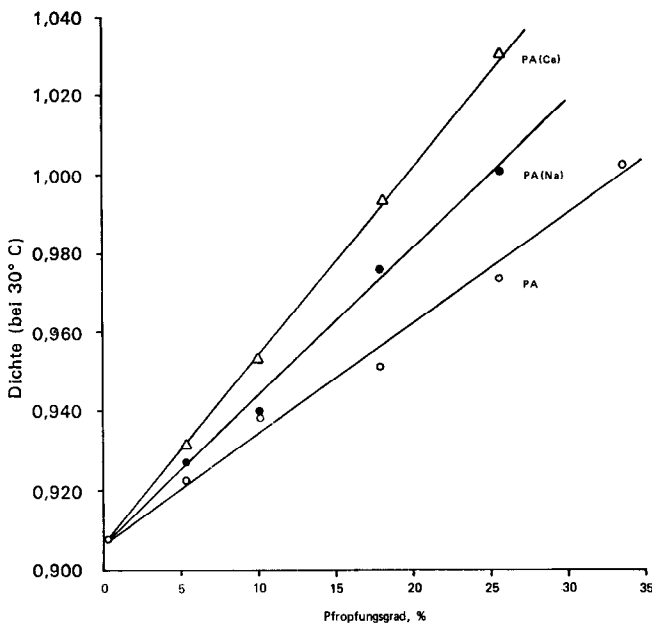


Abb. 4: Dichte eines mit Acrylsäure gepfropften und mit Metallsalz nachbehandelten Polypropylenmonofilaments

c) Scheinbarer Schmelzpunkt

Wie aus Abbildung 5 deutlich wird, wurde der scheinbare Schmelzpunkt (die Reißtemperatur) durch das Pfropfen mit Acrylsäure und vor allem durch die Nachbehandlung mit Metallsalzen bedeutend erhöht.

d) Hitzebeständigkeit

Das Polypropylenmolekül besitzt eine Anzahl von tertiären Kohlenstoffatomen in seiner Hauptkette, die von Sauerstoff leicht angegriffen werden können; daher ist der Widerstand des Polypropylens gegen Oxidation ziemlich unzureichend. Bekanntlich wird die Oxidation durch Hitze und Licht noch beschleunigt. Für die Praxis ist es freilich unerwünscht, wenn eine Faser dazu neigt, durch Hitze- oder Lichteinwirkung an Qualität zu verlieren. Daher ist es interessant und wichtig, die Wirkung der chemischen Modifizierung auf die Hitze- und Lichtbeständigkeit der Polypropylenfaser zu untersuchen.

Die Auswirkung der Pfropfung mit Acrylsäure auf die Hitzebeständigkeit der Polypropylenfaser ist in Abbildung 6 dargestellt.

Mit der Zunahme des Pfropfgrades wird, wie früher schon berichtet⁴, der Verlust an Reißfestigkeit bei Einwirkung von Hitze eher größer.

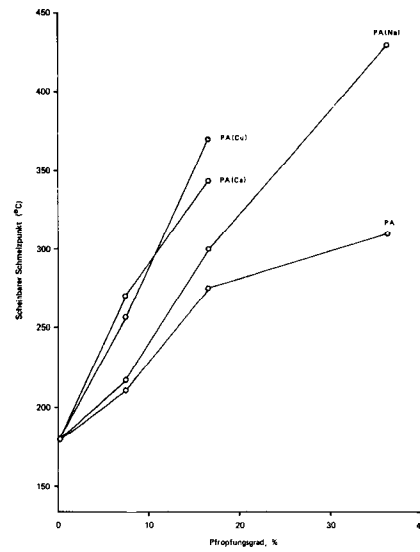


Abb. 5: Scheinbarer Schmelzpunkt eines mit Acrylsäure gepfropften und mit Metallsalz nachbehandelten Polypropylenmonofilaments

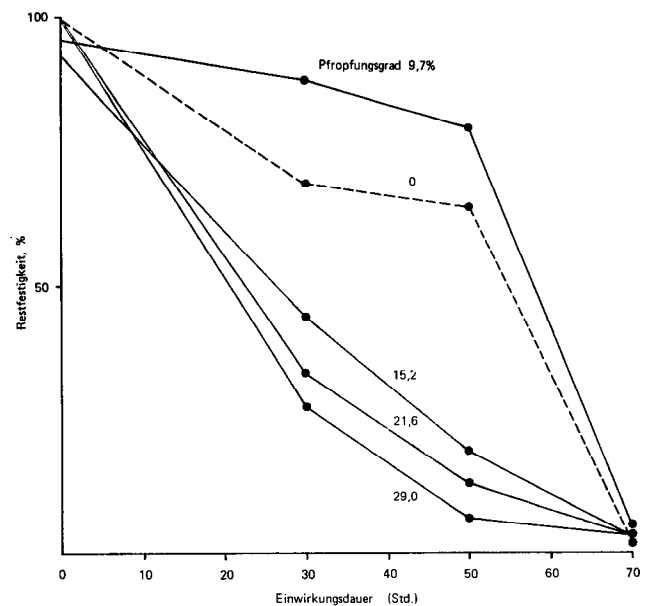


Abb. 6: Kettreißfestigkeit des mit Acrylsäure gepfropften Polypropylen-gewebes nach einer Hitzeinwirkung von 100° C

Dann wurde die Auswirkung der Metallsalznachbehandlung auf mit Acrylsäure gepfropfte Polypropylenstoffe untersucht, die einen Pfropfgrad von 10, 15 bzw. 22% aufwiesen. Als typisches Beispiel hierfür werden in Abbildung 7 die Ergebnisse für ein Gewebe mit 16%iger Aufpfropfung gezeigt. Calcium-, Zink-, Barium- und Nickelsalze wirken schützend. Kupfer-, Kobalt-, Mangan- und Chromsalze zeigten stark nachteilige Wirkungen und scheinen in Abbildung 7 nicht auf.

Bei ca. 10%iger Pfropfung war die Wirkung der Nachbehandlung mit Metallsalzen nicht zu erkennen, und bei 22%iger Pfropfung war sie beinahe dieselbe wie bei der 16%igen, wie dies in Abbildung 8 für Calciumsalze dargestellt ist.

e) Lichtbeständigkeit

Die Reißfestigkeit des Kettgarns von Polypropylengeweben, die mit Acrylsäure gepfropft und mit Metallsalzen behandelt worden waren, wurde nach 135 Stunden dauernder Sonnenbelichtung gemessen. Das Ergebnis einer zu 13% gepfropften Probe ist zum Vergleich hinsichtlich der Reißfestigkeit einer ursprünglichen nichtgepfropften Polypropylenprobe in Tabelle 2 dargestellt.

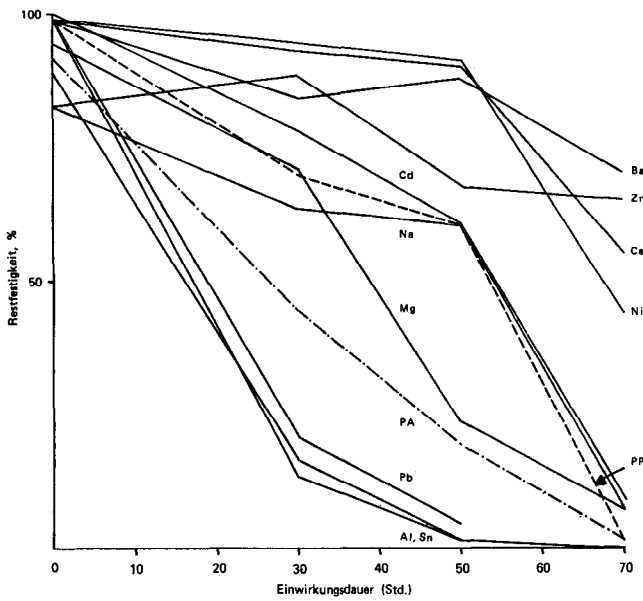


Abb. 7: Beibehaltung der Kettreißfestigkeit eines mit Acrylsäure gepfropften und mit Metallsalz nachbehandelten Gewebes nach Hitzeinwirkung von 100° C (bei 15,2–16,6% Pfpfung)

Tabelle 2: Wirkung des Sonnenlichtes auf die Kettreißfestigkeit von mit Acrylsäure gepfropftem und mit Metallsalzen nachbehandeltem Polypropylengewebe (bei 12,6–13,5% Pfpfung)

Type	Metallsalz	Sonnenlichteinwirkung	
		0 Std.	135 Std.
PP (orig.)	–	100	29,4
PA	–	73	1,5
PA (Na)	Na ₂ CO ₃	89	3,7
PA (Mg)	Mg (OAc) ₂	90	1,4
PA (Al)	Al (OAc) ₃ +Al ₂ (SO ₄) ₃	75	2,2
PA (Ca)	Ca (OAc) ₂	89	1,3
PA (Ni)	Ni (OAc) ₂	88	8,3
PA (Zn)	Zn (OAc) ₂	90	1,7
PA (Zr)	Zr (OAc) ₂	74	1,3
PA (Cd)	Cd (OAc) ₂	82	1,4
PA (Sn)	SnCl ₄	63	1,2
PA (Ba)	Ba (OAc) ₂	85	2,1
PA (Pb)	Pb (OAc) ₂	87	3,3

Bei unseren früheren Arbeiten entdeckten wir, daß durch die Behandlung mit APO nach der Pfpfung mit Acrylsäure die Knittererholung bei Baumwollgeweben⁵ sowie die thermischen Eigenschaften der Polypropylenfaser² beachtlich verbessert wurden (siehe Abbildung 1).

Weiters untersuchten wir nach der Pfpfung mit Acrylsäure die Wirkung einer APO-Behandlung auf die Hitze- und Lichtbeständigkeit sowie auf andere Eigenschaften der Polypropylenfaser.

Abbildung 9 zeigt eine Beziehung zwischen der Konzentration der APO-Lösung und der Gewichtszunahme des behandelten Polypropylengewebes bei verschieden starker Pfpfung. Die Gewichtszunahme des ursprünglichen, nichtgepfropften Polypropylengewebes durch APO-Behandlung ist gering. Andererseits ist die Gewichtszunahme bei gepfropften Geweben ziemlich hoch. Obwohl es schwierig ist, die genaue chemische Struktur zu bestimmen, die sich durch die Reaktion der Acrylsurepfropfkette mit APO ergibt, schtzt man aus dem Prozentsatz des Pfpfens und der Gewichtszunahme auf Grund der APO-Behandlung, daß zwei thyleniminringe von drei APO-Molekülen mit den Carboxylgruppen der Pfpfketten reagieren könnten, und zwar in Form einer molekularen Vernetzung.

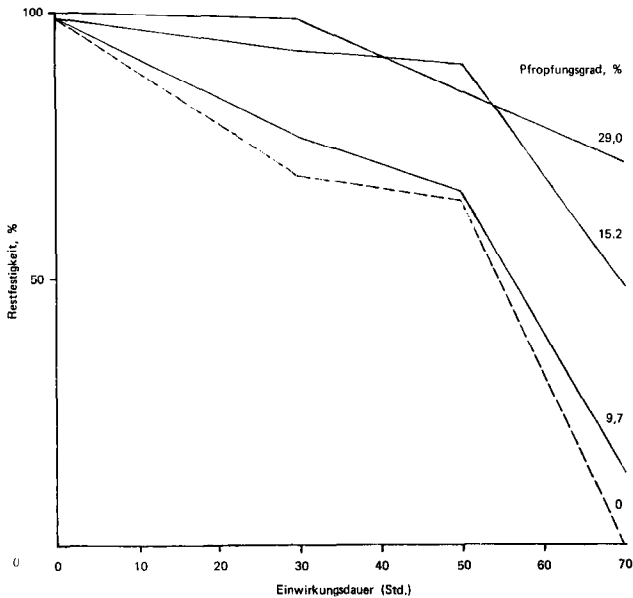


Abb. 8: Kettreißfestigkeit von mit Acrylsäure gepfropftem und mit Ca (OAc)₂ nachbehandeltem Polypropylengewebe nach Hitzeinwirkung von 100° C

Es fällt dabei auf, daß die mit Acrylsäure gepfropften oder mit Metallsalzen nachbehandelten Proben eine viel geringere Lichtbeständigkeit aufweisen als nichtbehandeltes Polypropylen. An den zu 8 bzw. zu 20% gepfropften Proben wurden ähnliche Untersuchungen durchgeführt, aber die Werte waren fast dieselben wie bei 13%iger Pfpfung.

Weiters wurden auch Untersuchungen mit Xenonlampen durchgeführt, und man fand dieselbe Tendenz wie bei Einwirkung von Sonnenlicht.

2. Eigenschaften von Polypropylenfasern, die nach der Acrylsurepfpfung mit APO behandelt wurden

Wie bereits berichtet, fand Gagliardi³, daß Polypropylenfasern, die mit Butylsurephosphat und Metallacetaten behandelt wurden, bei Nickel-, Cadmium-, Chrom- oder Zinkacetaten eine verbesserte Licht- und Hitzebeständigkeit aufweisen. Es ist allgemein bekannt, daß APO, das phosphorhltig ist, der Zellstofffaser flamm- und knitterfeste Eigenschaften verleiht.

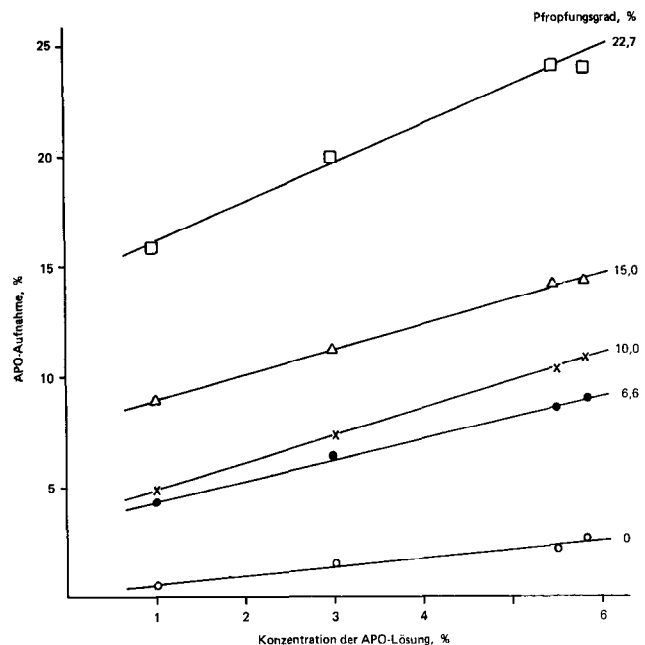


Abb. 9: Gewichtszunahme des mit Acrylsäure gepfropften Polypropylengewebes durch Behandlung mit APO

a) Feuchtigkeitsaufnahme

Die Feuchtigkeitsaufnahme von Polypropylenstoffen, die nach der Pflropfung mit Acrylsäure mit APO behandelt wurden, ist in Abbildung 10 dargestellt. Durch die APO-Nachbehandlung wird die Wasserabsorption des gepflropften Polypropylens beträchtlich erhöht.

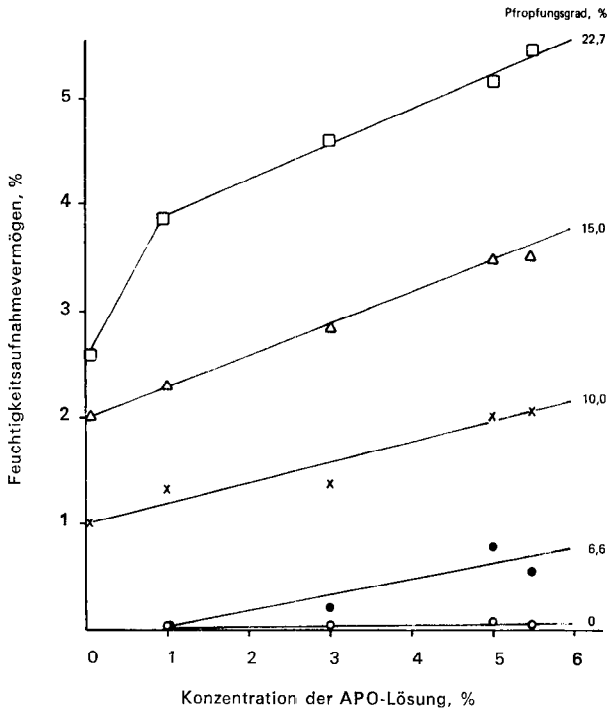


Abb. 10: Wasseraufnahme des mit Acrylsäure gepflropften und mit APO nachbehandelten Polypropylenmonofilaments

b) Dichte

Die Dichtewerte für Polypropylenmonofilamente, die mit Acrylsäure gepflropft und mit einer 5%igen APO-Lösung nachbehandelt wurden, sind in Abbildung 11 zu sehen, zusammen mit den nicht mit APO behandelten Proben.

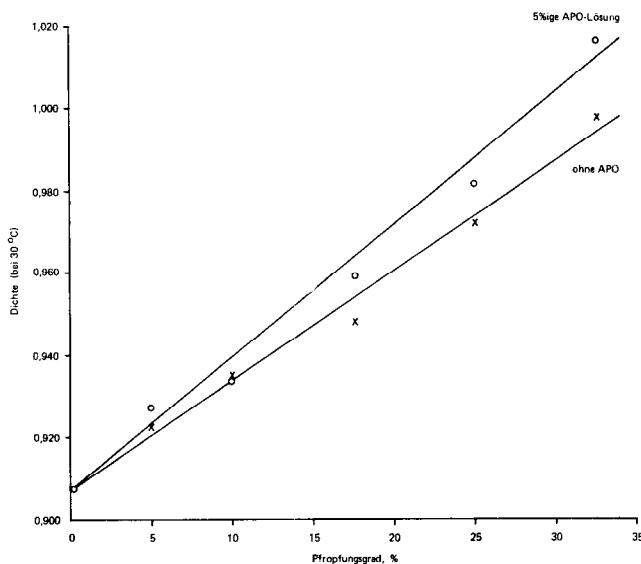


Abb. 11: Dichte des mit Acrylsäure gepflropften und mit APO nachbehandelten Polypropylenmonofilaments

c) Hitzebeständigkeit

Wie Abbildung 12 zeigt, wird die Hitzebeständigkeit der ungepflropften Polypropylenfaser durch die APO-Nachbe-

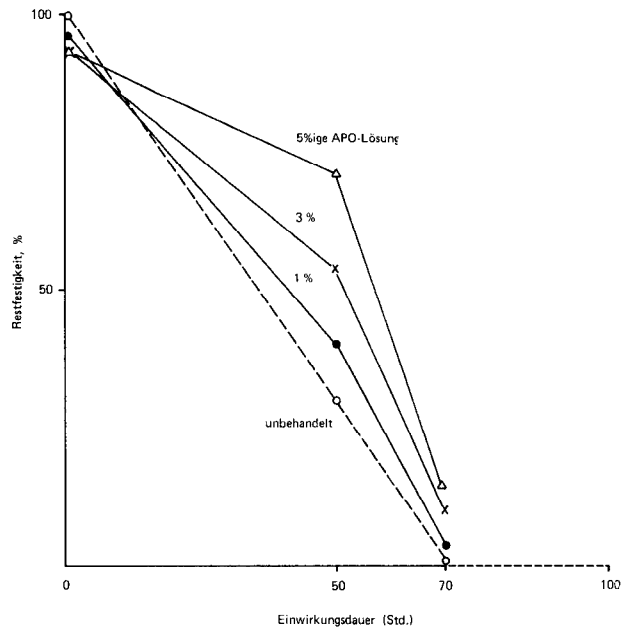


Abb. 12: Kettreißfestigkeit von mit APO behandeltem Polypropylen-gewebe nach Hitzeinwirkung von 100° C

handlung etwas erhöht. Aber nach einer 70stündigen Erhitzung auf 100° C hat sie ihre Reißfestigkeit fast verloren, vielleicht hauptsächlich wegen der geringen Menge an APO-Anlagerung. Wenn andererseits die mit Acrylsäure gepflropfte Polypropylenfaser mit APO nachbehandelt wird, wird die Hitzebeständigkeit (siehe Abbildung 13) bedeutend verbessert, besonders bei 15%iger Pflropfung. Der Einfluß der APO-Konzentration ist dabei nur gering. Selbst wenn stärker gepflropft wird (z. B. bis zu 22,7%), ist das Ergebnis fast dasselbe wie bei einer 15%igen Pflropfung.

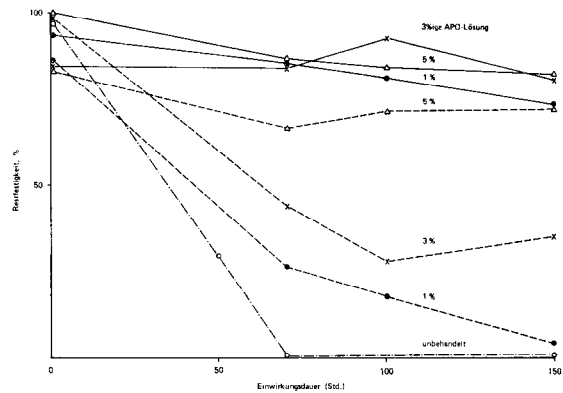


Abb. 13: Kettreißfestigkeit von mit Acrylsäure gepflropftem und mit APO nachbehandeltem Polypropylen-gewebe nach Hitzeinwirkung von 100° C
Pflropfungsgrad in % — 15,5
..... 6,6

d) Lichtbeständigkeit

Wie bei der Hitzebeständigkeit wird auch die Stabilität gegenüber Sonnenlicht durch die APO-Behandlung kaum verbessert, wohl aber zeigt die mit Acrylsäure gepflropfte Polypropylenfaser nach Behandlung mit APO stark verbesserte Sonnenlichtbeständigkeit, vor allem, wenn über 10% gepflropft wird (Tab. 3). Für die Einwirkung von Xenonlampenlicht gilt dasselbe.

Die Hitze- und Lichtbeständigkeit ist bei einem Gewebe, auf das ungefähr 15% Acrylsäure aufgefropft wurden, am günstigsten, und dessen Griff, Anfärbbarkeit und Reißverhalten sind fast wie bei ungepflropften Polypropylen-geweben.

Tabelle 3: Beibehaltung der Reißfestigkeit von mit Acrylsäure gepropften und mit APO nachbehandelten Polypropylengeweben, nachdem sie verschieden lang dem Sonnenlicht ausgesetzt waren

Propfung (in %)	Konzentration d. APO-Lösung (in %)	Sonnenlichteinwirkung		
		0 Std.	n. 135 Std.	n. 280 Std.
0	—	100	29	2,7
0	1	97	30	6,3
	3	94	44	12,9
	5	94	46	14,8
	5,5	99	44	18,5
6,6	1	87	46	26,5
	3	101	62	33,8
	5	83	79	59,5
	5,5	82	84	56,1
10,0	1	106	61	39,4
	3	94	73	61,6
	5	98	83	79,2
	5,5	97	89	78,0
15,0	1	94	65	53,5
	3	85	82	81,8
	5	104	90	87,5
	5,5	108	96	89,1
22,7	1	106	66	62,1
	3	87	69	61,0
	5	88	78	67,6
	5,5	91	84	81,8

Zusammenfassung

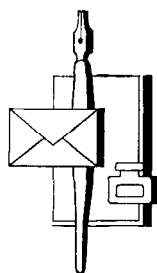
Ich glaube nicht, daß diese modifizierten Polypropylenfasern unmittelbar in den Handel kommen werden. Der Mechanismus des Effektes dieser chemischen Nachbehandlung auf die thermische und die Lichtstabilität müssen geklärt werden, obwohl dazu noch sehr viele zusätzliche Untersuchungen, wie beispielsweise thermische Analysen, gemacht werden müssen. Die Einsatzgebiete von Textilfasern sind sehr verschiedenartig.

Daher müssen auch die Eigenschaften von neuen Fasern von verschiedenen Standpunkten aus entsprechend ihrer Endverwendung genügend überprüft werden, bevor sie tatsächlich praktisch eingesetzt werden können. Heute habe ich Ihnen nur die Ergebnisse, die wir im Labor erhielten, vorgetragen. Bedenkt man, daß die Hauptmerkmale der Fasern in der zweiten Generation aus den verschiedensten Modifikationen bestehen, so halte ich es für bedeutend und ermutigend, zeigen zu können, daß sogar durch relativ einfache chemische Behandlungen eine Möglichkeit besteht, die Fasereigenschaften beachtlich zu verbessern.

Literatur:

- 1) E. E. Magat, I. K. Müller, D. Tanner und J. Zimmermann; J. Polymer Sci. c, Nr. 4, 615 (1963); D. Tanner (für DuPont); USP 2,999.056 vom 5. 9. 1961
- 2) W. Tsuji, T. Ikeda und Y. Kurokawa; Bull. Inst. Chem. Res., Univ. Kyoto 45, 87 (1967); J. Soc. Fibre Sci. Tech., Japan, 23, 327, 335 (1967)
- 3) D. D. Gagliardi; Amer. Dyest. Repr. 54, P 472 (1965); USP 3,298.861 (1967); CA 66, 66676 u (1967)
- 4) Jung-Jui Wu, A. A. Konkin und Z. A. Rogovin; Khim. Volokna Nr. 6, 14 (1964); R. M. Moncrieff; The International Dyer and Textile Printer, 546 (vom 2. 4. 1965)
- 5) W. Tsuji; Annual Report Inst. Chemical Fibres, Univ. Kyoto 27, 39 (1970)

moderne bürotechnik



robert streit

WIEN · AMSTETTEN · LINZ

Alle Büromaschinen
Sämtlichen Bürobedarf
Schreibwaren
Moderne Büromöbel und Registraturen
Papier und Schulartikel
Spezial-Reparaturwerkstätte

Diskussion

Albrecht: Thank you very much for your paper, in which you showed that it is very interesting to look also for other kinds of fibermodifications and that it is possible to make polypropylene fibers, by changing their properties, suitable for textile purposes.

Knöpfel: Are these fibers produced on a pilot-plant-scale or have you already taken up production on a technical-scale. I imagine that you are going to have some problems with grafting times of half an hour.

Tsuji: We are still working on a laboratory-scale and we are not going into pilot plant-scale yet. We consider the results of our work rather as a model of a modification and do not think that this will directly go into production. As for the treating time of 30 minutes, of course, this is rather long but we hope to find some means to improve this point in the future.

Albrecht: Do you believe that it is possible to decrease the radiation-time to seconds?

Tsuji: By using a large instrument such as electronbeams we should be able to decrease the time of treatment considerably. Whether it will finally take some seconds or few minutes, we have no idea about this.

Philipp: In some of your figures you show the amount of grafted material. Was this amount determined just as a gain in weight or can you differentiate otherwise between really grafted material and homopolymer.

Tsuji: The amount of grafting was shown by weight-increase but we can differentiate between the grafted polymer and the homopolymer. You are right, a considerable amount of weight-increase is caused by the homopolymer.

Philipp: How do the fabrics behave during washing? If you have a lot of homopolymeric acrylic acid, you might get some loss of whiteness during washing. Have you made any experiments concerning the washability of these fabrics?

Tsuji: The weight-increase was measured after washing. We have chosen conditions under which very little homopolymer is formed. This was achieved by the preirradiation methods.

Philipp: Did you use washing conditions where you had a rather small amount of homopolymer?

Tsuji: No. The conditions for the grafting process were chosen so that the formation of the homopolymer was decreased.

Luksch: You showed in Figure 1 that the curve for the heat-shrinkage of APO-treated material reached negative figures. Does this mean that the fiber becomes longer?

Tsuji: Yes we observed an elongation.

Luksch: The strength-retention of your fibers after 40 hours of exposure to 100° C was only 50% of the original strength. We do not think that fibers of stabilized materials should perform so poorly. Could you tell us about the stabilization or was it unstabilized material?

Tsuji: All the stabilizers were removed before the experiments by extractions.

Luksch: Did you also use unstabilized material for the sunradiation tests? The strength-retention of unstabilized material after 135 hours exposure to sunlight is only 29%.

Tsuji: All polypropylene fibers which we worked with were first extracted with benzene and water. So we think that no stabilizer remained in the fiber.

Krässig: You showed a remarkable strength increase caused by radiation and grafting. I would assume that part of this increase in strength and also of the melting-point is due to the cross-linking of polypropylene. It is known that polypropylene cross-links under irradiation. You also observed a decrease in tenacity after exposure of your fibers to heat or light. I think, that this could be caused by radicals remaining in the material after polymerization. Have you thought of treating the material after grafting to destruct the radicals which are not consumed by grafting? Do you have any indications where in the fiber the grafted chains are located?

Tsuji: Under the conditions we have chosen we do not believe that any cross-linking takes place. We have not examined whether any radicals remain in the material after grafting but it could be possible.

Albrecht: Did you measure the viscosity of the polypropylene before and after irradiation?

Tsuji: No, we have not yet measured the viscosity before and after this treatment.

Juilfs: Sie schreiben, daß die modifizierten Fasern immer noch eine geringere Dichte als viele andere Textilfaserarten haben. Das ist zweifellos richtig. Mich interessiert aber der erhebliche Anstieg von 0,9 bis über 1 bei der Pflropfung. Welche strukturellen Veränderungen können eine solche Dichteveränderung verursachen. Die Vernetzung allein vermag ich nicht als Ursache für diesen hohen Zuwachs ansehen.

Tsuji: So far we have made the fibers and examined their properties. As far as the structure of the polypropylene itself is concerned we have hardly obtained any information yet. The change of the density, of course, may be caused by the polypropylene itself or by additives. We will have to do a lot of more work on this subject.

Albrecht: Do you have any information about the structure of the grafted polyacrylic material on the polypropylene. Do the grafted chains increase the tenacity of the polypropylene or does it only influence the fiber properties?

Tsuji: We are not quite sure in which way the polyacrylic acid is bound to the polypropylene.

Freytag: I wonder whether experiments have been run to measure the light-fastness and the temperature-fastness of the fibers after washing in hard water. You showed in your paper that calcium has a very bad influence on the light-fastness. During washing in hard water calcium may be fixed to the fibers and thereby influence this property.

Sprenkmann: Hat man bei der Veraschung von Mustern, die mit Metall-salzlösungen nachbehandelt wurden, festgestellt, wie hoch der Metall-anteil, bezogen auf Polypropylen, ist?

Tsuji: Yes, we have determined the amount of metal but I did not bring the data with me.

Sprenkmann: Das Einführen polarer Gruppen muß vor allem die physikalischen Eigenschaften des Polypropylens stark verändern. Zur Abschätzung des elektrischen Verhaltens der gepflropften und nachbehandelten Faser wäre es wohl aufschlußreich, etwas über die physikalischen Daten, besonders die Veränderung der Dielektrizitätskonstante und der Leitfähigkeit, zu hören.

Tsuji: We expect that the electric properties change markedly but we have not made any measurements in this respect yet.

Tsuji: Of course it could be possible that cations could be fixed to the chain. Detailed examinations of this influence have not been made yet.

Internationale Arbeitsteilung im Textilbereich und Zukunftsaussichten der EWG-Textilindustrie

Dr. Hans-Werner Staratzke

Gesamtverband der Textilindustrie in der BRD – Gesamttextil – e. V., Frankfurt/M., BRD

Die Textilindustrie der westlichen Industrieländer ist zwar in unterschiedlichem Ausmaß, in ihrer Gesamtheit jedoch stark außenhandelsverflochten. Das gilt sowohl für die Export- als auch für die Importseite. Diese Verflechtung ist nur zum Teil das Ergebnis einer auf echten Wettbewerbsvorteilen beruhenden internationalen Arbeitsteilung; zu einem anderen Teil wirkt sich noch eine Anzahl von wirtschafts- und handelspolitischen Faktoren aus, die in ihrer Summe nicht wettbewerbsneutral sind.

Für die zukünftige Entwicklung der Textilindustrie ist es entscheidend, daß alle Anstrengungen unternommen werden, gleichartige Wettbewerbsbedingungen im internationalen Handel zu schaffen.

Die Zukunftsaussichten der Textilindustrie sind auch von der Nachfrageseite her durchaus günstig. Bis etwa 1980 rechnet man zum Beispiel für die EWG mit einer knappen Verdoppelung des gegenwärtigen Marktvolumens.

Im Zuge dieser Entwicklung wird es nicht zu Produktionsengpässen kommen müssen, denn mindestens in gleichem Ausmaß dürfte auch in Zukunft die textilindustrielle Produktionskapazität wachsen. Es gehört zu den wichtigsten Aufgaben der Wirtschafts-, Handels- und Industriepolitik, mit die Voraussetzungen dafür zu schaffen, daß das Wachstum der Produktionskapazität in der Proportion der Nachfrageentwicklung bleibt, so daß weltweit Disproportionalitäten der textilindustriellen Produktionsstruktur vermieden werden können.

Gelegentlichen Äußerungen und Stellungnahmen von Wissenschaftlern und von Persönlichkeiten aus der EWG-Kommission und den Entwicklungsländern dahingehend, daß die Textilindustrie eine arbeitsintensive Industrie sei und deshalb – zumindest in Teilbereichen – vorzugsweise geeignet wäre, ihren Standort in den Entwicklungsländern zu suchen, muß entschieden entgegengetreten werden.

Es ist ein Irrglaube anzunehmen, daß die Textilindustrie in Europa arbeitsintensiv sei. Sie ist im Gegenteil in den letzten Jahren die kapital- und anlagenintensivste Industriegruppe geworden, die es überhaupt im Bereich aller Industriegruppen gibt. Aber auch andere Gründe sprechen gegen diese Auffassung der Verlagerung in Entwicklungsländer.

Es ist sicher nicht ganz selbstverständlich, daß bei einer internationalen Chemiefasertagung, die sich vornehmlich mit technologischen Problemen, mit Entwicklungstendenzen und mit Anwendungsfragen beschäftigt, ein wirtschaftspolitisches Thema behandelt werden soll und dann auch nicht speziell für den Chemiefaserbereich, sondern mit Schwerpunkt auf der Textilindustrie, für welche die Chemiefasern ein bedeutender Rohstoff sind. An sich halte ich dies für durchaus richtig, denn der Kreis der hier vornehmlich technisch orientierten Teilnehmer sollte immer wieder und laufend über die aktuellen ökonomischen Probleme derjenigen Industrie unterrichtet sein, die die Chemiefasern als Rohstoff in so vielfältiger Form verarbeitet. Die sogenannten internationale Arbeitsteilung auf dem weiten Feld des Textilgeschehens und damit natürlich verbunden die Zukunftsaussichten dieses großen Konsumgüterbereichs werden immer mehr Bedeutung erlangen. Ich habe vielleicht etwas zu spät erkannt, daß die Frage der Zukunftsaussichten sich dem Thema entsprechend mehr auf die Textilindustrie der Sechsergemeinschaft, also der EWG, beziehen sollte. Ich meine aber, daß diese Problemstellung im Grunde genommen für die Textilindustrie sämtlicher Industrieländer zutrifft. Ich will diese Abgrenzung daher nicht so streng einhalten.

The textile industry of the Western industrialized countries as a whole is strongly involved in foreign trade, although the degree of involvement varies from one country to another. This applies to both exports and imports. This involvement is only partly due to division of labor on an international level, which is based on genuine competitive advantages; it is also partly the result of a number of factors related to economic and commercial policy, the sum of which is not neutral in terms of competition.

The future development of the textile industry will decisively depend on effective efforts at providing uniform competitive conditions in the international trade.

The future outlook of the textile industry is distinctly favorable also from the viewpoint of demand. Expectations are, for example, that the present market volume in the EEC will have almost doubled by about 1980.

In the course of these developments no bottlenecks need to arise on the production side as the textile production capacity is likely to expand in at least the same measure during the years to come. It is most important that economic, trade, and industrial policies help to provide the prerequisites to maintain the required balance between expanding production capacity and growing demand so as to avoid world-wide discrepancies in the structure of textile production.

Occasional statements and opinions of scientists and leading persons of the EEC Commission and the developing countries, that the textile industry is a labor-intensive industry and hence – at least in certain sectors – preferentially suited to relocate in the developing countries, must be decisively negated.

It would be a fallacy to believe that the European textile industry is labor-intensive. Rather, it came to be the most capital-intensive and capital-expending one of all industrial groups during recent years. But there are additional reasons which argue against this concept of relocation the textile industry in developing countries.

Zunächst muß festgestellt werden, daß die Chemiefaserindustrie und die Textil- und Bekleidungsindustrie technisch und ökonomisch „in einem Boot sitzen“. Die große Welt-Chemiefasertagung, Anfang Juni dieses Jahres in München, hat dies in Referaten und Diskussionen deutlich gezeigt. Der Generalsekretär der Internationalen Chemiefaservereinigung, des CIRFS, Herr Dr. Landsmann, hat in seiner kurzen Begrüßungsansprache hier bei Ihnen darauf bereits aufmerksam gemacht und auch das Thema der wirtschaftlichen Fragen in Zusammenhang mit internationaler Arbeitsteilung angeschnitten.

Der jüngste Konjunkturzyklus in den westeuropäischen Industrieländern hat gezeigt, in welchem Ausmaß die Textil- und die Chemiefaserindustrie einen parallelen Konjunkturverlauf aufwiesen und aufweisen. Dabei ist besonders bemerkenswert, daß sich erstmals im Jahre 1970 die konjunkturelle Abschwächung von der Textilindustrie auf die Chemiefaserindustrie mit einer merklichen Beschleunigung übertragen hat. Dies zeigt sehr deutlich, wie sehr diese beiden Produktionsbereiche heute voneinander abhängen.

Vieles spricht dafür, daß dieser Prozeß gegenseitiger Durchdringung noch längst nicht in seine Endphase getreten ist. Der wertmäßige Chemiefaseranteil in der Textilproduktion erreicht

in einigen Industrieländern bereits rund 50 Prozent des Rohstoffeinsatzes, aber alle Prognosen der künftigen Entwicklung lassen erwarten, daß die 50-Prozent-Schwelle weltweit überschritten, und zwar wahrscheinlich noch erheblich überschritten wird. Das ist nicht nur eine Frage der Preisbildung, sondern auch der verarbeitungstechnischen Eigenschaften der Chemiefasern.

Es ist gewiß nicht übertrieben, wenn ich feststelle, daß ein ganz beträchtlicher Teil der sehr beachtlichen Produktivitätssteigerung in der Textilindustrie während des letzten Jahrzehnts einen Hauptgrund in der zunehmenden Verarbeitung von Chemiefasern hatte. Hierin zeigt sich auch ein Aspekt der wirtschaftlichen Verflechtung beider Bereiche: Dadurch, daß es der Textilindustrie mit Hilfe der Chemiefaserindustrie und natürlich auch des Textilmaschinenbaus gelungen ist, ihre Produktivität überdurchschnittlich zu steigern, konnte sie ihre inländischen und ausländischen Absatzmärkte besser behaupten; und weil ihr dies gelang, konnte sie auch zunehmend Chemiefasern abnehmen und in der eigenen Produktion einsetzen. Dieser positive „circulus vitiosus“ wird sich auch in der Zukunft fortsetzen, wenn beide Industrien, Textilindustrie und Chemiefaserindustrie, ihre wahren Interessen in verstärkter Zusammenarbeit erkennen und wahrnehmen.

Die Grundlage der wirtschaftlichen Entwicklung jedes Industriezweiges ist der Trend der künftigen Nachfrage. Es gibt kaum ein Thema der Verbrauchsvorausschätzung, das in der Vergangenheit mehr diskutiert worden ist als die Tendenzen und Gesetzmäßigkeiten des Textilverbrauchs. Frühere statistische Gesetzmäßigkeiten haben sehr oft zu den pessimistischen Auffassungen geführt, daß dem Textilverbrauch, da er zur Kategorie des lebensnotwendigen Grundbedarfs zählt, sehr enge Grenzen gezogen sind; allenfalls wurde die rapide Vermehrung der Menschheit als ein Reservoir des künftigen Textilabsatzes angesehen.

In den letzten Jahren ist dieser Pessimismus immer mehr einer zuversichtlicheren Auffassung gewichen. Der Textilverbrauch entwickelte sich aus den engen Grenzen des Grundbedarfs hinaus zu anspruchsvolleren Kategorien des Verbrauchs. Hierüber hat es in jüngster Zeit interessante internationale Berechnungen gegeben. So haben Untersuchungen in den USA zum Beispiel gezeigt, daß jenseits einer Einkommensgrenze, der sich das Masseneinkommen in einigen Industrieländern bereits nähert, der Textilverbrauch wieder überproportional zum Einkommenswachstum zunimmt.

Allzulange wurde der Bekleidungsbedarf als dominierend angesehen, obwohl gerade neuere Bedarfskategorien, wie zum Beispiel Heimtextilien und auch technische Textilien, zunehmend an Bedeutung gewonnen haben. Dies führte regelmäßig zu einer Unterschätzung des künftigen Textilbedarfs und damit auch der Expansionsmöglichkeiten für die Textilindustrie. Bemerkenswert ist auch, daß die Nachfrage nach Textilien, bisher jedenfalls, nicht wesentlich von Substitutionsvorgängen bedroht worden ist.

Die großen Sorgen, die auf diesem Gebiet noch zu Anfang des letzten Jahrzehnts allenthalben bestanden – wie zum Beispiel die Substitution bestimmter Textilien durch Papierzeugnisse oder durch Kunststoffe –, haben sich als nicht begründet erwiesen. Per Saldo können wir heute feststellen, daß insbesondere unter Einschluß der Heimtextilien sich die Substitutionsrate des Textilverbrauchs zugunsten der Textilindustrie entwickelt hat. Das heißt, es werden langfristig mehr Nichttextilien durch Textilien ersetzt als umgekehrt.

Auch dieser Prozeß ist wesentlich durch die neuen Verwendungseigenschaften der Chemiefasern mitbestimmt, und er wird sich auch in absehbarer Zeit fortsetzen.

Um Ihnen eine Größenvorstellung bezüglich der Nachfrageentwicklung im Textilbereich zu geben, möchte ich auf das Textilmarktvolumen, so wie es sich in den Einzelhandelsverkäufen der Bundesrepublik ergibt, verweisen: Im Jahr 1971 werden in der Bundesrepublik Textilien im Werte von mehr als 40 Mrd DM verkauft, bis 1980 rechnen wir damit, daß sich dieser Betrag auf nahezu das Doppelte, also 80 Mrd DM, erhöhen wird. Dies natürlich auf der Basis konstanter Preise, Inflationsraten sind hierbei nicht berücksichtigt. Diese Zahlen wären noch vor einigen Jahren für völlig utopisch gehalten worden, heute gelten sie, auch bei kritischen Betrachtungen, als durchaus realistisch.

Ähnliches dürfte die Verbrauchsberechnung auch in anderen Ländern ergeben. Hier zeigt sich nämlich ebenfalls ein relativ konstanter Anteil des Textilverbrauchs an den gesamten Ver-

brauchsausgaben. Er liegt in den meisten industrialisierten Ländern zwischen 9 und 12 Prozent der Verbrauchsausgaben, und er weist in den letzten Jahren eine bemerkenswerte Stabilität auf.

Diese positiven Vorausschätzungen dürfen aber nicht über die Probleme hinwegtäuschen, denen die Textilindustrie dennoch in den kommenden Jahren – möglicherweise verschärft – ausgesetzt sein wird. Diese Probleme liegen einmal darin, daß die textilindustrielle Struktur in den großen Industrieländern immer noch sehr verschieden ist und daß ein erheblicher Anpassungsbedarf in Richtung auf eine optimale Betriebsgrößenstruktur zu bewältigen ist. Ein weiteres Problem liegt darin, daß in keiner Industrie eine so hohe nationale und internationale Wettbewerbsintensität vorhanden ist wie in der Textilindustrie.

Daraus folgt ein anhaltender Ertragsdruck und gleichzeitig eine spürbare Begrenzung der Investitionsmöglichkeiten. Das ist umso problematischer, als gerade bei der stark zunehmenden Kapitalintensität der Textilindustrie der Investitions- und Finanzierungsbedarf in der Zukunft noch ganz erheblich ansteigen wird. Dabei ist besonders bemerkenswert, daß die Rationalisierungseffekte zusätzlicher Investitionen in der Textilindustrie auf absehbare Zeit sehr hoch sein werden. Wir werden uns nicht auf ein Arbeitskrätereservoir oder ähnliches verlassen können, vielmehr werden bei uns der technische Fortschritt und die damit verbundenen Rationalisierungseffekte weit im Vordergrund stehen.

Um dem technischen Fortschritt auf den Fersen zu bleiben und die Chancen des Marktes zu nutzen, benötigen die Textilunternehmen große finanzielle Mittel. Diese Mittel können sie aber nicht erwirtschaften, wenn sie nicht schon heute auf der Höhe des technischen Fortschritts und der Markterschließung tätig sind. Die darin liegenden Schwierigkeiten lassen sich zu einem begrenzten Teil durch zunehmende Konzentration und vielleicht auch durch zunehmende Zusammenarbeit über die Stufen hinweg bis hin zur Chemiefaserindustrie lösen. Aber darüber hinaus bleibt ein erheblicher Restbestand an Finanzierungsbedarf erhalten, mit dem die Unternehmer nur dann fertig werden können, wenn auch die staatliche Wirtschaftspolitik das in ihrer Macht Liegende tut, um nachteilige Einflüsse abzuwehren. Das gilt insbesondere bezüglich der Außenhandelsbeziehungen und der Einflußnahme auf die internationale Arbeitsteilung im Textilbereich.

Was verbirgt sich eigentlich hinter diesem etwas geheimnisvollen Begriff der internationalen Arbeitsteilung? Nun, es geht dabei um die Frage des richtigen Standorts der einzelnen Industrien, gemessen an ihren Produktionskosten und ihren Angebotspreisen. Nach diesem Gesetz der komparativen Kostenverteilung sollen die Standorte so gewählt werden, daß sie auch im Vergleich mit anderen industriellen Fertigungen relativ günstig sind. Betrachtet man die Textilindustrie als arbeitsintensiv, so wird man zu dem Ergebnis kommen, daß sie dort ihren optimalen Standort hat, wo die Arbeitskräfte am reichlichsten und billigsten sind. Ist man dagegen der Meinung, die Textilindustrie sei kapitalintensiv, so sieht das ganz anders aus. Es gibt wohl kein Gebiet, auf dem die Verwirrung so groß war und zum Teil heute noch ist wie gerade auf dem Gebiet der internationalen Arbeitsteilung im Textilbereich. Alle früheren Untersuchungen, die sich mit dieser Frage befaßt haben, sind von zwei Grundannahmen ausgegangen, die sich heute nicht nur als fragwürdig, sondern als irreführend erweisen. Dies waren die Annahmen, die Textilindustrie sei eine arbeitsintensive Industrie, und sie stelle relativ geringe Ansprüche an die Qualifikation ihrer Mitarbeiter. Aus diesen unzutreffenden Hypothesen wurden dann Schlüsse abgeleitet, die in ihrer Konsequenz auf eine Verlagerung der Textilindustrie aus den klassischen Industrieländern in die Entwicklungsländer führen würden.

Welche Konsequenzen solche Fehlschlüsse haben können, hat sich zuletzt in den Äußerungen des Mitglieds der EWG-Kommission Mansholt erwiesen. Mansholt hat ausgesprochen, was aus den Empfehlungen eines Gutachters der EWG-Kommission, Professor de Bandt, herauszulesen war, nämlich, daß es nun an der Zeit sei, große Teile der EWG-Textilindustrie aus den EWG-Ländern in die Entwicklungsländer zu verlagern. Zwar hat sich die EWG-Kommission auf eine Anfrage im Europäischen Parlament von diesen Äußerungen distanziert, dennoch finden sich aber in ihren weiteren Empfehlungen Hinweise, die in der Praxis mehr oder weniger zu ähnlichen Ergebnissen führen.

Die Textilindustrie der Bundesrepublik hat zu dem Thema „Internationale Arbeitsteilung und mögliche Verlagerung in Entwicklungsländer“ von dem bekannten Professor Doktor Krenge l vom Wirtschaftswissenschaftlichen Institut Berlin ein Gutachten anfertigen lassen. Dies gilt auch als Gegengutachten gegenüber der Studie, welche die EWG-Kommission von dem schon erwähnten französischen Professor de Bandt anfertigen ließ, der übrigens auch noch im Auftrag der Entwicklungsländer eine zweite Studie, die aber noch nicht veröffentlicht ist, verfaßt hat.

Aus der Erkenntnis der Praxis, aber auch durch dieses sehr fundierte Gegengutachten ist heute eindeutig festgestellt, daß die Textilindustrie im weitesten Sinne eben nicht mehr eine arbeitsintensive Industrie, sondern eine in höchstem Maße kapitalintensive Industrie geworden ist. Darauf hat der Generalsekretär des Internationalen Chemiefaserverbandes, des CIRFS, richtigerweise mit einigen Bemerkungen schon hingewiesen. Es ist doch genügend bekannt, mit welchem rapiden Anstieg der Investitionskosten, die zur Erstellung eines Arbeitsplatzes heute notwendig sind, gerechnet wird. Je nach Sparte und Stufe der textilen Fertigung sind Investitionskosten von ¼ bis zu 1 Million DM zur Erstellung eines Arbeitsplatzes erforderlich – das kann durchaus belegt werden, und dafür gibt es auch keinerlei wissenschaftliche Deutungen, die dies bestreiten.

Ich hatte vor zwei Tagen in Konstanz bei der Tagung des Internationalen Wollsekretariats das Vergnügen, mit einem Theoretiker, der diese internationale Arbeitsteilung in Richtung auf Entwicklungsländer sehr fördert und deren Zweckmäßigkeit und Notwendigkeit auch beweisen will, mit Herrn Professor Giersch vom Weltwirtschaftlichen Institut in Kiel, eine große Kontroverse auszutragen. Ich habe ihm nachweisen können, daß er in einer Studie über die Kapitalintensität der Textilindustrie von abgeschriebenen Anlagen aus der Vergangenheit ausgegangen ist statt von den Kosten, die heute eben ein Unternehmen oder Entwicklungsland aufbringen muß, um eine neue Anlage einzurichten. Die Ausgangsbasis war also schon verkehrt. Was nützt der Bezug auf die Kosten für einen Arbeitsplatz, die sich aus der Vergangenheit errechnen bzw. die seit Jahren abgeschrieben sind, wenn es darum geht, heute in Afrika oder sonstwo eine neue Fabrik zu errichten. Da es aber bei dieser Auseinandersetzung über die internationale Arbeitsteilung gerade um die Frage geht, wieviel Kapital ein Entwicklungsland heute und in absehbarer Zukunft für die Erstellung eines industriellen Arbeitsplatzes benötigt, kann die Veränderung in Richtung auf eine hohe Kapitalintensität in der Textilindustrie einfach nicht mehr übersehen werden. Über die Kapitalintensität der Chemiefaserindustrie brauche ich gar nicht zu sprechen, denn diese ist bekanntlich noch höher und damit völlig ungeeignet zur Lösung dieser strategischen oder politischen Probleme der Entwicklungsländer. Zu den Hauptanliegen der Entwicklungspolitik gehört vielmehr, mit dem vorhandenen und natürlich immer zu geringen Kapital möglichst viele Arbeitsplätze zu schaffen und damit eben möglichst viele Menschen in diesen Ländern zu beschäftigen. Dies sollte die Entwicklungsländer zwangsläufig veranlassen, sich mehr jenen Produktionen zuzuwenden, die jetzt und auch in absehbarer Zukunft arbeitsintensiv sind und bleiben werden. Selbstverständlich soll nicht ausgeschlossen werden, daß man auf dem textilen Bereich oder dem Bekleidungsbereich in vertretbarem Umfang in den Entwicklungsländern Fabriken errichtet. Aber hier geht es doch immer und nur um diese These, nämlich daß man ausgerechnet die Textilindustrie für besonders geeignet hält für eine möglichst umfassende Verlagerung in die Entwicklungsländer. Dieser These muß man entgegen-treten.

In den fünfziger Jahren wurde den Entwicklungsländern der Aufbau von Textilbetrieben vor allem auch deswegen angeraten, weil sie damit vielfach ihre eigenen Rohstoffe verwenden und verwerten könnten. Mit der zunehmenden Verwendung von Chemiefasern ist aber auch dieser Gesichtspunkt immer bedeutungsloser geworden. Die Textilindustrie, in welchem Land auch immer, muß sich mit ihrem Angebot den ständig differenzierter werdenden Verbraucherwünschen anpassen, und das heißt, sie muß Erzeugnisse bieten, die bestimmte Gebrauchseigenschaften aufweisen. Daraus folgt für die Entwicklungsländer, daß sie in zunehmendem Maße auf Chemiefasern zurückgreifen müssen, deren Erzeugung aber noch kapitalintensiver ist als die Textilherstellung.

Vielfach wird bei den allzu vereinfachten Empfehlungen zur Arbeitsteilung zwischen Industrie- und Entwicklungsländern

übersehen, daß die Textilproduktion nicht nur zunehmend differenzierter, sondern auch zunehmend individualistischer wird, das heißt, sie nimmt kurzfristige Modeströmungen auf und setzt sie möglichst unverzüglich in ihrer Produktion um. Dies kann sie aber nur wirksam tun, wenn sie in unmittelbarem Kontakt mit den Verbrauchern in den kaufkräftigen Märkten operiert. Die Nähe zum Abnehmer, zu seiner kulturellen und zivilisatorischen Umwelt, der ständige gegenseitige Informationsaustausch zwischen Abnehmer, Textilhandel, Bekleidungsindustrie und Textilindustrie sind für die schnelle Anpassung an veränderte Marktbedingungen von ausschlaggebender Bedeutung. Dies alles ist nur möglich, wenn die textilindustriellen Standorte in der Nähe des kaufkräftigen Verbrauchers erhalten bleiben.

Auch dieser Grund spricht neben vielen anderen dafür, daß die Arbeitsteilung im Textilbereich nicht auf die einfachen Formeln der Verlagerungstheoretiker reduziert werden darf. Es ist vielmehr notwendig, daß die Freiheit der gegenseitigen Liefer- und Abnehmerbeziehungen weltweit erhalten bleibt, dies aber nur auf der Basis eines fairen und unverfälschten Wettbewerbs.

Gerade unter diesem Gesichtspunkt gibt es natürlich ungelöste Streitfragen, zum Beispiel welche Länder unter die Kategorie der Entwicklungsländer fallen und welche nicht.

Die EWG hat bekanntlich den Entwicklungsländern Zollpräferenzen gewährt, das heißt, sie erhebt für Importe aus diesen Ländern keinen Zoll. Diese Präferenzen wollen nicht weniger als 93 Länder für sich in Anspruch nehmen. Darunter sind Länder, die in diesem Fall als Entwicklungsländer gelten wollen, obwohl sie selbstverständlich bei anderen Gelegenheiten, etwa in allgemeinen politischen Belangen, keine Entwicklungsländer sein wollen.

Während in einigen Zonen der Welt der Produktivitätsstand so gering ist, daß selbst Wettbewerbsbegünstigungen der von dort kommenden Importe keine wesentliche Bedeutung haben, gibt es andere Gebiete, vor allem in Ostasien – Hong-Kong, Macao, Taiwan usw. –, bei denen die Verhältnisse völlig anders liegen. Hier verbindet sich eine außerordentlich hohe Produktivität mit sehr niedrigen Löhnen und einer frühkapitalistischen Sozialstruktur. In diesen Ländern wird zum Teil mit ⅓ oder mit ⅕ der Löhne gearbeitet, die in den Industrieländern gezahlt werden. Hier erhebt sich selbstverständlich die Frage, ob man die weltweite Arbeitsteilung auch so weit ausdehnen darf und kann, daß diese Produkte, die dort unter einer völlig anderen Sozialstruktur als der unseren erzeugt werden, nun bei uns zollfrei importiert werden können.

In den zurückliegenden Jahrzehnten kam es immer wieder zu Auseinandersetzungen über die Frage, ob sich die Industrie in den westlichen Ländern bzw. in den Industrieländern mit der Konkurrenz aus diesen Gebieten frei auseinandersetzen kann. Die meisten Industrieländer haben hier eine eindeutige Position bezogen und ihre inländische Industrie vor Marktzerrüttungen mehr oder weniger wirksam geschützt. Das wird auch in Zukunft so bleiben müssen, wobei aber unter den europäischen Ländern – wie auch zwischen Japan, Europa und Nordamerika – im Gegensatz zur Praxis der Vergangenheit ein höheres Maß an Gemeinsamkeit der außenwirtschaftlichen Politik notwendig wird. Geschieht das nicht, so wird es auch innerhalb Europas zu volkswirtschaftlich kostspieligen strukturellen Fehlanpassungen kommen.

Die daraus folgenden Probleme haben letzten Endes zwei gemeinsame Ursachen:

1. Die Konzentration der ostasiatischen Liefergebiete auf die Textilproduktion, statt von Anfang an eine breitere Angebotspalette von Industriegütern anzuvisieren, und
2. die Ungleichheit der Handelspolitik in den westlichen Industrieländern inklusive Japan gegenüber diesen Niedrigpreisländern der Welt.

Während einzelne Länder einen sehr hohen Liberalisierungsgrad haben, gelingt es anderen, diese für die Industrie besonders unangenehmen Importe wirksam abzuwehren. Daraus ergeben sich natürlich differenziertere Strukturen.

In dieser Kleinstgemeinschaft von sechs Ländern gibt es so unerhört viele Unterschiede und Differenzierungen im Bereiche der Textilindustrie, daß die Kommission auf Grund eines Auftrages der sechs Regierungen in Brüssel ein textilpolitisches Dokument über die zukünftige Industriepolitik für diese Branche erstellen mußte. Dies ist die erste sektorale Studie für den Textilbereich. Wenn man eine Wirtschaftsunion an-

strebt in Europa – sei es eine Union der Sechs, sei es eine Union der Zehn oder vielleicht eines Tages in noch größerem Rahmen –, so müssen vorerst diese gewaltigen Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern abgebaut werden, weil es sonst unerhörte Fehlinvestitionen geben würde. Schon die Handelspolitik – und damit beginnt die Sache – ist in jedem Land eine andere. Das eine Land – die Bundesrepublik beispielsweise – ist sehr liberal, läßt alles herein. Frankreich andererseits läßt aus Hong-Kong ganz wenig herein und gewährt dadurch der eigenen Produktion einen gewissen Schutz. Dort können sich Betriebe besser ansiedeln als bei uns. Von Italien will ich gar nicht sprechen, dort herrscht zur Zeit sogar eine Art Krisenzustand, der sicher noch Folgen haben und zu staatlichen Eingriffen führen wird usw. Diese Probleme sind im Grunde nur dadurch akut geworden, weil man eine Wirtschaftsgemeinde anstrebt mit gemeinsamen Außenzöllen und keinen Zöllen nach innen. Eine solche Wirtschaftsgemeinschaft erfordert immer mehr Harmonisierung. Leider wird aber das Wort „Harmonisierung“ noch immer nicht groß genug geschrieben. Die Wirtschaftspolitik der einzelnen Länder muß so zusammengeführt werden, daß der Markt, der heute 180 Millionen Verbraucher hat und sogar größer ist als der der USA, gemeinsam bedient werden kann. Das Problem einer wie auch immer gearteten Wirtschaftsgemeinschaft ist nicht allein durch gleiche Zölle zu regeln, sondern es sind unendlich viele Harmonisierungen, beispielsweise auf dem Gebiete der Steuerpolitik, des Wettbewerbsrechtes, der Gesellschaftsformen, der Außenhandelspolitik usw., zu bewältigen. Das wird sogar noch schwieriger, je mehr Länder hinzukommen, wenn auch politisch dabei die Einheit Europas selbstverständlich im Vordergrund steht. Auf dem wirtschaftspolitischen Felde sind derzeit unerhörte Wandlungen im Gange, die nur dann zu einem guten Ende führen können, wenn eine Gemeinsamkeit für die Strukturierung, die Anpassung oder Gründung von Betrieben angestrebt wird.

Die Frage der internationalen Arbeitsteilung, die ich hier kurz zwischen den Industrieländern einerseits und den Entwicklungsländern andererseits aufgezeigt habe, hat natürlich noch sehr viele andere Aspekte. Ein unübersehbares Problem, das wir vor uns haben, ist die Frage West- und Ostblock, die auch ihre große wirtschaftspolitische Bedeutung hat. Wir haben gar keinen Zweifel, daß die allgemeine Außenpolitik bestrebt ist, die Verhältnisse zwischen westlicher Hemisphäre und dem Ostblock zu ändern, und daß der Handel mit den Ostblockstaaten – zu denen natürlich ökonomisch auch Jugoslawien zu rechnen ist – ausgebaut werden soll. Derzeit werden allerdings noch zu weitgehend bilaterale Verträge geschlossen, wovon die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft allerdings im Jahre 1973 abgehen wird. Dann werden Handelsverträge mit den Ostblockstaaten nur noch von der Sechser- oder dann von der Zehnergemeinschaft geschlossen. Die Textilindustrie mußte bisher weitaus mehr Textilprodukte aus diesen Staaten des Ostblocks entgegennehmen, als für sie Liefermöglichkeiten gegeben waren. Diese Einseitigkeit darf auf die Dauer unter keinen Umständen bestehen bleiben, denn sonst kaufen eines Tages die Ostblockländer im wesentlichen Investitions- und Anlagegüter im Westen und wollen Konsumgüter im weitesten Sinne verkaufen. In den Handelsbeziehungen zwischen der Bundesrepublik und den Ostblockstaaten ist heute schon ein weitgehender „Einbahnverkehr“ zu Lasten der Bundesrepublik festzustellen. Die Importe aus den Ostblockländern sind für unsere Märkte problematisch, weil im allgemeinen in diesen Ländern die Exportpreise eben nicht immer aus Kosten gebildet und kalkuliert werden, sondern weil man eben auf Grund des Wirtschaftssystems in der Lage ist, gegebenenfalls „politische Preise“ zu bilden, die durchschnittlich unter den Herstellungskosten in den westlichen Ländern liegen. Hier stoßen zwei verschiedene Wirtschaftssysteme aufeinander, nämlich das System der mehr oder weniger freien Marktwirtschaft einerseits und das der Staatswirtschaft und des Staatshandels andererseits.

Ich könnte mir vorstellen, daß eine Änderung dieser Situation und damit eine Arbeitsteilung dann möglich sein wird, wenn auch in den Ostländern mehr Konsum vorhanden ist und ein ausgeglichener Textilhandel stattfindet, ebenso wie bekanntlich der größte Austausch an gleichartigen und ähnlichen Produkten einer Branche zwischen den am meisten industrialisierten Ländern stattfindet.

Eine letzte Gefahr für die internationale Arbeitsteilung sehe ich neuerdings im Bereiche der Textilindustrie durch ein erneutes Aufflackern von Protektionismen auch in der west-

lichen Welt. Die neuesten Maßnahmen der US-Regierung – niedergelegt in der Nixon-Erklärung – zeigen, daß dieser Verdacht auf neue Protektionismen nicht unbegründet ist. Die USA hatten im Textilsektor durch die sogenannte „Mills Bill“ schon lange einen Schutz vor Einfuhren aus bestimmten Ländern, vor allem von Japan, vorgesehen, übrigens ganz gegen die Bestimmungen des GATT. Da spielen Strukturfragen, ökonomische und sogar politische Fragen zusammen. Der Präsident der Vereinigten Staaten hat schon bei seinem Wahlkampf der in den Südstaaten ansässigen Baumwollindustrie Unterstützung und Hilfe zugesagt. Nun ist aber nicht nur die Textilindustrie betroffen, sondern ein neuer Protektionismus macht sich in allen Industriezweigen breit. Was ein Exporteur in der Bundesrepublik heute an erhöhten Kosten zu tragen hat, wenn er nach Amerika exportieren will, das ist fast unvorstellbar. Zuerst einmal nahezu 9 bis 10 Prozent durch die Aufwertung der deutschen Währung und zusätzlich noch 10 Prozent Importsteuer in den USA. Sie können sich vorstellen, daß da ein Geschäft nur noch unter ganz bestimmten Bedingungen überhaupt möglich ist. Allerneuester Meldung nach würden die USA wieder zu mengenmäßigen Beschränkungen – d. h. zu Kontingenten – übergehen, wenn in der internationalen Währungskrise keine Einigung erzielt wird. Hier ist vor allem Japan angesprochen, von dem man erwartet, Selbstbeschränkungen vorzunehmen. Das alles hatte natürlich einen enormen Rückschritt im weltweiten Handel und in der weltweiten Arbeitsteilung zur Folge.

Woher kommt das? Bestimmte ostasiatische Länder haben heute eine überdimensionale Textilindustrie aufgebaut und versuchen, gestützt auf billige Arbeitskosten, den Weltmarkt zum Teil gezielt zu erobern. Hiergegen wenden sich natürlich die klassischen Industrieländer des Westens mit ihrem sehr hohen Sozialstandard und ihrer anders gearteten Sozialstruktur. Vor allem tun dies die USA zum Teil noch aus anderen Gründen, wie z. B. der Währungssituation usw.

Wie können weitere Rückschläge in dieser Richtung vermieden werden? Wir in der Bundesrepublik und auch die Kommission in Brüssel sind der Meinung, daß es nun an der Zeit ist, sich zu überlegen, wie man eine weltwirtschaftliche gemeinsame Regelung der Textilaußenhandelsbeziehungen, z. B. im Rahmen des GATT, vornehmen kann.

Das internationale Baumwollwarenabkommen, das nunmehr fast zehn Jahre erfolgreich angewandt wird, könnte als Modell für die nichtbaumwollenen Textilien herangezogen werden, zumindest im Verhältnis der Industrieländer zu den sogenannten Niedrigpreis- und Niedriglohnländern. Ein solches Weltabkommen ist keine Utopie.

Die Strategen auf dem Felde der textilen Wirtschaftspolitik sind natürlich wie immer unterschiedlicher Meinung. Ich bin der Meinung, daß es besser ist, diese Dinge in den Griff zu bekommen und ein bißchen zu steuern, als in einen Protektionismus, wie wir ihn jetzt von den USA erleben, zurückzukehren. Als Folge einer Absperrung des US-Marktes vom übrigen Weltmarkt werden nun die Waren, die in Ostasien oder sonstwo erzeugt werden, auf die anderen Märkte dringen und dort Eingang finden wollen. Je liberaler eine Regierung ihre Handelspolitik betreibt und ihren Markt öffnet, umso mehr wird dieser überschwemmt werden. Man muß deshalb die Frage stellen, was besser ist: Ein Abgleiten in solche Protektionismen oder ein Weltabkommen, das natürlich nur dann reale Chancen hat, wenn es an dem Prinzip der fairen Aufteilung des zukünftigen Marktzuwachses orientiert ist.

Wir wollen die Märkte nicht etwa sperren, wir wollen nur eine gerechte Aufteilung, so wie es in dem Baumwollwarenabkommen der Fall ist. Dann würde den Entwicklungsländern die Möglichkeit eröffnet, ihren eigenen Bedarf an Textilien weitgehend selbst zu decken und darüber hinaus am Marktzuwachs der Welt teilzunehmen. Auf der anderen Seite aber würde verhindert, daß die Industrieländer mit ihrem sehr hohen Sozialstandard von den Erzeugnissen der Entwicklungsländer und der sogenannten Entwicklungsländer überschwemmt werden. Ein solches weltweites Abkommen wäre nach Meinung vieler – ich sage ausdrücklich auch Liberaler – sehr viel besser als der derzeitige Zustand. Mit meinen liberalen Kollegen und Freunden, vor allem dem Kommissar D a h r e n d o r f, bin ich in dieser Frage völlig einig. Wir in Europa werden – soweit es die Sechsergemeinschaft betrifft – ganz sicher ein solches Abkommen im Rahmen des GATT anstreben, das ist nur noch eine Frage der Zeit. Die neuen Maß-

nahmen der USA zeigen demgegenüber, daß diese an einem solchen Abkommen im Augenblick gar nicht interessiert sind, weil sie sich ihren individuellen Schutz durch Gesetze, durch die Importsteuer usw. gegeben haben. Diese Situation muß zuerst einmal wieder etwas aufgelockert werden, und außerdem muß das handelspolitisch geradezu feindliche Verhältnis zwischen USA und Japan auf dem textilen Gebiet erst wieder in andere Bahnen kommen.

Spätestens Anfang nächsten Jahres wird der Zeitpunkt gegeben sein, wo sich die großen Industrieländer mit den Niedrigpreisländern zusammensetzen und eine Konferenz mit dem Ziel eines solchen weltweiten Abkommens einberufen werden. Dies alles zeigt deutlich, welche Probleme entstanden sind und noch entstehen, wenn man das, was die Industrie erzeugt, auch umsetzen will.

Faßt man all dies zusammen, so zeigt sich, daß die internationale Arbeitsteilung im Textilbereich nicht mehr nach den alten und inzwischen überholten Kriterien möglich ist. Es bedarf neuer weltweiter Regelungen der Handelsbeziehungen auf der Basis eines fairen und unverfälschten Wettbewerbs, und es bedarf gemeinsam anerkannter und respektierter Kriterien bezüglich der zukünftigen strukturellen Anpassung. Je mehr die wirtschaftspolitische Zuständigkeit aus dem nationalen Bereich in den gemeinschaftlichen Bereich einer – auch erweiterten – EWG eingebracht wird, umso notwendiger ist es, für die Gleichartigkeit der Wettbewerbsbedingungen der Textilunternehmen untereinander und über die Grenzen hinweg zu sorgen. Unter der Voraussetzung, daß dies wirksam gelingt, kann man zu einem durchaus positiven Urteil über die Zukunft der europäischen Textilindustrie kommen; wobei wir es nur begrüßen, wenn dieses gemeinschaftliche Europa nicht bei der Zehnergemeinschaft endete, sondern wenn Wege gefunden würden – wie sie sich vielleicht so langsam anbahnen –, um insbesondere auch Österreich, die Schweiz und Portugal in die Gemeinschaft mit einzubeziehen. Erst dann wird man von einem politischen Europa sprechen können.

Zwar wird es der Textilindustrie in einigen Ländern nicht erspart bleiben, einen noch mehr oder weniger tiefgreifenden Konzentrationsprozeß durchzumachen. Aber bereits heute zählt diese Textilindustrie in einer Reihe europäischer Länder unter dem Gesichtspunkt der Produktivität und des technischen Fortschritts zur Spitzengruppe. Das ist eine Tatsache, an der man nicht vorbeigehen kann und die natürlich auch volkswirtschaftlich von ungeheurer Bedeutung ist. Wäre dies nicht so, könnten Wirtschaftspolitiker tatsächlich sehr leicht zu der Meinung kommen, daß es besser wäre, die Textilindustrie den heute danach drängenden Niedrigpreisländern zu überlassen. Eben weil man sonst argumentieren könnte, diese Industrie sei nicht so produktiv, sie bringe keine großen Wertsteigerungen und benötige viele Arbeitskräfte.

Wir glauben, daß diese Produktivitätssteigerung auf Grund des technischen Fortschritts, der die Textilindustrie in die Spitzengruppe aller Industriezweige geführt hat, ein ungeheures Aktivum ist. So steht in der Bundesrepublik beispielsweise unsere ganze Werbung daher nicht etwa unter der Flagge der Klage, sondern unter der Flagge der Realität, so wie ich sie Ihnen geschildert habe, unter der Flagge nämlich, daß die Textilindustrie eine volkswirtschaftlich unerhört bedeutsame Industrie ist, die in der letzten Zeit eine Produktivitätsleistung wie keine andere Industrie vollbracht hat.

Geht man, wie eingangs erwähnt, davon aus, daß auch von der Nachfrageseite her die Voraussetzungen langfristig günstig sind, so besteht kein Anlaß zu Zukunftssorgen in der Textilindustrie. Dieses positive Urteil, zu dem man letzten Endes kommen muß, wäre natürlich dann nicht mehr aufrecht zu erhalten, wenn es immer wieder – wie in den letzten Monaten – zu hektischen Veränderungen im Weltwährungssystem kommt. Daher ist neben anderen unvorhersehbaren und massiven Einflüssen von außen die Wiederherstellung eines funktionsfähigen internationalen Währungssystems eine entscheidende Erfolgsvoraussetzung auch für unseren textilen Bereich. Diese Bedingungen lassen aber auch zugleich sichtbar werden, von wieviel Unwägbarkeiten das künftige Wirtschaftsgeschehen international, auch und gerade in der Textilindustrie, beeinträchtigt wird. Es ist eine der wichtigsten Aufgaben der wirtschaftspolitisch Verantwortlichen, dafür zu sorgen, daß aus diesen Unwägbarkeiten nicht permanente Unsicherheiten werden.

Je mehr die staatliche Wirtschaftspolitik in den einzelnen Ländern einerseits und die internationalen Instanzen – EWG,

OECD, GATT, Weltwährungsfonds – andererseits dazu beitragen, die binnen- und außenwirtschaftliche Stabilität zu gewährleisten und gleichzeitig für einen weltweiten freien, aber unverfälschten und unverzerrten Wettbewerb zu sorgen, umso eher werden die Unternehmen der Textilindustrie und damit auch die der Chemiefaserindustrie in den freien Ländern der westlichen Welt die Probleme der Zukunft aus eigener Kraft meistern können.

Klassische und neue Einsatzgebiete technischer Chemiefasern

Dr. Berthold H. Daimler

Prokurist der Glanzstoff AG., Wuppertal-Elberfeld, BRD

Das Referat soll einen Überblick über die Anwendung von technischen Chemiefasern in allen Bereichen geben.

Die klassischen Einsatzgebiete, wie Gummiartikel, Tauwerk, Netze und Gewebe, liegen in verschiedenen Bereichen der Technik; vorzugsweise dienen daraus gefertigte Artikel dem Verkehrs- und Transportwesen. Neuere Entwicklungen haben darüber hinaus weitere industrielle Bereiche erschlossen. Vor allem wurden Probleme der Verpackung und Lagerung, eine Vielzahl von Aufgabenstellungen im Bauwesen und die Herstellung von Verbundkörpern mit Kunststoffen in Angriff genommen.

Die Größe des Marktes und die wichtigsten Absatzgebiete werden aufgezeigt. Zeitgemäße Themenkreise, wie Umwelthygiene, modernes Bauen, Land-, Nahrungs-, Rohstoffgewinnung, Freizeitgestaltung oder Katastrophenschutz, werden mit Sicherheit neue Absatzgebiete für technische Chemiefasern eröffnen.

EINLEITUNG

Jeder Zuhörer hier im Saal, das gilt für Sie, meine Damen, ebenso wie für die Herren, hat zu dieser Tagung Chemiefasern mitgebracht und trägt sie bei sich. (Schließlich haben wir hier einen Kongreß für Chemiefasern!) Es hat aber auch jeder von Ihnen, der mit dem Auto oder mit dem Flugzeug hierhergekommen ist, technische Chemiefasern als Festigkeitsträger in Fahrzeugreifen benutzt. Die PKW-Fahrer unter uns haben mit ca. 3 kg Reifenkord sogar mehr technische Garne als textile Chemiefasern nach Dornbirn mitgebracht.

Ein Vergleich der technischen mit den textilen Chemiefasern kann sehr wohl dazu dienen, die Bedeutung des eigentlich noch wenig populären Industriezweiges, über den ich berichten möchte, zu illustrieren. In den europäischen Ländern wird für technische Artikel etwa ebensoviel an Chemiefasern verbraucht wie für die Verwendungsgebiete Futterstoffe, Möbel- und Dekorstoffe zusammen. Auch der gesamte Verbrauch an texturierten Garnen im Bekleidungssektor entspricht etwa dem Umfang der Verwendung technischer Fasern aus makromolekularen Rohstoffen.

Dafür, daß über die technischen Chemiefasern weniger bekannt ist, gibt es eine Reihe von Gründen. So wie im Reifen verwendet man technische Garne in vielen Fällen in Kombination mit anderen Werkstoffen, wobei die Chemiefaser selber nicht oder nur wenig sichtbar ist. Viele der technischen Anwendungen liegen auch im industriellen Bereich und somit nicht im Blickpunkt der großen Zahl der privaten Verbraucher. Auch sind nur eine relativ kleine Zahl von Unternehmen auf die Herstellung und ebenfalls nur wenige Firmen auf die textile Weiterverarbeitung bzw. auf die Konfektion technischer Garne spezialisiert.

Diese und andere Gründe machen es auch verständlich, daß es statistische und publizistische Informationen nicht in dem Maße gibt, wie es der Bedeutung dieses rasch wachsenden Gebietes entspräche. Ich möchte deshalb versuchen, einen Beitrag hierzu zu leisten. Unter Verzicht auf genauere Angaben über einzelne Bereiche soll ein Überblick über das Gesamtgebiet der technischen Anwendung von Chemiefasern und einige wesentliche Aspekte zur Entwicklung gegeben werden. Wenn man die Gesamtheit der technischen Anwendungen der Chemiefasern überblickt, so fällt auf, daß die daraus hergestellten Artikel für sehr verschiedene Zwecke benutzt werden. Klare Oberbegriffe, wie Bekleidung und Helmtextilien, fehlen im technischen Bereich. Wir kommen statt dessen zu einer Unterteilung in acht Gruppen (T a b. 1).

The paper is intended to give a survey of the uses of man-made fibers for industrial purposes in all fields of application.

The classical applications, like rubber-articles, cordage, nets, and woven fabrics are found in various technical sectors: articles made therefrom, primarily, serve in communication- and transport-business. Over and beyond this, more recent developments have made inroads into additional industrial fields. Mainly, approaches have been found to solve packaging and storage problems, a wide variety of problems in the building-sector, and the production of composite materials in combination with plastics.

Attention is paid to the market-size and to the most important sales-outlets. Such topical fields as environmental hygiene, modern ways of building, soil-preservation, the procurement of foods and raw materials, spare-time occupations, and disaster-control, are sure to provide new markets for man-made fibers designed for use in technical applications.

Tabelle 1: Hauptanwendungsgebiete für technische Chemiefasern

- I. Transport (einschließlich Reifen)
- II. Verpackung, Lagerung
- III. Produktionshilfsmittel
- IV. Bauindustrie
- V. Sport, Freizeit
- VI. Haushalt, Reinigung, Medizin
- VII. Berufskleidung, Behördenbedarf
- VIII. Sicherheit, Rettungsgeräte, Schutz

Hierbei sind wir von den verschiedenen Bereichen ausgegangen, in denen die Chemiefaserartikel benutzt werden. Es gibt große Gruppen in der verarbeitenden Industrie, die sich hauptsächlich mit technischen Garnen befassen, so vor allem die Gummiindustrie, die Kordzwirner, die Schwerweber und die Bandweber. Zur umfassenden Darstellung eignet sich jedoch besser unsere Einteilung in die acht Verwendungsgruppen, weil der Verarbeiter im allgemeinen verschiedene Artikel für mehrere Verbrauchsgruppen in seinem Programm hat. Die Gummiindustrie zum Beispiel ist als Lieferant in sämtlichen Anwendungsgebieten vertreten.

TECHNISCHE CHEMIEFASERN, ARTEN UND WEITERVERARBEITUNG

Bevor wir uns mit den technischen Chemiefaserartikeln weiter beschäftigen, müssen wir zunächst einmal das Angebot an Produkten betrachten, das von der Chemiefaserindustrie für die technischen Bereiche zur Anwendung bereitgestellt wird. Nach der vom Hersteller geschaffenen Erscheinungsform lassen sich daraus fünf Hauptgruppen bilden (T a b. 2).

Tabelle 2: Erscheinungsformen technischer Chemiefasern

- Stapelfaser und Kurzschnitt
- Filamentvlies
- Filamentgarn (multifil)
- Makrofile (monofil)
- Profilgarne (bikomponent, Flachfäden, Hohlfäden, texturierte Fäden)

Bisher beruht der Verbrauch technischer Chemiefasern überwiegend auf der Verwendung von Filamentgarnen für Kord und Gewebe sowie auf dem Einsatz von Fasergarnen für

technische Artikel. Ferner werden Stapelfasern zu Nadelfilzen und Vliesen verarbeitet. Auch Makrofile haben bereits einige feste Anwendungsgebiete gefunden. Filamentvliese und die unter der Sammelbezeichnung „Profilgarne“ aufgezählten Erscheinungsformen sind in jüngerer Zeit hinzugekommen bzw. im Stadium der Entwicklung und Erprobung.

Eine weitere Gliederung des Angebotes an technischen Chemiefasern ergibt sich von der Seite der chemischen Natur, wobei bis heute noch überwiegend die gleichen Hochpolymeren zu nennen sind, die auch in der textilen Verwendung eine Rolle spielen. Tabelle 3 enthält jedoch auch bereits Chemiefaserarten, die überwiegend wegen ihrer besonderen Eignung für den industriellen Bereich auf dem Markt sind.

Tabelle 3: Chemiefaserarten für technische Anwendung

- Reyon und Zellwolle
- Polyamid 6
- Polyamid 66
- Polyester
- Polyacrylnitril (und Mischpolymerisate)
- Polypropylen
- Poläthylen
- Polyvinylalkohol
- Chlorofasern
- Fluorfasern

Die vier an erster Stelle genannten Faserarten fanden Eingang in das Hauptabsatzgebiet Gummiindustrie, die Thermoplasten unter ihnen auch in den Bereich anderer technischer Anwendungen. Hinzu kommen noch Spezialfasern, von denen etliche noch in Entwicklung sind. Zielsetzungen sind dabei noch höhere Festigkeit oder ein noch höherer Modul oder eine verbesserte Resistenz gegen Hitze-, Chemikalien- oder Flammeinwirkung. Als Beispiel einer bereits seit Jahren erfolgreich gelösten Aufgabenstellung für die technische Anwendung von Chemiefasern seien die in Deutschland entwickelten Polyestergerne mit verbesserter Gummihaftung genannt.

Aus dem Bereich der textilen Weiterverarbeitung sollen ebenfalls die wichtigsten Begriffe erwähnt werden. **Abbildung 1** vervollständigt den Überblick über das Angebot an technischen Chemiefasern, indem zu den Rohprodukten jeweils eine Reihe daraus hergestellter Erzeugnisse hinzugefügt wurde. Die Darstellung ist sicher nicht vollständig. Auch wollen wir im

Abb. 1: Erscheinungsformen und textile Weiterverarbeitung technischer Chemiefasern

Rohprodukte bzw. Erscheinungsformen der technischen Chemiefasern	textile Weiterverarbeitungsstufe
Kurzschnitt	{ (Füllstoff)
Stapelfaser	{ Garne, Mischzwirne, Gewebe, Watte, Vliese, Matten
Filamentvlies	{ (Einlage)
Filamentgarn (multifil)	{ Schmalgewebe Breitgewebe Kord, Kordgewebe Rovings Netze, Seile, Schnüre Gewirke, Raschelware, Nähgewirke Gelege, Fadenschar
Makrofile (monofil)	{ Gewebe Netze, Seile Borsten Nadelfliese
Profilgarne	{ Zwirnen (z. T. Splitten) Weben u. a. m.

Abb. 1: Erscheinungsformen und textile Weiterverarbeitung technischer Chemiefasern

Rahmen unseres Themas die aufgezählten technologischen Prozesse gar nicht besprechen. In einigen Fällen kommen wir in **Abbildung 1** schon zu gebrauchsfertigen Artikeln, wie zum Beispiel bei Chemiefaserseilen. Überwiegend jedoch entstehen durch die textiltechnische Weiterverarbeitung aus den Rohprodukten Halbfabrikate, die erst in weiteren Schritten bzw. in chemischen oder mechanischen Bearbeitungsstufen zu Fertigartikeln gestaltet werden.

Die wichtigsten industriellen Prozesse der Weiterverarbeitung sind in **Tabelle 4** zusammengestellt.

Bei diesen Prozessen wird häufig eine Temperatur angewandt, die zwischen 150° und 250° C liegt – je nach dem Zweck der Behandlung. Oft kommt es auf die exakte Einhaltung der mechanischen Endigenschaften an, weil viele technische Chemiefaserartikel für den Verwendungszweck vorher berechnet und dimensioniert sein müssen.

Tabelle 4: Mechanische und chemische Weiterverarbeitung technischer Chemiefasern

- Thermische Streckung oder Schrumpfung
- Imprägnierung
- Gummierung
- Beschichtung
- Ummantelung
- Kaschierung
- Färbung
- Ausrüstung
- Einbettung, Einmischung
- Zuschneiden, Nähen, Schweißen, Kleben

Faßt man die bisherigen Ausführungen kurz zusammen, so gelangt man zu der in **Tabelle 5** zusammengestellten Übersicht.

Prinzipiell kann jede Chemiefaserart in einer der fünf Erscheinungsformen auftreten und den jeweiligen textilen Weiterverarbeitungsprozessen unterworfen werden. Unter Hinzuziehung der möglichen chemisch-mechanischen Artikelgestaltung ergibt sich eine stattliche Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten. Es ist nicht möglich, aus dem hier entwickelten Schema eine Übersicht über die Fülle der praktischen Anwendungen zu gewinnen. Wir greifen deshalb am besten wieder auf die eingangs aufgestellten acht Hauptgruppen der Anwendung zurück.

Tabelle 5: Übersicht über technische Chemiefasern

8–10	Rohstoffarten	(Tab. 3)
ca. 5	Erscheinungsformen	(Tab. 2)
ca. 15	textile Weiterverarbeitungsverfahren	(Abb. 1)
ca. 10	chemisch-mechanische Weiterverarbeitungsarten	(Tab. 4)
8	Anwendungsgebiete	(Tab. 1)

Die vorstehenden Ausführungen über die textile, die chemische und die mechanische Verarbeitung der Chemiefasern zu Fertigartikeln werden wir in einem späteren Kapitel wieder benötigen, in dem die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Verarbeitungsstufen besprochen werden wird.

Um den Umfang der weiteren Untersuchung in Grenzen zu halten, haben wir auf der Produktseite eine Reihe von Fasern ausgegliedert. Insgesamt sollen folgende Erzeugnisse in diesem Referat nicht zu den technischen Chemiefasern gerechnet werden:

- anorganische Fäden und Fasern (Glas, Stahl u. a. m.),
- Teppichfasern (endlos, Stapel),
- Kunstledersubstrate (Vliese, Gewirke, Gewebe) für Bekleidung, Heimtextilien und Schuhoberleder,
- Nähgarn für Bekleidung und Heimtextilien,
- Fasern für Beflockung und Papier,
- Vliese für Teppichrücken und PVC-Bodenbelag,
- Vliese und sonstige Artikel für den Sanitärbereich,
- Berufskleidung, außer auf der Basis hochfester Garne,
- Gummifäden.

Die getroffene Abgrenzung ist sicherlich etwas willkürlich. Sie beruht zum Teil auf der häufig benutzten Definition der tech-

nischen Chemiefasern als „hochfeste“ Garne auf Basis hochpolymerer Stoffe, andererseits darauf, daß man die Anwendung der technischen bzw. der industriellen Garne außerhalb von Bekleidung und Heimtextilien sieht. Eine konsequente Abgrenzung ist auf diese Weise allerdings nicht möglich. So sind zum Beispiel Schreibmaschinenbänder und Fallschirme „technische“ Artikel, obwohl sie aus „textilen“ Polyamid- bzw. Polyesterfasern hergestellt werden („textil“ = normale Festigkeit, meist niedriger Titer, jedenfalls unter 200 dtex). Ähnliches könnte man über Schirmbespannungstoffe sagen, die jedoch besser von der textilen Anwendungstechnik zu betreuen wären, weil hier auch noch die Mode einen wichtigen Faktor darstellt.

Nachdem wir uns nunmehr einen Überblick über die Arten und die Verarbeitungsmethoden der technischen Chemiefasern verschafft haben, wollen wir die Hauptanwendungsgruppen etwas näher betrachten. Der Schrittmacher für die technische Anwendung der Chemiefasern war – wie Sie wissen – die Gummiindustrie.

DIE ANWENDUNG DER TECHNISCHEN CHEMIEFASERN

In der Hauptgruppe Transport und Verkehr spielen Gummiartikel eine bedeutende Rolle. Die Gummiindustrie hat sehr früh (1936 bis 1939) den Übergang von der Naturfaser zur Chemiefaser begonnen. Sie hat mit ihren hohen Qualitätsforderungen und angesichts der großen wirtschaftlichen Bedeutung auch wesentlich dazu beigetragen, daß besondere Chemiefasern mit höherer Festigkeit für die spezifischen Bedürfnisse der technischen Anwendung entwickelt wurden. Die klassischen Artikel, wie Reifen, Schläuche, Keilriemen und

Tabelle 6: Artikel aus technischen Chemiefasern

I. Transport und Verkehr

1. FAHRZEUGE:

A u t o	Reifen aller Art Keilriemen Bremsschläuche LKW-Planen Abschleppseile Fußmatten Innenauskleidung
B a h n	Waggondächer Abdeckplanen Faltenbälge Druckschläuche
F l u g z e u g	Reifen Segelflugzeug-, Ballon- und Luftschiffbespannungen Druckschläuche bruchsichere Kraftstofftanks Faltenbälge für Passagierbrücken
S c h i f f	Tauwerk Hoover-craft shirts Persenning Schlauchboote

2. TRANSPORTGERÄTE:

s t a t i o n ä r	Förderbänder, Fließbänder, Gleitbänder Schläuche Wetterlütten Rohre (CFK)
m o b i l	flexible Container, Wechselaufbauten Container-Innenhüllen Schwimmcontainer Lastenschlingen Hubnetze Fallschirme Paletten, Palettenbrookes Luftfrachtcontainer, Luftpostsäcke Postsäcke Abwurfbehälter Hubcontainer

3. TRANSPORTHILFSMITTEL:

Transportkissen, Fender Abdeckplanen Faltgaragen Flugzeugfangleinen, -netze und -gurten Verzurrgurte, Verzurnetze

Förderbänder, gehören zu dem heute noch bedeutendsten Hauptanwendungsgebiet Transport und Verkehr. Neben der Gummiindustrie interessierten sich dann auch die Tauwerk- und die Planenhersteller für die Chemiefasern.

Nach unserer in Tabelle 6 gewählten Unterteilung begann das Eindringen der Chemiefasern zunächst in den Bereich der Fahrzeuge und der stationären Transportgeräte. Allmählich kamen weitere Artikel verschiedenster Art hinzu. In jüngerer Zeit ist besonders im Bereich der mobilen Transportgeräte sowie der Transporthilfsmittel eine lebhaftere Entwicklung in Gang gekommen. Hierüber hat Herr. Dr. Thimm beim CIRFS-Weltkongreß sehr anschaulich berichtet und für die technischen Garne eine starke Verbrauchszunahme vorausgesagt.

Die zweite Anwendungsgruppe Verpackung und Lagerung (Tab. 7) steht in Wechselwirkung mit dem Transportwesen, da die modernen Transportketten sowohl innerbetrieblich als auch im Handelsverkehr über große Entfernungen das Ziel verfolgen, gleiche Einheiten für Abfüllung bzw. Verpackung, Lagerung, Transport, Umschlag und Ablieferung zu benutzen.

Im Bereich der Lagerung sind die technischen Garne im steten Vormarsch begriffen. Die überall schnell zu errichtenden Traglufthallen werden in steigendem Maß benutzt; insbesondere haben bereits weite Kreise von Industrie und Landwirtschaft die Vorteile der flexiblen Silos aus hochfesten Chemiefasergeweben erkannt. Bei den Verpackungsmaterialien ist die Chemiefaser in spürbarem Wettbewerb mit den Kunststoffen, aber auch noch mit den Naturfasern und den Papierwerkstoffen.

Tabelle 7: Artikel aus technischen Chemiefasern

II. Verpackung und Lagerung

VERPACKUNG:

Verpackungsbänder Schnüre einschließlich Ummantelungen Sacknähgarn Säcke Gitterfolien fadenarmierte Papiere
--

LAGERUNG:

Lagerhalle, Traglufthallen Abdeckplanen Silos für Granulate und Pulver aller Art Trinkwasserbehälter Flüssigkeitsbehälter (Plane, CFK)
--

In eine dritte Hauptgruppe kann man verschiedenartige Erzeugnisse einordnen, die im Laufe der Jahre von der Anwendungstechnik der Chemiefaserhersteller und ihren Abnehmerindustrien als Hilfsmittel in der industriellen bzw. in der agrarischen Produktion entwickelt worden sind. Beispiele hierfür gibt die Tabelle 8, worin dieses Gebiet in drei Gruppen unterteilt wurde.

In der industriellen Fertigung spielen die schon vorher erwähnten Chemiefasererzeugnisse für Verpackung, Transport und Lagerung bereits eine wichtige Rolle.

Aus den in Tabelle 8 zusätzlich aufgezählten Beispielen verdienen im Bereich der Industrie vor allem die Einsatzgebiete Naß- und Trockenfiltration bei der Papierherstellung sowie die Filtrationsaufgaben bei Flüssigkeiten bzw. bei der Entstaubung besondere Erwähnung.

Für die Landwirtschaft gibt es ebenfalls einige Spezialartikel, und weitere Entwicklungen werden folgen. Zur Zeit wird vor allem die Erschließung vieler Lagerungsaufgaben durch den bereits erwähnten preisgünstigen flexiblen Chemiefasergewebesilo betrieben. Erntebindegarne und Säcke aus Naturfasern können heute praktisch in allen Fällen von Chemiefasererzeugnissen abgelöst werden, jedoch haben die Bastfarben und die Baumwolle in diesem Bereich eine erstaunliche Beweglichkeit und Wandlungsfähigkeit im wirtschaftlichen Wettbewerb gezeigt.

Die Fischerei schließlich muß deshalb hervorgehoben werden, weil sie neben der Reifenindustrie wohl am konsequentesten die Vorteile der Chemiefasern erkannt und realisiert hat. Taue und Netze gehören zu den klassischen Anwendungen technischer Chemiefasern. Schon seit vielen Jahren spielen hier die Naturfasern kaum mehr eine Rolle. Betrachtet man die große Mannigfaltigkeit der Fischnetze, so

sind sie mit der Bezeichnung „Produktionshilfsmittel“ keineswegs richtig eingestuft. Netze aus hochfesten Chemiefasern, überwiegend kommt hierfür Polyamid 6 zum Einsatz, sind heute auf allen Gewässern geradezu die Voraussetzung für rationalen Großfischfang.

Tabelle 8: Artikel aus technischen Chemiefasern
III. Produktionshilfsmittel

INDUSTRIE:

Schläuche für Maschinen
Bereifungen für Flurfördermittel
Filterpackungen
Filtertücher, Filterschläuche
Siebgewebe für Papiermaschinen
Membranen
Isolationswicklungen und -schläuche
Filze für Papiermaschinen
Vorläufer-, Mitläufergewebe
Vulkanisationsbandagen
Drucktücher
Antriebsriemen
Antriebsgurten
Schleifscheiben
Akkumulatoren-Röhrgewebe
Kabelarmierung
Belüftungskanäle für Klimaanlage

LANDWIRTSCHAFT:

Vogelschutznetze und Vliese
Trocknungshauben
Bereifungen für Ackerschlepper und Ackerwagen
Erntebindegarne
Silos für Futtermittel, Getreide, Mehl, Dünger
Säcke aller Art
Wetterschutzplanen
Gewächshausdächer
Sojabohnenprozeßhallen
Futtertransportbänder
Filter- und Pressentücher

FISCHEREI:

Netze aller Art
Tauwerk
Angelschnüre
Wetterschutzbekleidung
Abdeckplanen

Wenn wir jetzt zum Bauwesen als der vierten Hauptgruppe übergehen, dann treffen wir besonders in diesem Gebiet nebeneinander auf Lösungen, die seit Jahren im Gebrauch sind, und auf neue Anwendungen, die zum Teil das Erprobungsstadium noch nicht verlassen haben. Tabelle 9 gibt eine Reihe von Beispielen, die in die Anwendungsbereiche Erd- und Wasserbau, Hallen- und Dachbau sowie unter die Baustoffe eingeordnet werden können.

Die technischen Chemiefasern werden schon seit langer Zeit im Wasserbau erprobt. Markisen und Traglufthallen sind zwei weitere Beispiele für Chemiefaserartikel, die schon seit einer Reihe von Jahren in der Praxis verwendet werden. Aber sowohl diese klassischen Anwendungen als auch die vielen anderen Arbeitsrichtungen nach Tabelle 9 befinden sich noch in voller Weiterentwicklung. Da Erprobungen im gesamten Baubereich natürlich längere Zeit erfordern, rechnen wir damit, daß das Vordringen der Chemiefasern in diesem Sektor eine weniger stürmische, dafür aber stete Entwicklung nehmen wird.

Besondere Aktivität ist auf dem Teilgebiet Hallen und Dächer festzustellen. Das ist eine für die Popularität der Chemiefasern besonders interessante Entwicklung, weil hier, anders als bei den Gummiartikeln, die textile Natur der Konstruktion von jedermann zu erkennen ist. In der Gruppe „Baustoffe“ haben wir auch auf die Möglichkeit hingewiesen, die Kunststoffe mit Chemiefasern zu verstärken. Im Boots-, Rohr-, Behälter- und Gehäusebau sowie für Profile und Apparateile sind erste Erfolge dieser Arbeitsrichtung zu verzeichnen. Der Bausektor ist vom Standpunkt der Anwendungstechnik industrieller Chemiefasern ein großes, noch wenig erschlossenes und überaus interessantes Betätigungsfeld.

Tabelle 9: Artikel aus technischen Chemiefasern
IV. Bauwesen

ERD- UND WASSERBAU:

Rasenarmierung
Böschungsarmierung
Drainage – horizontal
Drainage – vertikal
Bodenverfestigung
Asphaltarmierung
Deichsäcke
Wasserbeckenauskleidungen
flexible Schutzdämme
(Flexodamm)
Uferschutzgewebe
Uferschutzvliese
Bodenschichttrenngewebe
und -vliese

HALLEN UND DÄCHER:

Traglufthallen verschiedener Bauart
Kissendächer
Spanndächer verschiedener Konstruktion
Gerüst- und Binderhallen mit Planen
Flachdächer (Vliese, Gewebe)
Markisen
wandelbare Spanndächer
Citydächer
Winterbausysteme
Ausstellungspavillons

BAUSTOFFE:

Dachgitterfolien
synthetische Rasen
Heizgewebe (Neuentwicklung)
fasergefüllte Dichtungsmassen,
Anstrichmittel und Mörtel
Gewebe und Vliese zur Rißüberbrückung
im Mauerputz
Verbundtapeten
Werkstoffe für Konstruktion
Sperrholzarmierungen
Leichtbauplatten (Neuentwicklung)
chemiefaserverstärkte Kunststoffe (CFK)
Gittergewebe für Parkett- und Keramikplatten
Grundwassersperrern
textile Wandverkleidungen

Die fünfte Hauptgruppe Sport und Freizeit kann in der Zukunft, wie wir alle hoffen, mit einer starken Expansion rechnen. Sollte es den technischen Chemiefasern gelingen, durch weitere neue Ideen hierzu beizutragen, so wird auch dieser Sektor ein interessanter Umsatzträger sein können. Der Wettbewerb mit Naturfasern sowie mit Folien, glasverstärkten Kunststoffen und Plastics wird allerdings besondere Aufmerksamkeit seitens der Chemiefasererzeuger erfordern.

In Erwartung der Münchner Olympiade und der zwei Jahre darauf ebenfalls in der Bundesrepublik auszutragenden Fußballweltmeisterschaft ist die lichtdurchlässige Überdachung von Zuschauertribünen bzw. von Sportanlagen ein besonders aktuelles Thema. Die Maßstäbe hierfür werden vom Farbfernsehen gesetzt. Nur transparente Kunststoffplatten haben da eine ähnlich gute Chance wie Planen aus Chemiefasern; klassische Baumaterialien, wie Holz, Beton oder Glas, bieten keine Lösung der gestellten Aufgabe.

Die Saisonverlängerung durch eine vollständige oder eine teilweise bzw. durch eine bewegliche Überdachung von Sport- und Freizeitstätten ist eine Aufgabe, für die die Chemiefaserplanen mit ihren vielen konstruktiven Anwendungsmöglichkeiten noch viele interessante Lösungen anbieten wird.

Daneben gibt es, wie Tabelle 10 zeigt, eine Fülle von Chemiefaserartikeln im Bereich von Sport und Camping sowie interessante Neuentwicklungen. Hier soll eine aus synthetischen Makrofilen gesponnene, neuartige voluminöse Matte erwähnt werden, die in ganz verschiedener Dicke, Elastizität und unterschiedlichem Gewicht hergestellt und dadurch vielen Aufgabenstellungen angepaßt werden kann. Erste Anwendungsbeispiele hierfür sind Rasenarmierung, Sportmatten und Drainage. Außerhalb des Sportsektors laufen mit diesen Makrofilmaten Versuche in den Anwendungsgebieten Bau und Filtration.

Tabelle 10: Artikel aus technischen Chemiefasern
V. Sport und Freizeit

SPORTANLAGEN:

- Schwimmbecken
- Schwimmbhallen
- Sporthallen
- Syntheserasen
- Sportböden
- Tribünenüberdachungen
- Schwingböden (Neuentwicklung)
- Rasenarmierung (Neuentwicklung)
- Sommerskipisten (Neuentwicklung)

SPORTGERÄTE:

- Tor- und Tennisnetze
- Luftmatratzen
- Schlauchboote
- Segel
- Yachttauwerk
- Bergseile
- Fallschirme
- Persenning
- Tennissaiten, Tennisbälle
- Ski (CFK-Entwicklung)
- Sportmatten (Neuentwicklung)
- Auftriebskörper, Fender (Neuentwicklung)
- Seglerkleidung
- Spielgeräte (CFK)
- Sportschuhe
- Gummistiefel
- Sportboote (CFK)

CAMPINGAUSRÜSTUNG:

- Zelte, Vor- und Überzelte
- Zeltböden
- Sitzmöbelbespannungen
- Schlafsackfüllungen
- Wasserbeutel
- Spannseile

FREIZEITANLAGEN – ERHOLUNGSZENTREN:

- Freilichttheater-Überdachungen
- Pavillons
- Scooter- und Schaubudendächer
- Grünflächenüberdachungen in Parks und Kindergärten

In die nächste Anwendungsgruppe Haushalt, Reinigung, Medizin fallen eine Reihe mehr oder weniger bedeutende Artikel mit technischer Gebrauchsfunktion. Gerade in diesen Gebieten ist die Trennung zwischen textilen und technischem Einsatz immer etwas schwierig. Die eingangs aus dem engeren Sektor der technischen Garne ausgeschlossenen Produkte, wie Teppichfasern, Vliese und Zellwollwatte, gehen bevorzugt in diese Hauptgruppe der Chemiefaseranwendung. Über die rein technische Anwendung unserer Industriefasern ist in den Bereichen „Haushalt und Medizin“ nicht allzuviel zu berichten.

Tabelle 11 nennt einige Beispiele dieser Art. Zu erwähnen ist – wegen seines beachtlichen Marktpotentials – der gewebte Teppichrücken. Spezielle Hochfestgarne, für deren Verarbeitung sich die jeweiligen technischen Webereien maschinell sehr modern ausgerüstet haben, wetteifern mit der Jute, vor allem aber mit Vliesen, Fasergarn- und Bändchengeweben auf Synthesebasis. Webmaschinen und Ausrüstungsanlagen für Breiten bis zu 5 Metern markieren den weit fortgeschrittenen Stand der Technik, der sich als Folge der stürmischen Entwicklung des getufteten Teppichs eingestellt hat.

Die nächste Hauptgruppe Berufskleidung und Behördenbedarf umfaßt Schutzbekleidung gegen Einwirkung von Nässe, Wind, Kälte, Hitze sowie von Chemikalien. Darüber hinaus gibt es besondere Bedarfsfälle aus den Aufgabengebieten von Bahn, Post, Rundfunk, Militär und Katastrophenschutz. Nahezu alle bisher genannten Artikel können in der einen oder der anderen Form im Behördenbereich zu meist unter besonderen, verschärften Bedingungen Einsatz finden. Sowohl für Schutzbekleidung als auch für den Sonderbedarf der Behörden betreibt die Chemiefaserindustrie spezielle Entwicklungen, die auf diesen Gebieten wesentliche Fortschritte bringen werden. Dabei denke ich insbesondere an Chemiefasertypen mit Eigenschaften, die ihre Verwendung selbst bei hohen Temperaturen (mehreren 100° C) gestatten.

Tabelle 11: Artikel aus technischen Chemiefasern
VI. Haushalt, Medizin, Reinigung

HAUSHALT:

- Gartenschläuche
- Teppichrückengewebe
- Polstergurten
- Rolladengurten
- Jalousieschnüre
- Wäscheleinen (PVC-ummantelt)
- Matratzen (Neuentwicklung)
- Sitzkissen (Neuentwicklung)
- Heizgewebe (Neuentwicklung)
- Markisen, Sonnenschirme
- Liegestuhlbespannungen
- Synthesefaserperücken (Kunsthaar)
- Einkaufsnetze

MEDIZIN:

- Nähfaden
- Pflaster
- Binden, Tücher
- Krankentragebespannungen
- Spezialstrümpfe

REINIGUNG:

- Spül- und Reinigungstücher
- Topfreiniger
- faserverstärkte Schwämme
- Bürsten
- Zahnbürsten
- Autowaschanlagen

Eine Aufzählung der Artikel aus dem Sektor Berufskleidung und Behördenbedarf ersparen wir uns wegen der vielfachen Überschneidung mit den zuvor geschilderten Anwendungsgebieten. Außerdem fällt ein Teil dieser Artikel gleichzeitig auch in die Hauptgruppe Sicherheit und Rettung, die wir als letzte besprechen wollen.

Tabelle 12 nennt einige typische Geräte, die für Sicherheits- oder Rettungsvorkehrungen im Verkehr oder in anderen Bereichen der Technik benutzt werden. Hohe Festigkeit, Flexibilität, leichtes Gewicht und unbegrenzte Lagerfähigkeit sind Eigenschaften von Chemiefaserartikeln, die gerade auch in diesem technischen Anwendungsbereich von besonderem Vorteil sind.

Tabelle 12: Artikel aus technischen Chemiefasern
VII. Sicherheit (Rettung, Schutz)

- Anschnallgurten für Flugzeuginsassen
- Autosicherheitsgurten
- Airbags
- Fallschirme (Gewebe, Gurten, Leinen)
- Sicherungsnetze
- Feuerweherschläuche
- Sprungtücher
- Hitze- und Flammschutzanzüge
- Schlauchboote
- Rettungswesten
- Schwimmwesten
- flexible Notdämme
- Explosionsschutzpolster
- Flugzeugfangnetze und -seile
- Sicherungsgeschirre
- Bergseile, Raketenschießleinen
- Blendschutz- und Schneezäune
- Behälter, Dämme, Säcke u. a. m. für Katastropheneinsätze

Der moderne Feuerweherschlauch besteht aus Gummi mit einer äußeren Hülle aus Polyesterfilamentgewebe. Hier – wie beim Autogurt –, um zwei der wichtigsten Beispiele aus dieser Gruppe zu nennen, sind Artikel entstanden, die die technischen Chemiefasern zu voller Entfaltung kommen lassen. Hier kann auch einem breiten Publikum die Zweckmäßigkeit, ja Notwendigkeit der hochfesten Chemiefasern leicht vor Augen geführt werden. Besonders die Autogurte sowie Weiterentwicklungen auf diesem Sektor werden ein wichtiges Einsatzgebiet für die technischen Chemiefasern bleiben.

DIE STRUKTUR DER INDUSTRIE FÜR TECHNISCHE CHEMIEFASERN

Ohne auf Vollzähligkeit zu achten und mehr mit der Absicht, einen gegliederten Gesamtüberblick zu geben, habe ich eine stattliche Zahl von Anwendungsmöglichkeiten und Artikeln in den letzten sieben Tabellen vorgestellt. Es waren deren ungefähr zweihundert. An anderer Stelle hat man festgestellt, daß es über vierhundert Artikel im technischen Bereich geben soll. Angesichts dieser breiten Anwendung von Industriegarnen ist es verständlich, daß diese Fülle an Gedanken nicht bloß einen einzigen Ursprungsort, beispielsweise den Chemiefaserhersteller, haben kann. Vielmehr sind die technischen Möglichkeiten, die unsere Produkte bieten, bei den weiterverarbeitenden Stufen ständig zur Lösung immer neuer Probleme ausgenutzt worden. Anfragen und Ideen kommen auch von seiten der Benutzer bzw. der Verbraucher, und zwar umso häufiger, je mehr sich solche Chemiefaserartikel bekanntgemacht und bewährt haben.

Bei der Vielzahl der Anwendungsgebiete sind es natürlich auch mehrere Fabrikationszweige, die an der Herstellung der Artikel für den Verbraucher beteiligt sind. In Tabelle 13 habe ich zunächst diejenigen Verarbeiter von technischen Chemiefasern angeführt, die schon seit langer Zeit, zum Teil sogar ausschließlich, auf die Weiterverarbeitung im technischen Bereich ausgerichtet sind. Als Abnehmer kennen wir neben dem einzelnen Konsumenten verschiedene Industrien, vor allen anderen zu nennen den Großkunden „Kraftfahrzeugindustrie“.

Tabelle 13: Verarbeitungsindustrien für technische Chemiefasern

- Kordzwirner und Kordweber
- Fasergarnspinner und -weber
- Breitweber
- Bandweber
- Seil- und Schnurhersteller
- Netzhersteller
- Gummiindustrie (Reifen, Förderbänder, Keilriemen, Schläuche)
- Kunststoffbeschichter, Kaschierer, Gummierer, Färber und Ausrüster
- Vlies-, Filz- und Siebgewebehersteller
- Planenkonfektionär
- Gewebekonfektionär
- Gurtenkonfektionär

Neuerdings gibt es, wie schon erwähnt, neuere Chemiefasertypen, neuartige Flächengebilde, bisher ungewohnte Verarbeitungstechniken und völlig neue Anwendungsideen. Diese Entwicklung wird in starkem Maße auch von den anwendungstechnischen Abteilungen der Chemiefaserhersteller gefördert. Neben den klassischen Abnehmern kommen jetzt Gesprächspartner aus neuen Bereichen hinzu, vor allem die Bauindustrie bzw. kommunale Bauherren, das Transportwesen, Unternehmen des Landschaftsbaues, Kunststoffverarbeiter, Sportgerätehersteller sowie die Elektroindustrie.

Es ist damit zu rechnen, daß mit dem Vordringen der technischen Chemiefasern in neue Bereiche auch Neuerungen in der Verarbeitungstechnik in das Blickfeld kommen werden. Fast immer wird es sich darum handeln, Chemiefaserverbundkörper mit interessanten Eigenschaften zu erzeugen.

In den meisten Fällen sind in der Entwicklungsperiode und bei der technischen Betreuung einer laufenden Produktion enge Kontakte zwischen dem Lieferanten des Produktes und den Verarbeitern notwendig. Häufig ist auch der Endverbraucher an diese Kontaktkette angeschlossen. Vorübergehende, aber auch dauerhafte Kooperationen entstehen aus einer solchen Situation ebenso wie mehrstufige vertikale Integrationen. Wir wollen nun einige Beispiele aus den klassischen Verarbeitungswegen für technische Garne betrachten. Abbildung 2 zeigt, wie sich bei der Herstellung von Reifen in insgesamt sechs Verarbeitungsstufen verschiedene Formen der Vorwärtsintegration der Faserhersteller (Nr. 1-4) und der Rückwärtsintegration der Reifenhersteller (Nr. 2-8) ausgebildet haben. Dazwischen entstand die Kordzwirner-Gruppe, die ihrerseits Integrationen nach vorn gebildet hat (Nr. 6-9).

Diese historisch bedingte Vielfalt der Vertikalintegrationen ist heute bei Reifenkord ein Faktum. Klare Grenzen gibt es nur

insofern, als die Garnherstellung überwiegend eine Domäne der Chemiefaserproduzenten geblieben ist, während der Reifenbau in der Hand der Gummiexperten verblieb.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Reifengarn	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kord	X	X	X	X	O	O	O	O	O
Gewebe	X	X	X	O	O	O	O	O	O
Heißver- streckung	X	X	O	O	O	O	O	O	O
Imprägnierung	X	O	O	O	O	O	O	O	O
Reifenfabrikation	O	O	O	O	O	O	O	O	O

- X = Chemiefaserhersteller
- O = Kordzwirner / weber
- O = Reifenfabrik

Abb. 2: Verarbeitungsstufen für Reifengarn (Grundtypen der Vertikalintegration)

Der Normalfall liegt eigentlich so, daß sich der Hersteller der Chemiefaser nicht mit deren Weiterverarbeitung befaßt und umgekehrt der Weiterverarbeiter nicht selber in die Faserherstellung eingreift. Daneben gibt es außerhalb der Herstellungsbereiche von Reifen und Gummiartikeln eine Vielzahl von vorwärts und rückwärts gerichteten Teilintegrationen. Schließlich wird auch schon ab und zu sogar der völlige und kontinuierliche Zusammenschluß aller Verarbeitungsstufen, die auf die Chemiefaserproduktion folgen, praktiziert. Abbildung 3 bringt eine weitere Darstellung der jeweiligen Vorgänge, und zwar aus dem Gebiet der Herstellung und Weiterverarbeitung von Geweben.

Über diese Beispiele hinaus gibt es noch weitere Formen der Zusammenarbeit, wobei auch auf die sogenannte Lohnbeschichtung bzw. -ausrüstung hingewiesen werden soll. Hier und da findet man ausnahmsweise auch den Fall einer rückwärtigen Totalintegration bis zur Eigenproduktion von Fäden durch den Letztverarbeiter selber. Allerdings sind derartige Fälle innerhalb unserer heimischen Industrie auf die Extrusion von Makrofilen bzw. von Foliengarnen, meist auf Basis der leicht zu verspinnenden Polyolefine, beschränkt.

In der Regel haben wir es also mit zwei bis fünf Verarbeitungsstufen zu tun, die sich an die Garnherstellung anschließen. Ebenso groß ist die Zahl der Partner, die miteinander technischen Kontakt halten müssen, wenn Entwicklung und technischer Service erfolgreich sein sollen.

Ich bin auf die unterschiedlichen Formen solcher Herstellungsketten eingegangen, weil ich besonders auf die stufenweise Entstehung von Artikeln aus oder mit technischen Chemiefasern hinweisen wollte. Wegen des technischen Endzwecks kommt der exakten Kommunikation zwischen den Fertigungsstufen erhöhte Bedeutung zu. Meistens genügt es nicht, daß in der Herstellungskette unmittelbar aufeinanderfolgende Betriebe diesen Kontakt halten. Zumindest bei Neuentwicklungen ist es oft unentbehrlich, daß sich alle beteiligten Partner an einem Tisch zusammenfinden.

Den Chemiefaserherstellern kommt hierbei eine wichtige technische und kommerzielle Rolle zu, sei es, die Initiative zu ergreifen und Kontakte herbeizuführen, sei es, die Koordi-

nation bzw. die Führung eines Projektes in die Wege zu leiten oder selber zu übernehmen. Dabei ergibt sich für die Anwendungstechnik und Marketing der Faserhersteller die Notwendigkeit, sich auf wichtige und erfolgversprechende Schwerpunktthemen zu konzentrieren. Um hierbei die richtige Auswahl treffen zu können, ist es jedoch unumgänglich, ständig eine größere Zahl von Ideen zu verfolgen.

Das Vordringen der technischen Chemiefasern in bisher nicht erschlossene Anwendungsgebiete, genannt waren unter anderem faserverstärkte Baustoffe und Kunststoffe, zwingt die Faserhersteller einmal mehr, sich mit den Erfordernissen und Technologien dieser Bereiche der Technik vertraut zu machen. Daher findet man in der Anwendungstechnik neben Chemiefaserspezialisten Ingenieure, Physiker und Chemiker der verschiedensten Fachrichtungen. Sie stehen heute mehr denn je vor vielseitigen, oft schwierigen, dafür aber interessanten und volkswirtschaftlich wichtigen Aufgaben.

	1	2	3	4
Webgarn	X	X	X	X
Kette	X	□	□	□
Gewebe	□	□	□	□
Ausrüstung	△	△	□	□
Konfektion	○	○	○	□

- X = Chemiefaserhersteller
- = Weber
- △ = Ausrüster, Beschichter
- = Konfektionär

Abb. 3: Verarbeitungsstufen für Webgarn aus technischen Chemiefasern

MARKTGRÖSSE UND ENTWICKLUNGS-AUSSICHTEN

In meinen Ausführungen war zunächst von den Chemiefaserarten, ihren Erscheinungs- und Verarbeitungsformen die Rede. Die Vielzahl der technischen Chemiefaserartikel wurde dann in Hauptgruppen besprochen. Schließlich war gezeigt worden, welche koordinativen Aufgabenstellungen bei der meist mehrstufigen Weiterverarbeitung zum Gebrauchsartikel zu bewältigen sind. Bei all diesen Bemühungen interessiert natürlich die Frage, welche Absatzmöglichkeiten für diese Artikel gegeben sind.

Amtliche statistische Zahlen zu den uns interessierenden Fragen gibt es leider nicht. Wir sind daher auf Untersuchungen seitens der Marktforschung angewiesen. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, daß der Begriff „technische Garne“ ebenso wie der der „technischen Anwendung“ nicht exakt und übereinstimmend gebraucht wird. Deshalb muß bei Zahlenangaben über Produktion oder Verbrauch vorerst jeweils bekanntgegeben werden, ob Stapelfasern und Vliese, Glasfasern- und -filamente, Stahlkord für Gummiartikel, Makrofile und Foliengarne sowie das Anwendungsgebiet „Teppichflor“ enthalten sind oder nicht. Ich benutze im folgenden Statistiken, die entsprechende Hinweise enthalten. Den Verbrauch an technischen Chemiefasern in der EWG zeigt Abbil-

dung 4 für die letzten sechs Jahre, unterteilt in vier Artikelgruppen.

In dieser Statistik sind die eingangs aus der Thematik dieses Referats ausgeklammerten Produkte nicht enthalten. Die Daten gelten allerdings zunächst nur für die Multifilgarne aus Reyon, Polyamiden und Polyester. Das liegt daran, daß die Marktforschung kein vergleichbares Zahlenmaterial für die in unserem Referat angesprochenen Produkt- bzw. Artikelgruppen beschaffen konnte.

Zu dem Gesamtverbrauch von 133.000 Tonnen im Jahre 1970 kann für Stapelfasern einschließlich der Vliese sowie für Makrofile mit Foliengarnen im Sinne unseres Themas noch ein Verbrauch von ca. 50.000 Tonnen hinzugerechnet werden. Damit beläuft sich der Verbrauch an technischen Chemiefasern mit ca. 180.000 Tonnen auf 16 Prozent des 1,150.000 Tonnen betragenden Verbrauchs an textilen Chemiefasern in der EWG.

Die Verbrauchssumme an technischen Endlos Garnen von 1965 bis 1970 beträgt nach Abbildung 4 insgesamt 40 Prozent. Im gleichen Zeitraum 1965–1970 stieg in der EWG der Verbrauch an textilen Chemiefasern um 50 Prozent, insgesamt also noch stärker als der der technischen Garne. Das große Absatzgebiet „Reifen“ – die klassische Anwendung technischer Chemiefasern – weist in der betrachteten Periode einen Verbrauchsanstieg auf. Daneben ist der hier nicht erfaßte Verbrauch von Stahlkord für Reifen von zunehmender Bedeutung. Der Gesamtverbrauchsanstieg in Abbildung 4 beruht in erster Linie auf der Absatzsteigerung bei Gummiartikeln und vor allem bei Beschichtung einschließlich sonstiger technischer Artikel und Gurte, welche zusammen von 10.000 auf 35.000 Tonnen gestiegen sind. Das ist mehr als eine Verdreifung in fünf Jahren! Diese Entwicklung hat dazu geführt, daß heute bereits 32 Prozent aller technischen Endloschemiefasern in andere Gebiete außer Reifen gehen, gegenüber nur 18 Prozent im Jahre 1965.

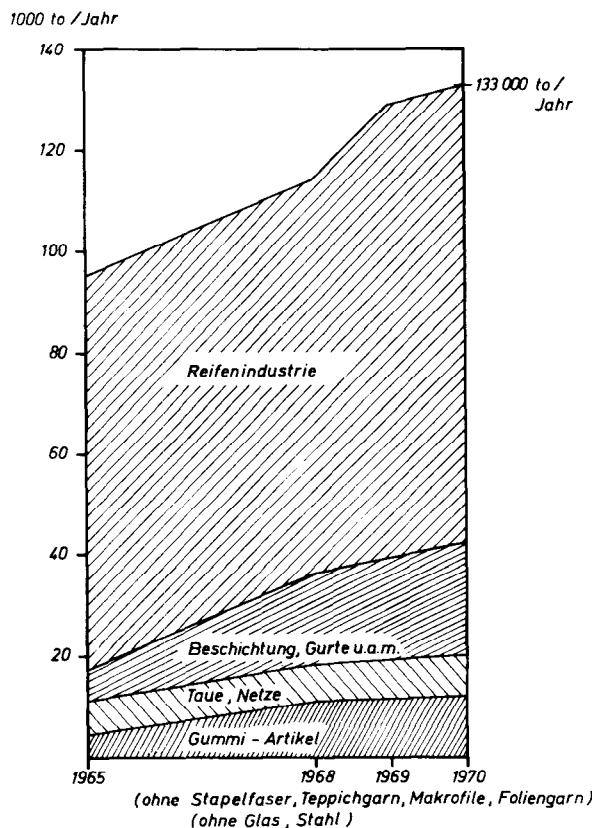


Abb. 4: Verbrauch technischer Chemiefasern in der EWG

Geht man von der oben angeführten Gesamtzahl von ca. 180.000 Jahrestonnen einschließlich der Stapelfasern usw. (siehe oben) aus, so müßte sich daraus 1980 ein Verbrauch von ca. 360.000 Tonnen ergeben, wenn man den Schätzun-

gen anderer Autoren folgt, Demnach könnte 1980 ein Absatz erzielt werden, der etwa 30 Prozent des derzeitigen Chemiefaserverbrauchs für Bekleidung und Heimtextilien entspricht. Solche Betrachtungen beruhen aber zu sehr auf Spekulationen, als daß man mit ihnen verläßlich arbeiten könnte. Vor allem aus den aufgezeigten unterschiedlichen Wachstumsraten verschiedener Anwendungsbereiche in der Vergangenheit sollte man die Lehre ziehen, daß Absatzprognosen für jedes Einsatzgebiet separat erstellt werden müssen.

Wenn ich mich in der folgenden Darstellung (Abbildung 5) auf das eben erwähnte Gebiet der Spekulation begeben, so habe ich dieses Erkenntnis Rechnung getragen, indem ich lediglich qualitativ die potentielle Größe der Einsatzgebiete durch die Größe der Sektoren gekennzeichnet habe. Weiterhin ist jeder Sektor so weit ausgefüllt, wie es seinem derzeitigen Erschließungsgrad schätzungsweise entspricht. Hierbei bin ich wiederum subjektiv vorgegangen. Eine gewisse Hilfe war dabei außer den schon genannten Verbrauchsziffern und Zuwachsraten eine Betrachtung über den Substitutionsgrad von Naturfasern durch Chemiefasern.

KORROSIONSSCHUTZ W. HÖHNEL KG.

Sandstrahl-, Flammstrahl-, mechanische Entrostung, staubfreies Sandstrahlen mit Vacu-Blast, Naßstrahlen, Schutz- und Industrieanstriche aller Art, Behälterauskleidungen mit lösungsfreiem Kunststoff, Holzschutz, Isolierungen und Streichgummierungen, schwitzwasserhemmende Beschichtungen, Spritzverzinkung und andere Metallisierungen, kathodischer Korrosionsschutz, Klimatisierung zur Trockenlegung von schwitzwasserfeuchten Anlageteilen, Flammenschutz F 30

A-4021 LINZ/DONAU, BISCHOFSTRASSE 5
 TELEFON 2 21 01, 2 21 02, 2 81 74 – FS 02 1469
 POSTFACH 202 – TELEGRAMM: Höhnel KG. Linz
 KORROSIONSSCHUTZWERK LINZ, Zamenhofstraße 41

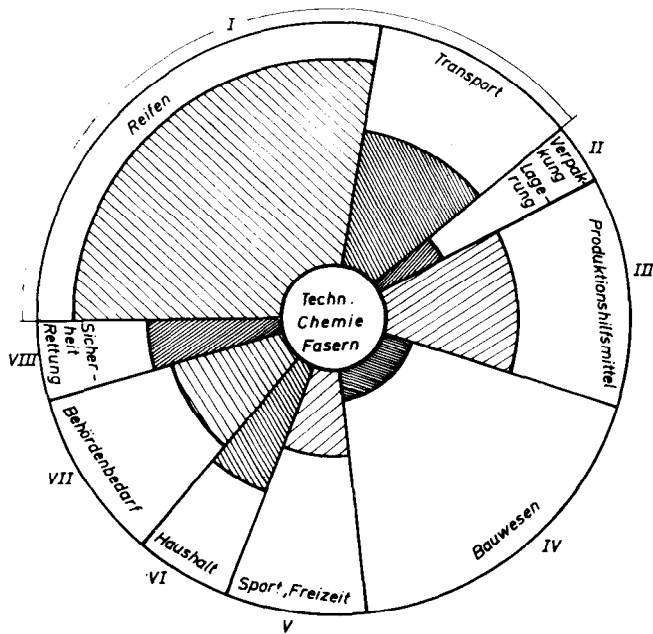


Abb. 5: Anwendungsgebiete technischer Chemiefasern – Größe und Erschließungsgrad

Unsere Darstellung läßt mit ihren schraffierten Bereichen die derzeitigen Absatzschwerpunkte erkennen, während die leeren Felder das zukünftige Betätigungsfeld für die technischen Garne und Fasern illustrieren. Das Bild, so ungenau es auch sein mag, macht doch deutlich, wo die Chancen einer Umsatzausweitung der technischen Chemiefasern zu suchen sind. Gebiete, in denen der Penetrationsgrad noch gering ist, üben naturgemäß einen starken Reiz aus. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß dort vielfach noch an der Entwicklung neuer Ideen gearbeitet wird. Hierbei muß sich zeigen, wie weit zur Erstellung von Artikeln die bekannten textilen und sonstigen Verarbeitungsprozesse für technische Garne durch neuartige Arbeitsgänge ergänzt werden müssen. Die Chemiefaserindustrie braucht dazu insbesondere entwicklungsfreudige Partner für die Verarbeitung und Erprobung in der Anwendung.

Es war das Ziel meiner Ausführungen, den heute noch umsatztragenden klassischen Anwendungen die neuen und zukunfts-trächtigen Anwendungsmöglichkeiten zur Seite zu stellen, und ich hoffe, aus heutiger Sicht einen allgemein interessanten Überblick gegeben zu haben.

Filamentmischgarne – eine neue Gruppe von Endlosgarnten

Dr. rer. nat. Ernst Heim

Deutsche Rhodiaceta AG, Freiburg/Breisgau

In den letzten Jahren hat eine neue Art von Endlosgarnten eine gewisse Bedeutung erlangt: die bikomponenten Filamentmischgarne. Sie sind wie normale Endlosgarne aufgebaut, bestehen jedoch aus mindestens zwei verschiedenen Filamentarten, die möglichst regellos vermischt über den Garnquerschnitt verteilt sind. Es können beispielsweise unterschiedlich schrumpfende oder unterschiedlich anfärbende Filamente der gleichen Faserart oder aber Filamente zweier verschiedener Faserarten miteinander kombiniert werden.

Diese Filamentmischgarne nehmen eine Art Zwitterstellung zwischen Endlos- und Faserarten ein. So weisen sie einerseits alle Vorzüge eines Endlosgarntes auf, wobei ihre Eigenschaften zwischen denjenigen entsprechender bikomponenter Mischzwirne und denjenigen entsprechender bikomponenter Endlosgarne liegen. Andererseits stellen sie die endlose Version eines gesponnenen Garnes aus einer intimen Mischung der betreffenden beiden Faserarten mit allen Vorzügen dieses Garntyps dar. Querschnittsaufnahmen von Filamentmischgarnten und entsprechenden Faserarten sind praktisch identisch.

1. ALLGEMEINES

In den letzten Jahren hat eine neue Gruppe von Endlosgarnten zunehmend an Bedeutung gewonnen, und zwar die Filamentmischgarne aus Chemiefasern. Sie sind wie normale Multifilamentgarne aufgebaut, bestehen jedoch aus mindestens zwei verschiedenen Filamentarten, die möglichst regellos vermischt über den Garnquerschnitt verteilt sind. Dabei können beispielsweise unterschiedlich schrumpfende oder unterschiedlich anfärbende Filamente der gleichen Faserart oder aber Filamente verschiedener Faserarten miteinander kombiniert sein. Während sich die Filamentmischgarne – im folgenden kurz als FM-Garne bezeichnet – aus Filamenten der gleichen Faserart meist nur in einigen speziellen Eigenschaften von ihren entsprechenden „reinrassigen“ Verwandten unterscheiden, stellen die FM-Garne aus Filamenten verschiedener Faserarten einen grundsätzlich anderen Garntyp dar, der in seinen Eigenschaften irgendwo zwischen denjenigen von Multifilamentgarnten aus entsprechenden bikomponenten Filamenten und denjenigen von Mischzwirnen aus entsprechenden normalen Multifilamentgarnten liegt.

In Abbildung 1 sind der Aufbau und die Filamentanordnung dieser drei Garntypen – in diesem Beispiel aus den beiden Polymersorten „schwarz“ und „weiß“ – schematisch dargestellt. Sie macht deutlich, was im Sinne der von uns gewählten Nomenklatur unter FM-Garnten verstanden werden soll und wo die Abgrenzung gegenüber den Bikomponentengarnten und den Mischzwirnen liegt: Im Bikomponentengarn besteht jedes einzelne Filament gleichzeitig aus beiden Polymersorten und das Multifilamentgarn aus unter sich gleichartigen Filamenten. Im FM-Garn und im Mischzwirn bestehen demgegenüber die einzelnen Filamente stets aus einem einheitlichen Polymer, und das Multifilamentgarn ist aus zwei unterschiedlichen Filamentarten aufgebaut. Dabei sind im FM-Garn die unterschiedlichen Filamente regellos über den Garnquerschnitt verteilt, während im Mischzwirn die beiden Filamentarten in zwei mehr oder weniger separaten Gruppen nebeneinander liegen. Aus dieser unterschiedlichen Zusammensetzung und Anordnung der Filamente resultieren letztlich die Unterschiede in den Eigenschaften dieser drei Garntypen, über die später noch zu sprechen sein wird.

Für die Auswahl der Filamentarten zur Komposition eines FM-Garnes gelten weitgehend die gleichen Gesichtspunkte wie bei Fasermischungen. Hier wie dort sollen durch die

During recent years a new type of filament yarns has attained a certain degree of importance, namely, bicomponent blended filament yarns. Their structure is identical to that of normal filament yarns except that they are made up to least two different types of filaments distributed over the yarns cross-section as irregularly as possible. For example, filaments of the same fiber material displaying varying degrees of shrinkage or different dyeing properties, or also filaments spun of two different fiber materials, can be used in combination.

These blended filament yarns occupy an interim position, between filament yarns and spun-yarns. They offer all the advantages marking filament yarns, their properties being half-way between those of bicomponent ply yarns and those of the corresponding bicomponent filaments, and represent the continuous version of spun-yarns made of an intimate blend of the corresponding two types of fibers, and possessing all the advantages distinguishing the latter type of yarn. The cross-sections of the blended filament yarns and of the corresponding spun yarns are virtually identical.

Zumischung einer Komponente B fehlende oder ungenügende Eigenschaften der Hauptkomponente A ergänzt bzw. verbessert werden, oder es sollen durch Mischung von A und B neue zusätzliche Eigenschaften realisiert werden, die keine der Einzelkomponenten A und B für sich aufweist. Die Auswahl und das Mischungsverhältnis richten sich dabei u. a. danach, welche modischen, technologischen oder bekleidungsphysiologischen Eigenschaften der einzelnen Faserarten nutz-

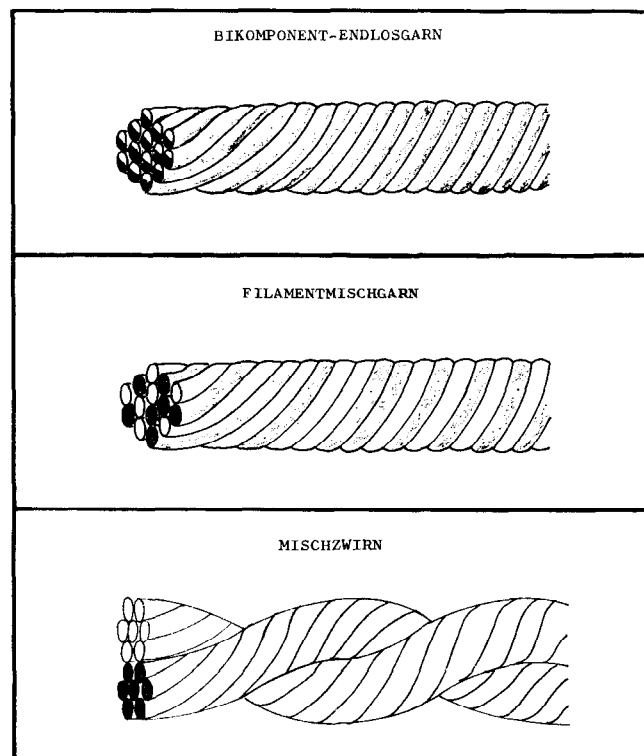


Abb. 1: Filamentanordnung in verschiedenen Mischgarnten

bar gemacht werden sollen. Daß man dabei nach Möglichkeit Kombinationen wählt, die eine optimale Ausrüstung bei der Komponenten zulassen, da nur dann deren Eigenschaften in der Mischung voll zum Tragen kommen können, versteht sich von selbst.

Echte Fasermischungen, auf deren vielfältige Vorzüge und Möglichkeiten hier wohl nicht näher eingegangen zu werden braucht, waren bisher ausschließlich den gesponnenen Garnen vorbehalten. Bei Endlos Garnen behält man sich zur Fasermischung u. a. mit dem Einsatz unterschiedlicher Faserarten in Kette und Schuß, mit der Verarbeitung von Mischzwirnen oder mit der Garnmischung auf der Maschine. Durch die Entwicklung der FM-Garne stehen nunmehr intime Fasermischungen auch in Form von Endlos Garnen zur Verfügung. Daß man dabei, da es sich ja um Endlos Garnen handelt, praktisch auf die Mischung von Chemiefasern beschränkt ist und somit die Mischung von Naturfasern und Chemiefasern, die bei Fasergarnen bei weitem die größte Bedeutung hat, ausfällt, sollte man nicht als zu großen Nachteil empfinden. Bei der Vielzahl von synthetischen und zellulosischen Chemiefasern mit ihrer Typenvielfalt steht heute eine derartige Fülle von Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen zur Verfügung, daß man die Naturfasern nur selten vermissen dürfte. Zudem werden bei der raschen Zunahme der Weltbevölkerung und bei der zu erwartenden weiteren Steigerung des Pro-Kopf-Verbrauches an Textilien die Naturfasern schon in absehbarer Zukunft nur noch zum geringeren Teil zur Deckung des Gesamtbedarfs an Textilfasern beitragen können. Wenn man dann gezwungen sein wird, die Mehrzahl aller Textilien aus Chemiefasern herzustellen, wird der heute oft noch so wichtig genommene Gegensatz Naturfasern – Chemiefasern ohnehin seine Bedeutung mehr und mehr verlieren.

Das erste FM-Garn, welches eine gewisse Bedeutung erlangt hat, war das Tricelcon® – eine Filamentmischung aus Triacetat und Nylon 6 –, mit dem Courtaulds vor einigen Jahren auf den Markt kam. Heute gibt es bereits eine Vielzahl von FM-Garnen. Der nachfolgende Überblick wird sich allerdings auf die wesentlichen Prototypen beschränken und ohne Anspruch auf Vollständigkeit deren Herstellungsmöglichkeiten und Eigenschaften kritisch beleuchten. Dabei soll auch versucht werden, spezifische Einsatzgebiete für die FM-Garne herauszufinden, auf denen sie entweder besser oder bei gleicher Eignung billiger als alle anderen bisher bereits zur Verfügung stehenden Garntypen sind.

2. MÖGLICHKEITEN DER FILAMENT-KOMBINATION

Die Möglichkeiten zur Filamentkombination in Filamentmischgarnen sind praktisch unbegrenzt, man braucht nur seiner Phantasie freien Lauf zu lassen. Dennoch kann man alle FM-Garne zwanglos in drei Hauptgruppen einordnen, und zwar danach, ob die Filamente der unterschiedlichen Filamentarten aus der gleichen, aus zwei ähnlichen oder aus zwei verschiedenen Polymersorten bestehen.

2.1. In den FM-Garnen, deren Filamente alle aus dem gleichen Polymer bestehen, können die Filamente beispielsweise unterschiedliche Titer oder unterschiedliche Querschnittsformen aufweisen. Dieser Garntyp, der in der Praxis – allerdings ungewollt – relativ weit verbreitet ist, gleicht in Aussehen und Eigenschaften weitgehend einem normalen Endlos Garn, könnte aber für einige spezielle Einsatzgebiete dennoch von besonderem Interesse sein. So soll man bei der Falschdrahttexturierung von Endlos Garnen mit gewollt unterschiedlichem Filamenttiter einen schöneren Garnausfall und eine bessere Beständigkeit der Kräuselung als mit normalen Endlos Garnen erhalten, und bei trilobalen Garnen soll sich die in den Fertigartikeln oft störende Ringligkeit bzw. Streifigkeit durch eine gezielte Mischung unterschiedlicher Garnquerschnitte und Filamenttiter ganz erheblich verringern lassen. Bis heute hat allerdings unseres Wissens kein Garn dieses Typs irgendwelche kommerzielle Bedeutung erlangt.

2.2. Bei FM-Garnen, deren Filamente aus zwei ähnlichen Polymeren des gleichen Polymertyps bestehen, unterscheiden sich diese meist durch Art und/oder Menge der verschiedensten Zusätze. Die Filamente können beispielsweise unterschiedlich mattiert oder spinngefärbt sein, eine unterschiedliche Anfärbbarkeit oder ein unterschiedliches Schrumpfvormögen aufweisen. Daneben

sind die unter 2.1. erwähnten Titer- oder Querschnittsunterschiede selbstverständlich zusätzlich möglich.

In diese Gruppe, in der die Betonung der Unterschiedlichkeit die eigentliche Zielsetzung für die Filamentmischung darstellt, gehören auch alle aus einheitlichem Polymer bestehenden Garne, bei denen eine der beiden Filamentarten einer speziellen Vorbehandlung (Schrumpfung, Färbung, Texturierung u. a.) unterworfen wurde.

Zahlreiche Garne dieser Gruppe sind bereits seit längerer Zeit erfolgreich auf dem Markt, wobei sich der unterschiedliche Schrumpf und die unterschiedliche Anfärbbarkeit der Filamente als die bisher interessantesten Eigenschaften erwiesen haben. Als Beispiele seien das Diolen BK® von Enka-Glanzstoff, bei dem Schumpfwerte von 5 bzw. 20–25% bei der Ausrüstung zu einer ausgeprägten Texturierung führen, sowie die Nylon-66-Typen N 57 von Monsanto bzw. C 12 von ICI erwähnt, bei denen sich die Hälfte der Filamente mit basischen und die andere Hälfte mit Säurefarbstoffen anfärbt, was zu wirkungsvollen Bicoloreffekten ausgenutzt werden kann.

2.3. Zu der dritten und bei weitem bedeutendsten Hauptgruppe gehören alle diejenigen FM-Garne, deren Filamente aus zwei mehr oder weniger verschiedenen Polymeren aus meist unterschiedlichen Fasergattungen bestehen. Hier steht die Verbesserung und die Kombination von Eigenschaften im Vordergrund des Interesses. Im Gegensatz zu der zweiten Hauptgruppe, in der die Unterschiedlichkeit bewußt betont werden soll, ist man dabei fast immer bemüht, ein möglichst einheitlich erscheinendes Garn zu erzeugen, welches die Summe der Eigenschaften seiner Komponenten als Ganzes aufweist. Das ist oft nur schwer zu erreichen, da bei diesen Garnen die unter 2.1. und 2.2. aufgeführten Filamentunterschiede meist zwangsläufig vorliegen und man nachträglich – beispielsweise bei der Ausrüstung – versuchen muß, diese Unterschiede soweit als möglich zu überdecken. Eine Betonung der Unterschiedlichkeit gemäß 2.2. würde dagegen keinerlei Schwierigkeiten bereiten und eher den Normalfall darstellen.

Die Mehrzahl der zur Zeit auf dem Markt befindlichen Garne dieser Gruppe basiert auf der Kombination einer vollsynthetischen Komponente (wie Nylon oder Polyester) mit einer zellulosischen Komponente (wie Acetat oder Rayon). Während die erstere für gute textilmechanische Eigenschaften und eine vorzügliche Gebrauchstüchtigkeit sorgt, wird durch die Hinzufügung der letzteren beispielsweise das Feuchtigkeitsaufnahmevermögen erhöht, das elektrostatische Verhalten verbessert oder die Möglichkeit zur Hochveredlung geschaffen. Neben diesen rein technologischen und bekleidungsphysiologischen Gesichtspunkten spielen bei der Auswahl der jeweiligen Filamentarten modische Aspekte sicherlich ebenfalls eine nicht zu unterschätzende Rolle. Als Beispiele seien hier u. a. das bereits eingangs erwähnte Tricelcon® (Nylon 6 + Triacetat) und das Raycelon® (Nylon 6 + Rayon) von Courtaulds, das Diolen®-Viscon® (Polyester + Rayon) von Enka-Glanzstoff, das Situssa® (Nylon 6 + 2½ Acetat) der Snia Viscosa, das Rhodiolon® (Nylon 66 + 2½ Acetat) der Deutschen Rhodiaceta und das Mixel® (Nylon 6 oder Polyester + 2½ Acetat) von Teijin genannt, wobei letzteres als Besonderheit eine spezielle 2½-Acetat-Type enthält, die nach Angabe von Teijin ohne Beeinträchtigung ihres Glanzes HT-gefärbt werden kann.

Weitere interessante Möglichkeiten für Garne dieser Gruppe sind u. a. die Kombination mit einer unbrennbaren Komponente zur Verminderung der Entflammbarkeit, mit Drahtfilamenten zur Verringerung der elektrostatischen Aufladung (vor allem für Teppichgarn), mit Lurex®-Filamenten für modische Effekte, mit niedrigschmelzenden oder gar wasserlöslichen Filamenten für Sonderzwecke oder die Mischung von Filamenten mit ausgeprägt unterschiedlichem Kraft-Dehnungsverhalten (z. B. Nylon + Polyester für Reifencord).

3. HERSTELLUNGSVERFAHREN

Filamentmischgarne können direkt auf der Chemiefaserspinnmaschine, auf der Streckmaschine oder aber in einem nachgeschalteten Arbeitsgang auf modifizierten Zwirn- oder Spulmaschinen hergestellt werden. Das Kernproblem ist dabei

die innige Vermischung der beiden Filamentarten, die eines der wesentlichsten Qualitätskriterien für diese Garne darstellt. Die Auswahl des technisch und wirtschaftlich günstigsten Herstellungsverfahrens richtet sich nach den jeweils zu kombinierenden Filamentarten und den hieraus resultierenden technologischen Gegebenheiten.

Stellt man an die optimale Vermischung der Filamente höchste Ansprüche, dann kommen eigentlich nur zwei Verfahren für die Herstellung von FM-Garnen in Frage, und zwar das gleichzeitige gemeinsame Erspinnen der beiden Filamentarten und die Mischung der bereits erspinnenen Garne nach optimaler Separierung der Einzelfilamente.

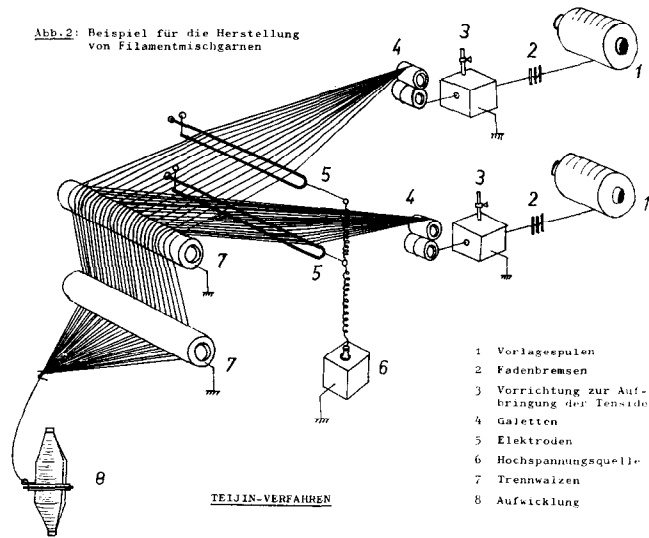
3.1. Das gemeinsame Erspinnen der beiden Filamentarten auf der gleichen Chemiefaserspinnmaschine ist praktisch auf die Schmelzspinnerei beschränkt und hat zur Voraussetzung, daß sich die beiden filamentbildenden Polymerarten unter weitgehend gleichen Bedingungen verspinnen und verstrecken lassen. Dabei könnte man Garne der ersten Hauptgruppe (2.1.), bei denen beide Filamentarten aus dem gleichen Polymer bestehen, mittels entsprechend gestalteter Spinndüsen ohne jegliche zusätzliche Investitionen auf jeder normalen Endlos-Spinnmaschine herstellen. Zur Erzeugung von Garnen der zweiten und dritten Hauptgruppe (2.2. bzw. 2.3.) wären dagegen echte Bikomponent-Spinnrichtungen mit getrennten Versorgungssystemen für beide Polymersorten an jeder Düse notwendig, die einen Investitionsaufwand erfordern würden, der für die Produktion von FM-Garnen kaum jemals gerechtfertigt sein dürfte. Abgesehen von Sonderfällen wird deshalb das direkte Spinnverfahren wohl kaum irgendwelche praktische Bedeutung erlangen.

3.2. Die Mischung der bereits erspinnenen Garne nach optimaler Separierung der Einzelfilamente ist im Gegensatz zu 3.1. auf alle Filamentarten anwendbar und für die zweite und dritte Hauptgruppe der FM-Garne mit Sicherheit wirtschaftlicher als das dort beschriebene Verfahren auszuführen. Das Kernproblem ist hier die optimale Separierung der Einzelfilamente, und hierfür gibt es bis jetzt unseres Wissens eigentlich nur eine einzige Methode, die technisch realisiert und den gestellten Anforderungen zu genügen scheint. Auf dieses von Teijin entwickelte Verfahren soll deshalb unter Zugrundelegung der entsprechenden Patentschrift¹ im folgenden etwas ausführlicher eingegangen werden:

Als man sich mit dem Problem der Separierung der Filamente von Multifilamentgarnen zu befassen begann, erkannte man schon bald, daß eine optimale Separierung auf mechanischem Wege nicht möglich sein würde. Als einzig praktikables Verfahren erwies sich schließlich die elektrostatische Aufladung der ungedrehten Multifilamentgarne durch Reibung oder Bestrahlung und die Ausnutzung der so erzeugten Abstoßungskräfte zwischen den einzelnen Filamenten zur Separierung. Allerdings waren die Resultate auch hier nicht überzeugend, da die Aufladung der Filamente u. a. wegen des schwankenden Feuchtigkeits- und Präparationsgehaltes meist sehr unregelmäßig war. Hinzu kam die gravierende Einschränkung, daß das Verfahren überhaupt nur auf die relativ leicht aufladbaren hydrophoben Fasern, nicht dagegen auf die weniger zur elektrostatischen Aufladung neigenden zellulosischen Fasern anwendbar war. Das Teijin-Verfahren, welches in Abbildung 2 schematisch dargestellt ist, vermeidet die genannten Nachteile, indem es gerade den entgegengesetzten Weg geht und allen Filamenten vor der Separierung eine innerhalb gewisser Grenzen genau dosierte elektrische Leitfähigkeit vermittelt.

Hierzu werden die Multifilamentgarne von der Vorlage-
spule (1) mittels eines Galettenpaares (4) abgezogen und dabei in einer geeigneten Vorrichtung (3) durch Tauchen oder Aufsprühen mit der wäßrigen Lösung spezieller Tenside behandelt. Falls beim Erspinnen der Garne bereits entsprechende Spinnöle aufgebracht wurden, kann man auf diese Tensidbehandlung gegebenenfalls verzichten. Es genügt dann meist, die Garne zur Entwicklung einer ausreichenden Leitfähigkeit einer sehr feuchten Atmosphäre auszusetzen. Die leitfähig gemachten Garne werden zwischen den Galetten und einem Paar geerdeter Trennwalzen (7) durch eine speziell geformte Elektrode (5) geführt, die an eine Hochspannungsquelle (6) angeschlossen ist. In den Filamenten fließt

Abb. 2: Beispiel für die Herstellung von Filamentmischgarnen



dann ein Strom zwischen Elektrode und Trennwalzen, was nach dem elektrodynamischen Prinzip, demzufolge gleichsinnig stromdurchflossene Leiter einander abstoßen, eine annähernd gleichabständige Ausbreitung der Filamente zur Folge hat. Die gewünschte Spreitungsbreite kann über die aufgebrachte Spannung und damit die Stromstärke eingestellt werden.

Zur Herstellung von FM-Garnen werden nun die beiden zu mischenden Multifilamentgarne gleichzeitig dem vorstehend beschriebenen Verfahren unterworfen, wobei man für beide Filamentarten die gleiche Spreitungsbreite einregelt. Die Filamentscharen laufen dann gemeinsam über die Trennwalzen und können anschließend als fertiges Mischgarn auf einer Zwirn- und Spulmaschine (8) aufgewickelt werden.

Hierzu noch ein der Patentschrift entnommenes Zahlenbeispiel:

Zur Herstellung eines FM-Garnes aus Polyester dtex 84f36 + Rayon dtex 84f34 wird an den Elektroden mit einer Spannung von 35.000 Volt gearbeitet. Die Abzugsgeschwindigkeit beträgt 400 m/min, die Fadenspannung 0,11 g/dtex.

Nun gehen allerdings die Ansichten darüber, ob eine optimale Trennung der Filamente für die Herstellung guter FM-Garne wirklich erforderlich ist, erheblich auseinander. Und die Praxis scheint den Zweiflern an dieser Notwendigkeit recht zu geben, denn fast alle heute auf dem Markt befindlichen und in der Verarbeitung erprobten FM-Garne sind nach keinem der beiden vorstehend beschriebenen Verfahren hergestellt. Sie werden auf sehr viel einfachere Weise erzeugt und erfüllen bis jetzt durchaus die in sie gesetzten Erwartungen, obwohl sie in bezug auf die Filamentvermischung „nur“ zwischen den optimalen FM-Garnen und den Mischzwirnen liegen. Die meist sehr viel geringeren Herstellungskosten für diese Garne lassen diesen Kompromiß, der sich in den Eigenschaften ohnehin nur in Ausnahmefällen störend bemerkbar machen dürfte, als die wirtschaftlich vernünftigeren Lösung erscheinen.

Als „billige“ Verfahren für die Herstellung von FM-Garnen kommen das Zulaufenlassen eines ungedrehten Multifilamentgarnes beim Erspinnen der zweiten Filamentart sowie die Filamentmischung auf der Streckmaschine oder auf modifizierten Zwirn- bzw. Spulmaschinen in Frage.

3.3. Das Zulaufenlassen eines ungedrehten Multifilamentgarnes beim Erspinnen der einen Filamentart, welches die Kombination mit einer beliebigen zweiten Filamentart zuläßt, ist nur für solche FM-Garne anwendbar, deren eine Filamentart trockengesponnen wird. Für diese ist es das wirtschaftlichste Herstellungsverfahren, sofern es im Einzelfall technisch zu realisieren ist und die Herstellung auf der Streckmaschine nicht in Betracht kommt.

3.4. Für die Herstellung von FM-Garnen auf der Streckmaschine gibt es zwei Varianten, und zwar die gemeinsame Verstreckung der beiden Filamentarten und das Zulaufen-

lassen eines ungedrehten Multifilamentgarnes beim Verstrecken der zweiten Filamentart.

Hiervon ist die gemeinsame Verstreckung auf schmelzgesponnene Faserarten beschränkt und nur in den wenigen Fällen durchführbar, in denen sich beide Filamentarten unter den gleichen Bedingungen verstrecken lassen. Das Zulaufenlassen eines ungedrehten Multifilamentgarnes beim Verstrecken der einen Filamentart entspricht dagegen für schmelzgesponnene Faserarten in seiner Vielseitigkeit dem unter 3.3. für trockengesponnene Faserarten beschriebenen Verfahren, indem es die Kombination einer schmelzgesponnenen Filamentart mit einer beliebigen zweiten Filamentart zuläßt.

Zur Optimierung der Herstellung von FM-Garnen auf der Spinn- oder Streckmaschine könnte man daran denken, die Teijin'sche Methode zur Separierung der Filamente in die Verfahren mit einzubeziehen. Da hierfür aber die Konstruktion neuer Maschinen erforderlich wäre, würde es sich dann mit Sicherheit um kein „billiges“ Verfahren mehr handeln.

- 3.5. Die Herstellung auf modifizierten Zwirn- oder Spulmaschinen kommt in erster Linie für solche FM-Garne in Frage, die weder schmelz- noch trockengesponnene Filamentarten enthalten. Außerdem wird man diese Methode dann wählen, wenn die Herstellung auf der Spinn- oder Streckmaschine (3.3. bzw. 3.4.) im Einzelfall technisch nicht durchführbar ist oder auf Grund besonderer Gegebenheiten teurer wäre. Sie könnte darüber hinaus auch für Zwirner oder Texturierer, die ja selbst keine Chemiefasern herstellen und somit weder über Spinnmaschinen noch über Streckmaschinen verfügen, von Interesse sein. Im Gegensatz zu den unter 3.3. und 3.4. beschriebenen Verfahren geht man hier für beide Filamentarten von bereits ersponnenen und verstreckten ungedrehten Multifilamentgarnen aus; falls die Garne gezwirnt vorliegen, müßten sie vorab auf Null zurückgedreht werden. Die Mischung der Filamente erfolgt dann durch „Tangeln“ nach dem Rotoset-Prinzip, indem man die Multifilamentgarne zwischen Lieferwerk und Aufwicklung gemeinsam durch eine Düse führt, in der die beiden Filamentarten durch einen turbulenten Luftstrom verwirbelt und gleichzeitig miteinander verflochten werden.

Die so hergestellten FM-Garne sind bezüglich der Filamentmischung den Taslan-Garnen ähnlich, die – soweit es sich um sogenanntes Parallel-Taslan handelt – nach der eingangs gegebenen Definition ebenfalls zu den FM-Garnen gezählt werden müssen.

Wenn man die auf der Spinn- oder Streckmaschine hergestellten FM-Garne direkt ungedreht verarbeiten oder beispielsweise Schrumpfungunterschiede voll zum Tragen bringen will, ist es zweckmäßig, sie ebenfalls zu tangeln. Dies ist sogar dann von Vorteil, wenn für die Weiterverarbeitung ein Auszwirn erforderlich ist, weil durch das Tangeln die Fadenlängen gegenseitig unverrückbar fixiert und Fibrillenaufschiebungen oder das Entstehen eines Meiselzwirnes mit Sicherheit unterbunden werden.

4. EIGENSCHAFTEN UND EINSATZGEBIETE

Die textilmechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der FM-Garne sind ebenso vielfältig wie die Eigenschaften der für die jeweiligen Filamentkombinationen eingesetzten Chemiefasertypen, so daß man im Rahmen dieser Ausführungen unmöglich im einzelnen auf sie eingehen kann. So wollen wir uns an dieser Stelle lediglich mit den eigentlichen Garneigenschaften der FM-Garne sowie mit ihren Unterschieden im Vergleich zu den mit ihnen vor allem konkurrierenden Mischzwirnen befassen. Dieser Vergleich, der bei der Gegenüberstellung von „optimalen“ FM-Garnen und Mischzwirnen relativ unproblematisch wäre, wird durch die Tatsache, daß die „billigen“ FM-Garne in bezug auf die Filamentvermischung zwischen diesen beiden Garntypen liegen, erschwert.

Faßt man das bis jetzt Gesagte zusammen, so kommt man zu folgenden für die FM-Garne charakteristischen Garneigenschaften, auf Grund derer sich diejenigen Einsatzgebiete ergeben, für die die FM-Garne prädestiniert und besser als andere Garntypen geeignet sind:

Die FM-Garne sind eine endlose Version der Fasergarne aus Chemiespinnfasern, indem sie einerseits die Darstellung intimer Fasermischungen aus verschiedenen Chemiefaserarten

ermöglichen und andererseits gleichzeitig alle Vorzüge der Endlosgarne aufweisen. Sie können wie andere Endlosgarne ungedreht verarbeitet werden, und die unterschiedlichen Filamentarten sind – zumindest in den „optimalen“ FM-Garnen – so weitgehend miteinander vermischt, daß die Garne die Eigenschaften ihrer Komponenten tatsächlich als Ganzes aufweisen und einen nahezu ebenso gleichmäßigen Warenausfall wie „reinrassige“ Endlosgarne geben.

Die Mischzwirne bieten ebenfalls die Möglichkeit zur Mischung verschiedener Chemiefaserarten. Im Gegensatz zu den FM-Garnen mit ihrer innigen Filamentmischung liegen aber hier die unterschiedlichen Filamentarten, wie die Abb. 1 gezeigt hat, in mehr oder weniger separaten Bündeln unvermischt nebeneinander. Das hat u. a. zur Folge, daß zumindest einige textilmechanische Eigenschaften der Komponenten nach wie vor getrennt in Erscheinung treten und beispielsweise die Lebensdauer eines FM-Garnes durch die Scheuerbeständigkeit der schwächeren Komponente begrenzt werden könnte. Außerdem weisen die Mischzwirne – und in geringerem Maße manchmal auch die „billigen“ FM-Garne – durch die unzureichende Filamentmischung meist eine mehr oder weniger ausgeprägte Zweitscheinigkeit durch Glanz-, Mattierungs- oder Anfärbeunterschiede auf. Dieses letztere Handicap wird nur in den wenigen Fällen zum Vorteil, wo ein betonter moulinéartiger Bicoloreffekt erwünscht ist.

Wenn man zwei Filamentarten mit genügend unterschiedlichem Schrumpfvormögen miteinander kombiniert, stellen die FM-Garne außerdem noch eine relativ einfache Möglichkeit zur Herstellung sogenannter „spintexturierter“ Garne dar, die wie glatte Endlosgarne verarbeitet werden können, da ihre Texturierung erst im Verlauf der Ausrüstung entwickelt wird. Allerdings ist der Effekt für eine Reihe von Einsatzgebieten viel zu gering. So reicht er auf dem Feinstrumpfsektor nicht einmal dazu aus, um mit den wesentlich teureren echten Bikomponentengarnen, geschweige denn mit den eher billigeren FD-texturierten Garnen konkurrieren zu können. Sieht man einmal von dieser speziellen Einsatzmöglichkeit ab, ergibt sich aus der Summe der Garneigenschaften, daß die FM-Garne – ungedreht oder gezwirnt – immer dann die optimale Lösung darstellen werden, wenn Fasermischungen erwünscht sind und der Einsatz von Endlosgarnen echte technische oder kostengünstige Vorteile bietet. In welchen Bereichen und aus welchen Gründen letzteres der Fall ist, habe ich vor drei Jahren auf der ADT-Frühjahrstagung in Freiburg in einem Vortrag „Über die Bedeutung der Endlosgarne in der Textilindustrie“ aufzuzeigen versucht, aus dem ich in diesem Zusammenhang einige Passagen über die wesentlichen Vor- und Nachteile der Endlosgarne und die signifikanten Unterschiede zwischen Endlosgarnen und gesponnenen Garnen zitieren möchte:

„Selbstverständlich sind die physikalischen und chemischen Eigenschaften für Endlosgarne und gesponnene Garne aus dem gleichen Rohstoff weitgehend die gleichen. Ein wichtiger Unterschied besteht allerdings darin, daß bei den Endlosgarnen die Substanzfestigkeit voll zum Tragen kommt, während sie im gesponnenen Garn, wo die Einzelfasern im wesentlichen durch Reibungskräfte zusammengehalten werden, nur zu einem Teil ausgenutzt werden kann. Für alle Zwecke, wo es auf höchste Festigkeiten bei geringstmöglichem Gewicht ankommt, sind deshalb die Endlosgarne immer im Vorteil. Des weiteren sind bei den Endlosgarnen der Gesamt- und der Einzelfasertiter in weiten Grenzen frei wählbar. Sie können in Feinheiten . . . ausgesponnen werden, die eine Verarbeitung bei feinsten Maschinenteilungen zulassen . . . Endlosgarne pillen nicht, und bei ihrer Verarbeitung gibt es keinen störenden Faserflug. Besonders erwähnenswert sind aber ihre hohe Fadenreinheit und ihre außerordentliche Gleichmäßigkeit . . . Diese lassen die Verarbeitung bei hohen Maschinengeschwindigkeiten zu, und man erhält dabei Produkte, deren Gleichmäßigkeit in bezug auf Optik und Warenausfall kaum noch zu überbieten sein dürfte. Diese Gleichmäßigkeit hat aber auch ihre Schattenseiten. Während bei Textilien aus gesponnenen Garnen kleinere Garnfehler kaum in Erscheinung treten und meist akzeptiert werden, fallen die gleichen Fehler in Textilien aus Endlosgarnen nämlich meist so stark auf, daß Stücke mit Fehlern nur noch als 2. Wahl abgesetzt werden können . . . Im Vergleich zu den gesponnenen Garnen mangelt es den glatten Endlosgarnen u. a. an einer gewissen Fülligkeit, an Wärmerückhaltevermögen und

Deckvermögen sowie an dem, was man gemeinhin als textilen Griff bezeichnet . . . Gerade diese fehlenden Eigenschaften aber können den Endlos Garnen durch die Texturierung vermittelt werden. Als zusätzliche Eigenschaft erhält man hierbei eine in weiten Grenzen abstufbare Elastizität . . ."

Die wesentlichen Vorzüge der Endlosgarne – und damit auch der FM-Garne – sind somit: hohe Festigkeit, hohe Fadenreinheit und außerordentliche Gleichmäßigkeit. Hinzu kommt, daß sie zumindest in Feinheiten unterhalb etwa 100 dtex billiger als jedes Fasergarn hergestellt werden können.

Aus diesen Eigenschaften ergeben sich als optimale Einsatzgebiete die Wirkerei auf Rund- und Kettenstuhl und die Weberei, wobei vor allem die feineren Titer zum Zuge kommen dürften. Dabei sollte man von der Möglichkeit der ungedrehten Verarbeitung dieser Mischgarne viel mehr als bisher Gebrauch machen, da sich hierdurch eine echte Verbilligung der Artikel erreichen ließe. Hierzu wäre es aber wohl erforderlich, in Zukunft – beispielsweise bei der Herstellung von Futterstoffen – wesentlich funktioneller zu denken, als dies in weiten Kreisen der Textilindustrie heute noch der Fall ist.

Ein weiteres bedeutendes Absatzgebiet für FM-Garne wird die Texturierung sein, da in Zukunft mit Sicherheit auch ein Teil der FM-Garne in texturierter Form verarbeitet werden wird.

5. FÄRZEN UND AUSTRÜSTEN

Die Ausrüstung von Artikeln aus FM-Garnen bereitet normalerweise keine besonderen Schwierigkeiten. Wichtig ist nur, daß man bei der Festlegung der Arbeitsweise das Vorhandensein zweier unterschiedlicher Filamentarten berücksichtigt und das Verfahren so wählt, daß beide Komponenten möglichst optimal ausgerüstet werden, wobei sich gewisse Kompromisse selbstverständlich nicht immer vermeiden lassen. Außerdem ist gegebenenfalls darauf zu achten, daß spezielle, bis dahin nur latent vorhandene unterschiedliche Eigenschaften der beiden Filamentarten auch tatsächlich zu der gewünschten Unterschiedlichkeit entwickelt und nicht etwa durch Kunstgriffe, die bei der Ausrüstung normaler Ware von Fall zu Fall nützlich sein mögen, mehr oder weniger kaschiert werden.

Auf die Bicolorfärbung von FM-Garnen braucht hier nicht näher eingegangen zu werden, da sie für Garne aus zwei verschiedenen Faserarten den Normalfall darstellt und zudem von untergeordneter Bedeutung ist. Sehr viel wichtiger ist die Unifärbung, bei der entweder einbadig oder zweibadig gearbeitet werden kann. Beim Einbadverfahren werden vorzugsweise solche Farbstoffe eingesetzt, die beide Komponenten gleichzeitig Ton-in-Ton anfärben. Von Fall zu Fall müssen aber auch Farbstoffe zweier verschiedener Klassen verwendet werden, die jeweils nur den einen Fasertyp anfärben, den anderen dagegen möglichst ungefärbt lassen. In beiden Fällen kann eine der beiden Komponenten gegebenenfalls noch nachgedeckt werden. Beim teureren Zweibadverfahren wird demgegenüber jede Faserart mit ausgewählten Farbstoffen in einem separaten Bad behandelt.

Während die eigentliche Unifärbung von FM-Garnen – sieht man einmal von einigen besonders schwierigen Filamentkombinationen ab – weitgehend gelöst ist, bereitet die gleichzeitige Erzielung ausreichender Echtheit auf beiden Komponenten für dunkle Nuancen noch gewisse Schwierigkeiten.

6. AUSBLICK

Die FM-Garne stellen eine echte Bereicherung des Chemiefasersortiments dar und werden in der Zukunft eine echte Chance haben. Aufbauend auf der Vielzahl von Chemiefasereindlos Garnen, mit ihrer Vielfalt von Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, können sie mit dazu beitragen, letztlich für jeden Verwendungszweck ein optimal geeignetes Garn zur Verfügung zu stellen, ohne die Typenvielfalt der Chemiefasern ins Unermeßliche steigern zu müssen.

Man sollte die Möglichkeiten der FM-Garne aber auch nicht überschätzen. Vor allem die Typen aus unterschiedlichen Faserrohstoffen sind eben in vieler Hinsicht doch nur die endlose Version von gesponnenen Garnen aus Chemiefasermischungen. Nicht mehr, aber auch nicht weniger! So werden die ihnen gemäßen Einsatzgebiete in erster Linie dort liegen, wo Fasermischungen erwünscht und die Endlosgarne den Fasergarnen qualitativ und technologisch am ehesten überlegen sind: in der Falschdrahttexturierung, in der Wirkerei auf Rund- und Kettenstuhl und in der Weberei, wobei vor allem die Titer bis etwa 100 dtex von Interesse sein dürften.

Der Vielfalt der Filamentkombinationen sind praktisch keine Grenzen gesetzt. Dennoch werden im Laufe der Zeit wohl nur einige wenige FM-Garne wirkliche Bedeutung erlangen. Diejenigen nämlich, die einen echten technologischen, bekleidungsphysiologischen und bekleidungstechnischen Fortschritt darstellen. Daß man dabei den in bezug auf die Filamentverteilung nicht so perfekten, dafür aber billiger herzustellenden Typen meist den Vorzug geben wird, steht wohl außer Frage.

Literatur:

- 1) „Procédé pour diviser ou déployer les produits textiles“; FP 1.416.006 – Teijin Ltd.
- 2) E. Heim; Chemiefasern 7, 494 (1968)

Diskussion

Albrecht/Monsanto: Ich möchte nur zur Ergänzung Ihrer nach eigenen Angaben unvollständigen Liste erwähnen, daß Monsanto außer der erwähnten N-57 noch eine bikomponente Filamentmischung, nämlich die 49-N, basisch-sauer färbbar, und die 45-N, eine normal sauer, ultratief sauer und basisch anfärbbare Nylon-6,6-Type, auf dem Markt hat.

Heim: Ich danke für diese Ergänzung. Ich kenne noch eine relativ große Anzahl anderer Faserarten, die hier auch erwähnt hätten werden können. Damit da; Ganze aber nicht zu unübersichtlich und uferlos wird, habe ich mich bemüht, die einzelnen Produzenten möglichst gleichgewichtig zu Wort kommen zu lassen, damit am Schluß keiner traurig ist.

Meckel: Sehen Sie den Einsatz von FM-Garnen hauptsächlich aus funktionaler und gebrauchstüchtiger Sicht oder aus modischer Sicht? **Heim:** Beide Gesichtspunkte sind zunächst einmal gleichberechtigt. Die funktionalen Gründe und die technologischen Gründe sind aber doch wohl die wichtigeren, da man sehr viele Eigenschaftskombinationen schaffen kann, ohne immer wieder neue Chemiefasertypen machen zu müssen. Zudem kann man die Eigenschaften besser aufeinander abstimmen. Trotzdem würde ich meinen, daß die Filamentmischgarne zunächst eine mengenmäßig begrenzte Bedeutung haben werden, soweit es sich um die Mischung aus zwei verschiedenen Fasergattungen, beispielsweise Polyester oder Nylon mit Viskose oder Acetat, handelt. Die Filamentmischgarne aus Homo- und Copolymeren könnten dagegen eine sehr viel größere Zukunft haben.

Albrecht: Ich habe den Eindruck, daß bei den immer schneller laufenden Maschinen, die eine immer präzisere Einstellung erfordern, eben doch generell die Endlosmaterialien an Bedeutung gewinnen werden, die im Augenblick vielleicht noch gar nicht vollständig vorauszusehen ist.

Heim: Das war ja der Tenor meines Vortrages vor drei Jahren, den ich vorhin zitiert habe. Ich stehe noch zu allem, was ich damals gesagt habe. Beim Thema Fasermischungen hat man bis jetzt fast nur an die Mischung von Spinnfasern gedacht. Mischungen aus Endlos Garnen sind erst in den letzten zwei, drei Jahren uns allen ins Bewußtsein getreten. Es ist durchaus denkbar, daß hierdurch die Endlosgarne noch größere Bedeutung erlangen.

Berg: Ich möchte gerne eine Frage zum Seidengriff stellen. Vorgestern hat Herr Professor van Krevelen in seinem Referat darauf hingewiesen, daß der dreilappige Querschnitt bei der Seide sehr wesentlich für den Griff, für den Knirschgriff und unter anderem auch für den Lüster sei. Ich möchte mich jetzt hier ganz auf den Griff beschränken. Qiana®, das Sie ja auch erwähnten, ist vor allem durch seine seidenähnlichen Eigenschaften in bezug auf den Griff ausgezeichnet. Glauben Sie, daß es möglich ist, ein Garn ohne unterschiedlichen Kapillarschrumpfung, das heißt ohne außenliegende, sehr dünne, nicht geschwammte Kapillaren oder weniger geschrumpfte Kapillaren herzustellen, die den gleichen Effekt zeigen.

Heim: Das ist eine schwere Frage Herr Dr. Berg, die Sie mit mindestens der gleichen Berechtigung den Kollegen von DuPont hätten stellen können. Meine Antwort lautet nein. Ich bin überzeugt davon, daß eines der Hauptmerkmale von Qiana® in dem unterschiedlichen Schrumpfung der Kapillaren liegt. Inwieweit das Polymere als solches eine Rolle spielt, weiß ich nicht – ich wage es zu bezweifeln –, lasse mich aber gerne eines Besseren belehren. Es sollte meines Erachtens möglich sein, mit einem mechanisch-physikalisch vergleichbar aufgebauten Garn – möglicherweise mit einem ebenso vorzüglichen Marketing – ein „Anti-qiana“ auf den Markt zu bringen.

Bikomponent-Polyamidfasern (Herstellung und Einsatz besonders im Nadelvliessteppich)

Dr. Heinz Gilch und Ernst Raabe

ICI (Europa) Fibres GmbH, Faserwerke Östringen/BRD

In diesem Referat wird der Stand der Entwicklungen bikomponenter Fasern zur Herstellung nichtgewebter Stoffe, insbesondere der Nadelvliesbodenbeläge, erläutert.

Zwei Polyamide unterschiedlichen Schmelzpunktes werden zu bikomponenten Fasern versponnen. Werden diese Fasern bis zum niedrigeren Schmelzpunkt der einen Komponente erhitzt, so bilden sich an den Faserverkreuzungen flexible Flächenverbindungen, die ihre optimale Festigkeit nach dem Erkalten erreichen.

Diese einfache Verfestigungstechnik führte zu einer Vielzahl von Entwicklungsarbeiten auf dem gesamten Gebiet der Non-Wovens, wo der textile Bodenbelag seinen besonderen Platz einnimmt.

Ferner werden die physikalischen Eigenschaften sowie die Gebrauchstüchtigkeit der nach diesem Verfahren hergestellten Vliesprodukte beschrieben.

This paper describes the present state of development of bi-component fibers for the production of non-wovens with special emphasis on needle-punched floor coverings.

Two polyamides of different melting points are spun jointly to make bi-component fibers. If these fibers are heated to the lower melting-point of the one component flexible surface bonds are formed at the points of fiber-intersection, which bonds attain their optimum strength upon cooling.

This simple method of consolidation has led to a number of developments throughout the non-woven sector, where textile floor coverings occupy a special position.

The physical properties and the in-use-durability of non-wovens produced by this process are described.

I. EINLEITUNG

1. Konventionelle Textilprodukte und Textilverbundstoffe (Definition)

Im Rahmen dieser Ausführungen möchte ich unter dem Begriff „Textilverbundstoffe“ alle Textilerzeugnisse zusammenfassen, die nicht nach orthodoxen Methoden, wie Weben, Wirken oder Stricken, aus Faservliesen hergestellt werden¹. Diese Produkte werden häufig auch außerhalb der angelsächsischen Literatur unter dem Begriff „non woven textiles“ zusammengefaßt, ein Begriff, der sicher zu eng ist, sich aber dennoch eingebürgert hat. Ich möchte an dieser Stelle auf die Begriffsdefinition nicht näher eingehen, sondern auf Publikationen von J ö r d e r^{2a} und M a y e r^{2b}, der den Begriff „Textilverbundstoff“ vorschlug, hinweisen.

Wenn man die Literatur über Textilverbundstoffe über Jahre verfolgt, kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß diese Literatur lawinenartig angewachsen ist³. Ich glaube, man begeht keinen zu großen Fehler, wenn man die Anzahl der Publikationen, insbesondere der Patente, als Maßstab des Interesses von Wirtschaft und Forschung an diesem Gebiet nimmt.

Es gibt sicher viele Gründe für dieses außerordentlich große Interesse. Lassen Sie mich an dieser Stelle nur auf einen der wichtigsten eingehen.

Wie Sie wissen, ist der Textilmarkt in den letzten paar hundert Jahren von zwei Produktgruppen beherrscht worden: Von den Webwaren und von den Maschenwaren, wobei die Webwaren zunächst eine beherrschende Rolle eingenommen haben, aber langsam von den Maschenwaren zurückgedrängt wurden. Dieser Substitutionsprozeß scheint mit wachsender Geschwindigkeit weiterzugehen. Daneben spielten Textilverbundstoffe, wie zum Beispiel die traditionellen Filze, aus tierischen Fasern hergestellt, eine untergeordnete Rolle.

Alle traditionellen Verfahren der Textilerstellung sind relativ arbeitsintensiv, verglichen mit anderen Industriezweigen, die

flächenförmige Gebilde erzeugen, wie zum Beispiel die Plastik- oder die Metallfolienindustrie. Besonders interessant ist ein Vergleich mit der Papierherstellung.

Vergleicht man die Produktionsgeschwindigkeit der traditionellen Textilprozesse mit den Prozessen zur Herstellung von Textilverbundstoffen, so kommt man zu sehr interessanten Zusammenhängen, die in Tabelle 1 dargestellt werden⁴.

Geben wir dem traditionellen Webprozess die relative Geschwindigkeit 1, so kommen wir schon bei der Rundstrickmaschine mit einem verhältnismäßig großen Durchmesser auf die relative Geschwindigkeit 4. Eine Trikotstrickmaschine hat schon die 16fache Geschwindigkeit des traditionellen Webens. Hier liegt sicher einer der wichtigen Gründe, warum die Maschenwaren in den letzten Jahren einen so großen Marktanteil erobert haben.

In ganz andere Größenordnungen kommen wir aber mit den Non-Woven-Prozessen. Schon die einfachen Vernadelungsmaschinen geben die 38fache Geschwindigkeit des traditionellen Webens. Spun-Bonding-Prozesse können bis zu 2000mal schneller sein als der Webprozeß. Bei Naßprozessen kann diese Geschwindigkeit weiter bis auf das 10 000fache gesteigert werden. Eine weitere vier- bis zehnfache Steigerung haben wir bei der Papierherstellung.

Dazu kommt ein weiterer gravierender Faktor: die Arbeitskräfte. Alle Prozesse zur Herstellung von Textilverbundstoffen können weitgehend automatisiert werden. Ein Vergleich der Produktivitätszahlen, das heißt zum Beispiel der Textilfläche, die jeweils eine Arbeitskraft pro Zeiteinheit produziert, müßte noch erstaunlichere Ergebnisse zeigen. Leider sind exakte Zahlen hierüber nur schwer zugänglich. Wenn weiter überlegt wird, unter welchem Kostendruck die gesamte Textilindustrie steht, wobei die Lohnkosten besonders schwer ins Gewicht fallen, so ist das große Interesse an den Textilverbundstoffen leicht zu verstehen.

Die physikalischen, textiltechnischen und ästhetischen Eigenschaften haben sich zwar stetig verbessert, für viele Anwendungsgebiete besteht aber immer noch ein zu großer Qualitätsunterschied im Vergleich zu den konventionellen Textil-

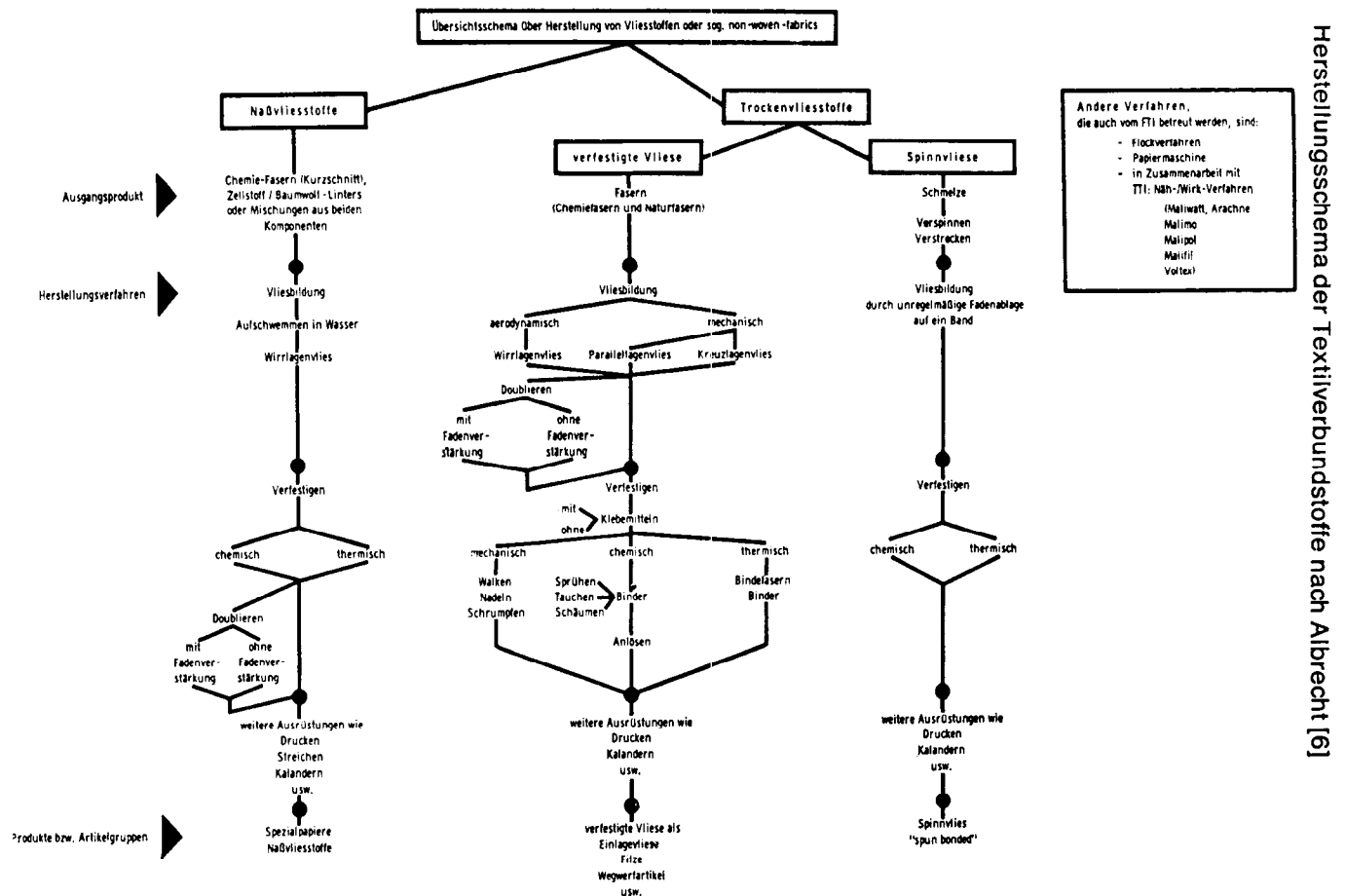
Tabelle 1: Vergleich der Produktionsgeschwindigkeit von Textilprozessen

Prozeß	Maschine	Relative Geschwindigkeit	
Weben	Automatischer Webstuhl (\varnothing 5 m ² /h)	1	
	Schützenloser Webstuhl	2	
Stricken und Wirken	Rundstrickmaschine (großer Durchmesser)	4	
	Trikotstrickmaschine	16	
Textilverbundstoff-Produktion	Trocken-Prozesse	Nähwirktechnik	38
		Baumwoll-Kardemaschine	120
Woll-Krempelmaschine		400	
Nadelstuhl (große Weite)		500	
Luftlegeverfahren (Rando Webber)		600	
Spun-bonding-Maschine		200-2.000	
	Naß-Prozesse	Rotoformer-Maschine	2.300
		Foudrinier-Maschine	10.000
Papierherstellung	Papiermaschine (Hochleistungstyp)	40.000-100.000	

produkten. Der in diesen Ausführungen vorgestellte Prozeß wird diese Unterschiede wesentlich reduzieren. Für eine Reihe von Anwendungsgebieten ist dieser Prozeß besser geeignet als konventionelle Textilverfahren. Für all diese Verfahren gilt, daß sie nur dann wirtschaftlich zu fahren sind, wenn große Mengen gleichartiger Produkte hergestellt werden. Eine schnellwachsende Bevölkerung, wie zum Beispiel in den sogenannten Entwicklungsländern, wird sicher auch Textilverbundstoffe aufnehmen, die zwar gute Gebrauchseigenschaften besitzen, jedoch weniger ästhetische bzw. modebedingte Variationsmöglichkeiten bieten.

2. Übersicht über die Vliesbildung

Hea r l e⁵ hat berechnet, daß es nicht weniger als 300 Millionen mögliche Kombinationen zur Herstellung von Textilverbundstoffen gibt, die für typisch textile Anwendungen geeignet sind. Bei dieser Vielzahl von Möglichkeiten nimmt es niemanden wunder, daß sich die Gelehrten nur schwer über die beste Einteilung der einzelnen Prozesse einigen können. Ich möchte mich bei dieser kurzen Übersicht an ein Schema von A l b r e c h t⁶ halten (Abb. 1).



Zunächst lassen sich die Textilverbundstoffe in solche, die durch einen Naßprozeß, und solche, die durch einen Trockenprozeß hergestellt werden, einteilen. Beim Naßprozeß werden Fasern, die relativ kurz geschnitten sind, im Wasser suspendiert und auf eine wasserdurchlässige Unterlage abgelegt.

Der zweite große Bereich wird von den Trocken-Textilverbundstoffen eingenommen. Bei den Spinnvliesen wird von einer Polymerschmelze ausgegangen, die versponnen und anschließend verstreckt wird. Die Vliesbildung erfolgt kontinuierlich durch unregelmäßige Ablage der Endlospäden auf ein Band. Wenn man von Stapelfasern mittlerer bis größerer Länge ausgeht, kann die Vliesbildung durch mechanische oder durch aerodynamische Prozesse vorgenommen werden.

Die Verfestigung der Vliese kann durch mechanische Prozesse, wie Nadeln, oder mit Hilfe von Klebemitteln durchgeführt werden. Weiterhin können sogenannte Bindefasern oder -pulver aus thermoplastischen Polymeren in das Vlies eingearbeitet werden und durch anschließendes Erhitzen über den Schmelzbereich aufgeschmolzen werden. Auf diese Weise werden ganze Faserverbände von geschmolzenen Polymeren umflossen und nach der Abkühlung fest miteinander verbunden.

Eine weitere Art der „thermischen“ Verfestigung, die sich von den angeführten Verfahren und den daraus resultierenden Produkten grundsätzlich unterscheidet, soll im Laufe dieses Vortrags vorgestellt werden.

In Abbildung 2 ist die US-Produktion von Textilverbundstoffen nach der Art der Herstellungsprozesse für den Zeitraum 1962 bis 1970 aufgeteilt. Man sieht die überragende Bedeutung der adhäsiv verbundenen Textilien. Sie sind von 1962 bis 1970 von etwa 40 000 t auf 115 000 t gestiegen. Noch größere Steigerungsraten sind bei mechanisch verbundenen Textilien zu verzeichnen, von 18 000 t auf 90 000 t. Daneben fallen alle anderen Verfahren weit zurück, was die absolute Menge anbetrifft.

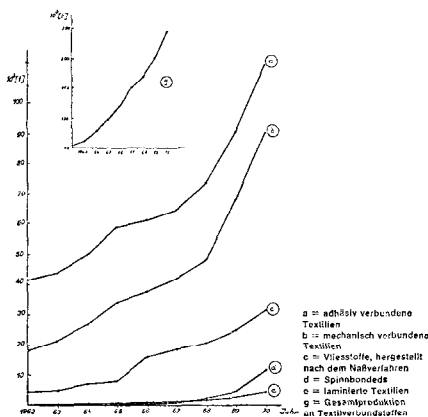


Abb. 2

In Abbildung 3 ist der prozentuale Anteil der einzelnen Prozesse an der Weltproduktion von 1962 bis 1972 dargestellt⁴. Die Angaben für 1971 und 1972 sind geschätzt. Bezeichnend ist, daß – trotz der absoluten Zunahme – der Anteil der adhäsiv gebundenen Textilverbundstoffe sinkt, und zwar von 1962 mit etwa 65% bis 1968 auf etwa 45%. Gleichzeitig ist etwa ab 1966 ein starker Anstieg der Spun-Bonded und der Extrusion-Bonded zu verzeichnen, während sich der Naßprozeß bei etwa 12% konstant hält.

Nottbohm⁸ schätzt, daß in der BRD etwa 70% der Textilverbundstoffe mit Hilfe von Bindemittelösungen hergestellt werden. In den USA wird das Ausgangsvlies hauptsächlich nach dem pneumatischen Prinzip hergestellt, dagegen überwiegt in der BRD nach Jörder⁹ die mechanische Vliesbildung mit etwa 85%, gefolgt von aerodynamisch und hydromechanisch hergestellten Vliesen mit je etwa 7%.

3. Die wirtschaftliche Bedeutung der Non-Wovens

In den USA stieg der Anteil der Textilverbundstoffe von 1% im Jahre 1962 auf etwa 5% im Jahre 1970, was einer Produktion von 250 000 t entspricht. Am Rande sei bemerkt, daß während der gleichen Zeit die Gewebe zugunsten der Maschinenware von 75% auf 51% gefallen sind⁷.

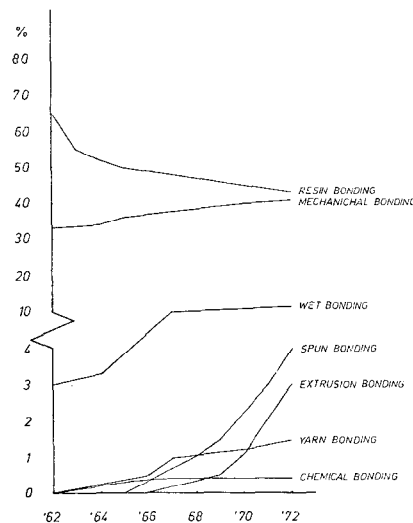


Abb. 3

Die Chase Manhattan Bank hat eine umfassende Übersicht über Textilverbundstoffe bis 1975 gegeben¹⁰. Es wird angenommen, daß bis 1975 450 000 t (d. i. 1300 Mio US-Dollar) Fasern auf dem Non-Woven-Markt verbraucht werden. Die Wachstumsrate wird mit 14% angenommen. Im Chase Manhattan-Bericht wird angenommen, daß die Textilverbundstoffe in ungefähr zehn Jahren genauso bekannt sein werden wie Papier oder die klassischen Textilprodukte. Der größte Anteil (Tab. 2) an Textilverbundstoffen geht in den Verbrauchermarkt. 1966 wurde der Verkauf in diesem Bereich auf 225 Mio Dollar geschätzt. Es wird angenommen, daß sich dieser Markt bis 1975 auf 675 Mio Dollar vergrößern wird.

Tabelle 2: Verkauf von Textilverbundstoffen (geschätzt)

Verbrauchergruppe	Verkauf in Mio \$	
	1966	1975
Consumer Market	255	675
Industrie – Handel	135	375
Krankenhäuser	35	225
Sonstige	5–10	50–70
Total	400	1335

Als zweite große Gruppe folgt der Industriemarkt mit 135 Mio Dollar, der sich bis 1975 auf 375 Mio Dollar vergrößern soll. Der Verbrauch in Krankenhäusern ist mit 35 Mio im Augenblick noch relativ klein, soll aber bis 1975 auf 225 Mio Dollar ansteigen. Es handelt sich dabei in der Hauptsache um Wegwerfartikel⁴.

In Tabelle 3 wird der amerikanische Markt mit dem europäischen verglichen. Bezeichnenderweise führt Amerika mit

Tabelle 3: Produktion von Textilverbundstoffen (in Tonnen) USA – Europa

Jahr	Europa	USA	Andere Länder	Total
1965	9.500	65.000	10.000	84.500
1967	20.000	90.000	12.000	122.000
1970	30.000	160.000	24.000	214.000

großem Abstand vor Europa. Obwohl sich der Umsatz in Europa von 1965 bis 1970 um mehr als das Dreifache vergrößert, verändert sich das Verhältnis zugunsten Europas nur unwesentlich. Die gesamte Weltproduktion stieg von 1965 bis 1970 um mehr als das Doppelte.

II. HETEROFILFASERN

1. Begriffsbestimmung

Im allgemeinen werden Chemiefasern, die aus zwei getrennten polymeren Phasen bestehen, als Bikomponentenfasern bezeichnet. Es muß betont werden, daß homogene Mischungen von zwei Polymeren in einer Chemiefaser von dieser Definition nicht erfaßt werden.

Nach ihrem Aufbau lassen sich folgende Haupttypen von Bikomponentenfasern unterscheiden (Abb. 4: Bikomponentenfasern nach Koch¹¹).

BIKOMPLEMENTENFASERN

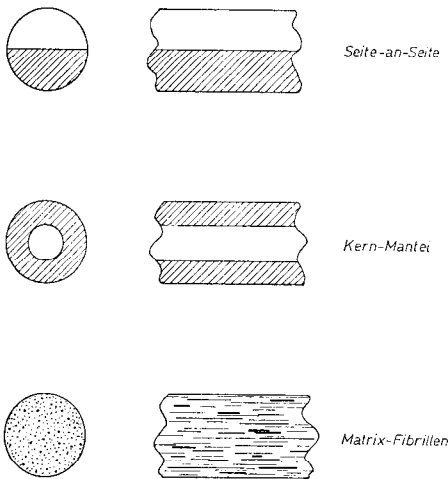


Abb. 4

a) Seite-an-Seite-Typ

Die Seite-an-Seite-Typen (engl. side-by-side)¹² sind dadurch gekennzeichnet, daß beide Polymerphasen an der Faseroberfläche zu finden sind. Anfärbeverhalten, Abrieb, Quellung usw. werden von beiden Phasen bestimmt. Bikomponentenfasern des Seite-an-Seite-Typs werden hauptsächlich hergestellt, um der Faser eine intensive und stabile dreidimensionale Kräuselung zu verleihen¹³. Voraussetzung dafür ist, daß das Polymerpaar nach dem Verstrecken bei einer thermischen Behandlung unterschiedlich schrumpft. Von Fachleuten wird angenommen, daß diese sogenannte chemische Texturierung den schnellsten und wirtschaftlichsten Kräuselungsprozeß auf lange Sicht darstellt¹⁴.

b) Kern/Mantel-Typ (engl. Core/Sheat)

Die erste Phase umschließt die zweite vollständig, so daß nur eine Phase an der Oberfläche zu finden ist. Bei asymmetrischer Anordnung der Polymerphasen, bei der die eingeschlossene Faser in der Mantelphase im Querschnitt exzentrisch verteilt ist, können ebenfalls Kräuselfeffekte erzielt werden.

Wird der Kern aus einem höher schmelzenden Polymeren hergestellt als der Mantel, so stellt diese Faser ein ideales System zur thermischen Bindung für die Herstellung von Textilverbundstoffen dar, was weiter unten gezeigt werden soll. Wenn keine speziellen Effekte erreicht werden sollen, werden von der ICI symmetrische Kern/Mantel-Fasern angeboten.

c) Matrix/Fibrillen-Typ

In einer äußeren zusammenhängenden Phase sind Polymerfibrillen gleichmäßig verteilt. Vor dem Spinnen ist die innere Phase in Form von Tröpfchen in der äußeren Phase

verteilt. Erst beim Spinnen und Strecken entstehen die Fibrillen.

Die Bikomponentenfasern des Seite-an-Seite-Typs sowie des Kern/Mantel-Typs möchte ich unter dem Begriff „Heterofilfasern“ zusammenfassen.

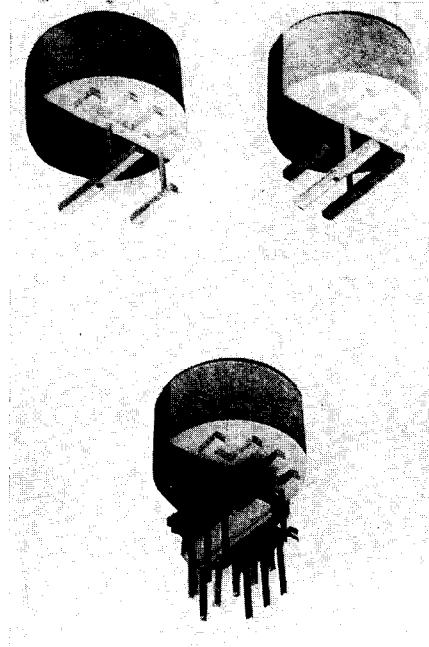


Abb. 5

2. Herstellung von Heterofilfasern

In der Patentliteratur gibt es sehr viele Vorschläge für das Spinnen von Heterofilfasern. Ich möchte hier nur auf das Prinzip eingehen.

Zunächst zu den Heterofilfasern des Seite-an-Seite-Typs^{15, 16}. In Abbildung 5 sehen Sie eine schematische Darstellung des Aufbaus einer Heterofilspinndüse für Seite-an-Seite-Produkte. Das schwarze und das weiße Polymere wird getrennt aufgeschmolzen und getrennt gefiltert. Anschließend werden beide dem Verteilersystem in der Düse zugeführt. Für die Herstellung ist es wichtig, daß beide Polymere die gleichen Temperaturen haben und daß bei diesen Temperaturen die



Abb. 6

Viskosität annähernd dieselbe ist. Ist das nicht der Fall, so kommt es zu unterschiedlichen Strömungen in der Düse und zu Krümmungen des Fadens beim Austritt. Es sind schräggestellte Düsen vorgeschlagen werden, die es auch erlauben. Polymere mit unterschiedlicher Viskosität zu verspinnen. Ich möchte aber im Rahmen dieses Vortrags auf diese Entwicklungen nicht im einzelnen eingehen. Die bei diesem Prozeß entstehenden Heterofilfasern sind in Abbildung 6 zu sehen. Lassen Sie mich nun etwas näher auf die Herstellung der Kern/Mantel-Heterofilfasern eingehen¹⁶, mit denen sich diese Ausführungen hauptsächlich befassen. Führt man in eine strömende Polymerschmelze ein zweites Polymeres ein, so stellt man fest, daß auch über längere Strecken = infolge der hohen Schmelzviskosität und der Unverträglichkeit der meisten Polymeren = keine Vermischung eintritt: selbst wenn ein Hindernis in den Polymerstrom eingebracht wird, wird dieses umflossen, ohne daß eine Vermischung dabei eintritt.

Bezeichnenderweise wird das Hindernis, das sich in der Mine des Polymerstroms befindet von beiden Phasen gleichmäßig umflossen. Bei der in Abbildung 7 dargestellten Düsenanordnung wird von dieser Beobachtung Gebrauch gemacht.

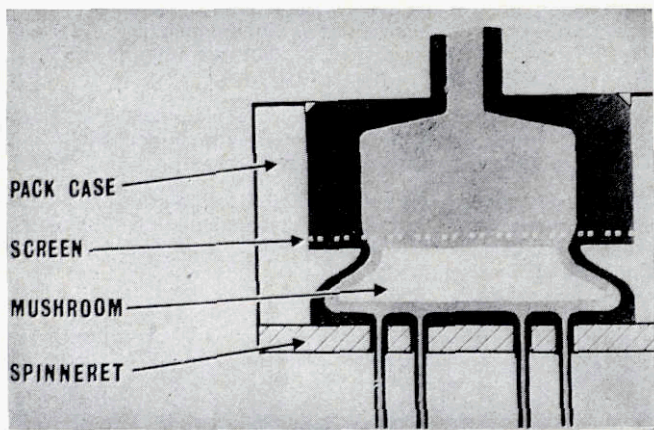


Abb. 7

Nachdem die Polymerschmelzen durch die Filter geflossen sind, haben sie ein pilzförmiges Hindernis zu passieren. Ober der Spindüsenplatte entstehen dadurch zwei Polymerphasen, die in Form einer Kern/Mantel-Strömung durch die Öffnungen gepreßt werden. In Abbildung 8 sehen Sie einen vergrößerten Ausschnitt von der Bodenplatte¹⁶. Das Verhältnis der Kern- zu den Mantelpolymeren wird durch die relative Pumpen-

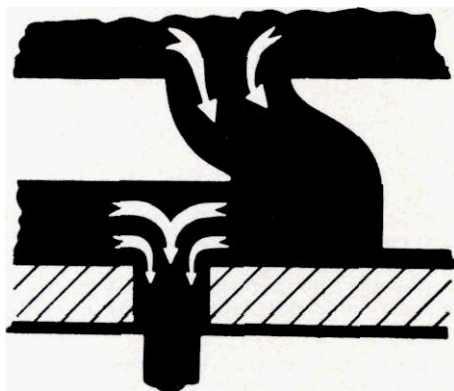


Abb. 8

stung für die beiden Polymeren bestimmt. Die nachfolgenden Arbeitsgänge, das Verspinnen ebenso wie das Verstrecken, unterscheiden sich nicht von der Herstellung der Homofilfaser. In Abbildung 9 ist eine typische Kern/Mantel-Faser dargestellt.

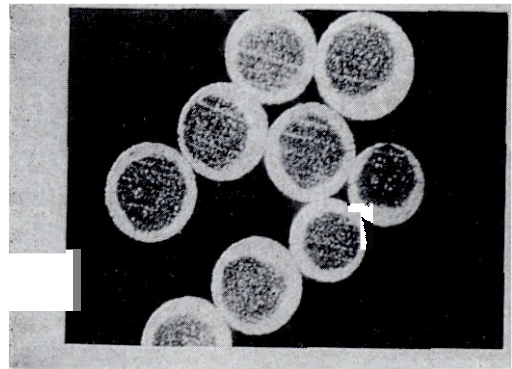


Abb. 9

3. Heterofilfaserbindung

Lassen Sie mich zunächst auf das Herstellungsschema der Textilverbundstoffe nach Albrecht zurückkommen. Nach einem der in Abbildung 1 gezeigten Verfahren wird ein Faservlies aus Kern/Mantel-Heterofilfasern hergestellt. Nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit werden sich eine Reihe von Fasern an bestimmten Stellen berühren. Werden nun die Fasern auf eine Temperatur erhitzt, die zwischen dem Schmelzpunkt des Kerns und dem der Mantelschicht liegt, so wird die Mantelschicht aufgeschmolzen, ohne daß sich die Kernschicht wesentlich ändert. An den Kreuzungspunkten kommt es zu einer Verschmelzung und innigen Verbindung der beiden Fasern. In Abbildung 10 sehen Sie ein derartiges Fasergewirb nach der Verbindung.

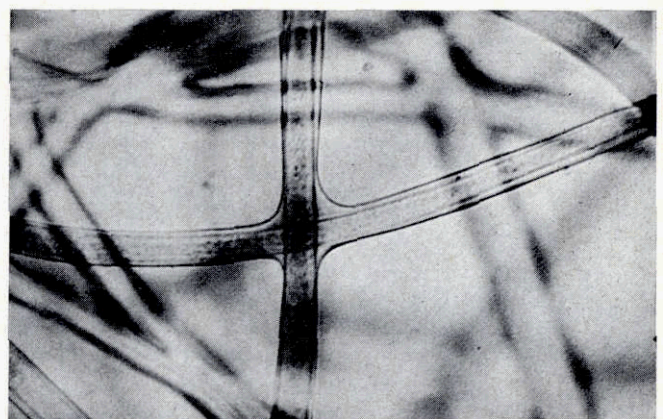


Abb. 10

In den Abbildungen 11 und 12 sind Heterofilfaserbindungen dargestellt. Bitte beachten Sie, wie gleichmäßig das Polymer an der Kreuzungsstelle zu einer verschweißten Verbindung zusammengeflossen ist. Aus diesen Bildern läßt sich leicht erkennen, wie stark diese Bindungen sind. Außerhalb der Bindungspunkte wird die Geometrie des Fadens praktisch nicht verändert.

Lassen Sie mich bei diesen Bildern nochmals auf die punktförmige Struktur der Verklebung hinweisen. Diese Struktur kann nach Radko KrE ma „als ideale Form der Bindung“ angesehen werden¹.

Dies sind wichtige Gründe für den textilen Charakter der Heterofilprodukte im Gegensatz zu den meisten Textilverbundstoffen.

Im Vergleich dazu möchte ich Ihnen eine Fadenverbindung zeigen, die mit Hilfe von Klebstoffen hergestellt wurde (Abb. 13). Bei dieser Art der Verfestigung wird das Faservlies vollkommen verändert. Typisch sind die Ausbildungen derartiger Schwimmhäute. Daß damit auch eine Änderung des Titers und damit der mechanischen Verhaltensweisen gegeben ist, liegt auf der Hand. Die Praxis bestätigt dies.

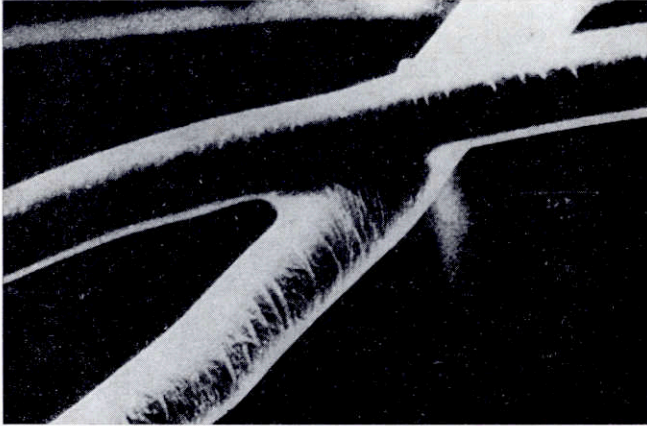


Abb. 11

Die Oberfläche, und damit Färbeverhalten, Griff, Fall usw., wird nicht mehr durch die Faser bestimmt, sondern durch den Klebstoff.

Auch beim Einsatz von thermoplastischen Binfedern bzw. Pulvern entstehen keine punktförmigen Verbindungen, sondern Agglomerationsstrukturen. Die Binfeder verliert beim Aufschmelzen ihre Faserform vollständig.

Beim eigentlichen Kleben handelt es sich um adhäsive Kräfte, die – je nach Vorbehandlung der Faser – unterschiedlich sein können. Bei der Heterofilfaser sind es kohäsive Kräfte, die im großen und ganzen von der Oberfläche der Faser unabhängig sind, solange ein einwandfreier Verlauf gewährleistet ist.

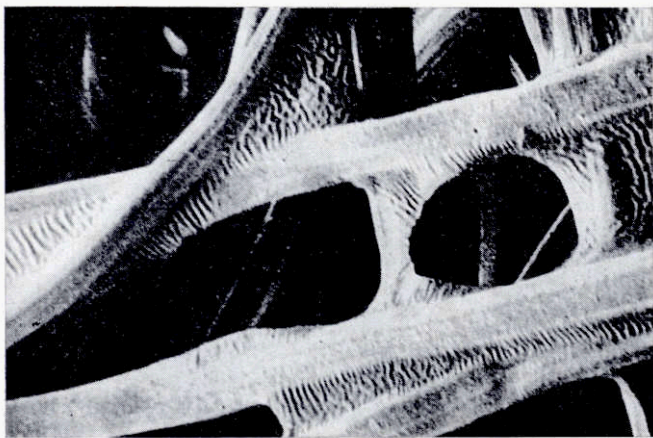


Abb. 13

In der folgenden Abbildung (Abb. 14) wurden Heterofil- und Homofilfasern gemischt. Beide haben etwa den gleichen Titer; auch nach der Verfestigung ist kein Unterschied zwischen dem Titer der Homofilfaser und dem der Heterofilfaser zu bemerken. Die ursprüngliche Faserstruktur blieb erhalten. Wie Sie in den Bildern gesehen haben, besteht an jedem Berührungspunkt zweier Heterofilfasern eine feste Verbindungsstelle. Die mechanischen, textiltechnischen und ästhetischen Eigenschaften des verfestigten Produkts werden weitgehend von der Anzahl der Vernetzungsstellen bestimmt. Allgemein läßt sich sagen, je höher die Vernetzungsdichte, desto steifer wird das Endprodukt. Gleichzeitig nehmen Abrieb und mechanische Festigkeit zu.

Für derartige Systeme können Berechnungen angestellt werden, wie wir sie aus den Vernetzungstheorien, zum Beispiel von Flory¹⁷, für makromolekulare vernetzte Substanzen kennen. Wenn von Stapelfasern ausgegangen wird, ist ein dem Gelpunkt analoger Zustand dann erreicht, wenn alle Fasern zumindest über eine Verbindungsstelle mit einer anderen Faser verbunden sind. Da in diesem Zustand alle Fasern fest in das Gefüge eingebunden sind, wird der Abrieb an

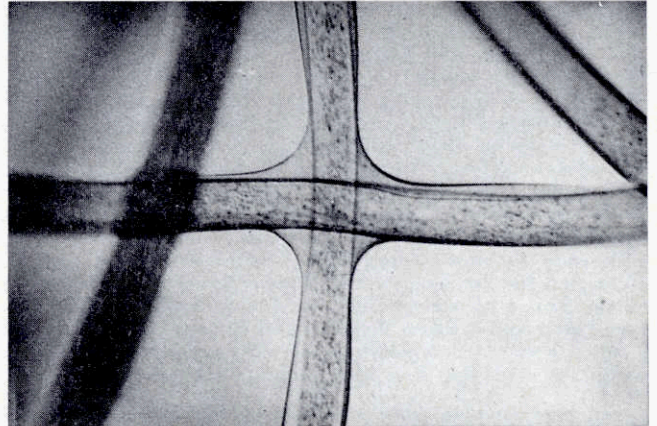


Abb. 12

diesem Punkt ein bestimmtes Minimum erreichen. Weitere Vernetzung wird zwar den Abrieb verbessern, aber nur in geringem Maße. Die dazu nötige Bindungslänge, die durch den Abstand zwischen zwei Verbindungspunkten definiert ist, wird durch die Stapelfaserlänge bestimmt.

Mit weichen praktischen Mitteln kann man nun die Anzahl der Berührungspunkte von Heterofilfasern untereinander und damit der Verfestigungspunkte kontrollieren⁷

Die einfachste Methode besteht darin, daß man durch mechanische Mittel, wie zum Beispiel Vernadeiung, die Dichte des Vlieses vor der Verfestigung verändert, und damit auch die Zahl der Berührungspunkte.

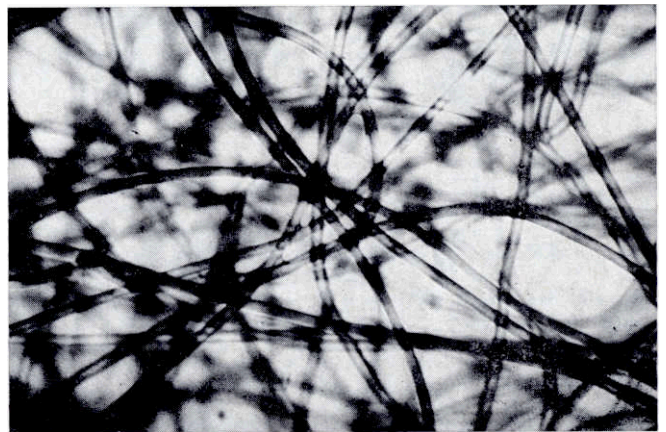


Abb. 14

Die zweite Methode besteht darin, daß man die Heterofilfasern durch solche Stapelfasern „verdünnt“, die mit der Heterofilfaser keine feste Verbindung eingehen (z. B. Homofilfasern aus dem gleichen Material wie die Kernsubstanz der Heterofilfasern), oder auch andere Fasern, die keine Bindung eingehen. Es muß allerdings darauf hinweisen werden, daß dadurch der Abrieb im allgemeinen verschlechtert wird. Die Verdünnungsfasern sind ja nicht in das Vlies eingeschweißt, sondern werden nur durch Reibungskräfte im Vlies gehalten, analog der traditionellen Stapelfaser.

Wie wir später sehen werden, reicht das aber für sehr viele Anwendungszwecke aus¹⁸. Abbildung 15 zeigt den Zusammenhang zwischen den mechanischen Eigenschaften und dem Gehalt an Homofilfasern.

Wir sind bis jetzt immer davon ausgegangen, daß alle Berührungspunkte zwischen zwei Kern/Mantel-Heterofilfasern zu einer Bindung führen. Dies ist aber nur bei der sogenannten homogenen Flächenbindung der Faii. Die Bindung kann aber auch nur in bestimmten Bereichen entweder punktförmig oder linienförmig, in Form von bestimmten geometrischen Figuren, oder aber nur an den Oberflächen eingeleitet werden. Dwh

diese inhomogenen partiellen Bindungen lassen sich Griff, Fall, Steifigkeit, mechanische Eigenschaften, wie Abrieb, Zug-Dehnungsdiagramm, und nicht zuletzt die ästhetischen Eigenschaften in weiten Grenzen ändern. Die technischen Mittel, um diese gezielte partielle Verfestigung zu erreichen, sind außerordentlich vielfältig; sie reichen vom Kalandrieren mit unterschiedlicher Oberflächenstruktur bis zu den verschiedenen Formen der Strahlung oder der dielektrischen Beheizung.

Einen wesentlichen Einfluß auf die textilen Qualitäten hat die Struktur des Vlieses. Natürlich können die Eigenschaften der Textilverbundstoffe aus Heterofilfasern auch durch konventionelle Mittel, wie unterschiedliche Texturierung, Titer, verschiedenartige Fasern etc., und bei Stapelfasern durch die Faserlängen variiert werden.

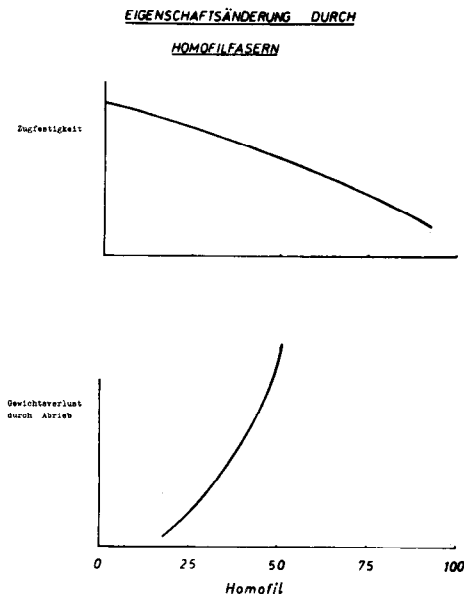


Abb. 15

Durch Variation der oben erwähnten Parameter lassen sich mit den Heterofilfasern Textilverbundstoffe mit einem textilen, mechanischen und ästhetischen Eigenschaftsspektrum herstellen, das weit über das hinausreicht, was wir bisher mit diesem Begriff verbanden. Dabei bleibt eine wesentliche und spezifische Eigenschaft während der ganzen Lebenszeit des Produktes erhalten: Sobald der Textilverbundstoff auf die Schmelztemperatur des Mantelpolymeren erhitzt wird, kann die Heterofilfaser neue Bindungen eingehen.

III. HERSTELLUNG VON TEXTILVERBUNDSTOFFEN AUS HETEROFILSTAPELFASERN

Prinzipiell lassen sich die Heterofilfasern nach den drei wichtigsten Prozessen zur Herstellung von Textilverbundstoffen verarbeiten:

- als Endlosfaser im sogenannten „spun bonded“-Prozeß,
- im Naßprozeß mit sehr kurzen Stapelfasern und
- durch aerodynamische oder mechanische Vliesbildung mit Heterofilstapelfasern mittlerer oder größerer Länge.

Die Entwicklung von Heterofilprodukten aus Stapelfasern mit Hilfe der mechanischen Vliesbildung ist am weitesten fortgeschritten. Im folgenden soll daher auf diese Produkte näher eingegangen werden.

1. Vliesbildung

Der erste Arbeitsgang, aus den Heterofilfasern ein Fertigprodukt herzustellen, besteht in der Bildung eines Vlieses für den anschließenden Verfestigungsprozeß. Dabei erfolgt das Öffnen und Mischen des Fasermaterials auf herkömmlichen Anlagen. Nach dem Kardieren wird der Krempelflor getäfelt und durch entsprechende Nadelungspassagen mechanisch verfestigt. Es bieten sich jedoch gleichermaßen die Luftlegetechniken und für bestimmte Artikelgruppen auch das Naßlegeverfahren an.

Die Wahl der geeigneten Anlage in bezug auf die Vliesvorbereitung wird im Einzelfall von den geforderten Gebrauchseigenschaften der verschiedenen Produktgruppen abhängig gemacht werden müssen. So wird man zum Beispiel für Textilverbundstoffe mit niedrigem Gewicht, bei denen eine ausgeglichene Faserorientierung erwünscht ist, luftgelegte oder aber getäfelte oder verzogene Krempelvliese vorziehen, während schwerere Non-Wovens, beispielsweise für den Bodenbelagssektor, meist nach dem herkömmlichen Kardierverfahren gefertigt und anschließend vernadelt werden.

Grundsätzlich sind die unterschiedlichen Heterofiltypen nach entsprechender Auswahl hinsichtlich Fasertiter, Stapellänge und Kräuselung zur Verarbeitung auf den bekannten konventionellen Vliesbildungsanlagen geeignet.

2. Verfestigung

Die Heterofilvliese werden nun durch Flächenverfestigung im Ofen, also durch Ofenverfestigung mit anschließender Kaltkalandrierung oder Heißkalandrierung, weiterverarbeitet.

Die Flächenverfestigung im Ofen wird verwendet, wenn ein voluminöser textiler Warencharakter erzielt werden soll. Sie wird normalerweise in einem Heißluftofen durchgeführt, in dem je nach Verweilzeit entweder ein Dampf/Luftgemisch bzw. Heißluft durch das Material geblasen wird. Dabei müssen bestimmte Anforderungen, wie zum Beispiel Temperaturgleichmäßigkeit über die gesamte Breite innerhalb eines genau festgelegten Toleranzbereiches, erfüllt werden.

Zur Erzielung eines sehr weichen textilen Warencharakters werden Abmischungen mit Homofilfasern verwendet.

Die Ofenverfestigung eignet sich besonders zur Herstellung von Bodenbelägen, Polsterbezugsstoffen, Oberbekleidung, Wandbespannungen und „Industrials“. Dabei zeichnen sich Vliesteppeiche, Cambrelle® genannt, besonders durch ihre flauschige textile Oberflächenstruktur aus, während man bei Polsterbezugs- und Oberbekleidungsstoffen einen weichen Griff und textilen Fall erzielt.

Die mit der Ofenverfestigung kombinierte Kaltkalandrierung wird vor allem für „Interlinings“ und „Industrials“, bei denen oft eine glatte Oberfläche Bedingung ist, verwendet. Außerdem bietet sich bei diesem Verfahren die Kaltprägekalandrierung zu reliefartiger Bemusterung von Bodenbelägen, Wandbespannungen und Polsterbezugsstoffen an.

Schwieriger gestaltet sich momentan noch die Heißkalandrierung wegen der erforderlichen hohen Temperaturgleichmäßigkeit. Die nach dieser Technik hergestellten Produkte stehen noch im Entwicklungsstadium.

3. Färbe- und Musterungsmöglichkeiten¹⁸

Für Textilverbundstoffe aus Heterofilstapelfasern stehen zwei Methoden zur Verfügung: Die Einfärbung der Faser und die Stückfärbung. Die Einfärbung der Faser wird bevorzugt, denn sie gibt eine größere Variationsmöglichkeit für Farbmischungen. Der Farbstoff muß bei der Faserfärbung nicht nur unter den Einsatzbedingungen des Produktes stabil sein, sondern er muß auch die Verfestigungstemperatur aushalten.

Musterungsmöglichkeiten bestehen vor allem durch Prägen, Vernadeln und Bedrucken. Das Prägen wird am besten direkt nach der Ofenverfestigung mit kalten Walzen vorgenommen. Insbesondere, wenn eine partielle Verfestigung – zum Beispiel nur an einzelnen Punkten oder in bestimmten geometrischen Formen – erreicht werden soll, ist eine Heißkalandrierung mit Prägwalzen zu empfehlen.

Eine weitere Musterungsmöglichkeit läßt sich dadurch erreichen, daß von verschiedenartigen Vliesen ausgegangen wird. Das Sekundärvlies wird in bestimmten Mustern durch das Primärvlies gestochen. Es lassen sich dadurch Zweifarbenefekte erzielen; gleichzeitig wird das Primärvlies mit dem Sekundärvlies verbunden.

Die aus Heterofilfasern hergestellten Textilverbundstoffe sind sehr porös und können daher leicht nach den üblichen Sieb- bzw. Rollerdruckmethoden gemustert werden.

4. Ausrüstung

Die unter Finishing zusammengefaßten Prozesse lassen sich in der konventionellen Weise wie bei Web- und Maschenwaren aus Chemiefasern durchführen, da der Stoff an der Oberfläche nur aus einem Polymeren besteht, im Gegensatz zu Seite-an-Seite-Heterofilfasern, und vor allem zu den adhäsiv oder mit Bindefasern oder -pulvern gebundenen Textilverbundstoffen. Die Produkte können durch Weichmacher, wasserfeste Ausrüstung, antistatische und schmutzabstoßende

Mittel weiter verbessert werden. Diese Prozesse dürfen aber erst nach der Verfestigung durchgeführt werden.

5. Weiterverarbeitung

Die Heterofilfaserbindungen sind nach der homogenen Flächenbindung gleichmäßig über das ganze Produkt verteilt; bei Schnitten besteht daher keine Tendenz zum Ausfransen. Ein Saum kann entweder mit konventionellen Methoden oder aber durch Erhitzen gefertigt werden. Man kann dazu erhitzte Metalle oder aber dielektrische Beheizung einsetzen.

wegs aus den herkömmlichen Non-Woven-Maschinen, mit Ausnahme des Verfestigungsaggregates, das speziell für diesen Verwendungszweck entwickelt werden mußte. Dabei war vor allem die notwendige genaue Temperaturgleichmäßigkeit in einem Bereich von 225° C als primäres Problem zu lösen.

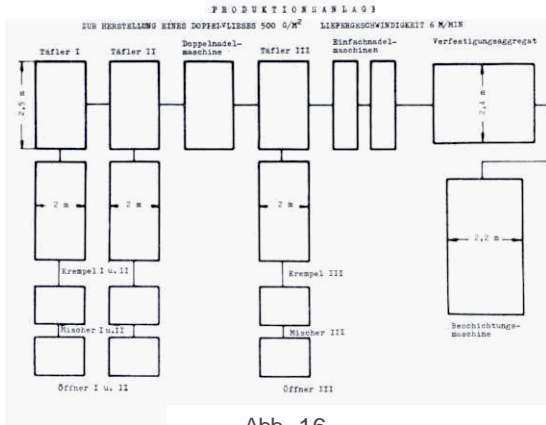


Abb. 16

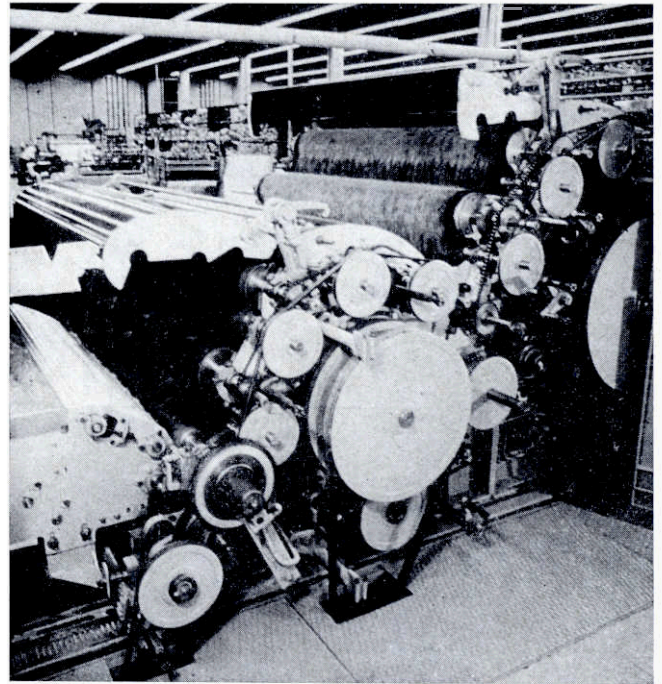


Abb. 18

IV. PRODUKTE AUS HETEROFILFASERN

1. Cambrelle®-Bodenbelag

Die mit unseren Heterofilfasern durchgeführten Entwicklungsarbeiten konzentrierten sich anfangs hauptsächlich auf den Bodenbelagssektor, so daß Cambrelle® im Augenblick das ausgereifteste Produkt aus ICI-Bikomponentenfasern darstellt. Im Vergleich zu herkömmlichen Nadelvliesbodenbelägen weist es gravierende Vorteile auf.

Nachstehend wird in groben Zügen die Cambrelle®-Herstellung erläutert und auf die physikalischen und textilästhetischen Eigenschaften dieser Bodenbelagsqualität eingegangen.

Die skizzierte Fertigungsanlage, die vor allem zur Herstellung eines Doppelvliesproduktes ausgelegt ist, zeigt folgende Arbeitsgänge: Öffnen, Mischen, Vliesbildung, Tafeln, Vernadeln, thermische Verfestigung, öffnen und Mischen des Fasergutes (Abb. 17 und 18)

a) Cambrelle®-Herstellung

In Abbildung 16 wird eine Cambrelle®-Produktionsanlage mit kontinuierlichem Fertigungsprozeß schematisch dargestellt, deren Liefergeschwindigkeit bei ca. 6 m/min liegt, was eine Jahreskapazität von ungefähr 27 Millionen m² ergibt. Der aufgezeichnete Maschinenpark besteht durch-



Abb. 17

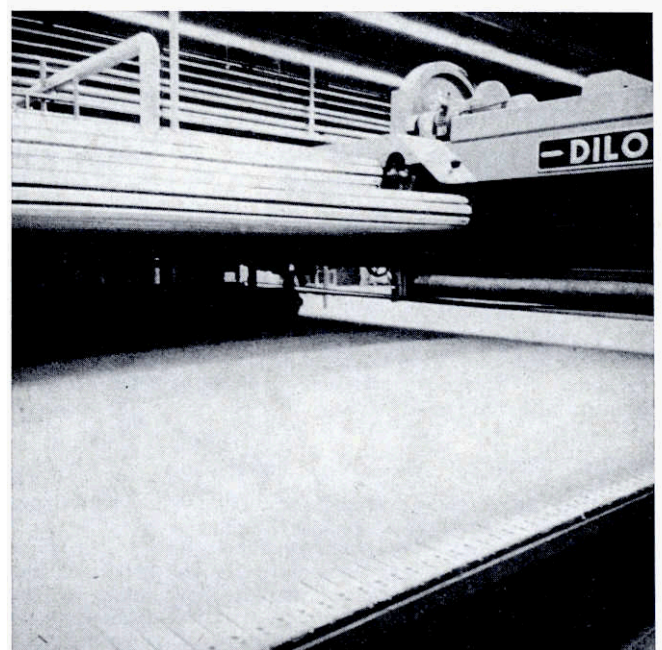


Abb. 19

Bei Verwendung verschiedener Faser- bzw. Farbkomponenten empfiehlt sich zum optimalen Auflösen und Mischen der Flocke der Einsatz von Mehrkomponenten-Mischanlagen mit pneumatischer Speisung der Krempelsätze.

Beim Cambrelle®-Doppelvlies besteht das primäre Vlies aus zwei Dritteln und das sekundäre Vlies aus einem Drittel des Gesamtgewichts von ca. 500 g/m².

Auf dieses Gewichtsverhältnis ist die angeführte Anlage ausgelegt, wobei die beiden ersten Krempeln das Grundvlies aufbereiten, während die dritte Krempel das Abdeckvlies bildet.

Durch die den Krempeln nachgeschalteten Kreuzleger (Abb. 19) wird der Krempelflor bis zu den entsprechenden Vliesgewichten aufgetafelt und den Nadelstühlen zur mechanischen Verdichtung vorgelegt.

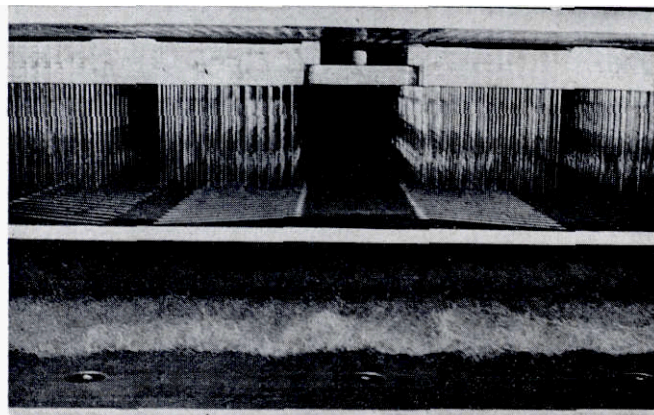


Abb. 20

Primärvlies

Das Primärvlies wird mit geringer Nadelungsintensität vorzugsweise von beiden Seiten vernadelt, wobei entweder eine Doppelnadelmaschine oder zwei Einfachnadelstühle mit entgegengesetzter Stichrichtung eingesetzt werden können (Abb. 20 und 21). Diese Nadelung ergibt die Faser-Verkreuzungen und -verschlingungen, die notwendig sind, um nach dem Verfestigungsprozeß auf Grund der dadurch erzielten Schweißstellen und Bindepunkte ein Endprodukt mit guten Abriebfestigkeiten zu erhalten.

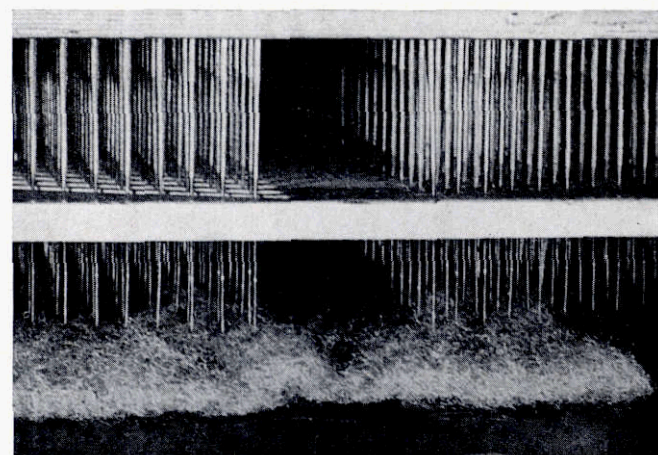


Abb. 21

Sekundärvlies

Die Fasern des Sekundärvlieses können in einem anderen Ton eingefärbt werden als die des Primärvlieses und auf das bereits vernadelte Grundvlies aufgetafelt werden. Um dem Belag den gewünschten Zweifarbneffekt zu verleihen, muß das Sekundärvlies durch das Primärvlies an die Ausbildung von Tufts zur Erzielung eines flauschigen textilen Warencharakters, was durch den Einsatz größerer Nadeln ermöglicht wird.

Für diesen Tuftprozeß werden zwei Einfachnadelmaschinen empfohlen, die bei der Herstellung von ungemusterten bzw. gemusterten Vliesen folgende Aufgaben erfüllen:

1) Ungemustertes Vlies mit irregulärer Tuftanordnung

Durch Verwendung von zwei Maschinen wird ein gleichmäßiges Warenbild gewährleistet und eine nach der ersten Tuftpassage eventuell auftretende Streifigkeit durch die zweite Passage wieder ausgeglichen.

2) Gemustertes Vlies

Dabei wird die erste Maschine zum Aneinanderheften der beiden Vliese verwendet, während der zweite Nadelstuhl das eigentliche Muster tuftet.

Die im Augenblick verwendete Musterungsnadelung wird von der Anordnung der Nadeln im Musterbratt und vom Vorschub des Vlieses/Nadelhub bestimmt.

Mit dieser Methode sind Musterrapporte bis zu einer Größe von 65 mm möglich. Zwischenzeitlich wurde jedoch schon die Entwicklung neuer Musterungstechniken in Angriff genommen, die die beliebige Vergrößerung der Rapporte in Warenaufrichtung gestattet. Bei gleicher Farbe des Primär- und Sekundärvlieses kann auf derselben Produktionsanlage auch ein Einfachvlies hergestellt werden. Dieses Produkt kann zwar mit einer tuftähnlichen Oberfläche versehen werden, es muß dabei jedoch auf den Zweifarbneffekt verzichtet werden.

Verfestigungsprozeß

Nach der Vliesbildung und der Vernadelung wird die Verfestigung im Heizaggregat vorgenommen. Dabei wird je nach Verweilzeit entweder Heißluft oder ein Dampf/Luftgemisch mit etwa 225° C durch das Vlies geblasen. Was eine sehr schnelle Verschweißung der Fasern bewirkt. Um jedoch eine Oxidation des Vliesmaterials während der Verfestigung zu verhindern, ist auf eine kurze Verweilzeit im Ofen zu achten. Aus dem gleichen Grund werden Dampf/Luftgemische mit einem hohen Dampfanteil bevorzugt.

Rückenbeschichtung und Dimensionsstabilität

Das den Polyamidfasern eigene Feuchtigkeitsaufnahmevermögen und das damit verbundene Quellverhalten ließ auch hier die Probleme der Dimensionsstabilität auftreten. Bei Einsatz von 100% Polyamidfasern im Vlies wurde von der Entwicklung eines Bodenbelags ausgegangen, der als Bahnenware vollflächig am Boden verklebt wird. Dabei wählte man den Weg, das Vlies von der Rückseite her zu stabilisieren. Als günstigste Beschichtung erwies sich wegen des extrem hohen Anfangsmoduls eine Glasfasergewebekaschierung und die zusätzliche Beschichtung mit Latexschaum, PVC, Polyestervlies, Polyurethanschaum oder attaktischem Polypropylen.

Die nachfolgenden Diagramme (Abb. 22) zeigen die Verbesserung der Dimensionsstabilität von unbeschichtetem zu beschichtetem Vlies.

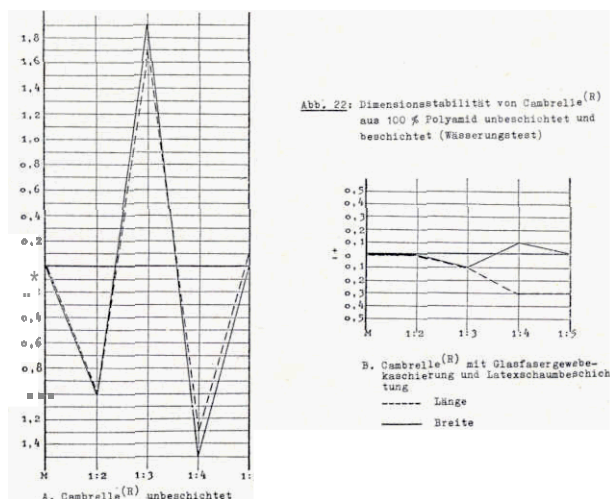


Abb. 22

- A. Cambrelle® in unbeschichtetem Zustand
- B. Cambrelle® mit Glasfasergewebekaschierung und Latexschaumbeschichtung

Die graphische Darstellung der Dimensionsänderungen zeigt die einzelnen Messungen während des Wässerungstests. Dabei bedeutet

- Messung 1: Prüfling nach Auslegen in Normalklima (72 Std., 20° C/65% rel. Luftfeuchtigkeit)
- Messung 2: Trocknen des Prüflings im Wärmeschrank (25 Std. bei 60° C)
- Messung 3: Nach Einlegen in destilliertes Wasser (2 Std., Wassertemperatur 20° C)
- Messung 4: Nach dem Trocknen im Wärmeschrank (24 Std., 60° C)
- Messung 5: Messen nach Auslegen der Prüflinge in Normalklima (48 Std., 20° C/65% rel. Luftfeuchtigkeit)

Bei Verwendung von Cambrelle® in Fliesenform schlagen wir die zusätzliche Stabilisierung des Belags im Pol durch Einsatz von Fasern mit geringerem Quellwert vor. Zufriedenstellende Ergebnisse wurden bei einem Polyesteranteil von einem Drittel des Gesamtgewichts bei Beibehaltung guter Abriebeigenschaften erzielt.

Die folgenden Diagramme (Abb. 23) zeigen die Verbesserung der Dimensionsstabilität bei Einsatz von einem Drittel Polyester/Homofilfasern:

- 1) Cambrelle®, bestehend aus 100% Polyamid (2/3 Heterofil/1/3 Homofil) unbeschichtet,
- 2) Cambrelle®, bestehend aus 2/3 Polyamid-Heterofilfasern/1/3 Polyester-Homofilfasern,
- 3) Cambrelle® mit 1/3 Polyester-Homofilfasern, beschichtet mit Glasfasergewebe und Polyurethanschaum

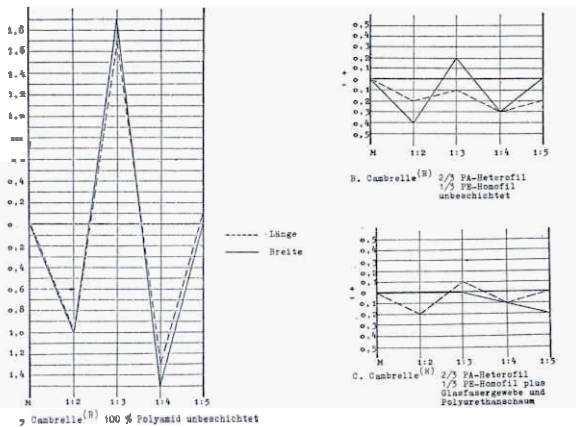


Abb. 23

b) Cambrelle®-Produkteigenschaften

Auf Grund der durch den Einsatz von Heterofilfasern möglichen Verfahrenstechniken bei der Cambrelle®-Herstellung und der damit verbundenen Musterungsmöglichkeiten zeichnet sich dieses Produkt neben ausgezeichneten physikalischen Eigenschaften durch seine besondere Textilsthetik aus.

Neben der Prüfung der Dimensionsstabilität wurde Cambrelle® einer ganzen Reihe von Tests unterworfen, bevor es in seiner jetzigen Form vorgestellt wurde. Im Vergleich zu den Laborergebnissen wurden die Gebrauchseigenschaften für die Praxis anhand von Begehungsversuchen beurteilt. Die im Labor durchgeführte Verschleißwertprüfung setzt sich aus folgenden Prüfmethodenzusammen:

- Scheuertest,
- Trevadprüfung und
- Trommelprüfung.

Scheuertest (System Schopper):

Dabei wird der Gewichtsverlust an Fasern nach tausend Scheuertouren (Prüfling gegen Ccheuerpapier mit bestimmter Körnung) gemessen (Abb. 24).

Das folgende Diagramm (Abb. 25) zeigt den Gewichtsverlust von Cambrelle® in g/m² im Vergleich zu herkömmlichen Nadelfilzqualitäten der unteren wie der höheren Preisklasse.

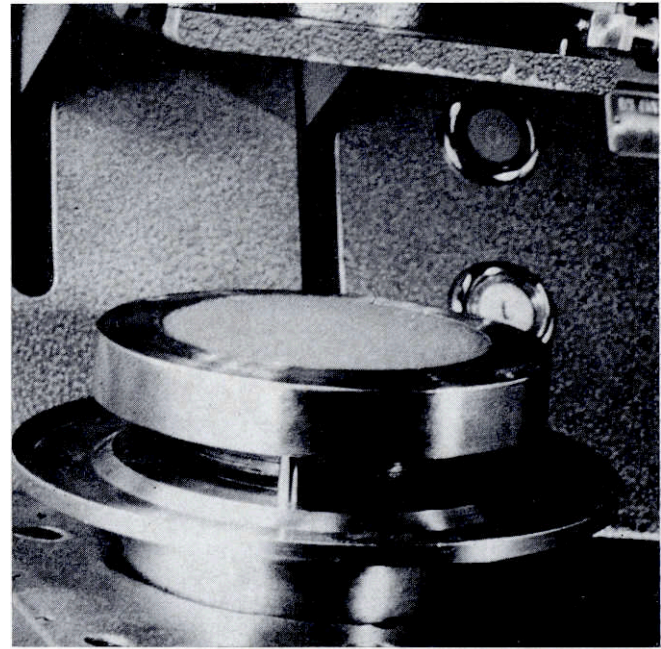


Abb. 24

Trevadprüfung (System Lisson):

Bei der Beurteilung der Gebrauchstüchtigkeit eines Bodenbelages sollte das Veränderungsausmaß des Oberflächenbildes nach der Beanspruchung als wichtiger Faktor nicht unberücksichtigt bleiben.

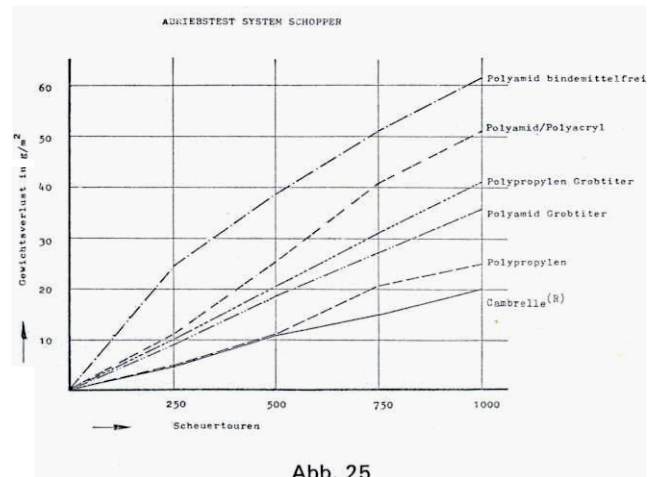


Abb. 25

Da die zahlenmäßige Erfassung des Abriebverlustes nach dem Schoppertest diesbezüglich keine Aussage zulässt, werden die Prüflinge nach der Trevadprüfung (Abb. 26 und 27) und neben der Ermittlung des Gewichtsverlustes auch noch einer visuellen Beurteilung unterzogen. Dabei konnte festgestellt werden, daß die Veränderung des Oberflächenbildes nicht immer dem gemessenen Abriebverlust entspricht.

Die Vergleichsabbildungen veranschaulichen den Grad der Haarigkeit verschiedener Nadelfilzqualitäten nach dem Lissontest nach einer Beanspruchung von 250 Doppeltouren. In Abbildung 28 ist die linke Probe aus grobtitrigem Polypropylen, die in der Mitte aus grobtitrigem Polyamid/Polycryl und die rechte aus ebensolchem Polyamid hergestellt. Auf Abbildung 29 sehen Sie links Cambrelle®, in der Mitte ein Vlies aus grobtitrigem Polypropylen und rechts eines aus Polyamid - bindemittelfrei.

Trommelprüfung (System Vettermann):

Bei diesem Test wird der Gewichtsverlust in Verbindung mit der Dickenminderung des Prüflings ermittelt. Im Innern

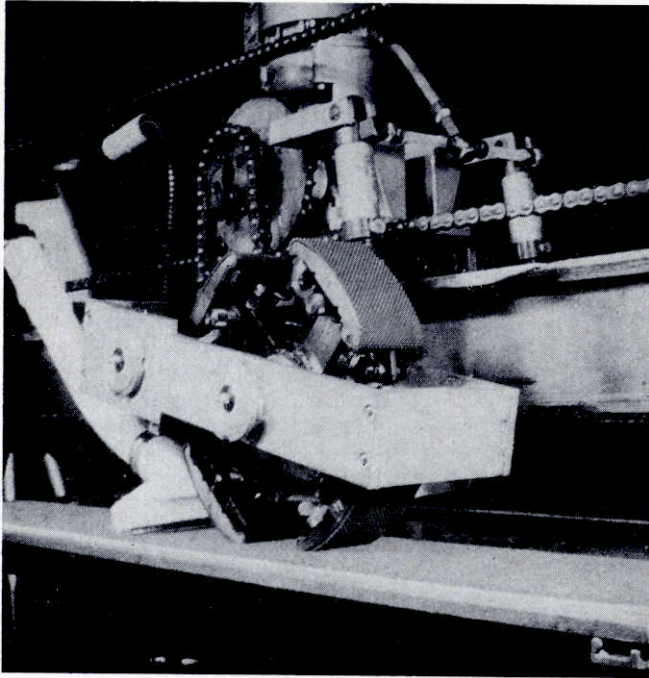


Abb. 26

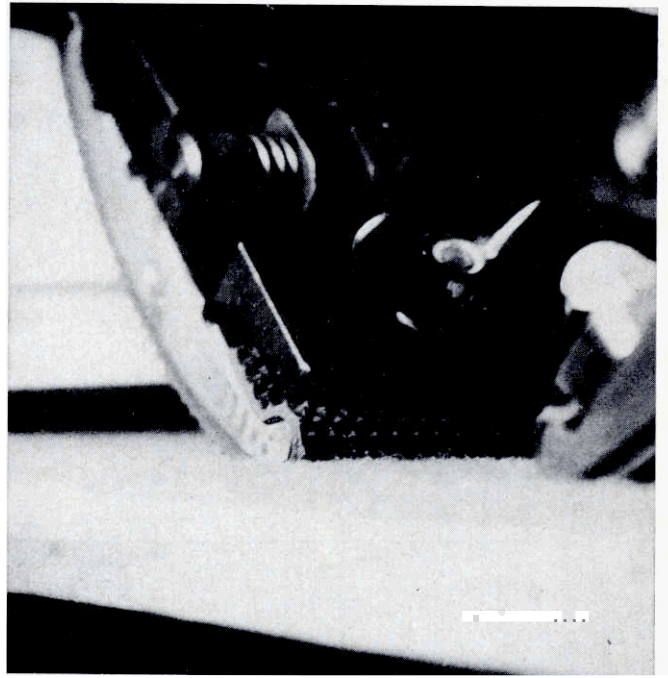


Abb. 27

einer rotierenden **Trommel**, die mit dem Prüfling ausgeschlagen ist, beansprucht ein 7,5 kg schwerer **Stahlkörper** das Material (**Abb. 30**).

Die graphische Darstellung (**Abb. 31**) zeigt deutlich, daß das Verschleißverhalten von **Cambrelle®** mit Abstand an der **Spitze** rangiert. Während der Gewichtsverlust in g/m^2 bei weitem unter dem der verglichenen Qualitäten liegt, ist in der Dickenminderung in mm des **Cambrelle®-Belags** ein Mittelwert zu sehen. Dabei darf jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, daß es sich bei **Cambrelle®** - von der **Vliesstruktur** her betrachtet - um ein völlig unterschiedliches Produkt handelt, das durch seine textile tuftähnliche Oberfläche erhöhten **Begehkomfort** anzubieten hat (**Abb. 32**).

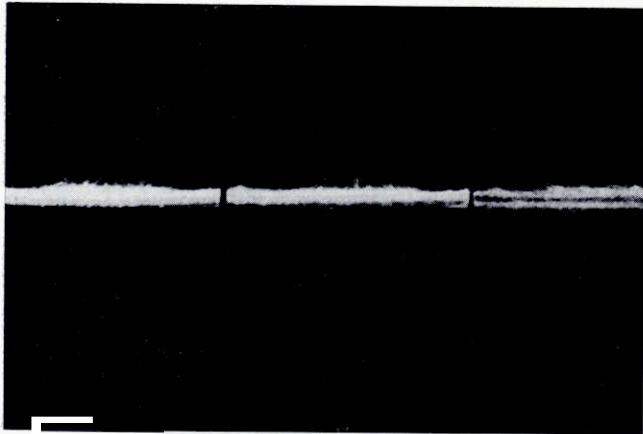


Abb. 28

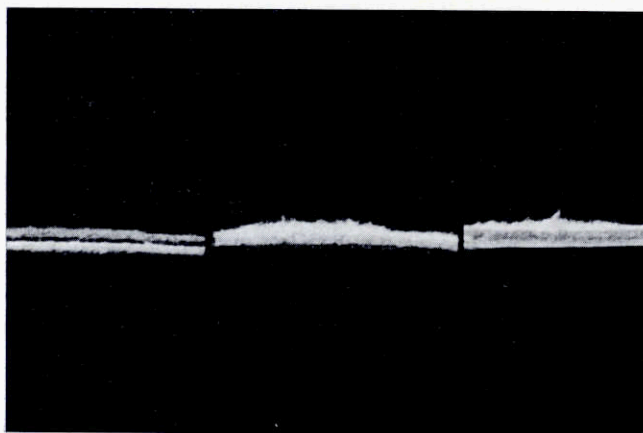


Abb. 29

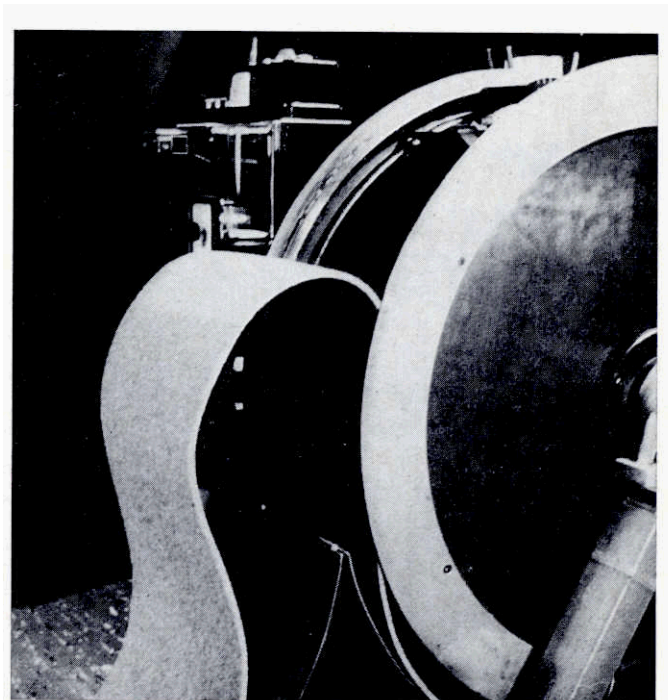


Abb. 30

TROMMELPRÜFUNG (SYSTEM VETTERMAN)

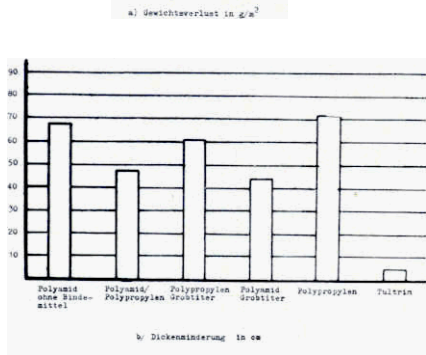


Abb. 31



Abb. 32

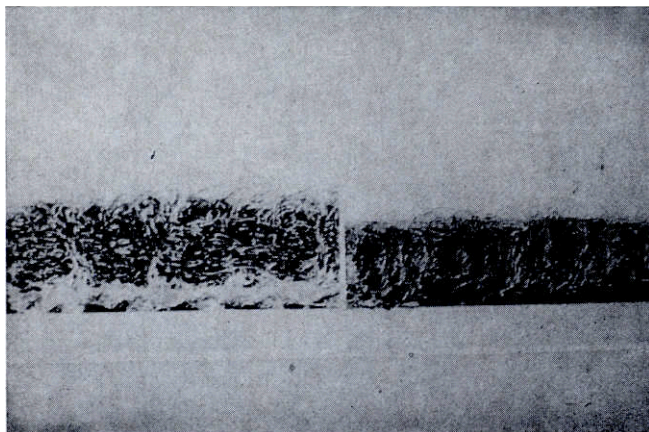


Abb. 33

struktur erzielt wurde, war nach der Trommelprüfung vollkommen zerstört.

Da bei der Cambrelle®-Herstellung zur Erzielung zufriedenstellender Verschleißigenschaften lediglich die Zahl der Bindepunkte und damit die Zahl der Faserverkreuzungen ausschlaggebend ist, wird im Gegensatz zur konventionellen Nadelnadelnwebung mit geringer Nadelungsintensität gearbeitet.

Daraus resultieren einmal hohe Produktionsleistungen, die - wie schon eingangs erwähnt - bei ca. 6 bis 7 m/min liegen, während bei der Herstellung konventioneller Produkte mit Liefergeschwindigkeiten von ca. 2 m/min gearbeitet wird. Zum ändern kann bei geringem Materialeinsatz ein extrem hohes Volumen erzielt werden, ohne die Gebrauchseigenschaften negativ zu beeinflussen.

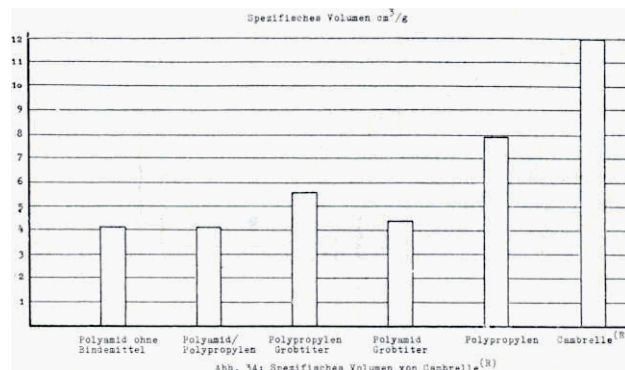


Abb. 34

Ein direkter Vergleich des erzielbaren Volumens verschiedener Nadelnwebqualitäten bei Verwendung eines bestimmten Fasergewichts kann durch die Ermittlung des spezifischen Volumens in cm³/g dargestellt werden. Dabei veranschaulicht schon der bloße Zahlenvergleich, daß Cambrelle® an der Spitze der weichen, voluminösen Non-Woven-Bodenbeläge rangiert (Abb. 34), woraus eine ausgezeichnete Trittelastizität resultiert.

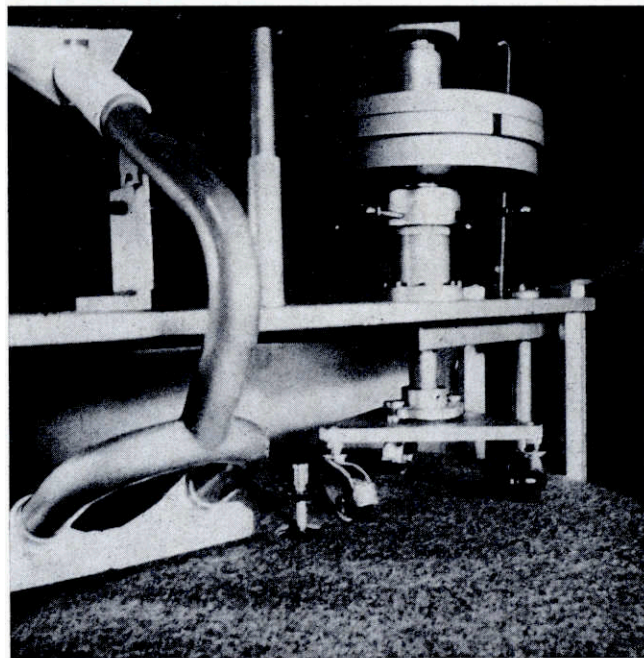


Abb. 35

Die damit verglichene Polypropylenqualität in Abbildung 33, bei der durch besondere Nadelungstechniken und rückseitige chemische Verfestigung eine textile Oberflächen-

Darüber hinaus werden bei der Beurteilung der Gebrauchstüchtigkeit eines Bodenbelags die Rollstuhlfestigkeit (Abb. 35 und 36) sowie die Wiedererholung nach statischer und

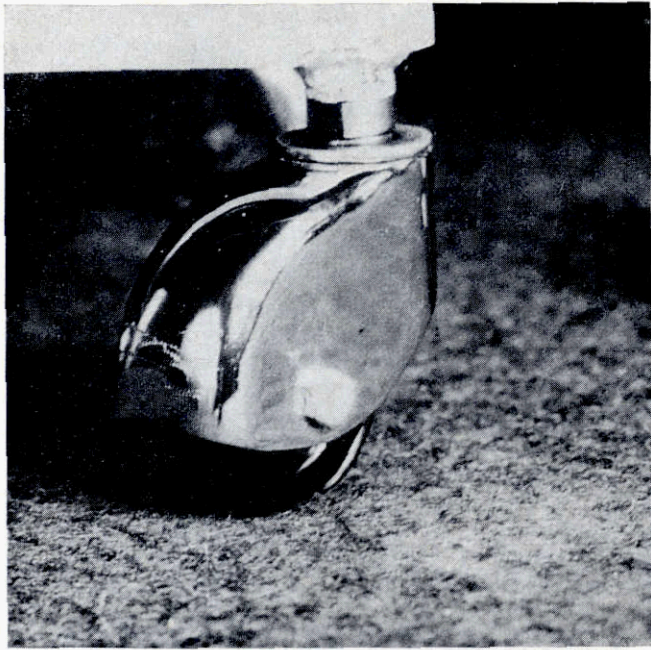


Abb. 36

nach dynamischer Belastung geprüft (Abb. 37), wobei mit Cambrelle® wiederum gute Werte erzielt werden. All diese Ergebnisse wurden in der Praxis durch Vergleichsversuche an konventionellen Produkten bestätigt (Abb. 38).

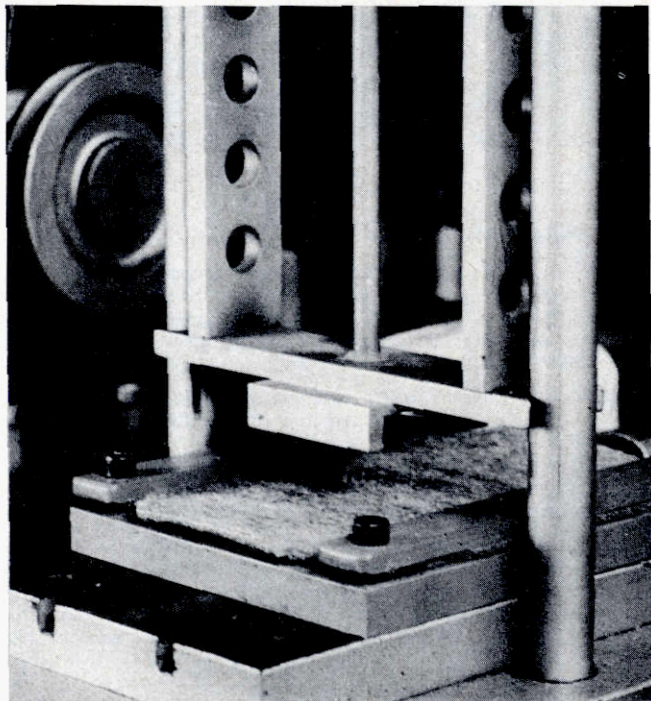


Abb. 37

Musterungsmöglichkeiten:

Die offene Vliesstruktur und die Tatsache, daß zur Vliesverfestigung keine chemischen Bindemittel eingesetzt werden, zeichnen Cambrelle® als besonders geeigneten Bodenbelag zur Druckmusterung aus. Dabei wird mit dem Film-, Rouleaux- oder Walzendruckverfahren gleichermaßen eine ausgezeichnete Farb- und Drucktiefe erzielt. Dies muß im Hinblick auf den stark zunehmenden Trend zu



Abb. 38

bedruckten Bodenbelägen als besonders wichtiges Produktmerkmal bezeichnet werden (Abb. 39).

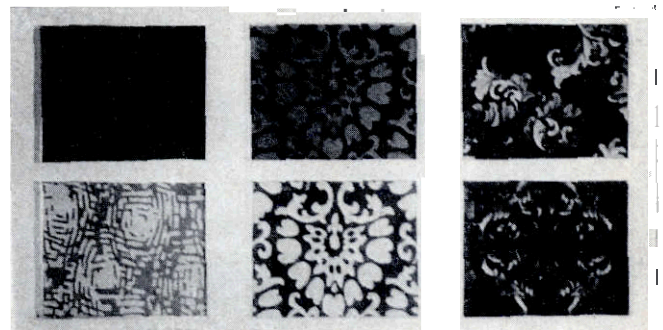


Abb. 39

Wie eingangs schon erwähnt, besteht die Möglichkeit zur Bemusterung von Heterofil-doppelvliesen durch Anwendung entsprechender Nadelungstechniken. Während bisher die Rapportgröße durch den größtmöglichen Vorschub/Nadelhub der Maschine beschränkt wurde, können nun durch Entwicklung einer elektromechanischen Abzugssteuerung Musterrapporte beliebiger Größe hergestellt werden. Bei der Nadelungsmusterung wird vor allem die Möglichkeit ausgenutzt, daß bei den letzten Passagen die Fasern zur Oberfläche hin gestochen werden, wodurch die Farbmusterung durch die Oberflächenstruktur noch unterstrichen wird (Abb. 40 und 41).

Neben dieser Technik kann Cambrelle® mit geringem Aufwand mit einer Prägemusterung versehen werden. Dazu werden lediglich zwei Stahlwalzen, von denen die obere mit einem beliebigen Prägemuster versehen ist, dem Verfestigungsaggregat nachgeschaltet (Abb. 42). Nach dem Verlassen des Ofens wird das noch plastische Cambrelle®-Vlies durch die beiden Stahlwalzen geführt und so mit einer Prägung versehen. Bemerkenswert ist, daß dafür neben dem geringen Kostenaufwand für die Prägwalzen kein zusätzlicher Arbeitsgang notwendig wird und die Arbeitsgeschwindigkeit der Verfestigungsgeschwindigkeit entspricht, die bis zu 25 m/min betragen kann.

Besondere Beachtung schenken wir auch den von den Maschinenherstellern neu entwickelten Nadelungstechniken zur Erzielung eines velours- bzw. tuftähnlichen Warencharakters. Das Verfahren beruht auf dem Einsatz spezieller Maschinenaggregate und der Verwendung eigens dafür



Abb. 40



Abb. 42

die Polschicht vertikal orientiert ist. Dadurch entstehen Floroberflächen, die Cut-pile-, Tufting- und Webvelouren sehr ähnlich sind.

konzipierter Nadeitypen. Dadurch wird die Herstellung von Non-Wovens ermöglicht, deren Laufschrift als Schlingen- bzw. Poppenflor ausgebildet ist.

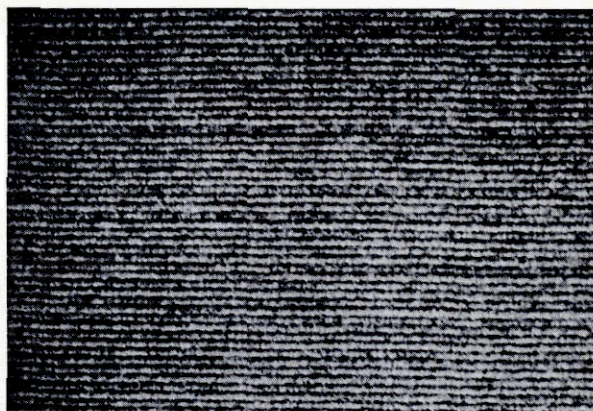


Abb. 43

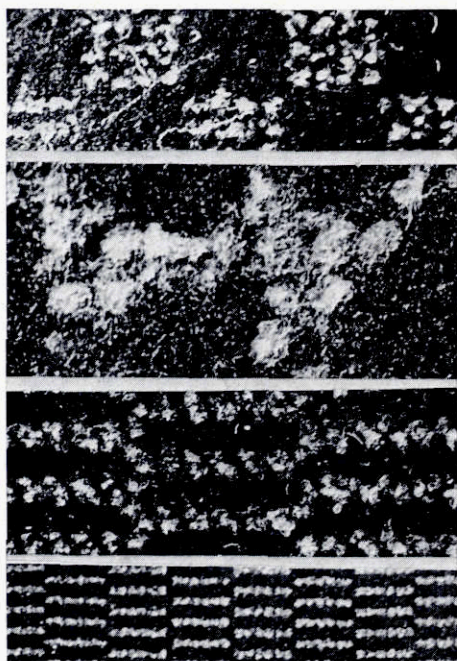


Abb. 41

Diverse Untersuchungen mit Heterofilvliesen ergaben, daß die durch die thermische Behandlung mögliche homogene Verfestigung, ohne eine damit verbundene Materialverflachung, ausgezeichnete Verschleißseigenschaften bei Cambrelle® erzielen läßt.

Abbildung 43 zeigt die jüngste Entwicklung von Cambrelle®-Bodenbelägen, die nach diesen neuen Nadelungstechniken gefertigt werden. Dabei kann von einer wesentlichen Verbesserung der Textilästhetik bei ausgezeichneten Gebrauchseigenschaften gesprochen werden. Die Strukturierung der Oberfläche geschieht derart, daß

2. Möbelbezugsstoffe

Um eine größere Flexibilität zu erreichen, werden für Möbelstoffe niedrigere Titer (6,7 dtex) und ein geringerer Anteil an Heterofilfasern verwendet. Abbildung 44 zeigt ein Heterofilprodukt, das unter dem Namen „Fröntrunner“ auf den englischen Markt kam.

Möbelstoffe können auch aus 3-Denier-Fasern hergestellt werden. Die Stoffe werden weicher und fließender, allerdings muß hier der Pillingresistenz erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Zur Stabilitätsverbesserung in Längs- und Querrichtung werden Ginerewebe, die den Verfestigungstemperaturen standhalten müssen, eingearbeitet.

Generell läßt sich sagen, daß Möbelbezugsstoffe aus Heterofilfasern sehr leicht sind (220 g/m²) und gute Gebrauchseigenschaften haben. Griff und Haltbarkeit sind mit viel schwereren konventionellen Fabrikaten zu vergleichen. Die Nährbarkeit der Produkte ist gut; es treten keine Nadelbeschädigungen auf.

3. Oberbekleidungsstoffe

Aus einer Mischung aus 3-Denier-Heterofil- und Homofilfasern werden Textilverbundstoffe hergestellt, die durch Vernadelung mit einem Nylongewebe verstärkt werden. Die Entwicklung, die noch in einem recht frühen Stadium ist, geht vor allem in Richtung von Damen- und Herrenmänteln. Im Verhältnis zum Gewicht (200 g/m²) haben diese Stoffe einen geringen Wärmedurchgang, guten Griff und gute Gebrauchseigenschaften.

4. Sonstige Produkte

Zum Abschluß seien noch Einlagevliese und technische Vliese aus unserem Entwicklungsprogramm erwähnt. Insbesondere bei



Abb. 44

den technischen Vliesen bietet sich ein breiter Fächer von verschiedenartigsten Artikelgruppen für den Einsatz von Heterofilfasern an, da gerade hier in extremer Haltbarkeit und hoher Lebensdauer der Produkte die Kriterien zu sehen sind.

V. SCHLUSSBETRACHTUNG

Ich hoffe, daß ich Ihnen mit dieser Übersicht einen Einblick in die Möglichkeiten dieser neuen Technik gegeben habe. Freilich konnte nur auf einen Bruchteil der gesamten Entwicklung auf diesem Gebiet eingegangen werden. Nach unseren Erfahrungen ist anzunehmen, daß wir hier, trotz der Mannigfaltigkeit der bisherigen Ergebnisse, erst am Anfang einer Entwicklung stehen.

Literatur:

- 1) R. Kröma; Handbuch der Textilverbundstoffe, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main (1970)
- 2a) H. Jörder; Symposium über Textilverbundstoffe, Prag, 1961
- b) G. K. Meyer; Internationale Konferenz über Textilverbundstoffe, Karl-Marx-Stadt (1960); Deutsche Textiltechnik, 12 (6), 297 (1962)
- 3) M. S. Burnip und A. Newton; Textile Progress Vol. 2, 73 (1970)
- 4) J. M. Ducrot; "Studies in Modern Fabrics"; The Textile Institute, Manchester, 1970, S. 70
- 5) J. W. S. Hearle; „Ein kurzer Kurs über Textilverbundstoffe“; Symposium, University of Manchester, Institute of Science and Technology (1971)
- 6) W. Albrecht; Chemiefasern, H. 6. S. 426 (1968)
- 7) J. H. Bolton; Papers of the American Association for Textile Technology (1968)
- 8) C. L. Nottebohm; Internationale Chemiefasertagung, Dornbirn (1968)
- 9) H. Jörder; Z. f. d. ges. Text. Ind. 70 (10), 683 (1968)
- 10) G. E. Millman; Chase Manhattan Bank New York (1969)
- 11) P. A. Koch; Faserstoff-Tabellen, DK 677.494 (Bikomp.)
- 12) D. Buskies und H. Kern; Faserforsch. u. Textiltechn. 21, 435 (1970)
- 13) R. H. Brand und S. Baker; Text. Res. J. 32, 39 (1962)
- 14) H. Stöhr; Internationale Chemiefasertagung, Dornbirn (1970)
- 15) SZP 225 539 – I. G. Farben 1938; BP 950 429 – E. I. Du Pont (1962)
- 16a) B. C. Eggieston und J. C. Turner; Text. Inst. Ind. 7, 302 (1969)
- b) A. J. Sanders; The Text. Manufacturer 347 (1970)
- c) A. J. Sanders und J. C. Turner; Text. Inst. & Ind., Annual Conference 302 (1969)
- 17) Flory; "Principles of Polymer Chemistry"; Cornell University Press, Ithaca, N. Y.
- 18) K. West; Second Shirley International Seminar, Manchester (1970)

Diskussion

Welzel: Sie haben gesagt, daß der textile Charakter der aus Heterofilfasern hergestellten Nadelvliese weitaus besser als der von konventionellen Produkten ist. Um einen guten Abrieb zu erreichen, muß man aber doch relativ hohe Mengen an Bindefasern zumischen. Wenn man nun aber hohe Mengen Bindefasern zumischt, dann bekommt man doch einen relativ harten Griff in der Oberfläche. Welcher Vorteil bietet sich nun gegenüber konventionellen, einseitig verfestigten Bodenbelägen, beispielsweise auch in Fliesenform und dergleichen, an.

Gilch: Bei Verwendung der Heterofilfasern brauchen Sie prinzipiell keinen Klebstoff. Sie haben hier immer noch eine Polyamidfaser vorliegen, die nicht modifiziert ist und alle Vorteile der Polyamidfaser zeigt. Normalerweise verstehe ich unter Bindefaser eine solche Faser, die vollständig aufschmilzt, das heißt nachher nicht mehr als Faser existent ist. Dadurch entstehen aber sogenannte Agglomerationsstrukturen, und man erhält dadurch keine genau definierten Bindepunkte. Kröma zum Beispiel weist ausdrücklich darauf hin, daß eben durch diese punktförmige Bindung der textile Charakter erhalten bleibt.

Welzel: Auf die Dimensionsstabilität sind Sie recht genau eingegangen, soweit es die Längenänderung betrifft. Wenn man aber solche Schichtanordnungen zur Verbesserung der Längendimensionsstabilität macht, dann bekommt man sehr gerne bei selbstkräuselnden Bifilarfäden Schüsseln oder Beulen. Wie steht es damit bei Cambrelle®.

Gilch: Diese Schüsselbildung können wir durchaus kontrollieren. Wir haben hier kein Problem.

Scriba: Es ist Ihnen ja bekannt, daß seit mehreren Jahren Nadelfilze aus Mischungen von Polyesterfasern und anderen auf dem Markt sind. Haben Sie bei Ihren Scheuertesten und anderen Untersuchungen bewußt keine Vergleiche zu solchen Nadelfilzen gemacht, oder war keine Möglichkeit dazu vorhanden?

Gilch: Wir haben sehr viele Produkte getestet, was ich Ihnen gezeigt habe, war nur eine Auswahl davon. Im Rahmen eines zeitlich begrenzten Vortrages läßt sich natürlich nicht alles zeigen, was gemacht wurde.

Scriba: Aber Sie haben Vergleichswerte vorliegen.

Gilch: Ich kann Ihnen im Augenblick keine Vergleichswerte geben. Wir haben sicher solche Werte vorliegen, aber ich habe sie nicht im Kopf.

Albrecht: Gerade der Nadelvliese Sektor ist so umfangreich geworden, daß es notwendig erscheint, von Fall zu Fall die Einsatzgebiete gegeneinander abzugrenzen. Es wird Gebiete geben, wo man eben vor allem mit Polypropylen aus Flächengründen, wo man mit Einlagegeweben und wo man unter Umständen eben auch mit Bindefasern arbeiten kann. Aber das Feld ist so weitläufig, daß es sehr schwierig ist, wenn man allein die verschiedenen Qualitäten ansieht, die auf dem Markt sind, das eine mit dem anderen zu vergleichen.

Anonymous: Wie bewährt sich Cambrelle® in der Praxis, beispielsweise in einem Restaurant, wo es Straßen gibt, die stark begangen werden, neben fast unbegangenen Stellen wie unter Tischen und Stühlen? Was können Sie zum Abriebverhalten sagen?

Gilch: Nach unseren bisherigen Erfahrungen ergibt das keine Probleme.

Anonymous: Ist es besser als bei gewebter Ware.

Gilch: Das ist eine Gewissensfrage.

Anonymous: Bei der gewebten Ware hat sich ja leider eine Straßenbildung gezeigt.

Gilch: Im Durchschnitt haben wir bessere Ergebnisse als bei gewebter Ware erzielt.

Albrecht: Im textilen Sektor bemerken wir grundsätzlich, daß die Weber hinter den Strickern mit der Stretch-Entwicklung herlaufen und die Stricker hinter den Webern mit der Formstabilität. Entwickelt sich jetzt im Nadelfilzfußbodenbelag eine selbe Entwicklung, das heißt, daß die Nadelfilz hinter dem Tuftingvelour herlaufen und die Tufter unter Umständen mit extrem niedriger strapazfähiger Florware hinter dem Nadelfilzfußbodenbelag? Wir haben gerade gesehen, daß Sie speziell versuchen, eine flauschige, weiche Qualität zu entwickeln. Ist das überhaupt die Aufgabe eines textilen Nadelfilzfußbodenbelages, oder wäre dieses Merkmal mit einem Flor, das heißt mit einer offenen Struktur, nicht besser zu erzielen? Es wäre auch möglich, daß die Summe von beiden das Vernünftigste ist, und nicht, daß jeder hinter dem anderen herläuft.

Gilch: Wie Sie schon gesagt haben, wird wahrscheinlich eine Kombination von Eigenschaften erstrebenswert sein. Wenn wir zu den typischen Nadelfilzvorteilen auch noch die Vorteile des Tuftings, wenigstens einen davon, erzielen könnten, so wäre das sicher sehr erstrebenswert.

Kratzsch: Sie haben so viele Vorzüge hervorgehoben, daß Sie mir schon die Frage gestatten müssen: Ist das alles umsonst, oder wieviel mehr kostet das ungefähr? Gerade auf dem Sektor, den Sie angehen wollen, sind die Preise ja nun nicht gerade erfreulich.

Gilch: Herr Kratzsch, Preisfragen sind immer mit sehr großer Vorsicht zu beantworten. Unsere Heterofilfasern werden mit einem Kern aus 6,6-Polyamid und einem Mantel aus 6-Polyamid hergestellt, also aus Polymeren, die auf dem Markt sind. Die Spinntechnik, ich habe versucht, dies einigermaßen zu zeigen, ist verständlicherweise etwas komplizierter. Der Entwicklungsaufwand war nicht gering. Daraus entwickelt sich ein Preis, der sicher sehr stark vom Markt abhängig ist. Ich bin überzeugt, daß bei einem großen Markt mit großem Absatz der Preis nicht sehr viel höher liegen wird als der unserer jetzigen Homofilfaser.

Kratzsch: Ich bedanke mich für diese Pressekonferenz-Antwort.

Albrecht: Mit diesem Referat wurden uns nun abschließend Fasern vorgestellt, die eine ganz neue Funktion übernehmen, die nicht nur zur Flächenbildung eingesetzt werden können, sondern durchaus andere neue Funktionen übernehmen werden. Es bleibt der Zukunft überlassen, ob sie sich aus Preis- oder anderen Gründen durchsetzen werden, da man ja auch gerade über diese Bindepunkttheorie sicher noch einiges sagen könnte.

Rückblick und Ausblick

Generaldirektor KR. Rudolf H. Seidl

Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts, Wien

Der Aufschwung, den die Chemiefasern gerade im letzten Jahrzehnt in der Textilwirtschaft genommen haben, zeigt sich in einer Weltproduktion von 8,4 Millionen Tonnen, das sind 40 Prozent des gesamten Welttextilfaserverbrauchs. Mit ihrem reichhaltigen Typenprogramm sind sie heute ein wichtiger Bestandteil der Textilindustrie, der auch die Konsumentengewohnheiten in einem früher nicht vorstellbarem Maße beeinflusst hat. Da es im Zuge der Entwicklung eines so notwendigen Produkts zeitweise zu Überproduktionen kommen kann – wie schon beim Weltchemiefaserkongress in München ebenfalls kurz erwähnt wurde –, besteht die Gewißheit, daß sich auch dieses problemreiche Thema in den nächsten Jahren durch Hineinwachsen des Verbrauchs in die Kapazitäten und durch eine vernünftige Kooperation lösen wird. Angesichts der weltumspannenden Exporttätigkeit der Chemiefaserindustrie muß bei den bestehenden Schwierigkeiten in der Weltwährungssituation alles getan werden, um die Stabilität zurückzugewinnen. Vor Experimenten, die nur zu weiteren Unsicherheiten führen, soll hier gewarnt sein.

Anlässlich dieser Jubiläumsveranstaltung wurde die Gründung einer Stiftung für hervorragende wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Chemiefaserforschung bekanntgegeben. Als erste Preisträger wurden die Herren Dipl.-Ing. Lass, Technische Hochschule Wien, und Dr. Zipper, Universität Graz, mit Preisen von 30.000 und 20.000 Schilling ausgezeichnet.

In der Grußbotschaft der Internationalen Chemiefaservereinigung in Paris baute der Generalsekretär des CIRFS, Herr Dr. Landsman, eine Brücke von den Beschlüssen des Chemiefaser-Weltkongresses im vergangenen Juni in München zu dieser mehr technisch orientierten Jubiläumstagung hier in Dornbirn. Dadurch wurde noch einmal unterstrichen, welche Bedeutung gerade die letzten Entwicklungen im Chemiefaserbereich für die gesamte Textilwirtschaft sowie für den Konsumenten besitzen.

Der Festvortrag, den Herr Professor Dr. Dirk W. von Krevelen, Vorsitzender des Vorstandes der AKZO-Research & Engineering N. V., Arnhem, hielt, bot einen beispielhaften Überblick über Ziele und Probleme der heutigen Chemiefaserforschung. Dabei ging er von den schon als Standardfasern anzusprechenden vier Sorten (Zellulose-, Polyamid-, Polyester- und Polyacrylfasern) aus und erläuterte an Beispielen, daß gerade die Chemiefasern dazu prädestiniert sind, in weitergehenden Modifikationen Einsatzgebiete zu erschließen, für die die Naturfasern bisher keine Voraussetzungen boten. Er zeigte jedoch klar die Grenzen auf, die durch technische und wirtschaftliche Verhältnisse gegeben sind. Wie diese neuentwickelten Modifikationen in die Polymerchemie, in die Faserherstellung und Faserverarbeitung sowie in die Fertigtextilien ausstrahlen, wurde an den Beispielen Enkatherm und Tenax deutlich sichtbar, aber auch die Bedeutung der speziellen Chemiefaserformen für die Garberei, wie das Konvertieren bzw. die verschiedenen Flächenbildungsverfahren. Daß Bekleidung leichter und einfacher in der Pflege sowie modischer ist, nimmt der Konsument inzwischen als Selbstverständlichkeit hin und erwartet noch weitere Fortschritte, die vielleicht – wie aus anderen Referaten erkennbar wurde – durch neue Techniken, die auf Chemiefasern aufbauen, geschaffen werden können.

„Polymerforschung in ihrer Auswirkung auf die Faserherstellung“ war der Beitrag von Professor Dr. Burkart Philipp, Leiter des Instituts für Faserstoff-Forschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Aufbauend auf den klassischen Methoden der Faserstoffchemie, zeigte der Redner auf, wie gerade Strukturuntersuchungen, die Einschaltung der Faserphysik und deren Hilfsmittel zu Ergebnissen führen können, die sich wiederum bei der Weiterentwicklung insbesondere von Rohstoffen und bei deren Verarbeitung nützlich für die Schaffung von „Fasern nach Maß“ auswirken.

Die Beiträge seitens der Chemiefaserforschung zur Verbesserung der Temperaturbeständigkeit von Materialien aus organischen Kunststoffen behandelte Herr Dr. Heinz Herlinger, Stuttgart, Leiter des Instituts für Chemiefasern innerhalb der Deutschen Forschungsinstitute für die Textilindustrie. Er zeigte anhand eindeutiger experimenteller Arbeiten die Zusammenhänge der Temperaturbeständigkeit und der Faserstruktur auf und führte die Zuhörer in die Werkstätte des Molekülchemikers. Die molekularen Abstände ebenso wie die Lage der Moleküle zueinander schreiben das Temperaturverhalten der organischen Substanzen vor. Anhand von Modellen konnten die Grenzen klar herausgearbeitet und Hinweise gegeben werden, wie die verschiedenen angestrebten Möglichkeiten realisiert werden können. Auch bei diesem Vortrag zeigte sich wieder, daß es im Textilbereich nicht möglich ist, einseitige Forderungen bedingungslos zu erfüllen, sondern daß Textilien einen Komplex von Eigenschaften erfüllen müssen, der für den Chemiefaserproduzenten Kompromisse in verschiedener Beziehung notwendig macht. In speziellen Fällen jedoch kann eine Eigenschaft, zum Beispiel die Temperaturbeständigkeit, so betont werden, daß man dadurch zwar optimale Werte erhält, andererseits aber manchmal für Gebrauchstextilien unerlässlich notwendige Fasereigenschaften unterdrückt.

In dem folgenden Referat beschäftigte sich Herr Dr. Béla von Falkai, Leiter der Faserforschung des Bayer-Werkes Dormagen, mit den Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von Polycarbonatfasern. Er beschrieb den Entwicklungsweg, den diese an sich sehr interessante Fasergruppe genommen hat. Dabei wurde sichtbar, wie wichtig es ist, daß die Rohstoffe leicht zugänglich und gut verarbeitbar sind. Wie die Probleme der Faserherstellung gelöst werden können, zeigte er kurz auf und ließ in der Diskussion offen, ob solche Fasern, die wegen ihres hohen Glasumwandlungspunktes eine gute Naß- und Trockenknitterfestigkeit gewährleisten, produziert werden sollen. Er führte unter anderem aus, daß eben bei den Faserstoffen stets der auch in mehreren Vorträgen erwähnte Kompromiß zwischen den Eigenschaften gesucht werden muß, nachdem gerade die Polycarbonatfasern die Frage aufwerfen, was heute wichtiger ist: ausgezeichnete Knitterresistenz oder leichte und damit preiswerte Färbbarkeit.

Die Chemiefasern sind es, die heute mit immer höheren Geschwindigkeiten hergestellt und verarbeitet werden müssen. Dadurch entstehen maschinentechnische Probleme, von denen eines, nämlich die Wechselwirkungen zwischen Fäden und Fadenleitorganen bei schnellaufenden Textilmaschinen von Dipl.-Phys. Hans Linz, Mitarbeiter in der Versuchsabteilung der Société de la Viscose Suisse, Emmenbrücke, behandelt wurde. Er wies nach, welche Einflußgrößen sich gerade bei der Bewegung von Fasern und Fäden über die verschiedenartigsten Verarbeitungselemente auswirken können, und versuchte den an sich bei der Berechnung von Produktionsmaschinen oft benützten Reibungswert „ μ “ in einzelne Größen zu zerlegen. Dabei wurden offensichtlich praktische Erfolge erzielt, ohne das Thema selbst endgültig lösen zu können. Seine Ausführungen machten aber auch sichtbar, daß die Möglichkeiten, die die Chemiefasern erschließen, verfahrenstechnisch erst dann realisiert werden können, wenn auf diesem abseitig erscheinenden Gebiet noch weitergehende Forschungsarbeiten unter Zuhilfenahme modernster Geräte durchgeführt werden.

Die Polyesterfasern sind die am universellsten einsetzbare Synthesefasergruppe. Umso selbstverständlicher erscheint es heute dem Chemiefaser- und dem Textilfachmann, daß diese Fasergruppe auch am weitestgehenden modifiziert wurde, womit gerade am besten zum Ausdruck kommt, was die Chemiefasern der zweiten Generation zu bieten vermögen. Herr Doktor Franz Jakob, Leiter der Gruppe Chemie der Faserforschung der Farbwerke Hoechst AG, setzte sich in seinem Vortrag „Polyesterfasern der zweiten Generation“ mit einem ganzen Katalog von Modifikationsmöglichkeiten auseinander. Da-

bei beschäftigte er sich mit tief-, basisch- und sauerfärbenden Fasern sowie mit der Produktion von pillingresistenten und hochschrumpfenden Typen. Die dabei gegebenen Hinweise ließen auch erkennen, welche Wege zum Beispiel zur Herstellung von antistatischen Fasern eingeschlagen werden müssen. Das Referat machte aber auch deutlich, was heute alles von den Fasern verlangt wird, und daß es nicht mehr möglich ist, mit einseitig orientierten Typen die Bedürfnisse eines weiten Marktes zu befriedigen. Sicher wird gerade dieses Referat noch manchem Zuhörer Anlaß geben, Lehren daraus zu ziehen. Polyesterfasern werden – gerade weil sie heute die universelle synthetische Bekleidungsfasern darstellen – den verschiedenartigsten Verarbeitungsbedingungen unterworfen. Der Färbung kommt besondere Bedeutung zu. Sie war Gegenstand eines Vortrags von Professor René Freytag, der sich an der Ecole Supérieure de Chimie de Mulhouse insbesondere mit der physikalischen Chemie der Textilveredlung beschäftigt. Er zeigte Wege auf, wie relativ einfache Untersuchungen Einblick in die Abhängigkeit des Färbeverhaltens von den Fadenspannungen während der Verarbeitung geben können. Daß sich dabei die Färbefahrer auch noch unterschiedlich verhalten, überrascht den Fachmann nicht, läßt ihn aber sicher nochmals prüfen, ob er immer die richtige Wahl der Färbetechnik bei der Herstellung bestimmter Artikel trifft.

„Vliesstoffe unter besonderer Berücksichtigung der Spunbondeds“ war das Thema von Dr. Ludwig Hartmann, Geschäftsführer der Lutravil-Spinnvlies GmbH., Kaiserslautern. Aufbauend auf den klassischen Non-Wovens, zeigte er, wie sich durch den Einsatz synthetischer Fasern, neuer Verfahrenstechnologien und angepaßter Hilfsstoffe neuartige Flächengebilde konstruieren lassen. Die vielen Details, die angegeben wurden, machten es deutlich, daß weltweit an diesem Thema gearbeitet wird. Die beschriebenen Artikel ließen schließlich erkennen, daß dieser moderne Weg zu Produkten führt, die nichts mehr mit den alten Wegwerfartikeln zu tun haben, deren Existenz heute schon selbstverständlich ist und nicht mehr bestritten wird.

Es lag nahe, auch noch die Frage der Erzeugung textiler Flächengebilde aus schnell und leicht herzustellenden Folien zu untersuchen. Dieser Aufgabe unterzog sich Dr. Jürenus Harms, Vorstandsdirektor der Chemiefaser Lenzing AG, in seinem Vortrag „Fäden und Fasern aus Folien“. Allein die lange Diskussion zeigte, welches Interesse dieses Gebiet bei den Zuhörern fand. Gerade die modernen Erkenntnisse der Polymerchemie in Verbindung mit neuartigen Maschinen gestatten es, Wege zu suchen und zu finden, um aus Folien faserartige Gebilde herzustellen, die dann wiederum unmittelbar oder auf dem Wege über Garne eingesetzt bzw. weiterverarbeitet werden.

Herr Dr. George Pamm, Research Manager bei Du Pont in Genf, behandelte in seinem Vortrag „Ein neues Garnkonzept – Acrylfasern in Weberei und Strickerei“ das Verfahren zur Erzeugung von Rotofil®. Er zeigte am Beispiel der Orlon®-Fasern bzw. von Mischungen aus Orlon® mit anderen Fasern auf, wie eben gerade die Chemiefasern sich für eine Verarbeitung zum Garn bei höchsten Leistungen eignen. Die Eigenschaften solcher Garne weichen deutlich von den Eigenschaften der konventionellen Ringspinngarne ab, wobei besonders die Deckkraft und das elegante Aussehen hervorzuheben sind. Für welche Garnarten und Feinheiten sich dieses äußerst leistungsstarke Verfahren bewähren wird, wird die Zukunft zeigen. Auf jeden Fall ist es für feine Garne von besonderem Interesse und dient dem Trend der Herstellung leichtgewichtiger voluminöser Textilien.

Das Pfropfen chemischer Substanzen auf bestimmte Grundfasertypen ist eine durchaus interessante Technik, an der weltweit gearbeitet wird. Professor Dr. Waichiro Tsuji vom Faserforschungsinstitut der Universität Kyoto, Japan, behandelte speziell das Pfropfen von Acrylsäure auf Polypropylenfasern und die damit erzielbaren Fasereigenschaften. Auf diesem Wege läßt sich das manchmal störende Verhalten der Polypropylenfasern bei Hitze verbessern. Auch die Feuchtigkeitsaufnahme und die Anfärbbarkeit der Fasern können auf diese Weise positiv beeinflußt werden.

Was die Chemiefasern für technische Einsatzgebiete bedeuten, ist selbst dem einfachsten Konsumenten klar, nachdem er täglich mit Autoreifen, Förderbändern, Sicherheitsgurten, Tragluftballons usw. umgeht. Umso dankenswerter war es, daß Herr Dr. Berthold H. Daimler, Leiter des Instituts für Technische Garne der Enka-Glanzstoff GmbH. in Wuppertal, sich

mit dem Einsatz von Chemiefasern in diesen Bereichen auseinandersetzte. Hier sind nicht nur interessante Zuwachsraten zu erwarten, sondern es wird auch die Modellierbarkeit der Chemiefasern besonders gut sichtbar.

Herr Dr. Ernst Heim, stellvertretendes Vorstandsmitglied der Deutschen Rhodioceta AG, Freiburg, behandelte das Thema „Bikomponente Filamentmischgarne – Möglichkeiten und Probleme (Heterogarne)“. Die Eigenschaften verschiedener textiler Rohstoffe, in einem Flächengebilde durch Mischen von Fasern zu optimieren, hat inzwischen auch im Endlosfaserbereich bedeutende Erfolge ermöglicht. Daß damit Probleme verbunden sind, zeigten diese Ausführungen klar; sie ließen aber auch deutlich werden, welche interessante Vorteile mit diesen Heterogarnen erzielt werden können.

Der Wunsch nach Kombination von Substanzeigenschaften innerhalb einer einzigen Faser führt logisch zu bikomponenten Fasern, wie sie von Dr. Heinz Gilch von der Forschungsabteilung der ICI (Deutschland) GmbH behandelt wurden. Diese Fasern besitzen praktische Bedeutung, nachdem sie zum Beispiel für die Herstellung von Vliesstoffen (d.h. von schwergewichtigen für Nadelfilzteppiche und leichtgewichtigen für Träger- und Bekleidungshilfsmittel) eingesetzt werden können. Die Verarbeitungstechnologien müssen selbstverständlich auf die spezifischen Fasereigenschaften eingestellt werden. Die von Dr. Gilch vorgestellten Fasertypen sind ein bedeutender Beitrag auf diesem Forschungszweig, der noch zu weiteren Entwicklungen führen wird.

Den Kreis der Vorträge schloß traditionsgemäß das wirtschaftspolitische Referat von Dr. Hans-Werner Staratzke, geschäftsführendes Präsidialmitglied des Gesamtverbandes der Textilindustrie in der Bundesrepublik Deutschland e.V., Frankfurt, mit dem Thema „Internationale Arbeitsteilung im Textilbereich und Zukunftsaussichten der EWG-Textilindustrie“ ab. Dem Vortrag kam besondere Bedeutung zu, nachdem gerade in den letzten Jahren von politischer Seite für Westeuropa verschiedene Vorschläge gemacht wurden, die zum Ziele hatten, die Textilindustrie in weniger technisierte Gebiete der Welt zu verlagern. Wie unsinnig und gefährlich derartige Überlegungen sein können, zeigte Dr. Staratzke in seinen Ausführungen auf und machte den Technikern deutlich, welche Aufgaben gerade für die Chemiefaser- und Textilindustrie sowie für den Textilmaschinenbau zu lösen sind. Für die Politiker machte er offensichtlich, daß eine so wichtige verbrauchsnahe Industrie mit ihrer enormen Produktionsentwicklung und ihrer hohen Kapitalintensität ihren festen Platz in einer hochentwickelten Industriegesellschaft haben müsse.

Die Ausführungen fanden große Beachtung, zumal sich viele der anwesenden Techniker diese zwar oft diskutierten, aber selten so deutlich herausgestellten Fragen selbst überlegt hatten.

Inzwischen wurden auch die Vorbereitungen für die 11. Internationale Chemiefasertagung, die 1972 voraussichtlich wieder im Juni in Dornbirn abgehalten wird, abgeschlossen. Besondere Umstände ermöglichen es, daß sich die Tagung mit speziellen Fragen, wie sie die Veredlung von Chemiefasern aufwirft, beschäftigen wird – ein Thema, das bisher in diesem Rahmen noch nie erörtert worden ist. Dabei wurde das Programm selbstverständlich mit den Veranstaltern des 9. IFTCC-Kongresses (der International Federation of Textile Chemists and Colorists) abgestimmt.

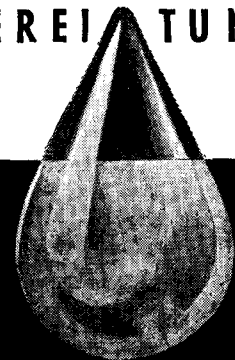
WASSERAUFBEREITUNG

FÜR KESSELSPEISUNG
INDUSTRIEBEDARF
TRINKZWECKE

DURCH FILTERUNG
ENTHÄRTUNG
ENTSALZUNG
ENTGASUNG
ENTÖLUNG

BÜHRING & BRUCKNER

WIEN IV., SCHELLEINGASSE 12



INSERENTENVERZEICHNIS

	Seite		Seite
Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG. D-6700 Ludwigshafen	64a	Wilhelm Neuber KG. 1061 Wien	151
Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG D-6700 Ludwigshafen	80a	Österreichische Chemische Werke Ges. m. b. H. 1151 Wien	151
Bühning & Bruckner 1040 Wien	153	Dr. Quehl & Co. GmbH. D-672 Speyer/Rh.	119
Chemiefaser Lenzing AG. A-4860 Lenzing	105	Konrad Rosenbauer KG. 4020 Linz	89
Chemiefaser Lenzing AG. A-4860 Lenzing	149	Maschinenfabrik Rüti AG. CH-8630 Rüti/ZH	154
Deutscher Spinnereimaschinenbau Ingolstadt D-807 Ingolstadt/Donau	96a	W. Schlafhorst & Co. Mönchengladbach	104a
Dipl.-Ing. Richard Fränzel KG. 5280 Braunau	96	SEMPERIT AG. 1041 Wien	134
Ing. R. Hiebel 1140 Wien	80	Simmering-Graz-Pauker AG. A-1071 Wien	128
W. Höhnel KG. A-4021 Linz	127	Chem. Fabrik Stockhausen & Cie. D-415 Krefeld	113
S. Hutter KG D-435 Recklinghausen	7	Robert Streit Wien – Amstetten – Linz	111
Lindemann KG D-4 Düsseldorf	9	Ing. Gottfried Tschamler 1191 Wien	29
LURGI GESELLSCHAFTEN D-6 Frankfurt (Main)	95		

*Wir laden nur jene Firmen ein, in dieser Hauszeitschrift zu inserieren,
die wir auf Grund jahrelanger Zusammenarbeit mit unserem Unternehmen unseren
Freunden und Lesern gewissenhaft weiterempfehlen können.*

DIE REDAKTION