

# Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten von Polycarbonatfasern

Dr. Bela von Falkai

Farbenfabriken Bayer AG., Werk Dormagen, BRD

Durch Umsetzung von Kohlensäurederivaten mit verschiedenenartigen 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 Gewebeausrüstung 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.

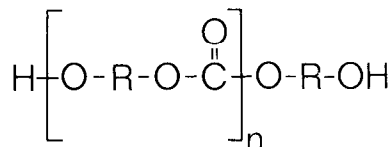


Abb. 1

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 Jahrhundertwende<sup>1</sup> erstmals aus Hydrochinon und Resorcin dargestellt, zeigten jedoch keine interessanten Eigenschaften.

S c h n e l l und Mitarbeiter<sup>2</sup> 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

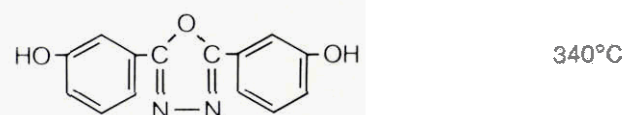
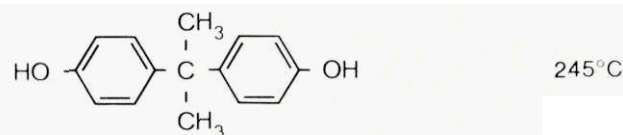
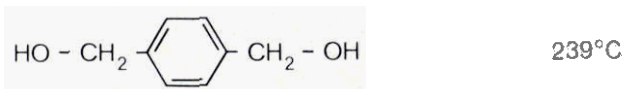


Abb. 2

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.

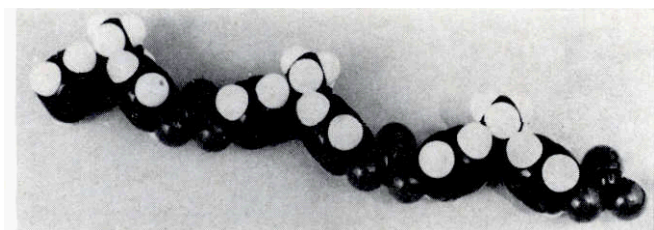
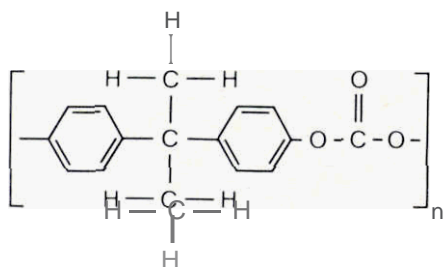


Abb. 3

Aus dem Kalottenmodell ist  $\searrow$  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  $\Delta H$  und der Entropieänderung  $\Delta S$  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 USA<sup>1</sup> und aus Japan<sup>2</sup>, 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  $\searrow$  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<sup>3</sup>.

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. Diese parakristalline 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

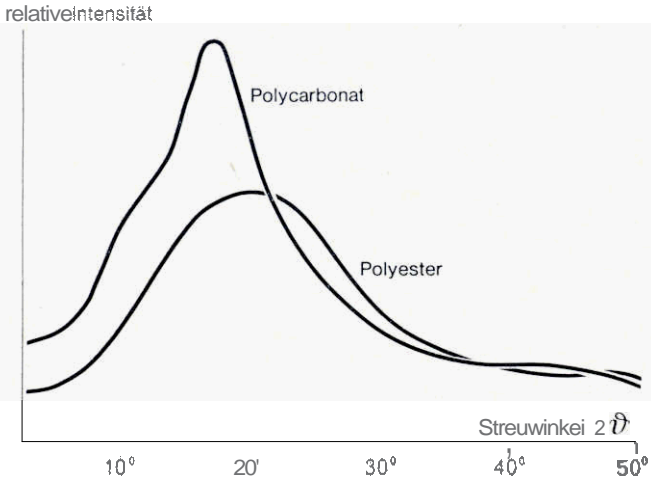


Abb. 4

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.

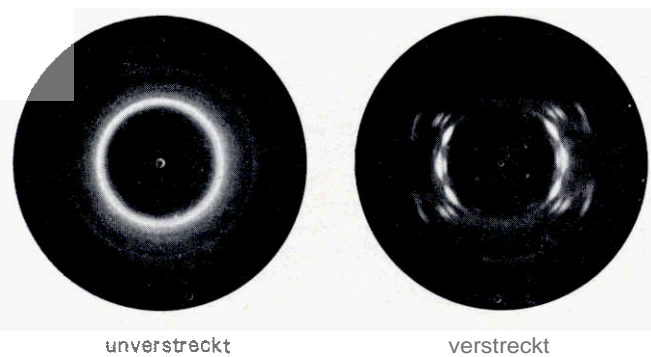


Abb. 5

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/mm<sup>2</sup>.

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 werden<sup>9, 9</sup>. Die Elementarzelle ist monoklin. Die nächste Abbildung zeigt die Gitterzelle mit den Abmessungen und ihre Projektion in die Basisfläche (Abb. 6).

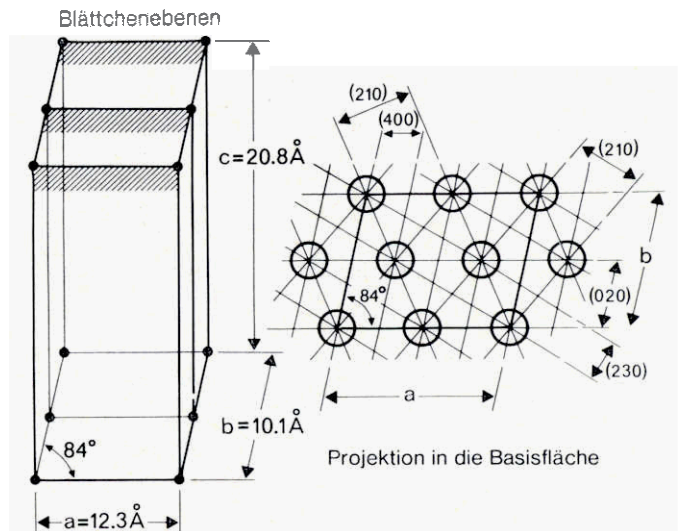


Abb. 6

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

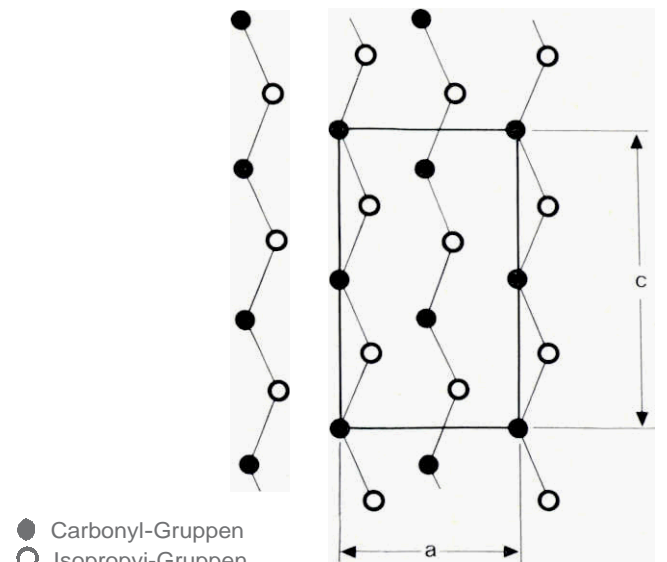


Abb. 7

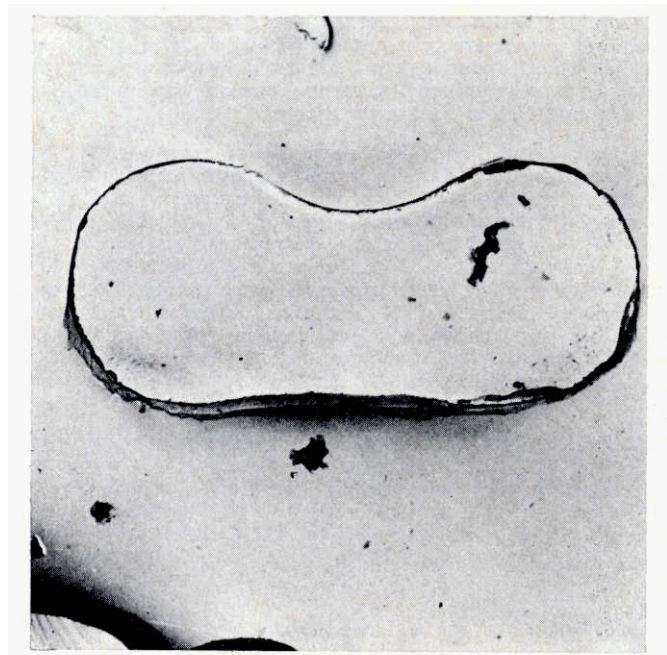
auf. Diese ist auf die seitlich **herausstehenden**, sperrigen Iso-propyigruppen zurückzuführen und **als** Ursache für die vorher dargelegte notwendige Strukturauflösung bei der mit Kristallisation verbundenen Verstreckung anzusehen.

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).



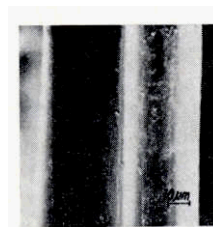
10µm

Abb. 8

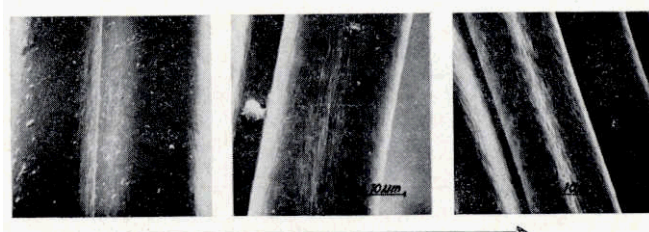
Die Faseroberfläche im unverstreckten Zustand ist strukturlos. Mit zunehmendem Streckverhältnis bildet sich eine charakte- ristische Grobfibrillierung in Richtung Faserachse aus, eine morphologische Folge von aneinander abgleitenden Fibrillen- bündeln im Faserkörper. Dies wird in der folgenden Abbildung 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 <sup>2</sup>
1% D., 100° C	350–400 kp/mm <sup>2</sup>
1% D., 150° C	260–280 kp/mm <sup>2</sup>
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).

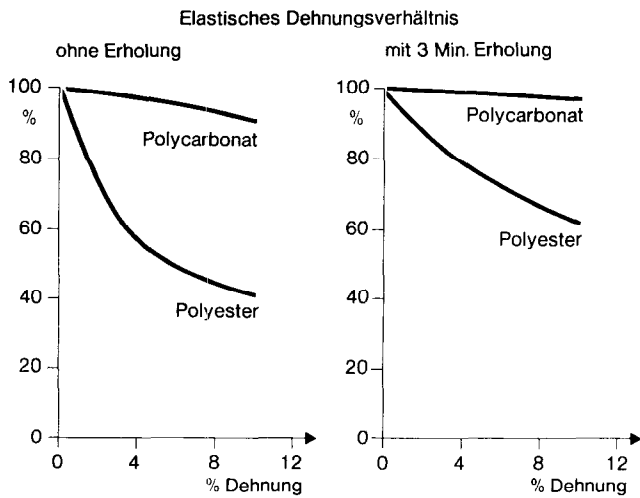


Abb. 10

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 Sommer<sup>10</sup> sowie Beste und Hoffmann<sup>11</sup> 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).

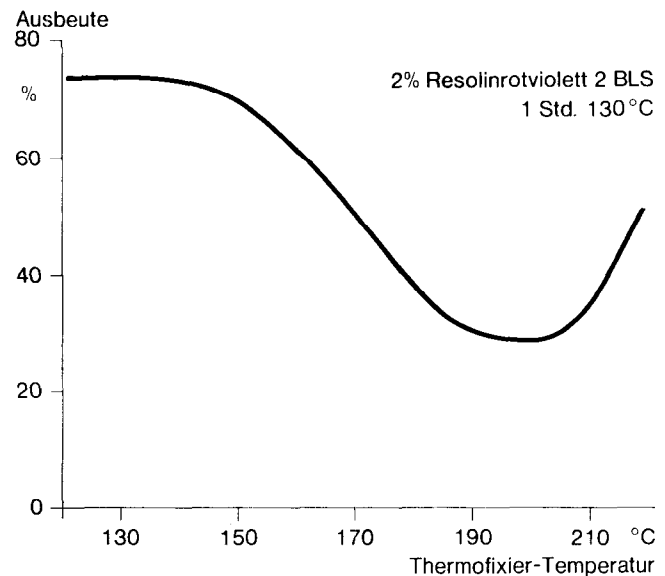


Abb. 11

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, verreckte 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

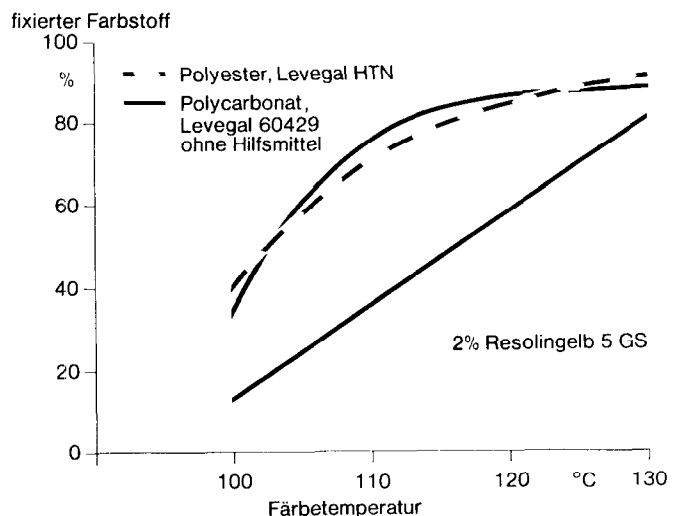


Abb. 12

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 <sub>2</sub>	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			
Wasche	Hochveredelung				Hochveredelung			
	ohne	A	8	C	ohne	A	8	C
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
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	9,2	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.