

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.

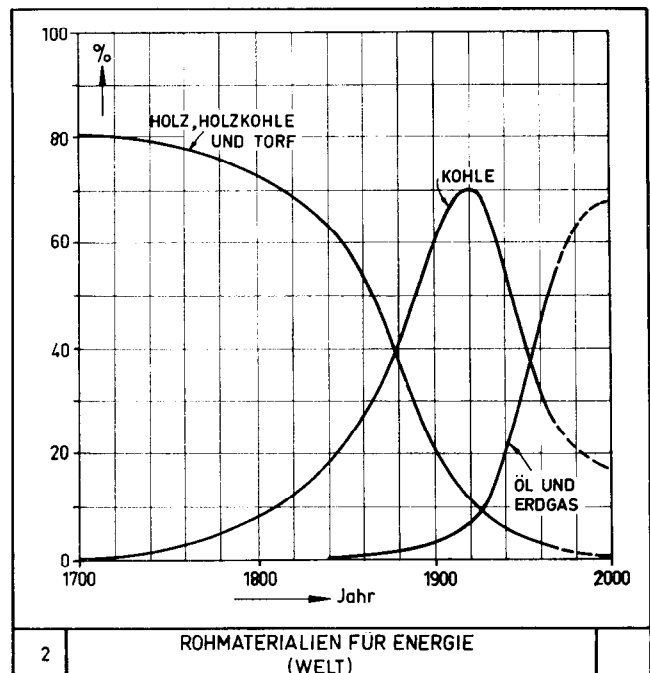
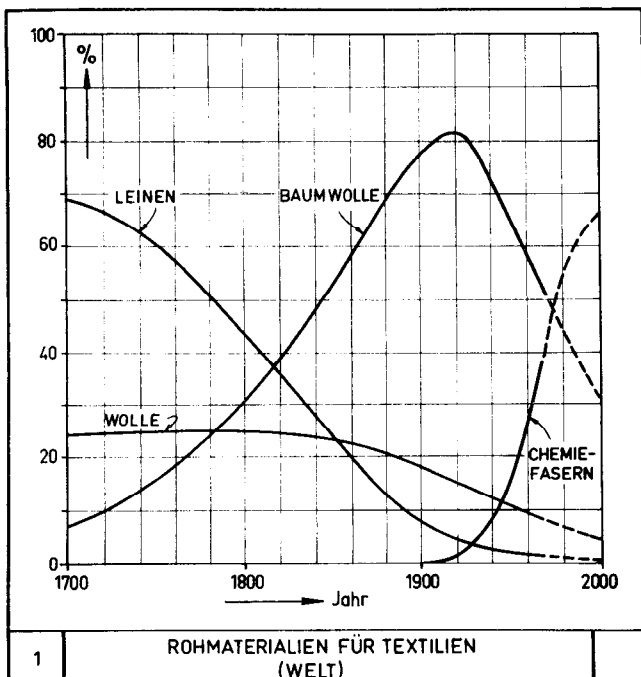
EINLEITUNG

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.

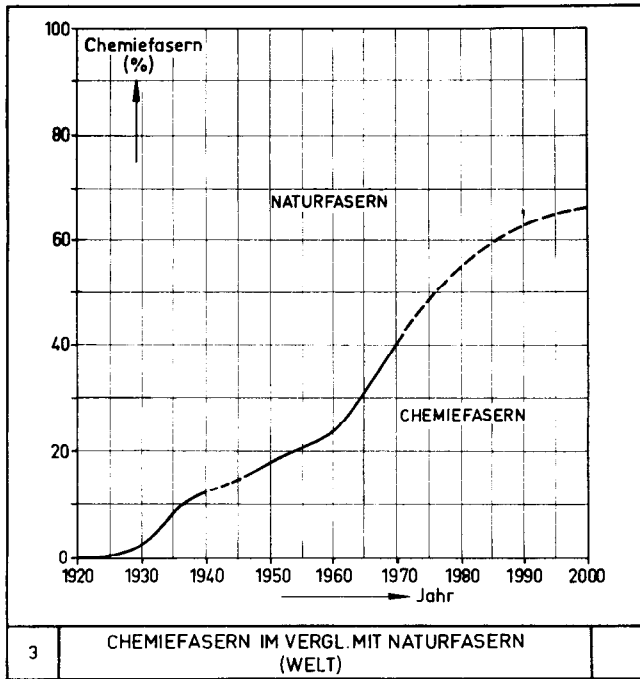


Abbildung 5 zeigt einen Vergleich von Endlosfasern und Stapelfasern. Im Gesamtfaserpaket nahmen die Endlosgarne allmählich zu: zuerst durch die Erscheinung des Rejons, dann durch die der synthetischen Fasern, und dies zusätzlich verstärkt durch die Entwicklung der texturierten Garne. Dennoch wird von 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.

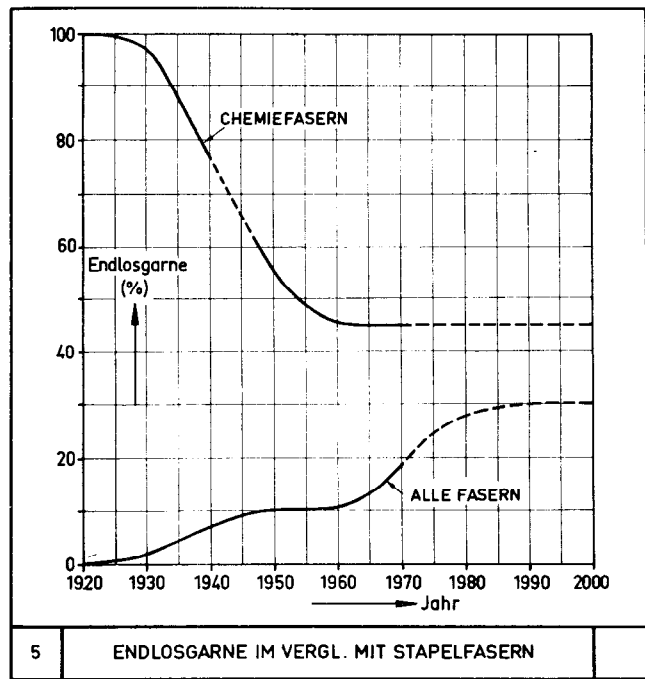


Abbildung 4 zeigt die große Bedeutung, die die vollsynthetischen Fasern unter den Chemiefasern erreicht haben. Schon jetzt haben sie die fünfzig Jahre älteren Chemiefasern auf Zellulosebasis überholt, und es läßt sich erwarten, daß am Ende dieses Jahrhunderts mehr als 80 Prozent der Chemiefasern vollsynthetisch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

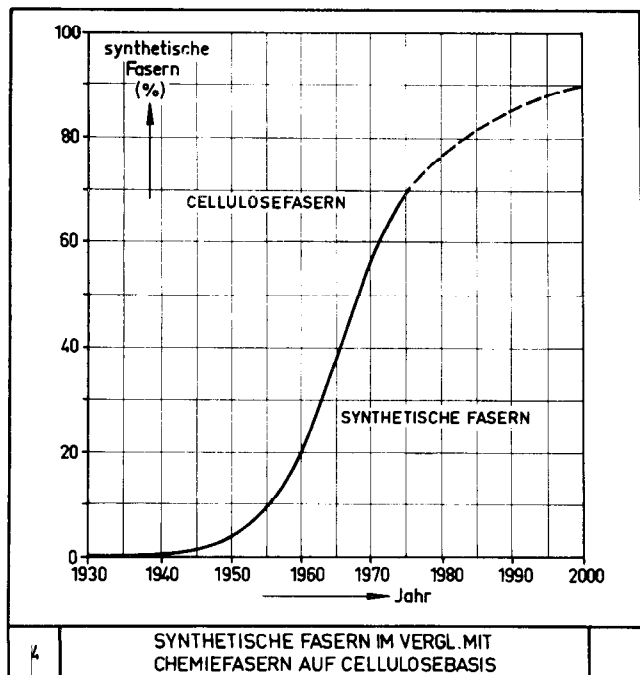
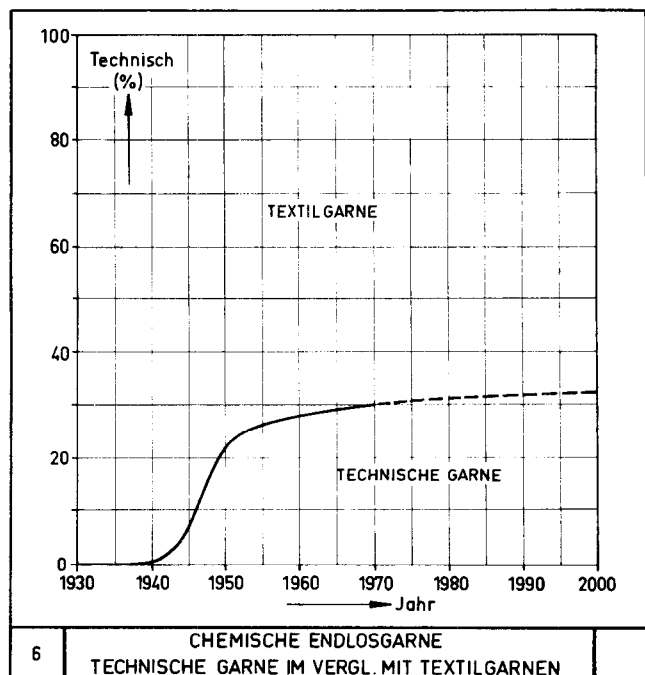
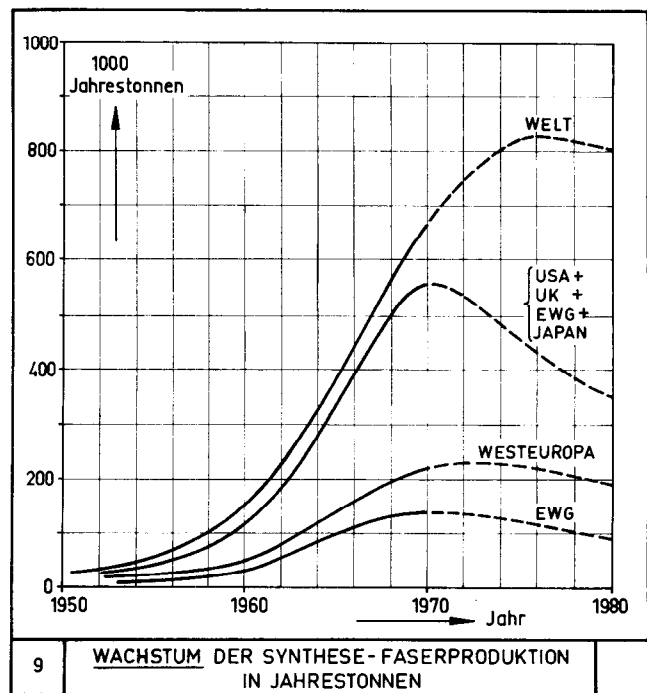
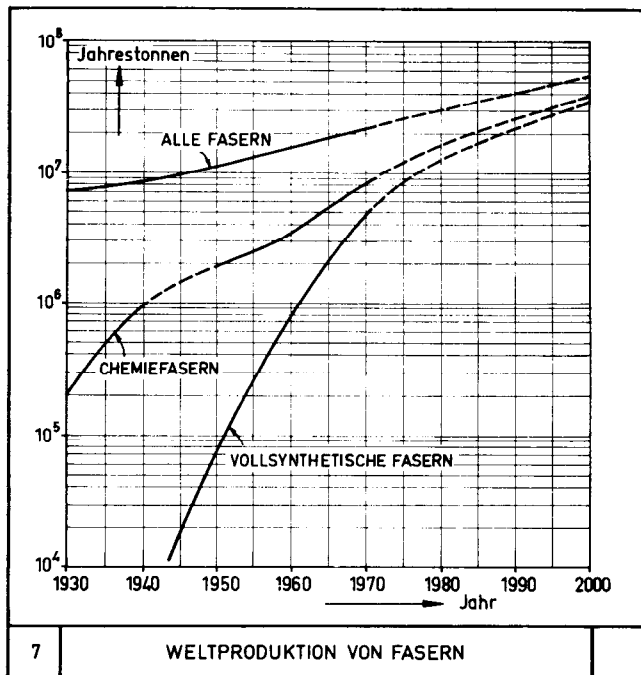


Abbildung 6 zeigt als Einsatzgebiet der chemischen Endlosgarne die Anwendung im industriellen Sektor, hauptsächlich bei Autoreifen, die im zweiten Weltkrieg schnell zunahm und heute bei etwa 30 Prozent liegt. Das Gesamtwachstum der Faserproduktion ist in Abbildung 7 in logarithmischem Maßstab wiedergegeben.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





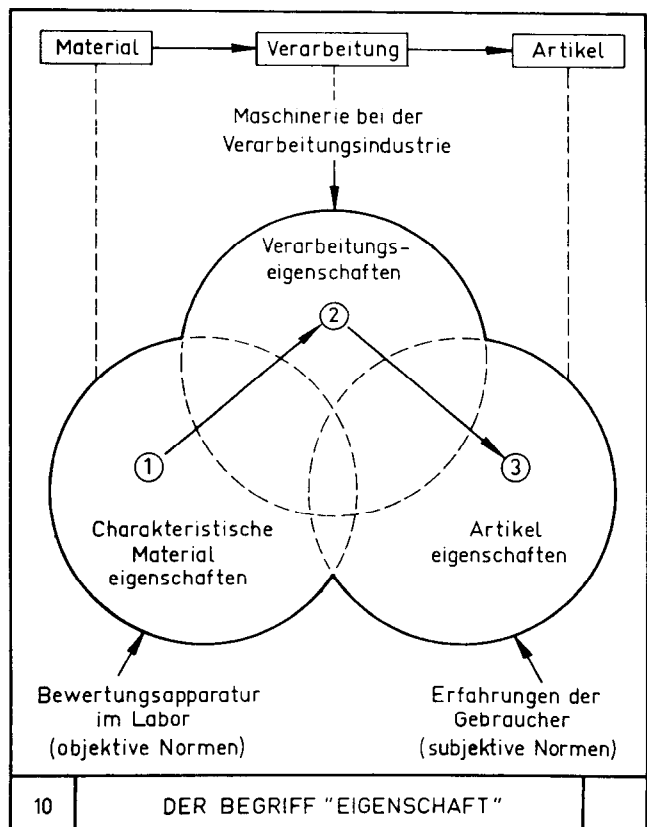
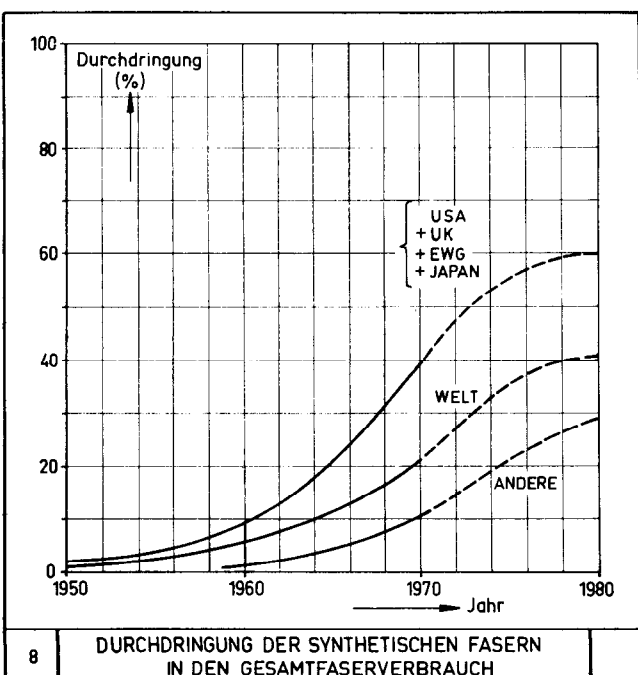
rend der Welttextilverbrauch sich in einem Jahrhundert etwas mehr als verzehnfacht hat, hat das Wachstum der synthetischen Fasern eine Verzehnfachung innerhalb von zehn Jahren erreicht. Es ist aber klar, daß ein Punkt erreicht haben, wo das Wachstum (in Tonnen pro Jahr gerechnet) wiederum abnimmt. Diese 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:

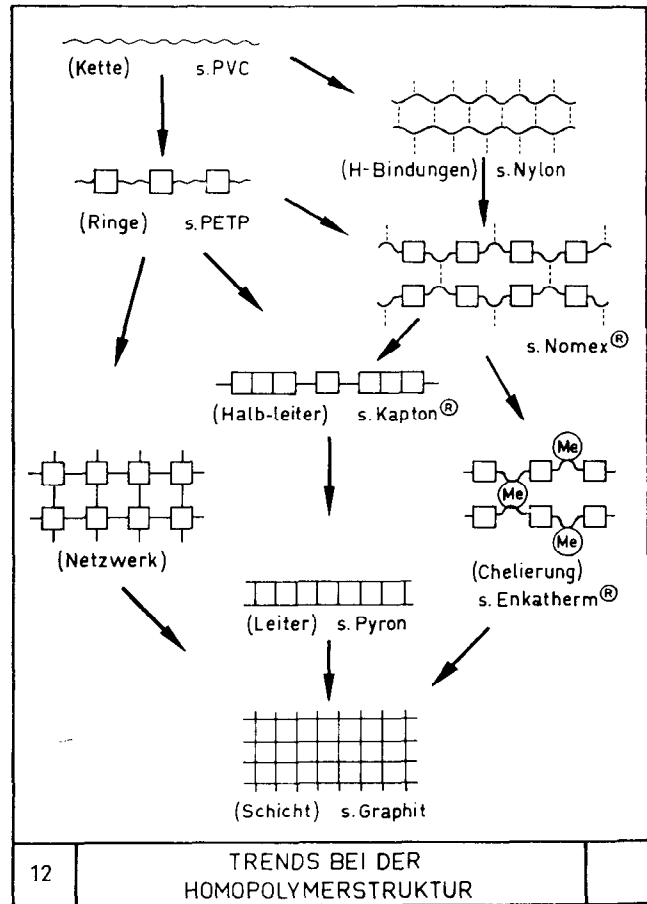
1. durch die Wahl neuer Homopolymeren,
2. durch die Entwicklung von Copolymeren und
3. durch die Entwicklung von Mehrkomponentensystemen (Polymermischungen, Bikomponentensystemen, „Composites“).

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

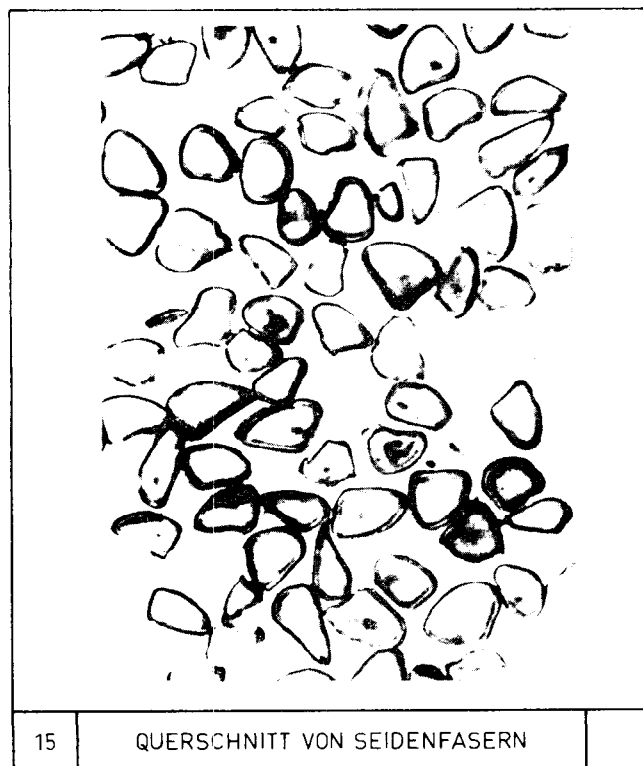
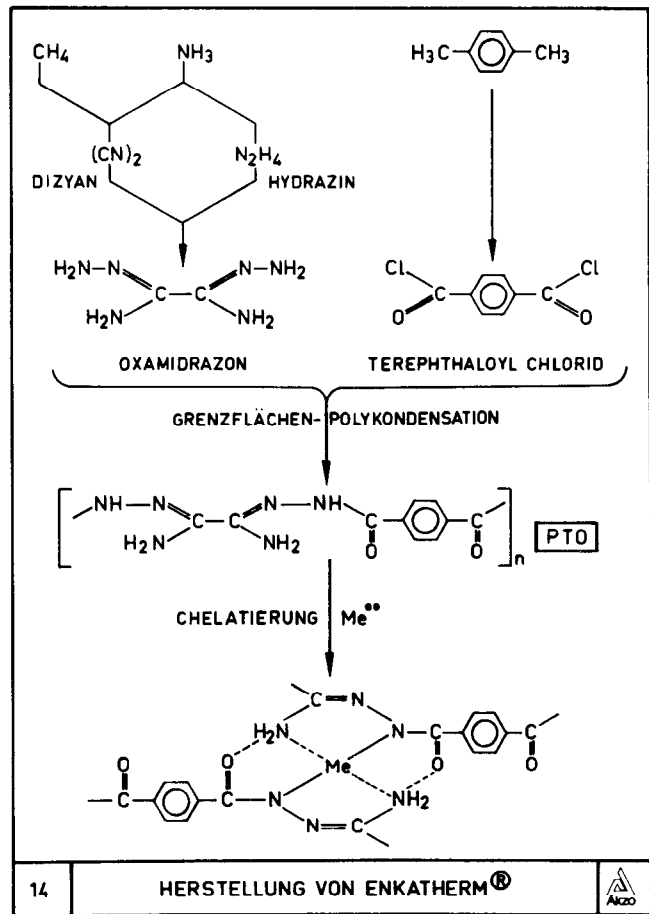
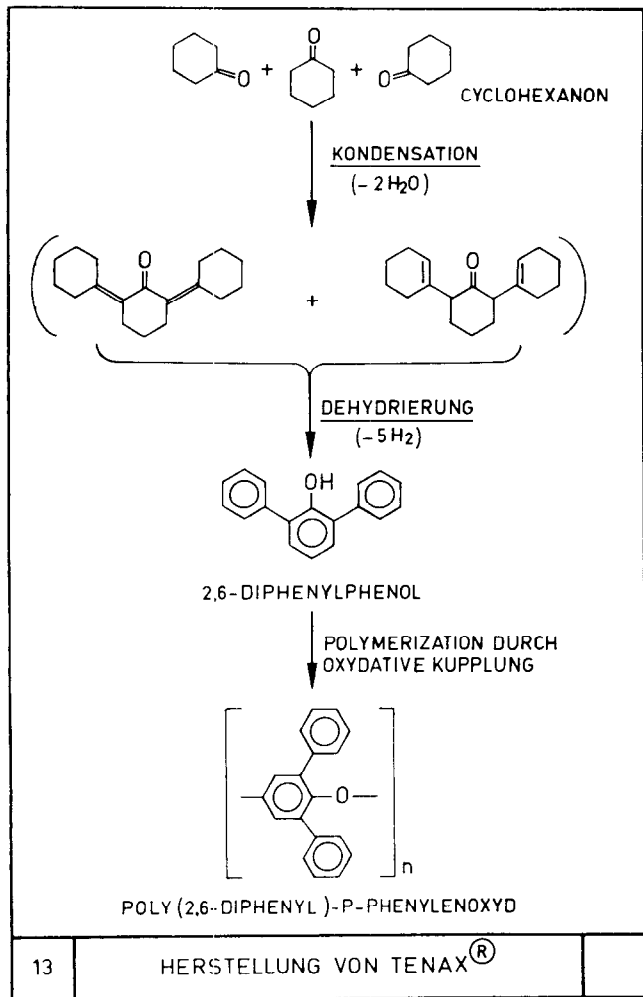
c) In diesem Rahmen möchte ich zwei neue Beispiele hier etwas näher behandeln; sie sind von den Akzo-Forschungslaboratorien in Holland und in Deutschland entwickelt worden.

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 $235^\circ C$, der kristalline Schmelzpunkt T_m liegt bei $480^\circ C$.

In Luft ist das Polymere bis zu Temperaturen von $175^\circ C$ 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	
Ⓐ starrere Hauptkette	{ mehr Ringe Halb-leiterprinzip }
Ⓑ stärkere intermolekulare Kräfte	
Konsequenzen:	
{ höhere Erweichungstemperatur höherer Modul bessere Hitzebeständigkeit niedrigere Flammbarkeit }	
II COPOLYMERE	
Ⓐ statistisch	Ⓒ Block-
Ⓑ alternierend	Ⓓ Pfropf-
Konsequenzen:	
{ bessere mechanische Eigenschaften bessere Anfärbbarkeit besseres statisches Verhalten bessere Flammfestigkeit }	
III POLYMERMISCHUNGEN (Legierungen)	
Ⓐ statistisch	Ⓒ Kern-Haut
Ⓑ konjugiert	Ⓓ multifibrillar
Konsequenzen: siehe II	

11 TRENDS IM POLYMERAUFBAU



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.

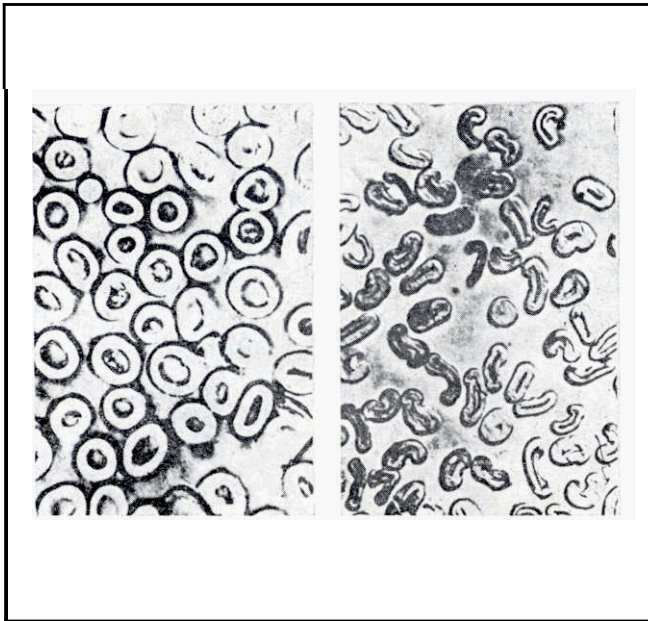
In unseren Laboratorien wurde entdeckt, daß der gleiche Effekt durch Pseudo-Zyklisierung in Form von Chelatierung viel eleganter erreicht wird. Soweit mir bekannt, ist dies das erste Chelatpolymere, das (unter dem Namen Enkatherm®) in kommerzieller Entwicklung ist.

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.

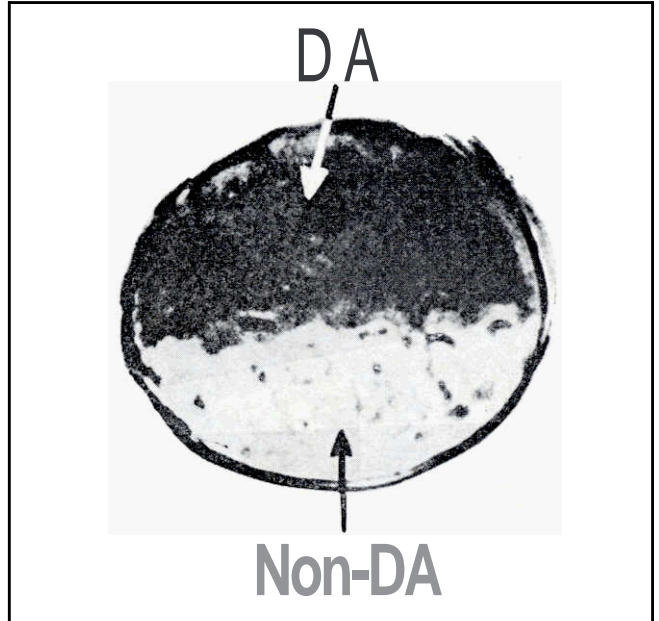
Die Mischbarkeit von PTO in Alkali mit Viskose gibt die Möglichkeit, durch Zusatz von ca. 40% dieses Polymeren Rayonfasern herzustellen, die nach Chelatierung flammfest sind.

HINZUGEFÜGTE EIGENSCHAFTEN

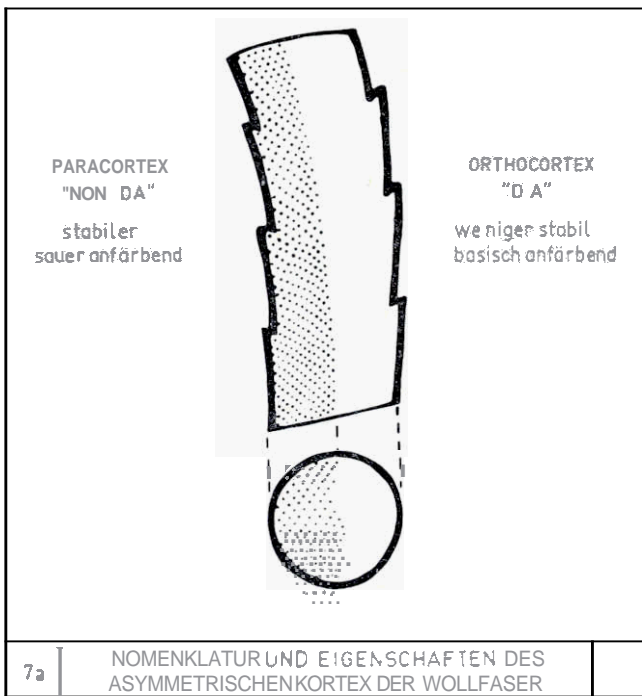
Durch Formgebung und Nachbearbeitung kann man der Faser sehr viele zusätzliche Eigenschaften verleihen.



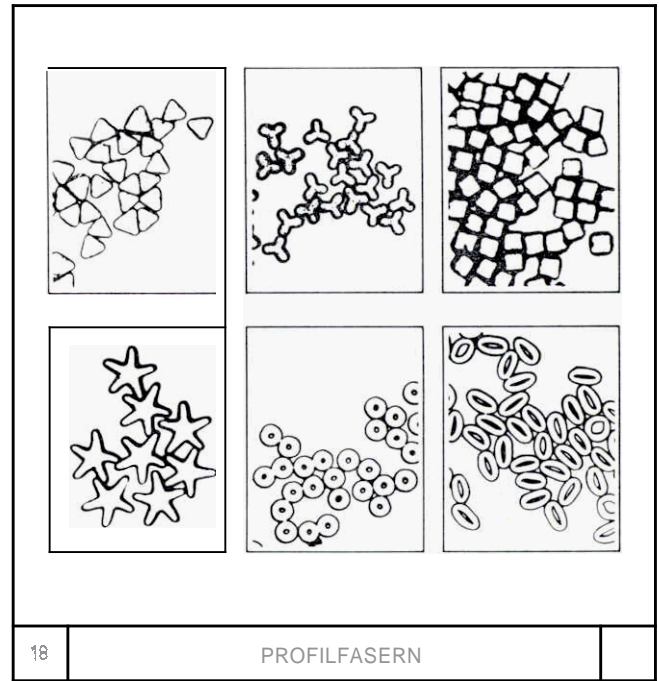
16 | QUERSCHNITT VON BAUMWOLLFASERN



17 | DIFFERENZIELL GEFÄRBTEN QUERSCHNITT EINER WOLLFASER



7a | NOMENKLATUR UND EIGENSCHAFTEN DES ASYMMETRISCHEN KORTICES DER WOLLFASER



18 | PROFILFASERN

a) Modifizierter Querschnitt

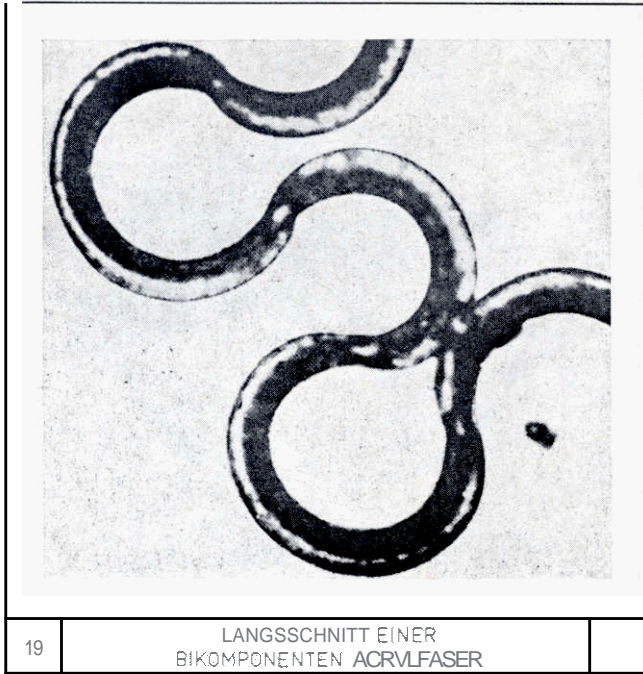
im Prinzip haben die meisten gesponnenen Fasern einen runden Querschnitt. Die Natur gibt uns hier schöne Beispiele von Formgebung. Seide ist eine Faser mit dreieckigem äusseren Querschnitt (Abb. 15). Baumwolle ist eine Hohifaser (Abb. 16) und Wolle ist eine Bikomponentenfaser (Abb. 17), deren Komponenten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

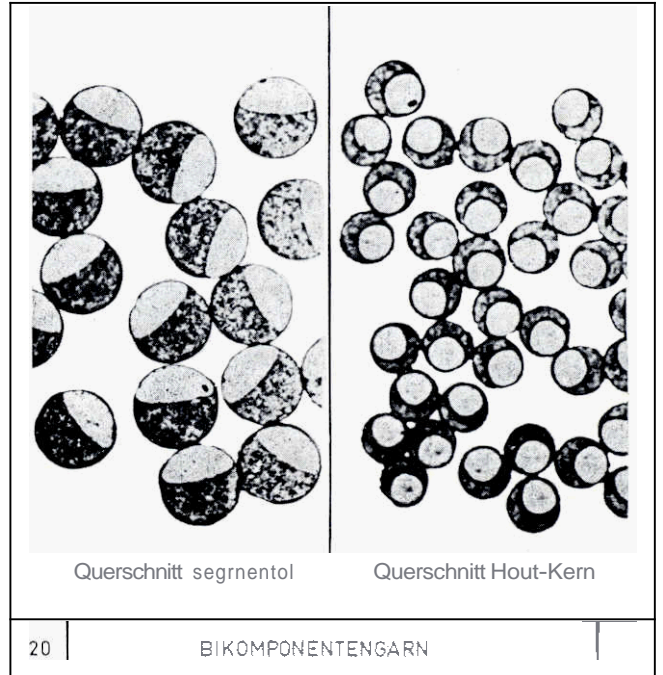
Die synthetischen Fasern lassen sich durch ihren thermoplastischen Charakter in einer bestimmten Form fixieren, das heißt, sie können „texturiert“ werden. Diese Bearbeitung kann mechanisch oder pneumatisch durchgeführt werden; viele Verfahren sind inzwischen bekannt. Die Textur kann als zweidimensionale (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

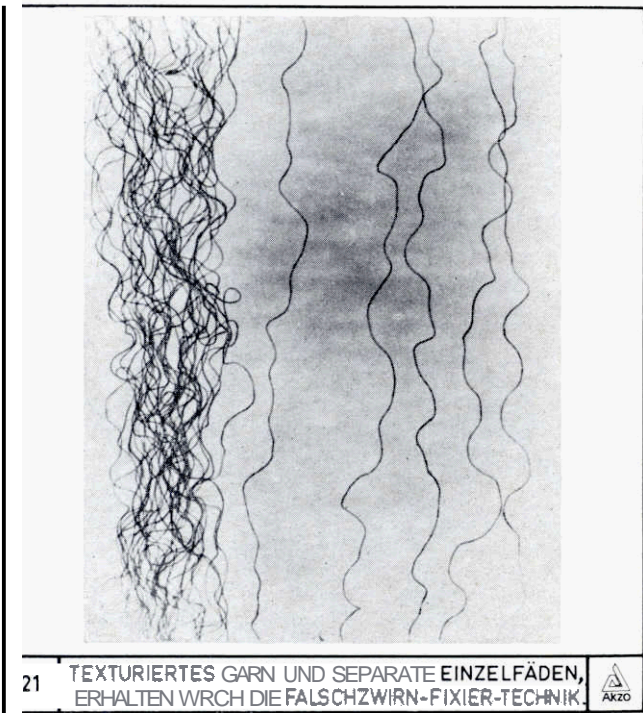


20

Querschnitt segmental

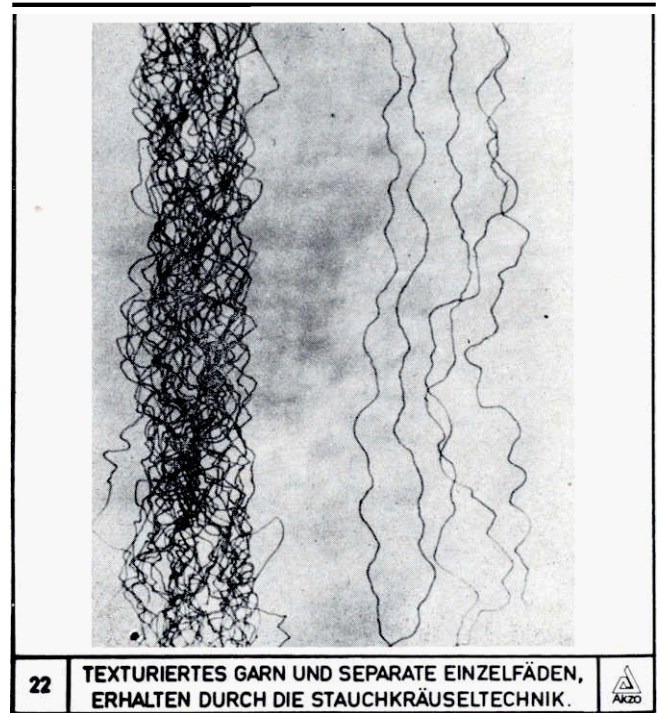
Querschnitt Holz-Kern

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.

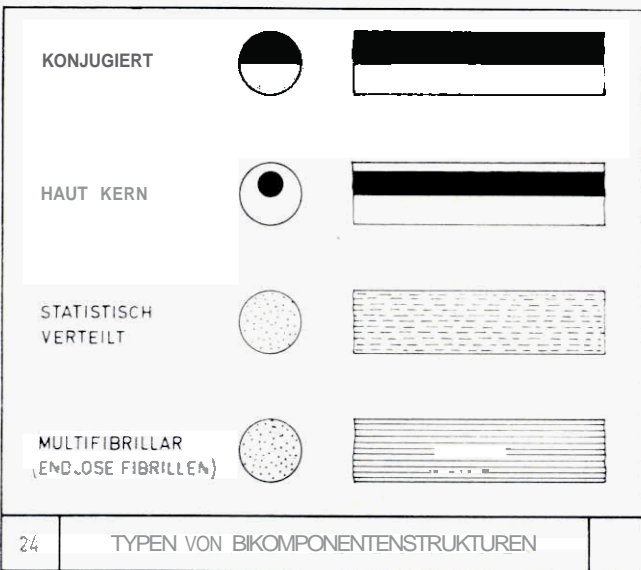
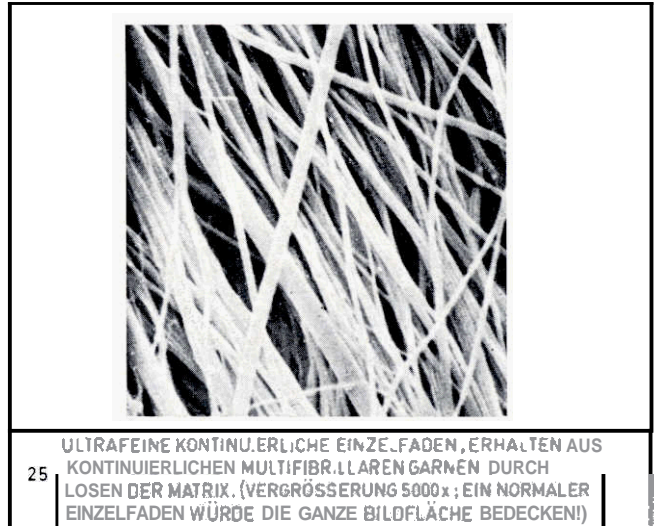
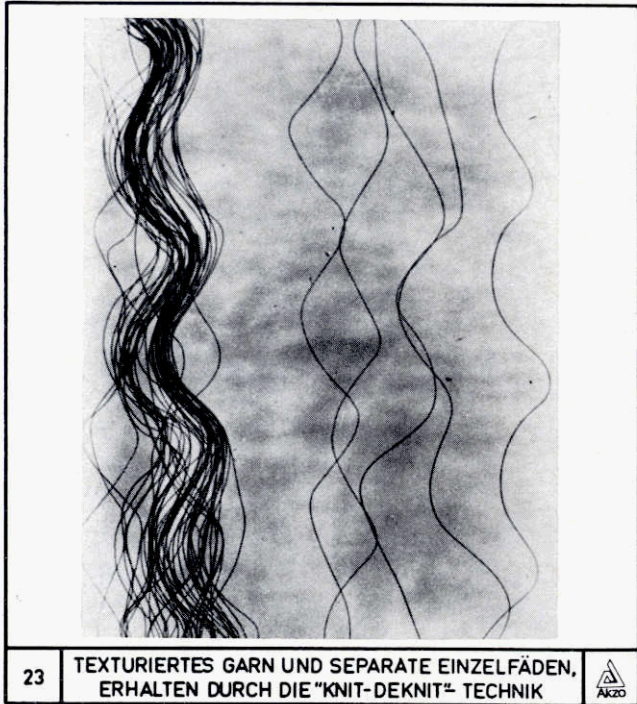
Die erste sogenannte „bi-constituent“ Faser war Source® von Allied Chemical 170% Polyamid/30% Polyester), entwickelt für Reifengarne und später als Teppichgarn eingesetzt. Es ist ein System von „randomly dispersed“ (statistisch verteilten) Fibrillen. Bei Akzo ist eine Technik entwickelt worden, um Fasern 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 Spinn- und Texturieren, 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 sauren (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. Schickkleidung 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 Chemiefaserektor 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 „Hochtemperatur-feste 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 Vortrags 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 Dekorsektor 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 Dekorsektor, 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 chelatieren. Genauso wie in der Färberei kann man auch Tücher mit Metallionen nachbehandeln und auf diese Weise chelatieren.

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.