

LENZINGER BERICHTE

Vorträge, gehalten auf der 15. Internationalen Chemiefasertagung vom 22. bis 24. September 1976 in Dornbirn, sowie die im Anschluß daran geführten Diskussionen (Teil II)

Seite

Neue Spinntechnologien Professor Dr. Peter R. Lord, Raleigh, USA	5
Chemiefaserlegierungen: Das Füllhorn des Forschers Dr. P. C. Limburg Dr. Ing. S. J. van der Meer	16
Eigenschaften von Polymermischungen und ihr möglicher Einsatz zur Faserherstellung Professor Dr. Heinz Herlinger, Dr. Peter Hirt, Dr. Werner Koch, Dipl.-Chem. Hans-Peter Schaufler, Stuttgart	24
Beitrag zur Kenntnis der Art und Verteilung von Oligomeren in Polyesterfasern Paul Kassenbeck und Dr. Horst Marfels	34
Das Knitern von thermoplastischen Textilstoffen bei der Wäsche — eine Deutung auf Grund der physikalischen Eigenschaften der Stoffe Ruth Boughey, E. E. Clulow und Dr. J. D. Owen, Manchester	46
Neue Möglichkeiten für die Herstellung von Textilien auf der Basis von modifizierten Nonwovens für baumwoll- und seidenartige Artikel Dipl.-Ing. Helmut Jezek, Prag	55
Wasserdruckbeständige Gewebe mit guter Wasserdampfdurchlässigkeit Dr. J. R. Holker und Dr. G. Lund	66
Inwieweit ist der Charakter der OE-Rotorspinngarne systembedingt? Dr.-Ing. Liberto Coll-Tortosa, Aachen	74
Zusammengesetzte Garne — ihre Eigenschaften und Einsatzgebiete sowie Methoden der Herstellung Frank E. Campagna und A. Paul Shawhney, Hopedal, USA	85
Eigenschaften einer bikomponenten Faser aus segmentiertem Polyurethan und Nylon 6 R. A. Dunbar, W. J. Nunning und D. H. Martin, Pensacola, USA	96
Die während der Torsionstexturierung bei Verwendung einer Kontaktheizung erfolgende Wärmeübertragung Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. h. c. Walther Wegener und Dr.-Ing. Liberto Coll-Tortosa, Aachen	104
Die Oxyäthylierung von Terephthalsäure — ein aussichtsreicher Weg zur Herstellung von Polyäthylenterephthalat (Teil II) Professor Dr. A. Tschegolja, Dipl.-Ing. Gennadi Michailow und Dr. Wladimir Malych, Kalinin, UdSSR	112

	Seite
Arachne — eine Übersicht über die Entwicklung und den derzeitigen Stand der Technologie Dipl.-Ing. Helmut Jezek, Prag	122
Schwerentflammbare Viskosefasern aus Lenzing Dr. Friedrich Gotschy, Lenzing	131
Neue Strukturuntersuchungen an Cellulosefasern unter Verwendung von Methoden der Molekularcharakterisierung, der Infrarotspektroskopie und der Röntgendiffraktion Dozent Dr. Hans Krässig, Lenzing	141
Inserentenverzeichnis	152

Neue Spinntechnologien

Prof. Dr. Peter R. Lord
 School of Textiles, North Carolina State University,
 Raleigh, N. C.

Dieser Vortrag behandelt die geschichtliche Entwicklung des Spinnens und zeigt, daß neue Prozesse verschiedenartige Produkte erzeugen, die vom Verbraucher im Anfang nur widerstrebend angenommen werden.

Als Hauptpunkt wird betont, daß die drallgebenden Maschinenteile in ihrer Größe verkleinert oder sogar eliminiert werden können. Die Notwendigkeit eines kontinuierlichen Prozesses, der Materialtransport inbegriffen, sowie seine Automation, wird beleuchtet.

Die heute vor sich gehende zweite Stapelfaserrevolution umfaßt das OE-Spinnen, das Self-twist-Spinnen, das Klebespinnverfahren sowie auch zusammengesetzte Spinn-systeme. Jedes dieser Systeme hat seine eigenen Vor- und Nachteile, wodurch sich wahrscheinlich der Spinnmaschinenmarkt in verschiedene Untergruppen aufteilen wird, und nur eines oder zwei dieser neuen Spinn-systeme wird pro Untergruppe eingesetzt werden können. Zuerst muß entschieden werden, welches Produkt benötigt wird, und dann muß der anzuwendende Maschinentyp gewählt werden, denn es ist nicht anzunehmen, daß sich die Garnherstellung auf ein bestehendes, festes Spinn-system einstellen wird.

The paper reviews the historical aspects of spinning and points out that new processes produce products which, at first are only accepted by the user with reluctance. The fundamental importance of reducing the size or eliminating the twisting element is emphasized. The need for a continuous operation with the material handling parts of the process being automated is also brought out.

The current second staple-yarn revolution includes such processes as OE-spinning, self-twist, twistless and composite systems. Each has its difficulties and advantages with the result that it is highly likely that the market for yarn-machinery will fragment into areas served by only one or two of the new systems. It will be necessary to first determine the product required and then decide on the type of machinery to be used. No longer will it be tacitly implied that the yarn manufacturing system is fixed.

Einführung

Ein erster Schritt zur Vorhersage von Zukunftsentwicklungen ist das gründliche Studium der relevanten Vergangenheit. Dabei können die Lehren, die uns die Geschichte erteilt, durchaus dazu beitragen, die Genauigkeit unserer Vorhersage zu erhöhen. Diesem Vortrag wird deshalb eine historische Analyse der Garnherstellung vorangestellt, bevor einige neue Spinnverfahren, die gegenwärtig in die industrielle Praxis Eingang finden, näher untersucht werden.

1. Die industrielle Revolution durch Mechanisierung

Vor der Entwicklung industrieller Systeme wurden Textilien mit viel Handarbeit in sehr kleinen Partien hergestellt. Mit Ausnahme von Naturseide wurden alle anderen Garne aus Stapelfasern gesponnen, wobei diesen eine Drehung erteilt wurde, um den notwendigen

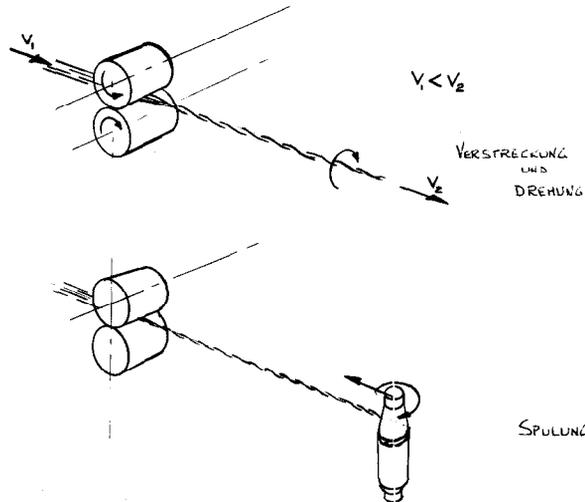


Abb. 1: Selfaktor

Faserzusammenhalt zu gewährleisten. Die ersten Versuche im Mittelalter, eine Spinnmaschine zu bauen, waren eigentlich nur eine Mechanisierung des schon lange bekannten Handspinnens.

Das erste davon abweichende System war der im 19. Jahrhundert entwickelte *Selfaktor*. Das Garn wurde im partiell gedrehten Zustand verzogen (Abb. 1) und in einem getrennten Bewegungsablauf auf den Spinnkops aufgewickelt. Da der Selfaktorprozeß langsam und diskontinuierlich verlief, war die Produktion dieser Maschine sehr begrenzt. Es war jedoch damit möglich, Garne von hoher Qualität und Feinheit herzustellen. Es ist erwähnenswert, daß der Selfaktor am Ende dieser Entwicklungsstufe, obwohl schon stark automatisiert, später trotzdem von der heute bekannten Ringspinnmaschine überholt wurde. Man muß einfach akzeptieren, daß jede Entwicklung einmal ein Optimum erreicht, und daß man danach grundsätzlich andere technologische Wege gehen muß.

An der *Ringspinnmaschine* bewegt sich ein Läufer auf

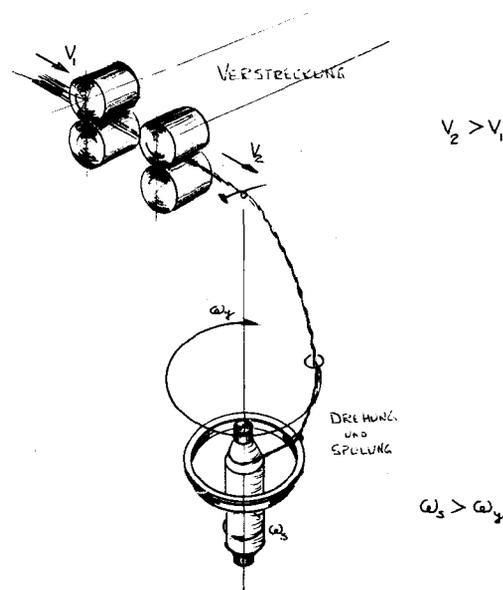


Abb. 2: Ringspinnmaschine

dem konzentrisch zur Spindel angebrachten Ring. Der Läufer wird vom Faden, der einen Ballon bildet, nachgezogen und eilt in seiner Bahn der Drehung des auf der Spindel befindlichen Garnkörpers nach. So wird das Garn kontinuierlich auf den Spinnkops aufgewunden. Der Verzugsvorgang ist bei dieser Technologie völlig getrennt (Abb. 2).

Am Anfang wurden die Ringspinnarne sehr skeptisch betrachtet, weil man annahm, daß sie qualitativ schlechter wären als die Selfaktorgarne. Auch war es nicht möglich, sehr feine Garne herzustellen. Als jedoch die technischen Schwierigkeiten überwunden waren, zeigten sich die wirtschaftlichen Vorteile, und die ursprünglich als „neu“ geltenden Ringgarne wurden das kommerziell akzeptierte Standardprodukt.

Es ist daher wichtig zu erkennen, daß eine neue Maschine selten ein Endprodukt haben wird, das seinen Vorgänger austauschbar ersetzt. Bei Neuentwicklungen wird anfangs der neue Charakter des erhaltenen Produkts selten anstandslos akzeptiert.

Das Ende einer Entwicklung wird eher durch ökonomische als durch technische Gründe verursacht. Es ist deshalb unwahrscheinlich, daß weitere technologische Fortschritte an der Ringspinnmaschine es verhindern können, daß diese nicht doch eines Tages durch verschiedene neue Spinntechnologien überholt werden wird.

Die schwerwiegendsten Nachteile der Ringspinnmaschine sind:

- Zur Drallgebung muß die Spule rotieren (was die Produktion begrenzt).
- Die Spule muß relativ klein sein (was zu einem größeren Aufwand bei der Materialhandhabung führt, z. B. beim Abziehen, beim Umspulen usw.).

Das grundsätzliche Problem bezüglich dieser Nachteile ist die nicht zu erreichende Trennung der Drehungserteilung von der Aufwicklung. Für einen echten Fortschritt in der Spinntechnologie ist aber die Trennung zwischen Drehungserteilung und Aufwicklung wesentlich.

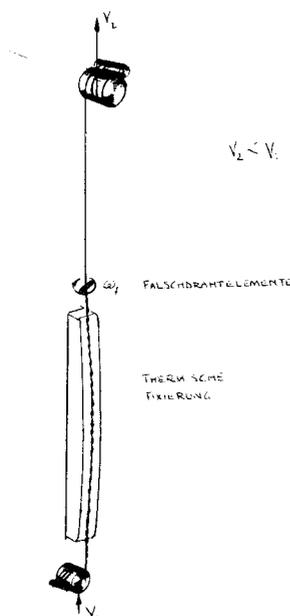


Abb. 3: Falschdralltexturierung

2. Die industrielle Revolution auf chemischem Gebiet

Nach der frühen Entwicklung der zellulosischen Filamentgarne wurden im 20. Jahrhundert die sehr festen Polyamid- und Polyestergarne entwickelt. Es wurde schnell erkannt, daß diese Garne texturiert werden mußten, um ihnen die erwünschten textilen Eigenschaften zu geben. Dies beschleunigte die Entwicklung geeigneter Texturierverfahren.

Ursprünglich wurde diskontinuierlich gedreht, fixiert und aufgedreht, aber bald wurden kontinuierliche Systeme entwickelt (Abb. 3).

In den letzten 20 Jahren hat sich die Falschdralltexturierung in großem Maße durchgesetzt. Die Kombination von Friktionsdrallgebung mit Strecktexturierung ermöglichte es (Abb. 4), die dankbar höchste Produktion mit dieser Technologie zu erreichen. Es fällt auf, daß bei modernen Texturiermaschinen die Konstruktion der Spulaggregate sehr wenig von den Texturierelementen abhängt; die Engpässe bei diesem Prozeß liegen vielmehr in der Konstruktion der Falschdrall- und Heizelemente.

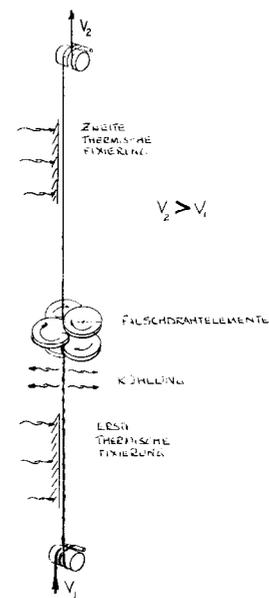


Abb. 4: Friktionsfalschdrallstrecktexturierung

Die ersten großen Erwartungen, die man in die texturierten Garne setzte, führten in vielen Fällen zu einem Einsatz in ungeeigneten Endartikeln. Die Erfahrung zeigte, daß vor allem zwei Hauptprobleme nicht adäquat gelöst werden konnten:

- die Qualitätskontrolle bezüglich des Auftretens von Streifigkeit sowie
- die Zieherbildung auf den Flächengebilden.

Diese Probleme ließen den Wunsch nach den Spinnfasergarnen wieder laut werden. Auch hat die Furcht der Spinnmaschinenbauer, daß sie ihren Markt verlieren könnten, diese zu der Entwicklung neuer Faser-spinn-systeme veranlaßt. Glücklicherweise expandiert der Markt immer noch (Abb. 5 a), und der Bedarf an Spinnfasergarnen bleibt relativ stabil (Abb. 5 b).

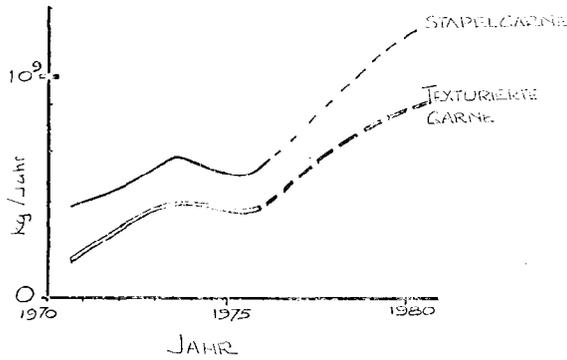


Abb. 5 a: Der US-Polyestergarnverbrauch

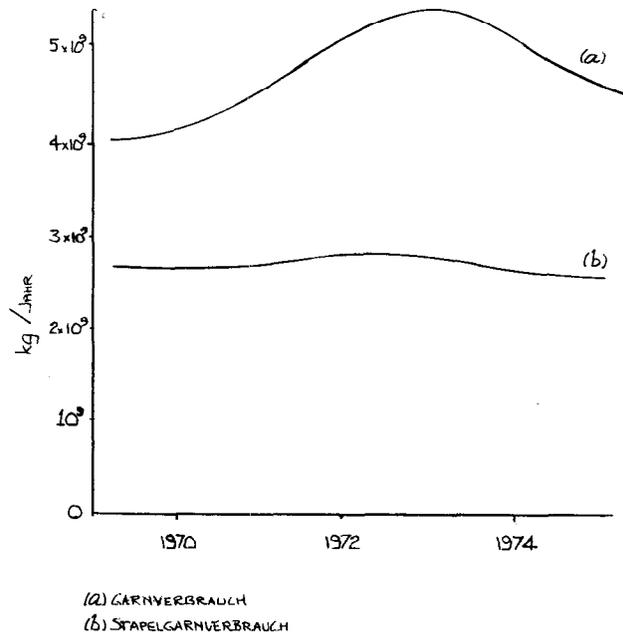


Abb. 5 b: Der US-Garnverbrauch

3. Die zweite Revolution der Spinnfasergarne

Es wurde gezeigt, daß es wichtig ist, die Fadenaufwicklung vom Prozeß der Fadenbildung zu trennen. Dafür gibt es verschiedene Methoden. Die heute bekanntesten sind:

- ein offenes Fadenende vorzusehen, an dem die Drehung erteilt werden kann (Abb. 6 a),
- eine wechselnde Drallrichtung anzuwenden (Abb. 6 b) oder
- die Drehung durch eine Klebemethode zu ersetzen (Abb. 6 c).

Die erste Methode wird „Offen-End (OE)-Spinnen“, die zweite „Self-Twist (ST)-Spinnen“ und die dritte „Twistless (TL)-Spinnen“ genannt. Das OE-Rotorspinnen basiert auf der ersten der oben erwähnten Methoden. In der Kurzfaserspinnerei für mittlere und grobe Garne ist heute das OE-Rotorspinnen auf dem besten Weg akzeptiert zu werden (siehe Anhang 1), obwohl die Rotorgarne von vielen Leuten noch skeptisch betrachtet werden.

Beim Verspinnen von Baumwolle ergibt sich das Problem, daß sich Unreinheiten im Rotor ansammeln.

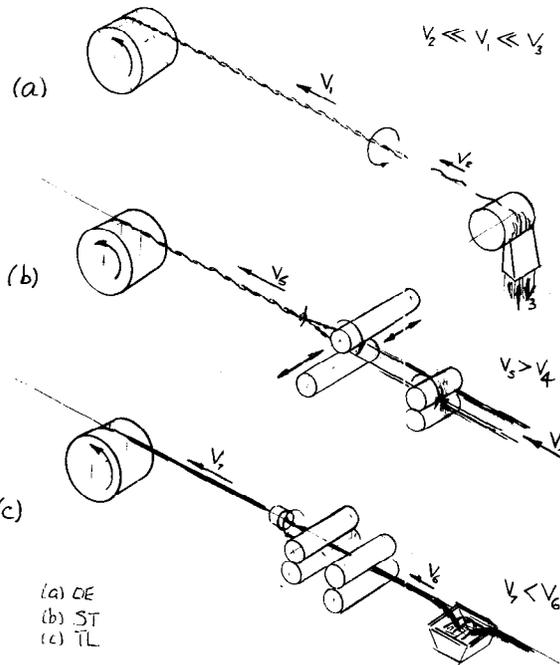


Abb. 6: Die neuen Stapelspinnverfahren

Dies verlangt, daß die Lunte besser vorbereitet wird, was eine weitere Entwicklung in der Faseröffnung und in der Karderie erfordert. Auch bei synthetischen Fasern gibt es ein Ablagerungsproblem: im Rotor, es ist jedoch viel kleiner als bei Baumwolle. Auch gibt es Verschleißprobleme im Rotor und an anderen Maschinenteilen, wenn sie mit den schnell bewegten Fasern in Berührung kommen.

Die Notwendigkeit, den Rotor periodisch zu reinigen, läßt die Automatisierung erwägen, besonders dann, wenn dieses häufige Reinigen und das Verhindern von Fadenbrüchen zu einem qualitativ hochwertigeren Garn führt. Ein solches System kann die Standzeit bei Fadenbruch erheblich verkürzen und dadurch den Wirkungsgrad der Maschine verbessern. Die Kosten für diese Einrichtungen sind allerdings hoch, sodaß sie sich nur dann lohnen, wenn sie weitgehend optimiert sind. Wenn man zum Beispiel ein „Pctrouille-System“ in Betracht zieht (siehe Anhang 2), dann zeigt sich,

- daß, je höher die Investition für die Einrichtung ist, desto größer die durch das System kontrollierte Zahl der Rotoren sein muß, und
- daß dasselbe auch gilt, je niedriger der pro Rotor erwirtschaftete Gewinn ist.

Mit anderen Worten: Die automatische Fadenbruchbehebung ist eigentlich uninteressant, wenn der erwirtschaftete Gewinn pro Rotor sehr klein ist. Jedoch kann die Aufrechterhaltung einer guten und gleichmäßigen Garnqualität durch das automatische und regelmäßige Reinigen des Rotors durchaus die Spinnmarge erheblich verbessern.

Das OE-Rotorspinnen wird mit größer werdender Garnnummer wirtschaftlicher und interessanter, beispielsweise ab Ne 24. Ebenso wird auch die Automatisierung mit größer werdender Garnnummer attraktiver.

Eine inadäquate Steigerung der Investitionskosten für die Automatisierung könnte allerdings das eigene Grab

werden, wenn sie einmal mit erfolgversprechenderen Alternativen der Spinnfasergarnherstellung verglichen wird (wie dies die Geschichte im Falle des Selfaktors gezeigt hat).

Die Geschichte wiederholt sich jedoch nie genau in allen Punkten, und es ist durchaus möglich, daß — wenn erst die Maschinenhersteller ihre hohen Entwicklungskosten wieder hereingebracht haben — schließlich der Wettbewerb die Maschinenpreise in die Knie zwingt, sodaß der spinnbare Garnnummernbereich wirtschaftlich wesentlich erweitert wird. Das sowie steigende Lohnkosten können eine größere Verbreitung der automatisierten OE-Rotorspinnssysteme ermöglichen.

Bei mittleren Faserlängen müssen größere, bei kurzen Fasern können kleinere Rotoren eingesetzt werden. Je kleiner der Rotor, desto schneller kann er betrieben werden, desto höher ist auch seine Produktion. Somit ist es logisch, daß die Entwicklung von OE-Systemen eine Herabsetzung der Rotorgröße oder — im Idealfall — ein rotorloses Aggregat anstreben sollte, und zwar dadurch, daß das den Rotor ersetzende Element einem Drallorgan in einer Texturiermaschine entspricht.

Heute werden bereits zwei rotorlose OE-Spinnverfahren auf dem Markt angeboten: das *Luftwirbel-* und das *DREF-System*.

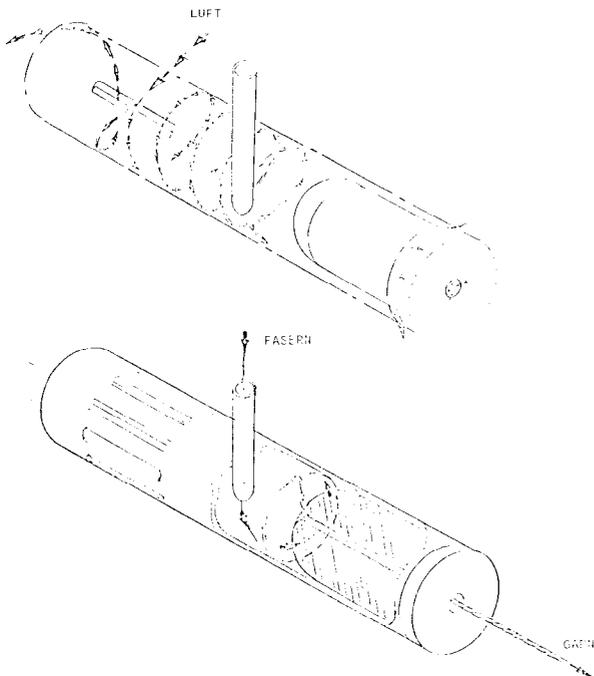


Abb. 7: Luftspinnverfahren

Ein rotierender Luftwirbel in einem Rohr kann das offene Garnende ebenfalls zur Rotation bringen und es veranlassen, kontinuierlich anfliegende Fasern einzubinden (Abb. 7). Der Luftwirbel kann größenordnungsmäßig mit 10^5 U/min rotieren, ohne daß komplizierte mechanische Teile erforderlich wären; die Drallgebung ist allerdings nicht exakt kontrollierbar, und die Verspinnung von Baumwolle dürfte ebenso schwierig sein.

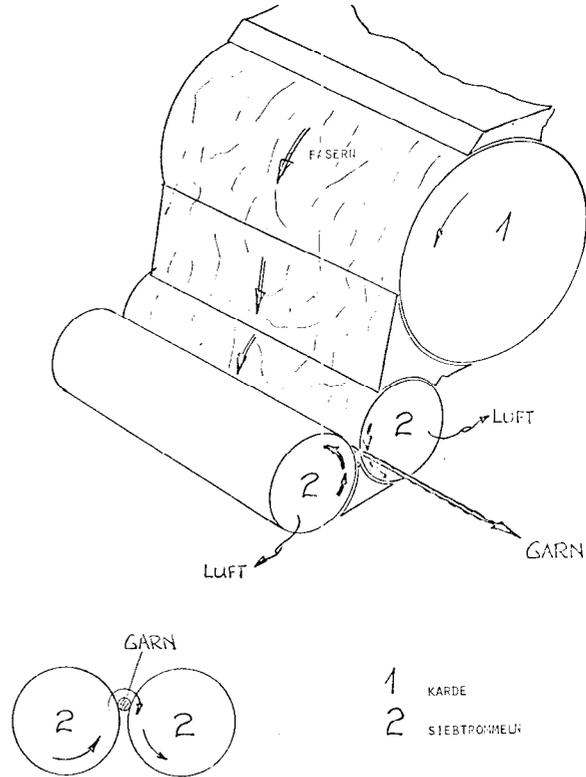


Abb. 8: DREF-System

Beim DREF-System (Abb. 8) werden die Fasern von einem Kardierelement abgegeben und sammeln sich im Zwickel von zwei Siebtrommeln, wo sie direkt zu einem Garn „gerollt“ werden. Auch dieses Verfahren kann sehr hohe Produktionsgeschwindigkeiten erreichen.

Es sind auch Verfahren in Entwicklung, wo die Drehung einem Faserbändchen erteilt wird, das tangential von einem Kondenser abgezogen wird.

Allen diesen neuen Verfahren ist gemeinsam, daß sich die Garnstrukturen sowohl von Ringgarnen als auch von Rotorgarnen sehr stark unterscheiden. Deshalb ist es notwendig, diese Garne in Flächengebilden zu beurteilen, bevor irgendeine Entscheidung über ihren Einsatz getroffen werden kann. Die Geschichte lehrt uns, daß eine solche Beurteilung ein Jahrzehnt und mehr in Anspruch nehmen kann.

Der Erfolg von OE-Spinnssystemen hängt vom Potential der konkurrierenden Garnbildungssysteme ab. Somit ist es notwendig, noch weitere Alternativen in die Betrachtung einzubeziehen.

Eine dieser Alternativen ist das „Self-Twist“ (ST) System, in dem zwei oder mehrere Faserbändchen eine wechselnde Drehung erhalten. Sie werden in gegenseitigen Kontakt gebracht, sodaß sie sich durch ihr unausgeglichenes Drehmoment in entgegengesetzter Richtung zusammendrehen, sodaß ein Zwirn mit wechselnder Drehung entsteht (Abb. 9 a).

Diese wechselnde Zwirndrehung kann eine Streifigkeit, ja sogar eine unerwünschte Bilderung im fertigen Gewebe verursachen. Auch sind die Übergangsstellen ohne Drehung schwach. Bei den in der Praxis hergestellten Garnen sorgt man deshalb durch einen technischen Trick dafür, daß diese Null-Stellen im

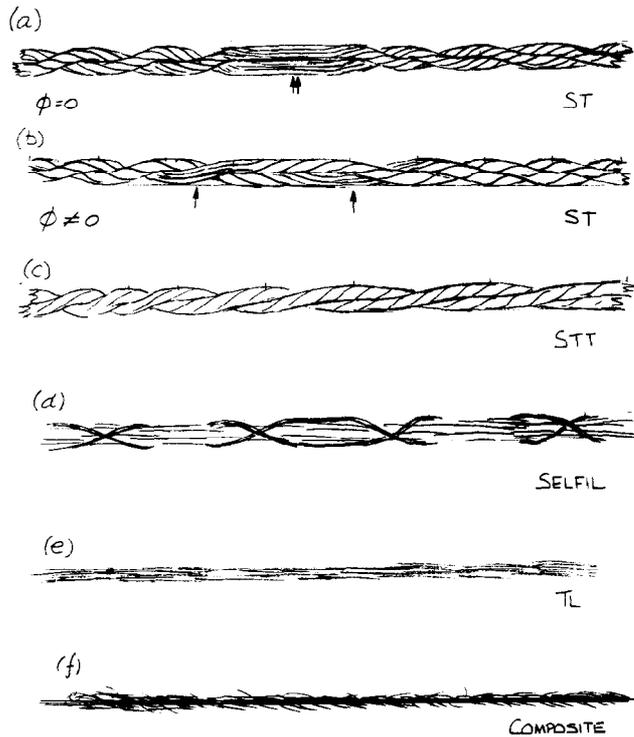


Abb. 9: Neue Garne

Zwirn nicht aufeinanderfallen (Abb. 9 a), sondern phasenverschoben sind (Abb. 9 b). Außerdem müssen bei diesen Systemen wegen der Null-Stellen grundsätzlich Langstapelfasern eingesetzt werden. Die Falschdrallorgane (hin- und hergehende Lieferzylinder in der Art eines Nitschelwerkes) wirken jedoch wie die Friktionsdrallgeber beim Texturieren direkt auf das Garn und ermöglichen so extrem hohe Produktionsgeschwindigkeiten. Allerdings müssen ziemlich hohe Drehungskoeffizienten angewandt werden, um die schwachen Stellen der Null-Drehung zu überspielen. Dennoch ist das ST-Garn mit dem Kammgarn vergleichbar und im Markt bedingt wettbewerbsfähig. Es kann allerdings nicht im Kurzfasermarkt konkurrieren. Es sind weitere Modifikationen dieses Systems, wie zum Beispiel ein zusätzlicher Zwirnprozeß für ST-Garne, um STT-Garne zu erzeugen, möglich (Abb. 9 c). Die zusätzliche Drehung verursacht jedoch einen unerwünschten Engpaß bei diesem Verfahren. Ferner kann man auch die Filamente mit den Faserlunten kombinieren, worüber wir später noch sprechen werden.

Eine völlig andere Alternative, um die gewünschte Garnfestigkeit zu erzielen, ist die Verwendung von Klebstoff anstelle der Drehung. Es gibt eine Technologie, bei der unter Einsatz bestimmter Fasern ein Garn mit 400 bis 500 m/min Geschwindigkeit erzeugt wird. Höhere Geschwindigkeiten sind durchaus möglich. Die Eigenschaften von Geweben aus 100% drehungslosen Garnen hängen davon ab, ob der Klebstoff temporär oder permanent ist. Im letzteren Fall werden die daraus erzeugten Stoffe für viele Anwendungen zu steif. Aus diesem Grund wird ein temporärer Klebstoff vorgezogen, der nach der Gewebeherstellung wieder entfernt wird.

Die Festigkeit solcher Gewebe ist ausreichend, da die

Fadenverkreuzungen einen genügenden Faserzusammenhalt gewährleisten. Andererseits sind aber die Fasern im Gewebeverband so beweglich, daß sie sich flächig ausbreiten können und so zu einer erhöhten Flächenabdeckung und zu höherem Glanz beitragen können. In einem lose eingestellten Gewebe besteht aber die Gefahr von lokalen und irreversiblen Deformationen, verursacht durch das Auseinandergleiten der parallelen, ungedrehten Faserbündel.

In einem dicht eingestellten Gewebe ist das Auseinandergleiten weniger problematisch, dafür kann aber die Weiterreißfestigkeit zu einem Problem werden. Beim Reißen eines Gewebes nehmen praktisch Bündel von parallelliegenden Fäden einer Geweberichtung die sich im Reißpunkt konzentrierende Kraft auf. Bei einem dichten Gewebe aus gedrehten Garnen kann der Mangel an Garnbeweglichkeit im Gewebe dazu führen, daß ein einziger Faden die ganze Kraft aufnehmen muß und deshalb sofort reißt. Solche Gewebe lassen sich besonders leicht reißen. Bei einem Gewebe aus drehungslosen Garnen besteht theoretisch die Möglichkeit, daß sogar nur einige wenige Fasern die ganze Kraft aufnehmen müssen und deshalb die Weiterreißfestigkeit noch schlechter wird (Abb. 10).

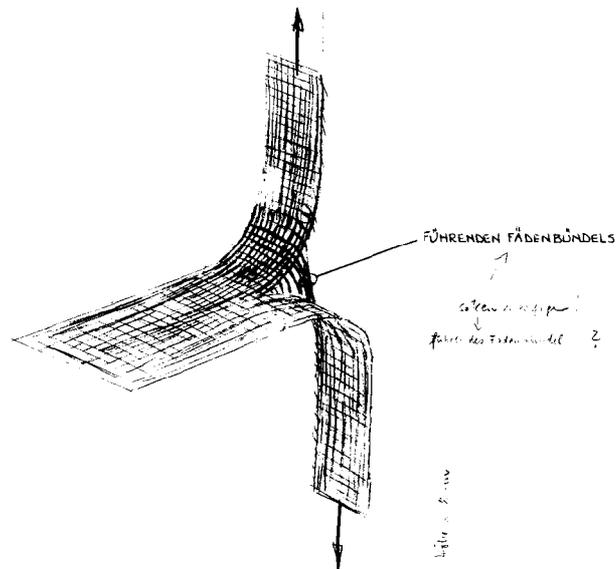


Abb. 10: Der Zerreißwiderstand von gewebten Stoffen

Es ist demnach klar, daß der Erfolg dieses Verfahrens auch von der Entwicklung dafür besonders geeigneter Gewebekonstruktionen abhängt. Wegen der Produktionsbeschränkung, die sich aus der Tatsache ergibt, daß das Garn während des Herstellungsprozesses getrocknet werden muß, und wegen der für die Festigkeit von Flächengebilden notwendigen großen Zahl von Abbindepunkten, hat dieses Verfahren am ehesten Aussichten für feine Garne aus relativ langen und festen Fasern.

4. Zusammengesetzte Garne (Composite Yarns)

Hier sollen „composite yarns“ als Garne definiert werden, die Endlos- und Stapelfasern bzw. unter Umständen auch irgendeine Form von Klebstoff enthalten. Sie können auf speziellen, den Garnherstellern

angebotenen Maschinen oder bei den Faserproduzenten selbst erzeugt werden. Im ersten Fall werden die Endlos- und die Stapelfasern den Maschinen getrennt zugeführt, wobei die Endlosfasern entweder selbst den Kern bilden können oder aber einen Stapelfaserkern umhüllen bzw. umwinden.

Im Falle eines Endlosfaserkerns braucht ihre morphologische Qualität nicht so gut zu sein, wie sie beispielsweise für texturierte Garne gefordert wird, und das dürfte wohl den Mehrpreis, der normalerweise für Endlosgarne bezahlt werden muß, etwas ausgleichen. Dieser Mehrpreis erhöht natürlich zwangsläufig die Materialkosten für „composite yarns“ im Vergleich zu konventionellen Stapelfasergarnen.

Bilden jedoch die Endlosfasern die Hülle, so müssen sie so fein sein, daß sie im Garnverband praktisch gar nicht auffallen. Das zusammengesetzte Garn soll sich äußerlich möglichst wenig von einem Stapelfasergarn unterscheiden. Genauso wie im ersten Fall können die Materialkosten problematisch werden.

Die große Wahrscheinlichkeit hoher Materialkosten und hoher Investitionskosten verlangt Maschinen mit sehr hoher Produktionsleistung (die den Maschinenfabriken die Entwicklungskosten zurückbringen sollen). Somit werden verbesserte Streckwerke notwendig, und in Systemen, wo eine Drehung verlangt wird, müssen fast zwangsläufig Methoden angewendet werden, die direkt auf das Garn wirken, wie dies zum Beispiel in ähnlicher Weise beim Friktionstexturierverfahren verwirklicht ist. Wo ein Bindemittel verwendet wird, muß sowohl die Trocken- als auch die Abkühlungs- oder die Kondensationszeit auf ein Minimum reduziert werden, was den Einsatz wäßriger Lösungen als Bindemittel ausschließt.

Zur Zeit werden drei verschiedene **Maschinensysteme** propagiert:

- das elektrostatische „Corespin“-Verfahren,
- das Repco SELFIL-System und
- das Bobtex ICS (Integrated Composite Spinning) System.

Das „Corespin“-Verfahren verwendet ein konventionelles Streckwerk, das die Fasern einem elektrostatischen Hochspannungsfeld zuführt. Das drehungserzeugende Element, ein Minirotor, wirkt zugleich als Elektrode. Ein Multifilamentgarn wird axial durch das Drehungselement geführt. Die Fasern, die vom Streckwerk kommen, sammeln sich unter Einwirkung des elektrostatischen Feldes an (oder in der Nähe der Elektrode) und werden um das Filamentgarn gewickelt.

Technische Schwierigkeiten bestehen vor allem bei der Kontrolle des gleichmäßigen Faserflusses auf das Filamentgarn, und irgendwo muß es eine Grenze in Richtung feiner Garnnummern geben, wo dann die Fasern den Filamentkern nicht mehr gleichmäßig genug bedecken. Somit ist es unwahrscheinlich, daß dieses Verfahren auf dem Gebiet der feinen Garne wettbewerbsfähig werden wird.

Das Repco **SELFIL-System** ist eine Weiterentwicklung des vorher beschriebenen Repco „Self-Twist“ (ST)-Systems. Zunächst kombiniert man eine Stapelfaserlunte mit einem Endlosgarn nach dem ST-System. Anschließend wird auf derselben Maschine in einer zweiten ST-Stufe ein zweites Filamentgarn in einer

nahezu gegenläufigen Drehrichtung um die vorher entstandene Endlos-Stapelfaserkombination herumgewunden (Abb. 9 d). Der gröbere Stapelfaserkern hat im Endprodukt sehr wenig Drehung. Sein Zusammenhalt ist aber durch den radialen Druck der schraubenförmig um ihn gewundenen Endlosgarne gewährleistet. Da die Endlosgarne sehr fein sein können, fallen sie im Garnverband kaum auf, und das Steifigkeitsrisiko ist deshalb sehr gering.

Man kann annehmen, daß die Produktionsleistung pro Einheit größenordnungsmäßig das zehnfache einer Ringspindel ausmacht, und so dürfte es sich etwa auch mit dem Preis pro Position verhalten. Somit erscheint dieses System auf dem ersten Blick erfolgversprechend, wenn es auch bis jetzt nur auf die Langstapelverarbeitung beschränkt ist.

Das **Bobtex ICS-System** ist ein Dreikomponenten-Spinnverfahren, bei dem zunächst ein Endlosfaserkern mit einem geschmolzenen Polymeren überzogen wird. Anschließend wird eine Stapelfaserhülle an dieses Gebilde angedrückt, und zwar solange der Polymerüberzug noch nicht erstarrt ist. Das Vorbereitungssystem für die Stapelfasern ist von solcher Art, wie die des Auflöseorgans bei einer OE-Rotorspinnmaschine. Eine zusätzliche Falschzwirnschmelze sorgt im weiteren Fadenverlauf für eine gewisse Verdichtung des Garnverbandes.

Das ursprüngliche Problem war, die Ausspritzgeschwindigkeit des Extruders dem Ausstoß der Faseröffnungsorgane anzupassen. Es ist schwierig, einen Extruder mit niedriger Ausspritzgeschwindigkeit und trotzdem mit einigermaßen vernünftigen Fabrikationstoleranzen herzustellen. Auch war es im frühen Entwicklungsstadium dieses Verfahrens sehr kompliziert, ein Faseröffnungsaggregat mit ultrahoher Liefergeschwindigkeit zu bauen.

Die technischen Probleme scheinen jetzt im wesentlichen gelöst zu sein, während die hohen Extruderkosten noch ein echtes Problem darstellen. Die Liefergeschwindigkeit des Bobtex ICS-Systems ist größenordnungsmäßig zwanzigmal sein Preis pro Einheit, jedoch um hundertmal höher als eine Einheit bei einer Ringspinnmaschine. Es sieht danach aus, daß schon aus diesem Grund nur grobe Garne nach dieser Methode hergestellt werden können. Bezüglich der Materialkosten kann die Anwendung eines billigen Polymeren als Binder helfen den Mehrpreis für den Filamentkern auszugleichen.

Hinsichtlich der aus ICS-Garnen hergestellten Gewebe, kann durch eine nachträgliche Behandlung die mechanische Verbindung zwischen Filamentkern und Polymerüberzug gebrochen werden, sodaß ein weicherer Griff entsteht. Was die Reißfestigkeit und die Scheuerbeständigkeit betrifft, sind die Gewebe gut, und bei vernünftigen Konstruktionen sind auf dem Sektor der Schwergewebe durchaus Marktchancen vorhanden. Aus Kostengründen und auch wegen der zu ungleichmäßigen Faserabdeckung sind feine Garne mit diesem System nicht herzustellen.

Im Hinblick auf zusammengesetzte Garne, vom Faserproduzenten selbst hergestellt, sind eine Menge Versuche gemacht worden, von denen noch viele in der Ausarbeitung sind. Eine interessante Entwicklungsrichtung ist die Erzeugung von freien Faserenden in einem ursprünglich kontinuierlich extrudierten End-

losfasergebilde. Der einfachste Weg hierzu dürfte wohl der sein, die Endlosgarnoberfläche anzuschneiden oder anzuschleuern; bei dieser Art von Garnen ist jedoch die Fasermigration im Garn nicht mit derjenigen in Stapelfasergarnen vergleichbar, und deshalb ist auch das Gebrauchsverhalten dieser Garne (sowie der Stoffe, die aus ihnen gemacht werden) unähnlich dem Verhalten, das man von konventionellen Garnen gewohnt ist.

Es ist auch möglich, schon bei der Herstellung des Garns dafür zu sorgen, daß ein Teil des Endlosfaserbündels mehr als der Rest davon gestreckt wird; auf diese Weise wird beim Streckvorgang ein Teil der kontinuierlichen Einzelfasern in Stapelfasern zerrissen, während der Rest in Endlosform erhalten bleibt. Die Erteilung einer Drehung während des Verstreckvorganges kann die erwünschte Migration der Endlosfasern bringen, allerdings mit dem Nachteil, damit einen neuen Flaschenhals in den Produktionsprozeß einzuführen.

Ein drittes Beispiel ist die Methode, bei der unterschiedliche Polymere gemeinsam extrudiert werden, wobei eines davon so gewählt wird, daß es ein niedrigeres Streckverhältnis als das andere hat, sodaß seine Endlosfasern (oder ein Teil davon) bei einem normalen Streckprozeß reißen. Diese Garne werden dann nachgedreht oder in irgendeiner Form texturiert. Bei dieser Methode kann man Spinn Düsen verwenden, die in einer bestimmten Form „ineinander verschachtelt“ sind, wobei jede dann ihre eigene Schmelzezuleitung hat. Es ist aber auch möglich, eine unverträgliche Polymermischung durch ein und dieselbe Spinn Düse durchzudrücken.

Jedes dieser Systeme hat seine eigenen technischen Schwierigkeiten. Wiederum werden der Garncharakter und die Herstellungskosten ausschlaggebend für den Markterfolg sein. Auch sollte betont werden, daß es extrem schwierig ist, ein Garn zu erzeugen, das einem Mischgarn ebenbürtig wäre, und das stellt eine erhebliche Beschränkung dar.

5. Die Auswahl des richtigen Spinnsystems

Es gibt eine Vielzahl von Verfahren, aber die meisten sind nur für einen beschränkten Garnbereich geeignet. In dem Maße wie die Produktionsleistungen steigen und neue Technologien eingeführt werden, engt sich normalerweise auch die Garnpalette ein, die mit einem bestimmten System wirtschaftlich hergestellt werden kann. Eine neue Technologie wird selten ein Garn hervorbringen, das ähnlich genug dem Material ist, das es ersetzen soll. Konsequenterweise ist eine sorgfältige Marktanalyse notwendig, bevor man sich zu einer bestimmten Richtung entschließt (Abb. 11). Jedenfalls braucht man dafür:

- Einfühlungsvermögen, um die technischen wie die ästhetischen Eigenschaften des neuen Produkts abschätzen zu können,
- eine gute Vorausschätzung von Produktions- und Materialkosten,
- eine gute Einschätzung von Zeit und Kosten für seine Entwicklung und Markteinführung sowie
- eine gründliche Kenntnis der konkurrierenden Produkte.

In gewissen Bereichen sind die Faserhersteller selbst

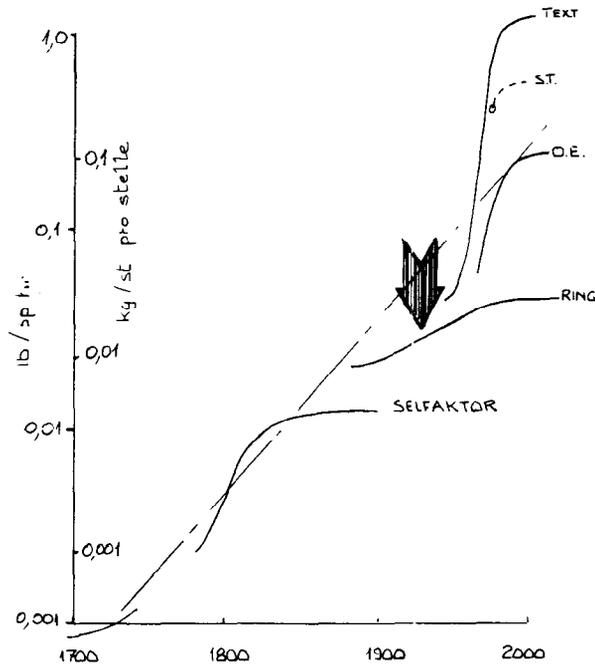


Abb. 11: Produktivität

zu Garnherstellern geworden, aber in diesem Kapitel soll sich die Diskussion auf neue Garnherstellungsverfahren für die traditionellen Spinner beschränken.

Wie die praktische Erfahrung in den USA gezeigt hat, haben viele Spinner weder die personelle noch die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit, um selbst zu einer fundierten Beurteilung in der Lage zu sein. Andererseits sind jedoch die amerikanischen Spinner für die Offenheit und Freizügigkeit bekannt, mit der sie Ideen und Informationen austauschen. Außerdem können sie sich auf das große wissenschaftliche Potential der Faser- und Maschinenhersteller stützen. So ist es dort für einen Spinner normal, Versuchsmaschinen und Versuchsfasern auszuprobieren, um mit Hilfe seiner Partner (Lieferanten und Kunden) zu einem praktischen Urteil zu gelangen, ob er das neue Produkt im Markt auch wirklich gewinnbringend werde unterbringen können. Sehr selten wird sich der Spinner selbst mit der Primärentwicklung eines neuen Prozesses befassen; er ist hauptsächlich bestrebt, Verfahren auszuwerten, die bereits eine gewisse technische Reife erreicht haben und verfügbar sind.

Der Spinner ist sich bewußt, daß ein frühzeitiges Eindringen in den Markt mit einem neuen Prozeß erhebliche Gewinne einbringen kann, aber er weiß auch, daß ihm die zu frühe Einführung eines nicht voll durchentwickelten Prozesses große, ja unübersehbare Verluste einbringen kann.

Dies erklärt die Zurückhaltung, die im allgemeinen allen neuen Prozessen zunächst entgegengebracht wird, und die Überschwenglichkeit, die in manchen Fällen darauf folgt. Dies konnte man zum Beispiel sowohl bei den texturierten Garnen als auch beim Double-Jersey beobachten. Die verhältnismäßig wenigen Hersteller, die diesen Sektor frühzeitig belieferten, konnten große Gewinne einstreichen. Später entstand dann eine Überproduktion, oder es wurde das Material in ungeeigneter Weise eingesetzt, was dann zu kommerziellen Schwierigkeiten führte. Dies — im

Verein mit der Verfügbarkeit von verbesserten Faser-spinntechnologien — scheint auch die Ursache dafür zu sein, daß das Pendel wieder einmal mehr in Richtung der Stapelfasergarne ausschlägt. In neuester Zeit haben günstige Umstände ein gewisses Eindringen von OE-Rotorgarnen in den Markt ermöglicht, aber sogar hier besteht der Verdacht einer Überkapazität in dem ziemlich engen Garnnummernbereich, der durch das OE-Rotorverfahren ausgefüllt wird.

Das Problem, das die Spinner zu haben scheinen, ist, sich zunächst einmal für das richtige Verfahren entscheiden zu können. Je vielfältiger die Möglichkeiten werden, desto schwerer fällt dieser erste Entschluß. Die Maschinenhersteller liefern meistens hypothetische Kostenberechnungen mit und geben Anwendungsbereiche an, die aber normalerweise zu optimistisch sind, was zum Teil darauf zurückzuführen ist, daß es schwierig ist, wirklich genaue Vorhersagen zu machen, ohne daß echte Produktionsversuche und Markterfahrungen mit den neuen Textilmaterialien vorliegen. Auch wären die Maschinenpreise unerschwinglich, wenn die Maschinenhersteller auch noch die Marktchancen von Garnen mit der ganzen Vielfalt von Stoffen und Artikeln untersuchen müßten. Es bleibt die Verantwortung des Spinners, den wahrscheinlichen Erfolg eines neuen Verfahrens, bezogen auf das von ihm ins Auge gefaßte Lieferprogramm, zu beurteilen, und das wird normalerweise erreicht, indem Probemaschinen gekauft und Probemengen von Garnen und Stoffen hergestellt werden.

Hierzu kann man einige Schwierigkeiten aufzählen, die dabei auftreten können. Technische Schwierigkeiten mit dem Garn wie beispielsweise „Aufschübe“ der Stapelfaserhülle bei einigen zusammengesetzten Garnen, werden ohne Zweifel die Aufnahme solcher Garnqualitäten im Markt verzögern. Weniger offensichtlich sind technische Probleme, die nicht in Erscheinung treten, bevor nicht das Garn zu einem Flächengebilde verarbeitet ist, oder solche, die sich sogar erst in einem fertig ausgerüsteten Stoff zeigen. Unglücklicherweise werden diese Schwierigkeiten oft erst dann erkannt, nachdem bereits große Investitionen getätigt wurden. Zweifellos hat der etwas härtere Griff von Stoffen aus OE-Rotorgarnen das OE-Rotorverfahren in diese Kategorie gedrängt. Die Tatsache jedoch, daß diese großen Investitionen eben schon getätigt sind, zwingt die betreffenden Firmen oft dazu, auch eine technische Lösung für diese Probleme zu finden. So sind zum Beispiel verbesserte Ausrüstungsverfahren entwickelt worden, um das Griffproblem bei Stoffen aus OE-Rotorgarnen zu beherrschen.

Eine andere Form von Schwierigkeit kann mehr geographischer Natur sein; so hatten zum Beispiel die STT-Garne in den USA keinen Erfolg, weil dort der Markt für Langstapel-Kammgarne relativ klein und im Rückgang ist. Andererseits haben Rotorgarne dort in gewissem Maße Erfolg gehabt, weil der Markt für Kurzstapelgarne in den USA groß und stabil ist.

6. Schlußfolgerungen

- Automatisierung kann ein veraltetes System nicht retten.
- Nach einem neuen Verfahren hergestellte Textilprodukte sind nie ein genauer Abklatsch der Produkte, die sie ersetzen sollen. Auch wird ein neues

Produkt zunächst immer mit Mißtrauen betrachtet und nicht ohne weiteres akzeptiert.

- Neue Maschinen müssen Lohnkosten sparen, ohne daß die Investitionskosten astronomische Höhen erreichen. Wegen der hohen Kosten für die Maschinenentwicklung muß eine neue Maschine eine deutlich höhere Produktionsleistung haben als die, die sie ersetzen soll.
- Eine neue Anlage sollte sich dem Ideal einer kontinuierlichen Produktionsstraße nähern.
- Bei einem Garnherstellungsverfahren mit Drehung sollte das drehungsgebende Organ direkt auf die Garnoberfläche einwirken, sodaß das Trägheitsmoment der rotierenden Massen ein Minimum wird.
- Der Einsatz eines Garns in einen hierfür ungeeigneten Artikel kann zu einer Gegenreaktion im Markt führen, die den konkurrierenden Systemen zugutekommt.
- Die automatische Behebung von Fadenbrüchen ist beim OE-Rotorspinnen nur dort angebracht, wo das OE-Rotorspinnensystem selbst wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Zur Zeit erscheint eine Automatisierung nur für Anlagen, die grobes Garn produzieren, sinnvoll.
- Wenn die Investitionskosten für neue Spinnverfahren geringer werden, wird sich deren Anwendungsbereich erweitern.
- Es ist schwierig, bei der Anschaffung von Spinnmaschinen, die nach neuartigen Verfahren arbeiten, eine gute Auswahl zu treffen, denn die Entscheidung sollte im Hinblick auf das ins Auge gefaßte Einsatzgebiet getroffen werden.
- Viele neue Verfahren, wie zum Beispiel das Self-Twist (ST)- oder das Twistless (TL)-Verfahren, sowie die verschiedenen Arten von zusammengesetzten Garnen haben ihre Eignung noch nicht voll unter Beweis gestellt. Wahrscheinlich werden sie zunächst nur für relativ enge Marktbereiche akzeptiert werden, was sich im allgemeinen so auswirken wird, daß sie sich den Markt in geeigneter Weise aufteilen müssen.

Relative Wirtschaftlichkeitsgrenzen beim Spinnen (Anhang 1)

Es seien

C_r = die Kapitalkosten/Position und Stunde (DM/h)

U = die Drehungserteilung (U/min)

n = die Garnfeinheit (tex)

dann ist

$K_1 \cdot U \cdot n^{3,2} =$ Produktion/Position und Stunde (kg/h)

C_r = Kapitalkosten/kg Garn (DM/kg)

$\frac{C_d}{W} =$ Abzugskosten/kg Garn (DM/kg)

wobei C_d die Abzugskosten für ein Garnpaket und W das Garngewicht pro Paket sind;

C_r = übrige Spinnkosten/kg Garn (DM/kg)

C_T = Gesamtkosten/kg (DM/kg)

$$C_T = \frac{C_f}{K_1 \cdot U \cdot n^{3/2}} + \frac{C_d}{W} + C_r$$

Lassen Sie uns nun ein neues Verfahren mit der konventionellen Ringspinnerei vergleichen. Der Index „0“ soll sich auf die Kosten für das neue Verfahren beziehen. Der Unterschied in den Kosten zwischen den Verfahren (C_{Δ}) ist:

$$C_{\Delta} = C_T - C_{T_0}$$

Es ist bekannt, daß C_{Δ} eine Funktion von n ist, und daß für einen „break even“-Wert von n der Wert $C_{\Delta} = 0$ wird.

$$C_{\Delta} = \frac{C_f}{K_1 \cdot U \cdot n^{3/2}} - \frac{C_{f_0}}{K_1 \cdot U_0 \cdot n^{3/2}} + C_d \left(\frac{1}{W} - \frac{1}{W_0} \right) + \frac{t_p}{2} (h) = \frac{t_p}{2} (h) + C_r - C_{r_0} = 0$$

wobei also n der „break even“-Wert der Garnnummer ist. Dividiert man nun die Gleichung durch $C_f \cdot (K_1 \cdot U \cdot n^{3/2})$ so ergibt sich

$$1 - \frac{C_{f_0} \cdot U}{C_f \cdot U_0} + \frac{C_d \cdot K_1 \cdot U \cdot n^{3/2}}{C_f} \left(\frac{1}{W} - \frac{1}{W_0} \right) + \frac{K_1 \cdot U \cdot n^{3/2}}{C_f} (C_r - C_{r_0}) = 0$$

$$\frac{C_{f_0}}{C_f} \cdot \frac{U}{U_0} - 1 = \frac{K_1 \cdot U \cdot n^{3/2}}{C_f} \left[C_d \left(\frac{1}{W} - \frac{1}{W_0} \right) + (C_r - C_{r_0}) \right]$$

$$\text{Es sei } X \equiv C_d \left(\frac{1}{W} - \frac{1}{W_0} \right) + (C_r - C_{r_0})$$

$$\text{dann ist } \frac{C_{f_0}}{U_0} \cdot \frac{U}{C_f} - 1 = \frac{K_1 \cdot U \cdot X \cdot n^{3/2}}{C_f}$$

$$\frac{C_{f_0}}{U_0} - \frac{C_f}{U} = K_1 \cdot X \cdot n^{3/2}$$

Der Wert X beeinflusst n direkt, ebenso wie der Ausdruck $\frac{C_{f_0}}{U_0} - \frac{C_f}{U}$. Mit großen Garnpaketen und verkürzten Vorbereitungsprozessen wird $X > 1$, sodaß n kleiner wird, wodurch sich der Garnnummernbereich erweitert.

Bei jedem der bekannten neuen Spinnverfahren ist $\frac{C_{f_0}}{U_0} > \frac{C_f}{U}$, und deshalb ist n ein endlicher Wert. Mit abnehmenden Kapitalkosten oder zunehmender Produktionsgeschwindigkeit oder beidem gleichzeitig tendiert $\frac{C_{f_0}}{U_0}$ gegen $\frac{C_f}{U}$ und reduziert den Wert n ;

somit wird der Garnnummernbereich des neuen Verfahrens erweitert. Deshalb sollte jeder Versuch gemacht werden, um

- die Materialkosten zu reduzieren,
- die Paketgröße zu erhöhen,
- die Produktionsgeschwindigkeit zu steigern und
- die Kapitalkosten zu senken.

Die Wirtschaftlichkeit einer automatischen Fadenbruchbehebung (Anhang 2)

Lassen sie uns eine patroullierende Fadenbruchbehebung betrachten, die ihre Bahn entlang fährt, bis sie ein gebrochenes Ende findet, dieses repariert und dann wieder weiterfährt. Es soll angenommen werden, daß die Spinnpositionen (Rotoren) gleichmäßig über die Bahnlänge verteilt sind. Die Bahnlänge soll kontinuierlich und endlos (ein geschlossener Rundlauf) sein.

Es seien b die Fadenbrüche/Position und Stunde

$t_p (h)$ = die Zeit für einen Rundlauf

$b \cdot t_p$ = Fadenbrüche/Rundlauf

$\frac{t_p}{2} (h)$ = die durchschnittliche Wartezeit

$\frac{b \cdot t_p^2}{2}$ („Rotorstunden“) = der Verlust an Produktionszeit/Rundlauf

Es sei ferner

ε = der Gewinn/Position für eine Position mit 100% Wirkungsgrad

$\frac{\varepsilon \cdot b \cdot t_p^2}{2}$ = der entgangene Gewinn/Rundlauf

Weiterhin sei

l = die Länge des Rundlaufs, gemessen an der Zahl von Positionen und

V = die durchschnittliche Geschwindigkeit der Fadenbruchbehebung, gemessen als Zahl der Positionen pro Stunde

$\frac{\varepsilon \cdot b \cdot t_p^2}{2l}$ = der entgangene Gewinn/Position

aber $l = t_p \cdot V$

$\frac{\varepsilon \cdot b \cdot t_p}{2V}$ = der entgangene Gewinn/Position

sowie $\frac{C_p}{l} = \frac{C_p}{V \cdot t_p}$ = die Kapitalkosten für die Fadenbruchbehebung/Position.

Es sei C_t = Gesamtkosten/Position und C_s = Kosten oder Gewinn (außer Kapitalkosten)

$$C_t = C_s + \frac{C_p}{V \cdot t_p} + \frac{\varepsilon \cdot b \cdot t_p}{2V}$$

Für minimale Kosten gilt: $\frac{dC_t}{dt_p} = 0$

$$\frac{C_p \cdot t_p^{-2}}{V} = \frac{\varepsilon \cdot b}{2V} ; t_p^2 = \frac{2C_p}{\varepsilon \cdot b}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{2C_p}{\varepsilon \cdot b}} ; l = V \sqrt{\frac{2C_p}{\varepsilon \cdot b}}$$

Je höher die Kapitalkosten sind, desto länger muß der Rundlauf bzw. die Bahnlänge sein (was die Notwendigkeit für ein patroullierendes System demonstriert). Je höher die Fadenbruchzahl (b), desto kürzer sollte der Rundlauf sein. Je geringer der Gewinn pro Position (ε), desto länger sollte der Rundlauf sein. Wären die Gewinne null, müßte die Bahnlänge unendlich sein, somit wäre dann eine automatische

Fadenbruchbehebung nicht gerechtfertigt. (Das heißt also, es hat wenig Sinn, einen Fadenbruch an einer Stelle zu reparieren, die sowieso keinen Gewinn abwirft).

Diskussion

Herzog: Herr Professor Lord hat uns einen Überblick über die neuen Spinnverfahren, ausgehend vom konventionellen Ringspinnverfahren bis hin zum OE-Bobtex- und Repko-Verfahren, gegeben und dabei deutlich aufgezeigt, daß diese neuen Technologien, je nachdem welches Endprodukt hergestellt werden soll, in ihren Einsatzmöglichkeiten beschränkt sind. Ich möchte hier eine Parallele zu der „Chemiefaser nach Maß“ ziehen, von der wir seit Jahren in Dornbirn sprechen. In diesem Fall aber trifft das Referat nun den Spinner. Er hat die Aufgabe, die „Spinntechnologie nach Maß“ einzusetzen.

Die neuen Verfahren erfordern hohe Investitionskosten, wobei die Produktivität nicht im gleichen Ausmaß zunimmt. Als Verarbeiter muß man diese Entwicklungen auf jeden Fall im Auge behalten und die ökonomischen Gesichtspunkte genau verfolgen.

Siegl: Im Zusammenhang mit dem OE-Rotorspinnen ist in letzter Zeit sehr viel vom Mikrostaub die Rede gewesen. Auf der letzten ITMA wurde nur gezeigt, daß viele Methoden bekannt sind, die Baumwolle tadellos zu reinigen. Allerdings wurde zu wenig darauf hingewiesen, daß die OE-Rotorspinnmaschinen die Luft aus dem Spinnraum ansaugen und diese mit Staub gesättigt ist.

Sind sich die Firmen, die Klimaanlage bauen, darüber im klaren, daß sie für das OE-Rotorspinnen eine Anpassung vornehmen müßten? Mit welchem Luftwechsel müßte man im Vergleich zur Ringspinnerei, wo er 15–20fach ist, arbeiten, damit der Staub aus der Luft nicht in die Rotoren gebracht wird?

Lord: Ich glaube nicht, daß die Zahl der Luftwechsel eine Rolle spielt; hier dürfte vielmehr die Qualität der Luftfiltration ausschlaggebend sein. Die OE-Spinnmaschine ist ein ausgezeichneter Staubsauger und nimmt jeden Staub auf, der in der Atmosphäre vorhanden ist.

van der Meer: Sie haben von Schwierigkeiten gesprochen, die der allgemeinen Einführung von OE-Maschinen entgegenstehen. Glauben Sie, daß es möglich wäre, durch speziell hergestellte Synthesefasern diesen Schwierigkeiten zu begegnen und dadurch die allgemeine Einführung von OE-Spinnmaschinen zu fördern?

Lord: Die Fasereigenschaften sind tatsächlich sehr wichtig und können die mechanischen Schwierigkeiten feststellbar beeinflussen. Leider treten diese Schwierigkeiten aber erst dann auf, wenn die Maschine bereits konstruiert ist und in der Praxis arbeitet. Es müßte daher die Entwicklung der Fasereigenschaften mit der des Maschinenbaues und mit der des Spinnplanes Hand in Hand gehen.

Herzog: Können Sie uns etwas über die Struktur des Garnes, das nach dem Luftwirbelverfahren hergestellt wird, sagen? Unterscheidet sich diese Struktur vom Drefgarn oder ist sie so ähnlich?

Lord: Soweit ich die Verhältnisse kenne, ist die Struktur dieses Garns sehr locker, die bemerkenswerteste Eigenschaft aber ist die uneinheitliche Drehungsverteilung über die Länge, was nicht sehr günstig ist.

Reichstätter: Alle diese neuen Spinnmaschinen sind für neuwertige Spinnstoffe ausgelegt.

Es zeigt sich aber, daß der Anteil von Sekundärrohstoffen in der ganzen Welt von Jahr zu Jahr wächst. Welche dieser neuen Spinnprozesse sind Ihrer Meinung nach für diese sekundären Rohstoffe am besten geeignet? Unter „sekundären Rohstoffen“ verstehe ich Reißmaterial oder regenerierte Fasern.

Lord: Das OE-Verfahren eignet sich im Prinzip zur Verarbeitung dieser sekundären Rohstoffe, da die OE-Maschinen in einem gewissen Toleranzbereich gegen Stapellängenunterschiede unempfindlich sind. Allerdings dürfen keine Überlängen vorhanden sein.

Die Kosten für sekundäre Rohstoffe müssen auch berücksichtigt werden. So kann man beispielsweise in den USA Reißwolle nicht billiger kaufen als neuwertige Natur- oder andere Stapelfasern. Leider kenne ich die Verhältnisse für den europäischen Markt nicht, eines kann ich aber bestätigen, daß Längenvariationen und gerissene oder gebrochene Fasern den Spinnablauf im OE-Spinnprozeß nicht stören.

Herzog: Verstehen Sie jetzt unter OE-Verfahren alle OE-Spinnverfahren oder nur bestimmte, zum Beispiel das Rotorspinnverfahren oder das Luftwirbelverfahren?

Lord: Meine Aussage bezieht sich auf alle OE-Verfahren.

Herzog: Meine Erfahrungen gelten nur für das Drefspinnverfahren. Für dieses Gebiet kann ich die Verarbeitung von regenerierten Fasern durchaus bejahen. Das Verfahren ist gegen Faserlängenunterschiede und Titterschwankungen unempfindlich.

Lagemann: Also ganz so unempfindlich scheint mir das Verfahren doch auch nicht zu sein. So ist erst in letzter Zeit bekannt geworden, daß nun auch das OE-Rotorspinnverfahren die Verarbeitung von Regeneratfäden ermöglicht.

Herzog: Mit dem OE-Rotorspinnverfahren habe ich keine Erfahrungen, meine beziehen sich nur auf das Drefspinnverfahren.

Anonym: Welche Probleme gibt es heute noch beim Verspinnen von halbmatten Fasern auf OE-Maschinen? Ich frage vor allem deshalb, weil es dabei doch immer wieder zu Ablagerungen kommt?

Lord: Reibende Fasern, wie beispielsweise mattierte Polyesterfasern, die mit hoher Geschwindigkeit über die Maschinenteile gleiten, können wirklich große Schwierigkeiten bereiten, vor allem dann, wenn diese Maschinenteile nicht besonders gehärtet oder entsprechend ausgerüstet sind, um dieser Beanspruchung standzuhalten.

Wenn Fasern über die Auflösewalze gehen, werden sie — wenn sie spröde sind — gebrochen oder anderweitig beschädigt. Bei der hohen Rotorgeschwindigkeit kommt es dann zu Ablagerungen. Diese treten allerdings nur dann auf, wenn die Auflösewalze nicht den Verarbeitungsnotwendigkeiten angepaßt ist.

Über die Einflüsse von mattierte bzw. von nichtmattierte Fasern auf den OE-Prozeß bin ich leider nicht genau informiert.

KORROSIONSSCHUTZ W.HÖHNEL KG.

Sandstrahl-, Flammstrahl-, mechanische Entrostung, staubfreies Sandstrahlen mit Vacu-Blast, Naßstrahlen, Schutz- und Industrieanstriche aller Art, Behälterauskleidungen mit lösungsmittelfreiem Kunststoff, Holzschutz, Isolierungen und Streichgummierungen, Metallspritzen von Zink, Aluminium und Aluminiumlegierungen, kathodischer Korrosionsschutz, Klimatisierung zur Trockenlegung von schwitzwasserfeuchten Anlagenteilen.

A-4021 LINZ/DONAU, BISCHOFSTRASSE 5
Tel. 07222/72606 Serie; FS 02 1469
Postfach 202, Telegrammadresse: Höhnel KG Linz
Korrosionsschutzwerk: Linz, Zamenhofstraße 41

Chemiefaserlegierungen: Das Füllhorn des Forschers

Drs. P. C. Limburg

Dr. Ir. S. J. van der Meer

Akzo Research Laboratories, Arnheim/Holland

Der Zusammenhang zwischen dem molekularen Aufbau und den Eigenschaften der Synthefasern wird kurz behandelt. Die geometrischen und chemischen Begriffe, die bei der Beschreibung von Faserlegierungen benutzt werden, werden erläutert.

Anhand von kommerziell erhältlichen Fasern wird angegeben, wie Optik, Griff, Volumen und Komfort beeinflusst werden können. Weiters wird eine Methode erwähnt, durch die sich die Produktleistungen mit den Marktanforderungen vergleichen lassen.

Zum Schluß wird die Erwartung ausgesprochen, daß die Faserlegierungen einen bleibenden und allmählich wachsenden Anteil des Angebots bilden werden.

The relation between molecular structure and properties of synthetic fibres is briefly outlined. The geometrical and chemical concepts that are used in the description of fibre-alloys are given.

Commercially available products are given as examples of how appearance, hand, volume and comfort can be influenced. Furthermore a method is mentioned by which product performance can be compared with market demands.

It is concluded that fibre-alloys will form a permanent and gradually growing part of the synthetic fibre market.

Einleitung

Das Thema „Chemiefaserlegierungen“ bietet so viele Möglichkeiten, daß eine erschöpfende Behandlung den Rahmen dieses Vortrags sprengen würde. Schon die Definition des Begriffes „Chemiefaserlegierung“ bietet viele Variationsmöglichkeiten.

Für Metalle gibt es eine Begriffsbestimmung, die besagt: „Eine Legierung ist alles, was nicht reines Einmetall ist.“ Diese Definition umfaßt nahezu alle metallischen Erzeugnisse. Im Sinne dieser Tagung ist außer „faserbezogen“ sogar noch eine erweiterte Begriffsbestimmung für unser Thema „Chemiefaserlegierungen“ notwendig. Nicht nur alle textilen Flächengebilde, die nicht aus einer reinen Grundsubstanz bestehen, sondern auch diejenigen Produkte, die zwar aus einer Grundsubstanz, aber mit unterschiedlichen physikalischen Strukturen erhalten worden sind, sollten als Faserlegierungen betrachtet werden.

Die Anwendungen von Mischungen aus zwei oder mehreren Stapelfasertypen, sowie die Verwendung verschiedener Garntypen in Kette und Schuß und derartige Möglichkeiten, welche die Textilindustrie „im eigenen Haus“ hat, werden wir hier außer Betracht lassen; wir möchten uns auf dasjenige beschränken, was spezifisch von der Chemiefaserindustrie angeboten werden kann.

Einige Grundbegriffe der Chemiefaserkunde

Zunächst möchten wir kurz einige Begriffe der Chemiefaserkunde in Erinnerung bringen.

a) Molekularmodell verstreckter Fasern

Wie bekannt, sind verstreckte halbkristalline Chemiefasern, wie Polyamid 6 und Polyamid 66 und Polyäthylenterephthalat, aus Mikrofibrillen aufgebaut, die abwechselnd kristalline und nichtkristallisierte, sogenannte amorphe Bereiche enthalten (Abb. 1).

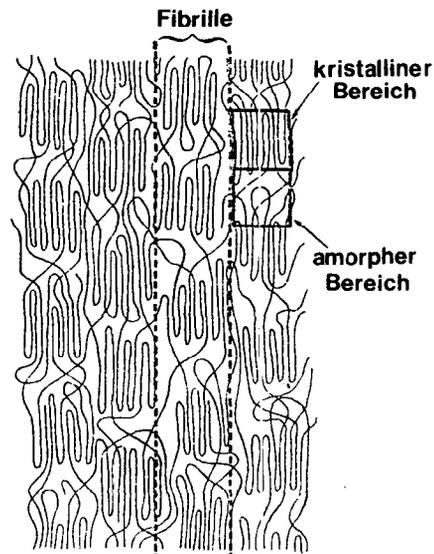


Abb. 1: Molekularmodell einer verstreckten halbkristallinen Faser

Die kristallinen Stellen, die Kristallite, bestimmen den Schmelzpunkt, der für ein Homopolymeres nur in einem Bereich zu beeinflussen ist. Die Abmessungen der Kristallite sind wichtig für die thermische Stabilität der Struktur. Ausmaß und Orientierung der amorphen Bereiche bestimmen Schrumpfung, Dehnung, Festigkeit und Zugänglichkeit für Farbstoffe und Chemikalien.

Die Eigenschaften der Fasern werden also nicht nur durch das verwendete Polymere, sondern auch durch die vorliegende Struktur bedingt. Dies bedeutet, daß zwei Möglichkeiten bestehen, die Eigenschaften der Produkte zu beeinflussen: durch Änderung des Polymeren und durch Variation der Struktur.

b) Garn- und Fasertypen

Weiters können durch Mischung oder Nebeneinanderverwendung physikalischer oder polymerchemischer Modifizierungen neue Produkte entstehen. Die dafür verwendeten Begriffe (Abb. 2) sind:

- **Filamentmischgarne:** Garne, die aus Mischungen von Endlofilamenten mit unterschiedlicher chemischer oder physikalischer Zusammensetzung aufgebaut sind. Schon 1971 hat Heim in Dornbirn einen Überblick über diese Gruppe gegeben¹.
- **Bistrukturelle oder bikonstituente Fasern:** Chemiefasern, die aus einem Polymeren mit unterschiedlicher physikalischer Struktur, mit mehr oder weniger scharfen Übergängen, asymmetrisch innerhalb der Einzelfasern aufgebaut sind. Horio und Kondo haben 1953 diese Strukturen für Wolle und Viskose beschrieben².
- **Bi- oder multikomponente Fasern:** Chemiefasern,

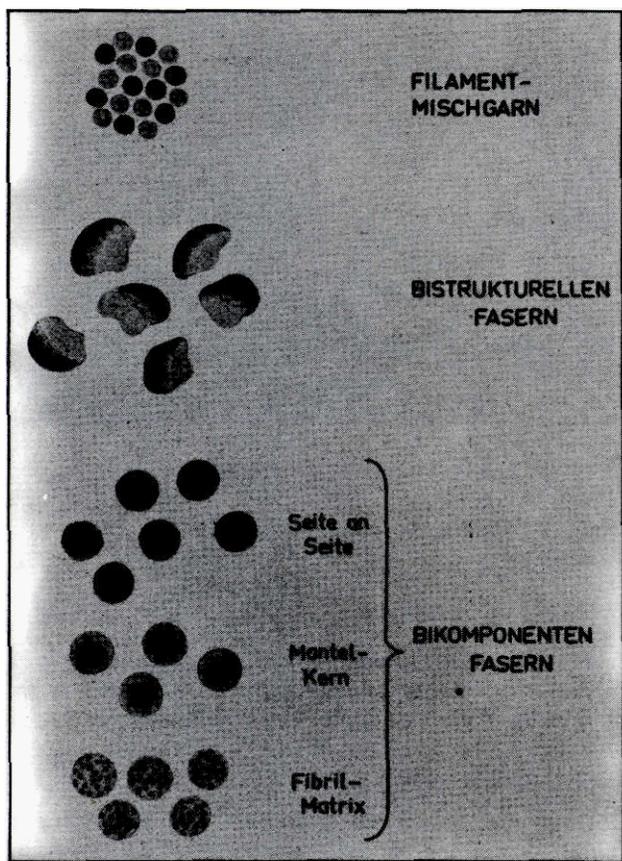


Abb. 2: Querschnitte von Garntypen

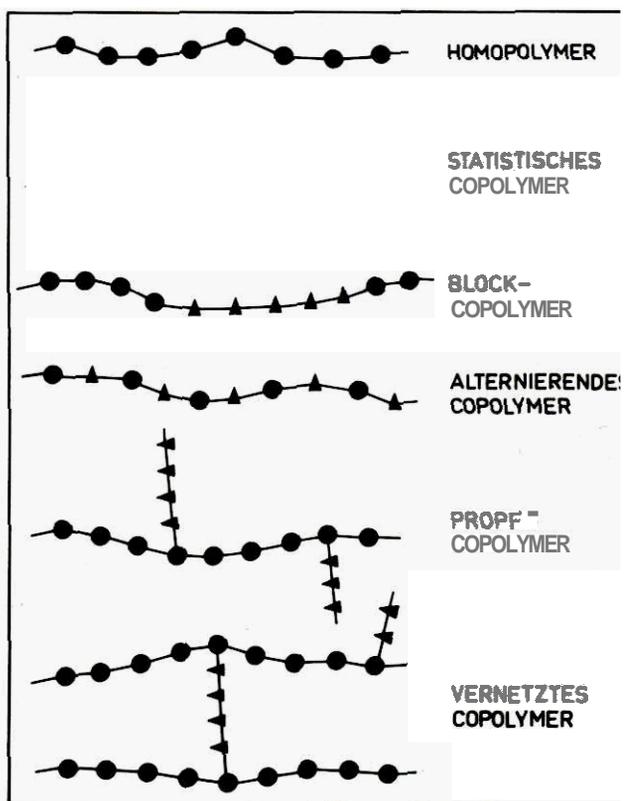


Abb. 3: Polymertypen

die aus zwei oder mehreren aneinanderhaftenden, aber deutlich getrennten unterschiedlichen Polymeren aufgebaut sind. Eine ausführliche Beschreibung dieser Produkte findet man in der Ciba Rundschau (1974) und in den Lenzinger Berichten (1975)³.

Oben genannte Variationen lassen sich weiter mit Abänderungen, wie unrunder Querschnitten und/oder Hohlräumen, kombinieren.

e) Polymertypen

Die auf der Polymerseite verwendeten Begriffe (Abb. 3) sind:

- Homopolymere: Polymere, die nur aus einer Art von Grundbausteinen, den Monomeren, bestehen, und
- Copolymere: Polymere, die aus zwei oder mehreren Monomeren entstanden sind. In dieser letzten Gruppe unterscheidet man:
 - statistische Copolymere, in denen die verschiedenen Monomeren in „zufälliger“ Anordnung miteinander verbunden sind, und
 - Blockcopolymere, bei denen größere, aus einem Monomeren aufgebaute „Polymerstücke“ mit „Stücken“ abwechseln, die aus einem anderen Monomeren aufgebaut sind.

Weiters gibt es:

- alternierende Copolymere, bei denen zwei Monomere wechselweise in die Kette eingebaut sind,

- Propfcopolymere, bei denen an die homopolymere Hauptkette durch sogenanntes „Propfen“ Seitenketten aus einem anderen Monomeren angehängt sind, und
- vernetzte Copolymere, wo den individuellen Ketten eines Polymeren polymere Brücken eines anderen Monomeren eingebaut sind.

Diese letzten drei Typen haben für Fasern bisher aber keine große Bedeutung.

Statistische und Blockcopolymere unterscheiden sich beträchtlich voneinander. In Blockcopolymeren sind die Eigenschaften in den Mikrobereichen der Polymeren, aus denen sie sich zusammensetzen, größtenteils erhalten. Übergangstemperaturen, wie Glas-temperatur und Schmelzpunkt, sind analytisch noch erkennbar. Durch Zusammenwirken weicher und harter Polymerstücke können so besonders interessante Produkte, wie Elastomere, entstehen.

In statistischen Copolymeren sind einheitliche, größere Polymerstücke meistens nicht vorhanden, sodaß sich der Zusatz eines anderen Comonomeren im Prinzip störend auf den kristallinen Aufbau des Polymeren auswirkt. Dies bedeutet eine Herabsetzung der Schmelztemperatur, erhöhte Zugänglichkeit, gesteigerte Löslichkeit und geringere thermische Stabilität der Struktur.

Statistische Copolymere haben im Vergleich zu den Homopolymeren eine Art „eingebauten Weichmacher“. In vielen Fällen sind derartige Änderungen jedoch nicht erwünscht. Andererseits bieten sie die Möglichkeit, die Verarbeitbarkeit schwerlöslicher oder unschmelzbarer Polymerer, wie etwa reinen Polyacrylnitrils, zu verbessern. Auch kann man schwer zugäng-

liche Polymere auf diese Weise für Farbstoffe geeignet machen oder über den Einbau aktiver Gruppen Haftstellen für reaktive Farbstoffe schaffen. Wenn in den thermischen und mechanischen Eigenschaften genügend Spielraum vorhanden ist, kann man also über die Copolymerisation neue Substanzeigenschaften erhalten.

Chemiefaserlegierungen in der Praxis

Es ist klar, daß die erwähnten geometrischen, physikalischen und chemischen Variationsmöglichkeiten eine endlose Reihe von Kombinationen gestatten. Allein schon beim Polyacrylnitril sind in der Literatur bikomponente Fasern mit sechzehn anderen Homopolymeren bekannt, wobei die vielen Kombinationen unterschiedlicher Acrylcopolymerer noch nicht berücksichtigt sind. Auch von Polyamid 6 und 66, Polyäthylenterephthalat, Zelluloseacetat und Polypropylen sind Kombinationen mit vielen anderen Polymeren in Universitäten und Industrielabors untersucht worden. Rund dreißig bekannte Chemiefaserhersteller haben Patente auf diesem Gebiet angemeldet. In Großbritannien allein wurden zum Beispiel seit 1963 etwa 300 Patente erteilt.

Nicht jede Untersuchung und nicht jede Patentanmeldung führt zu einem wirtschaftlich erfolgreichen Produkt. Deshalb ist das Angebot heute noch zu übersehen.

Die wichtigste Frage, die sich nun erhebt, ist: Was kann man mit all diesen Garnen anfangen?

Anhand von kommerziell erhältlichen Faserprodukten werden jetzt drei Gruppen Garne besprochen:

- a) Filamentmischgarne,
- b) gekräuselte Garne auf Basis von Asymmetrie in physikalischer oder polymerchemischer Struktur und
- c) Garne mit Sondereigenschaften.

a) **Filamentmischgarne**

1. Visuelle Effekte

Zum ersten gibt es jene Variationen, die zu visuellen Effekten führen. Bekannt sind zum Beispiel:

- Trevira 671 von Hoechst
- Fortrel T 761 von Celanese und
- Terylene 793 von ICI.

Diese Garne sind Mischungen weißer und schwarzer Filamente, die in texturierter Form in Wirkwaren verarbeitet werden und einen Flammeneffekt von Grau gegen die Farbe hervorrufen, wenn die Produkte hinterher gefärbt werden.

Viel mehr Spielmöglichkeiten bieten diejenigen Filamentmischgarne, die sich aus unterschiedlichen Polymeren oder Mischungen modifizierter Polymerer zusammensetzen. Beispiele sind Fortrel T 762 von Celanese und Trevira 674 von Hoechst — beide Mischungen aus basisch anfarbbaren Polyesterfilamenten und normalen Polyesterfilamenten — und Bytrece T 278 von Du Pont, das aus Polyester- und Polyamidfilamenten besteht. Mit diesen Produkten kann man geflammte Zweifarbeneffekte erreichen. Es sind sogenannte Bicolorgarne.

Auch für Teppiche werden Filamentmischgarne vielfach angewendet. Enka Glanzstoff bietet beispielsweise eine Mischung von Filamenten mit unterschied-

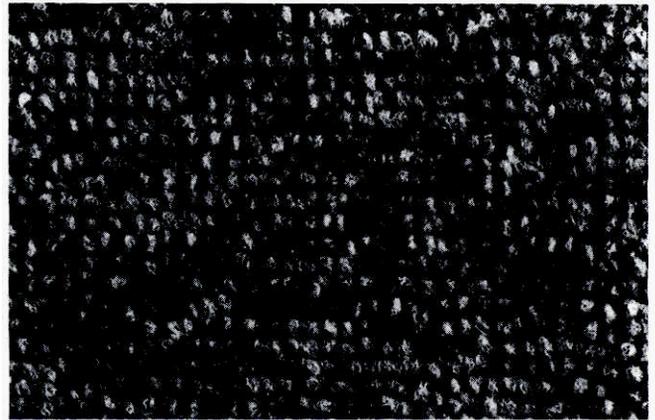


Abb. 4: Teppich aus Stria-Effektgarn

licher Farbauffinität unter dem Namen „Stria“ an (Abb. 4).

2. Griffeffekte — seidenartige Textilien

Eine andere Zielsetzung ist oft die Verbesserung des Griffes von textilen Flachengebilden. Auch dieses Ziel wird zum Teil mit Hilfe von Filamentmischgarnen angestrebt.

Hierfür sind bekannt:

- Diolen BC von Enka Glanzstoff, eine Mischung aus hoch- und niedrighschrumpfenden Polyesterfilamenten,
- Trevira 675 von Hoechst, ebenfalls ein Produkt aus Polyesterfilamenten mit unterschiedlichem Schrumpf,
- Dacron 239 von Du Pont und
- Tergal X 503 von Rhone Poulenc, aus Polyester und hochschrumpfenden Copolyesterfilamenten, sowie
- Qiana von Du Pont, aus Polyamid (PACM-12) und hochschrumpfenden Copolyamidfilamenten des gleichen Polyamids.

Die genannten Garne mit unterschiedlich schrumpfenden Filamenten führen zur Bildung kleiner Schlingen in den niedrighschrumpfenden Filamenten, was sich günstig auf den Griff auswirkt (Abb. 5). Man unterstützt diese Verbesserung des Griffes oft auch noch durch unrunde, vielfach dreieckige Querschnitte oder durch Mischungen von Filamenten mit unterschiedlichem Querschnitt. Diese Erzeugnisse, sogenannte Bichschrumpfgarne, sind als leicht texturierte Produkte anzusehen, die aber noch deutlich einen geschlossenen Filamentcharakter beibehalten. Sie werden sowohl im Gewebe- als im Wirkwarenssektor eingesetzt und geben dem Tuch einen seidenartigen Charakter.

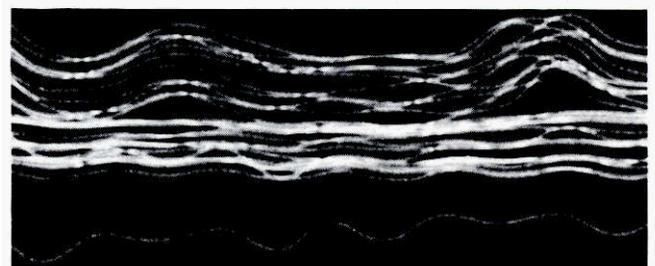


Abb. 5: Diolen BC, ein Bichschrumpfgarn

Wenn man sich weiter vom glatten Garncharakter entfernen will, kommen die faserähnlichen Filamentgarn-typen in Frage.

3. Griffeffekte – faserähnliche Garne

Diese Garnart trägt dazu bei, die günstigen Verarbeitungseigenschaften von Filamentgarnen mit dem dann und wann modisch oder physiologisch erwünschten Charakter und Griff der gesponnenen Fasergarne zu kombinieren. Dazu spinnst man Filamentmischgarne, die teils Filamente mit hoher Festigkeit und Dehnung, teils Filamente mit niedriger Festigkeit und Dehnung enthalten. Darüberhinaus werden die zuletzt genannten Filamente meistens mit einer niedrigeren Feinheit angewendet. Während der Herstellung der Garne, zum Beispiel beim Falschzwirnen, sind sie hohen Spannungen unterworfen, wodurch die „schwächeren“ Filamente teilweise zerbrechen. Durch Zwirnen oder Verwirbeln wird ein ausreichender Zusammenhalt der Garne erreicht.

Die Unterschiede zwischen den Filamenten werden sowohl durch Unterschiede im Polymerisationsgrad als auch durch Copolymerisation erreicht. Auch physikalische Strukturunterschiede zwischen den Filamenten, welche ein unterschiedliches Kraft-Dehnungsverhalten bewirken, sind verwendbar.

Produkte, die auf diesem Prinzip basieren (Abb. 6), sind zum Beispiel:

- Trevira 660 von Hoechst und
- Wondel von Teijin,

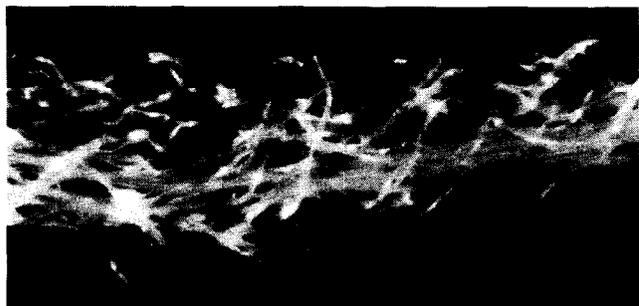


Abb. 6: Trevira 660-Garn

beides Mischgarne aus Polyesterfilamenten mit guter Festigkeit und Dehnung sowie mit zerbrochenen Polyesterfilamenten mit niedriger Festigkeit und Dehnung. Auch Hispun von ICI gehört zu dieser Kategorie.

Weil der Zusammenhalt gesponnener Garne nicht einfach zu realisieren ist, droht die „Pillgefahr“. Durch die Wahl geeigneter „spröder“ Copolymerer kann man diese Schwierigkeit beseitigen.

Ein anderer Weg zur Spinnfasergarnähnlichkeit führt über Garne mit herausragenden zusammengedrehten Schlingen. Dabei treten keine „Pilling“-Erscheinungen auf, weil keine freien Faserenden vorhanden sind. Wohl aber neigen diese Produkte etwas zum Verhaken in der Verarbeitung. Ein derartiges Produkt ist Diolen GV von Enka Glanzstoff (Abb. 7 und 7 a).

Ein Nachteil, der nahezu alle Filamentmischgarne mehr oder weniger bedroht, ist die „Zweischeinigkeit“. Was man in Bicolorgarnen als einen positiven Effekt

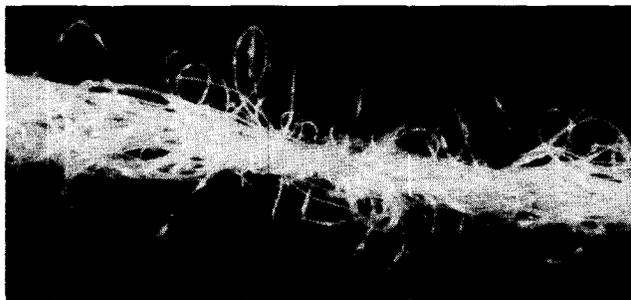


Abb. 7: Diolen GV-Garn



Abb. 7a: Diolen GV-Gewebe

ausnutzt, muß man in Bichrumpfgarnen und faser-garnähnlichen Garnen zu unterdrücken versuchen. Weil man es mit Mischungen von Filamenten entweder aus physikalisch oder aus chemisch unterschiedlichen Polymeren zu tun hat, ist es außerordentlich schwierig, genau die gleiche Anfärbbarkeit für beide Komponenten zu erhalten. Das wirkt sich in einer schwachen Zweischeinigkeit aus. Dies gilt besonders für Garne mit freien Faserenden; speziell wenn eine Komponente weniger verschleißfest ist, kann dies im Gebrauch zu deutlicher lokaler Zweischeinigkeit führen.

b) Gekräuselte Garne basierend auf der Asymmetrie in der physikalischen oder der polymerchemischen Struktur

Die nächste Gruppe umfaßt die Produkte, die nicht mechanisch, sondern physikalisch oder polymerchemisch „texturiert“ sind, mit der Absicht, Volumen und Deckkraft zu erzeugen. Hier treffen wir die bistrukturellen und die Seite an Seite angeordneten bikomponenten Chemiefasern an. Die wichtigste Anwendung finden sie im Stapelfaserbereich.

1. Bikomponente Fasern

Auf dem Gebiet der Synthesefasern sind es besonders Polyacrylnitriltypen, deren Kräuselung nicht mechanisch, sondern durch Anwendung von zwei Copolymeren mit unterschiedlicher Zusammensetzung, das heißt unterschiedlichen physikalisch-mechanischen Eigenschaften, erzeugt wird. Es sind also Bikomponentenfasern.

Als Beispiele können angeführt werden:

- Acrilan Biko-Typen von Monsanto; das sind Seite an Seite angeordnete Biko-Fasern, wobei die eine Komponente sauer und die andere basisch anfärbbar ist.

Weiter gibt es:

- Crilenka biko von La Seda de Barcelona,
- Orlontypen von Du Pont,
- Leacril BC von Montedison und
- Biko-Typen vieler anderer Hersteller.

Im Vergleich zu mechanisch gekräuselten Stapelfasern zeigen die Biko-Produkte oft eine stabilere Kräuselung mit höherem Erholungsvermögen, was sich besonders in Einsatzgebieten, wie Teppichen und Füllfasern, günstig auswirkt. Für letzteres Einsatzgebiet hat beispielsweise Du Pont eine Biko-Polyesterfaser, Dacron 767, entwickelt.

Im Filamentgarnbereich werden nur wenige bikomponente Fasern angeboten (Abb. 8):

- Cantrece von Du Pont, ein Biko-Garn aus einem Polyamid 66 und einem Copolyamid und
- Monvelle von Monsanto, aus Polyamid und Polyurethan, Seite an Seite gesponnen. Diese Typen werden in Strümpfen verwendet.

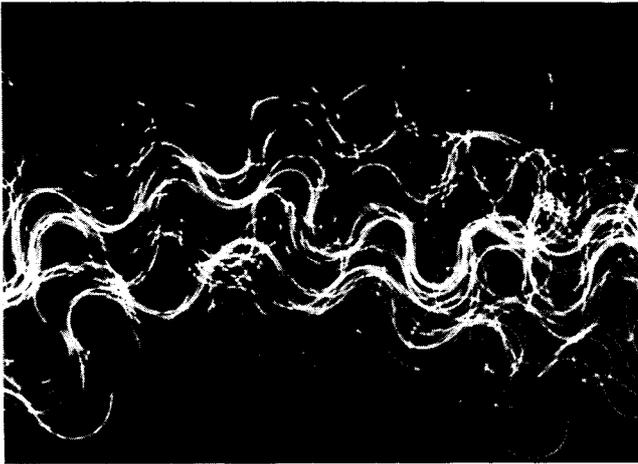


Abb. 8: Ein Bikomponent-Filamentgarn

2. Bistrukturale Fasern

Wie schon erwähnt, kann man die Erzeugung von Volumen und Deckkraft auch über bistrukturale Fasern erreichen. Schon sehr lange werden chemisch gekräuselte Viskosefasern verwendet — die Kräuselung ist auf strukturelle Unterschiede zurückzuführen —, die asymmetrisch über den Querschnitt verteilt sind. Fabelta hat eine neue, sehr schöne Teppichfaser aus Acryl mit bistrukturellem Aufbau entwickelt:

- Acribel Typ 370,

die sich vor allem in der Stückfärbung ausgezeichnet bewährt hat.

c) Garne mit Sondereigenschaften

Zum Schluß sei noch eine Gruppe genannt, bei der man über das Bikomponentenprinzip Sondereigenschaften hervorruft, die sonst schwierig zu realisieren sind.

1. Antistatische Garne

Am wichtigsten sind in dieser Gruppe die antistatischen Garne. Zum Teil werden sie als Mantel-Kern-

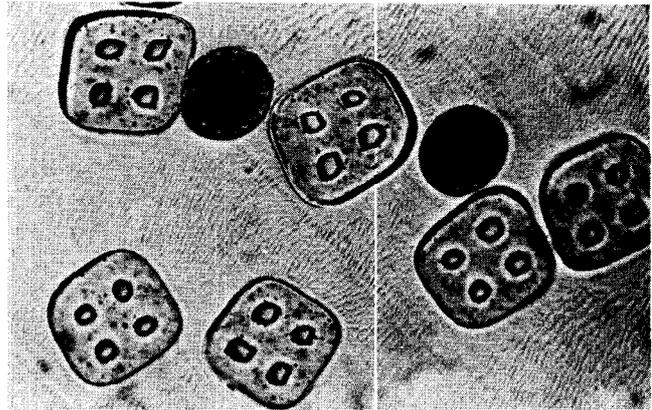


Abb. 9: Antron III, ein antistatisches Teppichgarn

Typ angeboten, wobei der Kern oder der Mantel beispielsweise mit Ruß leitend gemacht worden ist, wie das beim Teppichgarn Antron III von Du Pont (Abb. 9) der Fall ist. In der Praxis mischt man antistatische Filamente (1—3 %) mit normalen Filamenten.

Zum anderen Teil sind sie als Matrix-Fibrillen-Typ auf dem Markt, wobei die Fibrillen aus leitfähigen Polymeren bestehen, die an sich nicht fadenbildend zu sein brauchen, wie in Enka-Comfort von Enka-Glanzstoff (Abb. 10).

Obwohl sehr viele Typen angeboten werden, die dem Anschein nach auf dem gleichen Prinzip aufbauen, sind die antistatischen Eigenschaften ganz verschieden, da sie durch die Technologie und die Substanzen bedingt sind.



Abb. 10: Längsschnitt von Enka-Comfort-Filament (Matrix-Fibrillen-Typ)

2. Vliesstoffe

Andere wichtige Anwendungen von Bikomponentenstrukturen sind im Vliesstoffbereich anzutreffen. Colback, ein hochwertiger Teppichrücken von Enka Glanzstoff, und Cambrelle, ein Vliesstoff von ICI für Möbelstoffe, Vorhänge und dergleichen, werden aus Mantel-Kern-Fasern mit niedriger schmelzendem Mantel, der als Bindemittel wirkt, hergestellt.

3. Künstliches Sämischleder

Eine weitere interessante Anwendung des Matrix-Fibrillen-Biko-Typs wird von Toray auf den Markt gebracht. Durch das Entfernen einer der Komponenten bleiben sehr feine fibrilläre Fasern zurück, die ein dem Sämischleder ähnliches Produkt ergeben, das in Euro-

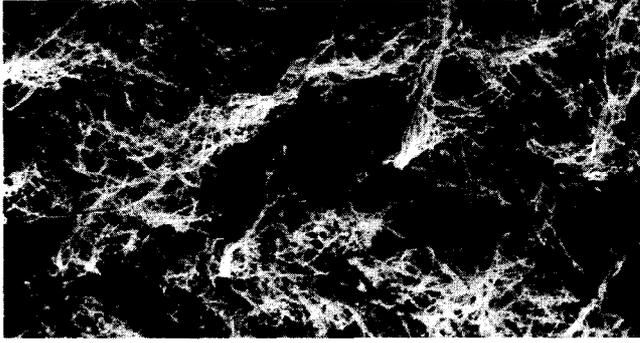


Abb. 11: Künstliches Sämischleder Alcantara

pa unter dem Namen „Alcantara“ angeboten wird (Abb. 11).

Auswertung der Produkte aus dem Füllhorn

Wir sind uns bewußt, daß wir viele Varianten und Produkte auf dem Gebiet der Chemiefaserlegierungen nicht erwähnt haben, aber aus Zeitmangel müssen wir uns beschränken. Eine Sache möchten wir aber noch kurz erwähnen: Bei der heutigen Lage der Chemiefaserindustrie sollten die Chemiefaserhersteller viel mehr als bisher daran denken, ihre Kunden nicht mit kostspieligen Versuchen zu belästigen, die den Erwartungen schließlich nicht entsprechen. Dies besagt, daß sie nicht nur ihre neuen Produkte sehr kritisch im eigenen Hause auf wirklich wirtschaftliche oder modische Fortschritte prüfen müßten, sondern auch versuchen sollten, ihren Kunden bei der richtigen Faserwahl behilflich zu sein.

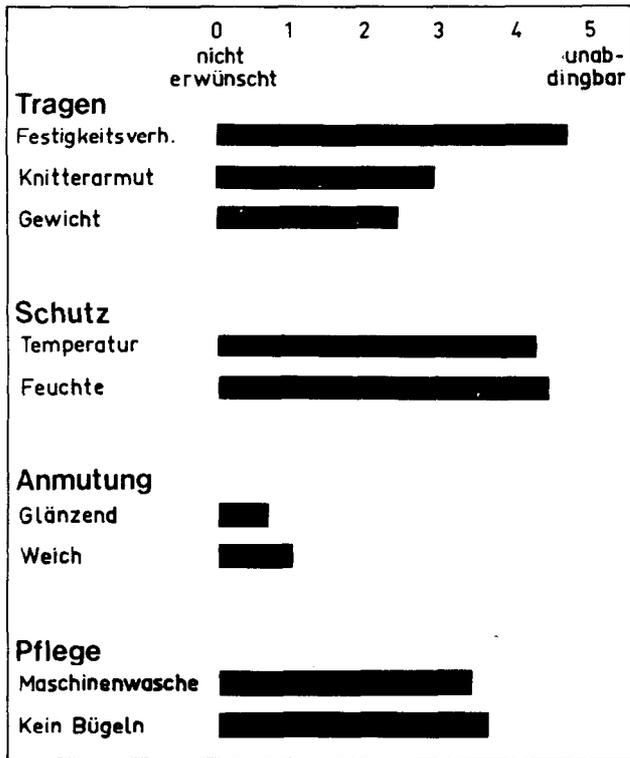


Abb. 12: Vereinfachtes Beispiel eines Anspruchsprofils

Die Enka Glanzstoff Textiltechnische Abteilung hat in diesem Zusammenhang eine Idee ausgearbeitet. Grundgedanke dabei war die von Prof. Dr. U. Koppelman, Direktor des Instituts für wirtschaftliche Warenlehre an der Universität Köln, stammende Auffassung, daß man erst dann von Leistung sprechen sollte, wenn ein Artikel bestimmten Ansprüchen genüge.

Einerseits hat man durch Befragung von Fachleuten und Laien die klaren Vorstellungen und das intensive Bedürfnis nach bestimmten Artikeln festgestellt und anhand der Antworten für die gewählten Verbrauchsbereiche Anspruchsprofile aufgestellt. Insgesamt werden 76 Anforderungen an eine Ware gestellt, die sich unter den Oberbegriffen:

- Tragen,
- Schutz,
- Anmutung und
- Pflege

zusammenfassen lassen. Ein vereinfachtes Beispiel gibt Abbildung 12.

Andererseits sind auch Leistungsprofile (Abb. 13) der wichtigsten Gewebekonstruktionen entwickelt worden.

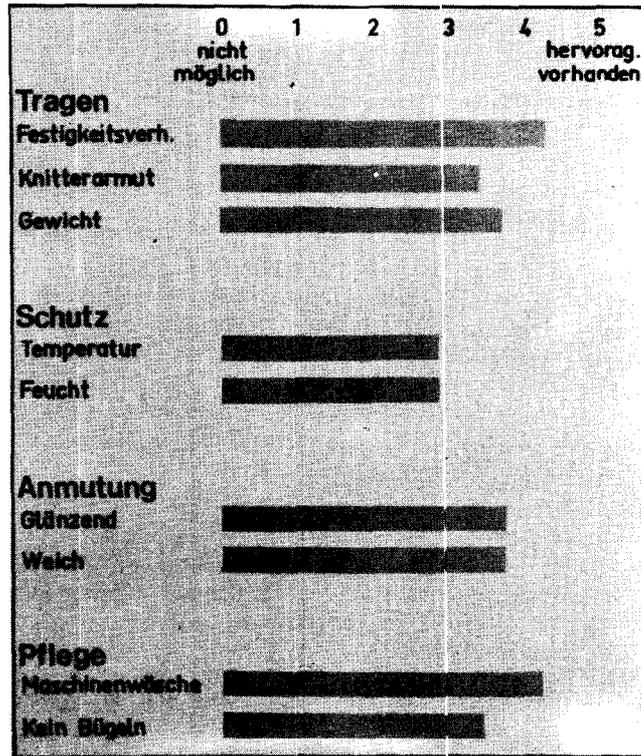


Abb. 13: Vereinfachtes Beispiel eines Leistungsprofils

Vergleicht man die beiden Profile, so läßt sich erkennen, inwieweit die Produktleistungen den Ansprüchen der Verbraucher genügen (Abb. 14).

Als Richtlinie für Neuentwicklungen ist besonders die Diskrepanz zwischen Anforderungen und Leistungen von Interesse. Für eine Auswahl vorhandener Produkte und Konstruktionen können die Profile eine optimale Annäherung an die Anforderungen erleichtern. Eine baldige Veröffentlichung dieser Methode ist vorgesehen.

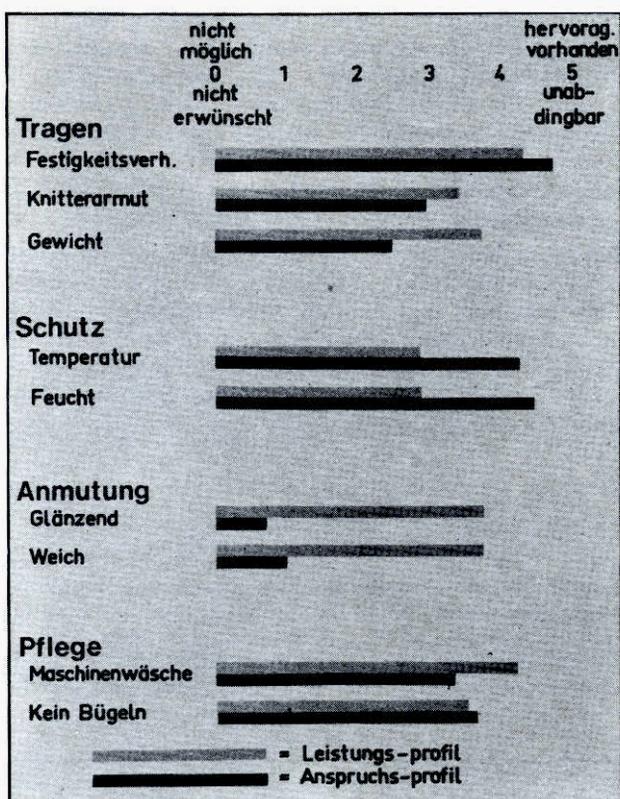


Abb. 14: Vergleich zwischen Anspruchsprofil und Leistungsprofil

Ausblick

Wenn wir uns nun die Frage stellen, wie sich die Faserlegierungen weiter entwickeln werden, dann sollten wir bedenken, daß nicht nur die Anforderungen von seiten der Verbraucher, zum Beispiel hinsichtlich Komfort und Variabilität, ständig wachsen, sondern daß auch zusätzliche Anforderungen von seiten der Behörden, wie zum Beispiel flammhemmende Eigenschaften, dazu kommen können.

Die Chemiefaserindustrie hat bis jetzt für all diese Anforderungen keine qualitativ und wirtschaftlich befriedigende Lösung zu bieten. Man denke beispielsweise an die Schwerbrennbarkeit der wichtigsten Synthefasern und an die elektrostatische Aufladung von Polyäthylenterephthalat.

Beim ständigen Bestreben der Chemiefaserindustrie die Leistungen ihrer Produkte weiter zu verbessern, bietet das Legieren von Polymeren und Fasern zusätzliche Möglichkeiten, Eigenschaften zu erzielen, die sonst nicht zu erreichen sind. Wir sind daher überzeugt, daß Faserlegierungen deshalb nicht nur einen bleibenden Platz im Angebot haben werden, sondern daß ihre Bedeutung noch größer werden wird. Das Ende dieser Entwicklung ist noch außer Sicht.

Wir hoffen, daß dieser Vortrag etwas dazu beitragen wird, die vielen Varianten zu klassifizieren.

Literatur:

- 1) W. Heim; Chemiefasern 21, 1037—1042 (1911)
- 2) M. Horio, T. Kondo; Text. Res. J. 23, 137—151 (1953)

3) G. Hofinger; Lenzinger Berichte 25, 52—57 (1968)

P. A. Koch; Ciba Rundschau 1, 2—11 (1974)

R. Jeffries; Ciba Rundschau 1, 12—11 (1974)

M. J. Denton; Ciba-Rundschau 1, 20—26 (1974)

O. Heuberger, A. J. Ultee; Lenzinger Berichte 38, 154—163 (1975)

Diskussion

Berger: In dieser Type ENKA-Comfort soll nach Ihrer Aussage kein leitendes Polymeres enthalten sein. Kann man etwas über Art und Anteil dieses Polymeren erfahren? Ist es einfach ein Polyäthylenoxid oder sind das andere Systeme?

van der Meer: Ich kenne die Details leider auch nicht. Ich weiß nur, daß es an sich nicht faserbildend ist.

Albrecht: Das Entscheidende bei diesen Produkten — so möchte ich sie ganz pauschal bezeichnen — ist nicht unbedingt die chemische Konstitution, sondern ist vielmehr die Verteilung. Ich möchte wirklich klarstellen, daß es eine Reihe von Chemikalien gibt, die diesen Effekt verursachen, daß aber das Know-how im wesentlichen in der Verteilung liegt; wir haben das im Haus gefunden. Da liegt wirklich der Kern des Antistatichmachens, und da wird er auch bei anderen Unternehmen liegen.

Dawczynski: Wie schätzen Sie die Entwicklungschancen dieser antistatischen Garne ein in bezug auf die verschiedenen Typen, nämlich die, die auf Basis von Polymermodifizierung bzw. die durch Ausriistung hergestellt worden sind, und zwar in bezug auf die Ökonomie und die Permanenz der antistatischen Eigenschaften?

van der Meer: Wenn man die Polymeren vor dem Spinnen mischt, wird man beim Waschen oder beim Tragen die antistatischen Eigenschaften kaum verlieren. Wenn man auf fertige Fasern eine Ausriistung aufbringt, hat man immer Schwierigkeiten, denn diese Eigenschaften gehen nach einigen Waschen oder auch nur durch das Tragen an der Luft verloren. Das ist eine zeitabhängige Reaktion.

Albrecht: Die Frage der nachträglichen Ausrüstung mit Chemikalien aller Art hat unseres Erachtens noch nicht zu der

- gewünschten Permanenz und

- zu den Gebrauchseigenschaften

geführt, die wir gesucht haben. Speziell hinsichtlich Vergraugung, Wiederanschmutzung oder abnlichem gab es eine Reihe offener Probleme. Die zweite Möglichkeit der Modifizierung durch Zusätze — Herr Dr. van der Meer hat auch davon gesprochen —, beispielsweise Stabl- oder Rußfasern in Teppichen, ist im Priurip irgendwo und irgendwann auch beschränkt. Wie wollen Sie weiße Berufskleidung machen, wenn Ihnen nur schwarze Fasern dafür zur Verfügung stehen? Die „Wolle“ kämpft seit eh und je mit den schwarzen Fasern. Stablfasern sind im Teppich, wenn sie gut eingebunden sind, in ihrer Gebrauchstüchtigkeit gar keine schlechte Lösung. Sie sind aber heute selten gut eingebunden, weil die Drehung locker gemacht wird, und dann gibt es Probleme; auch der Preis ist relativ hoch.

Wenn Sie all diese Überlegungen im Rahmen eines solchen Leistungsprofils, wie es Herr Dr. van der Meer zum Schluß angegeben hat, betrachten, so bleibt den Chemiefaserherstellern unserer Meinung nach kein anderer Weg übrig, als das Problem heute oder morgen tatsächlich durch antistatische Synthefasern zu lösen. Das wäre vielleicht die Antwort aus dem Bereich Forschungs- und Anwendungstechnik unseres Hauses.

Dawczynski: Ich teile hier vollkommen Ihren Standpunkt. Vielleicht noch eine Ergänzung zu dem Problem der Game mit visuellem Effekt. In welchen Bereich der feinen Titer, besonders in welche Kapillanzahl muß man bei Polyester oder bei Polyamid gehen, wenn man die grifflichen Effekte berücksichtigt?

van der Meer: Ich unterscheide zwei Gruppen. Da sind die Game mit zerbrochenen Faserenden, für die man dicke und dünne Filamente verwendet. Mit denen habe ich wenig Erfahrung. Mehr Erfahrung habe ich mit Garnen

mit Faserschlingen. Wenn man viele Schlingen, die stabil in der Struktur sitzen, haben will, sind viele Filamente, zum Beispiel 60 oder 70, notwendig. Mit 36 oder 24 Filamenten kann man nicht arbeiten. Für Garne mit lockeren Faserenden, zum Beispiel Trevira 660, ist mir die Zahl der Filamente nicht bekannt. Meiner Meinung nach müssen es aber doch ziemlich viele sein, um die lockeren Filamente gut in das Garn einzubinden, da es sonst Schwierigkeiten gibt, weil diese Enden sehr rasch nach außen treten und beim Verschleiß verloren gehen.

Albrecht: Herr van der Meer hat angeschnitten, daß man bei freien Faserenden mit dem Problem des Pillings zu kämpfen hat, es sei denn, man dreht hoch. Die Verwendung von Faserschlingen ist auch nicht problemlos, denken Sie nur an den Ablauf von der Spule. Wenn sie schöne Schlingen machen, stellen Sie interessanterweise eine Art Reißverschluß-Effekt fest, für den Sie auch wieder Abhilfe finden müssen.

Sinner: Welche Anspruchsprofile haben Sie bei Ihrem antistatischen Garn? Können Sie etwas zu der Größe sagen?

Albrecht: Das Anspruchsprofil, das wir uns seinerzeit für die antistatischen Garne gestellt haben, umfaßt etwa 20 Einzelbegriffe. Sie sind unterschiedlich intensiv bewertet worden, und zwar in Stufen von 1—10. Demnach wurde beispielsweise der Permanenz die Stufe 10 zugeteilt, ihr folgte die Anfärbung, die normal sein muß und die Stufe 6 erhält, gefolgt von der Gebrauchstüchtigkeit und Scheuerfestigkeit mit der Stufe 9, usw. Auf diese Weise kam das Profil zustande, das größenordnungsmäßig aus 20 Einzelbegriffen und 10 Stufen besteht. Wir wollen diese Aufstellung in absehbarer Zeit an einer Reihe von Beispielen veröffentlichen.

Gerade um dieses Thema haben wir uns speziell sehr bemüht, da wir glauben, daß es nicht mehr sein darf, daß man in der heutigen Zeit mit „Wunderartikeln“ auf den Markt geht. Man muß eine wesentliche Leistung von vornherein erbringen, die sich nach dem speziellen Enduse richtet. Der Chemiker wird so gezwungen, seine Arbeiten praktisch auf die Enduse-Gruppe einzustellen, was eine sehr harte Forderung an einen Forscher ist.

Berger: Noch eine Frage zur Trendeinschätzung der Modifizierung! Sie haben praktisch drei Modifizierungsmöglichkeiten angesprochen:

die Copolymerisation,

die Filament-Mischgarne und

die Sondertypen, wie die Bikonstituenten.

Ich würde Ihren Vortrag so interpretieren, daß Sie dem Filament-Mischgarn in der weiteren Entwicklung den Vorrang geben. Ist das richtig?

van der Meer: Ich weiß es auch nicht, wie die Entwicklung gehen wird, es ist schwierig, dies vorher zu sagen. In der Filamentgarnentwicklung haben wir bisher mit Bikomponentenfäden sehr enttäuschende Erfahrungen gemacht — bei Polyester und Polyamid haben eigentlich alle Copolymerere, die wir bisher gemacht haben, schlechtere mechanische Eigenschaften bzw. Wiedererholungseigenschaften als die Homopolymere —, sodaß ich persönlich bei den Mischgarnen mehr Möglichkeiten sehe. Bei Stapelfasergarnen hat man mit Bikomponentenfasern, zum Beispiel mit Acrylfasern, mehr Möglichkeiten.

Albrecht: Es ist äußerst enttäuschend für den Forscher, wenn man so ein Füllhorn vor sich sieht, sich bemüht, und der Erfolg bleibt versagt. Wir haben hervorragende Artikel gemacht, die sich in der Praxis einfach nicht entsprechend durchsetzen, denn die Marktlage ist im Augenblick einfach nicht zu übersehen. Die Bicore-Entwicklungen haben überall angefangen, von Vliesen für Hüte bis zu Strümpfen — also von Kopf bis Fuß — war alles da, aber der Erfolg war nicht entsprechend.

Hierzu ein kleines Beispiel: Wir versuchten in relativ großem Stil Schlafdecken mit sehr hohem Volumen zu entwickeln. Hierbei brachten aber die kleinsten Veränderungen innerhalb der Bikomponenten-Lage dem Deckenrauber echte Schwierigkeiten. Wenn es hundertprozentig richtig war, so war die Voluminösität phantastisch und von keinem anderen Produkt zu erhalten; ebenso nicht die Permanenz. Es gab aber eine Reihe von Problemen kleinerer Art, die die Chemiker der Anwendungstechnik zu lösen gaben, die aber nicht über diese Schwelle zum Erfolg kam. Eine ähnliche Erfahrung wurde mit den berühmten Binfasern gemacht. Wie viele Leute haben sich damit beschäftigt, und trotzdem finden sie heute nur eine ganz kleine Menge auf dem Markt.

Wie sieht es denn mit der Ablösung der Texturierung aus? Können wir sagen, daß die Texturiermaschine irgendwann einmal außer Betrieb genommen wird?

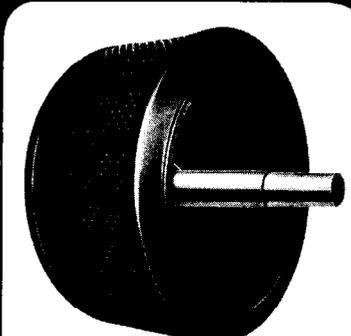
van der Meer: Nein, ich glaube es nicht. Wenn man Polymere physikalisch oder chemisch modifizieren will, dann sollte man es tun. Mit bistrukturellen oder bikomponenten Effekten in kontinuierlichen Filamenten hatten wir bisher wegen der Stabilität und des Erholungsvermögens wenig Erfolg. Wie das mit bistrukturellen Stapelfasergarnen ist, weiß ich im Augenblick noch nicht exakt. Man hat Möglichkeiten, aber die Stabilität ist auch hier mehr oder weniger ein Problem. Deswegen glaube ich, daß bei Filamentgarnen bis jetzt die beste Kräuselungsstabilität durch mechanische Prozesse erreicht wird, das heißt, daß für Falschzwirnmachines sicherlich noch Möglichkeiten offen stehen.

Albrecht: Sie empfehlen jedenfalls die Anschaffung guter Texturiermaschinen. Ich würde es auch empfehlen!

SEMBONIT®
Hartgummi

EROSTABIL®
Weichgummi

SEMPRONIT®
Kunststoff



® = Eingetragenes Warenzeichen

**Korrosionsschutz —
Erosionsschutz**

SCHUTZAUSKLEIDUNGEN
für Behälter, Wasseraufbereitungsapparate, Filtertrommeln, Gewürzautoklaven, Scheuertrommeln, Rohrleitungen, Ventile, Pumpen, Siebtrommeln.

SEMPERIT
Aktiergesellschaft
1041 Wien, Wiedner Hauptstr. 63
Werk: 4021 Linz, Eduard-Sueß-Str. 19

Eigenschaften von Polymermischungen und ihr möglicher Einsatz zur Faserherstellung

Professor Dr. Heinz Herlinger,
 Dr. Peter Hirt, Dr. Werner Koch,
 Dipl.-Chem. Hans-Peter Schaufler,
 Institut für Chemiefasern an der Universität Stuttgart,
 Stuttgart-Wangen

Ausgehend von chemisch einheitlichen Polymeren, wird der Einfluß der Mischung mit chemisch ähnlichen Polymeren auf die Materialeigenschaften untersucht. Die Änderung des mechanischen und des thermischen Verhaltens bei verschiedenartiger Kombination gleicher Polymergrundbausteine wird in der Reihe der Polyester diskutiert. Die Änderungen der morphologischen Struktur von Zweiphasensystemen bei unterschiedlicher Zusammensetzung und bei ungleichen Verarbeitungsbedingungen wird gezeigt. Es wird der Versuch gemacht, den Einfluß chemischer und thermomechanischer Eigenschaften von Mischkomponenten auf die Produkteigenschaften und auf die Bildung verschiedener morphologischer Strukturen herauszuarbeiten.

Beginning with polymeres of chemical uniformity, the influence of the mixture with polymers of chemical similarity on the properties of the resulting materials is studied. The change of the mechanical and thermal behaviour of different combinations of the same polymer building blocks is discussed in a serie of polyesters.

The change of the morphological structure of two-phase-systems of different compositions and conditions for making them is shown. It will be tried to show the influence of chemical and thermomechanical properties of the mixing components on the morphology.

Wie in den vorangegangenen Referaten gezeigt werden konnte, gibt es für die Herstellung einer Polymermischung verschiedene Möglichkeiten. In meinem Vortrag soll nur von der Extrusion von Polymermischungen die Rede sein.

Als Systeme haben wir hierzu ausgewählt:

Polyäthylenterephthalat/Polypropylen und
 Polyäthylenterephthalat/Polybutylenterephthalat.

Dr. von Falkai hat in seinem Referat bereits die Problematik der Unverträglichkeit zweier verschiedener Polymerer herausgestellt und die Schwierigkeiten einer molekularen Durchmischung auf Grund der Diffusionskoeffizienten und der kurzen Verweilzeiten im Extruder aufgezeigt.

Wir wollen nun einmal den gesamten Misch- und Extrusionsprozeß von zwei Komponenten anhand von Beispielen betrachten. Dabei sei es zunächst gleichgültig, ob die in die Polymerhauptmenge, das heißt, ob die in das später die Matrix bildende Polymere eingebrachte Substanz nieder- oder hochmolekular ist.

Als erstes Beispiel soll die Mischung eines Granulats A, beispielsweise Polyäthylenterephthalat, mit einem Granulat B aus Polyäthylenterephthalat und Deca-

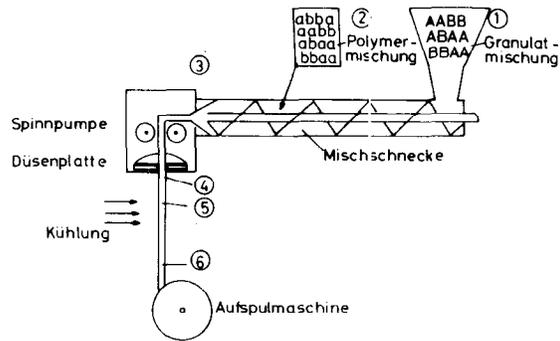


Abb. 1: Mischungs- und Entmischungszone bei der Extrusion von Polymermischungen

bromdiphenyläther betrachtet werden. Die mechanische Mischung der Granulate A und B erfolgt bereits vor dem Extruder. Nach dem Aufschmelzen im Extruder erfolgt in der Mischzone eine Vermischung von Polyäthylenterephthalat und Decabromdiphenyläther (Abb. 1).

Die innige Vermischung der Komponenten A und B in der Mischzone 2 ist durch a und b symbolisiert. Dabei kann b fest vorliegen, was beispielsweise bei Titan-dioxid oder reinem Decabromdiphenyläther (Schmp. 312 °C) der Fall ist. Die feinste Verteilung von B und A ist dann durch die eingesetzte Korngröße bestimmt.

Schmilzt die Komponente B in A, zum Beispiel unreiner Decabromdiphenyläther vom Schmelzpunkt 290 °C oder Polybutylenterephthalat (Schmp. 228 °C), so hängt der Verteilungsgrad im Extruder von den Mischbedingungen ab. Im Idealfall entsteht bei unverträglichen Polymeren eine molekulardisperse Mischung. Diese hat nun unter Umständen die Tendenz, sich wieder zu entmischen. Dies kann entweder am Extruderende, *in oder nach* der Spinnpumpe, nach der Düse oder im festwerdenden Faden erfolgen.

Daß sich bei der Einlagerung von Feststoffpartikeln in die Faser Eigenschaftsänderungen in unmittelbarer Nachbarschaft dieser Zweitkomponenten ergeben, ist selbstverständlich (Abb. 2).

Hierzu betrachten wir das System Polyäthylenterephthalat/Decabromdiphenyläther. Spaltet man die

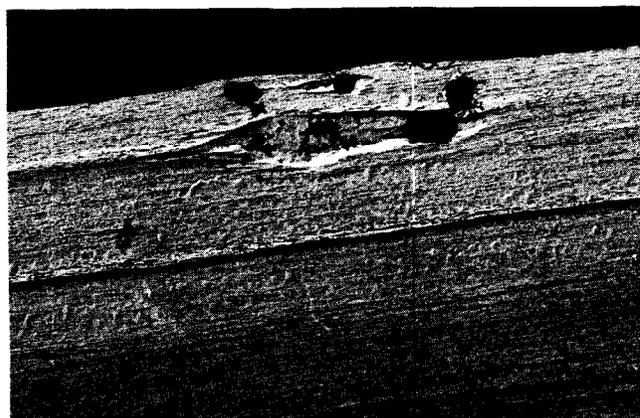


Abb. 2: Verteilung von nichtgeschmolzenen Feststoffpartikeln, Decabromdiphenyläther (Fp. 312 °C)

fertige Faser auf, so ist die Holraumbildung um die unlöslichen Partikel leicht zu erkennen (Abb. 3). Bei diesem Experiment betrug die Spinntemperatur 290°C, die mittlere Korngröße des Decabromdiphenyläthers 20 bis 50 µ und der Schmelzpunkt 312°C.

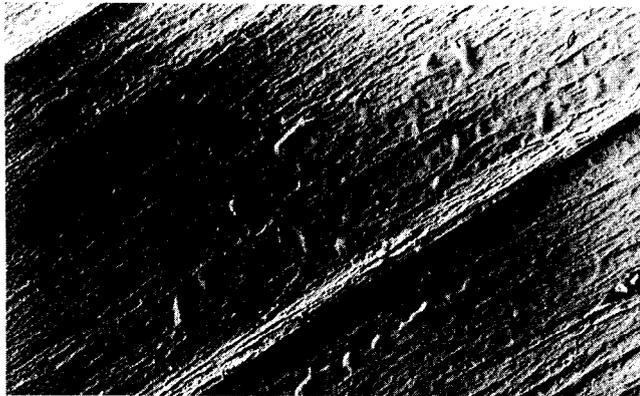


Abb. 3: Verteilung von Zweitkomponenten über die Schmelze „Decabromdiphenyläther“ (Fp. 295°C)

Verwendet man einen Decabromdiphenyläther vom Schmelzpunkt 295°C, so erfolgt die Mischung im Extruder über die flüssige Phase. Demgemäß ist die Verteilung im Faden völlig anders, und es treten keine so drastischen Strukturstörungen in der Dimension von 10 bis 50 µ auf¹.

Inwieweit sich durch die fein- bis molekular-disperse Verteilung im Matrixpolymeren dessen Struktur ändert, sei hier nicht diskutiert. Als Untersuchungsmethodik bietet sich hier die Röntgenkleinwinkelstreuung und die Röntgenfluoreszenzanalyse an.

Bei der Extrusion von zwei ineinander unlöslichen Komponenten bildet sich im Mischteil des Extruders eine mehr oder weniger feine Dispersion (Abb. 4).

Im folgenden sei die Extrusion einer Mischung von Polyäthylenterephthalat und Polypropylen diskutiert. Die 290°C-heiße Dispersion wird durch die Spinnpumpe auf die Düse gefördert. Nach dem Austreten des Polymerstrahls aus der Düse erfolgt die Abkühlung. Werden die Komponenten zu verschiedenen Zeiten

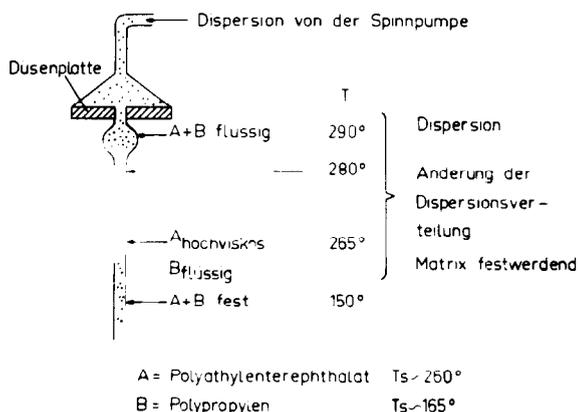


Abb. 4: Erstarrungsvorgang von Polymerdispersionen

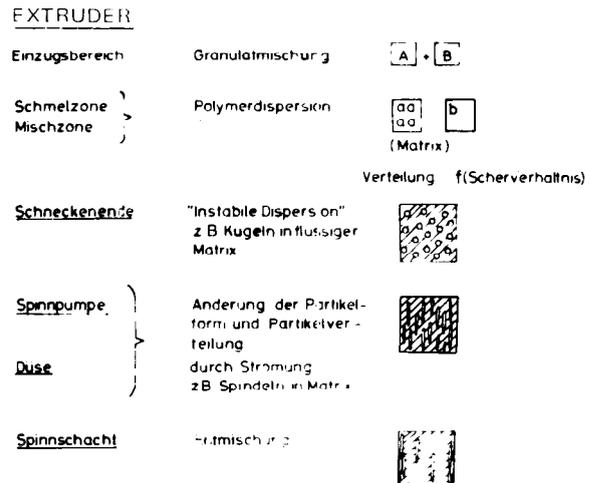


Abb. 5: Entstehung fibrillenartiger Strukturen aus fließenden, erstarrenden Polymerdispersionen (schematisch)

höherviskos und dann fest, so kann eine Änderung der Dispersionsstruktur erfolgen. Bei ca. 265°C ist das Polyäthylenterephthalat immer noch hochviskos, das heißt, die Matrix wird eben fest, und der dispergierten niederschmelzenden, niederviskosen Phase wird von der Matrix und deren Strömungsverhältnissen die Struktur aufgeprägt.

Betrachten wir nochmals ausführlicher die möglichen Verteilungszustände der Komponenten entlang des Verarbeitungsweges (Abb. 5).

Nach Aufgabe der Granulatmischung erhalten wir in der Schmelz- und Mischzone eine Polymerdispersion. Die Verteilung ist eine Funktion der Scherverhältnisse, der Schmelzviskositäten und möglicherweise der partiellen Verträglichkeiten. Am Extruderschneckenende liegt eine instabile Dispersion vor, beispielsweise flüssige Kugeln, die in der flüssigen homogenen Matrix dispergiert sind.

In der Spinnpumpe und in der Düse kann durch die Strömung eine Änderung der Dispersionsstruktur zu spindelförmigen flüssigen Teilchen in der Matrix erfolgen. Die Verteilung über den Querschnitt sei noch gleichmäßig. Unterhalb der Düse findet nun eine weitere Entmischung der unverträglichen Komponenten statt, wobei die niederviskose niederschmelzende Komponente nach außen gedrückt wird.

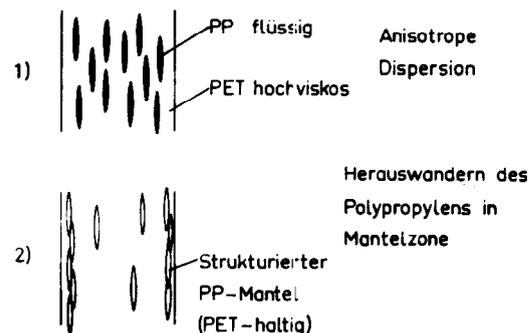


Abb. 6: Strukturbildung bei der Erstarrung einer PET/PP-Dispersion

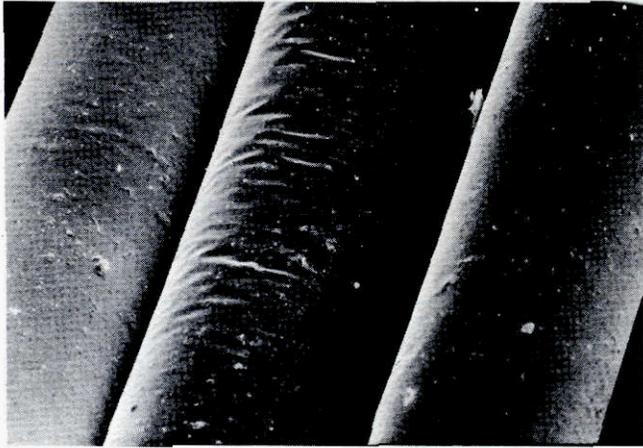


Abb. 1: Oberflächenstruktur von PP/PET-Mischfasern

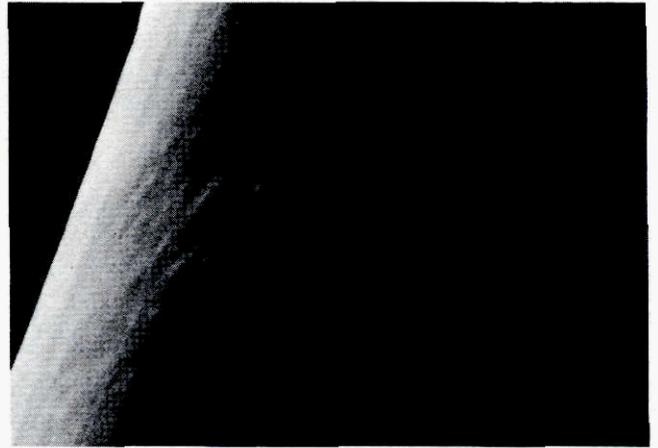


Abb. 9: PP/PET-Mischfaseroberfläche nach Xylolextraktion

Diese beiden zuletzt genannten Vorgänge sind in Abbildung 6 nochmals gezeigt. Beim Abkühlen wird zuerst das Polyäthylenterephthalat hochviskos, während das Polypropylen zunächst noch gleichmäßig im Polymerstrahl verteilt bleibt. Auf Grund der Strömung bildet sich eine anisotrope Dispersion aus. Beim weiteren Abkühlen wird das Polypropylen im Fasermantel angereichert.

Die Spinnntemperatur und die Abkühlgeschwindigkeit bestimmen nun, wie weit die Trennung der Komponenten und die Partikelvergrößerung der niederschmelzenden Komponente durch Zusammenfließen erfolgt.

Wie sehen die Verhältnisse nun in der Praxis aus?

Die Oberfläche einer Faser aus 5 % Polypropylen und 95 % Polyäthylenterephthalat zeigt ein Bild, nach dem man annehmen konnte, das Polypropylen würde eine geschlossene Hülle um das Polyäthylenterephthalat bilden (Abb. 7 und 8).

Nach der Extraktion mit Isopropanol, Wasser und Xylol erscheint die Oberfläche glatt mit durchscheinenden, kornigen Anhaftungen (Abb. 9 und 10).

Bei stärkerer Vergrößerung ist die Oberflächenstrukturierung zu sehen, die manchmal geschlossen erscheint. Sie kann aber auch eine rissige Struktur bei der verstreckten Faser annehmen (Abb. 11) oder bei



Abb. 10: Ausschnitt aus Abbildung 9



Abb. 8: Ausschnitt aus Abbildung 7, vergrößert



Abb. 11: PP/PET-Mischfaser, verstreckt

der unverstreckten Faser mehr kraterförmige Löcher an der Oberfläche aufweisen (Abb. 12).

Etwas außergewöhnlich, aber verständlich ist das Verhalten der Mantelstruktur. Schneidet man die unver-

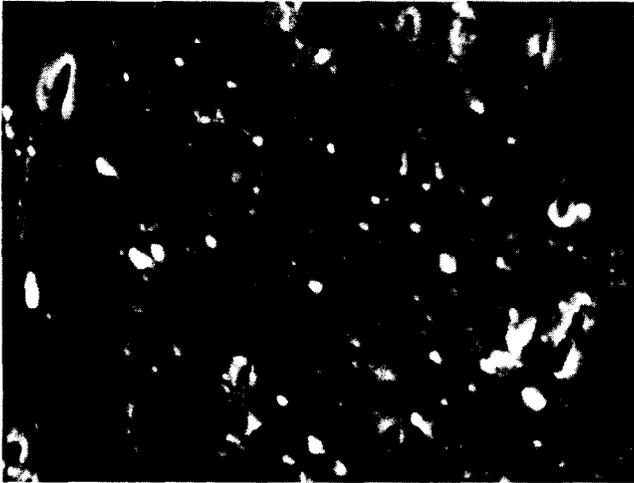


Abb. 12: PP/PET-Mischfaser, unverstreckt



Abb. 14: Ausschnitt aus Abbildung 13

streckte Faser mit einer Schere ab, so wird der Polypropylenmantel zusammengeschweißt (Abb. 13).

Details der Schweißstelle zeigt Abbildung 14. Hierbei handelt es sich um Fasern, die ohne Präparation hergestellt waren.

Unsere Untersuchungen zur Morphologie der PP/PET-Mischfasern sind noch nicht abgeschlossen, doch geben einige weitere Bilder und Versuche Aufschluß darüber, ob die eingangs diskutierten Überlegungen zur Strukturbildung richtig sind. Wird ein unverstreckter PP/PET-Faden (ohne Präparation) gerissen, so erhält man das hier gezeigte Bruchbild (Abb. 15).

Beim genaueren Hinsehen erkennen wir aus der Bruchstelle herausragende Stäbchen (Abb. 16).

Gelegentlich gelingt es, solche Stäbchen, von denen wir nun einmal annehmen, daß es sich um Polypropylen handelt, herauszupräparieren. Bei manchen Schnitten mit der Schere werden die PP-Stäbchen an der Quetschstelle aus dem Mantel herausgezogen (Abb. 17). Mit der Untersuchung der Morphologie der inneren Faserstruktur sind wir derzeit noch beschäftigt.

In den vorher gezeigten Bildern haben wir die unter-



Abb. 15: Bruchstelle einer präparierten, gerissenen PP/PET-Mischfaser



Abb. 13: Schnittstelle einer PP/PET-Mischfaser (Mantelverschweißung)

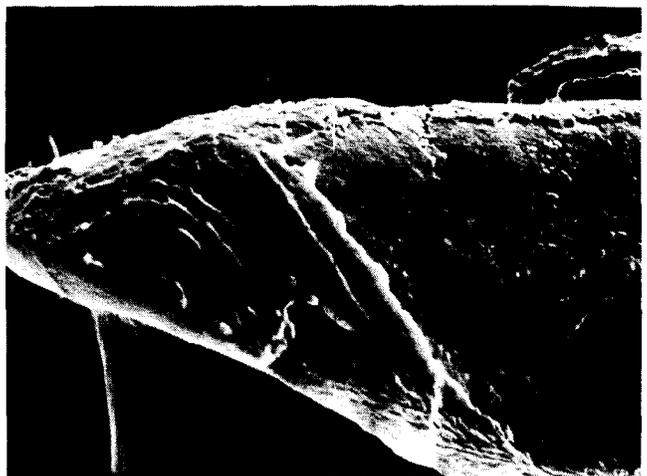


Abb. 16: Ausschnitt aus Abbildung 15; PP-„Fibrillen“ erkennbar

schiedliche Oberflächenstruktur gesehen. Auf Grund unserer Vorstellungen über die Polymerdiffusion wäh-

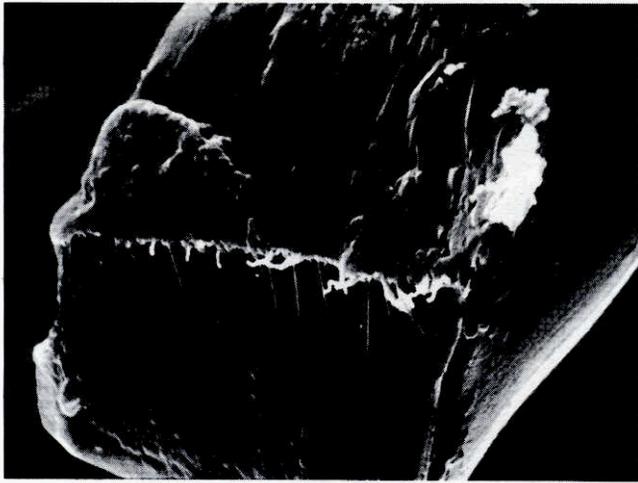


Abb. 17: Schnitt einer PP/PET-Mischfaser, PP-„Fibrillen“ erkennbar

rend des Abkühlvorgangs muß eine jeweils andere Düsentemperatur zu unterschiedlichen Entmischungsgraden und damit zu unterschiedlichen Oberflächenstrukturen führen.

Informationen über Verteilung und Form der beiden Polymerkomponenten im fertigen Faden liefern Versuche, bei denen das Polyäthylenterephthalat mit Hexafluorisopropanol herausgelöst wurde (Abb. 18).

Mit steigender Düsentemperatur von 270 bis 300°C erhält man nach dem Herauslösen des Polyäthylenterephthalats entweder ein Pulver oder unter scheinbarem Erhalt der Faserstruktur einen Schlauch, der ursprünglich den Mantel der Faser darstellte. Dieser

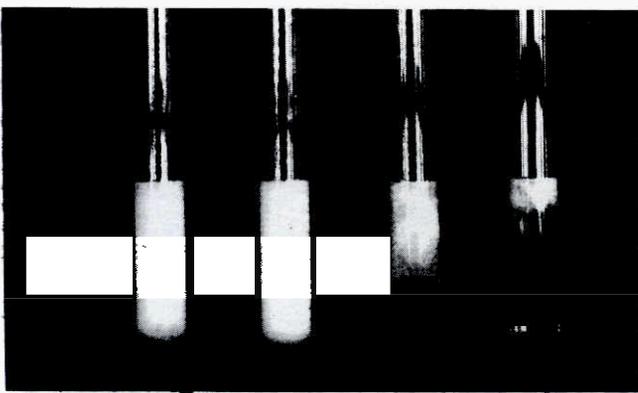


Abb. 18: Form von PP-Rückständen nach Herauslösen des PET mit Hexafluorisopropanol

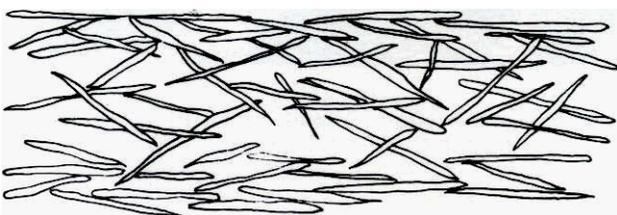


Abb. 19: PP-Schlauchnetz nach Extraktion einer PP/PET-Faser mit Hexafluorisopropanol

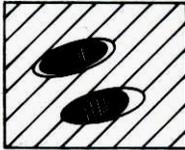
Mantel ist jedoch nicht geschlossen, sondern ein netzartiger Schlauch (Abb. 19).

Nach der DSC-Analyse handelt es sich um reines PP. Die Gesamtmenge des isolierten unlöslichen Polypropylens beträgt 83 % der eingesetzten Menge.

Vor Betrachtung der Farbeversuche eine kurze Erinnerung an die Problematik der unverträglichen Polymermischungen (Abb. 20).

Problematik

A) Flüssige Phase (Dispersionsstabilität)  oder 

B) Feststoff unverträgliche Grenzflächen innerer Hohlraum, fibrillierbar  $\alpha_A \neq \alpha_B$

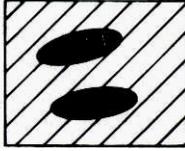
C) verträgliche Grenzflächen Anbindung kerbschlagzäh  $\alpha_A = \alpha_B$

Abb. 20: Mögliche Grenzflächenstrukturen von Polymermischungen

In flüssiger Phase kann eine mehr oder weniger feine Dispersion von B in A vorliegen. Die Verteilung von B in A hängt vom Unverträglichkeitsgrad, den Grenzflächenverhältnissen der dispergierten Phase und von vielen anderen Faktoren ab.

Im Feststoff werden unverträgliche Stoffe scharfe Grenzflächen ausbilden. Sind die thermischen Ausdehnungskoeffizienten verschieden, so erfolgt unter Umständen die Ausbildung innerer Hohlräume, und die Faser wird defibrillierbar. Die zuletzt genannte Eigenschaft kann Vorteile und Nachteile bringen. Auf jeden Fall splitten solche Fasern manchmal bis zur totalen Auflösung.

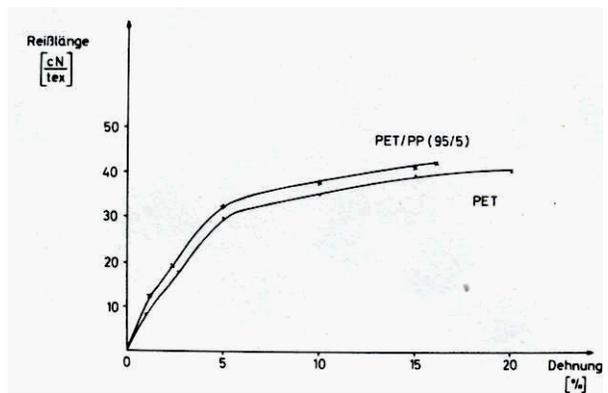


Abb. 21: KD-Diagramme von PET und PP/PET-Mischfasern

Liegen verträgliche Grenzflächen vor, das heißt, erfolgt eine Kopplung der Phase B an A, so werden die Produkte kerbschlagzäh. Gleiche Wärmeausdehnungskoeffizienten $\alpha_A = \alpha_B$ führen zu dauerndem Erhalt dieser Eigenschaft. Die textilmechanischen Daten des PET werden durch einen Zusatz von 5 % PP nicht allzusehr verändert (Abb. 21).

Nachdem uns die PP-Mantelstruktur aus den mikroskopischen Untersuchungen bekannt war, vermuteten wir zunächst Schwierigkeiten beim Färben. Der eingesetzte Testfarbstoff Resolinrot FB färbt PP nicht an, eignet sich jedoch zur HT-Färbung der PP/PET-Fasern (Abb. 22).

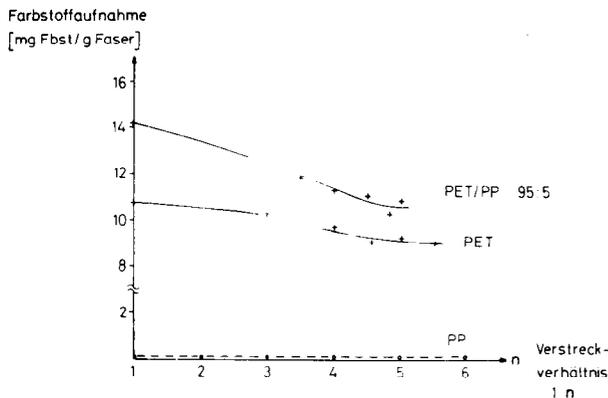


Abb. 22: Farbstoffaufnahme (Resolinrot FB) von PET/PP (95/5)-Fasern im Vergleich zu PET-Fasern und PP-Fasern

Bei sämtlichen Verstreckverhältnissen ist die Farbstoffaufnahme der PP/PET-Faser höher. Die Farbstoffaufnahme wurde durch Extinktionsmessung in Trichloressigsäure/Chloroform/Wasser kolorimetrisch bestimmt.

Das soeben vorgestellte System PP/PET ist sicher ein Extremfall zweier gegenseitig unverträglicher Polymerer.

Wir untersuchten deshalb anschließend ein System, bei dem die Komponente B dem Polyäthylenterephthalat A möglichst nahe verwandt war bzw. das System

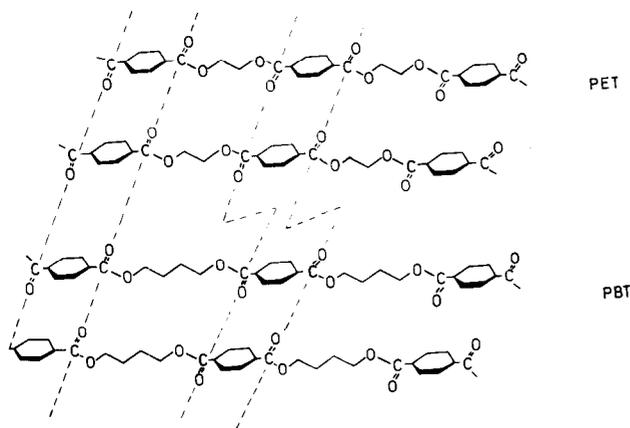


Abb. 23: Stereochemische Störung der Dipolabsättigung von Polyäthyl- und Polybutylenterephthalat

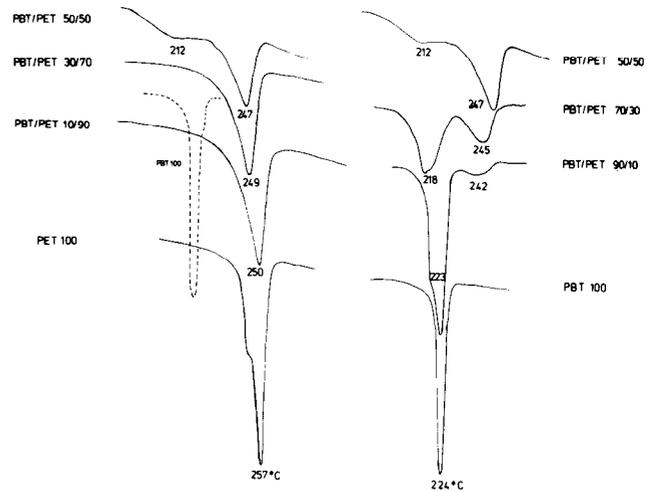


Abb. 24: Schmelzverhalten von PBT/PET-Mischungen in Faserform in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis (mittlere Verweilzeit im Extruder 15 Min.)

Polyäthylenterephthalat/Polybutylenterephthalat, im folgenden PBT/PET genannt.

Die Kohäsionsenergiedichte dieser Polymeren ist im Bereich der Aromatensegmente gleich und lediglich im aliphatischen Teil durch die unterschiedliche Länge der Methylenketten verschieden. Stereochemisch ist jedoch die Dipolabsättigung zwischen PET und PBT stark gestört (Abb. 23).

Eine Betrachtung der Kristallstruktur zeigt, daß sich der Unterschied zwischen PET und PBT im wesentlichen in der c-Achse ausdrückt³⁻⁵.

Betrachten wir zunächst einmal die Schmelzdiagramme der PET/PBT-Mischfasern. Sie wurden wieder durch Extrusion von Granulatmischungen hergestellt (Abb. 24).

Tritt keine Mischkristallbildung ein, so müssen die Schmelzpunkte beider Komponenten auftreten. Dies ist bei Anteilen von 100 bis 50 % PBT auch sichtbar. Nach unserer Meinung kann jedoch die Tatsache des Fehlens des PBT-Schmelzpeaks unterhalb 50 % nicht unbedingt als Kriterium für eine Mischkristallbildung gewertet werden⁶. Hier muß ein genaues Röntgenexperiment entscheiden, denn die beiden Kristallgitter unterscheiden sich wesentlich nur in der c-Achse. Erfolgt bei einer eventuellen Mischkristallbildung keine Gitteränderung, so ist eine Mischkristallbildung auf Grund der beiden ähnlichen Basisgitter schwer feststellbar. Die Schmelzwärme, die ein Maß für den kristallinen Anteil darstellt, nimmt nämlich für den PBT-Anteil bei einem Übergang von 100 bis 50 % rasch ab und ist dann nicht mehr meßbar (Abb. 25). (Bei extrem kurzen Verweilzeiten im Extruder erfolgt keinerlei Umesterung; dann sind die Schmelzpunkte beider Komponenten in jedem Molverhältnis nebeneinander erkennbar.)

Die Glasumwandlungspunkte eines derartigen Systems lassen sich mit Hilfe der thermomechanischen Analyse leicht bestimmen. Sie zeigen einen kontinuierlichen Gang mit dem Mischungsverhältnis. Trotz aller Bemühungen gelang es nicht, die Glasumwandlungspunkte von PBT und PET in PBT/PET-Mischungen nebeneinander zu registrieren. Dies heißt unter Um-

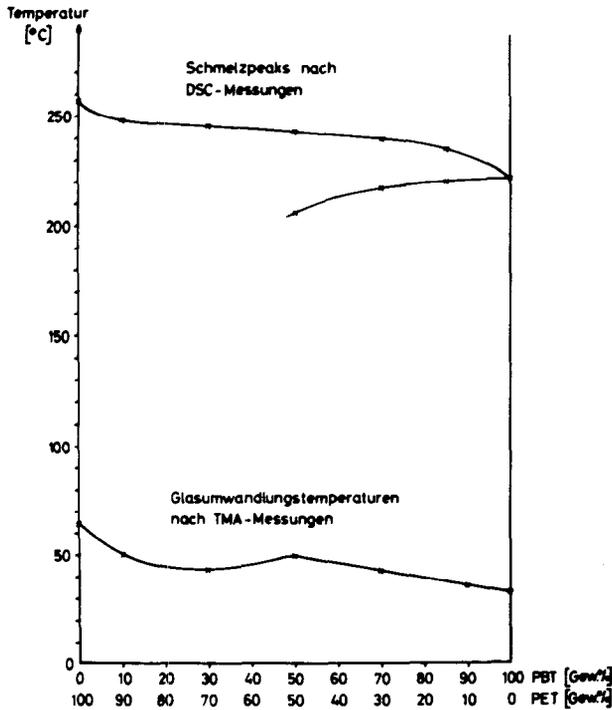


Abb. 25: Thermomechanische Analyse des Systems PBT/PET

ständen, daß eine gemeinsame amorphe Phase ausgebildet wird. Für die zu erwartenden textilmechanischen, vor allem aber für die zu erwartenden textilchemischen Eigenschaften von Fasern aus Polymermischungen ist die Zusammensetzung der amorphen Phase von entscheidender Bedeutung.

Prinzipiell müßte damit gerechnet werden, daß PBT und PET bei der Schmelzextrusion gegenseitig Umesterungsreaktionen eingehen (Abb. 26), da die Mischungen ja noch die Umesterungs- und Polykondensationskatalysatoren enthalten.

Um das Ausmaß einer eventuellen Umesterung zu untersuchen, wurde zunächst das PET und das PBT im Verhältnis 1 : 1 5 1/2 Stunden lang auf 270 °C erhitzt.

Der Schmelzpunkt wird durch Umesterungsreaktionen erniedrigt und sinkt hierbei auf 220 °C ab, während der Schmelzpunkt der gleichen Mischung nach einem Extrusionsprozeß bei ca. 248 °C liegt.

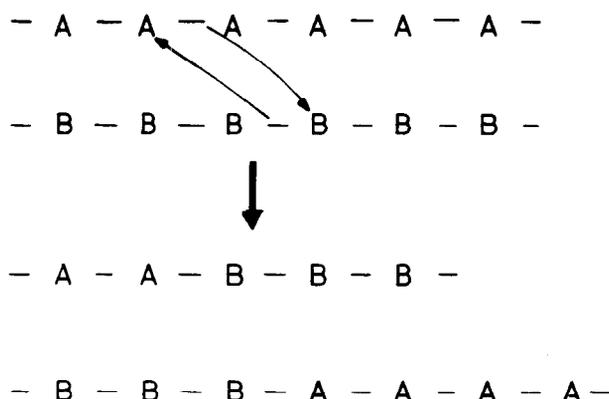


Abb. 26: Umesterung von Polyestermischungen (schematisch)

Die Schmelzeigenschaften der völlig statistisch aufgebauten Copolymeren können durch Synthese der Copolyester aus den Komponenten ermittelt werden.

Aus Abbildung 27 ist ersichtlich, daß die Schmelzpunkte der Copolyester stets unter denen der im Extruder verarbeiteten Polyestermischungen liegen. Die tatsächliche Zusammensetzung der durch Synthese hergestellten Copolyester kann leicht mit Hilfe der Kernresonanzspektroskopie bestimmt werden.

Vergleicht man die Schmelzpunkte normal extrudierter Polyestermischungen mit denen, die 5 1/2 Stunden „umgeestert“ wurden, aber auch mit jenen entsprechender Copolykondensate, so zeigt es sich, daß unter normalen Extrusionsbedingungen Umesterungen zwar stattfinden, daß die mittlere Verweilzeit im Extruder aber nur zu einem geringfügigen Umsatz führt.

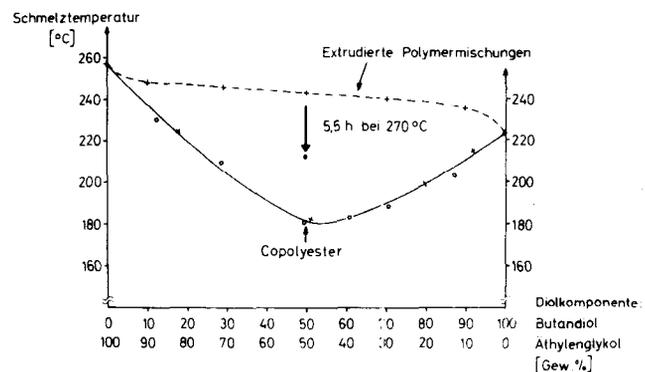


Abb. 27: Schmelzdiagramme vor. Polymermischungen (PBT/PET) und statistisch aufgebauten Polyäthylen-, Polybutylenterephthalat Copolyestern

Fäden aus PBT/PET-Mischungen zeigen bei einem Verstreckungsgrad von 1 : 5 den erwarteten Verlauf der KD-Diagramme, ohne daß sich mit dem Mischungsverhältnis die Dehnung oder die Festigkeit auffallend sprunghaft veränderte.

Der empfindlichste Indikator auf spezielle Strukturverhältnisse ist jedoch die Färbung selbst. Es zeigt sich, daß bei einem Mischungsverhältnis von PBT/PET 30:70 eine maximale Farbstoffaufnahme erfolgt.

Betrachten wir nun nochmals den T_g -Verlauf über die Mischungsreihe (Abb. 25), so sehen wir, daß beim T_g -Minimum im Mischbereich von 0 bis 50 % PBT die maximale Farbstoffaufnahme erfolgt.

Eine genauere Aussage, wie hier Farbstoffaufnahmegeschwindigkeit und Färbegleichgewicht mit dem T_g , mit der Kristallinität und mit anderen Faktoren korrelieren, kann erst nach weiteren näheren Studien des Systems gegeben werden.

Fassen wir die Ergebnisse der beiden untersuchten Systeme

Polyäthylenterephthalat/Polypropylen und Polyäthylenterephthalat/Polybutylenterephthalat zusammen, so ergeben sich folgende wesentliche Fakten:

1. Sind die Polymeren nicht verträglich, so beeinflussen sie im wesentlichen gegenseitig ihre Morphologie. Hierbei entsteht möglicherweise ein größeres

inneres Hohlraumvolumen, zumindest aber erfolgt eine Zunahme der Fibrillierneigung².

2. Sind die Polymeren einigermaßen verträglich, und unterscheiden sich ihre Baugruppen nicht allzusehr, so führt dies auch zu einer Änderung der Zusammensetzung der amorphen Phase mit allen textilchemischen Konsequenzen. Für die Entwicklung von Synthesefasern aus Polymermischungen ist von Bedeutung, daß die unterschiedlichen Verarbeitungstechniken der Rohstoffe, zum Beispiel die Copolykondensation von DMT, Äthylenglykol und Butylenglykol oder die Mischextrusion von PET und PBT, zu völlig verschiedenen Materialien führen.
3. Es gelingt — und das ist meines Erachtens das wesentlichste Ergebnis — unter Erhalt der textilen Eigenschaften der Ausgangspolymeren die textilchemischen Eigenschaften, wie zum Beispiel die Anfärbbarkeit, zu optimieren.

Literatur:

- 1) A. Gröbe und L. Meiszel; Institut für Chemiefasern, Stuttgart 1976, unveröffentlichter, interner Bericht
- 2) W. Jakob, Ch. Michels, H. Franz und W. Berger; Faserforsch. u. Textiltechn. **25**, 229 (1974)
- 3) S. Fakirov, E. W. Fischer und G. F. Schmidt; Makromol. Chem. **176**, 2459 (1975)
- 4) Z. Mencik; J. Polym. Sci. Polym. Phys., Edit. **13**, 2173 (1975)
- 5) U. Alter und R. Bonart; Colloid Polymer Sci. **254**, 348 (1976)
- 6) DOS 2,255.654 (1972) — General Electric

Diskussion

Berger: Mich interessiert das Problem der Migration. Wir haben auch ähnliche Effekte gefunden, nur möchte ich bezweifeln, daß eine Migration noch im Spinnstapel auftreten kann. Diese Migration des polymeren B kann doch nur im Düsenteil des Übergangs vom Scherfeld zum Dehnfeld vor sich gehen, weil anschließend durch den Temperaturgradienten und den Viskositätsgradienten im Faden eine Migration meines Erachtens unmöglich ist.

Herlinger: Ich habe unter „Spinnstapel“ den unmittelbaren Anschluß an die Düsenplatte verstanden. In den ersten 60 cm nach der Düse kann ja noch einiges passieren, sind wir uns darin einig?

Berger: Das ist schon fast zuviel.

Herlinger: Die Temperaturzufuhr hört spätestens an der Düsenplatte auf. Löseversuche haben gezeigt, daß sich die Struktur noch sehr stark mit der Temperatur der Düsenplatte ändert und daß bereits 30°C Temperaturdifferenz sehr unterschiedliche morphologische Strukturen liefern.

Berger: Ist von Ihnen der gesamte Fließprozeß untersucht worden, das heißt der Anteil der viskosen bzw. der viskoelastischen Komponente in der Mischung, speziell auch bei Ihrer Komponente B? Damit komme ich auch zu meinem zweiten Zweifel hinsichtlich des thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Sicherlich spielt er eine Rolle, doch Ihre Interpretation möchte ich bezweifeln. Ich glaube, es kommt bei dieser Temperatur vor allem darauf an, daß Adhäsivkräfte beide Komponenten knüpfen. 10 Å, das heißt also

die partielle Diffusion von Kettensegmenten, reichen aus, um eine feste Haftschrift zu ergeben. Wie würden Sie das sehen?

Herlinger: Der thermische Ausdehnungskoeffizient spielt in jedem Fall eine Rolle. Inwieweit eine Ankopplung erfolgt, ist eine Frage der Verträglichkeit der Komponenten. Wie die Komponenten überhaupt einander durchdringen, das heißt auch, wie sie diffundieren, ist etwas ganz anderes. Bei einer Ankopplung kann die Kontraktion der Phase B nicht erfolgen, aber bei zwei Komponenten, die sich miteinander nicht vertragen und die unterschiedlichste Wärmeausdehnungskoeffizienten haben, splittieren sie in zwei Teile auf.

Dietrich: Ich möchte nochmals auf die Migration zurückkommen. In einem Dia zeigten Sie eine gewisse Strahlaufweitung, die unterhalb der Düse eintritt. Im Prinzip kann die Migration aber erst unterhalb der Strahlaufweitung erfolgen. Der Faden kühlt sich jedoch in Bruchteilen von Sekunden ab, sodaß in diesem hochviskosen System anscheinend riesige Quermigrationsgeschwindigkeiten solcher Partikel vorliegen müssen. Wie ist das zu erklären?

Herlinger: Wir müssen zuerst Herrn Bergers Frage vorhin beantworten, welche Schmelzviskosität Polypropylen bei 300°C hat. Wenn sie extrem niedrig ist, ist dieser Vorgang auch extrem schnell.

Mit dem ganzen Problem der Schmelzrheologie haben wir uns noch nicht eingehend befaßt. Im wesentlichen ging es uns darum, zu zeigen, was man mit einem solchen System überhaupt erreichen kann, und das war eine Verbesserung der Anfärbbarkeit.

Rogovin: Das Ziel Ihrer Arbeiten war es offenbar, Fasern aus derartigen Mischungen zu schaffen, die durch Auflockerung der Struktur eine verbesserte Farbaufnahme erfordern. Wird die Wasseraufnahmefähigkeit auch vergrößert?

Herlinger: Das haben wir bis jetzt nicht gemessen.

Rogovin: Aber es muß so sein. Wenn die Struktur lockerer ist, muß einfach eine größere Wasseraufnahme stattfinden. Sehr interessant wäre es, das zu untersuchen.

Glauben Sie, daß eine Mischung von Polyäthylenterephthalat und Polybutylenterephthalat zweckmäßiger ist als zum Beispiel ein Copolymeres aus 2 Diolen durch Polykondensation herzustellen?

Herlinger: Das Schmelzverhalten wird aber in jedem Fall anders sein.

Rogovin: Das spielt keine Rolle. Die Verhältnisse sind wie bei Nylon 6 und Nylon 66, wo durch die zwei Komponenten der gesamte Schmelzprozeß einfacher wird.

Herlinger: Mit dem Copolymeren, das aus den drei Komponenten in einer echten statistischen Copolykondensation hergestellt wurde, ist überhaupt nichts anzufangen. Da liegen die Schmelzpunkte nämlich viel zu tief (siehe Abb. 27).

Rogovin: Da stimme ich nicht mit Ihnen überein, denn den Schmelzpunkt können Sie durch das Mengenverhältnis einstellen. Aus 75% Polyäthylenterephthalat und 25% Polybutylenterephthalat erhält man ein Copolymeres mit einem Schmelzpunkt von ungefähr 230 bis 250°C (siehe Abb. 27: 210°C). Das genügt. Dadurch werden die Spinnbedingungen verbessert, weil die Spinn temperatur erniedrigt wird. Das sind Vorteile und keine Nachteile.

Herlinger: Ein Copolyester mit 90% Äthylenglykol und 10% Butandiol besitzt einen Schmelzpunkt von 230°C.

Rogovin: Das ist gut, besser als 255°C, da bei niedrigerer Temperatur auch die Zersetzungsmöglichkeit herabgesetzt wird.

Herlinger: Polybutylenterephthalat und Polyäthylenterephthalat werden heute schon beide großtechnisch erzeugt. Warum sollte man noch eine dritte Polykondensation durchführen, wenn man mit der Mischung der Polymeren ein besseres Ergebnis bekommt?

Für das Spinnen ist die niedrigere Schmelztemperatur vorteilhaft, nicht jedoch für die Gebrauchseigenschaften der Fasern.

Rogovin: Man braucht ungefähr 4 Stunden für diesen Zweck. Die Durchführung ist so leicht.

Herlinger: Durch Mischen der beiden vorhandenen Polymeren, beispielsweise im Verhältnis 1:9, erhalte ich einen

Mischschmelzpunkt in der Größenordnung von 250 °C. Mache ich aber die Copolykondensation statistisch mit der gleichen Menge, erhalte ich 230 °C. Es ist doch eindeutig besser, wenn man einen höheren Schmelzpunkt hat und nur die technischen Produkte zu mischen braucht und nicht extra eine Polykondensation durchführen muß.

Rogovin: Da gibt es verschiedene Meinungen. Ich bin damit nicht einverstanden.

Herlinger: Ich habe schon darauf hingewiesen, daß man exakt darauf achten muß, daß die eingesetzte Butandiol/Äthylenglykol-Menge auch wirklich im eingesetzten Mengenverhältnis einkondensiert wird. Das ist nämlich auch nicht selbstverständlich, da das Butandiol bevorzugt abdestilliert. Wir müssen deshalb eine Komponente im Überschuß einsetzen und das Destillat nach der Polykondensation wieder auftrennen. Es gibt also bei der Polykondensation schon auch technologische Probleme, die zu berücksichtigen sind.

Rogovin: Sie haben Polyäthylenterephthalat mit Decabromdiphenyläther verwendet. Haben Sie ein schwerbrennendes, *unschmelzbares* Polymeres erhalten?

Herlinger: Der Zweck unserer Versuche war, durch Einspinnen von Flammenschutzmitteln schwerentflammbare Fasern zu erhalten. Wenn ich die Polyäthylenterephthalatfaser auf ein Glasfasergewebe aufnähe, um zu einem LOI-Wert — denn alles andere ist ja Brennverhalten — zu kommen, brauche ich 20 % Decabromdiphenyläther für einen LOI von etwa 27.

Rogovin: 20 %, also ungefähr 10 % Brom.

Herlinger: Das ist sogar noch mehr, denn Decabromdiphenyläther enthält 83 %.

Rogovin: Ach so, 15 % Brom müssen Sie einführen.

Herlinger: Sie brauchen 16 bis 17 % Brom, natürlich ist das Polymer nicht uneschmelzbar, denn sonst könnte man ja nicht schmelzspinnen.

Rogovin: Wenn es nicht brennt, aber schmilzt, ist das kein Vorteil, danke.

Riggert: Die Hohlräume betreffend, die sich zwischen den beiden Phasen bilden können, möchte ich darauf hinweisen, daß beim Abkühlen in jedem Filament ein Unterdruck entsteht, weil der Mantel zuerst erstarrt und dann erst der Kern.

Mit welchem Düsendurchmesser haben Sie gesponnen?

Herlinger: Mit 0,6 mm.

Riggert: Da dürften Sie also keine große Aufweitung unterhalb der Spinn Düse bekommen haben.

Herlinger: Das war auch nur schematisch angezeigt.

Riggert: Ich schließe mich der Meinung von Prof. Berger an und bezweifle, ob diese Anreicherung von Polypropylen in der Mantelzone wirklich erst unter der Spinn Düse stattfinden kann.

Herlinger: Ich bin gern bereit, diese Auffassung zu akzeptieren, wenn mir jemand die Mischungsverhältnisse im Extruder exakt nachweist, bzw. wenn er bei 290 °C unter den entsprechenden Scherhältnissen Proben entnimmt und mir sagt, wie die Struktur ist. Ich kann sie leider erst nach der Düse feststellen.

Riggert: Hätten Sie eine physikalische Erklärung für dieses Herauswandern? Welche Kräfte sind wirksam? Es kann keine Schwerkraft sein und auch keine Fliehkraft.

Herlinger: Wir haben auch hier Kohäsionskräfte, das heißt innerhalb des Polypropylens, man sollte sie nicht unterschätzen.

Dietrich: Wenn Sie mit der 0,6-mm-Düse gesponnen haben, ist der Spinnverzug sehr hoch. Auf Grund dieses hohen Spinnverzuges können dann solche Erscheinungen auftreten, und sie sind eher ein Deformationsproblem als ein Migrationsproblem. Bei normalen Schmelzspinnbedingungen haben wir solche Migrationen in keinem Fall beobachten können.

Herlinger: Haben Sie auch mit einem derart niedrigen Polypropylengehalt gearbeitet? Das ist nämlich das Problem dabei. Ich bin überzeugt, daß bei höheren Polypropylenanteilen auch eine Phasenumkehr stattfindet.

Dietrich: Meinen Sie, daß diese Phänomene nur auf einen so niedrigen Polypropylengehalt beschränkt sind?

Herlinger: Ich könnte mir denken, daß nur dann eine solche Entmischung so weitgehend erfolgen kann. Das läßt sich relativ leicht feststellen. Wir brauchen bloß 1, 2, 5 oder 30 % Polypropylen einzusetzen. Wir haben die Schmelzrheologie usw. aber gar nicht untersucht, das war ja auch nicht der Sinn meines Vortrags, sondern lediglich die Frage: Wie kann ich die Anfärbbarkeit durch Polymermischungen erhöhen? Und das ist gelungen.

Pabst: Wie erklärt man sich, daß das Polypropylen herausmigriert und, es ist fast ein Idealfall, daß man 95 % davon an der Oberfläche findet? Vielleicht darf ich die Frage umkehren — man hat ja bereits mit Niederdruckpolyäthylen gearbeitet: Welche Eigenschaften müßten die beiden Polymeren haben, um diesen Effekt oder dieses Phänomen besonders hervorzukehren? Im Fall von Polypropylen und Terephthalat sind sicher die Unterschiede im Schmelzbereich und in der Viskosität der Schmelze sowie die Unverträglichkeit der beiden Komponenten wesentlich. Beim Niederdruckpolyäthylen wäre vielleicht noch ein größerer Viskositätsunterschied vorhanden. Man könnte daraus schließen, wie sich diese beiden Polymeren voneinander unterscheiden.

Herlinger: Sie haben die wesentlichen Punkte schon angeführt.

- Unverträglichkeit ist die Voraussetzung, damit sich das System überhaupt entmischt bzw. damit sich die Komponenten nicht ineinander auflösen, sowie
- niedrige Schmelzviskosität an der Düse — dies behaupte ich so lange, bis mir jemand das Gegenteil beweist.
- Die Schmelzpunktdifferenzen liegen in unserem Fall in der Größenordnung von 120 °C. Eine Vorstellung über die Verteilung liefert Abbildung 9; Entstehungsgrund und Interpretation müssen derzeit spekulativ sein.

Die von Ihnen genannte Zahl von 95 % (richtig 83 %) bezieht sich auf das gesamte isolierte Netzwerk (vergleiche Abb. 19).

Ruzek: Sie haben auf die Bedeutung der Mischvorgänge beim ersten System Polyäthylenterephthalat/Polypropylen hingewiesen. Sie haben aber diese Problematik beim zweiten System Polybutylen-/Polyäthylenterephthalat nicht erwähnt. Heißt das, daß hier die Mischvorgänge keine Bedeutung haben?

Herlinger: Selbstverständlich auch dort, diese beiden Komponenten müssen von Haus aus eine bessere Mischbarkeit aufweisen. Die gesamte Morphologie dieses Systems haben wir nicht untersucht, denn das wäre zu aufwendig gewesen. Auch ist es äußerst schwer, eine vernünftige Kontrastiermethode bei zwei derart ähnlichen Substanzen zu finden.

Ruzek: Ich dachte in diesem Zusammenhang beispielsweise an das Schmelzspinnverhalten. Auch die Verweilzeit könnte dabei eine Rolle spielen, und die Umesterungsprozesse hängen sicher stark vom Mischungsgrad ab.

Herlinger: Wir brauchen bei der Herstellung einer homogenen Mischung — soweit dies möglich ist — zur Umesterung mehr als 5 1/2 Stunden (siehe Abb. 27). Wir erhalten schon bei einer mittleren Verweilzeit von 10 bis 15 Minuten im Extruder partielle Umesterungsreaktionen, weil ja die Katalysatoren noch vorhanden sind. Hingegen findet bei einer mittleren Verweilzeit von 15 Sekunden beim Kleinversuch im Alpine-Extruder kaum eine Umesterungsreaktion statt. Man hat also die mittlere Verweilzeit als Parameter zur Einstellung ganz besonderer Eigenschaften in der Hand. Das ist allerdings eine technologische Frage.

Topf: Wie sieht die Mischungsgleichmäßigkeit in Längsrichtung des Fadens aus? Denn das ist ja für die Anfärbbarkeit von Bedeutung! Ergeben sich da auf Dauer Differenzierungen?

Herlinger: Wir haben die Anfärbbarkeit zwar nur an der Stapelfaser untersucht, aber es gibt keine Probleme, sodaß ich überzeugt bin, daß selbst bei großen Spinnpartien Gleichmäßigkeit zu erzielen ist.

Schlack: Mich hat dieses Mikroremdfasersystem sehr interessiert. Wir haben seinerzeit eine Acetatseide unter Zusatz von CaCl₂-Lösung in Alkohol im Laborversuch hergestellt. Der Faden wurde hinterher in einer Feuchtigkeitsatmosphäre mit Äthylenoxid begast. CaCl₂ hat sich dabei

zersetzt. Es hat sich Äthylenchlorhydrin gebildet und CaOH. Dort wo das CaCl₂ saß, trat eine entsprechende Verseifung ein, und es entstand in der Acetatfaser ein Fremdfasersystem, das aus Zellulose bzw. aus Anteilen von niedrig acetyliertem Material bestand. Ergebnis: Man konnte diese äußerlich völlig unveränderte Faser mit z. B. Siriusrot homogen durchfärben, was ja sonst bei Acetat nicht möglich ist, denn normalerweise kann man nur den Mantel anfärben.

Herlinger: Es wird in Kürze in den „Chemiefasern“ eine Publikation von Dr. Dolmetsch erscheinen, in der das Einspinnen verschiedenartigster niedrigmolekularer Komponenten mit dem Ziel, bestimmte Fibrillenstrukturen zu erzeugen, beschrieben ist. Unter anderem wurde auch CaCl₂ zugesetzt.

Heinle: Bekanntlich wird der Umesterungskatalysator doch nach der Umesterung mit Phosphorverbindungen blockiert, das heißt, daß der eigentliche Umesterungskatalysator nicht mehr vorhanden ist.

Herlinger: Das ist so, wenn man daran glaubt, daß der Umesterungskatalysator und der Polykondensationskatalysator etwas Verschiedenes wären und daß die Phosphorverbindungen den Umesterungskatalysator wirklich blockieren würden. Eine auf diesem Gebiet durchgeführte Dissertation ergab, daß keine Adduktbildung zwischen Phosphorester und Umesterungskatalysator stattfindet.

Aus der Literatur ist bekannt daß die Phosphorverbindungen in Polyester — es handelt sich meistens um Phosphorester von Phenolen — bei dieser Temperatur Phenol abspalten und Phosphorsäure bzw. Salze saurer Phosphorsäureester bilden. Diese Phenole verhindern aber bei dieser Temperatur u. a. auch die Zersetzung.

Mit Ihrem Zusatz an Metallkatalysatoren wollen Sie ja die Zersetzung — ich möchte nicht Autoxidation sagen — generell verhindern, wenn Sie bei der hohen Temperatur in die Polykondensationsphase gehen. Durch das andere Anion — Austausch von Acetat gegen Phosphat — wird der Umesterungskatalysator desaktiviert (Arbeiten von Zimmermann u. a.).



WASSERSTOFFPEROXID

IN ALLEN
HANDELSÜBLICHEN
KONZENTRATIONEN

UND FÜR ALLE ANWENDUNGSGEBIETE

ANWENDUNGSTECHNISCHE BERATUNG

ÖSTERREICHISCHE CHEMISCHE WERKE

GESELLSCHAFT M. B. H.

WIEN 15., MARIAHILFER GÜRTEL NR. 39
POSTANSCHRIFT: A-1151 WIEN, FACH 57



Beitrag zur Kenntnis der Art und Verteilung von Oligomeren in Polyesterfasern

Paul Kassenbeck und Dr. Horst Marfels
 Institut für angewandte Mikroskopie, Photographie und Kinematographie, Karlsruhe-Waldstadt

Thermodynamische Aspekte sowie die Behandlung von Polyäthylenterephthalatfasern in chlorierten Kohlenwasserstoffen führen zu dem Schluß, daß gewisse Oligomertypen in der Faser lokal angereichert vorkommen müssen. Zur Klärung dieser Frage wurden an verstreckten und unverstreckten PETP-Fasern gezielt Untersuchungen unter verschiedenen Behandlungsbedingungen (Trockenerhitzung, Hydrothermalbehandlung, Quellung in Perchloräthylen und Dichlormethan bei tiefen Temperaturen) durchgeführt und die dabei auftretenden Erscheinungen mittels licht- und elektronenmikroskopischer Methoden dargestellt. Die ausgeschiedenen Oligoester wurden teils auf thermische, teils auf kristallographische sowie auf chromatographische Weise identifiziert. Während die cyclischen Trimeren gleichmäßig über die Gesamtfaser verteilt sind, scheinen insbesondere solche Oligoester, deren Schmelzpunkte unter dem des Polymeren liegen, lokal gehäuft aufzutreten. Die auf Grund der Quellungserscheinungen postulierte Hautstruktur konnte mittels Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie nachgewiesen werden.

Thermodynamical aspects and the results of treatment of polyethylene-terephthalate fibres in chlorinated hydrocarbons lead to the conclusion that some types of oligoesters are locally concentrated in the fibre. For clarification of this question, stretched and unstretched PETP-fibres have been subjected to various conditions of treatment (dryheating, hydrothermal treatment, swelling in tetrachloroethane and methylene chloride at low temperatures) and the produced effects have been studied by light- and electron microscopic investigations. The separated oligoesters have been partly analyzed by thermal, crystallographic and chromatographic methods. The cyclic trimere shows a homogeneous distribution on the whole fibre surface after different treatments whilst other types of oligoesters especially those — the melting point of which is below the melting point of polymer — have a tendency to be more locally concentrated along the fibre. Local swelling which is observed on fibres treated in hydrocarbon solvents is attributed to osmotic pressure arising from the presence of a skin structure on the fibre surface. Such a structure has been demonstrated to exist by transmission and scanning electron microscopic techniques.

1. Einführung und Problemstellung

Über den störenden Einfluß der niedermolekularen Bestandteile (Oligomere) in Polyesterfasern bei textilen Verarbeitungsprozessen ist wiederholt und ausführlich berichtet worden¹⁻¹¹. Der Schwerpunkt dieser Arbeiten liegt hauptsächlich bei der Untersuchung der sogenannten cyclischen Trimeren (Cyclo-tris-äthylenglykol-terephthalat). Wenn auch der Anteil dieser Verbindung im Vergleich zum Gesamtoligomerengehalt (1,3—4,0 % des Fadengewichts^{8, 10, 12, 13, 14}) sehr hoch ist (68 % nach Dugal¹⁵ und Lang, Markart¹²; 90—95 % nach Kusch¹⁶), sollte man überlegen, ob es in allen Fällen zulässig ist, auf Grund der Analyse eines Oligomertyps auf die Wirkung der Gesamtheit der niedermolekularen Verbindungen zu schließen.

In der folgenden Tabelle (Tabelle 1) sind die wichtigsten Oligoesterarten mit Angaben über die Eigenschaften der einzelnen Typen zusammengestellt.

Nach einer neueren Analyse¹² verteilt sich der Dioxan-gesamtextrakt eines normal verstreckten PES-Endlos-garns von 1,5 % des Fadengewichts nach säulenchromatographischer Trennung wie folgt auf die einzelnen Komponenten:

c [G—T] ₂	1,0 %
c [G—T] ₃	76,9 %
c [G—T] ₄	10,4 %
c [G—T] ₅	4,8 %
c [G—T] ₆	3,8 %
lineare Typen	1,0 %
	<hr/> 97,9 %

Je nach thermischer und mechanischer Vorgeschichte des Garns sowie nach der Größe des Fasertiters können die Ergebnisse zum Teil erheblich voneinander abweichen^{37, 16, 27, 38, 13, 11}. In der Praxis, beispielsweise in der Spinnerei, treten nicht selten Fälle auf (Knotenbildung, Dickstellen, vermehrte Fadenbrüche), bei denen zwischen gut- und schlechtlaufenden Partien scheinbar keine Korrelation zu den ermittelten Oligomergehalten besteht, obwohl lokal an den Dickstellen der Garne stark vermehrte Oligomere exsudate zu finden sind. Es erheben sich deshalb folgende Fragen:

- Sind die nach Art und Eigenschaft unterschiedlichen niedermolekularen Verbindungen in den Fasern homogen und feindispers verteilt oder nicht?
- Kann man einen Oligomertyp für alle Schwierigkeiten, die auf Oligoester zurückzuführen sind, verantwortlich machen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden Versuche angestellt, die darauf abzielten, die Ausscheidung der Oligomeren systematisch unter verschiedenen Bedin-

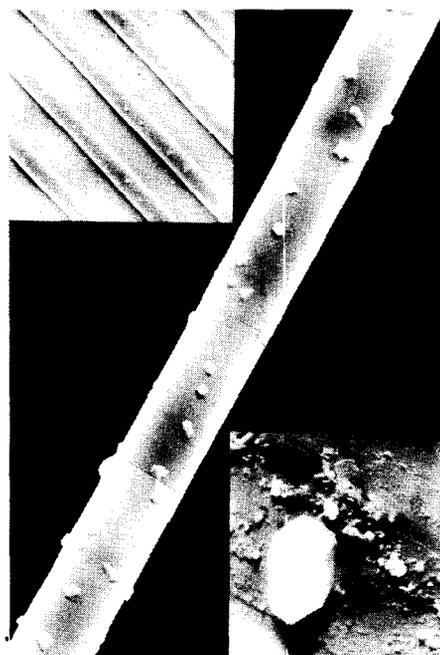


Abb. 1: REM-Aufnahme einer 15 min bei 215°C trocken erhitzten PES-Faser (Faserdurchmesser: 22 µm)

gungen (Temperatur, Mobilisierungsphase, z. B. Quellungs-
mittel) mit Hilfe licht- und elektronenmikroskopischer
Methoden phänomenologisch zu verfolgen und sie, soweit
möglich, unter Zuhilfenahme von Standardsubstanzen zu
identifizieren.

2. Experimenteller Teil

2.1. Trockenerhitzung von verstreckten PES-Endlosfasern

Bereits Fester und Küppers²⁴, Zahn und Kusch²⁵, von der Eltz et al.¹⁰, Kusch und Böhm³⁷ u. a. stellten fest, daß sich im Verlauf der
thermischen Behandlung von PES-Fasern kristalline
Substanzen nachweisen lassen, die als Oligoester
identifiziert werden können.

Um eine Aussage über deren Verteilung längs der
Faserachse zu erhalten, wurden verstreckte (1:1,5)
Polyesterfäden unter leichter Spannung auf kleine
Metallzylinder gewickelt und nach einem vorgegebe-

nen Programm (15' bei 185, 195, 205, 215, 225, 235,
245 °C) in einem Ofen trocken erhitzt. Die Abkühlung
erfolgte in Luft.

Die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung der
so behandelten Proben zeigt folgendes (Abb. 1 und 2):

Bei 185 °C ist die Faseroberfläche bis auf wenige feinste
Kristalle praktisch noch unverändert. Bei 195 °C er-
scheint eine große Zahl kleiner, teilweise bereits hexa-
gonal ausgebildeter Kristalle auf der Oberfläche, da-
neben finden sich wenige längliche und buschige Kri-
stallformen. Ab 205 °C erkennt man gleichmäßig über
die Faser verteilt fast ausschließlich hexagonale Kri-
stalle (c[G-T]₃), deren Größe ab 215 °C bis 225 °C
stark zunimmt. Bei dieser Temperatur bereits — und
noch mehr bei 235 °C — treten zusätzlich an gewissen
Stellen gehäuft undefinierte, fladen- und klumpen-
förmige Gebilde auf, die auf andere Oligoester hin-
weisen. Bei 245 °C schließlich ist die Faseroberfläche
wieder frei von jeglichen Ablagerungen.

Tab. I
Oligoester

Typ	Formel ^{x)}	n	MG ^{xx)}	D [g/cm ³]	F [°C] [*]	Krist. Form	R _F ^{†)}	therm. Verh. ^{††)} Löslichkeit	Literatur
cyclische	c[G-T] _n	2	384,3	1,456	224-229	hexag. Prismen monoklin	0,77(A) 0,75(C)	175°C(U) ≈190°C (Subl.) in Dioxan, TCA, Aceton ll.	17,18,19,20,21,12
		3	576,5	1,38	314-327	rechteck. Plätt- chen, hexagonale Säulen	0,65(A) 0,68(C)	195-200°C (U), 275°C (Subl.) in Dioxan l., in DCM, Chlf., ll.	22,21,23,24,25,17, 26,19,12,13,6,27, 11,28
		4	768,7		324-331	Stäbchen, Leisten	0,56(A) 0,61(C)	288°C (U) in TCA, DCM, DMF l.	17,25,21,23,26,19, 12
		5	960,9		249-264	Kurze, dicke Na- deln	0,40/ 0,48(A) 0,53(C)	in Dioxan, DCM ll.	17,25,21,19,12,28
		6	1153,0		304-306	lange, dünne Na- deln	0,45(C)	in TCA, Dioxan wl.	17,25,19
		7	1345,2		238-240	Nadeln	0,38(C)	in TCA, Dioxan l.	17
		lineare Diöle	H-[G-T] _n -GH	1	254,2		107-110		0,26(B) 0,71(C)	in H_{2}O, A. ll.	29,28,30,31,32,33, 35
2	446,4				170-176		0,32(B) 0,75(C)	in H ₂ O l., in Dioxan ll.	29,28,30,17,31,32, 33,35
3	638,6				200-210		0,37(B) 0,80(C)	in Dioxan ll.	29,28,30,17,31,32, 33,35
4	830,8				211-220		0,42(B) 0,84(C)	in Dioxan l., in DMF ll.	29,28,30,31,32,33, 35
5	1022,9				218-225		0,84(C)	in Dioxan l., in DMF ll.	28,30,31,35
lineare Dicarbon- säuren	HO-T[G-T] _n -OH	1	358,3		300-(360)	Plättchen	0,23(D)	in Dioxan wl.	29,28,31,30
		2	550,5		276-286	blattartig	0,31(D)	in Dioxan l.	29,28,17,31,30
		3	742,6		268-276	blattartig	0,35(D)	in Dioxan l.	29,28,17,31
		4	934,8		252-264	kugelig	0 (D)	in Dioxan l.	28,31,35
		5	1127,0		233-236	granulatartig			28,35
lineare Hydroxy- carbon- säuren	H[G-T] _n -OH	1	210,2		175-178			in Dioxan l.	29,28,35
		2	402,3		200-210			in Dioxan l.	29,28,30,35
		3	594,5		219-223			in Dioxan l.	29,28,30,31,34

x) Kurzschreibweise nach Zahn und Krzikalla (36)
G = -(CH₂)₂-O- (Glykolrest); T = $\begin{matrix} \text{C} & \text{H}_4 & \text{C} \\ \parallel & & \parallel \\ \text{O} & & \text{O} \end{matrix}$ (Terephthalsäurerest)

xx) MG = Molekulargewicht

*) Streubereich der Literaturangaben

†) Dünnschicht-Chromatographie auf Kieselgelplatten, Fließmittel A = Chloroform/Äther,
B = Chloroform/Äthanol, C = Dioxan/Benzol, D = Äthanol/Triäthylamin/Glykol

††) TCA = Tetrachloräthan, DCM = Dichlormethan, Chlf = Chloroform, DMF = Dimethylformamid, A = Äthanol, l = löslich,
ll = leichtlöslich, wl = wenig löslich, U = Kristallumwandlung, Subl. = Sublimation.

Oligomer - Austritt bei Trockenerhitzung

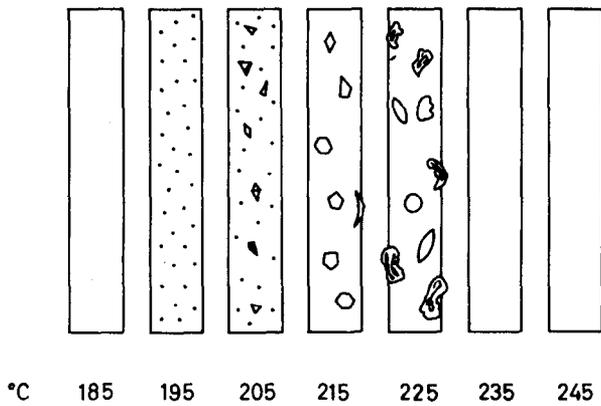


Abb. 2: Schematische Darstellung der einzelnen Versuchphasen bei Trockenerhitzung

2.2. Hydrothermische Behandlung von PES-Endlosfasern

Nachdem derartige Untersuchungen in Zusammenhang mit dem Problem der Oligomerenabscheidung während des Färbens besonders wichtig sind, liegen dazu bereits zahlreiche Veröffentlichungen vor^{39, 40, 41, 37, 6, 16, 10, 9, 38}. Nach einer Arbeit von Kusch und Böhm³⁷ treten bei hydrothermischer Behandlung von thermofixierten PES-Fasern mehr Oligomere aus als aus nicht fixierten. Um möglichst drastische Ergebnisse zu erhalten, wurden auch bei dieser Arbeit thermofixierte, verstreckte Fasern gewählt.

Dazu wurden je 25 g Fasern zusammen mit 200 ml destilliertem Wasser in einem Autoklaven jeweils eine Stunde bei 120, 140, 160 und 180 °C erhitzt und dann auf Raumtemperatur abgeschreckt. Die Fasern sowie

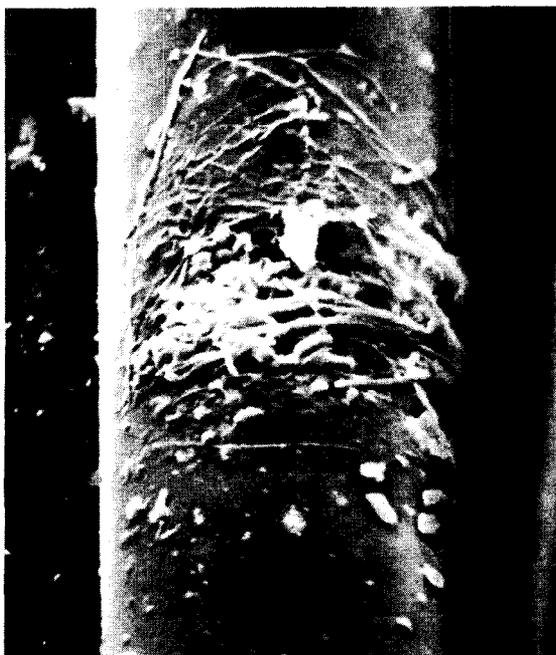


Abb. 3: PES-Faser nach Hydrothermalbehandlung 1 h bei 140 °C (Vergrößerung: 1800:1)

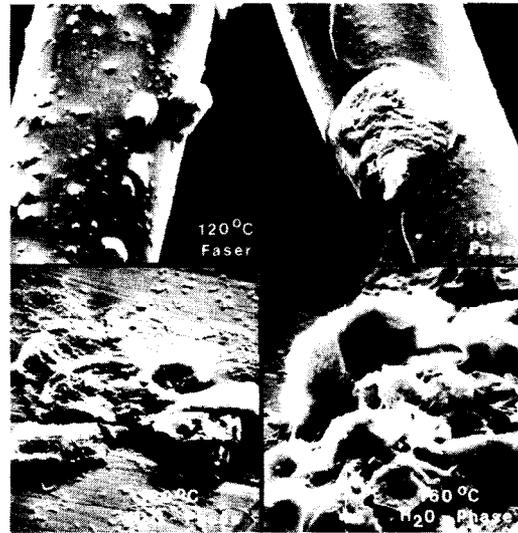


Abb. 4: Vergleich zwischen Faseroberfläche und H₂O-Extrakt von PES-Fasern (Faserdurchmesser = 29 µm), die 1 h lang bei 120 und 160 °C hydrothermal behandelt wurden

die H₂O-Extrakte wurden anschließend getrennt rasterelektronenmikroskopisch untersucht.

Während die Oberfläche der bei 120 °C behandelten Fasern mit zahlreichen größeren und kleineren, sehr regelmäßig hexagonal geformten Kristallen (c[G—T]₃) überzogen war, enthielt die wässrige Phase neben unregelmäßig ausgebildeten Kristallaggregaten kugelige, blättchenförmige sowie leistenförmige Kristalle, die auf Grund dünnschichtchromatographischer Prüfung vermutlich höhere cyclische sowie lineare Oligoester repräsentieren (siehe Abb. 4).

Nach Hydrothermalbehandlung bei 140 °C fanden sich auf den Fasern neben cyclischen Trimeren nunmehr an bestimmten Stellen gehäuft lange Kristallnadeln (Abb. 3), die auch im eingetrockneten H₂O-Extrakt neben einigen ideal gebauten c[G—T]₃-Kristallen gefunden wurden. Nach H₂O-Behandlung bei 160 (Abb. 4) bzw. 180 °C fanden sich auf den Fasern ausschließlich

Oligomer - Austritt bei Hydrothermalbehandlung

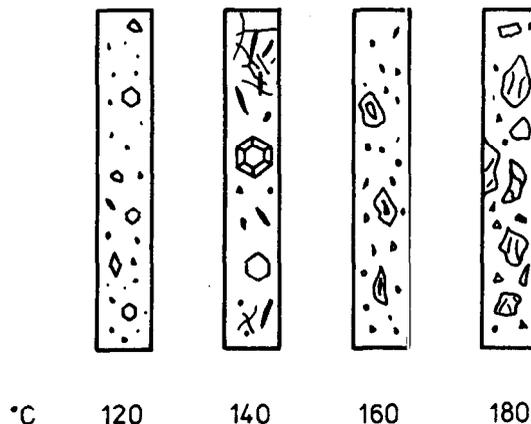


Abb. 5: Schematische Darstellung der einzelnen Versuchphasen bei Hydrothermalbehandlung

klumpen- und fladenförmige Exsudate, während der entsprechende Sumpf neben cyclischen Trimeren eine Vielzahl weiterer, zumeist cyclischer Oligoester enthält.

Abbildung 5 vermittelt einen Überblick über die erhaltenen Ergebnisse.

2.3. Quellungsverhalten in chlorierten Kohlenwasserstoffen

Die Wechselwirkung zwischen Polyäthylenterephthalatfasern und chlorierten Kohlenwasserstoffen ist sehr vielfältig, die Literatur zu diesem Thema äußerst umfangreich^{42-51, 37, 16, 27, 13, 11, 12}. Die Mehrzahl der Oligoestertypen ist in diesen Medien sehr gut löslich. Andererseits üben chlorierte Kohlenwasserstoffe auf das Polymer sowohl einen plastifizierenden als auch einen kristallisationsfördernden Einfluß aus, sodaß Diffusionswege für niedermolekulare Bestandteile geschaffen werden.

Unter der Vielzahl der Lösungsmittel scheinen insbesondere zwei zur Untersuchung der Oligomerenverteilung in Polyesterfasern geeignet zu sein:

- das Tetrachloräthylen und
- das Dichlormethan.

Das erste wegen seiner praktischen Bedeutung in der Lösungsmittelfärberei und in der Chemischreinigung, das zweite wegen seiner günstigen thermodynamischen Eigenschaften im System Polyester/Oligoester (siehe Brederick et al.¹³).

2.3.1. Einwirkung von Tetrachloräthylen bei tiefen Temperaturen

Bei polarisationsoptischen Voruntersuchungen an parallel auf Objektträgern gespannten PES-Fasern, die bei Raumtemperatur in Kontakt mit Tetrachloräthylen waren, wurden nach vielen Stunden an Faserstellen, die sich zuvor allein durch Gangunterschiede in der Doppelbrechung auszeichneten, Verdickungen festgestellt. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels konnten auf den Fasern feinste, stark doppelbrechende Kristalle beobachtet werden.

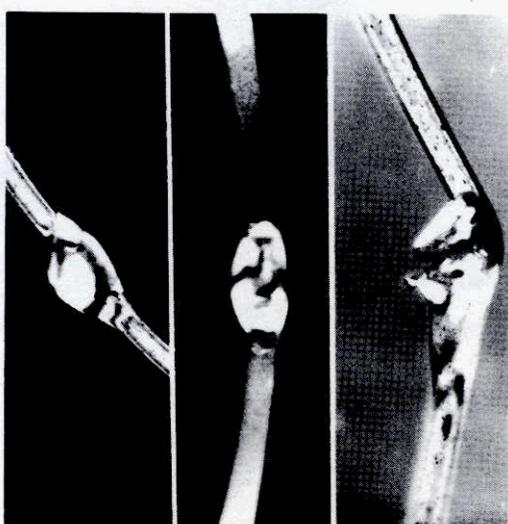


Abb. 6: Lokale Quellung an PES-Fasern nach Behandlung mit Tetrachloräthylen bei -10°C (lichtmikroskopische Aufnahmen; Faserdurchmesser: $-20\ \mu\text{m}$)

Ausgehend von diesen Beobachtungen und unter Ausnutzung der Tatsache, daß gewisse organische Flüssigkeiten bei tiefen Temperaturen infolge Hemmung des Kristallisationsvermögens eine stärkere Quellung hervorrufen als bei höheren Temperaturen⁵², wobei offensichtlich die Glasumwandlungstemperatur unter die Behandlungstemperatur absinkt^{52, 53, 44}, wurden die weiteren Versuche bei Temperaturen unter 0°C angestellt.

Behandelt man verstreckte Polyesterfasern zum Beispiel 48 Stunden lang bei -10°C in Perchloräthylen, so werden diejenigen Stellen, die zuvor in polarisiertem Licht nur als feinste Strukturstörungen im Polymergefüge zu erkennen waren, zu keulen- bzw. mehr oder weniger kugelförmigen Quellungsbauchen aufgebläht, wie es die Abbildungen 6 und 7 im Original zeigen. Die Quellung kann bis zum Platzen der äußersten Faserschichten führen (vergl. Abb. 6 und 8).



Abb. 1: REM-Aufnahme eines „Quellungsbauches“ nach Behandlung mit Tetrachloräthylen bei -10°C (Vergrößerung: 1600:1)

Je nach der Art der Fehlstelle lassen sich verschiedenartige Quellungsbilder beobachten, die in Abbildung 8 den zugehörigen polarisationsoptischen Erscheinungsbildern bei nichtgequollenen Fasern gegenübergestellt sind. Fehlstellen in Gestalt feiner Quer- oder Schrägstreifen in der ungequollenen Faser machen sich nach der Quellung oft als nur nach einer Seite ausgedehnte Verdickungen bemerkbar.

Tragt man nun die bei den einzelnen Behandlungstemperaturen ($+20, 5, -10, -15^{\circ}\text{C}$) in Tetrachloräthylen ermittelte Anzahl an Quellungsstellen pro Faserlängeinheit (in Metern) auf (Abb. 9), so erhält man eine Kurve, die etwa gegen -20°C konvergiert. Zwar sind die Quellungserscheinungen bei -5°C am deutlichsten ausgeprägt, das heißt die Quellungsbauche sind hier am dicksten, die Zahl der erkennbaren bzw. von den übrigen Fehlerstellen differenzierbaren Quel-

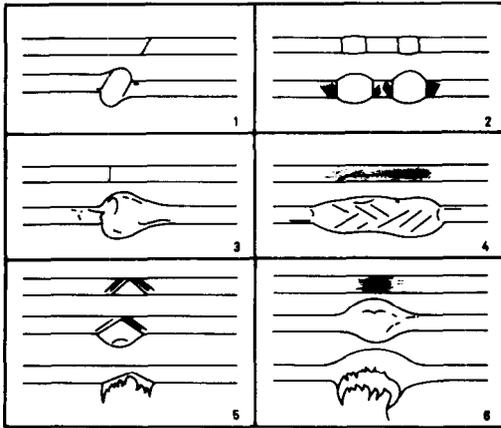


Abb. 8: Schematische Darstellung der an PES-Fasern nach Behandlung mit Tetrachloräthylen bei -10°C beobachteten Quellungsformen (oberer Bildteil: jeweils Fehlstelle vor der Quellung)

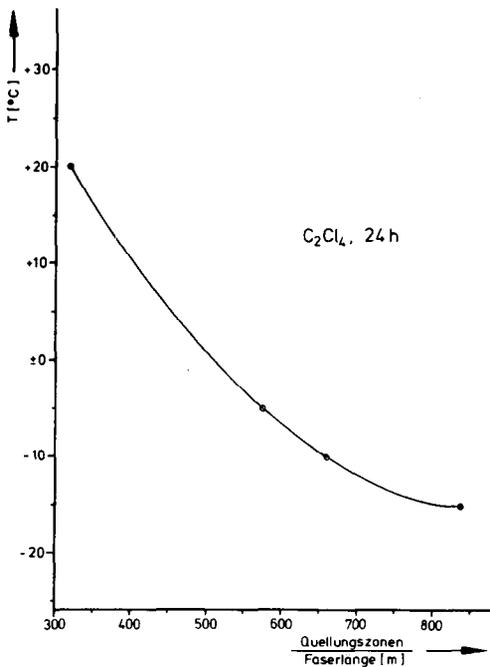


Abb. 9: Statistisch ermittelte Anzahl der Quellungszone pro Meter Faserlänge in Abhängigkeit von der Temperatur der Behandlung in Tetrachloräthylen

lungszonen nimmt jedoch mit sinkender Behandlungstemperatur in Tetrachloräthylen zu.

Bei der Untersuchung der Tieftemperaturquellung von Polyesterfasern in Tetrachloräthylen wurden auch thermisch nichtfixierte Fasern eingesetzt, in denen nach Kusch und Böhm³⁷ die Wanderung der Oligomeren offensichtlich begünstigt ist. Dabei gelang es, Oligomere, die ihrer Kristallform nach den höheren cyclischen Verbindungen zuzuordnen sind, im Zustand der Kristallisation dicht unter der Faserhaut festzuhalten (Abb. 10).

Die zwischen Faserstamm und Außenhaut angesammelten Oligomeren fanden danach anscheinend keine Gelegenheit, in gelöster Form nach außen zu diffundieren, ehe das restliche Lösungsmittel im Hoch-



Abb. 10: Oligomerkristalle unter der Faserhaut (REM-Aufnahme; Vergrößerung: 4700:1)

vakuum der Säule des Elektronenmikroskops völlig verdampfte.

Um diese als Diffusionsbarriere für gewisse niedermolekulare Verbindungen in der Faser wirkende Außenhaut elektronenmikroskopisch erkennbar zu machen, wurde in die bei -10°C in Tetrachloräthylen behandelten Fasern nach einem im Karlsruher Institut entwickelten Verfahren* Isopren inkludiert und an-

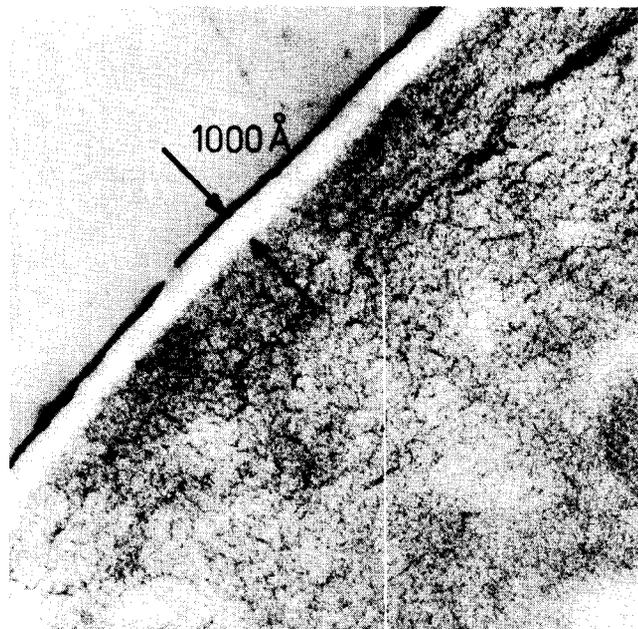


Abb. 11: Randzone einer PES-Faser nach Quellung in Tetrachloräthylen bei -10°C (TEM-Aufnahme eines Ultradünnschnittes; Vergrößerung: 47600:1)

* Grundlage ist die von R. Hagege, P. Kassenbeck, D. Meimoun und A. Parisot [Text. Res. J. 39, 1015-1022 (1969)] sowie von B. Catoire, R. Hagege und D. Meimoun [Bull. Inst. Text. France 23 (143), 521-526 (1969)] entwickelte Methode.

schließend mit OsO_4 -Dampf kontrastiert. Das transmissionselektronenmikroskopische Bild der wenige 100 Å dicken Faserquerschnitte zeigt am Rand einen feinen hellen Saum von ca. 1000 Å Dicke, der sich in seiner Feinstruktur vom Faserstammpolymeren deutlich unterscheidet (Abb. 11).

2.3.2. Einwirkung von Dichlormethan bei tiefen Temperaturen

Bereits bei der Behandlung verstreckter Polyesterfasern in Tetrachloräthylen hatte sich gezeigt, daß der Oligomerentransport in der Faser bei Temperaturen unterhalb 0 °C offensichtlich gegenüber jenem bei Raumtemperatur begünstigt ist. Im folgenden sollte nun ein Lösungsmittel (Dichlormethan) verwendet werden, dessen Schmelzpunkt (-96,7°C) noch weit niedrigere Behandlungstemperaturen als Tetrachloräthylen erlaubt. Zum anderen war zu erwarten, daß auf Grund der mit diesem Lösungsmittel bei 10 bis 30 °C bestimmten Aktivierungsenergie von 6 kcal/mol für das Auswandern des cyclischen Trimeren¹³ auch andere Oligoester leicht transportiert würden.

Eine Bestimmung des Gewichtsverlustes verstreckter und getemperter Polyesterfasern nach 48stündigem Schütteln in Dichlormethan (DCM) bei verschiedenen Temperaturen erbrachte — ohne Berücksichtigung der Lösungsmittelretention — folgendes Ergebnis:

- + 24 °C — 1,32 % Gewichtsverlust,
- + 7 °C — 1,35 % Gewichtsverlust,
- + 4 °C — 1,36 % Gewichtsverlust,
- 10 °C — 1,38 % Gewichtsverlust,
- 18 °C — 1,40 % Gewichtsverlust.

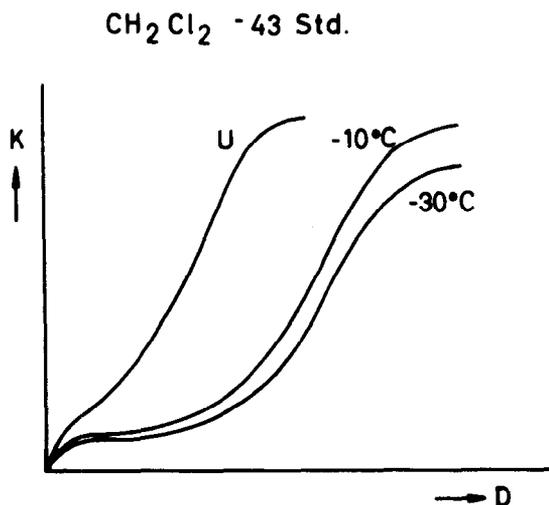


Abb. 12: Kraft/Dehnungsdiagramme von bei -10°C bzw. bei -30°C in Dichlormethan behandelten PES-Fasern im Vergleich zur unbehandelten Faser U

Nach 43stündiger Behandlung in Dichlormethan bei -10 °C und -30 °C zeigten die Fasern auf Grund der Kraft/Dehnungsdiagramme eine mit abnehmender Behandlungstemperatur zunehmende Plastifizierung des Polymergefüges (Abb. 12). Wie aus der drastischen

Abnahme der Streckgrenze (yield point) zu erkennen ist, haben die Fasern durch die Quellung einen beträchtlichen Schrumpf erfahren⁵⁴. Der bereits nach Dichlormethanbehandlung bei -10 °C an den Kurven erkennbare ausgeprägte Fließbereich wird bei -30 °C infolge des höheren Quellungsgrades noch größer.

Diese Zusammenhänge wurden bereits durch Roth und Schroth⁵⁴ erkannt. Ribnick und Weigmann⁴² wiesen 1972 in einer ausführlichen Untersuchung auf die starke Änderung der mechanischen Eigenschaften von PES-Fasern im Verlauf einer DCM-Behandlung — allerdings bei Raumtemperatur — hin. Die von diesen Autoren aus dem Gleichgewichtsschrumpf in verschiedenen Lösungsmitteln bestimmten Glasumwandlungstemperaturen (T_g) im PES/Lösungsmittelsystem liegen bei den meisten chlorierten Kohlenwasserstoffen mit Ausnahme von Tetrachloräthylen ($T_g = 20$ °C) zwischen -13 °C und -143 °C⁴⁴.

Bei den weiteren Untersuchungen interessierte vor allem die Frage nach Art und Verteilung der Oligoester in den einzelnen, bei unterschiedlichen tiefen Temperaturen erhaltenen Dichlormethanextrakten. Eine Auftrennung dieser Extrakte mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HDFC) lieferte folgendes Ergebnis (Abb. 13):

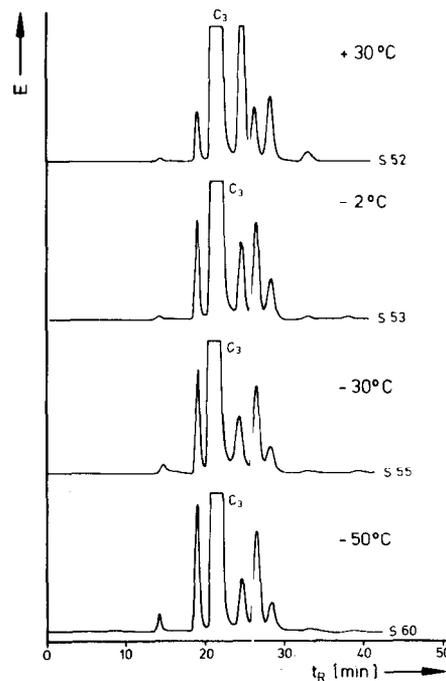


Abb. 13: HDFC-Trennung der nach Behandlung von PES-Fasern in Dichlormethan bei vier verschiedenen Temperaturen erhaltenen Oligomerenextrakte

Unter völlig gleichen Bedingungen (siehe Anhang) erkennt man an den Chromatogrammen der Dichlormethanextrakte (Abb. 13), daß der Einfluß der Behandlungstemperatur auf die extrahierte Oligomerenmenge je nach Oligoestertyp verschieden ist. Während die Menge der cyclischen Trimeren (Peak 3) und Dimeren

(Peak 2) mit abnehmender Temperatur zunimmt, nimmt sie bei den cyclischen Tetrameren (Peak 4) ab. Auch bei den anderen, noch nicht mit Sicherheit identifizierten Peaks beobachtet man ein unterschiedliches Temperaturverhalten.

Besonders stark scheint der Einfluß der Temperatur auf die cyclischen Tetrameren zu sein, deren Menge zwischen +30 °C und -50 °C im Verhältnis 4 : 1 abnimmt, während für das gleiche Temperaturintervall die extrahierte Menge der cyclischen Dimeren und Trimeren etwa um den Faktor 2 zunimmt.

Die getrennt isolierten Fraktionen wurden anschließend mikroskopisch, thermisch, dünnschichtchromatographisch sowie teilweise mittels Elektronenbeugung untersucht und die Ergebnisse mit den zur Verfügung stehenden Referenzsubstanzen sowie mit Literaturangaben verglichen. Die analytischen Ergebnisse des zweiten, dritten und vierten Peaks des Dichlormethanextrakts bei -30 °C sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Analyseergebnisse von Peak 2, 3 und 4 des Dichlormethanextrakts

Peak-Nr.	Kristallform	therm. Verh.	DC/Rf *	Zuordnung
Peak 2	längliche, doppelbrechende Prismen	U ~ 170 °C F ~ 200 °C	0,68	c[G-T] ₂
Peak 3	hexagonale, doppelbrechende Kristalle	U ~ 210 °C Subl. 270 °C	0,61	c[G-T] ₃
Peak 4	kurze, doppelbrechende Nadeln	F ~ 300 °C	0,51	c[G-T] ₄

* Fließmittel: Chloroform/Äther 9 : 1

DC = Dünnschichtchromatographie auf Kieselgelplatten

U = Kristallumwandlung, F = Schmelzpunkt, Subl. = Sublimation

Infolge der nicht vollständigen Trennung der einzelnen Fraktionen weichen die erhaltenen Ergebnisse von den Literaturwerten (siehe Tab. 1) etwas ab. Die folgenden Abbildungen zeigen licht- und rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen jener Oligoesterkristalle (nach Umkristallisation aus Chloroform bzw. nach Sublimation), die aus den Fraktionen 2, 3 und 4 des Dichlormethanextrakts bei -30 °C isoliert wurden (Abb. 14 a—b, 15 a—b, 16 a—b).



Abb. 14b: Zugehörige REM-Aufnahme (Vergrößerung: 2400:1)



Abb. 14a: Peak 2 der HDFC-Fraktionierung des bei -30°C erhaltenen Dichlormethanextraktes von PES-Fasern (lichtmikroskopische Aufnahme; Vergrößerung: 480:1)



Abb. 15a: Peak 3 der HDFC-Fraktionierung des bei -30°C erhaltenen Dichlormethanextraktes von PES-Fasern (lichtmikroskopische Aufnahme; Vergrößerung: 480:1)

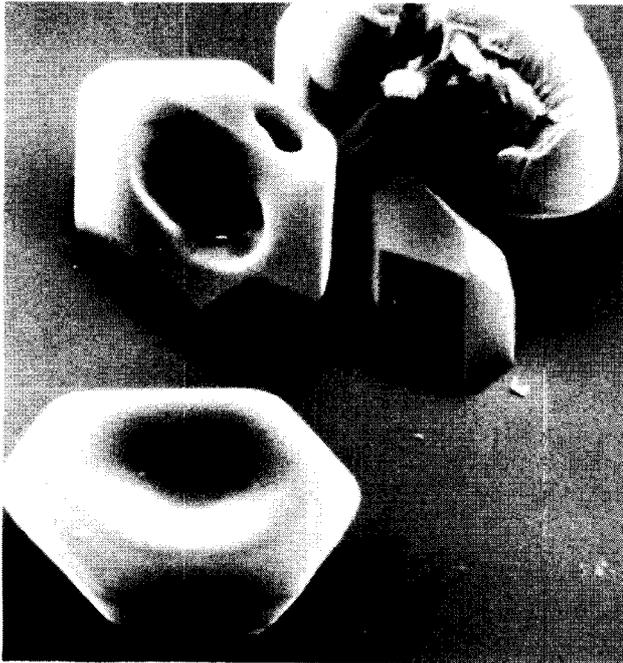


Abb. 15b: Zugehörige REM-Aufnahme (Vergrößerung: 1900:1)

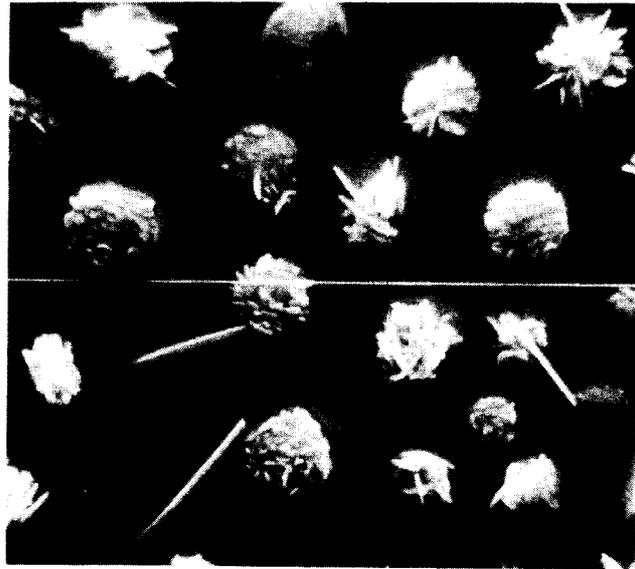


Abb. 16b: Zugehörige REM-Aufnahme (Vergrößerung: 1600:1)



Abb. 16a: Peak 4 der HDFC-Fraktionierung des bei -30°C erhaltenen Dichlormethanextraktes von PES-Fasern (lichtmikroskopische Aufnahme; Vergrößerung: 480:1)

3. Zusammenfassende Diskussion

Sowohl nach Trockenhitze- als auch nach Hydrothermalbehandlung war die Faseroberfläche bei Beginn der Exsudatbildung sehr gleichmäßig mit hexagonal geformten Kristallen bedeckt. Danach sollten die cyclischen Trimeren auch regelmäßig und feindispers im Faserstamm verteilt sein. Die bei diesen Behandlungen in einer späteren Phase bei bestimmten Temperaturen lokal gehäuft auftretenden Kristalle sind —

bis auf einige nadelförmige -- auf Grund ihres Erscheinungsbildes wohl linearen Oligoestern zuzuordnen.

Bei der Behandlung der Fasern in chlorierten Kohlenwasserstoffen kam es nun speziell an Stellen mit Strukturstörungen zu Quellungserscheinungen, deren Zahl und Verteilung längs der Faser sehr unterschiedlich ist. Nachdem bei Kontrollversuchen an gezielt mechanisch geschädigten oder angeschnittenen Fasern niemals derartige Quellungsfiguren erzeugt werden konnten, stand fest, daß die Quellung durch eine lösliche Fraktion verursacht wird, die an den betreffenden Stellen gehäuft auftritt.

Danach spielt bei der Quellung die äußerste Hülle der Faser offensichtlich die Rolle einer semipermeablen Membran. Das Lösungsmittel — in diesem Falle das relativ kleine Tetrachloräthylenmolekül — kann bei -10°C zwar noch in die Faser eindiffundieren, größere gelöste Moleküle können jedoch nicht heraus. Es entsteht somit ein osmotischer Druck an den Stellen, an denen gewisse Oligoester angereichert vorliegen. Nachdem in unmittelbarer Umgebung eingetrockneter Quellungsbaüche feinste lanzettenförmige Kristalle beobachtet wurden, sind diese Oligoester offensichtlich klein genug, um bei tiefen Temperaturen die Faserhaut zu durchdringen.

Betrachtet man den Schmelzpunktsverlauf der bisher untersuchten Oligoesterarten in Abhängigkeit von der Anzahl der einzelnen Monomereinheiten (Abb. 17), so kommt man zu folgenden Feststellungen:

- Die homologen Reihen der linearen Diole und der Hydroxycarbonsäuren zeigen ein normales Verhalten. Mit zunehmender Zahl der verketteten Grundbausteine steigt ihr Schmelzpunkt zunächst rasch an und konvergiert dann gegen den Schmelzbereich des Polymeren, dessen untere Grenze von 254°C bereits bei Kettengliedern mit etwa 20 Monomereinheiten erreicht sein dürfte.

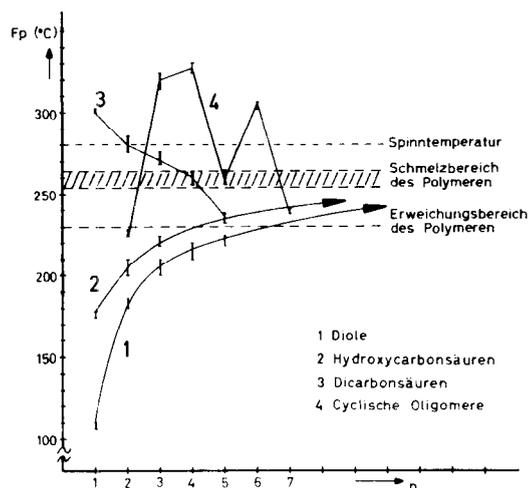


Abb. 17: Schmelzpunkt — Verlauf innerhalb der homologen Reihen der vier wichtigsten Oligoesterarten in Abhängigkeit von der Zahl der Monomereinheiten (nach Literaturangaben)

- Die linearen Dicarbonsäuren verhalten sich hingegen anomal. Ihre Schmelzpunkte sinken von etwa 300 °C bei $n=1$ bis auf 235 °C bei $n=5$ stetig ab.
- Die cyclischen Oligoester schließlich zeigen, wie bereits in der Literatur¹⁷ vermerkt, einen alternierenden Schmelzpunktsverlauf. Während die cyclischen Trimeren, Tetrameren und Hexameren erst oberhalb 300 °C und damit jenseits der üblichen Spinntemperaturen des Polymeren schmelzen, liegen die Schmelzpunkte der cyclischen Dimeren und Heptameren bereits unterhalb des Schmelzbereichs des Polymeren.

Beim Abkühlen der Schmelze müssen danach zuerst $c[G-T]_3$, $c[G-T]_4$ und $c[G-T]_6$ feinste Kristallkeime bilden, die durch die thermische Bewegung des noch flüssigen Polymeren gleichmäßig auf die umgebende Matrix verteilt werden, bis diese vollständig erstarrt ist.

Das cyclische Pentamere, dessen Schmelzpunkt genau im Schmelzbereich des Polymeren liegt, dürfte mit diesem in getrennter Phase auskristallisieren, wobei hier bereits die Möglichkeit der lokalen Anreicherung der einen in der anderen Phase gegeben ist.

Alle übrigen Oligoester, das betrifft vor allem die Gesamtheit der linearen Diol- und Hydroxycarbonsäuren, aber auch die cyclischen Dimeren und Heptameren, werden von erstarrenden Polymeren eingeschlossen, ehe sie selbst kristallisieren können. Dabei werden sie von den kristallisierenden Polymerketten in die amorphen Bereiche abgedrängt, in denen sie sich anhäufen. Es ist anzunehmen, daß die allgemeine Abkühlung durch die bei ihrer Erstarrung freiwerdende Wärme verlangsamt wird, sodaß es in ihrer Umgebung zu einer vermehrten Kristallisation des Polymeren kommt. Dies trifft insbesondere für die cyclischen Oligoester zu, die als polymergitterfremde Bausteine in getrennter Phase auskristallisieren.

Die linearen Diol- und Hydroxycarbonsäuren dagegen können als artgleiche Moleküle in den Kristallverband des Polymeren eingelagert werden, wobei sie starke

Defekte und Störstellen verursachen. Sie wirken als Weichmacher und werden in ihrer unmittelbaren Umgebung die Kristallisationswärme des Polymeren stark herabsetzen. An den Häufungsstellen derartiger linearer Oligoester wird die Abkühlgeschwindigkeit erhöht, sodaß es vermutlich zu einer geringeren Dichte und Ordnung in der Kristallstruktur des Polymeren kommt.

Auf Grund dieser zunächst hypothetischen, aber thermodynamisch zu rechtfertigenden Betrachtungen läßt sich folgern, daß die cyclischen Trimeren, Tetrameren und Hexameren gleichmäßig in der Faser verteilt sein dürften, was für die Trimeren auch bewiesen werden konnte. Alle übrigen Oligoester müßten demnach zu lokalen Anreicherungen im Polymeren neigen, was die in der vorliegenden Arbeit beobachteten Erscheinungen erklären würde.

Anhang

Experimentelle Bedingungen:

Rasterelektronenmikroskop: S4 von Cambridge

Transmissionselektronenmikroskop:

EM9 — S2 von Zeiss

Dünnschichtchromatographie:

Platte mit Kieselgel GF: 20 cm × 20 cm

Schichtdicke: 0,5 mm

Laufmittel: Chloroform/Äther 9:1
Chloroform/Äthanol 9:1

Hochdruckflüssigkeitschromatographie:

Gerät: Hewlett Packard 1010B

Säulen: 250 mm Stahlsäulen,
Innendurchmesser 4 mm

Adsorbens: Kieselgel Lichrosorb
SI 60/10 µm

Elutionsmittel: Chloroform p.a.

Elutionsgeschwindigkeit: 18 ml/h

Detektor: UV-Detektor 1030B,
λ = 250 nm

Temperatur: 50 °C

Abkürzungsverzeichnis:

c = cyclisch

F = Schmelzpunkt

PES = Polyäthylenterephthalat

REM = Rasterelektronenmikroskopie

R_f = Retention factor

TEM = Transmissionselektronenmikroskopie

DCM = Dichlormethan

Danksagung

Für die Überlassung von Referenzsubstanzen danken wir herzlich den Herren Dr. P. Kusch, Deutsches Wollforschungsinstitut Aachen, und S. Dugal, Textilforschungsanstalt Krefeld.

Literatur:

- 1) H. Zahn; Z. Ges. Textilind. **66**, 928 (1964)
- 2) M. Rieber; Z. Ges. Textilind. **69**, 847 (1967)
- 3) H. T. Pratt; Knitted Outerwear Times, Aug. 25 (1969)
- 4) W. Kunze; Textil-Praxis **24**, 464 (1969)
- 5) H.-U. von der Eltz; Melliand Textilber. **50**, 953 (1969)
- 6) G. Valk, E. Loers, P. Küppers; Melliand Textilber. **51**, 504 (1970)
- 7) J. V. Dugal; Am. Dye Stuff Rep. **60**, 38 (1971)
- 8) P. Senner; Chemiefasern/Textilindustrie **23/75**, 344 (1973)
- 9) S. Dugal, K. Jansen und G. Stein; Melliand Textilber. **54**, 863 (1973)
- 10) H. U. von der Eltz, W. Birke und W. Kunze; Textilveredlung **8**, 545 (1973)
- 11) G. Reinert, J. P. Luttringer und K. H. Keller; Melliand Textilber. **56**, 392 (1975)
- 12) B. Lang und H. Makart; Melliand Textilber. **56**, 647 (1975)
- 13) K. Bredereck, H. Dolmetsch, E. Koch und R. Schoner; Melliand Textilber. **56**, 50 (1975)
- 14) B. Bogatzki und B. Nittka; Faserforsch. u. Textiltechn. **25**, 120 (1974)
- 15) S. Dugal, H. Krüßmann und G. Stein; textil praxis int. **28**, 345 (1973)
- 16) P. Kusch; textil praxis int. **28**, 96 (1973)
- 17) J. F. Repin; Dissertation Aachen 1968
- 18) H. Repin und E. Papanikolou; J. Polymer Sci., Part A-1, **7**, 3426 (1969)
- 19) L. H. Peebles, M. W. Huffman und C. T. Ablett; J. Polymer Sci., Part A-1, **7**, 479 (1969)
- 20) W. Berger und E. Tucek; Faserforsch. u. Textiltechn. **25**, 289 (1974)
- 21) I. Goodman und B. F. Nesbitt; J. Polymer Sci. **48**, 423 (1960)
- 22) S. D. Ross, E. R. Coburn, W. A. Leach und W. B. Robinson; J. Polymer Sci. **13**, 406 (1954)
- 23) I. Goodman und B. F. Nesbitt; Polymer **1**, 384 (1960)
- 24) W. Fester und P. Küppers; Z. Ges. Textilind. **67**, 888 (1965)
- 25) H. Zahn und P. Kusch; Z. Ges. Textilind. **69**, 880 (1967)
- 26) E. Meraskentis und H. Zahn; J. Polymer Sci. **4**, 1890 (1966)
- 27) F. Kusch; Textilveredlung **9**, 600 (1974)
- 28) H. Zahn und G. B. Gleitsmann; Angew. Chem. **75**, 772 (1963)
- 29) H. Zahn, P. Rathgeber, E. Rexroth, R. Krzikalla, W. Lauer, P. Miro, H. Spoor, F. Schmidt, B. Seidel und D. Hildebrand; Angew. Chem. **68**, 229 (1956)
- 30) H. Zahn, C. Borstlap und G. Valk; Makromol. Chem. **64**, 18 (1963)
- 31) E. Meraskentis; Dissertation Aachen 1965
- 32) M. Krumpolc, V. Bazant und J. Málek; Collection Czechoslov. Chem. Commun. **39**, 1158 (1974)
- 33) Ch. Gueris und J. Meybeck; Bull. Soc. Chim. France **5-8**, 2163 (1971)
- 34) G. Valk; Dissertation Aachen 1962
- 35) C. Borstlap; Dissertation Aachen 1960
- 36) H. Zahn und R. Krzikalla; Makromol. Chem. **23**, 31 (1957)
- 37) P. Kusch und G. Böhm; textil praxis int. **27**, 485 (1972)
- 38) P. Kusch; Textilveredlung **9**, 597 (1974)
- 39) W. D. Köhler; Textil- u. Faserstofftechn. **11**, 653 (1961)
- 40) R. Schroth; Faserforsch. u. Textiltechn. **19**, 258 (1968)
- 41) H. Berg; Ref. in textil praxis int. **27**, 567 (1972)
- 42) A. S. Ribnick, H.-D. Weigmann und L. Rebenfeld; Text. Res. J. **42**, 720 (1972)
- 43) A. S. Ribnick, H.-D. Weigmann und L. Rebenfeld; Text. Res. J. **43**, 176 (1973)
- 44) A. S. Ribnick und H.-D. Weigmann; Text. Res. J. **43**, 316 (1973)
- 45) H.-D. Weigmann und A. S. Ribnick; Text. Res. J. **44**, 165 (1974)
- 46) B. H. Knox, H.-D. Weigmann und M. G. Scott; Text. Res. J. **45**, 203 (1975)
- 47) H.-D. Weigmann und M. G. Scott; Text. Res. J. **45**, 554 (1975)
- 48) F. Galil; Text. Res. J. **43**, 615 (1973)
- 49) H.-J. Berndt, H. Schulz und G. Heidemann; Melliand Textilber. **54**, 773 (1973)
- 50) F. Busert; Chemiefasern/Textilindustrie **24/76**, 950, 1043 (1974)
- 51) W. L. Lindner; Lenzinger Ber. **36**, 8 (1974)
W. L. Lindner; Dissertation Aachen 1972
- 52) H. Ludewig; Polyesterfasern, Chemie und Technologie; Akademie-Verlag, Berlin 1965
- 53) H. G. Zachmann; Faserforsch. u. Textiltechn. **18**, 427 (1967)
- 54) W. Roth und R. Schroth; Faserforsch. u. Textiltechn. **12**, 361 (1961)

Diskussion

Marxmeier: Sie sagten, daß das unterschiedliche Laufverhalten von Garnen mit gleichem Oligomeregehalt der Ausgangspunkt Ihrer Untersuchungen war. Konnte man bei lokalen Anhäufungen von Oligomeren eine Korrelation zwischen solchen lokalen Ausscheidungen und dem Laufverhalten feststellen? Hat das Vorhandensein dieser lokalen Anhäufungen irgendwelchen Einfluß auf den Färbeprozess oder auf Vorgänge, wie die Reinigung von Apparaten, die Auswahl von Carriern, die Temperatur, die Zeit usw.?

Marfels: Die Erfahrung hat gezeigt, daß Partien, die auf Grund ihres schlechten Spinnverhaltens beanstandet werden, oft in den sich bildenden Knoten und Dickstellen der Garne Oligomere angereichert enthalten, die ihrer Ausscheidungsform nach keine cyclischen Trimere sind oder solche nur in relativ geringen Mengen enthalten. Wir glauben daher, daß diese Oligomereanhäufungen den Färbeprozess selbst nicht beeinträchtigen, wohl aber die mechanischen und besonders die Reibeigenschaften der Fasern und damit das Laufverhalten der Garne auf den Präparier- und Spinnmaschinen vor oder nach dem Färben.

Albrecht: Oligomere sind nun einmal vorhanden. Um diese Tatsache kommen Sie nicht herum.

Marfels: Das ist richtig. Das läuft auf das Kapitel hinaus: „Mit Oligomeren leben“.

Albrecht: Schon Prof. Senner hat vor Jahren gesagt: „Laßt uns damit leben!“ Wir haben auch gelernt, auf feinsten Polyesterfilamenten den Superglanz zu erzeugen, der von Seidenjersey verlangt wird, was eigentlich relativ ohne Schwierigkeiten möglich war. Warum sollten wir also nicht auch damit zurechtkommen?

Marfels: Wir haben die Beobachtung gemacht, daß die Oligoestertypen, die bei thermischen oder Lösungsmittelbehandlungen aus den Fasern austreten, je nach dem Herstellungsverfahren des Polyäthylenterephthalats sehr unterschiedlich sein können. Unseres Erachtens nach wäre es wichtig, über die prozentuale Verteilung der Oligoestertypen einen genaueren Aufschluß zu erhalten, um rückwirkend die Ursachen solcher Unterschiede zu erkennen.

Albrecht: Gibt es vielleicht einen Hinweis, wie man die Katalysatorsysteme bzw. die Katalysatorverteilung — es handelt sich dabei ja immer nur um kleinste Mengen — erfassen könnte? Man sollte doch einmal versuchen, festzustellen, wie diese in der Polyestersubstanz verteilt sind.

Marfels: Diese Möglichkeit besteht eventuell durch Anwendung der Röntgenfluoreszenzanalyse im Rasterelektronenmikroskop. Es bleibt jedoch zu überprüfen, ob die vorhandenen Substanzmengen oberhalb der derzeitigen Nachweisgrenze liegen.

Stein: Wir hatten zunächst einmal unter Zurückstellung der Vorbehandlung der Fasern nur den Oligomerenaustritt beim Färben untersucht bzw. gefunden und bereits veröffentlicht, was bei einer normalen Färbung erreicht werden kann, sodaß für uns das Oligomerenproblem gelöst schien. Man kann nämlich den Teil der lose abgelagerten Oligomeren unter gewissen Bedingungen entfernen. Inzwischen haben wir durch Umstellung des Vorbehandlungs- und Färbeverfahrens auch eine Methode entwickelt, nach der die Polyesterfaser nahezu keine Oligomere, zumindest keine cyclischen Trimere mehr enthält, sodaß also auch keine Störungen mehr auftreten.

Was mich aber interessierte, ist: Haben Sie bei Ihren jetzigen Arbeiten auch gefärbte Fasern oder vorbehandelte Fasern untersucht, und zeigen sich ebensolche Erscheinungen, wie sie wahrscheinlich bei Originalfasern auftreten?

Marfels: Unser Ziel bestand darin, zunächst die Möglichkeiten der mikroskopischen Identifizierung verschiedener Oligomertypen auf der Faser zu überprüfen und dies vielmehr im Hinblick auf die Spinnbarkeit des Materials als auf das Verhalten der Oligomeren beim Färben. Wir haben in diesem Zusammenhang bisher vor allem handelsübliche Fasern im ungefärbten Zustand untersucht, die

zum Teil verschiedenen, auch thermischen Vorbehandlungen unterworfen waren. Auch bei gefärbten Partien, die eine schlechte Spinnbarkeit zeigten, fanden wir in den Dickstellen der Garne Oligomerenanhäufungen.

Stein: Die in der Literatur vorliegenden Angaben über Störungen durch Oligomere in der Weiterverarbeitung, das heißt nach dem Färben, zeigen zumeist, daß diese zu 95 % cyclische Trimere sind, sodaß für die eigentlichen Störungen eben nur diese cyclischen Trimeren in Frage kommen. Daß andere Oligomere in der Faser vorhanden sind und zum Teil auch während der Färbung auftreten, ist bekannt. Aber offensichtlich führen diese zu keiner Störung.

Marfels: Oligomerbedingte Schwierigkeiten bei der Verarbeitung von Polyesterfasern treten, wie gesagt, nicht nur beim Färbeprozess auf. In diesen speziellen Fällen handelt es sich jedoch nicht um cyclische Trimere, sondern um andersartige Oligoester, deren Identifizierung im Gange ist. Auf Grund unserer Untersuchungen schließen wir nicht aus, daß auch Pleionomere Störungen verursachen können.

Stein: Ich bin da zwar etwas skeptisch, aber gerne bereit, darüber aufgeklärt zu werden.

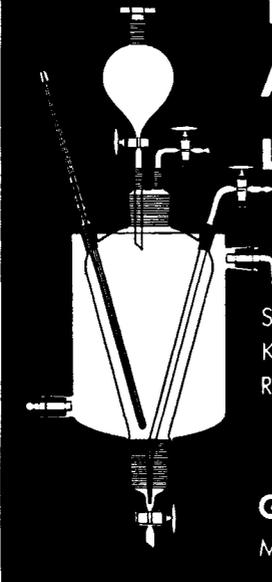
Burghardt: Haben Sie für Ihre Untersuchungen, vor allem für die Hitzebehandlung, präparationsfreie Fäden benutzt? Es gibt ja Präparationsbestandteile bzw. Textilhilfsmittel, die in beträchtlicher Weise die Migration von Oligomeren fördern und damit vor allem das trimere Oligomere wieder an die Oberfläche befördern.

Marfels: Ja. Das gesamte Versuchsgut wurde vor jeder einzelnen Behandlung eine Stunde lang mit Diäthyläther extrahiert, sodaß wir hofften, dadurch die gesamte Präparation heruntergeholt zu haben. Das war auch wichtig, weil wir im Hinblick auf die Chromatographie derartige störende Bestandteile ausschließen mußten.

Wir liefern für alle Industriezweige



THERMOMETER
BARÄOMETER
LABORGERÄTE



Spezialität:
 KONTAKTHERMOMETER
 RELAIS

GLAS-TRIEBEL
 MANNHEIM-KÄFERTAL

V2/13SGP 77

Langjährige Erfahrung in der Planung und Fertigung, sowie modernste Erkenntnisse auf dem Sektor der Montage und in der Zusammenarbeit mit Partnerfirmen aus der Elektrobranche ermöglichen die Erstellung „schlüsselfertiger“ Kraftwerke.

Derzeit im Bau: größter Kessel Österreichs für Kraftwerk Simmering (370 MW), Dampfleistung 1040 t pro Std., Konzessionsdruck 239 atü, HD Austrittstemperatur 540° C, HD Austrittsdruck 218 atü



Simmering-Graz-Pauker AG, 1071 Wien, 93 05 21

Das Knittern von thermoplastischen Textilstoffen bei der Wäsche — eine Deutung auf Grund der physikalischen Eigenschaften der Stoffe

Ruth Boughey, E. E. Clulow und Dr. J. D. Owen, Shirley Institute, Manchester, England

Dieses Referat beschreibt eine Untersuchung des Knitterverhaltens in Waschmaschinen von neun aus Stapelfasern mit Leinwandbindung hergestellten Geweben mit der Absicht, dieses Knitterverhalten mit der Glasumwandlungstemperatur und den elastischen Erholungseigenschaften der Faserbestandteile in Beziehung zu bringen. Bei den untersuchten Fasertypen handelt es sich um solche aus sekundärem Zelluloseacetat, -triacetat, Polyamid 6,6, Polyamid 6, Polyester sowie um Polyacrylfasern, modifizierte Polyacrylfasern, Polyvinylchlorid- bzw. Polypropylenfasern.

Das Knitterverhalten der Gewebe wurde sowohl visuell nach der Wäsche in einer Haushaltswaschmaschine als auch mittels einer Laborknitterprüfung beurteilt.

Die Glasumwandlungstemperatur eines jeden Fasertyps wurde dadurch festgestellt, daß man die Längenänderung des Garns, das sich unter konstanter Spannung im Wasser befand, bei zunehmender Temperatur bestimmte.

Das elastische Erholungsverhalten wurde dadurch charakterisiert, daß die elastische Erholung nach einer 2%igen Beanspruchung unter Wasser bei der vorgegebenen Waschttemperatur gemessen wurde. Eine gute Wechselbeziehung wurde zwischen "Wash-wear rating" und Knittererholungswinkeln festgestellt.

Das Knitterverhalten wird vom Standpunkt der Glasumwandlungstemperaturen und der elastischen Erholungseigenschaften besprochen.

This paper describes an investigation of the creasing behaviour in washing machines of nine staple fibre plain-weave fabrics in an attempt to relate this creasing behaviour to the glass-transition-temperature and elastic recovery properties of the constituent fibres. The fibre types examined were of secondary cellulose acetate, triacetate, nylon 6,6, nylon 6, polyester, and included polyacrylic, modified polyacrylic, polyvinylchloride and polypropylene fibres.

The creasing behaviour of the fabrics was assessed both visually after washing in a domestic machine, and by means of a laboratory creasing test.

The glass transition temperature of each fibre type in the wet condition was determined by measuring the change in length with temperature of yarn held at constant tension in water.

The elastic recovery behaviour was characterised by measuring the elastic recovery from a 2% strain in water at the relevant wash temperatures. A good correlation was obtained between wash-wear ratings and crease recovery angles.

The creasing behaviour is discussed in terms of the glass transition temperatures and elastic recovery properties.

1. Einleitung

Dieses Referat beschreibt einige der im Shirley Institut durchgeführten Forschungsarbeiten über das Verhalten von Textilstoffen aus thermoplastischen Fasern, wenn diese in einer gewöhnlichen Haushaltswaschmaschine

gewaschen werden. Die meisten Kleidungsstücke und Haushaltstextilien sind mit einem Etikett versehen, auf dem Waschanweisungen, die eine geeignete Waschttemperatur für jeden Fasertyp beinhalten, angegeben sind. Werden diese Anweisungen nicht befolgt und wird eine zu hohe Waschttemperatur verwendet, dann könnte nach dem Waschen ein sehr zerknittertes Kleidungsstück die Folge sein.

Wir haben einige der physikalischen Eigenschaften der Faserbestandteile untersucht, um dieses Knittern von Geweben, die thermoplastische Fasern enthalten, während des Waschens in Wasser bei hohen Temperaturen erklären zu können.

Neun Gewebe mit Leinwandbindung und ca. 23 Fäden/cm in Kett- und Schußrichtung wurden untersucht. Diese wurden im Institut aus Garnen von 34 tex gewebt. Nach dem Weben wurden die Stoffe einer milden Entschlichtung und Abkochung unterzogen, der in geeigneten Fällen eine Heißfixierung folgte. Bei den untersuchten Fasertypen handelte es sich um solche aus sekundärem Zelluloseacetat, Zellulose-triacetat, Polyamid 6,6, Polyamid 6, Polyester sowie um Polyacrylfasern, modifizierte Polyacrylfasern, Polyvinylchlorid- und Polypropylenfasern.

Zwischen den Titern der Garne aus verschiedenen Faserstoffen bestanden geringe Unterschiede; nur wenn der beim Waschen auf die Gewebe ausgeübte Druck so stark ist, daß vollkommene Falten entstehen (d. h., daß sich beide Seiten des Gewebes berühren), was bei den vorliegenden Untersuchungen nicht der Fall war, wären die in den Fasern hervorgerufenen Beanspruchungen vom Titer abhängig.

Die Stoffe wurden vorerst bei verschiedenen Temperaturen in einer Haushaltswaschmaschine gewaschen und ihr endgültiges Aussehen anhand von photographischen Normen bewertet. Da eine visuelle Bewertung sehr subjektiv ist, wurde im Institut ein neues Verfahren zur Nachahmung des beim Waschen hervorgerufenen Knitterns entwickelt. Dieses Verfahren bietet eine besser reproduzierbare und objektivere Beurteilung des beim Waschen hervorgerufenen Knitterns.

Wird eine Faser wie in einem zerknitterten Stoff einer Biegebeanspruchung unterzogen, dann wird die eine Seite gestreckt und die andere Seite zusammengedrückt. Die Beanspruchung an der Faseroberfläche, wenn ein Gewebe mit einer bestimmten Belastung zerknittert wird, hängt von dem anfänglichen Zugmodul der Faser, dem Garntiter und der Anzahl der Fäden pro Breitereinheit in dem gewebten Stoff ab. In Geweben gleicher Konstruktion ist daher der Fasermodul die einzige Veränderliche. Die Bestimmung des Naßmoduls kann ohne weiteres am Instron-Zerreißprüfgerät vorgenommen werden, und es wurden tatsächlich Versuche an den Garnen ausgeführt, um den Naßmodul zu bestimmen.

Die Haupteigenschaft, die die Knittererholung eines Gewebes beeinflusst, ist die Fähigkeit der Faser, sich von der Biegung zu erholen. Diese Fähigkeit ist unter den für diese Untersuchungen erforderlichen Verhältnissen nur schwer zu messen; sie steht jedoch in enger Beziehung zu der zugelastischen Erholung der Faser, die leicht gemessen werden kann.

Die Ursache des schweren Knitterns von Geweben aus thermoplastischen Faserstoffen bei hohen Temperatu-

ren ist allgemein verständlich, obgleich ins einzelne gehende Erklärungen meistens nicht gemacht werden können.

Wenn die Temperatur eines Faserstoffes oder eines Polymeren erhöht wird, kommt es oft sehr plötzlich — jedoch gewöhnlich innerhalb eines ziemlich engen Temperaturbereichs — vor, daß eine bestimmte molekulare Bewegung innerhalb der Fasern ermöglicht wird, durch die die Fasern weicher und biegsamer werden. Diese Zustandsänderung wird mit Glas-/Gummiübergang oder als Übergang zweiter Ordnung bezeichnet.

Die einschlagige Temperatur (Übergangstemperatur zweiter Ordnung) für eine bestimmte Faserart hängt vor allem vom Feuchtigkeitsgehalt der Faser ab.

Wird ein Gewebe unter Wasser bei einer Temperatur oberhalb eines Übergangsbereichs zerknittert und im zerknitterten Zustand abgekühlt, dann werden die Falten „eingefroren“ und nehmen einen Halbdauerzustand an. Um diese „nassen Glasumwandlungstemperaturen“ für sämtliche der untersuchten Fasertypen zu messen, wurde der Einfluß von Temperaturänderungen auf den anfänglichen „Naßmodul“ einer Garnprobe, die dem Gewebe entnommen worden war, beobachtet.

2. Beurteilung des Waschverhaltens

Für die Untersuchungen wurde eine gewöhnliche automatische Trommelwaschmaschine verwendet. Es wurden vier Waschttemperaturen gewählt (20, 40, 60 und 85 °C), wobei jeder Waschvorgang (der 6 Minuten dauerte) drei folgende Spülvorgänge bei 20 °C hatte, die je 3 Minuten lang währten. Die kalte Spültemperatur wurde als die strengste zum Einfrieren der Falten gewählt. Nach dem Spülen wurden die Proben geschleudert und dann in einer Normalatmosphäre (20 °C und 65 % rel. Luftfeuchte) 24 Stunden lang zum Trocknen aufgehängt. Das Aussehen der Gewebe wurde dann gegen photographische Normen des AATCC beurteilt, wobei jede Probe von zwei Beobachtern geprüft wurde. Es handelt sich in diesem Falle um fünf photographische Normen mit Bewertungen von 5 (= absolut glatt) bis 1 (= sehr stark zerknittert).

Jede Wäsche enthielt eine Probe der Größe 38 cm mal 38 cm aller Prüfgewebe, also insgesamt 9 Proben pro

Wasche, wobei jede Probe nur einmal gewaschen wurde. Drei Proben jeder Faserart wurden bei jeder der vier angegebenen Temperaturen gewaschen und die mittlere AATCC-Bewertung aus den drei erhaltenen Werten bestimmt.

Abbildung 1 veranschaulicht die Bewertung eines Gewebes nach den Normen. Der Beobachter steht in bestimmter Entfernung vor den Photographien und der Gewebeprobe und beurteilt diese unter genormten Beleuchtungsverhältnissen.

Eine visuelle Beurteilung von zerknitterten Geweben auf Grund von photographischen Normen kann unter gewissen Umständen sehr schwierig sein, so zum Beispiel, wenn das Gewebe gemustert ist oder eine dunkle Tonung aufweist, da die Photographien der genormten Proben uni-weiß gegen einen matten schwarzen Hintergrund sind.

Verschiedene Arten der Bewegung im Laufe verschiedener Waschprogramme können ebenfalls verschiedenartige Knittermuster hervorrufen, im Extremfall ein paar scharfe Falten, in einem anderen Fall viele sanfte Falten, die einen gänzlich zerknüllten Eindruck ergeben. Aus diesem Grunde wurde der Entschluß gefaßt, ein Normverfahren zu entwickeln, das die Waschverhältnisse so genau wie möglich festlegt, ohne den Versuch zu weitschweifig zu machen, und reproduzierbare Ergebnisse liefert.

Bei diesem Versuch wird eine Stoffprobe von 2 cm Breite in den Apparat eingeführt und 2 Minuten lang in Wasser bei Waschttemperatur eingeweicht. Hierauf wird der Stoffstreifen zur Faltenbildung im Wasser (bei Waschttemperatur) zusammengelegt und mit einem Gewicht von 25 g belastet.

Abbildung 2 veranschaulicht den entsprechenden Apparat mit eingelegter, gefalteter Probe, die mit

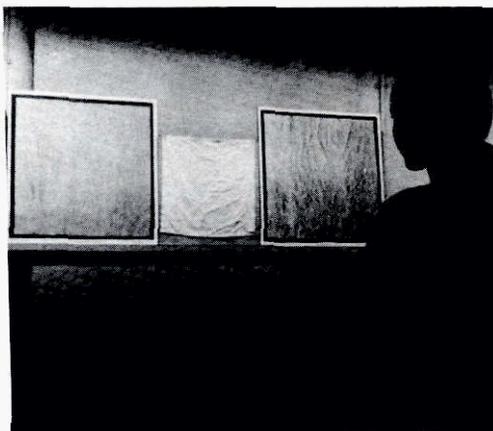


Abb. 1: Visuelle Beurteilung der Waschverschleißbewertung

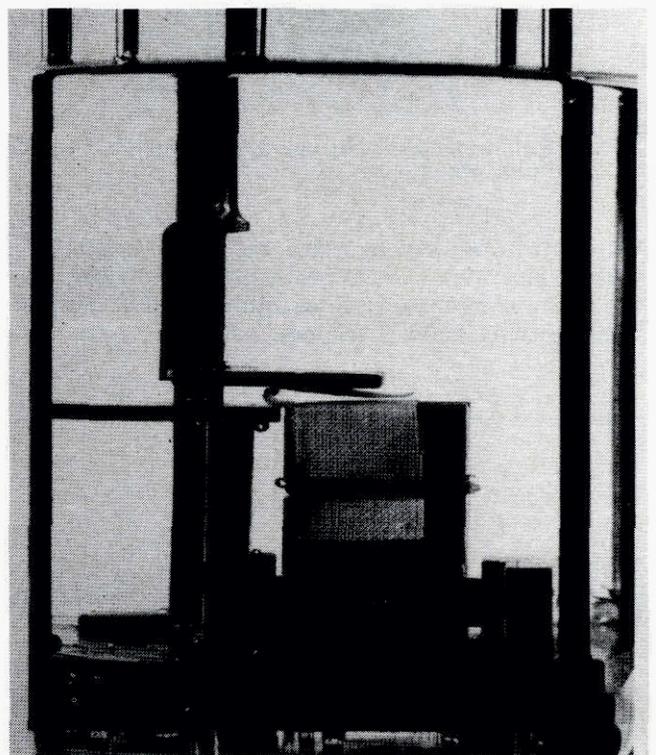


Abb. 2: Knitterprüfgerät im Wasser mit gefalteter Probe

einem 25-g-Gewicht beschwert ist. Dieses geringe Gewicht wurde als der ungefähre Druck gewählt, dem ein Gewebe beim Waschen und Spülen in einer Haushaltswaschmaschine ausgesetzt ist. Nach 2 Minuten unter Belastung bei Waschtemperatur wird der Apparat für weitere 2 Minuten in Wasser von 20°C gestellt, um den Spülkreislauf einer Waschmaschine nachzuahmen.

Danach wird der Apparat aus dem Wasser herausgenommen, das Gewicht entfernt und der Probenhalter so gedreht, daß jetzt die Falte im Gewebe senkrecht steht, wie dies Abbildung 3 veranschaulicht. Dadurch kann sich die Probe ohne Einwirkung der Erdschwere vom Knittern erholen. Die Falte wird in der Mitte der halbkreisförmigen Skala mit Gradeinteilung gebildet, sodaß der Knittererholungswinkel leicht gemessen werden kann. Die Skala verläuft von 0° (für keinerlei Erholung) bis 180° C (für volle Erholung). Der Winkel wird nach 24stündiger Erholung in Normalatmosphäre gemessen.

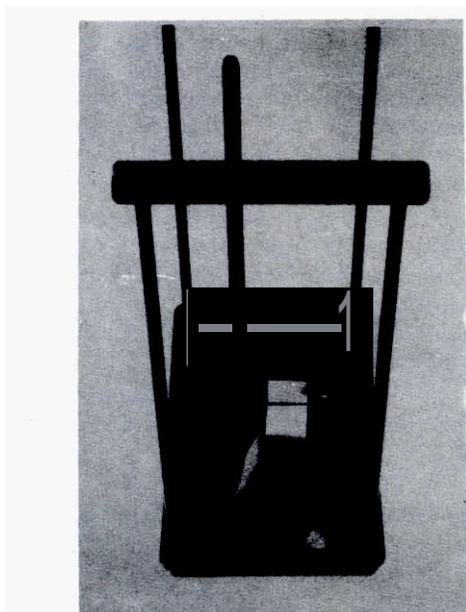


Abb.3: Knitterprüfgerät an der Luft, während sich die Probe erholt

Von jedem Gewebe wurden bei einer bestimmten Waschtemperatur vier Proben gepriift, und zwar wurden je zwei Proben in Kettrichtung und je zwei in Schußrichtung gefaltet — jedesmal anders, das heißt

einmal rechte Seite gegen rechte Seite, einmal linke Seite gegen linke Seite. Die aufgetragenen Werte stellen einen Mittelwert aus den vier erhaltenen Ergebnissen dar.

3. Messung der Übergangstemperatur zweiter Ordnung sowie der elastischen Erholung

Die Übergangstemperaturen zweiter Ordnung wurden dadurch bestimmt, daß man die Längenänderung einer Garnprobe, die bei konstanter Spannung unter Wasser gehalten wurde, bei zunehmender Temperatur beobachtete. Die Garnproben wurden sorgfältig aus dem Gewebe entfernt und in Wasser von 100°C entspannt, mit Ausnahme des PVC-Garns, das wegen seines niedrigeren Erweichungspunktes bei einer Temperatur von 85°C entspannt wurde.

Um geeignete Spannungswerte zu bestimmen, machten wir mehrere Zerreißversuche an den Garnen in 95°C heißem Wasser. Aus den erhaltenen Schaubildern wurden die Grenzen des Hooke'schen Bereichs ermittelt, wonach man für jeden Garn typ eine geeignete Belastung in der Mitte dieses Bereichs wählte. (Sämtliche dieser Zerreißversuche sowie die anschließenden Messungen der Glasumwandlungstemperaturen wurden an einem Tischmodell des Instron-Zerreißprüfgeräts ausgeführt.)

Eine Garnprobe in Wasser von ca. 5°C wurde unter der gewählten Zugspannung gehalten und der Instron-Apparat so eingestellt, daß er die Prüflänge automatisch änderte, um diese Zugspannung aufrechtzuerhalten. Wenn die Temperatur des Wassers allmählich auf 95°C erhöht wird, zeigt der Registrierstreifen des Instron-Schreibgeräts die Änderungen der Prüflänge an. (Das Wasser wurde jedoch nicht bis zum Siedepunkt erhitzt, da die beim Kochen verursachte Aufwirbelung die Garnprobe gestört hatte.)

Die Abbildungen 4a bis 4c zeigen typische Schaubilder der Längenänderung in Abhängigkeit von der Temperatur; eine Unterbrechung der Kurve bemerkt man im Bereich der Glasumwandlung; der Schnittpunkt der extrapolierten gestrichelten Linien wurde als die Umwandlungstemperatur angenommen, und bei den später angegebenen Tempersturen handelt es sich um diese Werte.

- Typ a ist für Fasern aus Zelluloseacetat, -triacetat, Polyester und PVC sowie für Polyacryl- und modifizierte Polyacrylfasern charakteristisch,
- Typ b veranschaulicht das Verhalten der beiden Polyamidgarne und

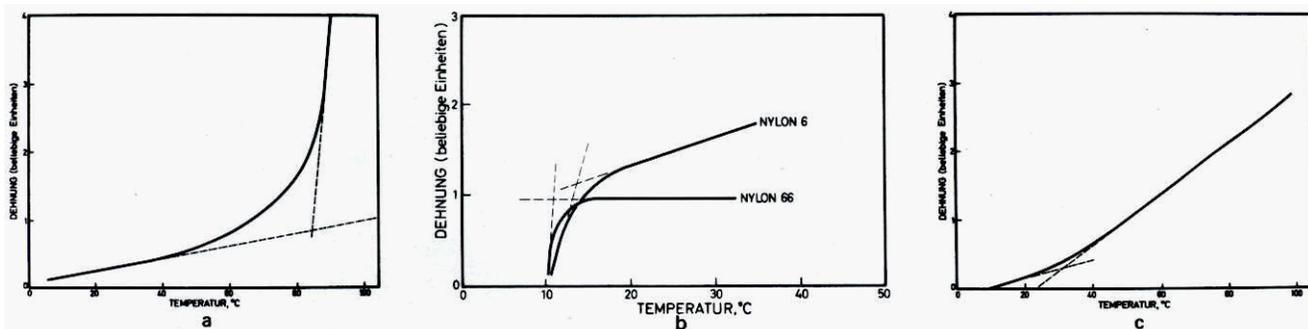


Abb. 4: Typische Dehnungs-/Temperatur-Schaubilder mit Anzeige der Umwandlung

● Typ c das der Polypropylengarne.

Da die Garne innerhalb des Hookeschen Bereichs unter Spannung gehalten wurden, zeigt dieses Kurvenbild sehr deutlich die Änderung des anfänglichen Moduls bei zunehmender Temperatur.

Ein früheres Verfahren, das angewandt wurde, um den Anfangsmodul unmittelbar dadurch zu messen, daß kleine periodische Zugspannungsversuche an Garnproben unter Wasser über den Temperaturbereich angestellt wurden, erwies sich als experimentell schwierig, und die Schaubilder zeigten keine so eindeutige Änderung bei der Glasumwandlungstemperatur.

An früherer Stelle wurde bereits gesagt, daß die Fähigkeit eines Gewebes, sich vom Knittern zu erholen, vom elastischen Erholungsvermögen des in diesem Gewebe enthaltenen Garns abhängt. Das Erholungsvermögen des Garns von einer 20%igen Dehnung wurde bei Waschttemperaturen bestimmt. Das angewandte Verfahren bestand darin, daß eine Garnprobe zwischen den Klemmböcken des Instron-Geräts in Wasser getaucht, das Garn um 2% gedehnt und 1 Minute lang unter dieser Dehnung gehalten wurde, worauf man das Garn sich eine weitere Minute lang ohne Spannung erholen ließ. Der Prozentsatz der elastischen Erholung wurde hierauf ermittelt. Drei Proben jedes Garns wurden bei jeder der Waschttemperaturen geprüft.

4. Ergebnisse und deren Besprechung

Tabelle 1 führt die Werte der Glasumwandlungstemperatur und den Einfluß von Temperaturänderungen auf den „Naßmodul“ des Garns an.

Die beiden Polyamidproben besitzen niedrige Umwandlungstemperaturen, und diesen Temperaturen folgend, sind die Moduli niedrig und fallen bei zunehmender Temperatur sehr wenig ab (Abbildung 4b).

Sekundäres Zelluloseacetat weist eine geringe Abnahme des Moduls bei zunehmender Temperatur bis zur Umwandlungstemperatur auf; jedoch ist das Niveau über den gesamten Temperaturbereich sehr niedrig. Der Modul von Polyester sinkt bis zur Umwandlungstemperatur nur ganz wenig ab und hält im Vergleich zu dem anderer Fasertypen einen hohen Wert aufrecht. Polypropylen besitzt ebenfalls einen ziemlich hohen Naßmodul, der allerdings über den gesamten Temperaturbereich stetig abfällt und im Vergleich zu dem der übrigen Fasertypen keine gut ausgeprägte Umwandlungstemperatur aufweist; eine geringe Umwandlung war jedoch um 35 °C herum zu beobachten (Abb. 4c). Sämtliche der übrigen Fasertypen wiesen einen stetigen Abfall des Moduls bis zur Umwandlungstemperatur und dann einen steileren Abfall nach der Umwandlung auf (Abb. 4a).

Die „wash-wear ratings“ sind in Abbildung 5 wiedergegeben und veranschaulichen einen ziemlich weiten Verhaltensbereich. Sämtliche Gewebe zeigten eine Abnahme der Bewertung bei steigender Temperatur, die mit dem geringsten Wert von 0,6 über dem Temperaturbereich für Polyamid 6 begann und mit 3,2 für die Gewebe aus modifizierten Acrylfasern aufhörte. Der Abfall der Bewertung ist um die Umwandlungstemperatur herum am ausgeprägtesten.

Nach einer Beurteilung der Gewebe anhand der AATCC-Normen wurden sie von Hand geglättet und noch einmal bewertet. Dies verbesserte das Aussehen des PVC-Gewebes um vier Fünftel (0,8) und das des Polyamid 6 um die Hälfte (0,5) eines Bewertungsgrades nach dem Waschen bei 20 °C; die Verbesserungen nahmen ab, je höher die Waschttemperaturen war. Diese Wirkung ist auf Grund höherer Reibkräfte zwischen den Fasern in diesen Geweben, die durch unvollständige Heißfixierung verursacht werden, zu erklären. Diese Kräfte werden jedoch mit zunehmender Waschttemperaturen aufgelockert. Das PVC-Gewebe konnte in-

Tabelle 1: Werte der Glasumwandlungstemperatur und Einfluß von Temperaturänderungen auf den „Naßmodul“ der Garne

Fasertyp	Umwandlungstemperatur (° C)	Änderung des Moduls der nassen Faser bei ansteigender Temperatur
Sekundäres Zelluloseacetat	81	Langsame Abnahme des Moduls nach dem Umwandlungsbereich hin.
Zellulosetriacetat	84	Der Modul nimmt allmählich nach dem Umwandlungsbereich hin ab.
Polyamid 6,6	11	Oberhalb 11 °C ist der Modul niedrig und nimmt sehr langsam ab.
Polyamid 6	14	Nach der Umwandlung ist der Modul niedrig und nimmt langsam ab.
Polyester	58	Geringe Abnahme des Moduls bis zum Umwandlungsbereich, daraufhin eine mehr ausgeprägte Abnahme.
Polyacrylfaser	65	Geringe Abnahme des Moduls bis zum Umwandlungsbereich, daraufhin eine mehr ausgeprägte Abnahme.
Modifizierte Polyacrylfaser	65	Allmähliche Abnahme des Moduls bis zum Umwandlungsbereich, daraufhin eine mehr ausgeprägte Abnahme.
PVC	62	Sehr geringe Abnahme des Moduls bis zum Umwandlungsbereich, daraufhin eine mehr ausgeprägte Abnahme.
Polypropylen	[35]	Stetige Abnahme des Moduls über den gesamten Temperaturbereich, mit Anzeichen einer geringen Umwandlung bei ca. 35 °C.

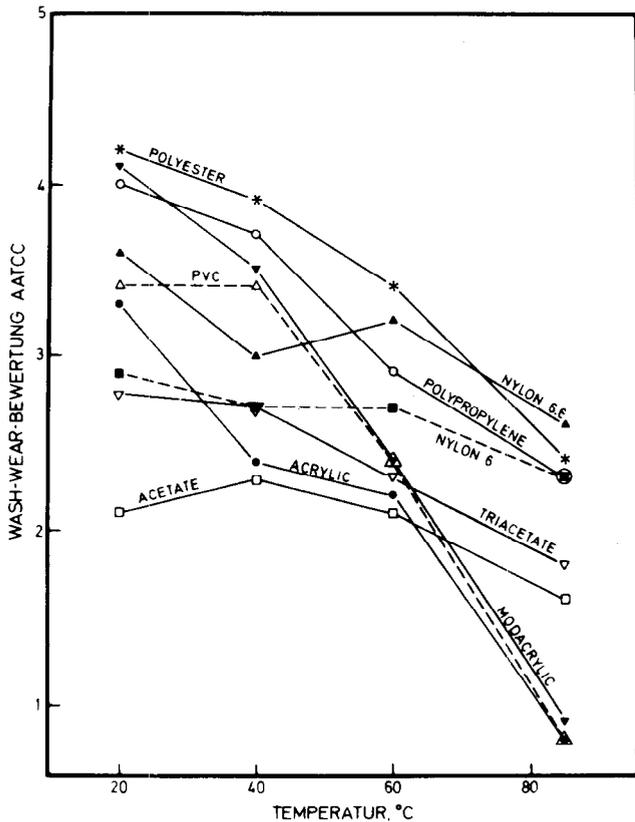


Abb. 5: Einfluß der Waschtemperatur auf das Aussehen

folge eines niedrigen Schmelzpunktes nicht genügend heißfixiert werden. Gewebe aus modifizierten Polyacryl- bzw. Polypropylenfasern zeigten eine kleine Verbesserung bei der Bewertung nach dem Handglätten (0,3 bzw. 0,2 nach der Wäsche bei 20 °C); wiederum nahm die Verbesserung bei höheren Waschtemperaturen ab. Eine Handglättung hatte auf die übrigen fünf Faserarten keine Wirkung.

Um den Wert der Reibkraft zwischen den Fasern zu bestimmen, wurden an den Geweben Wechselbiegeversuche in Normalatmosphäre ausgeführt. Zu diesem Zweck diente der automatische Shirley-Biegehystereseprüfer, der an das Instron-Zerreißprüfgerät angebaugt wurde.

Bei diesem Versuch wird eine kleine Gewebeprobe einer Wechselbiegebeanspruchung unterworfen und die Änderung des Kräftelements in Abhängigkeit von der Krümmung beobachtet. Die restlichen Krümmun-

gen nach dem Biegen auf eine Krümmung von 3 cm⁻¹ und nach langsamem Entlasten wurden bestimmt und sind in Tabelle 2 angeführt. Die Restkrümmung stellt ein Maß für die Reibungskräfte zwischen den Fasern dar, wobei hohe Reibungskräfte zwischen den Fasern eine hohe Restkrümmung ergeben. Diese Tabelle deutet darauf hin, daß Gewebe aus PVC oder aus Polyamid 6 hohe Restkrümmungswerte besitzen, was ein Anzeichen für hohe Reibkräfte zwischen den Fasern ist. Das ist auch der Grund, warum diese Gewebe ihr Aussehen nach dem Handglätten verbessern, da dieser Vorgang die Reibkräfte überwindet. Das Aussehen von Geweben mit niedrigen Restkrümmungswerten wurde durch Handglätten nicht verbessert. Die Restkrümmung im Naßzustand kann nicht bestimmt werden, jedoch würde die Einstufung der Gewebe wahrscheinlich ähnlich ausfallen.

Die Prüfergebnisse des nachgeahmten Knitterns sind in Abbildung 6 wiedergegeben. Im allgemeinen vermitteln sie ein ziemlich ähnliches Bild wie die Resultate der wash-wear ratings. Wiederum ergibt sekundäres Zelluloseacetat bei allen Temperaturen eine schlechte Leistung. Bei 20 °C haben alle übrigen Gewebe eine annehmbare Knittererholung; mit zunehmender Temperatur nimmt jedoch der Knittererholungswinkel bei allen diesen Geweben ab. Die beiden Polyamidtypen zeigen das beste Verhalten bei höheren Temperaturen, während die PVC- sowie die Polyacryl- und die modifizierte Polyacrylfaser bei höheren Temperaturen rasch eine Verschlechterung aufweisen.

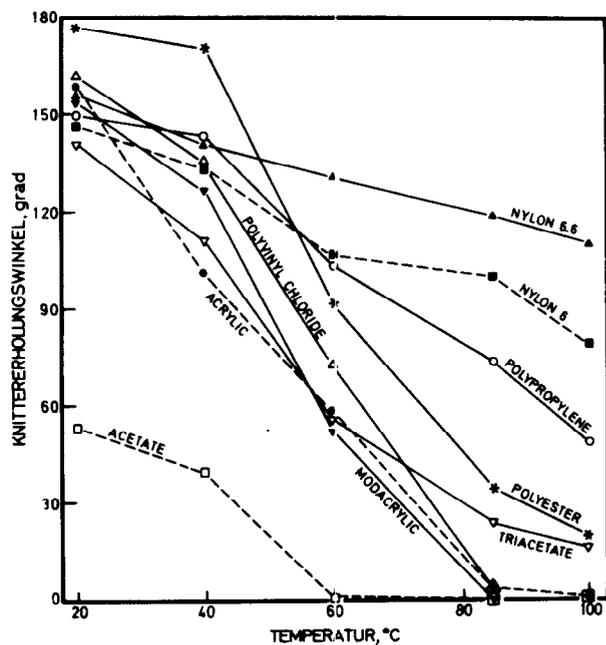


Abb. 6: Einfluß der Waschtemperatur auf den Knittererholungswinkel

Tabelle 2: Die Restkrümmung nach dem Biegen auf 3 cm⁻¹ und nach langsamem Entlasten der Faserproben

Fasertyp	Restkrümmung (cm ⁻¹)
Polyester	0,38
Zellulosetriacetat	0,40
Sekundäres Zelluloseacetat	0,57
Polyacrylfaser	0,61
Modifizierte Polyacrylfaser	0,70
Polyamid 6,6	0,78
Polypropylen	0,85
Polyamid 6	1,06
PVC	1,15

Nach 24 Stunden wurde der Erholungswinkel abgelesen und das 25-g-Gewicht 1 Minute lang auf sämtliche Proben so aufgelegt, daß eine Tendenz zum Niederdrücken der Falte bestand. Der Erholungswinkel wurde dann nach einer weiteren Minute und noch einmal 30 Minuten später abgelesen. Dieser Vorgang sollte das Handglätten nach dem Waschmaschinenversuch simulieren.

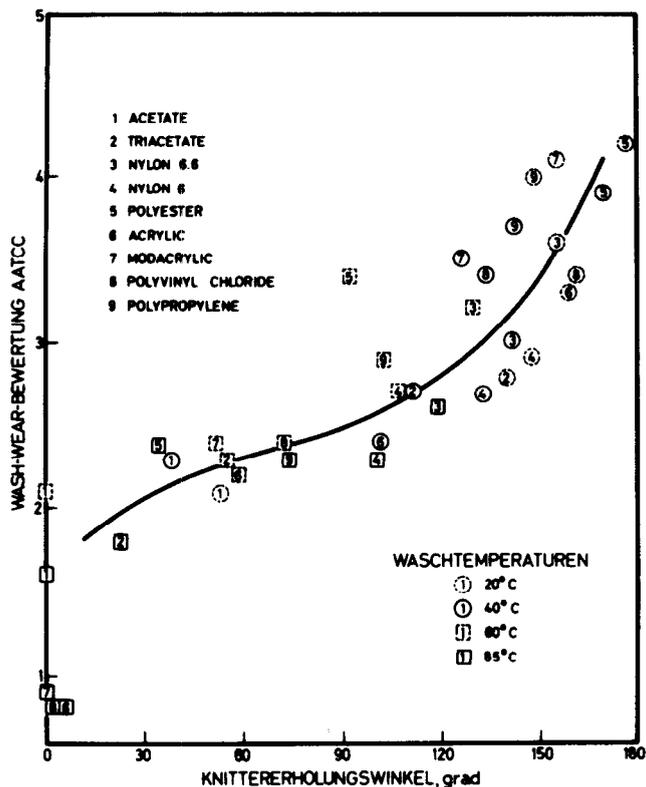


Abb. 7: Beziehung zwischen der Beurteilung des Aussehens und dem Knittererholungswinkel

Nach dem Glätten zeigten sämtliche Gewebe — mit Ausnahme des PVC- und des Polyamid 6-Gewebes — eine verhältnismäßig größere Zunahme des Erholungswinkels, als dies den wash-wear ratings entsprach. Die Erholungswinkel des bei 40 °C und 60 °C gefalteten PVC-Gewebes nahmen um 30 ° zu; für Proben, die bei 20 °C und 85 °C gefaltet worden waren, betrug die Zunahme 10 °. Das Polyamid 6-Gewebe zeigte nach dem Glätten eine Zunahme von ca. 20 °, und zwar über den gesamten Temperaturbereich. Der Erholungswinkel der Gewebe aus modifizierten Polyacryl- und Polypropylenfasern nahm über den gesamten Temperaturbereich um 20 bis 30 ° zu, obgleich durch das Handglätten nur eine geringe Verbesserung der wash-wear ratings erzielt werden konnte.

Dieses nachgeahmte „Glättverfahren“ erhöhte den Erholungswinkel der übrigen fünf Gewebe zwischen 10 und 20 °, obgleich die maschinengewaschenen Proben nach dem Handglätten keine erkennbaren Änderungen in ihrem Aussehen zeigten. Es sieht daher so aus, als ob der „Glättvorgang“ beim Knittererholungsversuch zu sehr forciert worden wäre, um als eine vollkommene Nachahmung des Handglättens von gewaschenen Geweben dienen zu können, obgleich die Einstufung der Gewebe hinsichtlich dieses Effekts für Wasch- und Knitterversuche ähnlich ist.

In Abbildung 7 werden die Ergebnisse der beiden Beurteilungen miteinander verglichen, und es ist augenscheinlich, daß eine gute Wechselbeziehung besteht — mit Ausnahme derjenigen Fälle, in denen die Leistung sehr schlecht ist, was aber schon vorher wenig zu bedeuten hatte.

Die Proben aller Gewebe, die bei 85 °C gewaschen worden waren, wurden wieder in Wasser von 85 °C

eingetaucht, sorgfältig herausgenommen, an einer Wäscheleine getrocknet und neuerlich auf ihren Waschverschleiß hin beurteilt. Die gleiche Behandlung wurde auch den Proben aus dem Knitterversuch zuteil. Die Faserstoffe mit höheren Umwandlungstemperaturen (oberhalb 65 °C) zeigten dabei beträchtliche Verbesserungen in ihrem Aussehen und Erholungswinkel, während die übrigen, besonders die Polyamide, wenige oder keine Verbesserungen aufwiesen (beide Polyamidtypen ergaben bereits gute Erholungswerte bei den höheren Temperaturen).

Schließlich wurde auch noch der Einfluß der Stofflast in der Waschmaschine und des beim Knitterversuch aufgebrauchten Gewichts untersucht. Wenig Einfluß konnte bei den beiden Polyamidtypen beobachtet werden, da diese auf Grund ihrer niedrigen Naßmoduln wahrscheinlich schon bei geringer Belastung völlig zerknittert werden, während ein Faserstoff mit höherem Naßmodul, wie zum Beispiel Polyester, einen Unterschied in Höhe von einer Einheit der wash-wear ratings anzeigte, wenn er einmal mit leichten und einmal mit schweren Maschinenladungen gewaschen wurde. Ein paralleles Verhalten wurde auch beim Einfluß der Last auf den Knittererholungswinkel bemerkt.

Die Schwankung der elastischen Erholung von einer 20%igen Dehnung bei verschiedenen Temperaturen ähnelte ebenfalls den wash-wear ratings und dem Knittererholungswinkel. Sämtliche Garnarten wiesen eine Erholung oberhalb des 60 %-Bereichs bei 20 °C auf; jedoch führte eine Temperaturerhöhung zu einer schnellen Verschlechterung der Erholungswerte von modifizierten Polyacryl-, Zellulosetriacetat-, PVC- und insbesondere von sekundären Zelluloseacetatgarnen. Diese vier Proben wiesen alle weniger als 50 % Erholung bei 60 °C auf, und der Erholungswert der Garne aus sekundärem Zelluloseacetat erreichte einen Tiefpunkt von 11 % bei 85 °C. Der Erholungswinkel der übrigen Garne änderte sich bei steigender Temperatur nur wenig. Sie besaßen noch über 60 % Erholung bei 85 °C.

Abbildung 8 veranschaulicht, daß eine gute Wechselbeziehung zwischen den Werten der elastischen Erho-

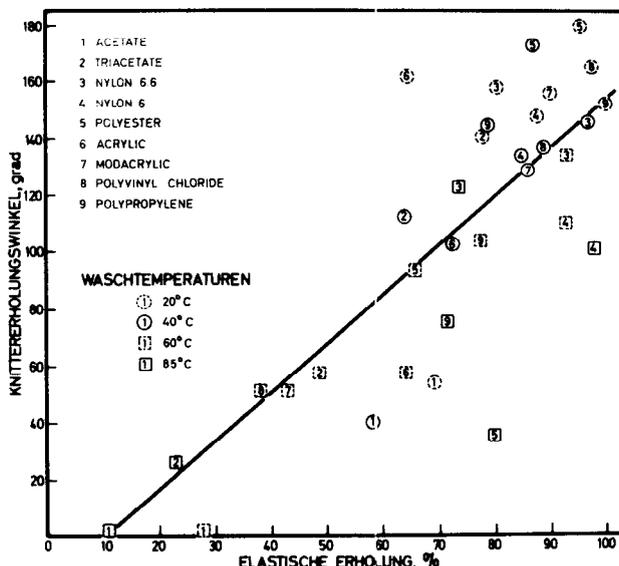


Abb. 8: Beziehung zwischen der elastischen Erholung und dem Knittererholungswinkel

lung und des Knittererholungswinkels erzielt wurde, und in Abbildung 9 wird die Beziehung zwischen den wash-wear ratings und den elastischen Erholungswerten dargestellt.

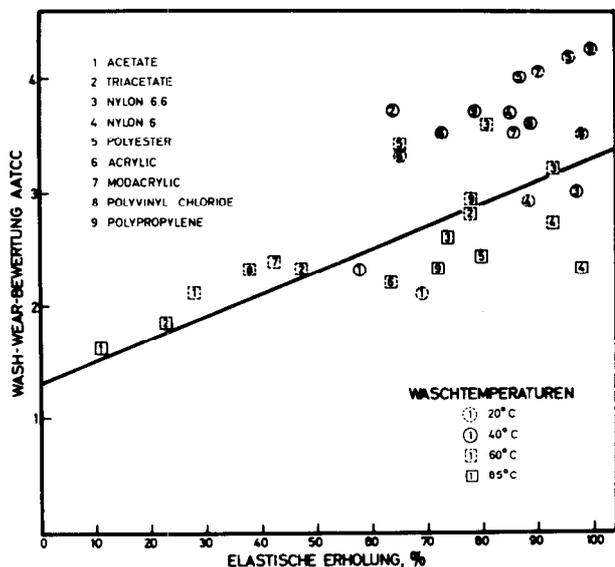


Abb. 9: Die Änderung der elastischen Erholung im Vergleich mit den wash-wear ratings

5. Schlußfolgerungen

Sämtliche der untersuchten Materialien wiesen eine Verschlechterung in ihrem Waschverhalten bei Erhöhung der Waschtemperatur auf. Das ist das Ergebnis der schlechteren elastischen Erholung und des niedrigeren Naßmoduls. Die Umwandlungstemperatur ist jedoch ein weiterer Faktor zur Erklärung des Knitterverhaltens. Die beiden Polyamidtypen ließen die geringste Beeinträchtigung ihres Verhaltens mit zunehmender Waschtemperatur erkennen, da sie sich im untersuchten Temperaturbereich oberhalb ihrer Umwandlungstemperatur im Wasser befinden. Alle anderen Gewebe durchliefen in diesem Temperaturbereich eine Umwandlungszone, und auf Grund der Tatsache, daß sich die bei den höheren Temperaturen gebildeten Falten im Laufe der kälteren Spül- und Schleuderkreisläufe nicht erholen konnten, wurden die Falten „eingefroren“ und halbdauerhaft gemacht. Sie konnten größtenteils nur durch ein neuerliches Eintauchen der Gewebe in heißes Wasser wieder entfernt werden.

Die gegenwärtigen Schwierigkeiten bei der Erzielung einer einwandfreien Hochtemperaturwäsche bei thermoplastischen Geweben haben ihren Ursprung daher in einer Verkettung von Umständen (wie zum Beispiel dem Vorhandensein von Umwandlungsphänomenen in den polymeren Materialien), was zu einer innewohnenden Knittertendenz führt, und in der Unmöglichkeit, Kleidungsstücke in der Waschmaschine dauernd in Bewegung zu halten, um die Bildung von schweren Falten an irgendeiner Stelle des Gewebes zu verhüten.

Beträchtliche Umwälzungen in der Fasertechnologie, die den einen oder den anderen Faktor beeinflussen könnten, sind in absehbarer Zeit sehr unwahrscheinlich, und es wird voraussichtlich auch noch einige Zeit

notwendig sein, daß man Kleidungsstücke aus thermoplastischen Faserstoffen bei niedrigen Temperaturen waschen und leicht bügeln wird müssen, um etwaige aufgetretene Knitterstellen wieder zu beseitigen.

Die Beurteilung des Wash-wear-Verhaltens durch visuelle Einstufung der gewaschenen Proben ist wegen der Unterschiede zwischen den Waschprogrammen in Waschmaschinen, die verschiedene Arten von Knittermustern erzeugen, nicht ganz einwandfrei. Der in diesem Referat beschriebene nachgeahmte Knitterversuch liefert ein einfaches und objektives Maß des Verhaltens, das für die begrenzte Zahl der untersuchten Gewebe mit den subjektiven wash-wear ratings gut übereinstimmt.

Diskussion

Herzog: Wenn wir versuchen, aus dieser umfangreichen Arbeit des Instituts Folgerungen für die Praxis abzuleiten, so ist es meines Erachtens wichtig, genau zu überlegen, welche Waschtemperaturen wir in der Pflegeanleitung für Maschinenwäsche einsetzen sollen. Es ist unmöglich, die Waschtemperatur allein nur hinsichtlich der Materialsart anzugeben, denn wir haben gehört, daß sehr viele Einflüsse, beispielsweise die Konstruktion, die Reibungsverhältnisse der Ware usw., dafür maßgebend sind, wobei gerade bei diesen Untersuchungen von gleichartigen Geweben ausgegangen wurde, und wir die Gewebestruktur als weiteren, äußerst variablen Parameter beachten müssen. Auch haben wir gesehen, daß wir in Zukunft mit der Angabe der Waschtemperatur allein nicht auskommen werden, weil man beispielsweise schon durch jähes Abkühlen das Einfrieren von Falten beeinflussen kann. Man sollte hier zusätzliche Angaben für die Pflegeanleitung machen.

Ich möchte daher gleich eine Frage an den Anfang stellen: Sie machen die Reibung abhängig von den Materialeigenschaften. Ich könnte mir jedoch vorstellen, daß auch noch andere Parameter, beispielsweise der Glanz, die Mattierung, der Fadenquerschnitt oder die Konstruktion des Materials, einen weitaus größeren Einfluß auf die Reibung ausüben als die inherenten Materialeigenschaften, habe ich recht?

Jeffries: Die Reibung eines Gars wird selbstverständlich vor allem von der Garnkonstruktion bestimmt, aber auch von der Oberflächenbeschaffenheit der Einzelfäden. Meiner Meinung nach ist aber der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit auf die Reibungseigenschaften, wie auch aus der Literatur hervorgeht, bis heute noch viel zu wenig erforscht worden. Die Oberflächenkonstruktion in Zusammenhang mit dem Reibungsverhalten ist ein sehr wichtiges Kriterium, deshalb befaßt man sich auch seit einiger Zeit am Shirley Institut mit diesem Problemkreis.

Dworschak: Ich wollte dazu nur eine Ergänzung bringen: Die meisten Pflegekennzeichnungen geben für Polyester eine Waschtemperatur von 60°C an. Wie Sie aber gerade an diesem Beispiel gesehen haben, sind diese 60°C als Waschtemperatur im Grunde eine äußerst gefährliche Temperatur, denn im Temperaturbereich zwischen 60 und 40°C zeigen die meisten charakteristischen Kurven einen ganz eindeutigen Abfall. Andererseits ist aber bekannt, daß die Frauen am liebsten alle Hemden kochen würden. Wenn sie das nun bei Polyesterhemden wirklich tun würden, dann erhielten sie statt der glatten Hemden verknitterte, die man dann nicht nach einer Stunde wieder anziehen kann.

Um nun aber allen gerecht zu werden, wäre es möglich, durch ein stufenweises Abkühlen das Problem zu umgehen. Leider gibt es aber erst eine einzige Waschmaschine auf dem Markt, die einen stufenweisen Spülzyklus benützt, und es scheint mir nicht genügend bekannt, daß es eine derartige Waschmaschine ermöglichte, jede Synthefaser auch zu kochen. Denn es handelt sich dabei ja um den Kälteschock, der das Kochen verbietet bzw. zu Knitterproblemen führt.

Meckel: Der Kälteschock ist entscheidend für das Knittern eines Gewebes. Aus Untersuchungen des Waschmaschinenmarktes West-Europas wissen wir aber, daß heute mehr als 95% aller Waschmaschinen ein Pendelspülen aufweisen, bei dem die Temperatur relativ langsam absinkt. Diese Schwierigkeiten, die wir noch vor zwei, drei oder vier Jahren hatten, weil die Temperatur während des Spülens noch bei vielen Waschmaschinen schockartig um 20 bis 30°C absank, sind heute fast vorbei.

Herzog: Ja, die Zeiten für die Herstellung solcher Maschinen sind zwar vorbei, aber die Maschinen laufen noch und sind noch in den Haushalten.

Maxmeier: Man kann den Glasumwandlungspunkt der Fasern, beispielsweise durch Quellmittel, verändern. Auch Hilfsmittel beeinflussen die Reibung der Fasern. Hat man solche Einflüsse auch beim Knitterverhalten der geprüften Gewebe festgestellt?

Jeffries: Der Einfluß von Oberflächenhilfsmitteln wurde im Rahmen unserer Untersuchungen nicht berücksichtigt, aber Sie haben recht, die Oberflächenhilfsmittel beeinflussen die Reibungseigenschaften des Faserstoffes. Allerdings wurden von unserer Seite in dieser Hinsicht bisher noch keine Untersuchungen angestellt.

Hering: Sie haben hauptsächlich von Stoffen gesprochen, mich würde aber das Knitterverhalten von Polyester-Vorhängen und Gardinen bei der Haushaltswäsche interessieren. Haben Sie diese nach Ihrer neuen Methode, bei der eine 25-g Belastung aufgelegt wurde, auch durchgeführt? Ich könnte mir nämlich vorstellen, daß die Belastung mit

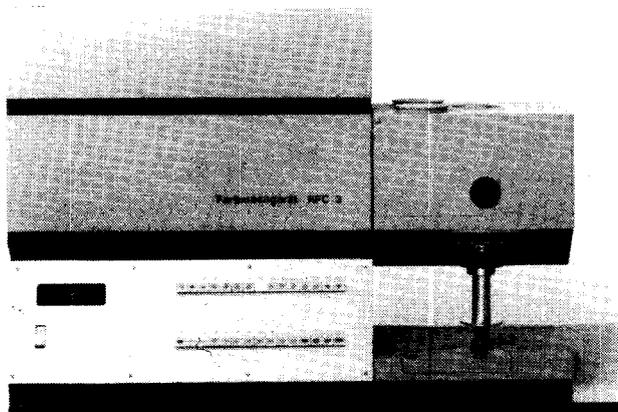
dem Flottenverhältnis im Zusammenhang steht, das heißt, daß sich ein bestimmtes Gewicht bei großem oder kleinem Flottenverhältnis anders auswirken könnte. Auch könnte ich mir vorstellen, daß die Belastung jeweils nach der Art des Materials verändert werden müßte.

Jeffries: Ich stimme mit Ihnen überein, daß das Flottenverhältnis einen Einfluß hat, und daß die Belastung bei schweren Materialien anders gewählt werden müßte als bei leichten, aber leider haben wir unsere Arbeiten auf diesen Zweig der Untersuchung noch nicht ausgedehnt. Ich gebe Ihnen recht, das ist ein sehr interessanter Problemkreis.

Stamm: Mich hätte interessiert, welcher Zusammenhang zwischen Ihren Bestimmungen des Knitterwinkels und den Fotografien der Prüfvorschrift nach AATCC besteht. Wir wissen ja, daß normalerweise zwischen den von AATCC angegebenen Fotografien und den üblichen Naßknittermessungen keine direkten Beziehungen bestehen. Der Wasch-Prozeß ist ja kein einfacher Prozeß, sondern es kommen hier viele Einflüsse zum Tragen.

Jeffries: Ich gebe schon zu, daß die Interpretationsmöglichkeiten der experimentell erhaltenen Kurve variabel sind. Wir erhielten eine ziemlich gute Korrelation zwischen den "wash-wear-ratings" von AATCC und unseren Knitterwinkelbestimmungen für diese Gewebe bei genau definierter Temperatur und Belastung während des Waschzyklus. Für gewöhnliche Naßknittermessungen, die bei 20°C mit einer höheren Belastung durchgeführt werden, kann ich mir aber vorstellen, daß kein direkter Zusammenhang mit den "wash-wear-ratings" gefunden wurde.

In Färberei und Textildruckerei die Rentabilität mit System verbessern:



RFC 3/4
RFC 3/8
RFC 3/16
RFC 3/16 P
RFC 3/24 P

IHR PARTNER IM LABOR:

ZEISS ÖSTERREICH GESELLSCHAFT M. B. H.

1096 Wien, Rooseveltplatz 2, Telefon 42 75 25, Fernschreiber: (07) 4839

8044 Graz, Mariatrosterstraße 172 c, Telefon 03 1 22/36 21 23

5110 Oberndorf bei Salzburg, Hoher Göll-Straße 16, Telefon 062 72/7201

ZEISS

Neue Möglichkeiten für die Herstellung von Textilien auf der Basis von modifizierten Non-wovens für baumwoll- und seidenartige Artikel

Dipl.-Ing. Helmut J e z e k
Institut für Wohn- und Bekleidungskultur, Prag/CSSR

Eine aus der Vielzahl der bekannten Möglichkeiten zur Herstellung nicht gewebter Textilien stellt die Arachne-Technologie dar, bei der ein Faservlies mittels einer in Längsrichtung orientierten Kette „durchwirkt“ wird. Ein ähnliches Verfahren, das als „Nähwirken“ bezeichnet wird, ist Maliwatt.

Vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit des Produktionsverlaufs gesehen, handelt es sich zweifellos um ein aussichtsreiches Verfahren: Durch Eliminierung gesponnener Garne wird eine bedeutende Verkürzung des Herstellungsprozesses mit entsprechenden Einsparungen an Arbeitskraft, Investitionsmitteln, Energie, Aufstellungsflächen usw. erreicht.

Hindernis einer größeren Verbreitung dieser technologischen Richtung war bisher die Tatsache, daß für etliche anspruchsvollere Artikelgruppen die Gebrauchseigenschaften solcher Nähgewirke das erwartete Niveau nicht zu erreichen war; dazu kam die oft schwierigere Anwendung der üblichen Veredlungsprozesse im Vergleich zu gewebter Ware. Hervorzuheben ist, daß zur Sicherstellung der entsprechenden physikalisch-mechanischen Parameter ein Gesamtgewicht des Nähgewirkes von minimal 250 g/m² unumgänglich war; schon dies hat den Einsatz der Ware ganz erheblich eingeengt.

Durch mehrjährige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Optimierung der Konstruktion des Nähgewirkes, der Materialzusammenstellung, der Faserorientierung im Vlies und durch Anwendung stabilisierender Elemente, sowie durch die Ergänzung der Produktionsmaschine mit neuen Funktionsteilen oder durch Einsatz von Chemiefasern für im Gebrauch besonders beanspruchte Flächen des Textils ist es gelungen, die vorher erwähnte Gewichtsbarriere zu überschreiten.

Die entstandenen Modifizierungen der Arachne-Technologie ermöglichen es nun, in das Gebiet der Baumwoll- und Seidengewebe sowie in das der entsprechenden Leinenartikel und leichten technischen Gewebe vorzudringen. Die erwähnten Gebiete stellen eine Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten mindestens um das Zehnfache dar.

Modifizierte Nähgewirke kann man mittels der im Referat näher erläuterten Variationen schon ab ca. 95 g/m², vor allem aber im entscheidenden Bereich der Textilien mit 120 bis 160 g/m² (selbstverständlich auch höher) herstellen. Die Gebrauchseigenschaften sind sehr günstig und entsprechen völlig den heutigen Erkenntnissen auf diesem Gebiet. Das Endprodukt nähert sich auch visuell sehr einem Gewebe, wenn es auch noch andere spezifische Eigenschaften mitbringt.

Somit steht eine sehr interessante Alternativtechnik mit wirklich neuen Anwendungsmöglichkeiten, die außerordentlich lukrative Wirtschaftlichkeitsaspekte eröffnen, zur Verfügung. Chemiefasern aller Arten sind einsetzbar, in vielen Fällen sogar unumgänglich.

Der Vortrag enthält Angaben über das Prinzip der Modifizierung der Technologie, über die Gebrauchseigenschaften der Erzeugnisse und somit über die Einsatzmöglichkeiten dieses Verfahrens zur Herstellung von Non-wovens, die Geweben weitgehend äquivalent sind.

The Arachne technology represents one of the known possibilities producing non-wovens, making use of a web and stitch knitting it by a warp. An analogical technology of a similar principle is the Maliwatt.

From the view of the production economy, there is no doubt about this promising process: by eliminating spun yarns a substantial short-cut of the manufacturing process can be achieved, corresponding to savings of man power, capital investments, energy, space and others. A broader use of this technology was handicapped so far by the inadequate level of performance properties and a far more difficult finishing compared to woven textiles. In order to obtain the desired values of physical and mechanical parameters, it was necessary to construct a stitch knitted fabric of at least 250 g/sq. m.

Years of research and development were necessary in order to obtain an optimal construction of a stitch knitted fabric in this line, including an effective composition and laying technique of the web, making use of further stabilizing elements, completion of the manufacturing machinery with the required attachments and use of chemical fibres e. g. on the exposed surface of the fabric. All these facts helped to overcome the weight barrier. A modified technology and production method make it possible to penetrate into suitable lines of the flax industry and lightweight technical articles.

It is possible to produce through the mentioned method a modified stitch knitted fabric from 95 g/sq. m. and what is most important, in the decisive range of fabrics starting from 120—160 g/sq. m. and upwards. The performance in wearing is quite favourable and complies with the up to date knowledge in this field.

Thus a quite interesting alternating technique originated, suitable to restore the production in the mentioned lines of the textile industry with exceptional attractive economical parameters.

The paper contains basic facts to clear up the principle of these modified production processes, about the useful properties of these products and in consequence of new possibilities to apply the mentioned production method of non wovens to similar correspondig woven textiles.

1. Einleitung

Zu Beginn erscheint es zweckmäßig, kurz an die allgemein anerkannte Gliederung nicht gewebter Textilien nach Kr e m a¹ zu erinnern. Auf Grund dieser werden die weiter behandelten modifizierten Arachne-Textilien als „mechanisch verfestigte Non-wovens mit Bindefäden“ eingereiht.

Eine weitere Definition für Arachne-Textilien bringt S o b o t k a². Danach geht es bei derartigen Textilien im Prinzip (aus der Sicht des Wirkers) um ein Kettgewirke mit Bindefadenfutter, wobei der „Bindefaden“ nicht in Form von Fäden (Garnen), sondern als Vlies eingearbeitet wird. Diese Darstellung läßt vielleicht das technologische Hinterland der Entwicklungsrichtung, über die im Referat gesprochen werden wird, schon etwas näher heraustreten.

In meinem Beitrag möchte ich mich, wie schon aus der Überschrift hervorgeht, auf neuere Entwicklungen in der Herstellung von Nähgewirken mit eventueller Kombination mit adhäsiv gebundenen Non-wovens beschränken.

Die Angaben über modifizierte Herstellungsprozesse und die damit verbundenen neuen Anwendungsmöglichkeiten resultieren stets aus Betriebsversuchen, so daß es sich also zum Teil schon um in Betriebsbedingungen und -ausmaßen positiv getestete und daher auch voll nutzbare Produktionsvorgänge handelt.

In jedem Falle geht es um eine Technologie, die das weiter ergänzen kann, was die CSSR allgemein erfolg-

reich zur Entwicklung der Textiltechnologie beige-steuert hat — ob es nun Düsenwebmaschinen, Offen-spinnmaschinen, Rundstrickautomaten, Wellenfach-webstühle sind, oder ob es die weiterentwickelte Arachne-Technologie ist.

Die Präsentation jedes neuen Textils, besonders aber eines nicht gewebten, ruft in erster Linie stets die Frage nach deren Gebrauchseigenschaften hervor. Es kann versichert werden, daß gerade eine wesentliche **Verbesserung der Gebrauchseigenschaften** von seiten des Staatlichen Textilforschungsinstitutes Liberec, CSSR, als Postulat der technisch-technologischen Ent-wicklung von Anfang an betont wurde. Im Laufe des Vortrags werde ich mich bemühen, diese Problematik durch entsprechende Prüfergebnisse zu dokumentie-ren.

In den einleitenden Bemerkungen muß noch auf die Zusammenhänge der Entwicklungsmotivierung mit gewissen Zügen der allgemeinen Trends auf dem Ge-biet der Textilproduktion und des Verbrauchs hinge-wiesen werden. Damit läßt sich gleichzeitig die Frage beantworten, auf welche Weise hochproduktive, wirt-schaftlich vorteilhafte und umweltfreundliche Herstel-lungsprozesse zum zielbewußten Fortschritt des ges-amten Industriezweiges beitragen können.

In erster Linie sollte man — ohne Rücksicht auf kurz-fristige Schwankungen der Weltwirtschaft — den ständig steigenden Verbrauch von Textilien in Be-tracht ziehen. Im Falle von Textilien für den persön-lichen Bedarf und von Wohntextilien wird der Trend zweifellos mit der Entwicklung der Bevölkerungszahl und des Lebensstandards zusammenhängen. Der Be-darf an technischen Textilien ist als permanent stei-gend vorauszusehen. Die Entwicklung der Weltbevöl-kerung mit Voraussage bis zum Jahre 2000 ist aus Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1: Entwicklung der Weltbevölkerung bis zum Jahre 2000 (in Millionen)

	1950	1973	2000	Index 2000/73
Europa (ohne UdSSR)	413	511	641	125
UdSSR	180	250	330	132
Afrika	222	375	817	218
Amerika	329	544	985	181
Asien	1360	2166	3705	171
Australien und Ozeanien	13	21	35	166
Weltbevölkerung	2517	3867	6513	142

Es besteht bestimmt kein Zweifel darüber, daß sich das erwartete Wachstum, zusammen mit dem Anstieg des Lebensniveaus (trotz seiner Unterschiedlichkeit in bezug auf hoch- und niedrigentwickelte Regionen), in Zukunft auch einen weiterhin zunehmenden Anstieg der Textilproduktion und selbstverständlich auch der

Tabelle 2: Weltverbrauch an Fasern bis zum Jahre 2000

Zeitraum	1970		1980		1990		2000	
	Mio. t	%	Mio. t	%	Mio. t	%	Mio. t	%
Fasergruppe								
Baumwolle	11,6	54	14,1	46	17,1	42	20,8	40
Wolle	1,6	7	1,6	5	2,1	5	2,6	5
Cellulosics	3,5	16	3,6	12	3,6	9	3,6	7
Synthetics	4,9	23	11,5	37	17,9	44	25,0	48
Summe	21,6		30,8		40,7		52,0	

Chemiefaserherstellung nach sich ziehen wird. Nur der Vollständigkeit halber sei auch auf den vorhergesagten Trend des Weltfaserverbrauchs hingewiesen, wobei der Mehrverbrauch — wie bekannt — eigentlich nur durch Erhöhung der Chemiefaserproduktion zu bewältigen ist (Tab. 2).

In Zusammenhang mit dem Thema des Vortrags ist bestimmt auch die letzte Tabelle dieses Abschnittes interessant, die abzuschätzen versucht, wie sich die Herstellung nicht gewebter Textilien weiterentwickeln wird (Tab. 3). Wie jede Prognose ist auch diese disku-tabel, zum Beispiel vom Gesichtspunkt der Sortiment-gliederung aus. In ihrer Gesamtheit läßt sie aber doch eine intensive Aufwärtsentwicklung erkennen.

Tabelle 3: Prognose über die weltweite Entwicklung der Her-stellung nicht gewebter Textilien (nach Anwen-dungszweck; in 1000 t)

Bedarfsgruppe	1968	1980	80/68
Technische Textilien	52,5	90,0	172
Textilien für den Heimbedarf	25,5	81,0	318
Bekleidungstextilien	30,0	99,0	330
Kunstleder	4,5	22,5	500
Textilien für das Gesundheitswesen	15,0	67,5	450
Möbelstoffe und Bodenbeläge	22,5	90,0	400
Insgesamt:	150,0	450,0	300

Erwägungen über die Zielsetzung der Forschung und letztlich auch über die Innovationsrichtung von Technik und Technologie in der Textilindustrie wurden und werden ständig durch eine Reihe weiterer wichtiger Faktoren beeinflusst. Es geht hier zum Beispiel um Fragen, die mit der Entwicklung der Rohstoffsituation in der Welt, den Kosten der Arbeitskraft, den Kosten für die Erstellung eines Arbeitsplatzes zusammen-

hängen, usw. Gerade auf diesen Gebieten können aber die modifizierten Herstellungsprozesse von Nähgewirken eine progressive Rolle spielen.

Die einleitenden Bemerkungen hatten den Sinn, die Zusammenhänge der diskutierten Entwicklungsrichtung mit einer Reihe objektiv wirkender Faktoren zu unterstreichen. Man kann erwarten, daß sich die Praxis der ökonomisch eindeutig positiven Entwicklung neuer Typen von Textilien mit einer hochproduktiven Herstellung, den nötigen Eigenschaften, vernünftiger Musterungsvariabilität usw. nach und nach bemächtigen wird, unter anderem schon deshalb, weil die traditionellen Erzeugungsprozesse an die Grenzen ihrer Möglichkeiten gelangen und die Anwendung einer Direktproduktion von textilen Flächengebilden aus eventuell heute noch unbekanntem synthetischen Stoffen oder deren Zusammenstellung mit Sicherheit nicht vor der Jahrtausendwende praxisreif sein dürfte.

Im folgenden nun unmittelbar zu den wichtigsten Punkten der Problematik.

2. Modifizierte Nähgewirke feiner Teilung mit Anwendung leichter Vliese

2.1. Anwendungsgebiete

Die Technologien des Durchwirkens bzw. des Durchnärens von Faservliesen, deren Repräsentanten Arachne und Maliwatt sind, waren bis zur jüngsten Zeit imstande, Flächentextilien mit akzeptablen Eigenschaften in der Regel erst ab ca. 250 g/m² aufwärts zu produzieren. Solche Erzeugnisse konnten selbstverständlich nur einen Teil des so breiten Textilsortiments bewältigen (u. zw. vorwiegend technische Artikel, Isolierungen, Wärmeeinlagen, Verpackungsmaterial, Schuhobermaterial, Dekostoffe u. a. m.). Der Bedarf an solchen Produkten war natürlich relativ schnell gedeckt, und die hervorragenden Wirtschaftlichkeitsparameter der Technologie konnten so nur teilweise genutzt werden.

Im weiteren konnten die früher herstellbaren Typen nähgewirkter Vliertextilien nicht die Eigenschaften für anspruchsvollere Textilien bereitstellen. Am meisten wurde folgendes kritisiert:

- die Werte von Längs- und Querfestigkeit und ihr Verhältnis zueinander,
- die entsprechenden Dehnungswerte,
- Schrumpfeigenschaften,
- lokale Deformationen (Ausbeulung),
- Pillingneigung,
- Gewichtsverluste bei Waschprozessen und im Gebrauch,
- Komplikationen bei der Veredlung (z. B. das Verdrehen der Ränder bei verschiedenen Bindungen oder Artikelkonstruktionen),
- erhöhte Ansprüche an die Behandlung des Textils seitens des Verbrauchers auf Grund der hohen Flächengewichte (z. B. beim Waschen, beim Trocknen, dem nötigen Bügeln u. a.).

Die modifizierten Herstellungsverfahren ergeben Textilien, bei denen diese Mängel weitgehend eliminiert sind. Als wichtigstes Ergebnis und als größter Erfolg der Modifizierung sowie als effektiv neuer Zug der

modifizierten Technologie kann daher bezeichnet werden:

- die Überwindung der schon erwähnten Gewichtsbarriere,
- eine grundlegende Verbesserung der vorhin angeführten Parameter und Eigenschaften,
- eine weitere bedeutende Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens,
- ein weitgehendes Annähern an das Aussehen von Geweben durch zweckmäßiges Optimieren der Konstruktion von Arachne-Nähgewirken (Reihendichte, Feinheit der Teilung, Anteil der einzelnen Faser- oder Garnsysteme im Nähgewirk usw.).

Auf Grund der erzielten und praktisch bestätigten Ergebnisse kann man feststellen, daß die modifizierte Arachne-Technologie derzeit anwendbar ist für:

- die Erzeugung leichter Textilien schon ab 90 g/m² bis zu 180 g/m² (selbstverständlich auch weiterhin für höhere Flächengewichte), also für das entscheidende Gebiet von Flächengebilden, die im Baumwoll-, Seiden-, Leinen- und Wäschesortiment hergestellt werden,
- die Erzeugung einer erweiterten Auswahl leichter technischer Textilien (z. B. Buchbinderleinen, Schmirgelunterlagen, Konfektionseinlagen, Untermaterial für Syntheseleder und leichte Tuftingware, Pflasterunterware für sanitäre Zwecke, spezielle Einlagen mit unterschiedlicher Steifheit über die Breite usw.),
- die Herstellung anspruchsvollerer Artikel der besprochenen Gewichtsgruppe, wie zum Beispiel Windelstoffe, Betttücher, leichte Damenkleiderstoffe im Baumwoll- bzw. Seidenlook (vor allem bedruckt), Freizeithemdenstoffe, Tischtücher, Handtücher, Inbetweens usw.,
- das vorhergehende, aber qualitativ verbesserte Sortiment, einschließlich Möbelstoffe mit neuen Eigenschaften und neuem Aussehen,
- sowie für sich weiter abzeichnende und derzeit schon gangbare Wege zur Herstellung spezifischer Flächengebilde (z. B. Manchester mit eingebundenem Flor ohne Trägergewebe)
- und weitere.

Ausschlaggebend und neu ist dabei, daß — gegenüber dem fortschrittlichsten Webvorgang und auch im Vergleich beispielsweise zur Rascheltechnik, zu Kettengewirken mit Schußeintrag, zu Nähgewirken mit Quersfaden und eventuell auch noch zu anderen Alternativverfahren — die modifizierte Arachne-Technologie die Anwendung gesponnener Garne (evtl. auch von Filamenten oder Texturseiden) verringert oder völlig eliminiert. Diese werden durch neue Vliestypen vollwertig substituiert, eventuell auch durch ein System von Garnen, die sich nicht an der Bindung beteiligen und daher nicht eingearbeitet werden (wobei diese wenig beanspruchten Garne es ermöglichen, daß auch die Anforderungen an die Spinn-technologie und den Garnausfall bedeutend reduziert werden können).

Auf diese Art wird die Fasersubstanz maximal zur Flächenausfüllung ohne Verringerung ihres spezifischen Volumens (das im Laufe des Spinnprozesses bei jeder Drallgebung auftritt) genutzt. Dadurch behält der Textilrohstoff im Vergleich zu anderen Verfahren

ein höheres Deckungsvermögen bei, sodaß neben dem Einsparen des Spinnvorgangs auch noch mit einem um 10 % (evtl. auch um mehr) verringerten Materialeinsatz gegenüber vergleichbaren Geweben gerechnet werden kann.

Die Textilstruktur verbessert in unserem Fall auch die bekleidungspsychologischen Eigenschaften, vor allem den Feuchttransport, und die thermischen Kennwerte des Stoffes. Das leuchtet schon deshalb ein, weil das Flächengebilde mehr Luft enthält — was nach Cernia und Mark als der überhaupt entscheidende Faktor in bezug auf Komfort und Hygiene der Bekleidung anzusehen ist⁷. Charakteristisch für die beschriebenen Arachne-Modifizierungen ist dabei, daß deren Beschaffenheit es ermöglicht, in den am stärksten beanspruchten Stellen des Textils einen entsprechenden Anteil (und nicht mehr) bzw. eine ausreichende Menge der geeigneten Textilfasern zu situieren (z. B. abriebfeste, saugfähige, pillingarme usw. Fasern). Für den übrigen (gewichtsmäßig zumeist überwiegender) Teil des Flächengebildes kann dann zum Ausgleich wieder billigeres Fasermaterial — unter Umständen sogar Abfälle — verwendet werden.

2. 2. Kurzbeschreibung der Technologie und ihres Einflusses auf das Flächengebilde

Streng beurteilt, unterscheidet sich die modifizierte Technologie optisch nicht allzusehr von den bekannten Vorgängen, die für die Grundtypen der Nähwirktechnologie charakteristisch sind, was letzten Endes von Vorteil ist, da es im Wesentlichen um bekannte, bewältigte und bewährte textiltechnologische Prozesse geht.

Der entscheidende und für die Erweiterung des Anwendungsbereiches unumgängliche Fortschritt wurde durch eine Reihe patentierter Zusatzmechanismen, Konstruktionseingriffe und durch eine neue, oft ungewohnt erscheinende Art des technologischen Ablaufes der Warenfertigung bzw. der untraditionellen Aggregation deren Teilabschnitte erreicht. Konkret soll hingewiesen werden auf

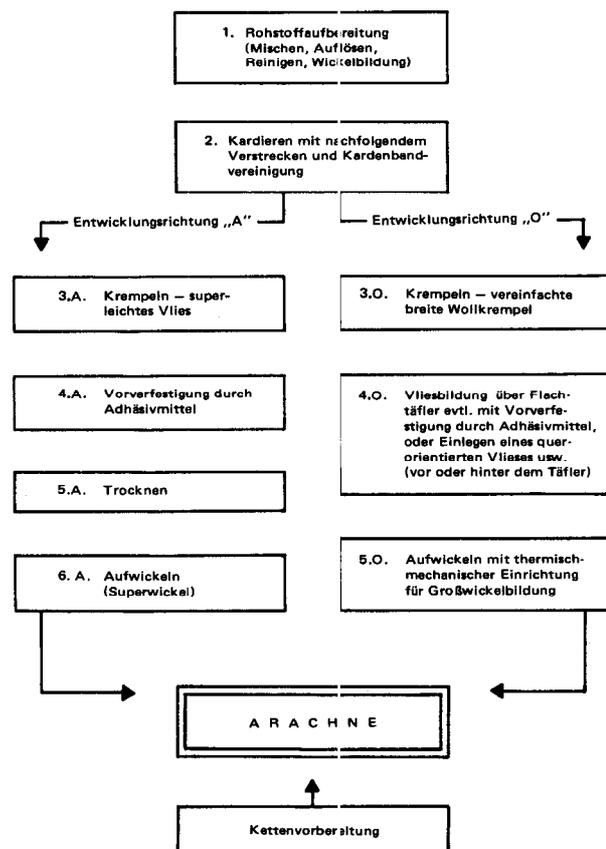
- die Anwendung von Adhäsivmitteln in sehr geringen Mengen und einen speziell entwickelten Vorgang zu deren Auftragen auf den Flor sowie auf die Anwendung eines längs- und/oder querorientierten Vlieses,
- die Lösung des Problems der kontinuierlichen Trocknung superleichter Vliese hinter der Karde oder dem Täfler,
- die Möglichkeit der Aufstellung eines Großwickels bei superleichten Vliesen (1000 m und mehr, also für mehr als drei Arbeitsschichten der Arachne-Maschine),
- die Verbesserung der Vlieskontrolle und der Kettfäden an der Arachne-Maschine,
- die Sicherstellung eines entsprechenden Qualitätsausfalls (1. Wahl) bei leichten Arachne-Nähgewirken,
- die Möglichkeit der Anwendung hoher Reihendichte zur Verbesserung der Gebrauchswerte sowie die Verfeinerung der Teilung (bei optimierter Nadelkonstruktion),
- die Erarbeitung der Möglichkeit, ein Zusatzsystem längsorientierter Fäden einzusetzen (was nicht nur eine Annäherung an das Gewebeimage bringt, son-

dern auch eine Verbesserung der Formstabilität, Verminderung des Schrumpfens auf ca. 2,5 % ohne Spezialausrüstung, Beseitigung der Ausbeulung, Anwendungsmöglichkeiten für Effektgarne, Ausweitung der Musterungsmöglichkeiten, Herstellung von Flortextilien),

- die Verbesserung der Leistenqualität und deren Aussehen,
- eine zufriedenstellende Lösung der Querfestigkeit durch geeignete Faserorientierung und Ausnutzung der diesbezüglichen Bindemittleigenschaften (wobei das Bindemittel entweder auswaschbar oder permanent angewandt werden kann), sowie
- das Sicherstellen eines außergewöhnlich gleichmäßigen Vlieses und der daraus resultierenden Gleichmäßigkeit des Arachne-Textils.

Den technologischen Ablauf kann man unter Einbeziehung der oben angeführten Kriterien für die üblichsten Anwendungsfälle am einfachsten durch folgendes Schema veranschaulichen (Tab. 4):

Tabelle 4: Schema des modifizierten Herstellungsprozesses von baumwoll- und seidenartigen Nähgewirken (anhand von zwei Beispielen)



Der Veredlungsprozeß verläuft hier gewöhnlich in einem Umfang wie bei vergleichbaren klassischen Textilien. Auch Maschinen und Einrichtungen werden analog eingesetzt. Dies ermöglicht die schon angedeutete Konstruktion des Nähgewirkes, dessen Eigenschaften und Verhalten. Aus diesem Grund beschäftigt sich der Vortrag auch nicht ausführlich mit der Veredlung dieser Textilien.

Tabelle 5: Aufgliederung der Gewebeproduktion nach der Bindungsmusterung (in %)

Bindungsart	Baumwollgewebe	Seidengewebe	Leinengewebe	Wollgewebe
1. Leinwandbindung (mit einfarbigem Schuß)	62,0	37,0	70,0	60,0
2. Bindungen bis zu drei Schäften (einfarbiger Schuß)	14,0	35,0	7,9	
3. Zusammen: Grundbindungen mit einfachem Schuß	76,0	72,0	77,9	60,0
4. Bindungen bis zu 16 Schäften (mit einfarbigem Schuß)	10,0	4,0	6,4	6,8
5. Bindungen über 16 Schäfte (mit einfarbigem Schuß)	0,1	—	—	0,7
6. Schußgemusterte (mehrfarbige) Gewebe ohne Rücksicht auf die Anzahl der Schäfte	5,0	4,0	8,7	31,4
7. Jacquardmusterung und Spezialbindungen	8,9	20,0	7,0	1,1
8. Insgesamt (3. bis 7.)	100,0	100,0	100,0	100,0

2. 3. Musterungsmöglichkeiten

Einleitend ist zu sagen, daß bei modifizierten Arachne-Technologien ganz oder teilweise das frühere charakteristische Aussehen (das jenem von Maschenwaren ähnlich war) unterdrückt wird, sodaß es sich dem von Geweben bedeutend nähert.

Musterungsmöglichkeiten bestehen in erster Linie auf der Arachne-Maschine. Neben den üblichen Grundbindungen, wie Franse, Franse-Trikot, Franse-Tuch, Trikot und Atlas, kann mit Hilfe von zwei Legeschienen und der Bindungsexzenter eine verhältnismäßig große Anzahl von Bindungsmustern sowie deren Kombinationen verwirklicht werden. Man kann auf diese Weise Bindungseffekte erreichen, die mit 10- bis 12schäftigen Gewebeproduktionen verglichen werden können. Nicht möglich sind verständlicherweise Jacquardmusterungen (obwohl andere Möglichkeiten bestehen, diese auch auf Arachne-Artikeln zu erreichen).

Da wir aber vornehmlich leichte Erzeugnisse für den Baumwoll- und Seidensektor besprechen wollen, muß in diesem Zusammenhang gesagt werden, daß zum größten Teil nur mit einer Legeschiene gearbeitet wird, was für das Image derartiger Artikel ausreicht und außerdem eine Kette einspart.

Falls Meinungen auftreten sollten, daß die bindungsbedingten Musterungen der Arachne-Technologie für eine breite Anwendung zu beschränkt seien, muß man wissen, daß — bei dem heute bestehenden Anteil der Gewebe an der Weltproduktion textiler Flächengebilde um rund 77 %⁸ — die Gliederung nach Gewebeproduktionen folgender Tabellenaufstellung⁹ entspricht (Tab. 5):

Neben der Musterung durch die Bindung besteht die Möglichkeit, während des Schärens durch Einsatz von gefärbtem Fasermaterial im Vlies und durch eine variierende Reihendichte u.a.m. Stoffe verschiedenartig zu gestalten.

In Aussicht steht die Möglichkeit einer schußstreifenartigen Quermusterung.

Außerordentlich wichtig erscheint — auch im Zusammenhang mit der weltweiten Entwicklung zur Erweiterung des Umfangs druckgemusterter Textilien für Bekleidungs- und Wohntextilien (einschließlich Bettwäsche) — auch das Bedrucken modifizierter Nähgewirke. Geeignet sind hierzu der übliche Filmdruck, die Rotationsschablone sowie der Thermoumdruck, wobei auch der heute noch breit angewandte Rouleauxdruck erfolgreich erprobt wurde und reibungslos durchgeführt werden kann.

Der aufsteigende Trend zum Textildruck, vor allem bei Textilien mit Synthefaseranteilen, soll — wenn schon angesprochen — mit Hilfe einer interessanten USA-Prognose dokumentiert werden (Tab. 6)⁹:

Tabelle 6: Entwicklung der Produktion bedruckter Textilien in den USA⁹

Zusammensetzung der Textilien	1973		1979		79/73
	Mio. t	%	Mio. t	%	
100 % Polyester	385	12	800	19	208
PES/Baumwolle	900	28	1650	39	183
Polyamid	255	8	460	11	180
Polyacrylnitril	30	1	125	3	417
Viskose/Acetat	580	18	500	12	86
100 % Baumwolle	960	30	540	13	56
Übriges	100	3	125	3	125
Insgesamt:	3210	100	4250	100	132

Um bei der Aufzählung von Dessiniermöglichkeiten bei Verwendung der Arachne-Technologie vollständig zu sein, muß weiter beigefügt werden, daß damit auch das Stückfärben leichter Nähgewirke in Strangform und voller Breite ohne Schwierigkeiten durchführbar ist; dabei ist zu sagen, daß ein gleichmäßiges Vlies mit homogener Durchmischung die Voraussetzung für einen einwandfreien Warenausfall ist. Dieser wird bestimmt erreicht, das Uni-Färben bleibt aber bei Nähgewirken etwas schwieriger als bei Geweben.

Mit positiven Ergebnissen wurden ferner Versuche mit Gaufrageffekten bei modifizierten Arachne-Textilien vorgenommen. Besonders bei höheren Anteilen von Synthetics lassen sich permanente Muster erreichen und auch auf diesem Wege kleinere (auch plastische) Jacquardmusterungen nachahmen.

Zum Abschluß dieses Teils kann also angeführt werden, daß nicht befürchtet werden muß, daß diese Technologie nicht genügend Möglichkeiten für die sich ständig ändernden Modetrends bereitstellen könnte. Gewisse Grenzen — wie dies heute jede hochproduktive Technologie in sich hat — sind natürlich auch hier gezogen. Aus der Sicht der breiten Auswahl des Textilsortiments, für das die Arachne-Modifikationen geradezu vorbestimmt erscheinen, sind diese Einschränkungen von nur geringfügiger Bedeutung.

2.4. Chemiefasern und modifizierte Arachne-Nähgewirke

Ganz allgemein kann angeführt werden, daß praktisch alle der derzeit handelsüblichen Chemiefasern eingesetzt werden können, und das je nach Form und Eigenschaften entweder in den Bindeelementen, im Vlies oder in den diversen Zusatzsystemen.

Ihre Anwendung ist natürlich ganz verschieden und hängt jeweils vom Artikel, dessen Endzweck und Benützungsweise, von Wirtschaftlichkeitsaspekten, der Gewichtskategorie usw. ab. Aus diesen Gründen kann im Rahmen dieses Vortrages das Einsatzgebiet nur angedeutet werden.

Für die Kette kommt bei den neuen Warentypen logischerweise vor allem synthetisches Endlosmaterial (PA, PE, PP) in Frage und — je nach Produktcharakter — selbstverständlich auch Viskoseseide. Die Feinheiten bewegen sich im Falle von synthetischem Rayon gewöhnlich zwischen 67 und 167 dtex (60—150 den), bei Viskoseseiden dann zwischen 100 und 220 dtex (90—200 den). Je nach Endzweck kommen natürlich auch Fasermodifikationen zur Geltung (evtl. schwer entflammare Typen oder Fasern mit verbesserten elektrostatischen Eigenschaften usw.). Querschnittsmodifikationen sind normalerweise nicht nötig, ausgenommen solche Fälle, bei denen besondere Mustereffekte oder die Erhöhung von Glitzereffekten erwünscht sind.

Im Vlies der neuen Nähgewirktypen können (bei Beachtung der vorhin erwähnten Differenzierung von Rohstoffen mit erwünschten Eigenschaften an der rechten oder der linken Seite, unter Umständen auch in der Mittelschicht des Nähgewirkes) Chemiefasern zu 100 % oder in den üblichen Mischverhältnissen mit Naturfasern eingesetzt werden.

Für leichte Nähgewirke eignen sich:

- Viskosestapelfasern vom B-Typ im Bereich von 1,7 bis 2,8 dtex, sowie vom W-Typ bis maximal

6,7 dtex in den üblichen Schnittlängen (wobei zu bemerken ist, daß größere Schnittlängen vorteilhaft sind),

- modifizierte Viskosefasern (z. B. HWM und Polynosics) in ähnlicher Geometrie,
- Polyesterstapelfasern, eventuell auch Polyamid-, Polypropylen- und Polyacrylnitrilfasern im üblichen Feinheitsbereich (also meistens 1,7—2,8 dtex bei B-Typen bzw. 3,5—6,7 dtex bei W-Typen),
- sowie alle gängigen oder speziell geeigneten Faser-mischungen dieser Chemiefasern mit Naturfasern.

Was die diversen Fasermodifizierungen betrifft, gilt entsprechend das gleiche, was für Kettmaterial angeführt wurde. Zu betonen ist, daß hier pillarme Fasern den Vorrang bekommen sollten.

Voraussetzung für einen reibungslosen Produktionsablauf und eine entsprechende Warenqualität sind die heute üblichen Verarbeitungsparameter der eingesetzten Fasern.

Einer der Vorteile des behandelten Herstellungsvorganges ist ohne Zweifel die wesentliche Verkürzung der Spinnereioperationen und dies gerade in den anspruchsvollsten Teilen des technologischen Prozesses. Auch dies vermindert de facto die Ansprüche an die Faser- und Laufeigenschaften.

Was Endlosfäden betrifft, ist eine tragbare Erhöhung der Drallanzahl pro Meter von Vorteil (schon 200 T/m geben gute Ergebnisse und möglichst wenig Kapillarbrüche).

Der zweckbewußte Einsatz von Stapelfasern aus dem Bereich der Chemiefasern im Vlies wird selbstverständlich die Auswahl der Maschinenbestückung auf dem Gebiet der Vliesvorbereitung mitbestimmen (z. B. Krempelgarnituren mit Ganzstahlbezug u. ä.).

In jedem Falle ermöglicht die Erzeugung von modifizierten Nähgewirken niedrigeren Gewichts einen sehr breiten Einsatz von normalen wie auch von modifizierten Synthesefasertypen, und die Ausbreitung dieser Kategorie von Textilprodukten schafft neuen Raum für die Anwendung aller geläufigen Chemiefasern und auch für die Erhöhung ihres Bedarfs.

2.5. Gebrauchseigenschaften der neuen Nähgewirkmodifikationen

Auf die wichtigsten und früher limitierenden Gebrauchseigenschaften wurde schon in Kapitel 2.1. hingewiesen. Daher sollen also jetzt nur noch konkrete Angaben gemacht und eventuelle Vergleiche mit anderen textilen Flächengebilden aufgestellt werden, um eine genauere Vorstellung von den beschriebenen Technologien anzuregen.

Aus Gründen der Zeitersparnis läßt sich dies in unserem Falle am besten anhand von Beispielen durchführen, die einen Teil des schon kommentierten Sortiments repräsentieren. Im ersten Teil werden Ergebnisse der üblichen Laborprüfungen reproduziert, anschließend daran die Resultate langfristiger Trage- und Gebrauchstests.

2.5.1. Parameter von modifizierten Arachne-Nähgewirken seidenartigen Charakters (bedruckt)

Nähgewirke der mit „A“ bezeichneten Entwicklungsrichtung werden mit jenen aus 100%igem Polyester-gewebe (Damenkleiderstoff) verglichen (Tab. 7).

Tabelle 7: Meßwerte von Textilien mit Seidencharakter

Parameter		Einheit	Gewebe	Nähgewirk
Gewicht		g/m ²	112,32	116,18
Festigkeit	Längsrichtung	N/5 cm	885	330
	Querrichtung		1124	409
Dehnung	Längsrichtung	%	18,6	45,5
	Querrichtung		32,3	83,6
Knitterwinkel (naß)	()°	118,7	131,9	
Abrieb (Akzellerotor)	%	1,562	1,631	
Pilling nach CSN	Stufen	5/0	5/0	
Luftdurchlässigkeit	l/m ² /sec	51,64	1305	
Wärmedurchlässigkeit	W/m ² /deg	26,2	19,23	
Drapiervermögen	%	41,0	58,0	
Schrumpf nach 5mal Waschen	%-L	-4,6	-1,79	
	%-Q	-3,7	-0,14	
Deformation nach 10 Zyklen	△ Sr	6,8	6,22	
	D %	44,5	40,67	

Die Ergebnisse der Laborprüfungen, falls wir sie richtig bewerten, sind für den gewählten Endzweck — beispielsweise ein Damenkleiderstoff für Freizeitkleidung — bestimmt ausreichend. Der vielleicht große optische Unterschied in den Festigkeitswerten weist eher darauf hin, daß bei den Geweben zwecks Erreichung entsprechender Werte für den Cover-factor und die Schiebefestigkeit der Fadensysteme viel hochwertiges Material eingesetzt werden muß. Daraus resultieren dann bei gewissen Eigenschaften unserer Ansicht nach unnötig hohe Werte im Vergleich zu den Ansprüchen, die im Gebrauch anfallen können.

2.5.2. Modifizierte Nähgewirke für die Anwendung im Baumwoll- bzw. im Leinensektor, sowie für technische Zwecke

Bei diesen Nähgewirken handelt es sich um Erzeugnisse der Modifikationsreihe „O“ mit recht vielfältigen

Tabelle 8: Meßwerte von Textilien für die technische Anwendung — Trägertextil für Schmirgelbänder

Parameter	Einheit	Meßwerte
Gewicht	g/m ²	245,69
Festigkeit	Längsrichtung	N/5 cm 890
	Querrichtung	N/5 cm 290
Dehnung	Längsrichtung	% 1,17
	Querrichtung	% 102,25
Luftdurchlässigkeit	l/m ² /sec	470,56
Schrumpf — Längsrichtung	%	-2,1

Tabelle 9: Meßwerte von Windelstoffen

Parameter		Einheit	Gewebe	Nähgewirk
Gewicht		g/m ²	135,04	117,78
Festigkeit	Längsrichtung	N/5 cm	379,0	210,0
	Querrichtung	N/5 cm	348,0	271,0
Dehnung	Längsrichtung	%	7,4	12,8
	Querrichtung	%	17,7	37,3
Saugfähigkeit	mm WS	159	185	
Schrumpf	Längsrichtung	%	-5,5	-2,8
	Querrichtung	%	-4,9	+2,3
Wasseraufnahme	%	536	539	

Anwendungsmöglichkeiten, die von technischen Textilien bis zu diversen Typen von Flortextilien reichen. In der folgenden Aufstellung sind wieder die üblichen Laborwerte angeführt (Tab. 8—10).

Der Großteil der hier gezeigten Angaben stammt aus der ersten Phase der Modifizierung. Derzeit sind niedrige Werte bei den Eigenschaften, die für den Repräsentationsgrad des Textils bzw. der Bekleidung ausschlaggebend sind, bereits eliminiert worden, oder der Weg zu dessen Verbesserung steht fest. Es handelt sich — als Beispiel — um ein gewisses Ausmaß an Pilling auf der Rückseite des Nähgewirkes. Dieses

Tabelle 10: Meßwerte für Kleiderstoffe aus Polyester/Viskose

Parameter		Einheit	Gewebe	Nähgewirk
Gewicht		g/m ²	280,21	190,2
Festigkeit	Längsrichtung	N/5 cm	1147	329
	Querrichtung	N/5 cm	1013	282
Dehnung	Längsrichtung	%	23,3	15,4
	Querrichtung	%	31,8	79,1
Knitterwinkel	()°	67,25	96,9	
Abrieb (Akzellerotor)	%	16,46	17,7	
Pilling (Atlas)	Stufe	4	4	
Luftdurchlässigkeit	l/m ² /sec	265,5	1461,1	
Wärmedurchlässigkeit	W/m ² /deg	20,51	18,11	
Schrumpf nach 5 Wäschen *	%-L	-2,1	-1,6	
	%-Q	-1,9	-0,53	
Deformation (Ausbeulung)	%	29,95	29,17	

* Das vergleichbare Gewebe in der Veredlung vorgeschrumpt!

konnte zwar die Funktion des Erzeugnisses nicht negativ beeinflussen, die Beseitigung des Pillings steigert aber bestimmt das Verbraucherrenommee des Textils.

Weiter wurde in dieser Richtung die Erhöhung der Querfestigkeit, der Abriebfestigkeit, der Formstabilität und eine weitere Verminderung von Querdehnung und Gewichtsabnahme bei mehrfachem Waschen erreicht. Gerade auf diesem Gebiet waren noch — objektiv gesagt — gewisse Schwächen dieser Entwicklungsrichtung vorhanden, und gerade deshalb hat sich das Forschungsteam darauf konzentriert und sie auch bewältigt.

Besondere Aufmerksamkeit verdient die günstige Relation der Schrumpfwerte im Vergleich zu Baumwoll- und Mischgeweben. Ohne Hochveredlung werden bei modifizierten Nähgewirken Schrumpfwerte von ca. 2 bis 2,8 % (nach 5 Wäschen) erreicht, was bestimmt in diesen Warengruppen beachtlich ist und natürlich auch wirtschaftliche Vorteile birgt. Dieses Symptom läßt sich theoretisch erklären — zumindest als Hypothese; leider ist dafür im Rahmen dieses Vortrags zu wenig Raum.

Die Konstruktion eines normalen sowie die eines modifizierten Nähgewirkes bleibt nun trotz visueller Annäherung und Eigenschaftsanalogie verständlicherweise so different, daß gewisse Spezifika bestehen bleiben werden. Zur Erklärung solcher Unterschiede kann bestimmt das folgende Arbeitsdiagramm der drei erwähnten Stofftypen beitragen (Abb. 1).

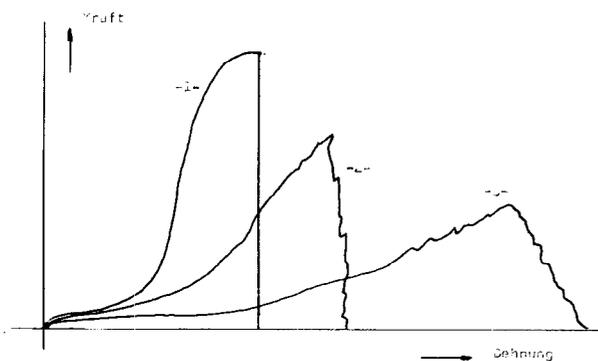


Abb. 1: Arbeitsdiagramm eines Gewebes und zweier Typen von Nähgewirken (tendenzmäßig)
 1 — Gewebe
 2 — modifiziertes Nähgewirk
 3 — normales (nicht modifiziertes) Nähgewirk

Der Verlauf der Kurven, besonders aber die Art der Prüflingsdestruktion, der Gradient des Festigkeitsverlustes beim Durchreißen des Prüfstreifens, die Größe der Deformationsarbeit — dies alles unterscheidet verhältnismäßig stark das Verhalten eines Gewebes von dem eines normalen (also nichtmodifizierten) Nähgewirkes. Demgegenüber läßt sich im Fall modifizierter Nähgewirke eine klare Tendenz der Annäherung an den Verlauf der Deformationskurve bei Geweben feststellen. Die angewandten Kurven sollen nur den charakteristischen Verlauf einer Beanspruchung vom Typ „Kraft-Dehnung“ demonstrieren und sind daher nicht als absolut aufzufassen.

2. 5. 3. Ergebnisse bei Trage- bzw. Praxisversuchen

Die oben angeführten sowie eine Reihe weiterer Textilien wurden den üblichen Trage- und Anwendungsversuchen unterworfen. Deren Resultate sollen an dieser Stelle kurz kommentiert werden:

- a) Die modifizierten Nähgewirke mit Seidengewebecharakter wurden in Form von Damenkleidern in der ersten Stufe über 600 Stunden getestet. Dabei wurden sie zehnmal im Waschautomaten und/oder von Hand gewaschen. Die Versuchspersonen und die objektive Auswertung sagen folgendes aus:
 - Das Tragen wird als sehr angenehm bzw. als „nicht synthetisch“ gewertet.
 - Als „sehr gut“ wird die Luftdurchlässigkeit bezeichnet.
 - Festgestellt wurde auch ein besseres subjektives Empfinden und bessere physiologische Kennwerte (z. B. Saugfähigkeit, Wärmetransportvermögen u. a.) als bei einer vergleichbaren Ware aus Endlosfäden.
 - Die Erzeugnisse zeichnen sich durch ein hohes Maß an Pflegeleichtigkeit aus; sie sind vor allem bügelfrei und trocknen äußerst schnell.
 - Nach Aussage der Versuchspersonen kommt es (bei vollsynthetischer Zusammensetzung) zu einer wesentlichen Verminderung der elektrostatischen Aufladung; daher wird das als unangenehm empfundene Kleben und Hochschieben der Bekleidung beseitigt.

Die festgestellten Mängel dieser Variante dagegen waren:

- Nach ca. 300 Tragestunden trat ein Pillingeffekt auf, der mit dem Grad „wenig“ bis „mittelmäßig“ bezeichnet wurde. Die Intensität dieses Pillinganfalls ist dabei auf der Rückseite (Körperseite) der Bekleidung höher — also vom Aussehen her eigentlich latent (wie schon gesagt, wurde dies vom Forschungsteam als negativ bezeichnet und später weitgehend eliminiert).
- b) Bei den unter 2. 5. 2. angeführten, für Bekleidungszwecke bestimmten (vorerst hauptsächlich für Freizeit-, Arbeits- und Kinderbekleidung) modifizierten Arachne-Textilien wurden 21 Erzeugnisse in Trageversuchen ausgewertet. Die durchschnittliche Tragedauer hatte im Zeitpunkt der Zusammenstellung des Vortrags 600 Stunden erreicht (wonach die Versuche noch weiter liefen). Die unvoreingenommene-Auswertung der geprüften Textilien und die Aussagen der Versuchspersonen lassen erkennen, daß
 - das Tragen der Textilien ohne Hochveredlung als angenehm empfunden wird; daß sie als physiologisch geeignet zu sein scheinen, wobei die Saugfähigkeit als vorzüglich gewertet wird,
 - die Erzeugnisse weitgehend bügelfrei sind,
 - ein repräsentatives Aussehen über eine genügend lange Zeitspanne gesichert ist,
 - ein Abrieb an Stellen extremer Beanspruchung nach der gleichen Benützungszeit wie bei traditionellen Textilien auftritt,
 - kein Pilling an der Vorderseite registriert wurde,
 - Anzeichen lokaler Deformationen — die praktisch

einzigste negative Erscheinung der Modifizierungen erster Generation — erst nach mindestens 200 Stunden Gebrauch auftreten und dabei vielfach noch aus der Sicht des Repräsentationswertes akzeptabel sind (dabei trifft auch hier zu, daß dies in der Weiterentwicklung bereits überbrückt wurde),

- die Erzeugnisse als äquivalent zu vergleichbaren Geweben bezeichnet werden konnten.
- c) Bei Windelstoffen, die nicht nur durch die üblichen Anwendungsversuche, sondern auch in Kinder- und Säuglingsanstalten getestet und vom Gesichtspunkt medizinischer Zulässigkeit (wegen des höheren Synthesefaseranteils) beurteilt wurden, hat sich gezeigt, daß solche aus modifizierten Nähgewirken
 - gegenüber gewebten Windeln (mit Hohlbindung, wie sie in der CSSR erzeugt werden) auch nach vielfachem Waschen weicher, weißer und formstabiler sind,
 - anstandslos Haushaltswäschen im Waschautomaten in der Stufe „Kochwäsche“ vertragen,
 - kein Bügeln benötigen, falls man dies nicht zwecks Verbesserung der Sterilität durchführt (das Bügeln verläuft in diesem Fall ohne Schwierigkeiten),
 - keine ungünstigen allergischen Erscheinungen bei Kindern hervorrufen (wie Hautausschläge, Hautreizungen durch Reibung u. ä.).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die praktischen Versuche den überwiegenden Teil der vorher erhaltenen Laborwerte bestätigt haben. Damit wurde auch bewiesen, daß der Einsatz derartiger Textilien in einem breiten Artikelsortiment durchaus berechtigt ist und zweifellos beim Verbraucher gut ankommen können. Vor allem vom Gesichtspunkt der Festigkeitswerte aus wurde die heute keineswegs mehr vereinzelt Ansicht unterstützt, daß traditionelle Textilien in diesem Parameter überdimensioniert seien.

Eine gewisse Diskrepanz gegenüber Laborprüfungen hat sich in der Pillingbewertung gezeigt, was aber oft auftritt und schon nicht mehr überrascht. Sehr angenehm ist dagegen die Feststellung, daß in bezug auf die Gebrauchseigenschaften ohne die anspruchsvolle und nicht billige Hochveredlung ein hoher Grad an Pflegeleichtigkeit erreicht wird.

Die weiteren Bemühungen in Richtung einer optimalen Materialzusammensetzung und Warenkonstruktion werden bestimmt ein noch festeres Hinterland schaffen und weitgehende Garantien für den Verbraucher ermöglichen.

2. 6. Wirtschaftliche Aspekte der Herstellung modifizierter Nähgewirke unter Einsatz von Chemiefasern

Die physikalisch-mechanischen Parameter und die Ergebnisse der praktischen Versuche zeigen, daß die besprochenen Textilien in Verbindung mit dem modifizierten und durch eine Reihe evident neuer Elemente ergänzten Herstellungsverfahren solche Eigenschaften garantieren, die aus heutiger Sicht nicht nur den Gebrauchsbedingungen, sondern auch den hohen Ansprüchen der Kunden gerecht werden können. Dabei muß man einsehen, daß es dem Verbraucher letztlich gleich-

gültig ist, auf welche Art die benötigten Werte erreicht werden. Er registriert und bewertet eher äußerliche, globale Phänomene an dem textilen Stoff, wie das zum Beispiel Cirlic¹⁰ beschreibt, und dies noch oben-dreien meist recht eindeutig entweder als „entsprechend“ oder als „ungenügend“.

Auf jeden Fall kann angenommen werden, daß eine breite Palette von Warenartikeln mit der Möglichkeit, verhältnismäßig weitreichend und technologisch einfach etliche wichtige Parameter zu variieren, über den Weg modifizierter Arachne-Artikel erreicht werden kann. Dazu treten noch ausgezeichnete wirtschaftliche Vorteile, die vor allem daraus resultieren, daß

- das Spinnen im Produktionsprozeß ganz oder teilweise entfällt und Garne durch progressivere und dabei einfachere Gebilde ersetzt werden — in diesem Falle durch Vliese,
- durch maximale Nutzung der Fasersubstanz für die Flächenausfüllung (bei gleichzeitiger Sicherstellung der entscheidenden physikalisch-mechanischen und physiologischen Parameter des textilen Gebildes) Materialeinsparungen bis zu 20 % Gewicht bzw. eine Materialkostenverminderung durch Anwendung hochwertiger und teurer Fasern nur in die maximal exponierte oder belastete Schicht des Flächengebildes erreicht werden können,
- Arachne-Maschinen schon auf dem heutigen Entwicklungsstand bei einer Breite von 3500 mm Leistungen erreichen, die einem Schußeintrag bei Webmaschinen von mindestens 2600 m/min entsprechen; dabei wächst die Geschwindigkeit der Flächenbildung noch um weitere ca. 25 % dadurch an, daß bei modifizierten Flächengebilden mit maximal 160 Reihen/dm gearbeitet wird, gegenüber einer durchschnittlichen Schußdichte im Baumwollsektor von mindestens 220 Fd/dm (im Endeffekt entspricht dies also einer Leistung von über 3000 m/min Schußeintrag),
- in der Evolution einer weiteren Generation der Nähwirktechnik die Möglichkeit der Erreichung von mindestens 1800 T/min reell ist, was einer Verdoppelung der heutigen Leistung entspricht und bei einer angestrebten Arbeitsbreite von 5,5 m nahezu 10.000 m Schußeintrag äquivalent ist — wiederum mit 25 % Mehrleistung auf Grund der Reihendichte,
- im Vergleich zu der Ausrüstung einer Produktionseinheit für 10 Mio. m² baumwollartiger Textilien der Einsatz der modifizierten Arachne-Nähwirktechnik vom Typ 35-M, die Investitionskosten um 80 % gegenüber einer Ausrüstung des Betriebes mit OE-Spinn- und Projektwebmaschinen absinken; weiter verringert sich die benötigte Nutzfläche um 55 %, an elektrischer Energie wird um 75 % weniger gebraucht, wogegen die Arbeitsproduktivität in dem gewählten Projekt um mehr als 300 % ansteigt.

Diese Ergebnisse sind aus einer detaillierten Analyse der Herstellung konkreter Standardartikel entnommen, die aus der Sicht der Ende 1975 bestehenden Preisrelation ausgearbeitet wurde. Sie ergänzen hoffentlich auf nützliche Weise die vorhergehenden technisch-technologischen Ausführungen und sind ein weiteres Argument dafür, daß die neu geschaffenen Möglichkeiten der Herstellung von Non-wovens auf dazu

bisher nicht gangbaren Wegen unter Anwendung einer breiten Palette von Chemiefasern Aufmerksamkeit verdienen.

3. Schlußbemerkungen

Ziel des Vortrags war, über die Erweiterung von Möglichkeiten der Herstellung von Textilien durch eine Alternative aus der Vielzahl der Verfahren zur Erzeugung nicht gewebter Textilien zu berichten. Im Rahmen des beschriebenen modifizierten Nähwirkverfahrens ist es gelungen, in Gewichtskategorien vorzudringen, die breite Möglichkeiten für den Einsatz des Verfahrens eröffnen und die bisher durch Nähgewirke auf der Basis von Faservliesen nicht oder nur sehr beschränkt genützt werden konnten.

Als weitere Schlußfolgerung kann gesagt werden, daß durch die beschriebene Modifizierung der Technologie, Technik und Warenkonstruktion das Niveau der mechanisch-physikalischen Parameter sowie der Gebrauchseigenschaften bedeutend erhöht werden konnte.

Das Ergebnis der mehrjährigen Bemühungen ist also ein modifiziertes Herstellungsverfahren, das sich — in der Textilindustrie seit langem bekannt und erprobt — bereits bewährt hat, in Kombination mit effektiv neuen Elementen und zum Teil untraditioneller maschineller Zusammensetzung und Benutzungsart der Fertigungsanlagen.

Wie jede neue und hochproduktive Textiltechnik hat auch die hier beschriebene gewisse Einschränkungen. Deshalb will weder der Autor noch das Forschungsteam diese Technik als Universalmittel präsentieren. Auf jeden Fall sind wir aber davon überzeugt, daß bei Innovationen von Betriebseinrichtungen Neuland für eine ansehnliche Erzeugnisskala — ob es nun um Produkte ganz geläufiger oder um solche hochspezialisierter Art geht — erschlossen wurde. Aus dieser Sicht ist es bestimmt empfehlenswert, die angedeuteten Möglichkeiten zu prüfen und den Schritt nach vorne zu tun. Früher oder später muß eine neue Etappe der Herstellung von textilen Flächengebilden sowieso kommen — schon deshalb, weil sich die heute verbreiteten Verfahren der Textiltechnik den Grenzen der physikalischen Möglichkeiten und Gesetzmäßigkeiten mehr und mehr nähern.

Literatur:

- 1) R. Krcma; Manual of Non-wovens, S. 81—82, 1971
- 2) Sobotka u. Mitarbeiter; Text. technol. prop., SNTL, Prag 1971, S. 85
- 3) Textilpraxis Int. 30 (1), 54 (1975)
- 4) Chemiefasern 5, 346 (1971)
- 5) Chemiefasern 7, 585 (1975)
- 6) Dynamika II.; SVUT Liberec, 1973
- 7) Melliand Textilber. 9, 755 (1975)
- 8) MTS 9, 1002 (1972)
- 9) Sammelband der VII. Int. Konferenz über neue Webmaschinen, Brünn 1974; Vortrag von Ing. V. Horn
- 10) Chemiefasern 6, 495 (1975)
- 11) Čirlic u. Reichstädter — Vortrag; Sammelband der Konferenz Cetok, Brünn 1970

Diskussion

Prof. Herzog: Herzlichen Dank für diesen Vortrag, der uns in eine vollkommen neue Technologie eingeführt hat.

Morawec: Sie kennen ja die Malimo-, Malipol-, Maliwatt- und die Arachne-Technik. Welche Unterschiede bestehen zwischen diesen?

Jezek: Ich würde sagen, daß alle diese Verfahren sehr verwandt sind. Sie unterscheiden sich nur durch die Anordnung der Wirkelemente — denn sowohl die Mali-Maschine als auch die Arachne-Maschine sind im Grunde genommen abgewandelte Kettenwirkmaschinen mit zwei Lege-schienen.

Selbstverständlich gibt es alle Variationsmöglichkeiten, die wir bereits von der Mali-Technik her kennen auch bei Arachne-Verfahren. Die Maliwatt-Technik wäre somit analog zu dem, was wir als normale Arachne-Technik bezeichnen. Eine Abwandlung von „Mali-Vlies“, das nur ein Faserbündel zur Herstellung von Bindungselementen bzw. einer Fransenlegung benützt, besteht bei der Arachne-Technik unter der Bezeichnung Arabewa. Der Malipol-Technik entspricht vom Warenausfall her im Arachne-System die Bicolormaschine.

Eine weitere Technik, die kein Vlies verwendet und nur ein Kettfadensystem zu einem Gewirk verarbeitet, ist die Ara-knit-Version. Vielleicht ist die Terminologie hier nicht so geläufig, aber sie ist doch schon publiziert.

Auch andere Weiterentwicklungen haben in diesen beiden Verfahren eine vergleichbare Vertretung.

Morawec: Haben Sie auf Ihrer Arachne-Maschine schon Kordstoffe hergestellt?

Jezek: Ja, in kleinem Ausmaß wurden diese Stoffe bei uns bereits hergestellt, aber nur im Labormaßstab.

Morawec: Meines Erachtens ist das auf Malimo-Maschinen ohne Erfahrung nicht möglich.

Jezek: Dazu kann ich leider nicht Stellung nehmen, da ich mit Malimo-Maschinen keinerlei Erfahrung besitze.

Morawec: Haben Sie auch schon Bauschgarne verarbeitet?

Jezek: Bauschgarne haben wir eigentlich nicht verarbeitet, denn wir sind vorerst bestrebt, Einsatzgebiete zu beliefern, die aus unserer Faser Massenartikel herstellen können.

van der Meer: Wenn ich Ihre Kraft-Dehnungskurve betrachte, so würde ich daraus schließen, daß die bleibende Deformation, das heißt das Ausbeulen der Kleidungsstücke, bei Ihren Strickwaren größer sein muß als bei Webwaren. Sie sind zwar in Ihrem Vortrag darauf nicht eingegangen, doch hätte mich dieses Problem sehr interessiert.

Jezek: Ich hatte dies unter Angabe der Mängel ganz kurz gestreift. Es ist ja allgemein bekannt, daß die Formstabilität — die Ausbeulung und die bleibenden Deformationen — das schwierigste Problem bei der Entwicklung von Textilien nach der Näh-Wirktechnik darstellt. Aber durch eine gezielte Faserorientierung in Längs- und Querrichtung, wobei man zusätzlich ein Fadensystem benützt, das sich nicht an der Bindung beteiligt, hat man eine Möglichkeit, diese Formstabilität in den Griff zu bekommen, sodaß Materialien, die nach der Näh-Wirktechnik hergestellt werden, sich nahezu mit Webwaren vergleichen lassen.

Auch kann man sich vorstellen, daß bei einem feinen Vlies, bei einer 60er Teilung, pro Zentimeter sechs Bindungsstellen entstehen, bei denen ein Faserbündel, das quer liegt, abgebunden wird, sodaß ein „Quasi-Schuß“ in der Querrichtung entsteht, was auch wieder dazu beiträgt, die Formstabilität zu verbessern.

van der Meer: Ihre Kraft-Dehnungskurve ist aber nicht so gut wie die von Geweben.

Jezek: Das will ich durchaus nicht bestreiten, aber die Trageversuche haben gezeigt, daß wir uns der Webware ziemlich nähern. Wie ich schon vorher erwähnt hatte, bemühen wir uns um Einsatzgebiete, bei denen diese Werte nicht so ausschlaggebend sind und für uns voll ausreichen.

Herzog: Vielleicht könnte ich abschließend Herrn Dipl.-Ing. Jezek noch eine Anregung geben: Sie haben gesehen, daß sich viele unter der Arachne-Technologie wenig vorstellen können, und daß es da noch einige Unklarheiten gibt, darum wäre es in Form einer Veröffentlichung hier angebracht, eine Systematik für diesen Problembereich zu erstellen und die vielen Möglichkeiten in der Arachne-Technologie vom Wirkvlies bis zu den kreuz und quer eingelegten Fäden aufzuzeigen.

Wasserdruckbeständige Gewebe mit guter Wasserdampfdurchlässigkeit

Dr. J. R. Holker und Dr. G. Lund
Shirley Institute, Manchester, England

Verbesserte wasserabstoßende Gewebe sind entwickelt worden, um eine aus 100% Baumwolle bestehende Konstruktion von Rettungsanzügen für Flugzeugbesatzungen zu ersetzen. In diesen Geweben wurde das herkömmliche feine Schußgarn aus merzerisierter Baumwolle durch PA-Endlosgarn substituiert. Ein Schlüsselfaktor bei der Herstellung dieser Stoffe ist die Fähigkeit der PA-Schußfäden, bei der Ausrüstung zu schrumpfen, wodurch man ein Gewebe mit hohem Deckungsgrad und niedriger Porengröße erhält. Die besten dieser Gewebe sind leichter und fester als ihre Vorgänger aus 100% Baumwolle. Wenn sie mit Velan PF oder Cerol WB wasserundurchlässig gemacht werden, besitzen sie einen ausgezeichneten Widerstand gegen Wasser; außerdem sind sie winddicht, behalten jedoch eine ausreichende Wasserdampfdurchlässigkeit.

Versuche, die Baumwollkette dieser Gewebe durch Viskosefasern zu ersetzen, haben nur begrenzten Erfolg gehabt. Standardviskose ist zu schwach, und ihre hohe Naßdehnbarkeit führt zu Garnunbeständigkeit, was sich bei längerer Lagerung des damit ausgerüsteten Gewebes in unerwünschten Änderungen der Porengröße widerspiegelt.

Improved water-repellent fabrics have been developed to replace an existing all-cotton construction in rescue-suits for aircrew. In these fabrics, the fine, mercerized cotton weft traditionally used has been replaced by continuous filament nylon. A key-factor in their production is the ability of the nylon weft to shrink on finishing, to yield high-cover fabrics with low pore sizes. The best fabrics are lighter and stronger than their all-cotton predecessor. When proofed with Velan PF or Cerol WB, they have excellent resistance to penetration by water; they are windproof, yet retain adequate water vapour permeability.

Attempts to substitute viscose rayon for cotton in the warp of these fabrics have had limited success. Standard viscose is too weak, whilst its high wet extensibility is a source of yarn instability, reflected in undesirable changes in pore size in the finished fabrics on storage.

Einführung

Dichtgewebte Baumwollstoffe mit der Fähigkeit, wasserundurchlässig zu sein, ohne Rücksicht darauf, ob sie

mit einem wasserabstoßenden Mittel ausgerüstet wurden, stellten schon vor etwa 30 Jahren das Thema ausgedehnter Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am Shirley-Institut dar. Der Anlaß zu diesen Arbeiten kann auf den Wunsch zurückgeführt werden, daß man baumwollene Drillichstoffe herstellen wollte, die hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Wasserdurchdringung mit Leinenstoffen konkurrieren konnten. Es war eine bekannte Tatsache, daß hinsichtlich Wasserrückhaltefähigkeit weit überlegenere Stoffe aus Leinen als aus Baumwolle hergestellt werden konnten. Die seinerzeit für Drillichstoffe verwendeten Baumwollsorten waren kurzstapelige Baumwollen amerikanischer Herkunft, die zu harten Garnen versponnen wurden, um optimale Festigkeit zu erzielen. Den Durchbruch, der zur Erzeugung von verbesserten Baumwollstoffen führte, brachte die Erkenntnis, daß diese harten Garne beim Quellen in Wasser dazu neigen, einen runden Querschnitt anzunehmen, wodurch die Porenstruktur des Gewebes geöffnet anstatt geschlossen wird. Im Gegensatz dazu können die Fasern in Leinengarnen mit weniger Drehung seitlich unbehindert quellen, sodaß die Fäden beim Naßwerden eng zusammenpacken und die Zwischenräume des Gewebes wirksam abdichten.

Es wurde im Institut nachgewiesen, daß Baumwolle größerer Stapellänge (z. B. ägyptische Uppers von 2,85—3,20 cm) mit niedrigen Drehungsfaktoren zu Garn gesponnen und gezwirnt werden konnte, die dann zu einer eng zusammengepackten Struktur verwebt wurden. Das Oxford-Gewebe, bei dem zwei Kettfäden wie einer gefacht werden, erwies sich sowohl aus theoretischen als auch praktischen Gründen als das wirksamste. Diese Gewebe besaßen ein Wasserrückhaltevermögen, das jenem von Leinenstoffen, mit denen sie ursprünglich konkurrieren sollten, weit überlegen war. Trotz des niedrigen Garndrehungsfaktors war die Festigkeit dieser Gewebe auf Grund des Einsatzes langer, feiner Baumwollfasern und der eng gewebten Struktur sehr hoch.

Weitere Forschungsarbeiten führten dazu, daß feinere wasserdichte Stoffe erzeugt werden konnten, die sich zum Einsatz für Regenmäntel und leichte Zeltstoffe eigneten. Diese Gewebe sind unter dem Namen Shirley-Gewebe vom Typ L bekannt, und eine kurze Zusammenstellung ihrer Konstruktionen und Eigenschaften ist in der Tabelle 1 wiedergegeben.

Sie erfordern eine wasserabstoßende Ausrüstung, um einer Wasserdurchdringung ausgiebiger widerstehen

Tabelle 1: Gewebe des Shirleytyps L

Gewebe- nummer	Gewicht des ausge- rüsteten Gewebes (g/m ²)	Fadenzahl/cm		Garnnummer (Ne _B)		Zugfestigkeit (kg/50 mm breitem Streifen)		Wassersäulen- versuch (B.S. 2823/cm)
		Kette	Schuß	Kette	Schuß	Kett-R.*	Schuß-R.**	
L19	245	65,7	23,5	21,9/3	28,1/1	115	56	70
L24	205	82,7	27,9	14,8/2	19,7/2	110	52	70
L28	295	67,7	26,0	21,9/3	39,4/4	150	130	100
L32	150	109,1	40,2	8,4/2	9,8/2	93	41	80
L34	170	95,3	34,6	10,7/2	14,8/2	105	52	80
LM4	195	90,6	43,7	8,2/2	11,8/2	105	63	60
LM5	170	109,1	51,2	11,8/2	16,4/2	88	54	60

Die Gewebe LM5 und LM4 wurden mit 2/2-Mattenbindung hergestellt; die übrigen Gewebe besitzen Oxford-Bindung.

* Empfohlene Garndrehungsbeiwerte: $\alpha_m = 30,5$ (Zwirn: S-Drehung); $\alpha_m = 28,8$ (Garn: Z-Drehung)

* Kett-R. = in Kettrichtung, ** Schuß-R. = in Schußrichtung

zu können. Die angegebenen Wassersäulenwerte stellen mäßige Schätzungen der erzielbaren Höhen dar — sie können durch Sorgfalt in allen Stadien der Herstellung und Ausrüstung der Gewebe beträchtlich verbessert werden. Obgleich diese Gewebe vom Wasser nicht durchnäßt werden, haben sie trotzdem noch die Fähigkeit, zu „atmen“ oder Wasserdampf durchzulassen, weil ihre Konstruktion gänzlich aus Baumwolle besteht. Es wurden Baumwollsorten langer Stapellänge (Giza 7, 2,85 cm lang) verwendet.

Das Gewebe L28 wurde schließlich zum Einsatz unter den harten Bedingungen, denen beispielsweise Flugzeugbesatzungen im Dienst ausgesetzt werden könnten, ausgewählt. Bei geeigneter Anfertigung bietet es ein Bekleidungsstück (Eintauchanzug), das während langer Bereitschaftsperioden und im aktiven Dienst nicht nur bequem zu tragen sondern auch genügend wasserdicht ist, um den Träger beispielsweise für den Zeitraum vollständigen Eintauchens in Wasser zu schützen, falls er seinen Schleudersitz über dem Meer betätigen muß. Das Kleidungsstück bietet dem Flieger somit wertvollen Schutz gegen Kälte und Nässe so lange, bis er gerettet werden kann.

Obgleich in den letzten drei Jahrzehnten bedeutende Entwicklungen auf dem Gebiet der Fliegerkleidung gemacht wurden, ist das für diese sehr wichtigen Eintauchanzüge verwendete Gewebe im wesentlichen unverändert geblieben, was eine bedeutende Aussage über die Folgerichtigkeit der ursprünglichen Idee darstellt. Man muß sich vor Augen halten, daß seinerzeit, als man diese Untersuchungen anstellte, die Chemiefaserindustrie noch in ihren Anfängen steckte. Man entschied sich daher, die Frage der Gewebekonstruktion für Eintauchanzüge im Lichte der beachtlichen Fortschritte in der Chemiefasertechnologie neuerlich einer Untersuchung zu unterziehen, in der Hoffnung, ein sogar noch besseres Material herstellen zu können.

Die Entwicklung von verbesserten Geweben

Man kam zu der Ansicht, daß ein verbessertes Gewebe für Eintauchanzüge die in Tabelle 2 angeführten Eigenschaften besitzen sollte. Kurzum, das Ziel war ein Stoff, der einen weniger voluminösen, festeren Anzug liefern und idealerweise die derzeitige Notwendigkeit der Verwendung einer doppelten Stoffdicke ausschalten würde. Die Wahl der Kette für ein Gewebe des Typs L28 wird in gewissem Maße durch die Notwendigkeit für ein „atmungsfähiges“ Gewebe diktiert (d. h., sie muß aus Baumwolle oder einem ähnlichen wasserbindenden Material bestehen), das eine endgültige Kettenbruchlast von mehr als 134 kg pro 5 cm breitem Streifen aufweist. Diese letzte Forderung

Tabelle 2: Wünschenswerte Eigenschaften eines verbesserten Eintauchanzugstoffes vom Typ L28

<p>Von hauptsächlicher Bedeutung sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. leichteres Flächengewicht als L28 2. höhere Zugfestigkeit als L28 3. geringere Steifheit als L28 4. größerer Wasserdurchdringungswiderstand als L28 <p>Von nebensächlicher Bedeutung sind:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. erhöhte Reißfestigkeit 2. erhöhte Abriebbeständigkeit 3. leichtere Herstellung

wird durch ein merzerisiertes Baumwollkettgarn mit einer resultierenden Garnnummer von $N_{eB} = 27$ (ca. 22 tex) mit einer ganz bestimmten Fadenzahl pro cm erfüllt.

Fast sämtliche Versuchsgewebe, die bisher erzeugt wurden, sind auf der Grundlage dieser aus merzerisiertem Baumwollgarn bestehenden Standard-Kette vom Typ L28 gewebt worden. Änderungen des Schußgarns ist bisher die meiste Beachtung geschenkt worden. Man erwartete, daß ein Ersetzen des aus merzerisierter Baumwolle bestehenden Schußgarns durch ein synthetisches Endlosschußgarn zu erhöhter Festigkeit und verringertem Gewicht führen würde.

Die überlegene Festigkeit synthetischer Endlosgarne im Vergleich zu gesponnenen Baumwollgarnen gleichen Titers erleichtert im großen und ganzen das Erzielen einer erhöhten Festigkeit in Schußrichtung. Das Ersetzen des baumwollenen Schußgarns durch ein synthetisches Endlosgarn unter Beibehaltung ein und derselben Baumwollkette führte auch zu einer höheren Festigkeit in der Kettenrichtung eines enggewebten Stoffes. Das leichtere Gewicht des Gewebes ist die automatische Folge des Einsatzes eines synthetischen Schußgarns von niedrigerem spezifischen Gewicht. Die Änderung der Drehungszahl des Schußgarns könnte eine gewisse Regelung der Gewebesteifheit gestatten, was auch für Änderungen in der Ausrüstungstechnik zutrifft.

Verbesserungen des Widerstandes gegen die Wasserdurchdringung waren viel schwieriger zu erzielen. Der Widerstand von Geweben des „aufquellbaren“ Typs gegen Wasserdurchdringung wird von zwei Hauptfaktoren bestimmt, nämlich:

- von der Porengröße des Gewebes im gequollenen (nassen) Zustand und
- von der Wirksamkeit der dem Gewebe verliehenen wasserabstoßenden Ausrüstung.

Diese beiden Faktoren hängen zu einem gewissen Grad voneinander ab, denn es ist bereits früher gezeigt worden, daß die Aufbringung einer wasserabstoßenden Ausrüstung auf Gewebe deren Fähigkeit zum Quellen und dadurch verursachtes Schließen der Poren in gewissem Maße verringert. Man unterzog deshalb dieses Problem einer neuerlichen Prüfung, die diese beiden Veränderlichen berücksichtigte.

Das erste Stadium bestand aus einer vergleichenden Untersuchung der vielen zur Verfügung stehenden Ausrüstungsmittel, da über deren Wirkung auf die endgültige Leistungsfähigkeit der Gewebe vom Typ L28 systematisch bisher noch wenig berichtet worden war. Die höchsten Wassersäulenwerte wurden mit Velan PF erzielt, einem Mittel, das seit mehr als dreißig Jahren als wasserabstoßendes Ausrüstungsmittel auf Stoffe aus 100 % Baumwolle vom Typ L28 und verwandten Geweben angewandt wird.

Weitere handelsübliche wasserabstoßende Mittel des Pyridiniumtyps können die gleiche Leistungsfähigkeit wie Velan PF erzielen, und es wird auf diese noch an späterer Stelle Bezug genommen werden. Wieder andere Ausrüstungsmittel (z. B. Silicone) führten zu weicheren, weniger steifen Geweben, aber ihre Unfähigkeit, den strengen Anforderungen eines Gewebes vom Typ L28 hinsichtlich des Widerstandes gegen Wasserdurchdringung nachzukommen, schließt ihre Verwendung aus (Tabelle 3).

Tabelle 3: Wasserdichtmachung von Gewebe des Typs L28

Klassierung des wasserabstoßenden Mittels	verwendetes Erzeugnis	Wassersäule (cm)
Mit Stearamid modifiziertes Melamin	Phobotex FTC	110
Silicon	MS 148	30
	MS 2216*	49
	Phobotine S1	35
Fluorverbindungen	FC 210	65,5
	FC 214	85,5
	FC 319*	85
Stearamido-pyridinium	Velan PF	130
„Quarpel“	Velan PF+FC 210	130
Wachsemulsion	Mystolene MK 7	116
	Mystolene SP 30*	109,5
	Persistol E	90
Chromkomplex	Quilon	100

* Hinweis, daß das Erzeugnis mit einem Lösungsmittel aufgebracht wurde

Der zweite Weg zur Verbesserung des Widerstandes gegen Wasserdurchdringung, das heißt, die Entwicklung von Gewebekonstruktionen, bei denen die Porengröße im aufgequollenen Zustand kleiner ist als bei den Geweben vom Typ L28, erwies sich als ein sehr schwieriges Problem. Die Durchflußmenge einer Flüssigkeit durch ein Gewebe hängt von der Porengröße ab, und somit weitgehend vom Deckungsgrad der Kette im Falle eines Gewebes (vom Typ L28) mit oberliegenden Kettenfäden. Der Kettendeckungsgrad des derzeitigen Gewebes aus 100 % Baumwolle vom Typ L28 nähert sich der maximalen Fadenzahl, 67 Fäden/cm Baumwollgarn von Ne_B 80/3, die in der gewerblichen Webereipraxis erzielt werden kann.

Durch Weben einen noch höheren Kettendeckungsgrad zu erzielen, erschien daher nicht möglich zu sein; es bestehen jedoch bisher noch unerforschte Möglichkeiten im Einlegen von Schußfäden mit latenter Schrumpffähigkeit, was zu einer Verdichtung der Kette bei der Ausrüstung führen sollte.

Ein wesentliches Kriterium, über das im frühen Stadium des Forschungsprojekts zu entscheiden war, drehte sich darum, ob das Ersetzen des Baumwollschußfadens durch ein nichtquellendes synthetisches Endlosgarn bei dem Versuch, die mechanischen Eigenschaften zu verbessern, nicht einen nachteiligen Einfluß auf die Porengröße, und zwar insbesondere von

Tabelle 4: Aufquellbare Schußgarne in einer Kette vom Typ L28

Schußgarn	Wassersäule* (cm)	Zugfestigkeit (kg/50 mm breitem Streifen)	
		Kett-R.	Schuß-R.
Ungedrehte Baumwolle (39,4 tex)	110	145	69,5
Vincel 64 (39,4 tex)	99	150	105
Vincel 64 (R39,4 tex/4)	105	150	105
Prograde-Baumwolle (R39,4 tex/4)	117	150	130
Standard-Schußgarn für L28	120	160	127

* nach dem Wasserdichtmachen mit Velan PF

nassem Gewebe, ausüben würde. Letzten Endes schienen die Ergebnisse zu bestätigen, daß ein Aufquellen des Schußgarns nicht unbedingt erforderlich sei.

Es wurden auch Stoffe mit Schußgarnen aus hochaufquellbaren Faserstoffen, das heißt, nicht aus merzerisierter Baumwolle, gewebt. Diese umfaßten zum Beispiel Modalfasern (Rayon mit hohem Naßmodul), drehungslose Baumwolle und mit flüssigem Ammoniak behandelte (Prograde) Baumwolle.

Von diesen Schußgarnen hätte man erwarten können, daß sie Aufquellfähigkeiten besäßen, die jenen von merzerisierten Baumwollschußgarnen mit niedriger Drehung entweder gleich oder überlegen gewesen wären. Keines der Gewebe besaß jedoch nach dem Wasserdichtmachen höhere Wassersäulenwerte (Tabelle 4) als Standardgewebe aus 100 % Baumwolle vom Typ L28, obgleich die Werte der mit Prograde-Baumwollschußgarnen gewebten Stoffe anzeigen, daß eine Behandlung mit flüssigem Ammoniak ohne weiteres als Ersatz für die herkömmliche Garnmerzerisierung verwendet werden kann — zumindest für die in Geweben vom Typ L28 verwebten Schußgarne.

Wenn sie auch mäßig gute Wassersäulenwerte anzeigten, konnten die mit drehungslosen Baumwollschußfäden gewebten Stoffe die erforderliche Festigkeit in Schußrichtung für Gewebe vom Typ L28 bei weitem nicht erreichen. Modalschußgarne, obgleich sie weiche Gewebe ergaben, lieferten auch nicht ganz die bei den verwendeten Garnnummern erforderliche Festigkeit in Schußrichtung. Es muß betont werden, daß die Garne aus Prograde und Modal auf die gleichen Nummern wie die normalen Baumwollgarne gesponnen wurden; zur Erzielung von optimalen Ergebnissen könnten sehr wohl Garne verschiedener Nummern erforderlich sein.

Die ersten Einschlagversuche mit synthetischen Endlosschußgarnen wurden mit einem hochfesten PA 6,6, mit einem Titer von 47 tex 68 f (etwas dicker als das Standard-Baumwollschußgarn für Gewebe vom Typ L28), ausgeführt. Das Schußgarn wurde fast drehungslos belassen (nur 160—200 T/m Fachzwirndrehung), und es wurde kein Versuch gemacht, es vor dem Verweben mit Dampf zu fixieren. In diesem Falle, sowie bei allen darauffolgenden Geweben wurde das Schußgarn mit der Höchstzahl der gewerblich vertretbaren Schußzahlen eingeschlagen. Wie erwartet, fand eine Schußgarnschrumpfung (ca. 6—7 %) bei der Ausrüstung statt, und der Wassersäulenwert des wasserdicht gemachten Gewebes war dem eines gleichzeitig gewebten und ausgerüsteten Musters vom Typ L28 weitaus überlegen (Tabelle 5).

Die Zug- und Reißfestigkeit war sehr verbessert, jedoch nahm die Steifheit sowohl in Kett- als auch in Schußrichtung ernstlich zu. Bei einem Versuch, diese Steifheit zu verringern, wurde der Einfluß einer erhöhten Drallgebung (400 T/m) auf ein und dasselbe PA-Schußgarn untersucht. Auf Grund dieser höheren Drehungszahl mußten die Garne vor dem Verweben mit Dampf fixiert werden, um die Drehungslebendigkeit zu verringern. Aus diesem Grund ergab sich beim Ausrüsten eine geringere Zusammenziehung als diejenige, die bei den unfixierten Garnen niedriger Drehungszahl beobachtet worden war. Die Steifheit dieses Gewebes lag beträchtlich unter der des mit einem Schußgarn niedrigerer Drehungszahl hergestell-

Tabelle 5: PA-6.6-Schußgarn von 47 tex in einer Kette des Typs L28

Material	Wasser-säule (cm)	Bruchlast (kg/50 mm breitem Streifen)		Steifheit (Biegesteifigkeit) (mg · cm)	
		Kett-R.	Schuß-R.	Kett-R.	Schuß-R.
Baumwollschuß L28 (Standard-Gewebe)	129	150	140	700	700
PA-Endlos-garn, 47 tex (160—200 T/m)	145	140	305	1210	4620
PA-Endlos-garn, 47 tex (400 T/m), vor dem Verweben dampffixiert	94	155	280	830	1010

ten ersten Gewebes, aber leider war auch der Wassersäulenwert viel schlechter (Tabelle 5).

Dieses letzte Gewebe wurde nach mehreren verschiedenen wasserabstoßenden Systemen ausgerüstet, jedoch wurden wie bei dem Gewebe aus 100 % Baumwolle vom Typ L28 die höchsten Werte mit Velan PF erzielt.

Die Tatsache, daß die unbefriedigenden Ergebnisse die Folge des ungenügenden „Schließens“ der Poren beim Benetzen des Gewebes mit PA-Schußgarn und nicht die Folge von Unterschieden im Wasserabstoßvermögen der Schichtträger war, zeigte sich deutlich bei einem Vergleich der Rqw-Faktoren der beiden Gewebe, die aus den Porengrößen berechnet wurden, die sowohl im konditionierten Zustand als auch zum Zeitpunkt des Fehlschlagens des Wassersäulendruckversuchs gemessen wurden (aus welchem Grunde die letztere „Fehlschlagsporengröße“ genannt wird).

Bei dem Rqw-Faktor handelt es sich um einen Wert, der aus dem Wassersäulendruck und der bei der Porengrößenbestimmung erfolgten Blasendruckmessung errechnet wird. Er zeigt an, welchen Effekt die Behandlung zum Wasserabstoßendmachen hat, wobei höhere Werte ein besseres Wasserabstoßvermögen andeuten. Zieht man die Porengrößen der konditionierten Gewebe in Betracht (Tabelle 6), dann ist die Behandlung zum Wasserabstoßendmachen anscheinend an dem Gewebe aus 100 % Baumwolle besser als an dem Gewebe mit PA-Schußgarn.

Eine Berechnung des Rqw-Faktors anhand der „Fehlschlagsporengröße“ ergibt jedoch ähnliche Werte für beide Gewebe. Die unbefriedigende Leistung des Versuchsgewebes kann daher auf ungenügendes Schließen der Poren bei der Benetzung zurückgeführt werden.

Im nächsten Versuchsstadium wurde ein Stoff mit einem leichteren Schußgarn (33 tex/102 f) gewebt, um die Steifheit des Gewebes weiterhin zu vermindern und den Einfluß der Drehung in dem als Schußfaden verwendeten Endlos-garn auf die Gewebeeigenschaften eindeutiger zu bestimmen. Wie Abbildung 1 andeutet, benötigte man als optimale Drehung für dieses Garn von 33 tex ca. 200 T/m, wodurch ein Mindestmaß an Gewebesteifheit und beiläufig auch ein maximaler Wassersäulendruck erreicht wurde. Die bei diesen Geweben erzielten Wassersäulendrucke waren besser als die bei dem Gewebe mit einem gedrehten und fixierten PA-Schußgarn von 47 tex, aber nicht so gut wie die bei einem Gewebe mit einem unfixierten Schußgarn niedriger Drehungszahl von 47 tex.

Die Gewebe mit PA-Schußgarnen von 33 tex und 47 tex besaßen beide eine äußerst hohe Festigkeit in Schußrichtung; und zwar waren die Werte etwa das Doppelte der Festigkeit in Kettrichtung. Obwohl eine hohe Festigkeit in der Schußrichtung wünschenswert wäre, hat es dennoch wenig Sinn, wenn sie die Festigkeit in der Kettrichtung in solch hohem Maße überschreitet. Aus diesem Grunde wurden abgewogenere Stoffe mit einer Standard-Kette vom Typ L28 durch Einschlagen von noch feineren Schußgarnen, wie das von 33 tex, gewebt, und zwar mit Titern von 23,4 tex/102 f, 15,6 tex/68 f und 13,2 tex/40 f. Die Schußgarne besaßen nur 160 bis 200 T/m Fachzwirndrehung; eine Partie von Geweben wurde mit Schußgarn im Anlieferungszustand (unfixiert) hergestellt, und eine in jeder sonstigen Beziehung identische Partie mit demselben Schußgarn nach dessen Dampffixierung.

Die drei Gewebe mit PA-Schußgarn der Titer 23,4, 15,6 und 13,2 tex in dessen vorfixierter und unfixierter

Tabelle 6: Vergleich der Porengröße von Geweben

Gewebe	Wasser-säule (cm)	Porengrößen nach B.S. 3321 (μ)			
		konditioniert	beim Fehlschlag	Rqw	
		(a)	(b)	(a)	(b)
100 % Baumwolle L28	115	12,0	4,7	0,935	0,365
PA-Schußgarn, 47 tex (480 T/m)	78,5	13,4	6,9	0,700	0,365
				Rqw	$\frac{P_b}{P_w} \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_s}$

P_w = Wassersäulendruck
 P_b = Blasendruck bei der Porengrößenbestimmung
 γ_s = Oberflächenspannung von Leichtbenzin
 γ_w = Oberflächenspannung von Wasser

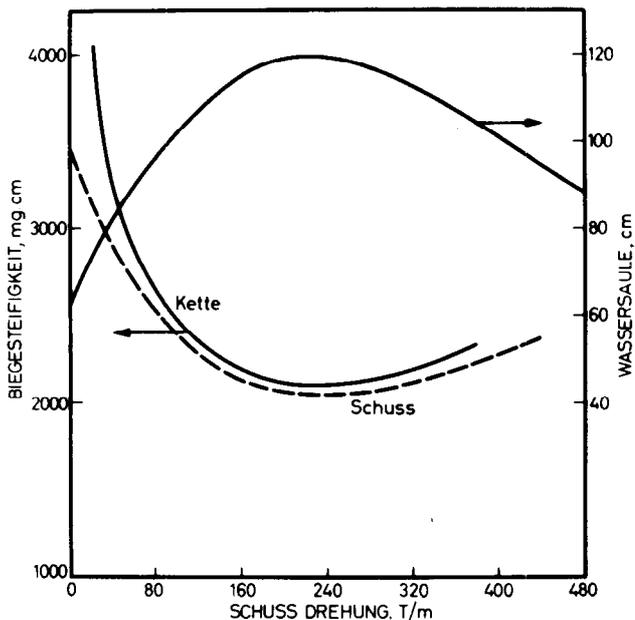


Abb. 1: Die Abhängigkeit der Gewebeeigenschaften von der Schussdrehung

Form wurden daraufhin gefärbt und ausgerüstet, wobei Velan PF als Mittel zum Wasserdichtmachen verwendet wurde. Wie zu erwarten war, zogen sich die Schußgarne zusammen und der Kettdeckungsgrad der Gewebe nahm bei den unfixierten Schußgarnen mehr zu als bei den vorfixierten (6—8 % im Vergleich mit 2—4 %).

In Tabelle 7 werden die Wassersäulendrücke und die Porengrößen dieser sechs Gewebe genannt. Die vorfixierten Schußgarne, genauso wie die vorfixierten Schußgarne der Titer 47 und 33 tex, führten zu keinen

sehr guten Ergebnissen. Andererseits lieferten die unfixierten Schußgarne durchwegs Gewebe mit befriedigenden Wassersäulendrücken und bestanden nebenbei auch einen sehr strengen hydrostatischen Dauerdruckversuch (Prüfmuster von 15 cm Durchmesser), der in bereits zunehmendem Maße für Gewebe dieser Art angewendet wird. Außerdem waren die Wasserdampfdurchlässigkeitswerte aller drei Gewebe annehmbar, und ihre geringere Luftdurchlässigkeit deutet an, daß sie winddichter als ein Gewebe aus 100 % Baumwolle vom Typ L28 sind.

Tabelle 8 zählt die Festigkeitswerte und sonstigen physikalischen Eigenschaften dieser Gewebe auf. Die Festigkeit in Schußrichtung wird von der Garnfeinheit bestimmt; mit Ausnahme des feinsten Garns überschreitet sie die Festigkeit des Gewebes aus 100 % Baumwolle vom Typ L28. Sämtliche Festigkeitswerte in Ketttrichtung überschreiten diejenigen dieses Gewebes und nehmen bei einem Übergang auf feinere Schußgarne stetig zu. Die Gewebe sind leichter und dünner als die Baumwollgewebe vom Typ L28, ihre Kettsteifigkeit ist im wesentlichen auch die gleiche wie dieses Typs, und sie sind tatsächlich in der Schußrichtung etwas weniger steif.

PES-Endlosgarn brachte beim Einsatz als Schußgarn für Gewebe des Typs L28 im Vergleich mit PA weniger befriedigende Ergebnisse, obgleich es sich bei Geweben, an die weniger strenge Anforderungen gestellt werden, als nützlich erweisen könnte. So erreichten beispielsweise Gewebe mit Schußgarnen aus PES normaler Reißfestigkeit mit Titern von 16,7 tex und 22,0 tex nicht die vorgeschriebenen Festigkeitswerte, und ihr Wasserabstoßvermögen (bei Ausrüstung mit Velan PF) lag, obgleich es gut war, unterhalb des Wasserabstoßvermögens von Geweben mit vergleichbarem PA-Schußgarn (15,6 tex, 23,4 tex). Höhere Festigkeiten wurden, und ein verbessertes Wasserabstoßvermögen

Tabelle 7: Eigenschaften wasserdicht gemachter Gewebe mit PA-Schußgarn

Schußgarn	Wassersäule (cm)	konditionierte Porengröße (μ)	Fehlschlags-porengröße (μ)	Luftdurchlässigkeit (cm ³ /cm ² /sec)	Wasserdampfdurchlässigkeits-widerstand (mm LS*)
PA 23,4 tex, unfixiert	150+	7,0	4,3	0,173	5,1
PA 15,6 tex, unfixiert	148	7,5	4,8	0,221	3,8
PA 13,2 tex, unfixiert	150+	7,3	4,8	0,141	5,7
PA 23,4 tex, fixiert	125	8,5	5,5	—	—
PA 15,6 tex, fixiert	125	8,4	5,3	—	—
PA 13,2 tex, fixiert	105	8,7	5,6	—	—
Standard Baumwollstoff L28	135	9,2	5,0	0,396	2,8

* LS = Luftsäule

Tabelle 8: Physikalische Eigenschaften von wasserdicht gemachten Geweben mit PA-Schußgarn

Schußgarn	Gewicht (g/m ²)	Dicke (mm)	Bruchlast (kg/50 mm breitem Streifen)		Reißfestigkeit (kg)		Steifheit (Biegesteifigkeit) (mg·cm)	
			Kett-R.*	Schuß-R.**	Kett-R.	Schuß-R.	Kett-R.	Schuß-R.
PA 23,4 tex, unfixiert	250	0,37	170	195	2,83	—	580	870
PA 15,6 tex, unfixiert	235	0,34	185	140	2,78	3,92	600	410
PA 13,2 tex, unfixiert	230	0,33	190	115	2,53	2,10	580	340
Standard Baumwollstoff L28	280	0,38	160	130	2,52	2,52	560	600

* Kett-R. = in Ketttrichtung, ** Schuß-R. = in Schußrichtung

wurde mit gröberen Schußgarnen (33 tex, 44 tex) erzielt, allerdings waren dann diese Gewebe zu steif.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das Hauptziel der Untersuchungen, nämlich die Erzeugung von leichteren, festeren Geweben des Typs L28, die die gute Wasserdampfdurchlässigkeit beibehalten, durch den Einsatz von feinen, unfixierten, hochfesten PA-Endlosgarnen im Schuß anstelle von Baumwolle erreicht wurde.

Die Schrumpfung des Schußgarns bei der Ausrüstung ist ein sehr wirksames Mittel zur Erzielung von Geweben mit niedrigen Porengrößen und kann das Problem des Webens mit sehr engen Zwischenräumen zwischen den Kettfäden umgehen.

Änderung der Kettgarne

Es kann noch nicht behauptet werden, daß das neue Gewebe bedeutend weicher als das ursprüngliche Material aus 100 % Baumwolle sei, und weitere Untersuchungen über diesen Gesichtspunkt werden gegenwärtig durchgeführt. Diese beruhen auf radikalen Änderungen hinsichtlich Zusammensetzung und Aufbau der Kettgarne, und einige bereits vorliegende Ergebnisse sollen an dieser Stelle kurz besprochen werden.

Bei der Umkonstruktion der wasserdampfdurchlässigen Gewebe besteht unzweideutig ein Ansporn zur Untersuchung, ob ein vollständiger Ersatz der Baumwolle sowohl in der Kette als auch im Schuß möglich wäre. Das bestehende Gewebe des Typs L28 und auch sein wahrscheinlicher Nachfolger mit Schußfäden aus PA-Endlosgarn erfordert ein besonderes, gefachtes Kettgarn aus feiner Baumwolle mit niedriger Drehung, das in kleinen Partien merzerisiert werden muß.

Infolge dieser Bedingungen sowie wegen der Schwierigkeiten, die mit dem fehlerlosen Weben enger Gewebekonstruktionen verbunden sind, ist die Herstellung dieser Stoffe teuer, da ein ganz beträchtlicher Anteil der Ware als Ausschuß verworfen werden muß, weil sie der Spezifikation nicht nachkommt. Es besteht daher eine Nachfrage nach wasserdampfdurchlässigen Geweben, die leichter und billiger hergestellt werden können und die den erforderlichen Normen mit größerer Beständigkeit nachkommen. Diese Art Gewebe findet dann wohl auch einen viel größeren Absatzmarkt, insbesondere im Regenbekleidungssektor, als ihn die gegenwärtigen Einsatzgebiete je gewähren würden.

Unsere Arbeiten haben zwar angedeutet, daß das Schußgarn keinen hohen Quellungsgrad im Wasser zu haben braucht; dieser ist jedoch für das Kettgarn unbedingt erforderlich. Aus diesem Grunde ist offenbar die einzige Alternative zur Baumwolle die Viskosefaser — obgleich es sehr interessant sein würde, auch PA 4 im Hinblick danach zu untersuchen, falls dieser Faserstoff je im Handel erhältlich sein sollte.

Insbesondere wären Ketten aus leicht gedrehtem Viskoseendlosgarn zu diesem Zweck verlockend, da sie einen hohen Quellungsgrad quer zur Garnachse im Wasser hätten. Leider konnte für ein Viskoseendlosgarn mit entsprechend hoher Festigkeit sowie dem nötigen hohen Naßmodul (HNM) keine Bezugsquelle ausfindig gemacht werden; deshalb mußten die Stoffe aus

normalem Endlosgarn mit der Gewißheit gewebt werden, daß sie sonst sehr wahrscheinlich den Festigkeitsanforderungen nicht genügen würden.

Es wurden drei Gewebe aus Viskosekettgarn von 33 tex (nur mit der vom Hersteller verliehenen Drehung) und unfixiertem PA-Schußgarn von 15,6 tex angefertigt, die so konstruiert waren, daß ihre Kettendekungsfaktoren nahezu mit denen des ursprünglichen Gewebes vom Typ L28 übereinstimmten. Ihre physikalischen Eigenschaften im gefärbten, nicht wasserdicht gemachten Zustand sind in Tabelle 9 angeführt.

Tabelle 9: Wasserdampfdurchlässige Gewebe mit Viskosekettgarn und PA-Schußgarn

	(1)	(2)	(3)
Kettfäden/cm	60,6	58,3	55,9
Einschläge/cm	26,8	26,0	24,8
Flächengewicht (g/m ²)	270	270	265
Festigkeit in Kettrichtung (kg/50 mm breitem Streifen)	110	108	100
Festigkeit in Schußrichtung (kg/50 mm breitem Streifen)	128	132	127
Dicke (mm)	0,36	0,36	0,36
Luftdurchlässigkeit (cm ³ /cm ² /sec)	2,41	2,40	2,10
Porenhalbmesser (μ) — konditioniert	23,5	24,0	24,4
Porenhalbmesser (μ) — naß	< 3,4	< 3,4	< 3,4

Wie zu erwarten, besaßen die Gewebe nur eine unzureichende Festigkeit in Kettrichtung, was zum Teil durch eine Beschädigung beim Weben herrührte, außerdem war ihre Porengröße im konditionierten Zustand zu groß. Der hohe Quellungsgrad der Viskose im Vergleich mit Baumwolle spiegelte sich jedoch in den Porengrößen im Naßzustand unterhalb der meßbaren Grenze von 3,4μ wider. Alle drei Gewebe ergaben nach dem Wasserdichtmachen mit Velan PF sofort gute Wassersäulendruckwerte von über 100 cm; als sie aber zwei Wochen später noch einmal geprüft wurden, hatte sich das Resultat merklich verschlechtert. Diese Verschlechterung nahm beim Dampfbügeln rasch weiter zu (Tabelle 10).

Tabelle 10: Wasserabstoßvermögen von Geweben mit Viskosekettgarn und PA-Schußgarn

	(1)	(2)	(3)
Konditionierte Porengröße (μ)	17,3	16,0	16,5
Wassersäule (cm) zu Beginn	117	115	132
Wassersäule (cm) nach 2 Wochen	80	91	63
Wassersäule (cm) nach dem Bügeln	68	48	39

Diese Verschlechterung hängt wahrscheinlich mit der hohen Naßdehnbarkeit der Viskosekettfäden zusammen, wenn sie nach dem Färben unter Spannung auf Trockenzylindern getrocknet werden. Die Gewebe wurden sofort nach dem Trocknen mit guten Ergebnissen mit dem Wasserdichtmachungsmittel imprägniert, die Viskosekettfäden entspannten sich im Anschluß daran jedoch nur langsam und zogen sich dann zu einer wenig kompakten Struktur zusammen, die bei der Wiederbenetzung mit Wasser im Laufe des Wassersäulendruckversuchs nicht genügend aufquellen

konnte. Hochfeste oder HNM-Viskoseendlosgarne, falls diese zur Verfügung stehen sollten, würden fast sicher ein beständigeres Gewebe bieten; das Verhalten von gesponnenem HNM-Viskosestapelkettgarn wird in Kürze untersucht werden.

Ein Vorschlag zur Lösung des Problems der unzulänglichen Festigkeit in Kettrichtung betraf das Mischen von Viskosefasern mit PES-Endlosgarn.

Hierzu wurde ein Stoff wiederum mit PA-Schußgarn von 15,6 tex gewebt, dessen Kette aus einem Garn von 36,4 tex bestand, das durch die Lufttexturierung (Deering-Milliken Ltd.) einer Mischung aus Viskoseendlosgarn von 22 tex und PES-Endlosgarn von 11 tex erzeugt wurde. Dieses Gewebe besaß die erwartete hohe Festigkeit in Kettrichtung; es erwies sich jedoch als unmöglich, mit dem texturierten Kettgarn eine genügend enge Konstruktion zu erzielen. Folglich waren die Schußfadendichte und die Festigkeit in Schußrichtung niedrig, und die Porengröße war zu groß, um einwandfreie Wassersäulendruckwerte zu erzielen, nachdem das Gewebe mit Velan PF imprägniert worden war. Die Maximalwerte beliefen sich auf 70 bis 75 cm.

Wasserabstoßende Ausrüstung von wasserdurchlässigen Geweben

Die vor kurzer Zeit erfolgte Einziehung des Velan PF vom Markt brachte die Suche nach einem alternativen Ausrüstungsmittel für wasserdampfdurchlässige Gewebe mit sich. Glücklicherweise erwies es sich, daß Cerol WB (Sandoz), das in seinem chemischen Aufbau dem Velan PF ähnelt, vergleichbare, ja sogar überlegene Wassersäulendruckwerte sowohl für Gewebe aus 100 % Baumwolle als auch für Gewebe mit PA-Schußgarn liefern kann (Tab. 11).

Tabelle 11: Vergleich von wasserabstoßenden Mitteln auf Pyridinbasis

Wasserabstoßendes Mittel	Wassersäule (cm)		
	keine Wäsche	Wäsche bei 60 °C	Wäsche bei 95 °C
Gewebe aus 100 % Baumwolle vom Typ L28:			
Velan PF (100 g/l)			105
Cerol WB (100 g/l)	115	110	98
Hydrophobol KW (250 ml/l)	120	117	83
PA-Schußgarn mit Kette L28:			
Velan PF (100 g/l)	83	80	65
Cerol WB (100 g/l)	146	140	125
Hydrophobol KW (250 ml/l)	150+	145	100
	90	90	90

Wie bei Velan PF werden 10 % Alkohol dem Cerol WB-Bad zugesetzt, um die Durchdringung zu unterstützen. Die empfohlene Spültemperatur für Cerol WB (65 °C) ist niedriger als für Velan PF (95–100 °C); man kann einen Leistungsverlust bemerken, wenn die mit Cerol WB ausgerüsteten Gewebe in kochendem Wasser gewaschen werden. Hydrophobol KW (Ciba-Geigy) ergab weniger befriedigende Resultate, wahrscheinlich weil diese Emulsion nicht mit Alkohol verdünnt werden konnte, um eine einwandfreie Durchdringung zu erzielen.

Für den Fall, daß die auf Pyridin beruhenden Abstoßungsmittel vollkommen vom Markt verschwinden, könnte es möglich sein, daß man die Spezifikation mit einer Ausrüstung des Zirkonwachstyps erfüllen kann. Vor kurzem angestellte Versuche mit Mystolene MK 8 (Catomance), eine verbesserte Ausführung des im Gebrauch stehenden Mystolene MK 7, erzielten sehr ermutigende Wassersäulendruckwerte (Tab. 12); über seine Dauerhaftigkeit sind bisher jedoch keine Einzelheiten bekannt (wie z. B. solche über die Biegungs- oder die Abriebbeständigkeit im Vergleich mit Velan PF). Es wird wiederum Alkohol verwendet, um bei der Durchdringung der enggewebten Stoffe behilflich zu sein.

Tabelle 12: Wasserabstoßvermögen von Geweben, die mit Zirkonwachs ausgerüstet wurden

Wasserabstoßendes Mittel	Wassersäule (cm)	
	100 % Baumwolle	PA-Schußgarn
Mystolene MK8 (300 cm ³ /l)	105	127
Mystolene MK8+10 % Alkohol	117	>150

D a n k

Die in diesem Vortrag beschriebene Arbeit wurde vom Britischen Verteidigungsministerium (Beschaffungsverwaltung) gefördert, der wir hiermit unseren Dank für die Erlaubnis, die Ergebnisse zu veröffentlichen, aussprechen.

Diskussion

Prof. Köb: Meiner Meinung nach ist es ganz faszinierend zu sehen, mit welchem Aufwand hier darangegangen wird, um ein spezielles Problem zu lösen, wie man versucht, dem speziellen Einsatzzweck ganz genau gerecht zu werden.

Gehrmann: Auch die deutsche Armee hat ähnliche Materialien, wie Sie sie beschrieben haben, entwickelt. Dieses aus Polyamid und Viskose bestehende Material wird für Pilotenanzüge eingesetzt. Es ist in Analogie zu dem Frankenstein-Gewebe, aber aus Polyamid und Viskose hergestellt worden und nach einer sechsjährigen Entwicklung als Seenotbekleidung im Einsatz.

Holker: Wurden diese Materialien aus Polyamidschuß mit einer Viskosekette hergestellt, oder handelt es sich dabei um eine Stapelfasermischung aus Rayon- und Polyamidfasern?

Gehrmann: Das kann ich Ihnen leider nicht sagen. Die entsprechende Veröffentlichung stammt von Herrn Görlach von ENKA-Glanzstoff.

Holker: Diese Veröffentlichung kenne ich: Der Unterschied zu unserem Stoff besteht darin, daß wir Polyamid im Schuß und Baumwolle als Kettenmaterial verwenden, während — soviel ich weiß — in diesen Anzügen Gemische von Baumwolle und Polyamidstapelfasern eingesetzt wurden.

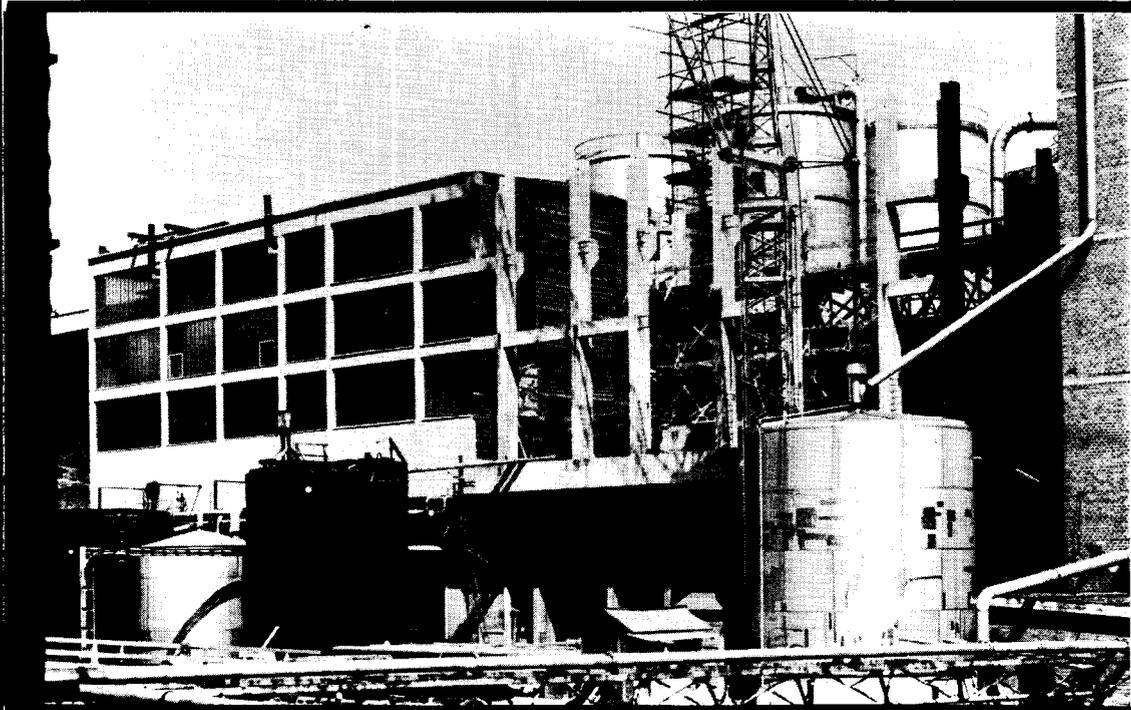
Gürtler: Welche Möglichkeiten haben Sie, um die Poren zu messen, und wie groß sollen die Poren im Idealfall sein, damit das Material im Endeffekt wasserdurchlässig wird?

Holker: Die Porengröße wird durch die Britische Standard-Methode 3321 (nach Lord und Taylor) gemessen.

Natürlich versucht man die Poren so klein wie möglich zu machen, und es ist sicher kein Standard hierfür festzulegen. Nach unseren Erfahrungen ist aber die Porengröße

im Naßzustand des Gewebes am wichtigsten. Bei allen guten Ergebnissen war die Porengröße stets kleiner als $5\ \mu$, zumeist kleiner als $4\ \mu$, ja sogar kleiner als der kleinste Wert, den wir überhaupt messen konnten, was einem Wert von ungefähr $3\frac{1}{2}\ \mu$ entspräche. Im trockenen Zustand wird diese Porengröße bis auf ungefähr 10 bis $13\ \mu$ ansteigen.

MAYREDER



INGENIEURE MAYREDER, KRAUS & CO.
Baugesellschaft m.b.H.
4021 Linz, Sophiengutstraße 20

CHEMIEFASER LENZING AG.
Bauvorhaben Rauma Repola, Filtergebäude
Bauausführung in A R G E

Inwieweit ist der Charakter der OE-Rotor-spinngarne systembedingt?

Dr.-Ing. Liberto Coll-Tortosa
 Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen
 (Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Lünenschloß)

Die Optimierung des OE-Rotor-spinnsystems verlangt die Untersuchung der für dieses System geltenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten.

Im Rahmen dieses Referats wird über die im Faserleitkanal bestehenden aerodynamischen Vorgänge und Faseranordnungen sowie über ihren Einfluß auf die Faservorlage im Rotor und auf die Struktur der OE-Rotor-spinngarne berichtet. Darüberhinaus wird auf das Zusammenwirken verschiedener, für die Praxis wichtiger Einflußgrößen, wie Veränderung der Fasereinspeisungsgeschwindigkeit, Faserlänge, Rotorform und Rotordurchmesser sowie Ausführung des Abzugstrichters auf die systembedingte Garnbildung und auf die daraus resultierende Struktur der OE-Rotor-spinngarne, eingegangen.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß die oben genannten Größen das Einbindeverhalten des in der Rotorrille gesammelten Faserkollektivs und die Anzahl der in die Fasereinbindezone einfliegenden Fasern stark beeinflussen und schließlich die Struktur und die physikalischen Eigenschaften der OE-Rotor-spinngarne bestimmen.

Die Struktur der OE-Rotor-spinngarne ist systembedingt und kann in einem begrenzten Umfang beeinflußt werden. Aus den ermittelten Untersuchungsergebnissen geht hervor, daß man mit den gegenwärtig vorhandenen Erkenntnissen in der Lage ist, die Flexibilität des OE-Rotor-spinnverfahrens gegenüber früher zu erhöhen und die typische OE-Rotorgarnstruktur auf ein Minimum zu reduzieren oder für bestimmte Zwecke gezielt zu verstärken, wenn es die Anforderungen der Praxis verlangen.

The optimization of the OE-rotor spinning process needs the investigation of the physical laws valid for this system.

This paper deals with the aerodynamical actions taking place in the fibre transport channel as well as the fibre configuration and their influence on the fibre assembly in rotor and the structure of the OE-rotor spun yarns. Further the combined effect of various influencing factors, important for the practice, on the yarn building which is system inherent and on the structure of the resulting OE-rotor spun yarns will be dealt with. These factors are for example velocity of fibre feeding, fibre length, rotor shape, rotor diameter and the design of the yarn withdrawal tube.

The investigations have shown that above mentioned factors substantially influence the binding properties of the fibres collected in the rotor groove and the number of fibres flying in the fibre binding region. Subsequently the structure and the physical properties of the OE-rotor spun yarns are determined by them.

The structure of the OE-rotor spun yarns is very much system inherent and can be influenced only up to a limited extend. It can be derived from the experimental results that it is possible now on the basis of present knowledge to increase the flexibility of the OE-rotor spun yarn process previously obtained and the character can be reduced to a minimum or could be increased in defined limits for certain purposes, if it is demanded in the practice.

1. Einleitung

Das OE-Rotor-spinnverfahren hat in den letzten Jahren eine starke Expansion erfahren. In Abbildung 1 ist die

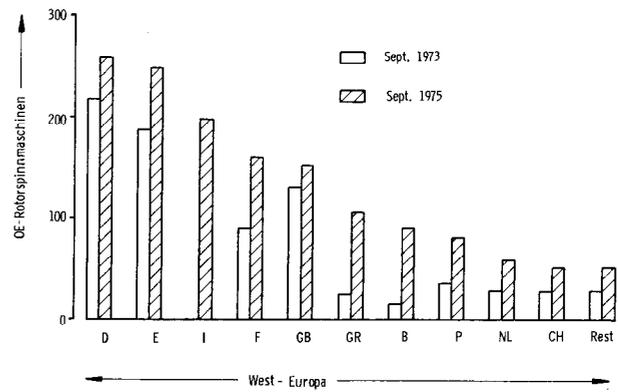


Abb. 1: Installierte OE-Rotor-spinnmaschinen in West-Europa, nach Ländern geordnet

Anzahl der in West-Europa installierten OE-Rotor-spinnmaschinen aufgeführt. An erster Stelle steht die

Begriffe und Symbole *

l_E [mm]	.....	Länge der Fasereinbindezone
l_P [mm]	.....	auf die Rotorsammelrille projizierte Faserlänge
l_F [mm]	.....	Faserlänge
$x_{2,3}; y_{1,2}; z_{2,3}$	.....	Abstände zwischen den Lichtschranken
s [mm]	.....	Koordinate
w	.....	Wahrscheinlichkeit, mit der Störfaser in der kritischen Einspeisezone abgelegt werden
$\Delta t_{1,2}; \Delta t_{2,3}$ [μ s]	.....	Zeitverschiebung beim Passieren zweier nebeneinander angeordneter Lichtschranken
ψ_n ($^\circ$), ψ_p ($^\circ$)	negativer bzw. positiver Orientierungswinkel
$\bar{\psi} = \frac{|\psi_n| + |\psi_p|}{2}$	.....	mittlerer Orientierungswinkel
D_R [mm]	.....	Rotordurchmesser
R_R [mm]	.....	Rotorradius
R [mm]	.....	Abzugstricherradius
t [ms]	.....	Zeit
v_P [m/s]	.....	Fasergeschwindigkeit
v_R [m/s]	.....	Rotorumfangsgeschwindigkeit
v_A [m/s]	.....	Umfangsgeschwindigkeit der Ablösewalze
n_R [min^{-1}]	.....	Rotordrehzahl
n_A [min^{-1}]	.....	Auflösewalzendrehzahl
T_t [tex]	.....	Garnfeinheit
T_P [dtex]	.....	Faserfeinheit
\dot{m} [g/min]	.....	Faserdurchsatz
E [%]	.....	Einzwirnung
$\sigma_A = F_A/T_t$ [cN/tex]	.....	Zugspannung
F_A [cN]	.....	Fadenabzugskraft hinter dem Abzugstrichter
F_O [cN]	.....	Fadenzugkraft am Ablösepunkt
R_S [mm]	.....	Rillenspitzenradius
β ($^\circ$)	Rillenkeilwinkel
N_P [m^{-1}]	.....	Faseranzahl je Meter Garn
N_K [m^{-1}]	.....	Anzahl der in der kritischen Einspeisezone abgelegten Fasern je Meter Garn
α [$\text{m}^{-1} \cdot \text{tex}^{1/2}$]	.....	Drehungsbeiwert
D	.....	Dublierung
SV	.....	Schnittverhältnis bei der Bestimmung der Häkchenzahl
CV_{Tt} [%]	.....	Garnungleichmäßigkeit
N_i [10^{-3}m^{-1}]	.....	Nissenanzahl
R_H [cN/tex]	.....	feinheitsbezogene Höchstzugkraft
ϵ_H [%]	.....	Höchstkraftdehnung
ΔT [%]	.....	relative Drehungsdifferenz
p [mm WS]	.....	Luftunterdruck
M_0 [cN · cm]	.....	Garntorsionsmoment am Ablösepunkt
M [cN · cm]	.....	Garntorsionsmoment
μ_R	.....	Reibungskoeffizient zwischen der Abzugstrichter- und der Garnoberfläche

* Die Bezeichnungen l_F und v_F sollten auf Wunsch des Autors in l_q bzw. \bar{v}_F geändert werden. Aus Kosten- und Zeitgründen konnte diese Korrektur von der Redaktion nicht mehr durchgeführt werden.

Bundesrepublik Deutschland mit rund 260 OE-Rotorspinnmaschinen im Jahre 1975^{1,2}.

Wir haben in einer Vielzahl von Beiträgen darauf hingewiesen, daß die Struktur und die Eigenschaften der OE-Rotorspinngarne hauptsächlich durch die Faserlänge und durch die sich in der Rotorsammelrille bildende Einbindezone beeinflusst werden. Im Rahmen dieses Referats soll über diese Zusammenhänge berichtet werden.

2. Experimentelle Untersuchungen

In Abbildung 2 werden die systembedingten Unterschiede bei der Garnbildung zwischen dem Ringspinn- und dem OE-Rotorspinnverfahren deutlich sichtbar.

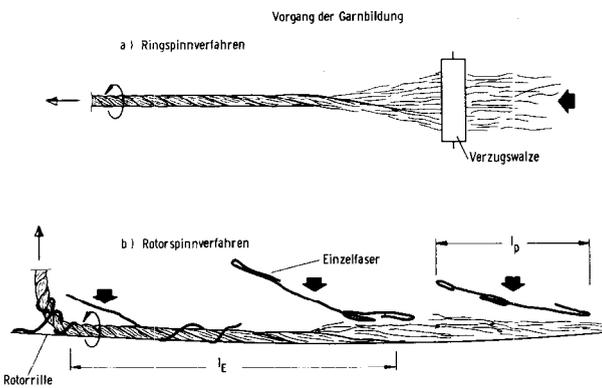


Abb. 2: Vorgang der Garnbildung beim Ring- und OE-Rotorspinnen

- Beim *Ringspinnverfahren* wird ein ununterbrochenes Faserkollektiv mit relativ guter Parallelisierung der Einzelfasern durch die Verzugswalzen abgegeben. Unmittelbar nach Verlassen der Verzugswalzen wird das parallele Faserkollektiv durch Drehung zum Garn verfestigt und dieses aufgewunden. Die Orientierung des Faserkollektivs stimmt mit der Richtung der Garnachse weitgehend überein.
- Anders sind die Verhältnisse beim *OE-Rotorspinnverfahren*. In diesem Fall werden die Einzelfasern mittels strömender Luft durch den Faserleitkanal transportiert und mit einer von der Umfangsgeschwindigkeit des Rotors abhängigen Geschwindigkeit auf der Rotorrutschwand abgelegt. Infolge der dabei wirkenden Zentrifugalkraft werden die Fasern gegen die Rotorrutschwand gepreßt, bis auf die Rotorumfangsgeschwindigkeit beschleunigt und in der Rotorrille gesammelt. Das in der Rotorrille gebildete Faserbändchen wird durch die Rotordrehung gedreht und zum Garn verfestigt. Die Drehung pflanzt sich in die Rotorrille fort, und so entsteht die Fasereinbindezone l_E . Die in der Fasereinbindezone abgelegten Fasern werden in der Peripherie des zum Teil gebildeten Garns unvollständig eingebunden. Daraus entsteht ein Garn mit niedrigerer Ist- als Soll Drehung und relativ geringer Kringelneigung^{3,4}. Die Faserteile, die aus der Garnoberfläche herausragen, werden auf die in Abbildung 2 dargestellte Weise an der Garnoberfläche eingebunden. So entstehen die „Bauchbin-

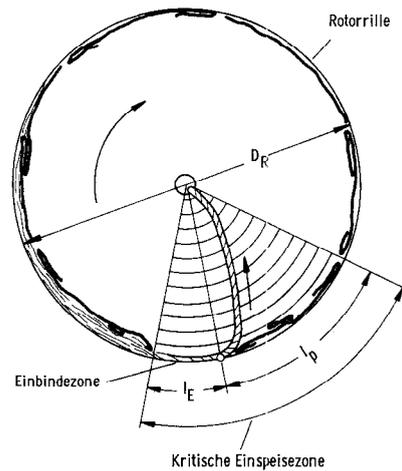
den“. Bedingt durch die Gegebenheit, daß die Fasern auf den Rotorumfang zufällig verteilt werden, erfolgt eine systembedingte Ablage der Fasern im Bereich der Fasereinbindezone, die in Abbildung 3 schraffiert dargestellt wird.

Die Länge der kritischen Einspeisezone wird durch die auf die Rotorrille projizierte Faserlänge l_p und die Länge der Einbindezone l_E gegeben. Die Wahrscheinlichkeit W , mit der die Fasern in der Fasereinbindezone abgelegt werden, steigt mit zunehmender Länge der Einbindezone l_E und der projizierten Faserlänge l_p . Mit größerem Rotorumfang $\pi \cdot D_R$ wird die Wahrscheinlichkeit W entsprechend geringer und damit die Anzahl der in der Fasereinbindezone abgelegten Fasern. Die Anzahl N_K der in der kritischen Einspeisezone theoretisch abgelegten Fasern, d. h. der Fasern, die für den Rotorgarncharakter verantwortlich sind, ist durch die Gleichung (3) gegeben (Abb. 3).

Wird näherungsweise die projizierte Faserlänge l_p gleich der Faserlänge l_F gesetzt, so steigt die Anzahl der in der Einspeisezone abgelegten Fasern N_K mit abnehmender Faserlänge l_F an.

Das Verhältnis N_K/N_F der Anzahl der in der kritischen Einspeisezone abgelegten Fasern N_K zur Gesamtfaseranzahl N_F ist wiederum gleich der Wahrscheinlichkeit W [Gl. (1) und Gl. (2) Abb. 3].

Aus dem bereits Gesagten geht hervor, daß der Garncharakter von der projizierten Faserlänge l_p und von der Länge der Einbindezone l_E weitgehend beeinflusst wird. Die projizierte Faserlänge l_p ergibt sich aus der durch die Faserströmung erzielten Orientierung und Ausstreckung der Fasern sowie



$W = (l_p + l_E) / (\pi \cdot D_R)$	(1)
$N_F = \pi \cdot 10 / (E \cdot T_F \cdot l_F) \quad [m^{-1}]$	(2)
$N_K = \frac{l_p}{l_F} \cdot \pi \cdot 10 \cdot (1 + l_E / l_p) / (E \cdot T_F \cdot \pi \cdot D_R) \quad [m^{-1}]$	(3)
$N_K / N_F = (l_p + l_E) / (\pi \cdot D_R)$	(4)
$D = 10^{-2} \cdot \pi \cdot D_R \cdot \alpha \cdot (1 - E / 100) \cdot (T / 10)^{-1/2}$	(5)

Abb. 3: Schematische Darstellung der Faserablage entlang des Rotorumfangs

aus deren weiterer Ausstreckung an der Rotorrutschwand. Dies hängt in starkem Maße von den Einstellungen der OE-Rotorspinnmaschine ab. Ähnliches gilt für die Länge der Einbindezone l_E . Diese ist von der dem Faden erteilten Garn-drehung, von dem am Abzugstrichter übertragenen Falschdrahtmoment und von der Reibbeanspruchung in der Rotorrille abhängig.

2.1. Untersuchung der Faserströmung

Ich beginne mit der Besprechung der im Faserleitkanal durchgeführten Versuche. Für die Untersuchung der Faserströmungen im Faserleitkanal fanden Lichtschranken Verwendung.

In Abbildung 4 ist die Anordnung der am Ausgang des Faserleitkanals angebrachten Lichtschranken dargestellt. Durch die seitlich verschobene Anordnung der Lichtschranke (3) gegenüber den Lichtschranken (1) und (2) ist es möglich, den Orientierungswinkel der Fasern im Faserleitkanal zu bestimmen. Sind die Abmessungen $x_{2,3}$, $y_{1,2}$ und $y_{2,3}$ zwischen den Lichtschranken bekannt, lassen sich durch Messung der Zeiten $\Delta t_{1,2}$ und $\Delta t_{2,3}$ die Fasergeschwindigkeit v_F und die Orientierungswinkel φ_n und φ_p anhand der in Abbildung 4 angegebenen Beziehungen ermitteln. Die Zeiten $\Delta t_{1,2}$ und $\Delta t_{2,3}$ wurden mit Hilfe des zwischen den beiden entsprechenden Lichtschranke-signalen gebildeten Kreuzkorrelogramms bestimmt. Aus den absoluten Beträgen der negativen und positiven Orientierungswinkel $|\varphi_n|$ und $|\varphi_p|$ wurde der mittlere Orientierungswinkel $\bar{\varphi}$ berechnet.

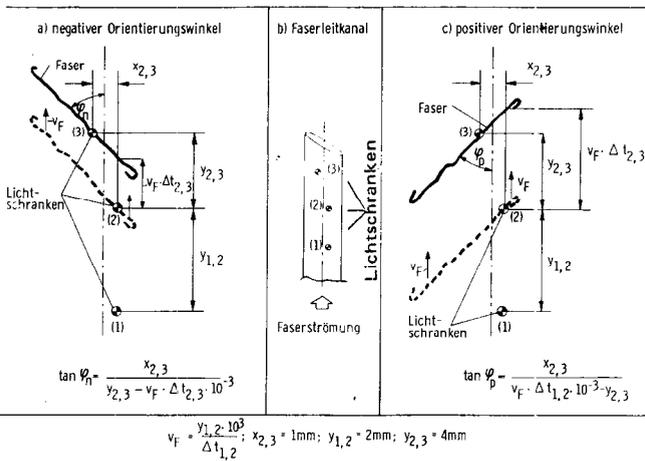


Abb. 4: Schematische Darstellung der Anordnung der am Faserleitkanal angebrachten Lichtschranken zur Untersuchung der Faserströmung

Nachfolgend möchte ich über den Einfluß der Auflösewalzendrehzahl n_A , des Luftunterdrucks p und der Faserlänge l_F auf die Fasergeschwindigkeit v_F und den mittleren Orientierungswinkel $\bar{\varphi}$ berichten (Abb. 5 u. 6). Die Fasergeschwindigkeit v_F am Ausgang des Faserleitkanals ist von der Auflösewalzendrehzahl n_A und von der Faserlänge l_F unabhängig. Wären am Ausgang des Faserleitkanals starke Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Fasern und der tragenden

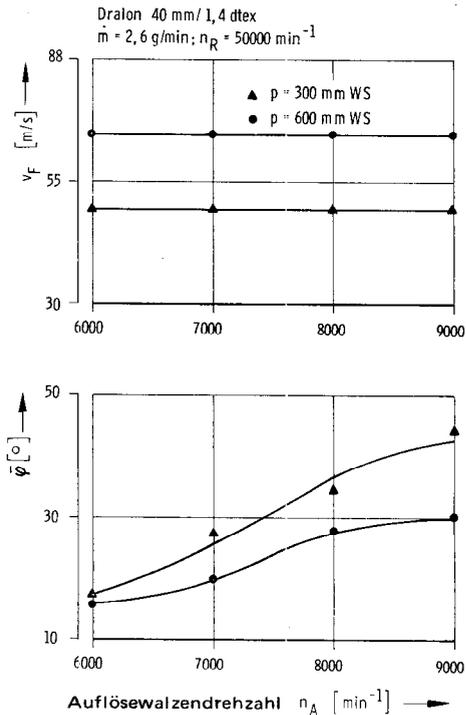


Abb. 5: Faserströmungsgeschwindigkeit v_F und mittlerer Orientierungswinkel $\bar{\varphi}$ in Abhängigkeit von der Auflösewalzendrehzahl n_A und vom Luftunterdruck p in der Spinnkammer

Luft vorhanden, so ergäben sich bei verschiedenen Faserlängen l_F , bedingt durch die unterschiedlichen Faser-massen und Faser-oberflächen, verschiedene

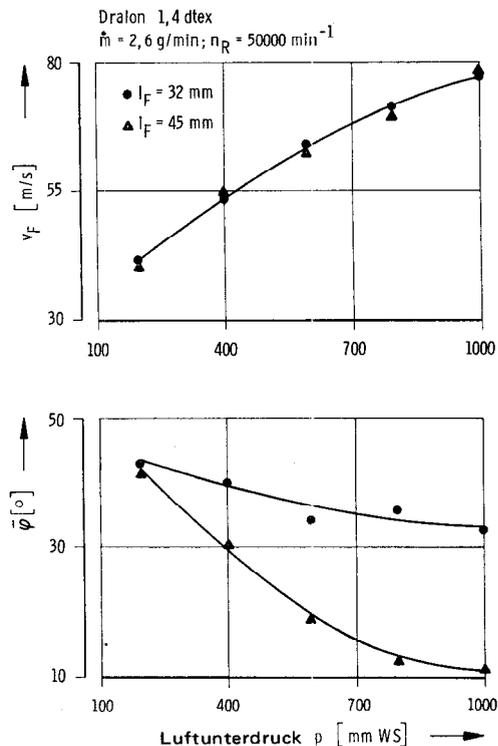


Abb. 6: Faserströmungsgeschwindigkeit v_F und mittlerer Orientierungswinkel $\bar{\varphi}$ in Abhängigkeit vom Luftunterdruck p und von der Faserlänge l_F

Fasergeschwindigkeiten v_F (Abb. 6). Da dies nicht der Fall ist, ist anzunehmen, daß die am Ausgang des Leitkanals ermittelten Fasergeschwindigkeiten näherungsweise gleich der Luftgeschwindigkeit gesetzt werden können.

Mit zunehmender Auflösewalzendrehzahl n_A kommt es infolgedessen der steigenden Zentrifugalkräfte zu einer stärkeren Berührung der Fasern mit den Wänden, insbesondere mit der Wandkante an der Schmutzausscheidestelle. Infolgedessen nimmt mit steigender Auflösewalzendrehzahl n_A der mittlere Orientierungswinkel $\bar{\varphi}$ zu, was gleichbedeutend mit einer Verringerung der Faserparallelisierung im Leitkanal ist (Abb. 5).

Aus den gewonnenen Untersuchungsergebnissen geht hervor, daß es nicht vorteilhaft ist, mit einer Auflösewalzendrehzahl $n_A > 7000 \text{ min}^{-1}$ zu spinnen (Abb. 5). Mit zunehmendem Unterdruck p nimmt der mittlere Orientierungswinkel $\bar{\varphi}$ besonders für die Faserlänge $l_F = 45 \text{ mm}$ stark ab, was eine steigende Parallelisierung der Fasern im Leitkanal bedeutet (Abb. 6, $l_F = 45 \text{ mm}$). Der mittlere Orientierungswinkel $\bar{\varphi}$ sinkt jedoch nicht linear. Ab einem Unterdruck $p = 800 \text{ mm WS}$ ist bei einer Faserlänge $l_F = 45 \text{ mm}$ keine weitere Änderung der Faserorientierung zu erwarten (Abb. 6).

Bei Verwendung der relativ kurzen Faserlänge $l_F = 32 \text{ mm}$ ergibt sich eine weitaus schlechtere Faserorientierung als bei der Faserlänge $l_F = 45 \text{ mm}$ (Abb. 6).

Es ist ebenfalls überraschend, daß bei kurzen Faserlängen und einer starken Erhöhung des Luftunterdrucks p und damit der Fasergeschwindigkeit die mittlere Orientierung nur geringfügig verbessert wird. Dies ist eine sowohl für den Spinner als auch für den Textilmaschinenhersteller interessante Feststellung.

Aus diesen Versuchsergebnissen lassen sich die ersten Hinweise ableiten, daß die für das OE-Rotorspinnen günstige Faserlänge nicht nur nach oben, sondern auch schon bei einer noch relativ großen Länge nach unten hin begrenzt ist.

2.2. Die Anordnung der Fasern in der Rotorsammelrille und ihr Einfluß auf die Garneigenschaften

Beim nächsten Abschnitt möchte ich von den Zusammenhängen zwischen der Fasereinspeisung in den Rotor und den Garneigenschaften berichten.

Die Fasern werden auf der Rotorrutschwand mit einer von der Rotorumfangsgeschwindigkeit v_R abhängigen Fasergeschwindigkeit v_F abgelegt. Maßgebend für die Ausstreckung der Fasern an der Rotorrutschwand sind die in Richtung der Faserachse wirkenden Reibkräfte.

Zur Beurteilung der Faseranordnung auf der Rotorrutschwand wurden die in der Rotorrille gebildeten Faserbündchen untersucht. Die im Faserbündchen vorhandene Häkchenanzahl wurde gemäß der von Ullal und Azarschab⁵ beschriebenen vereinfachten Lindsley-Methode⁶ ermittelt. Die diesbezüglichen Versuchsergebnisse werden in Abbildung 7 graphisch dargestellt, wobei auf die Trennung zwischen den Leit- und Schlepphäkchen verzichtet wird, sodaß das Schnittverhältnis SV ein Maß für die Summe der Leit- und Schlepphäkchen ist.

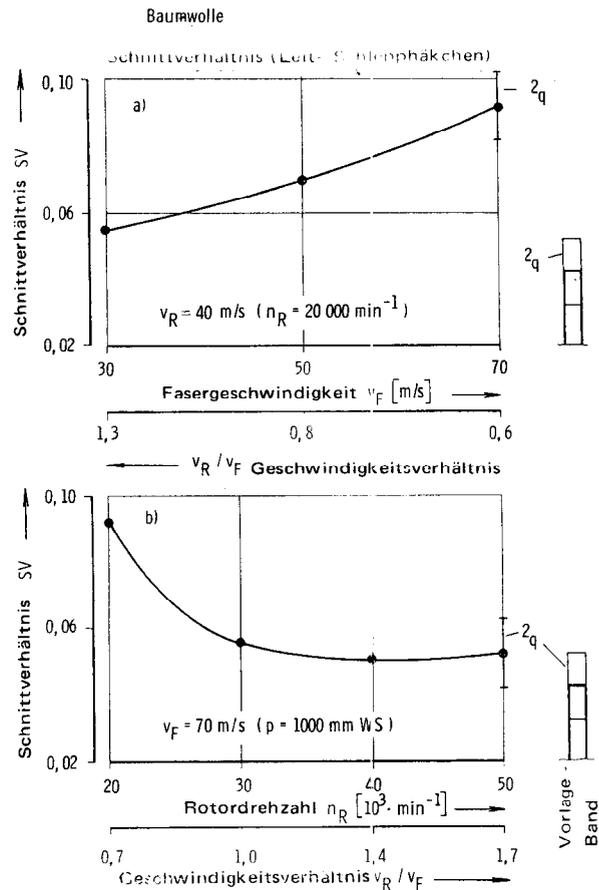


Abb. 7: Schnittverhältnis SV in Abhängigkeit von der Fasergeschwindigkeit v_F , von der Rotordrehzahl n_R sowie vom Geschwindigkeitsverhältnis v_R/v_F .

Die Fasergeschwindigkeit v_F am Ausgang des Faserleitkanals soll unter der Umfangsgeschwindigkeit der Rotorrutschwand liegen, um während der Ablage der Fasern auf der Rotorrutschwand eine Faserausstreckung zu bewirken. Ist dies nicht der Fall, so kommt es zu Faserstauungen, und zwar umso mehr, je geringer das Geschwindigkeitsverhältnis v_R/v_F ist. Bei einem Geschwindigkeitsverhältnis v_R/v_F unter 1,4 — dieser Wert ist jedoch vom Maschinentyp, von den Maschineneinstellungen und vom Zustand der Faserströmung am Ausgang des Faserleitkanals abhängig — erfolgt eine Steigerung des Schnittverhältnisses SV mit fallendem Geschwindigkeitsverhältnis v_R/v_F (Abb. 7).

Eine Erhöhung des Geschwindigkeitsverhältnisses v_R/v_F über 1,4 bringt keine weitere Verbesserung der Faseranordnung in der Rotorrille. Eine gegenüber der Fasergeschwindigkeit v_F zu große Rotorumfangsgeschwindigkeit v_R führt, wie aus den nächsten Versuchsergebnissen hervorgeht, zu einer ungleichmäßigen Faserablage in der Rotorsammelrille.

In den Abbildungen 8 und 9 sind die Garnungleichmäßigkeit CV_{Tt} , die Nissenzahl N_i , die feinheitsbezogene Höchstzugkraft R_H und die Höchstkraftdehnung ϵ_H in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R und von der Fasergeschwindigkeit v_F dargestellt. Mit steigender Rotordrehzahl n_R nimmt die Garnungleichmäßigkeit CV_{Tt} zunächst geringfügig ab, erreicht bei einer Rotor-

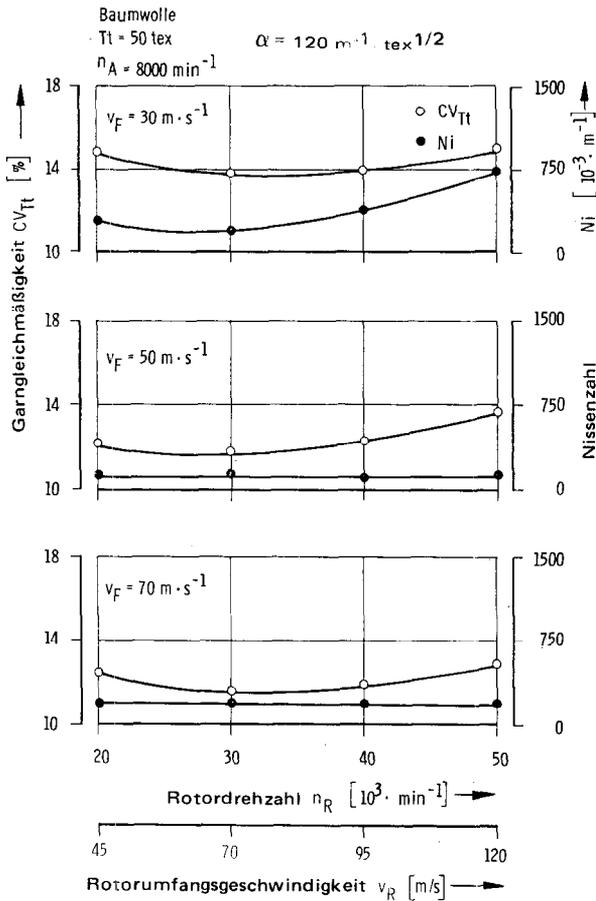


Abb. 8: Garnungleichmäßigkeit CV_{Tt} und die Nissenzahl Ni in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R und von der Fasergeschwindigkeit v_F

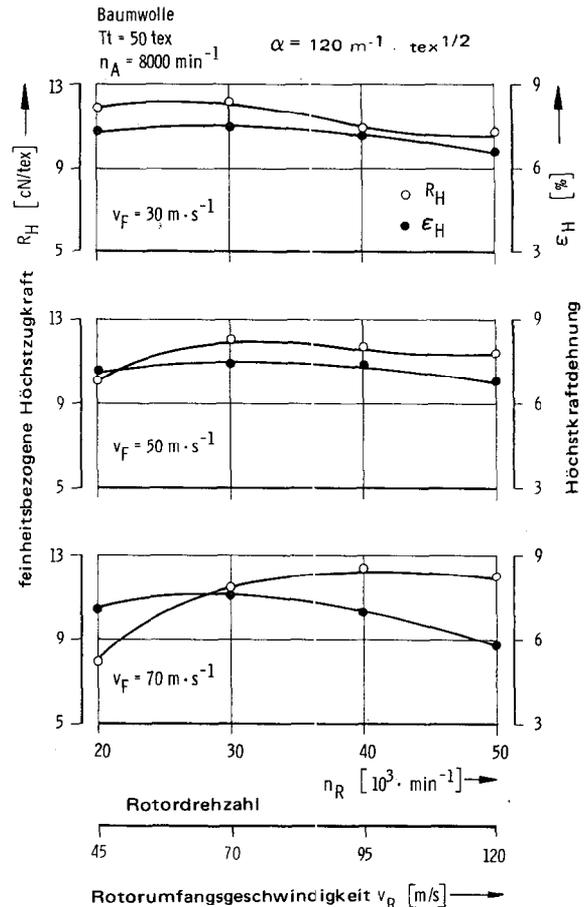


Abb. 9: Feinheitsbezogene Höchstzugkraft R_H und Höchstkraftdehnung ε_H in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R und von der Fasergeschwindigkeit v_F

drehzahl n_R ca. 30.000 min^{-1} das Minimum und nimmt dann bis zu der untersuchten Rotordrehzahl $n_R = 50.000 \text{ min}^{-1}$ ständig zu. Eine ähnliche Tendenz ist bei der Nissenzahl Ni für den Fall der niedrigsten untersuchten Fasergeschwindigkeit $v_F = 30 \text{ m/s}$ ermittelt worden.

Bei einer Steigerung der Fasergeschwindigkeit v_F von 30 m/s auf 70 m/s rutschen die Einzelfasern auf der Rotorrutschwand entsprechend weniger schnell, woraus ein Abfall der Garnungleichmäßigkeit CV_{Tt} und der Nissenzahl Ni resultiert.

Was die feinheitsbezogene Höchstzugkraft R_H und die Höchstkraftdehnung ε_H betrifft, so steigen diese zunächst mit zunehmender Rotordrehzahl n_R an und fallen dann nach Erreichen eines Maximums wieder ab. Die Stelle des Maximums ist von der herrschenden Fasergeschwindigkeit v_F am Ausgang des Faserleitkanals und damit von der Relativgeschwindigkeit der Fasern zur Rotorrutschwand abhängig. Die Ursache für die niedrige Garnfestigkeit bei der relativ niedrigen Rotordrehzahl $n_R = 20.000 \text{ min}^{-1}$ ist auf die bei dieser Rotordrehzahl auftretenden Faserstauungen während der Faserablage auf der Rotorrutschwand zurückzuführen. Daraus entsteht eine Verkürzung der auf die Rotorsammelrille projizierten Faserlänge l_p und damit ein Abfall der feinheitsbezogenen Höchstzugkraft R_H und der Höchstkraftdehnung ε_H.

Mit größerer Rotordrehzahl n_R werden die in der Rotorrutschwand abgelegten Fasern stärker ausgestreckt, was eine bessere Parallelisierung der Einzelfasern im Faserbündchen und dadurch bedingt eine Erhöhung der Garndehnung und der Garnfestigkeit zur Folge hat. Steigt die Rotordrehzahl n_R über einen bestimmten Bereich an, so nimmt die Relativgeschwindigkeit der Fasern zur Rotorrutschwand zu. Dadurch rutschen die Fasern an der Rotorrutschwand zu stark, was zu einer ungleichmäßigen Faserablage in der Rotorrille führt. Hinzu kommt noch die drehzahlabhängige Ausweitung der Fasereinbindezone. Daraus ergeben sich mit steigender Rotordrehzahl n_R eine zunehmende Garnungleichmäßigkeit und eine abnehmende Garnfestigkeit.

2.3. Ursachen für die Ausweitung der Fasereinbindezone und ihre Auswirkung auf die Garneigenschaften

Nachdem der systembedingte Einfluß der projizierten Faserlänge l_p auf die Garnbildung und auf die Garneigenschaften besprochen ist, möchte ich jetzt über die Ursachen für die Ausweitung der Fasereinbindezone und ihre Auswirkung auf die Garneigenschaften berichten.

Die im Bereich der kritischen Einspeisezone abgelegten Fasern werden an der Peripherie des zum Teil gebil-

deten Garns unvollständig eingebunden. Dadurch entsteht ein Garn, das vom Kern bis zur Oberfläche einen Drehungsabfall aufweist. Die daraus resultierende Garnstruktur ist systembedingt. Sie kann jedoch in einem begrenzten Umfang durch gezielte Maßnahmen, beispielsweise durch die geeignete Faserausdehnung und durch die optimale Einstellung der Länge der Einbindezone l_E , beeinflusst werden.

Als Hauptursachen für die direkte Ausweitung der Fasereinbindezone sind zu nennen:

- a) die am Ablösepunkt wirkenden Fadenschwingungen, die das Reibverhalten der Fasereinbindezone beeinflussen (die diesbezüglichen Fadenschwingungen werden hauptsächlich durch den exzentrischen Lauf des Fadens beim Abzug durch den Abzugstrichter und durch die Kerben an der Abzugstrichteroberfläche verursacht^{3,4,7,8});
- b) das im Abzugstrichter erzeugte Falschdrahtmoment, das von der dort herrschenden Fadenzugkraft, vom Reibungskoeffizienten zwischen Abzugstrichter- und Garnoberfläche und von den Abmessungen des Abzugstrichters abhängig ist^{3,4,7,8};
- c) die auf den Rotor wirkenden Schwingungen, die so wie bei a) das Reibverhalten der Fasereinbindezone ohne weiteres beeinflussen können.

Bedingt durch die größere Zentrifugalkraft nimmt die auf den Abzugstrichter wirkende Fadenanpreßkraft mit steigender Rotordrehzahl n_R zu. Dadurch wirkt auf das umlaufende Fadenende ein mit zunehmender Rotordrehzahl n_R größeres Falschdrahtmoment (Abb. 10). Dies würde eine starke Ausweitung der Fasereinbindezone verursachen, wenn dabei nicht gleich-

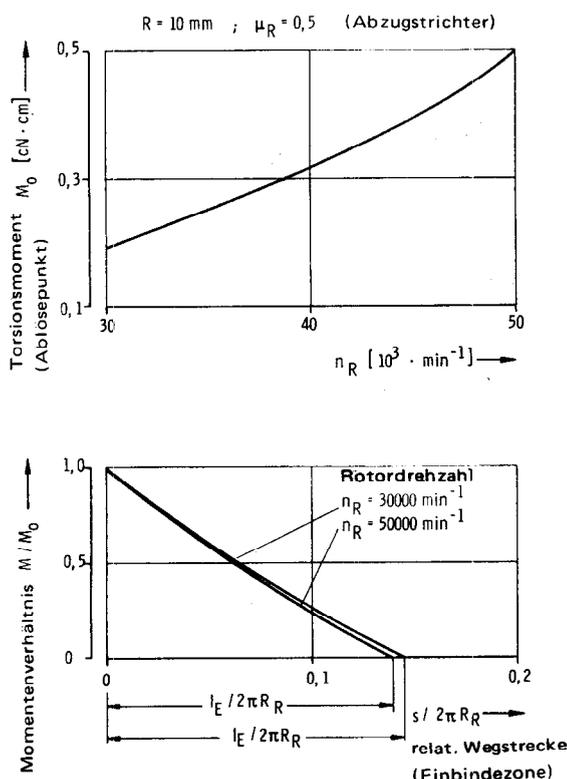


Abb. 10: Garntorsionsmoment M_0 und Verhältnis M/M_0 in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R

zeitig eine Vergrößerung der Anpreßkraft der Fasereinbindezone auf die Rotorsammelrinne hervorgerufen würde. Normalerweise nimmt die Länge der Einbindezone mit steigender Rotordrehzahl n_R zu.

Durch eine analytische Betrachtung der am Abzugstrichter und in der Einbindezone herrschenden Gleichgewichtsbedingungen kommt man jedoch zu dem Ergebnis, daß das Verhalten der Einbindezone in starkem Maße von dem in der Rotorsammelrinne herrschenden Bändchentorsionsmoment M_B abhängig ist. In Abbildung 10 wird das Verhalten der Einbindezone für den Fall des Bändchentorsionsmoments $M_B = 0$ dargestellt. Aus dem aufgeführten Beispiel geht hervor, daß mit steigender Rotordrehzahl n_R die Länge der Einbindezone l_E ebenso geringfügig abnehmen kann.

Als weitere wahrscheinliche Ursache für die Ausweitung der Einbindezone mit steigender Rotordrehzahl n_R ist die am Ablösepunkt wirkende Fadenschwingung anzusehen, deren Frequenz und Amplitude hauptsächlich von der am Abzugstrichter herrschenden Fadenzugkraft und von der Ausführung des Abzugstrichters abhängt.

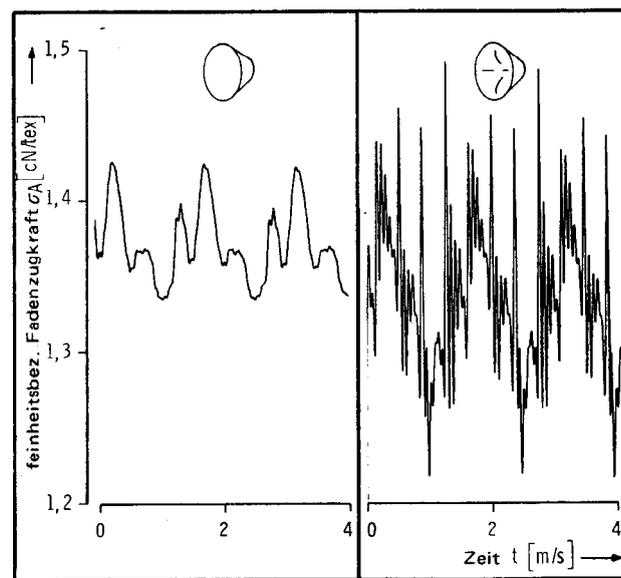


Abb. 11: Signalmittlung der Zugspannung σ_A in Abhängigkeit von der Abzugstrichterausführung

In Abbildung 11 ist der zeitliche Verlauf der Fadenzugkraft für verschiedene Ausführungen des Abzugstrichters wiedergegeben. Er wurde mit Hilfe eines am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen entwickelten Meß- und Auswertungsverfahrens ermittelt^{7,8}. Durch dieses Auswertungsverfahren werden die zufällig auftretenden Fadenzugkraftschwankungen infolge der Massenschwankungen eliminiert, sodaß nur die periodischen Fadenzugkraftschwankungen zur Darstellung gelangen.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß sich bei den eingesetzten Abzugstrichterausführungen erzwungene Schwingungen im Faden aufbauen, deren genauer Verlauf von der Form des Abzugstrichters und von der Art des Garnabzugs abhängig ist. Als Ursache für

diese erzwungenen Schwingungen ist die im Abzugstrichter herrschende Fadenexzentrizität zu nennen. Bei Verwendung eines gekerbten Abzugstrichters kommt es zu einer zusätzlichen Überlagerung von hochfrequenten Fadenzugkraftspitzen. Die am Abzugstrichter erzeugten Fadenschwingungen verringern die in der Einbindezone herrschenden effektiven Reibkräfte und verursachen so eine Ausweitung der Fasereinbindezone (Abb. 12).

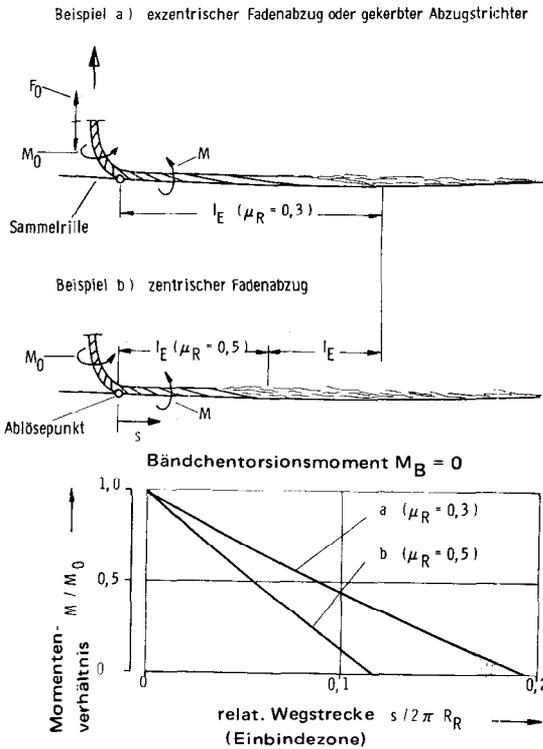


Abb. 12: Darstellung der Fasereinbindezone und des Verhältnisses M/M_0 der Torsionsmomente für zwei praxisnahe Beispiele

Da die Amplitude und die Frequenz dieser Fadenschwingungen mit steigender Rotordrehzahl n_R erwartungsgemäß zunehmen, entsteht, wie bereits erwähnt, eine weitere Ausweitung der Fasereinbindezone mit steigender Rotordrehzahl n_R (Abb. 13).

Die Fasereinbindezone wird auch durch die Variation des Rotordurchmessers beeinflusst. Nimmt der Rotordurchmesser D_R zu, so wird auch die am Abzugstrichter wirkende Fadenzugkraft größer. Dies hat eine Erhöhung des am Abzugstrichter erteilten Falschdrahtmoments zur Folge. Mit zunehmendem Rotordurchmesser D_R wird allerdings die Anpreßkraft zwischen dem Faserverband in der Einbindezone und der Rotorsammelrinne auch entsprechend größer. Aus den theoretischen Untersuchungen folgt, daß mit steigendem Rotordurchmesser D_R die Länge der Einbindezone l_E zunimmt (Abb. 14).

Die Wahrscheinlichkeit W , mit der Störfasern in der kritischen Einspeisezone abgelegt werden, hängt aber nicht von der absoluten Länge l_E , sondern von der relativen Länge $l_E/\pi D_R$ der Einbindezone ab (Abb. 3). Für den untersuchten theoretischen Fall ergeben sich eine Abnahme der relativen Länge der Einbindezone

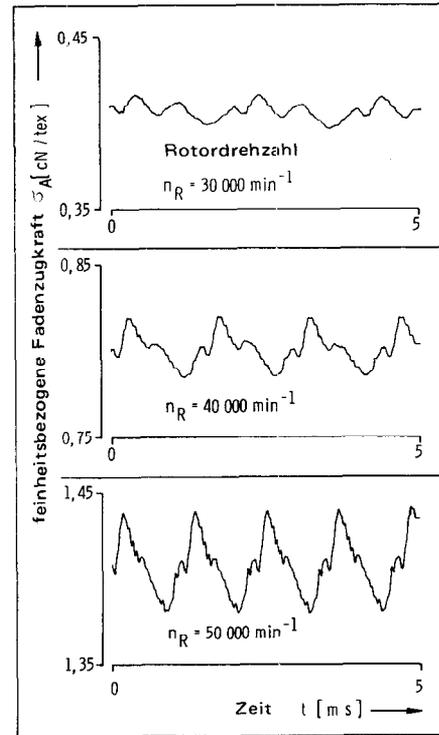


Abb. 13: Signalmittelung der Zugspannung σ_A in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R

$l_E/\pi D_R$ mit steigendem Rotordurchmesser D_R (Abb. 14) und damit eine Verringerung der Wahrscheinlichkeit W , mit der Störfasern in der kritischen Einspeisezone abgelegt werden. Ein weiterer Vorteil der Verwendung eines Rotors mit einem größeren Durchmesser D_R be-

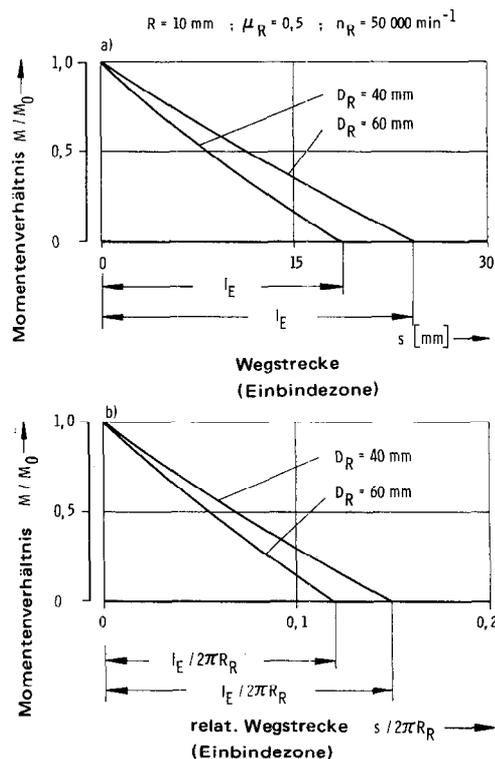


Abb. 14: Garntorsionsmoment M_0 und Verhältnis M/M_0 in Abhängigkeit vom Rotordurchmesser D_R

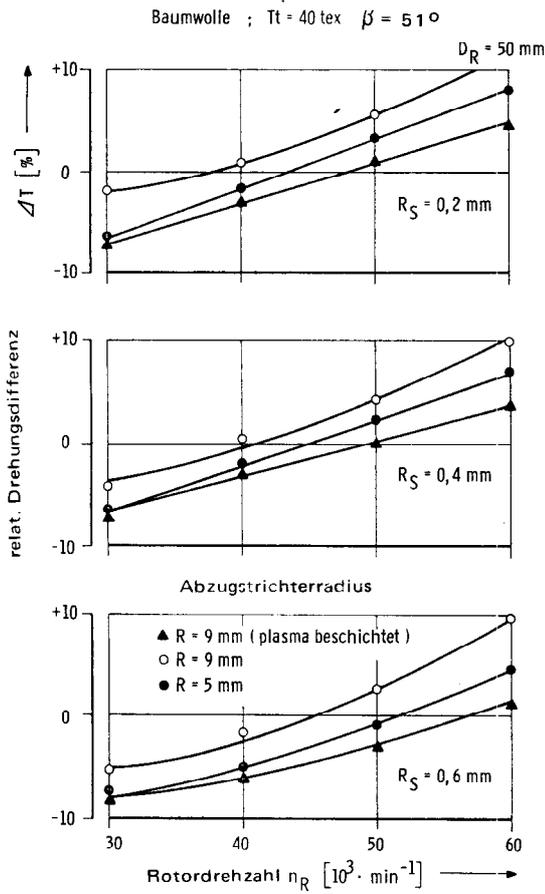


Abb. 15: Relative Garndrehungsdifferenz ΔT in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R , vom Abzugstricherradius R, von der Art der Beschichtung des Abzugstrichters und vom Rillenspitzenradius R_S

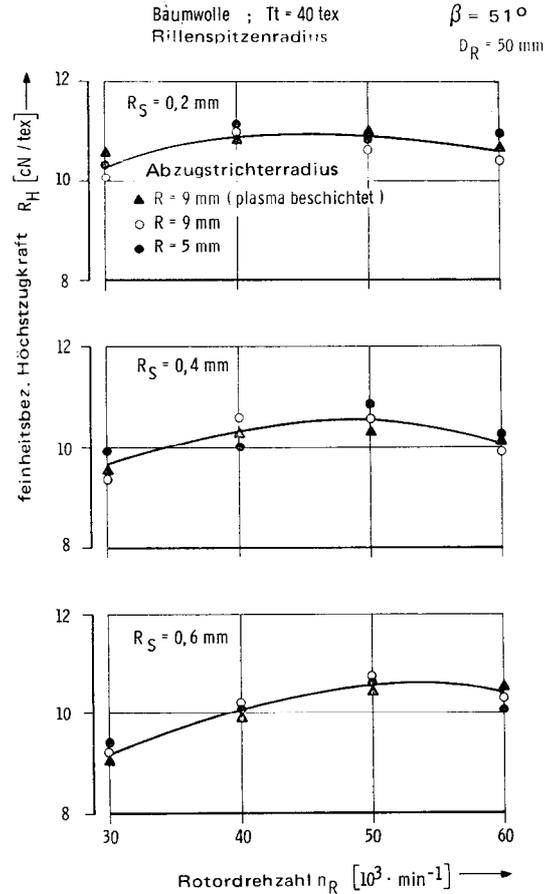


Abb. 16: Feinheitsbezogene Höchstzugkraft R_H in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R , vom Abzugstricherradius R, von der Art der Beschichtung des Abzugstrichters und vom Rillenspitzenradius R_S

steht in der höheren Dublierung während der Faserablage in der Rotorrille [Gleichung (5), Abb. 3].

In den Abbildungen 15 und 16 sind die relative Garndrehungsdifferenz ΔT und die feinheitsbezogene Höchstzugkraft R_H in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R , vom Abzugstricherradius R und vom Rillenspitzenradius R_S graphisch dargestellt. Mit zunehmender Rotordrehzahl n_R entsteht eine Ausweitung der Fasereinbindezone. Damit erhöht sich die Anzahl der in der kritischen Einspeisezone abgelegten und an der Garnperipherie unvollständig eingebundenen Fasern, was eine Erhöhung der relativen Garndrehungsdifferenz ΔT zur Folge hat. Ein ähnlicher Effekt wird mit größerem Abzugstricherradius R erzielt.

Die Verwendung eines Rotors mit größerem Rillenspitzenradius R_S führt zur Bildung von relativ breiten Faserbündchen, die einen größeren Verdrehungswiderstand darstellen. Dadurch wird die Einbindezone entsprechend kürzer. Das führt zu einer Verringerung der Anzahl der in der kritischen Einspeisezone abgelegten sowie der in der Garnperipherie unvollständig eingebundenen Fasern und damit zu einer Verringerung der relativen Garndrehungsdifferenz ΔT .

Der Einfluß des Rillenspitzenradius R_S auf die feinheitsbezogene Höchstzugkraft R_H ist in Abbildung 16 leicht zu erkennen. Besonders bei niedrigen Rotordrehzahlen n_R , bei denen die Anpreßkraft des Faserbünd-

chens auf die Rotorrille gering ist, sinkt mit größerem Rillenspitzenradius R_S die Garnfestigkeit. Bei relativ großen Rotordrehzahlen n_R , bei denen das Faserbündchen entsprechend stark in die Rotorsammelrille gepreßt wird, ist keine Änderung der Garnfestigkeit zu konstatieren.

In Abbildung 17 ist die relative Garndrehungsdifferenz ΔT in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R und vom Rotordurchmesser D_R dargestellt. Im Bereich niedrigerer Rotordrehzahlen n_R 45.000 min^{-1} tritt mit

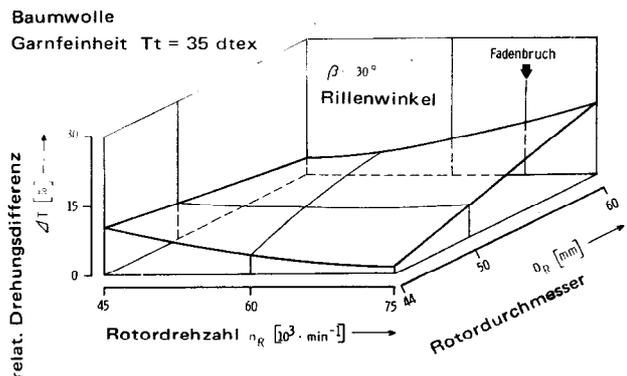


Abb. 17: Relative Garndrehungsdifferenz ΔT in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl n_R und vom Rotordurchmesser D_R

größerem Rotordurchmesser D_R eine Verringerung der relativen Garndrehungsdifferenz ΔT auf. Dies spricht in Übereinstimmung mit den theoretischen Untersuchungen (Abb. 14) für eine Verringerung der relativen Länge der Einbindezone $l_E/\pi D_R$.

Im Bereich höherer Rotordrehzahlen $n_R > 45.000 \text{ min}^{-1}$ — es dürfte von Maschinentyp zu Maschinentyp unterschiedlich sein — überwiegt der Einfluß der Fadenschwingungen auf die Länge der Einbindezone l_E , wodurch im Gegensatz zu den theoretischen Untersuchungen eine Ausweitung der relativen Länge der Einbindezone $l_E/\pi D_R$ und damit eine Erhöhung der Drehungsdifferenz ΔT der hergestellten Garne verursacht wird.

Aus den Versuchsergebnissen folgt ebenso, daß eine Steigerung der Rotordrehzahl n_R nicht immer zu einer Vergrößerung der Garndrehungsdifferenz ΔT und damit zu einer Ausweitung der Fasereinbindezone führt. Ob der eine oder andere Effekt erzielt wird, hängt prinzipiell davon ab, wie groß die Amplitude und die Frequenz der im Abzugstrichter erzeugten erzwungenen Schwingungen sind und wie stark das Bändchen-torisionsmoment M_B ist. In diesem Zusammenhang sind auch noch die nicht ganz zu vermeidenden mechanischen Rotorschwingungen zu erwähnen.

3. Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Referats wurde über neue Versuchsergebnisse hinsichtlich der im Faserleitkanal herrschenden Faseranordnung sowie über das Zusammenwirken verschiedener, für die Praxis wichtiger Einflußgrößen, wie der Einfluß der Fasergeschwindigkeit im Faserleitkanal, der Faserablage in der Rotorsammelrinne und der Ausführung des Abzugstrichters auf die Garnbildung und auf die daraus resultierenden Garneigenschaften, berichtet.

Es wurde festgestellt, daß die Struktur der OE-Rotor-spinngarne grundsätzlich systembedingt ist. Die in Abbildung 3 aufgezeigten Begriffe bilden die Grundlagen dieses Spinnsystems und sind vom Prinzip her nicht zu ändern. Durch gezielte Maßnahmen sind wir jedoch heute in der Lage, die Funktion dieses Spinn-systems zu beeinflussen und die für das OE-Rotor-spinnsystem typische Garnstruktur weitgehend zu variieren. Ich möchte nicht abschließen, ohne mich bei Herrn B. Sc. T. T. Phoa und Herrn Dipl.-Ing. V. Heß für ihre Mitarbeit zu bedanken.

Literatur:

- 1) „Übersicht über verkaufte oder laufende OE-Kurzstapel-Maschinen“; Industrieverband Garne e. V., Frankfurt/Main
- 2) H. Herold: „Rationelle Rotor-Garnerzeugung und -verarbeitung“; Vortrag anlässlich der Internationalen Baumwolltest-Tagung vom 29. bis 31. Januar 1976 in Bremen
- 3) J. Lünenschloß, L. Coll-Tortosa, T. T. Phoa: „Einfluß des Falschdrahteffektes und der Rotorausführung auf Spinnverhalten und Eigenschaften der OE-Rotorspinngarne“; Chemiefasern/Textilind. 24/76 917—923, 1013—1017 (1974)

- 4) J. Lünenschloß, L. Coll-Tortosa, T. T. Phoa: „Einfluß der Abzugstrichterausführung auf die Struktur von OE-Rotorgarnen“; Melliand Textilber. 57, 429—433 (1976)
- 5) A. N. Ullal, M. Azarschab: „Eine neue Methode zur Untersuchung der Bandstruktur“; Textil-Praxis 27, 529—532 (1972)
- 6) C. H. Lindsley: „Measurement of Fiber Orientation“; Text. Res. J. 21, 39—46 (1951)
- 7) L. Coll-Tortosa: „Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet des OE-Rotorspinnens“; Vortrag am 26. 4. 1976 beim Fachkolloquium am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen
- 8) J. Lünenschloß, L. Coll-Tortosa, T. T. Phoa: „Ursachen der Fadenzugkraftschwingungen an der Fasereinbindezone der OE-Rotorspinnmaschine“; Melliand Textilber. 57, 966—971 (1976)

Diskussion

Köb: Wir haben hier einen äußerst komplexen Problemkreis besprochen, in dem jede neue Untersuchung neue Ergebnisse lieferte. Sicher wird noch einige Zeit vergehen, bis man die optimale Gestaltung der Technik und damit auch der Fasern erreichen wird, um das herauszuholen, was dabei herauszuholen ist.

Keller: Die Vielzahl der Eindrücke, die dieser Vortrag bot, läßt sich nicht in einem einzigen Gedankengang erfassen, und man wird dieses Thema noch eingehend studieren müssen. Interessant erschien mir allerdings, daß Ihre Folgerungen nicht spezifisch für eine Maschinentype gegeben wurden, sondern sich eigentlich auf jede Maschinentype übertragen lassen, und daß der Garncharakter (bei konstantem Rotordurchmesser) in bezug auf die Bauchbinden wesentlich von den Parametern der Rotordrehzahl abhängt. Können Sie nun meine Meinung bestätigen, daß man eine verbesserte Garnqualität hinsichtlich Bauchbinden und Drehungsfaktor bei Rotordrehzahlen im Bereich von 30.000 bis 40.000 U/min bekommt?

Coll-Tortosa: Wenn Sie von Rotordrehzahlen in der Größenordnung von 30.000 bis 40.000 min^{-1} sprechen, dann meinen Sie wahrscheinlich die BD 200.

Keller: Nein, ich sagte ja gerade vorhin, daß ich der Ansicht bin, daß sich das nicht auf eine bestimmte Maschinentype bezieht. Ihre Diagramme haben ja immer optimale Ausfälle im Bereich von 30.000 bis 40.000 Rotortouren bei einem Rotordurchmesser von 40/45 mm gezeigt.

Coll-Tortosa: Im Rahmen meines Referats habe ich versucht, die Gesetzmäßigkeiten, die wir gefunden haben, aufzuzeigen. Die experimentellen Untersuchungen wurden selbstverständlich auf einer bestimmten Rotorspinnmaschine durchgeführt. Es hat sich in unserem Fall ein Maximum der Garnfestigkeit und -dehnung bei 30.000 bis 40.000 min^{-1} ergeben. Hätten wir aber eine andere OE-Rotorspinnereinheit verwendet, die sich beispielsweise durch eine andere Form des Faserleitkanals oder des Rotors auszeichnen würde, so wären wir sicherlich zu anderen Zahlenwerten gekommen; die ermittelten Tendenzen wären jedoch die gleichen geblieben.

Ich wollte meine Darlegungen damit in keiner Weise einschränken, sondern war bemüht, diese Gesetzmäßigkeit anhand eines Beispiels aufzuzeigen.

Achten Sie bitte nicht exakt auf die Werte, die sich ergeben haben, denn diese sollen nur dazu dienen, die im Spinnsystem geltenden Gesetzmäßigkeiten aufzuzeigen. Die Zahlenwerte haben im allgemeinen nur spezifischen Charakter. Bei verschiedenen Konstruktionen oder Einstellungen einer Maschine kann eine leichte Verschiebung der optimalen Garneigenschaften eintreten.

Keller: Auf welcher Maschinentype wurden diese Versuche durchgeführt?

Coll-Tortosa: Die Versuche wurden auf SKF-Rotomat-Spinnereinheiten durchgeführt.

Köb: Diese Aussagen kann ich nur bestätigen. Auch unsere praktischen Ergebnisse haben beispielsweise gezeigt, daß bei 50.000 U/min die Ergebnisse manchmal besser lagen als bei 30.000, das heißt, die Bemerkung, daß es keine absolute Grenze gibt, ist sicherlich richtig.

Coll-Tortosa: Mit diesen theoretischen Erläuterungen sollte nur der Versuch gemacht werden, der Praxis eine kleine Hilfe anzubieten. Ich kann mir vorstellen, daß Sie bei einem bestimmten Problem nur dann weiterkommen, wenn Sie sich mit diesen Gesetzmäßigkeiten auseinandersetzen. Werden diese Gesetzmäßigkeiten verstanden, dann gelingt es, gezielte Spinnbedingungen zu finden, die zur Beseitigung von Spinnproblemen führen.

Köb: Es gibt dabei noch eine Überraschung: Wenn Sie beispielsweise bei gleicher Lieferung die Rotorzahl erhöhen und denken, Sie erhielten dadurch eine größere Drehung. Es resultiert nämlich daraus eine kleinere Drehung! An der Ringspinnmaschine erhält man natürlich die Drehung, die man einstellt, aber hier kann sie kleiner werden, wenn man sie größer machen möchte.

Coll-Tortosa: Die Drehung des Fertiggarns beim Rotor-spinnen ist einer der anschaulichsten Parameter. Es besteht eine echte Wechselbeziehung zwischen der Drehungsdifferenz (Soll- minus Ist-drehung) und den unvollständig eingebundenen Fasern, die teilweise zu Bauchbinden führen. Diese Bauchbinden werden im Vergleich zur aufgetragenen Garndrehung zum Teil in umgekehrter Drehungsrichtung aufgewunden, wodurch die Ist-drehung des Fertiggarns vermindert wird. Anhand dieser Drehungsdifferenz können Sie dann abschätzen, wo Probleme auftreten können, das heißt, wo besondere Vorsicht am Platze ist.

Brandis: Wenn ich Sie richtig verstanden habe, dann sind Ihre Untersuchungen systembedingt. Sie haben aber das so vorgetragen, als wären diese Gesetzmäßigkeiten für alle Systeme gültig. Ich möchte daher noch einmal die ganz konkrete Frage stellen: „Können Sie aus diesen Versuchen, aus dieser Geometrie, aus dieser Spinnbox Schlüsse auf alle Spinnboxen, die zur Zeit auf dem Markt sind, ziehen?“ Ich bezweifle dies nämlich sehr!

Coll-Tortosa: Ich kann Ihnen versichern, daß die ermittelten Tendenzen bei verschiedenen produktionsreifen Rotor-spinnereinheiten im großen und ganzen ähnlich sind. Dies ist systembedingt und ist eine Folge von physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die auch für Ihre Maschine gelten.

Brandis: Sicherlich, diese Tendenzen hat Herr Kirschner schon 1974 aufgezeigt, das heißt, daß der α -Wert ansteigt, daß er günstiger wird und daß man auch mit geringerem α -Wert spinnen kann, weil die Anbindezone länger wird

und mehr Frequenzen darin enthalten sind. Dies ist ja nur eine Bestätigung von dem, was Kirschner 1974 gesagt hat, und es bleibt die Frage, in welchem Verhältnis beispielsweise der α -Wert sinkt. Kirschner hat zwischen 5 und 15 % angegeben, und zwar immer dann, wenn Sie bis zu 70.000/80.000 U/min gehen. Können Sie auch aus Ihren Aussagen diesen Schluß ziehen?

Coll-Tortosa: Die Untersuchungsergebnisse von früher und die, die ich heute vorgetragen habe, sind einander ähnlich. Trotzdem sind wir heute in der Lage, die experimentell ermittelten Tendenzen wissenschaftlich zu begründen. Zurückkommend auf Ihre Frage möchte ich mich bewußt nicht auf bestimmte Zahlenwerte festlegen. Ich habe hauptsächlich von Tendenzen gesprochen, die physikalisch begründet wurden.

Köb: Ich würde meinen, daß diese Erklärung ausreicht und nicht mehr falsch verstanden werden kann. In der Zusammenfassung heißt es ja auch: Es wurde festgestellt, daß die Struktur der OE-Rotor-spinngarne grundsätzlich systembedingt ist, daß aber dahinter Gesetzmäßigkeiten stehen.

Coll-Tortosa: Und diese Gesetzmäßigkeiten sind aus den in der dritten Abbildung dargestellten Beziehungen zu entnehmen, wo die Wahrscheinlichkeit, mit der Störfasern in die Faserbindezone einfliegen, durch die Faserlänge, die Länge der Einbindezone und den Rotorumfang definiert wird.

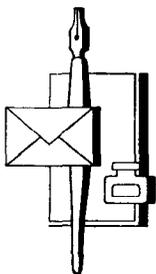
Köb: Im konkreten Fall wissen wir ja auch nicht, wie sich der Luftstrom ändert, wenn wir die Rotordrehzahl ändern.

Coll-Tortosa: Das haben wir untersucht und festgestellt, daß die Anordnung der Fasern am Ausgang des Leitkanals von der Rotordrehzahl unabhängig ist. Wir haben bei meinen Ausführungen weiter gesehen, daß die Fasergeschwindigkeit am Kanalausgang von der Auflösewalzendrehzahl, das heißt von den Randbedingungen am Eingang des Leitkanals, auch weitgehend unabhängig ist. Das bedeutet, daß sich die Fasern relativ schnell an die Verhältnisse der im Faserleitkanal herrschenden Luftströmung anpassen. Dies ist eine wichtige Erkenntnis für die optimale Gestaltung des Faserleitkanals.

Köb: Das bedeutet natürlich auch die Unterdruckeinstellung und was dem folgt.

Coll-Tortosa: Mit der Einstellung des Unterdrucks können Sie die Faseraus Streckung im Faserleitkanal verbessern. Diese Maßnahme führt jedoch zu einer Erhöhung der Fasergeschwindigkeit am Ausgang des Faserleitkanals und damit zu einer Verringerung der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Fasergeschwindigkeit und Rotorumfangsgeschwindigkeit. Auf diese Weise entsteht eine Herabsetzung der im Rotor erteilten Faseraus Streckung.

moderne bürotechnik



robert streit

WIEN · AMSTETTEN · LINZ

Alle Büromaschinen
Sämtlichen Bürobedarf
Schreibwaren
Moderne Büromöbel und Registraturen
Papier und Schulartikel
Spezial-Reparaturwerkstätte

Zusammengesetzte Garne — ihre Eigenschaften und Einsatzgebiete sowie Methoden der Herstellung

Frank E. Campagna und A. Paul Sawhney
Rockwell International, Hopedale/USA

Die Eigenschaften und Einsatzgebiete zusammengesetzter Garne, definiert als Strukturen, die mindestens zwei Faserelemente enthalten, von denen eines aus Endlofasern besteht, werden beschrieben. Die fünf Systeme, die zur Erzeugung zusammengesetzter Garne entwickelt werden, sind:

1. das Ringspinn-System,
2. das Rockwell-Corespin-System (ein elektrostatisches System),
3. das Bobtex-ICS-System (beruht auf physikalischen und chemischen Mitteln),
4. das Varimex-Vortex-System (Luft-Vortex-Prinzip) und
5. das Repco-Selfil-Prinzip (ein Eigenzwirnprinzip, in dem ein Stapelfasergarn mit einem Mantel von künstlichen Filamenten umhüllt wird, um ein zusammengesetztes Garn vom Kern-Mantel-Typ ganz anderer Art zu ergeben).

Zusammengesetzte Garne können so gestaltet werden, daß die für einen bestimmten Verwendungszweck gewünschten Eigenschaften hervorgehoben werden und die schwachen kaum auftreten. Eine Anzahl besonderer Einsatzmöglichkeiten, wie Bekleidung, Zeltplanen, Sonnendächer, flammgehemmte Nachtwäsche und Nähfäden werden diskutiert.

Der steigende Einsatz zusammengesetzter Garne wird aber sowohl den Synthesefasern als auch den natürlichen Fasern neue Marktgebiete erschließen — vor allem solche, deren Ansprüche keine der gegenwärtig zur Verfügung stehenden Garne voll erfüllen.

Composite yarns, defined as yarn structures which contain a minimum of two fiber elements where at least one of the constituent fibers is laid-in in the form of a continuous filament, are described in terms of their properties and end-use applications. Five systems under development for manufacture of composite yarns are reviewed; these are:

1. the Ring Core Spinning,
2. the Rockwell Corespin (electrostatic) system,
3. the Bobtex ICS (three-component) method,
4. the Varimex Vortex (Air Vortex) process, and
5. the Repco Selfil (self-twist principle with an external wrap of man-made filament) approach.

Composite yarns can be designed so that the desired properties for a specific end-use application are emphasized and the poor characteristics are minimized. A number of advantageous applications for composite yarns are discussed, including apparel, tentage/tarpaulin, awings, fire retardant sleep-ware fabrics, industrial sewing threads.

Increased use of composite yarns will open new marketing areas to both man-made filaments and natural fibers — areas where at present neither individually meets the requirements adequately.

Einführung

Die letzten 50 Jahre brachten viele bedeutende Entwicklungen in der Textilindustrie. Um mit dem Zunehmen der Zivilisation in verschiedenen Erdteilen und dem damit verbundenen Anstieg an Bedürfnissen

Schritt zu halten, war die Einführung der Textilfasern, vor allem der kontinuierlichen Endlofasern, der Anstoß für ein enormes Anwachsen verschiedener Textilprodukte für Bekleidungszwecke und Haushaltsartikel sowie für textile und industrielle Einsatzgebiete.

Neue Entwicklungen auf dem Gebiet des Spinnens, Webens und Strickens brachten viele Anregungen für Garne und Stoffe. Eine davon, die letztlich eine bedeutende Auswirkung auf die Textilindustrie haben wird, ist die Einführung zusammengesetzter Garne.

Ein zusammengesetztes Garn wird als eine Struktur definiert, die mindestens zwei Faserelemente enthält, von denen mindestens eines in kontinuierlicher, das heißt in Endlosform vorhanden ist. Heute gibt es eine ganze Anzahl von zusammengesetzten Garnen. Die meisten davon weisen eine Kern-Mantel-Struktur auf und bestehen aus einem Endlofaserkern, der von einem Mantel aus andersartigen Fasern gleichmäßig umgeben ist. Auf diese Art können zusammengesetzte Garne das Aussehen und den Griff von hochqualifizierten „gesponnenen Garnen“ und die Reißigenschaften von synthetischen Endlofasergerarnen erlangen.

Durch entsprechende Auswahl der sie aufbauenden Fasern, ihrer Anteile im Garn und der Methode sie zusammenzuschließen, gibt es die verschiedensten Arten zusammengesetzter Garne, die den spezifischen und speziellen Einsatzgebieten angepaßt werden können. Das Haupteinsatzgebiet stellen gewirkte und gewebte Stoffe für Bekleidung, Heimtextilien und Industrieprodukte dar. Nähfäden für Haushalt und Industrie sind ein anderes Einsatzgebiet dieser Garne.

Der Begriff „zusammengesetzt“ sollte nicht mit dem Begriff „gemischt“ (worunter man eine homogene Mischung von zwei- oder mehreren Stapelfasern verschiedener Zusammensetzung, Länge, Farbe oder verschiedenen Querschnitts versteht, die zusammengesponnen werden) verwechselt werden. Ein zusammengesetztes Garn unterscheidet sich aber auch von einer Garnkombination, die aus zwei Fasersträngen, die zusammengefacht und zusammengezwirnt sind, besteht. Trotzdem haben gemischte Garne, Garnkombinationen und zusammengesetzte Garne sowie Stoffe daraus in bezug auf manche Eigenschaften viel gemeinsam.

Zusammengesetzte Garne werden derzeit kommerziell auf modifizierten Ringzwirnmaschinen hergestellt, bei denen ein Kern aus Endlofäden in das erste Rollenpaar des Verzugssystems eingeführt wird. In letzter Zeit wurde aber eine große Anzahl moderner Spinnensysteme, die zusammengesetzte Garne mit hoher Produktivität erzeugen können, entwickelt. Zu diesen zählen die Repco-Selfil-, die Bobtex-ICS-, die Rockwell-Corespin- und die Varimex-Vortex-Spinnmaschine.

Aus vielen Gründen sollten zusammengesetzte Garne untersucht und entwickelt werden. Die wichtigste Überlegung dabei ist aber die, daß es keine perfekte Faser und daher auch kein perfektes Garn, das die vielen Anforderungen für die verschiedenen Einsatzgebiete, die heute bestehen, zufriedenstellt, gibt.

Neben unterschiedlichen Herstellungskosten weisen alle Fasern und Garne daraus ausgezeichnete, gute, befriedigende und einige ungenügende Eigenschaften auf. Tabelle 1 zeigt die Einstufung der verschiedenen Fasern in bezug auf typische, interessante Eigenschaften

Tabelle 1: Fasereigenschaften

	Baumwolle	Wolle	Polyester	Nylon	Polyacryl
ausgezeichnet	Absorptionsvermögen elektrostatische Resistenz Wärmebeständigkeit Pillresistenz	Bausch und Deckvermögen Knittererholung Absorptionsvermögen	Knittererholung Bügel(naß)beständigkeit Reißfestigkeit Abriebfestigkeit Formbeständigkeit	Reißfestigkeit Abriebfestigkeit Formbeständigkeit	Bausch und Deckvermögen Formbeständigkeit
gut	Reißfestigkeit Formbeständigkeit	elektrostatische Resistenz Abriebfestigkeit Wärmebeständigkeit		Knittererholung Bügel(naß)beständigkeit	Wärmebeständigkeit Knittererholung
befriedigend	Abriebfestigkeit	Pillresistenz Reißfestigkeit	Wärmebeständigkeit	elektrostatische Resistenz Pillresistenz Wärmebeständigkeit	elektrostatische Resistenz Reißfestigkeit Abriebfestigkeit
unbefriedigend	Bausch und Deckvermögen Knittererholung Bügel(naß)beständigkeit	Bügel(naß)beständigkeit Formbeständigkeit	Bausch und Deckvermögen Absorptionsvermögen elektrostatische Resistenz Pillresistenz	Bausch und Deckvermögen Absorptionsvermögen	Absorptionsvermögen

ten. Ein Textiltechnologe, der mit zusammengesetzten Garnen arbeitet, kann daraus Garnstrukturen herstellen, in welchen die für einen bestimmten Einsatzzweck gewünschten Eigenschaften hervorgehoben und die unerwünschten unterdrückt werden.

Abbildung 1 zeigt, wie ein Filamentkern und ein Mantel aus Stapelfasern zu einem zusammengesetzten Garn für Bekleidungs Zwecke verbunden werden können, in dem die dabei entstehenden Eigenschaften optimiert sind. In dieser Abbildung stellen die schraffierten Felder unter den Endlosfaser- bzw. Stapelfasergarnen und den zusammengesetzten Garnen die gewünschten Eigenschaften, die dem vorgesehenen Einsatzzweck entsprechen, dar. Die leeren Flächen bedeuten die

schwachen Eigenschaften dieser Garne. Ein offenes Feld bleibt, wenn die gegebenen Eigenschaften der Garne mit den Stoffen verglichen werden. Dieses Feld schließen die zusammengesetzten Garne.

In Abhängigkeit von den gewünschten Eigenschaften des Endproduktes können daher die Faserart und die Faseranteile, ebenso wie das Herstellungsverfahren, vielfach geändert werden, um zusammengesetzte Garnstrukturen herzustellen, die den verlangten Einsatzzwecken genau entsprechen. So können beispielsweise Chemiefasern aus Polyester, Nylon, Spandex, Polypropylen und Glas in vorteilhafter Weise mit Naturfasern kombiniert werden, um bestimmte Eigenschaften, die auf andere Weise nicht erreichbar sind, zu erhalten. Stapelfasergarne werden wegen ihrer ästhetischen und wirtschaftlichen Eigenschaften bevorzugt, während sich die Endlosfasergarne durch hervorragende Verarbeitbarkeit und einheitliche Reißigenschaften auszeichnen.

Zusammengesetzte Garne ergeben

- Stoffe mit besseren Trageigenschaften. Dies ist vielleicht der wichtigste Grund, warum man verschiedene Fasern, die einander für einen spezifischen Endzweck ergänzen, miteinander vereint;
- Stoffe mit vorzüglichem Griff, guter Textur, Dehnung, Reißfestigkeit, Dauerhaftigkeit, Erholvermögen und Formstabilität;
- ein besseres Verhalten während des Spinnens, Webens, Wirkens, Nähens usw.;
- Stoffe, die leichter und wirtschaftlicher mit flammhemmenden oder anderen schützenden Ausrüstungsmitteln versehen werden können;

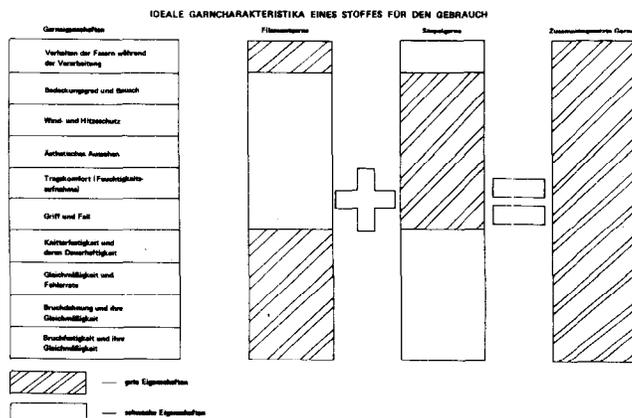


Abb. 1: Vergleich idealer Eigenschaften zwischen Stapelfaser- bzw. Endlosfasergarnen und zusammengesetzten Garnen

- Stoffe mit einem besonderen und spezifischen Aussehen. Ein geringer Wollmantel um einen Spandex-Elastomerkern verbessert beispielsweise nicht nur das Aussehen, sondern macht auch den Stoff vielseitig verwendbar;
- Stoffe mit neuen Möglichkeiten in der Anfärbbarkeit;
- Stoffe mit geringem Warengewicht, wobei andere Eigenschaften von herkömmlich schwereren Stoffen erhalten bleiben; sie bringen aber auch
- wirtschaftliche Vorteile, indem teurere Fasern mit weniger wertvollen bzw. mit ganz billigen Fasern verschnitten werden können.

Eigenschaften von zusammengesetzten Garnen

Die Eigenschaften eines zusammengesetzten Garns sind im allgemeinen eine Kombination der Charakteristika der sie aufbauenden Fasern. Abhängig vom vorgesehenen Endzweck, kann das zusammengesetzte Garn nach genau gewählten Variablen, um den gewünschten Eigenschaftskomplex, wie beispielsweise Reißkraft, Dehnung, Bausch, Trageeigenschaften, Reibungswiderstand, Reißfestigkeit, Formstabilität, Dauerhaftigkeit und Pflegeleichtigkeit usw., in Garn oder Stoff zu erhalten, erzeugt werden. Wenn wir beispielsweise ein Garn oder einen Stoff mit hoher Reißfestigkeit, niedriger Bruchdehnung, hohem Anfangsmodul oder geringem Schrumpf wünschen, können wir ein vorstabilisiertes Polyester-Endlos Garn mit hoher Festigkeit als eine der Komponenten des zusammengesetzten Garns wählen. Ein Spandex-Elastomerkern ergibt eine sehr niedrige Reißkraft, aber eine sehr hohe Dehnung und/oder einen sehr hohen Stretch im Gegensatz dazu.

Zusammengesetzte Garne, aufgebaut aus Rayon, Glasfasern, Nylon- und Polypropylenendloskomponenten, zeigen natürlich ganz andere Eigenschaften. Selbst wenn wir eine bestimmte Art zusammengesetzter Garne betrachten, so können deren Eigenschaften abhängig vom Spinnprozeß variieren (analog wie wir auch Unterschiede in den Garneigenschaften bei Ring- oder OE-gesponnenen-Garnen erkennen können).

So zeigt beispielsweise ein zusammengesetztes Garn mit einer Kern-Mantel-Struktur, hergestellt nach dem Ringspinnprozeß, ganz andere Eigenschaften als ein ähnlich zusammengesetztes Kern-Mantel-Garn, das auf einer elektrostatischen Spinnmaschine erzeugt wurde, was auf die Unterschiede im Zwirnen und im Anordnen der Fasern in den zwei Systemen zurückzuführen ist.

Da sich dieser Vortrag hauptsächlich mit zusammengesetzten Garnen des Kern-Mantel-Typs beschäftigt, sollen nun die verschiedenen Eigenschaften und Vorteile eines charakteristischen Garns, beispielsweise eines solchen aus einem Polyester-Endlosfaserkern und einem Baumwollstapelfasermantel, definiert werden. Vielleicht ist die kennzeichnende Eigenschaft der Baumwollhülle in dieser Art eines zusammengesetzten Garns die Kapillarität und der Feuchte-transport. Dies war schon immer ein Vorzug, den die Baumwolle dem Verbraucher bot, und der Hauptgrund für ihre anhaltende Beliebtheit.

Die Kapillarität bewirkt einige sehr nützliche Eigenschaften. In Bekleidungsartikeln vermittelt der

Feuchtetransport und die folgende Verdampfung der Feuchtigkeit dem Körper ein angenehmes Gefühl. Der menschliche Körper sondert bei seiner Temperatureinstellung große Mengen von Feuchtigkeit ab, die die umgebende Atmosphäre sättigt und sogar den Sättigungspunkt erreicht. Tritt dies ein, so ist die kühlende Funktion der Bekleidung ungenügend, was zu großem Unbehagen führt.

Wenn der Stoff als eine Art Trennwand zwischen zwei Atmosphären, das heißt einer solchen mit hohem Feuchtigkeitsgehalt und einer mit niedrigem, wirkt, dann findet eine Kapillarwirkung statt, bei der die Feuchtigkeit an einem Ende des kapillaren Systems rascher verdampft, als dies in der Atmosphäre mit höherer Feuchtigkeit vor sich gehen kann. Dabei entsteht eine leere Röhre, die die Feuchtigkeit aus der feuchteren Atmosphäre anzieht, sodaß Wasser kontinuierlich von der einen Seite auf die andere Seite transportiert wird. Diese Eigenschaft ist vor allem bei Baumwollstoffen hervorzuheben, wenn man diese mit Vinylpolymeren bezogenen Stoffen aus Synthesestapel- oder aus Synthese-Endlosfäden hergestellten vergleicht.

Ebenso wie Feuchtigkeit, werden auch Fettsäuren vom Körper freigesetzt; Baumwolle nimmt diese Fettsäuren auf, verteilt sie und gibt sie beim Waschen mit normalen Seifen oder Waschmitteln wieder ab. Dies verhindert die Anreicherung dieser schädlichen Chemikalien. Viele Synthefasern können nicht nur diese Verbindungen auf Grund ihrer physikalischen und molekularen Struktur nicht aufnehmen, sondern werden davon angegriffen, was zu einer permanenten Verfärbung und manchmal zu Geruchsbildung führt.

Dieselben Eigenschaften, die der Baumwolle Dochtwirkung verleihen und den Feuchtigkeitstransport bewirken, ermöglichen es auch, die Baumwolle wasserabstoßend zu machen oder sie mit anderen Ausrüstungen zu versehen, da sie diese Verbindungen gut aufnimmt und festhält. Stoffe aus diesen zusammengesetzten Garnen sind deshalb angenehm im Tragen, leicht zu reinigen, zu färben und auf konventionellen Maschinen auszurüsten, da die Oberfläche aus Baumwolle besteht und der Kern abgedeckt ist.

Baumwolle hat jedoch auch verschiedene Nachteile: So ist sie unter normalen Verhältnissen gegen Degradierung anfälliger als die meisten Synthefasern, was zu einem erheblichen Festigkeitsverlust führen kann. Baumwollstoffe haben eine geringere Festigkeit bei gleichem Gewicht als ähnliche Stoffe aus Synthefasern. Das gilt vor allem für Stoffe aus Endlosfasergarnen. Aus diesen Gründen müssen Stoffe aus 100% Baumwolle ein Minimalgewicht besitzen, um sie wirtschaftlich verarbeiten zu können. Es werden sonst nicht nur die Verarbeitungskosten untragbar, sondern es treten bei leichteren Stoffen auch Festigkeitsverluste ein, die diese Stoffe nicht einsatzfähig machen.

Polyester-Endlosfasergarne (Kern) sind dagegen stabiler und dauerhafter, sie besitzen eine höhere Abriebfestigkeit und Bruchdehnung. Außerdem sind die Eigenschaften der PE-Endlosgarne weitaus gleichmäßiger. Wenn daher die guten Eigenschaften der PE-Endlosgarne im Kern mit jenen der Baumwolle im Mantel in den zusammengesetzten Garnen miteinander verbunden werden, kann man wahrlich Stoffe von hoher Qualität konstruieren. Die Reißfestigkeit und die Dauerhaftigkeit des Endproduktes sind erheb-

lich verbessert, wobei weder das Aussehen noch die Oberflächeneigenschaften der ausgerüsteten Stoffe verändert werden. Wegen des PE-Kerns in dem zusammengesetzten Garn wird die Abriebfestigkeit des Stoffes erheblich vergrößert.

Abhängig von den Wünschen und Anforderungen kann der Textiltechnologe das Garn, aber auch den Stoff durch die Auswahl, wie beispielsweise des Verhältnisses der Einzelkomponenten, der Ausrüstungen und ähnlicher Faktoren, auf die Wirtschaftlichkeit abstimmen.

Neben anderen Garneigenschaften verdient insbesondere die Gleichmäßigkeit der Reißigenschaften, vor allem der Reißfestigkeit, besondere Aufmerksamkeit, da gerade diese Eigenschaft für die Garnverarbeitbarkeit beim Weben und Stricken, sehr wichtig ist, aber auch für das Trageverhalten des Endproduktes. Es gibt sogar die Ansicht, daß die Gleichmäßigkeit der Bruchfestigkeit eines Garnes wichtiger ist als die absoluten Werte der Bruchfestigkeit selbst.

Einsatzgebiete zusammengesetzter Garne

Produkte aus zusammengesetzten Garnen zeigen ein besseres Verhalten als Produkte aus den herkömmlichen Stapelfasergarnen. Gestrickte und gewebte Stoffe für die Bekleidung, beispielsweise Oberbekleidung, Sportbekleidung, Unterwäsche und Baumwoll-drilllich, gewebte Stoffe für den industriellen Gebrauch, wie Reifenkord, verschiedene Arten von Canvas, Sonnendächer, Gürtel und Camping-Produkte, Stoffe für Regenmäntel und Schirme, flammgehemmte Stoffe für Schlaftextilien, Nähfäden aller Art usw., sind nur einige Beispiele für die wichtigsten Einsatzgebiete der zusammengesetzten Garne.

Während der letzten Dekade verzeichneten vor allem Doppelgewirke auf Grund ihrer Dehnbarkeit, ihres Tragekomforts und der Pflegeleichteigenschaften ein ständiges Anwachsen. Diese Eigenschaften stammen teilweise aus der Struktur der Gestricke, sind aber auch durch den Einsatz texturierter Garne, was noch wichtiger ist, bedingt. Diese vor kurzem eingeführten Kettengewirke, die texturierte Polyester-Endlosgarne verwenden, erfreuten sich auf Grund der zusätzlichen Vorteile bei den Verbrauchern großer Beliebtheit. Trotz anfänglichen Interesses und großer Nachfrage

nach texturierten PE-Strickwaren ging dieses in letzter Zeit etwas zurück, nicht zuletzt auf Grund der unbefriedigenden ästhetischen Eigenschaften der PE-Garne.

Der Verbraucher bekundete offensichtlich sein Mißfallen und seine Unzufriedenheit mit diesen Stoffen, obwohl diese im Grunde ein gutes Verhalten zeigen, billiger sind, größeren Komfort bieten und fast keiner Pflege — verglichen mit gleichwertigen Geweben, das heißt mit konventionellen Stoffen aus Stapelfasern natürlichen Ursprungs (vor allem Baumwolle oder deren Mischungen mit Synthefasern) — bedürfen.

Versuche, 100%ige Spinngarne, vor allem aus Baumwolle, für Gestricke zu verwenden, schlugen fehl, da diesen Garnen bestimmte Qualitätsparameter, die für das übliche Stricken wesentlich sind, fehlen. Garnfehler, niedrige bzw. fehlende Gleichmäßigkeit der Festigkeit, Uneinheitlichkeit und übermäßige Haarkigkeit sind nur einige der Nachteile, die Spinngarne für das Stricken ungeeignet machen. Hier konnten zusammengesetzte Garne einen neuen Weg weisen. Auch beim Weben haben zusammengesetzte Garne Vorteile im Vergleich mit Spinn Garnen. Zusätzlich zur rentablen Verwendung zusammengesetzter Garne für gewebte Bekleidungsstoffe können diese auch für viele industrielle Zwecke, wie Canvas-Produkte, Sonnenschirme usw., eingesetzt werden.

Eines der attraktivsten und ökonomischsten Einsatzgebiete für zusammengesetzte Garne vom Kern-Mantel-Typ liegt in zivilen und militärischen Zelt-Produkten. Die Hauptprobleme, mit denen die Zeltindustrie konfrontiert wird, sind die Entflammbarkeit, die Kosten und das Quadratmetergewicht. Alle ZeltHersteller bestätigen, daß leichtere Stoffe mit den Verhaltenscharakteristika ähnlicher konventioneller Stoffe und gleichen oder etwas höheren Meterpreisen bevorzugt und für die gesamte Produktionslinie akzeptierbar wären. Die inhärente Schwerbrennbarkeit des Rohgewebes würde eine zusätzliche Einsparung von 20 bis 40 % (in der nachgeschalteten Verarbeitung) einbringen. Die Mehrzahl der Familienzelte und der kleinen Ein- bis Zweimannbehausungen aus Baumwollstoffen, wie sie derzeit Verwendung finden, zeigen Gewichte von 170 bis 230 Gramm pro Quadratmeter Rohgewicht. In manchen Fällen, wo größere Festigkeit und Dauerhaftigkeit wichtiger als das Gewicht sind, wie beispielsweise bei Zusatzzelten zu Wohn-

Tabelle 2: Zug- und Reißfestigkeit von ausgerüsteten Zeltstoffen aus 100 % BW bzw. aus 50/50 PE/BW (Kerngarn)

Art des Zeltstoffs	Gewicht [g/m²]		Zugfestigkeit [kg/25 mm]		Reißfestigkeit [kg]		
	roh	ausgerüstet	Kette	Schuß	Kette	Schuß	
100 % US-BW	1—405	475—510	59	59	11	9	
	2—510	610	79	79	14	9	
	3—610	745	91	91	18	14	
50/50 Polyester/BW (Kerngarn)							
	TCS 5'	1—185	270—290	75	68	12	9
	TCS 8'	2—290	440—475	135	90	20	18
	TCS 12'	3—425	475—510	190	135	65	55

Tabelle 3: Stoffkonstruktion, Ausrüstung und Eigenschaften

Zustand des Stoffes	Oxfordgewebe				leinwandbindiges Gewebe			
	Kettfäden [Anzahl/Zoll]	Schußfäden [Anzahl/Zoll]	Breite [Zoll]	Gewicht [oz/yd ²]	Kettfäden [Anzahl/Zoll]	Schußfäden [Anzahl/Zoll]	Breite [Zoll]	Gewicht [oz/yd ²]
am Webstuhl	178	62	48,5 (auf dem Webeblatt)	—	97	88	48,4 (auf dem Webeblatt)	—
roh	184	66	46,5	—	100	90	46,7	—
ausgerüstet	192	71	44,75	5,4	112	88	42	4,15

wagen, liegt das Stoffgewicht bei 340 Gramm pro Quadratmeter.

Die Ausrüstung trägt weitere 30 bis 50 % zum Gewicht des Rohgewebes bei. Betrachtet man daher das hohe Gewicht der üblichen Zeltstoffe, so kann man sich vorstellen, welche Vorteile dies den Campierenden böte und wie man die Wirtschaftlichkeit der Stoffe dadurch beeinflussen könnte.

Die frühere Definition für zusammengesetzte Garne begegnet allen Anforderungen, die an ideale Zeltstoffe gestellt werden. Durch den Einsatz zusammengesetzter Garne kann das Stoffgewicht fast auf die Hälfte reduziert werden, während die übrigen Eigenschaften erhalten bleiben oder auch verbessert werden. Die Möglichkeit, geringere Mengen zusammengesetzter Garne zu verwenden, um gleiche Stoffmetragen zu erhalten, während die derzeitigen Festigkeits- und Dauerhaftigkeitsnormen aus überschritten werden und das Aussehen und der Komfort unverändert bleiben, sind die Grundlage einer ausgezeichneten Rentabilität, verglichen mit Zeltstoffen aus 100 % Baumwolle auf gleichbleibender Kosten-/Verhaltensbasis auch bei höheren Kosten pro kg Garn.

Es wurden Versuche gemacht, um wenigstens teilweise die üblichen Baumwoll-Zeltstoffe durch 100%ige Synthesefaserendlosstoffe zu ersetzen, doch war dies nur teilweise erfolgreich, vor allem wegen der fehlenden ästhetischen Eigenschaften dieser Stoffe (Mangel an gutem Aussehen, an Atmungsfähigkeit u. ä.) und den hohen Kosten für eine entsprechende flammhemmende Ausrüstung.

Tabelle 2 zeigt einen Vergleich von typischen Eigenschaften zweier Zeltstoffe, hergestellt aus den üblichen Ringspinn Garnen und aus zusammengesetzten Kern-Mantel-Garnen, bestehend aus 50 : 50 Polyester/Baumwolle. Die Tabelle zeigt klar, daß die Stoffe aus zusammengesetzten Garnen leichter im Gewicht sind und höhere Zug- und Reißfestigkeit besitzen als die üblichen Baumwollstoffe. Rockwell's International Corespin-Garne, die zusammengesetzte Garne vom Endlosfaser-Kern-/Stapelfaser-Mantel-Typ darstellen, wurden in einem umfangreichen Entwicklungsprogramm für Stoffe verwendet.

Im Rahmen einer kürzlich durchgeführten Untersuchung wurden die Einsatzmöglichkeiten von Corespin-Garn für die Entwicklung geeigneter Stoffe mit leichtem Gewicht für militärische Zwecke, wie Uniformen, Zelte, Schlafsäcke und Rucksäcke, zusammengestellt. Diese Ergebnisse zeigen, daß diese Garne ideal und billig für diese Zwecke sind.

Die nächsten beiden Tabellen zeigen die Konstruktion (Tab. 3) und die Eigenschaften (Tab. 4) eines Oxford- und eines Einfachgewebes, hergestellt aus zusammengesetzten Garnen. Die Stoffstruktur zeigt, daß es fast unmöglich ist, so dichte Gewebe aus Ringspinn-Baumwollgarnen herzustellen, während aus den mechanischen und ästhetischen Eigenschaften hervorgeht, wie ausgezeichnet diese Garne dem Verwendungszweck entsprechen.

Tabelle 4: Stoffeigenschaften

Eigenschaften/ Einheit (Test)	Oxfordgewebe	leinwandbindiges Gewebe
1. Gewicht [oz/yd ²] (51041)	5.4	4.1
2. Bruchfestigkeit [Lbs] (5100):		
— Kette	258	166
— Schuß	100	142
3. Reißfestigkeit:	N. A.	N. A.
— Kette	—	—
— Schuß	—	—
4. Formstabilität [% Schrumpf] (5550):		
— Kettrichtung	0,7	0,9
— Schußrichtung	0,9	0,2
5. Luftdurchlässigkeit [ft ³ /ft ² /min] nach 3 Wäschen (5450—1/5556—1)	2,3	14,5

Tabelle 5 zeigt Normen für Zeltmaterialien der australischen Armee aus zusammengesetzten Garnen (Baumwolle/Polyester). Es ist äußerst schwierig, wenn nicht unmöglich, mit üblichen Ringspinn Garnen diese hohen Ansprüche an die Zug- und Reißkraft bei dem gewünschten geringen Gewicht einzuhalten.

Nähgarne sind ein anderes Einsatzgebiet. Übliche Nähgarne sind einfach herzustellen und zu verwenden. Sie bestehen aus 100%igem Baumwollgarn, das in einer oder in zwei Stufen gezwirnt wurde. Durch die Einführung endloser Synthefasern und vor allem durch die Entwicklung moderner Nähmaschinen mit hohen Geschwindigkeiten wurde sowohl der Nähprozeß als auch die Nähfadenindustrie erheblich geändert.

Heute ist das Nähen ein hochtechnisierter Vorgang. Ein Saum wird mit einer Geschwindigkeit von mehr als 7000 Stichen/min — das heißt mit ungefähr 20 bis 30 m/min genäht. Der Nähfaden erreicht bei einer

Tabelle 5: Kenndaten von Zeltstoffen der australischen Armee (BW/PE-Kerngarn)

Zeltstoff BW/PE (Kerngarn) Gewicht	Gewicht [oz/yd ²]		Bruchlast [lb/2 Zoll Breite] (min.)				Reißfestigkeit [lb] (min.)		Garne [Zoll] (ca.)		Anzahl der Garne im Zwirn	
	am Webstuhl	ausgerüstet	C. R. L.		C. R. L.		Kette	Schuß	Kette	Schuß	Kette	Schuß
	(gemessen)	(max.)	Kette	Schuß	Kette	Schuß	Kette	Schuß	Kette	Schuß	Kette	Schuß
6 oz.	6	8,1	310	250	320	260	10	6	92	62	2	1 od. 2
8 oz.	8	10,8	470	340	480	350	15	10	68	42	2	1 od. 2
10 oz.	10	13,5	590	415	600	425	24	16	56	36	3	3
12 oz.	12	16,1	710	480	730	500	30	25	50	32	2	1 od. 2

solchen Maschine eine Geschwindigkeit von 200 km/h und fällt 200-mal auf die Geschwindigkeit Null ab. Die Beschleunigung, die er dabei erfährt, macht den Einsatz von Garnen mit extremen Bruchfestigkeiten notwendig. Eine Nadel, die ihre Stiche bei einer Geschwindigkeit von 150 bis 200 km/h, 100mal/sec ausführt, erreicht rasch eine Temperatur von 400°C. Bei dieser hohen Temperatur schmelzen die meisten Fasern in den Stoffen oder Nähfäden, wenn sie nicht vorbehandelt oder stabilisiert wurden, wobei nicht zu reparierende Fehler sowohl im Stoff als auch im Faden entstehen. Nähadeln, die unter diesen Bedingungen arbeiten, verlieren rasch ihre Einsatzfähigkeit. Daher ist auch die Temperaturresistenz eine weitere Forderung an moderne Nähfäden. Beim Nadelloch wird der Nähfaden zusätzlich noch einer weiteren Beanspruchung ausgesetzt, weil er ja schrittweise in den Saum eindringt, was bedeutet, daß sich die gleiche Stelle des Fadens viele Male über die Nadelkante bewegt, bis zu 50 und 80mal, entsprechend der Stichlänge. Hohe Abriebfestigkeit ist daher eine unbedingte Notwendigkeit für einen guten Nähfaden.

Zusammenfassend sind die Ansprüche an einen modernen Nähfaden:

1. hohe Bruchfestigkeit,
2. gleichmäßiger Elastizitätsmodul,
3. Temperaturbeständigkeit,
4. gutes Gleitvermögen (geringer Reibungskoeffizient), um zusätzliche Erwärmung zu verhindern,
5. gute Übereinstimmung von Faden und genähtem Stoff in bezug auf Farbbeständigkeit, Wascheigenschaften, Naßausrüstung und Wärmebehandlung,
6. ausreichende Fadenlänge ohne Knopf oder Fehlstelle, die die Ursache für ein Abreißen sein könnte.

Die strengen Anforderungen an moderne Nähfäden, die hier dargelegt wurden, führen zu dem Schluß, daß diese nur von den zusammengesetzten Garnen erfüllt werden können. Die speziellen Eigenschaften können gar nicht mit einer Faser allein erreicht werden.

Die Hauptprobleme bei Fäden aus 100% Synthefasern sind die der Temperaturbeständigkeit, da die meisten Fasern ohne Stabilisierung und Thermofixierung in der Nadel schmelzen. Bei Baumwolle gibt es aber dieses Problem nicht. Dies führte die Garnhersteller dazu, zusammengesetzte Garne für Nähfäden zu entwickeln. Tatsächlich gehen solche Versuche weit zurück, so lange wie Synthefasergarne für solche Zwecke zur Verfügung standen. Das Konzept wurde vor langer Zeit erstellt, aber der kommerzielle

Erfolg für eine wirtschaftliche Produktion wurde nicht erzielt.

Die üblichen Ringspinnarne, die als Näharne verwendet werden, bestehen aus einem hochfesten Polyester- oder Nylonkern mit einem Baumwollmantel. Zur Zeit wird diese Art von zusammengesetzten Garnen auf Ringspinnmaschinen hergestellt, die später zu Zwei- oder Dreifachgarnen gezwirnt werden. Dieser Nähfaden ist hervorragend hinsichtlich des Nähverhaltens, aber auch in bezug auf den Fall des Saumes und die Anpassungsfähigkeit an den zu nähenden Stoff (Waschen, Dehnverhalten usw.). Bei dieser Art von zusammengesetzten Garnen gibt es überhaupt keine Probleme, auch nicht bei modernen automatischen Nähmaschinen für die Konfektion.

Die Produktionskosten für diese Art Näharn sind zwar nicht niedrig, doch wenn man den Anteil eines Nähfadens in einem Bekleidungsstück betrachtet, so ist dies nur ein Bruchteil, weniger als 1%, während eine Unterbrechung der Produktionsstraße in einer Kleiderfabrik sehr teuer sein kann. Man kann daher leicht verstehen, daß Nähfäden aus solch teuren zusammengesetzten Garnen sehr wichtig sind und unglaubliche Vorteile bieten. Tatsächlich bieten auch fast alle Hersteller von Näharnen Kernarne dieser Art an. In Europa wird die Hälfte des Marktbedarfes von Kernarnen gedeckt, in den USA sind es ungefähr 25%, doch erwartet man, daß er auch den europäischen Zahlen folgen wird. Es soll hervorgehoben werden, daß der Einsatz von Nähfäden die Grundlage vieler Industrien darstellt. Man braucht Fäden für die Herstellung von Bekleidung, Autoinnenausstattung, Schuhen, Stiefeln, Taschen, Spielsachen, Zelten, Unterwäsche und vielen anderen Produkten.

Es gibt auch noch viele andere Einsatzgebiete für zusammengesetzte Garne. Eines von besonderem Interesse ist das für Stoffe mit teilweise oder vollständigem Elastomerkern. Schöne elastische Stoffe können auch aus Garnen mit einem Kern aus Elastomeren hergestellt werden, ummantelt mit Baumwolle, Wolle oder Mischungen davon. Stoffe mit einer Dehnbarkeit in einer Richtung oder mit verschiedener Dehnbarkeit in zwei Richtungen können durch die Verwendung elastomerer zusammengesetzter Garne in entsprechender Kombination mit nichtelastischen oder üblichen Garnen erzeugt werden. Die Prinzipien der Schlauchwarenstrukturen können mit zonenweise differenziertem Schrumpf und Stretch (durch die Einführung von elastischen zusammengesetzten Garnen und nicht elastischen Garnen) Produkte wie teils geformte oder halbvorgefertigte Bekleidungsartikel (z. B. Kleider oder Röcke) ergeben.

Herstellung von zusammengesetzten Garnen

Ursprünglich stellte man zusammengesetzte Garne her, indem man ein Garn mit einem anderen verschiedener Art zusammenfachte. Obwohl es heute viele verschiedene Entwicklungen auf diesem Gebiet gibt, hat noch kein Prozeß allgemeine Anerkennung gefunden bzw. verspricht noch keiner bis zu einem bestimmten Grad einen wirtschaftlichen Erfolg. Viele der zusammengesetzten Garne, die heute verwendet werden, sind vom Kern-Mantel-Typ und werden auf konventionellen Ringspinnmaschinen mit unwesentlichen Modifikationen erzeugt. Die Qualität der so hergestellten Garne ist nicht vollständig befriedigend, da der blanke Kern teilweise an die Oberfläche tritt und die Wirtschaftlichkeit wegen der sehr langsamen Produktionsgeschwindigkeit dieser Garne unzureichend ist. Der Hauptgrund, warum man trotzdem noch immer diese Methode beibehält, ist der, daß andere moderne Garnherstellungssysteme mit hoher Produktivität noch immer im Entwicklungsstadium sind und noch keine allgemeine Anerkennung gefunden haben. (Die Ringspinnmethode dagegen hat das Privileg, traditionell und konventionell zu sein.)

Es gibt viele moderne Spinnsysteme mit hoher Produktivität, die sehr leicht modifiziert werden können, um zusammengesetzte Garne zu ergeben. Wir werden hier aber nur solche Prozesse und Methoden beschreiben, die bereits verhältnismäßig gut für die Herstellung von Kern-Mantel-Typen zusammengesetzter Garne eingeführt sind. Im einzelnen werden wir diskutieren:

1. das Ringspinnsystem,
2. das Rockwell-Corespin-System (ein elektrostatisches System),
3. das Bobtex-ICS-System (beruht auf physikalischen und chemischen Mitteln),
4. das Varimex-Vortex-System (Luft-Vortexprinzip).
5. das Repco-Selfil-Prinzip (ein Eigenzwirnpinzip, in dem ein Stapelfasergarn mit einem Mantel von künstlichen Filamenten umhüllt wird, um ein zusammengesetztes Garn vom Kern-Mantel-Typ ganz anderer Art zu ergeben).

Nun wollen wir diese einzelnen Methoden eine nach der anderen besprechen:

A. Das Ringspinnverfahren

Abbildung 2 gibt eine schematische Darstellung einer Ringspinnmaschine wieder. Das Stapelfaservorgarn wird durch Verzugsrollen in konventioneller Art verzogen. Der Kern aus Endlosfäden wird in entsprechender Weise hinter dem Spalt des letzten Verzugsrollenpaares eingebracht, sodaß sich der Endloskern mit den verzogenen Stapelfasern in Seite-an-Seite-Kontakt befindet, wenn diese aus dem Spalt des Verzugsrollenpaares austreten. Dieses Gefüge aus Endlosgarn und Stapelfasern wird gleichzeitig durch den Ring und den sich drehenden Läufer verzwirnt, wobei ein zusammengesetztes Garn entsteht.

Als Ergebnis sind die einzelnen Endlosfasern des Kerns nicht unbedingt in der Mitte des Garns angeordnet. Daraus ergibt sich, daß der blanke Kern an bestimmten Stellen des Garns sichtbar wird. Das entstehende Garn ist deshalb nicht gleichmäßig von Stapelfasern bedeckt, was aber an sich ein erstrebens-

wertes Charakteristikum des Garns wäre. Außerdem ist die Produktionsgeschwindigkeit der Ringspinnmaschine sehr langsam, sodaß der Prozeß aus ökonomischer Sicht unvorteilhaft erscheint. Im allgemeinen hat der Ringspinnprozeß heute bereits ein Stadium erreicht, in dem Aussichten auf eine Steigerung der Produktionsgeschwindigkeit ziemlich beschränkt sind, da verschiedene Arten mechanischer Einschränkungen gegeben sind. Die Produktivität des Ringspinnprozesses ist besonders niedrig, auf Grund der speziellen Art des Kernspinnprozesses.

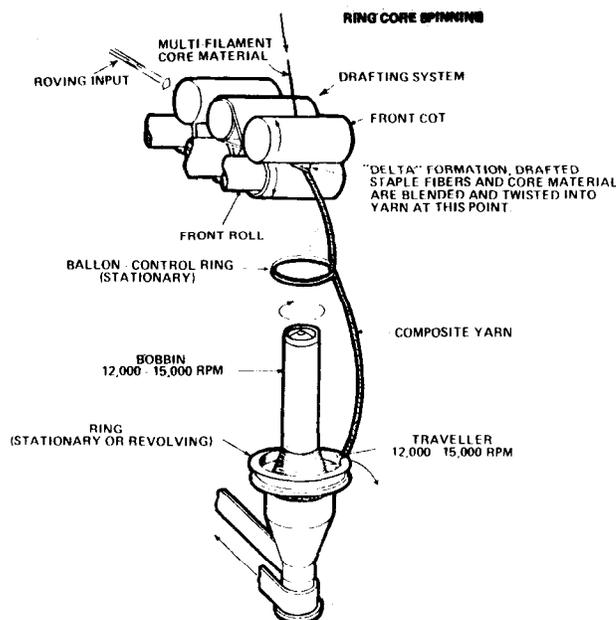


Abb. 2: Schematische Darstellung einer Ringspinnmaschine

Viele Vorkehrungen müssen bei diesem Prozeß getroffen werden, um ein relativ hohes Qualitätsniveau zu erreichen. Auch die Tagesproduktivität ist niedrig, viel niedriger als diese bei 100 % Stapelfasergarnen. Es gibt aber auch noch andere Nachteile dieses Systems, besonders vom Standpunkt der Garnqualität und der Garnspulengröße.

Die hauptsächlichsten Vorteile des Ringspinnsystems sind,

- daß es eine traditionelle und konventionelle Methode darstellt und daher von der Industrie lieber angenommen wird,
- daß es sehr vielseitig ist und,
- daß das auf diese Art hergestellte Garn eine gute Haftung des Mantels am Kern zeigt.

B. Das Corespin — ein elektrostatisches Spinnverfahren

Der Prozeß besteht aus den folgenden fünf Grundfunktionen (Abb. 3):

1. Verstrecken der in Bandform zugebrachten Stapelfasern, was auf einem konventionellen Vierrollen-Verzugssystem durchgeführt wird.
2. Einbringen des Kernendlosfadens hinter dem letzten Verzugsrollenpaar, wo die verzogenen Stapelfasern (Baumwolle) in die Spinnzone eintreten.

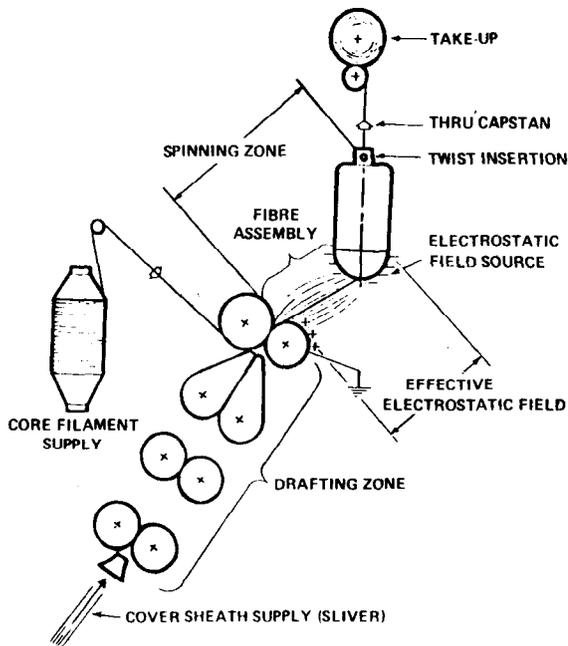


Abb. 3 Schematische Darstellung des Corespin-Verfahrens

3. Öffnen, Polarisieren, Ausrichten, Transportieren und Verdichten der einzelnen Fasern entlang des Kerns in der Spinnzone in einem elektrostatischen Feld.
4. Zwirnen der Faseranordnung um den Kern mit Hilfe eines Falschzwirnmehanismus.
5. Aufwickeln des Garns auf Kreuzspulen.

Das Stapelband wird in das Verzugsrollensystem eingebracht, das dieses Band zu der entsprechenden Garnnummer des Mantels auszieht. Die Fasern, die den Spalt hinter dem letzten Rollenpaar verlassen, sind durch ein angelegtes elektrisches Feld zwischen den Rollen und der Spindelabdeckung elektrostatisch geladen. An diesem System zeigen die Rollen ein Nullpotential und die Spindleinrichtung ein negatives Potential von 20 bis 30 K. Der exakte Mechanismus, durch den die einzelnen Fasern bei dem Corespin-Prozeß geladen werden, würde den Rahmen dieser Ausführung überschreiten.

Jedenfalls im Grundprinzip wird jede Faser, die in ein starkes einheitliches Feld eingebracht wird, polarisiert. So eine Ladungspolarisation bewirkt die Ausrichtung der Fasern entlang der Feldlinien gleichen Potentials. Dieses Phänomen zusammen mit der Feldpotentialdifferenz ist tatsächlich auch für das Separieren, Ausrichten, Reinigen und Transportieren der Einzelfasern verantwortlich. Die geladenen Fasern verweilen einen Moment lang im Feld, werden um den Endlosfadenkern zusammengedrängt, der wieder durch seine Rotation die Fasern umwickelt und verzwirnt. Unmittelbar nachdem das Garn die Drehelemente (den Greifer) verläßt, entsteht eine Zwirnumkehrung, die dem Stapelfasermantel einen wahren Zwirn aufbringt und den ursprünglichen Zwirn (der unterhalb des Greifers in der Spinnzone aufgebracht wurde) des Kerns ausgleicht.

Auf diese Art zeigt der Endloskern im Garn (theoretisch) einen Nullzwirn. Da der Kern nun einen Nullzwirn aufweist, ist das Garn normalerweise von der

Drehung her ausbalanciert. Es kann jedoch auch ein Garn mit einem „lebenden“ Zwirn hergestellt werden, indem man die Mantelfasern hoch verzwirnt. Endlich verläßt das Garn die Zwirnelemente, wird durch ein Paar von Kapstranrollen geführt und unter gleichmäßiger Spannung auf eine Kreuzspule gewickelt.

Beim Corespin-Prozeß reinigt sich das Garn selbst, da Schmutzteilchen (im Baumwollband in Form von Blättern, Samen und Unreinheiten vorhanden) normalerweise durch das elektrostatische Feld nicht aufgeladen werden. Diese Teilchen werden von den geöffneten Fasern durch die Schwerkraft abgeschieden und treten nicht in die Garnstruktur ein. Das Ergebnis ist daher ein weitaus reineres Garn. Da außerdem beim Corespin-Prozeß ein 45 bis 50 Gran/Yard-Stapelband als Ausgangsmaterial benutzt wird, ist die Spinnproduktivität durch das Ausschalten des konventionellen Vorgarnprozesses verbessert.

Um auch die Zeit für das Schären des Stapelfasermantels und das Doffen der Garne zu reduzieren, werden große Bandkannen mit einem Durchmesser von 20 Zoll und einer Höhe von 36 Zoll sowie große Spinnpakete, die ungefähr 8 Pfund Garn enthalten, in die Auslegung der Corespin-Maschine aufgenommen.

Die Hauptvorteile dieses Prozesses sind:

- hohe Geschwindigkeit und Produktivität,
- bessere Garneigenschaften (der Kern ist gleichmäßiger durch den Stapelmantel bedeckt, das Garn ist sauberer, die Garntextur kann variiert werden, größere Spinnpakete, höhere Gleichmäßigkeit, höhere und gleichmäßigere Festigkeit, hohe Bruchelongation, größere Bauschigkeit, höhere Abriebfestigkeit),
- die Möglichkeit, den Vorgarnprozeß und das Aufwickeln auszuschalten,
- größere Wirtschaftlichkeit für besondere Einsatzgebiete,
- weniger Energie- und Raumbedarf,
- reinerer Arbeitsplatz und geringeres Lärmniveau.

C. Das Bobtex ICS-System

Das Bobtex ICS-System ist relativ neu für die Herstellung von zusammengesetzten Garnen aus eingeführtem Polymeren und Stapelfasern. Abbildung 4 zeigt eine schematische Darstellung dieses Prozesses. Dabei wird das Polymere extrudiert, gleichzeitig verstreckt, mit den Stapelfasern laminiert und gezwirnt, während sich das Polymere noch in einem halb geschmolzenen Zustand befindet, abgekühlt und auf Kreuzspulen aufgewickelt. Der Gehalt an Polymerem und Fasern kann über einen großen Bereich variiert werden, gewöhnlich 15—85 % in jeder Richtung, um zusammengesetzte Garne verschiedenen Aufbaus und unterschiedlicher Textur entsprechend den spezifischen Anforderungen des Einsatzgebietes herzustellen. Die Garne besitzen höhere Festigkeit, Flexibilität und Abriebwiderstand. Es handelt sich hierbei um einen Hochgeschwindigkeitsprozeß, bei dem die Garnbildung mit einer Geschwindigkeit von 2000 Fuß pro Minute erfolgt.

Die Garne, die so hergestellt werden, gehen vor allem in den höheren Nummernbereich, werden für spe-

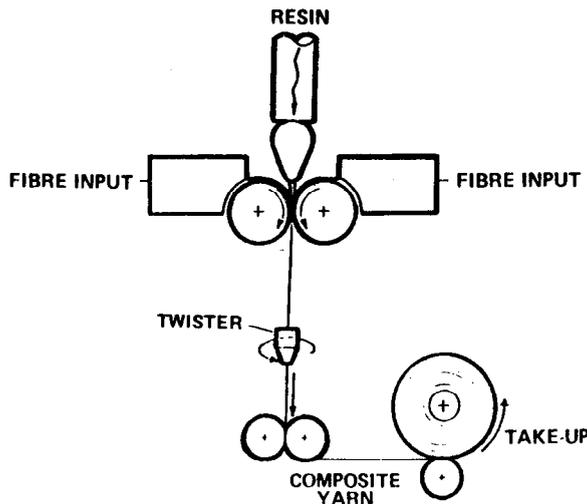


Abb. 4: Schematische Darstellung des Bobtex-ICS-Systems

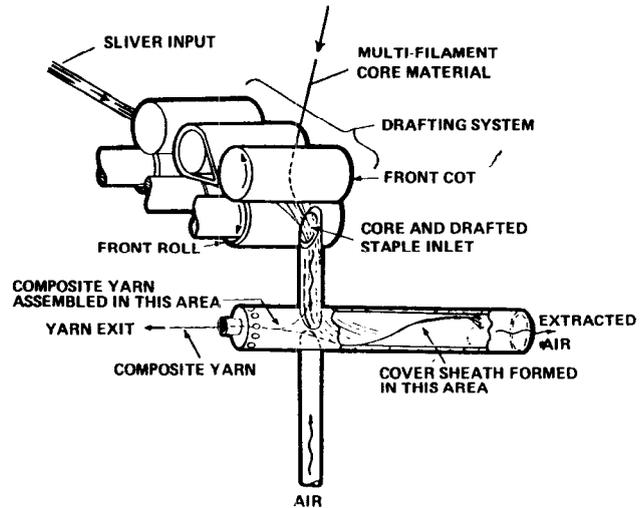


Abb. 5: Schematische Darstellung des Luft-Vortex-Systems

zielle Verwendungsmöglichkeiten benutzt und sind von den konventionell gesponnenen Garnen wesentlich verschieden.

D. Das Vortex-System

Vielleicht das interessanteste der OE-Spinnsysteme in bezug auf Produktivität stellt das Luft-Vortex-System dar, weil es fast keine rotierenden mechanischen Teile enthält. Pneumatische Spinnprozesse können in der Literatur schon seit vielen Jahren verfolgt werden, aber bis vor kurzem gab es im Handel noch keine Maschine, die auf diesem Prinzip beruhte. Varimex aus Polen (Polmiter-Wivoma) entwickelte und brachte eine neue pneumatische Spinnmaschine mit dem Namen PR 1 auf den Markt.

Dieses System unterscheidet sich von den bisher bekannten Verfahren pneumatischer Spinnmaschinen in folgenden Punkten:

1. Alle Fasern, die in die Spinnkammer eingebracht werden, werden auch zu Garn verarbeitet, sodaß kein Faserverlust entsteht.
2. Es können hohe Geschwindigkeiten bis zu 200m min erreicht werden.
3. Das Verfahren erlaubt das Bauen von Maschinen mit einer erhöhten Anzahl von Spinnpositionen.
4. Die Spinnkammern haben eine sehr einfache Auslegung.

In Abbildung 5 sind die Prinzipien dieses neuen Spinnprozesses schematisch dargestellt. Die Fasern, die in einem Luftstrom geöffnet werden, werden durch einen Kanal in eine Luftkammer gebracht. Eine Röhre stellt die Verbindung mit einer Vakuumanlage außerhalb der Spinneinheit her. Durch die gutüberlegte Anordnung der Luftlöcher tangential zur inneren Wand der Spinnkammer werden die Fasern, die durch einen Kanal in die Kammer gebracht werden, nicht wieder durch den Luftstrom entfernt, sondern in einer Sammelzone angehäuft. In dieser Zone konzentrieren sich dann die Fasern und formen einen Ring, der um die Achse der Kammer rotiert.

Zum Anspinnen wird Garn verwendet, das durch einen anderen Kanal in diesen Ring eingeführt wird

und dessen Ende mit den Fasern des rotierenden Ringes durch Zentrifugalkraft verbunden wird. Wird das Garn aus der Spinnkammer herausgezogen, dann verbinden sich die Fasern in der Kammer mit diesem Garn durch Verzwirnen, bewirkt durch das Rotieren des Faserringes in der Spinnkammer. Das Garn, das aus dieser Spinnkammer abgezogen wird, wird auf flache Kreuzspulen in konventioneller Art aufgewickelt.

Das Vortex-Spinnsystem dient vor allem zum Verspinnen von Synthefasern und deren Mischungen. Aber auch entsprechende natürliche Fasern, wie beispielsweise Baumwolle, können in Mischungen mit Synthefasern verwendet werden. Fasern bis zu 50 mm Länge und feiner als 3 dtex (2,8 den) können so mit Erfolg verarbeitet werden. Die Grenzen der Spinnnummern sind 62,5 bis 18 tex (Ne 10—33).

Eine interessante Eigenschaft dieser Vortex-Spinnmethode ist, daß das System sehr leicht modifiziert und zur Herstellung zusammengesetzter Garne verwendet werden kann. Dies wird dadurch erreicht, daß ein Synthefaserkern gleichzeitig mit den Stapelfasern in die Spinnkammer eingeführt wird. Da das Synthefaserendlos Garn unter einer bestimmten Spannung gehalten wird, wird es in dem Vortex-System durch die Luft nicht gezwirnt, das heißt, es bleibt stationär, und die Stapelfasern, die sich frei bewegen können, werden um dieses Endlos Garn in der Vortex-Kammer herumgedreht und herumgewickelt. Der Kern dieser Garnstruktur hat daher keinen Zwirn, und die Mantelfasern sind in einer Richtung gezwirnt, so, wie das bei den konventionellen Garnen der Fall ist. Von konventionellen Garnen unterscheiden sich diese allerdings dadurch, daß es sich hierbei um eine OE-artige Struktur handelt und daß keine mechanisch bewegten Teile verwendet werden, um den Zwirn aufzubringen.

Der Autor hatte Gelegenheit, die Eigenschaften sowohl von zusammengesetzten als auch von 100% Stapelfasergarnen, die auf dem PS 1 Vortex-System erzeugt wurden, zu untersuchen und fand, daß sie gute Qualität besaßen, wenn auch die Beurteilung der Garne bezüglich Gleichmäßigkeit nicht ganz befriedigte. Für leichte bis mittelschwere Stoffe, besonders für Gewebe,

scheinen diese Garne jedoch durchaus geeignet. Die Stoffbildung und die Untersuchungen der Stoffe sind noch nicht abgeschlossen.

Abschließend kann gesagt werden, daß das Vortex-Konzept technologisch vielversprechend ist und ein umfassendes Potential für die Herstellung von gesponnenen OE-Stapelfasergarnen, aber auch von Kern-Mantel-Garnen besitzt. Es würde nicht überraschen, wenn sich dieses System als wegweisend auf dem Gebiet der OE-Garne in der nahen Zukunft herauskristallisierte. Die hohe Produktionsgeschwindigkeit läßt das System auch vom ökonomischen Standpunkt im Vergleich zu anderen modernen OE-Systemen interessant erscheinen. Vielfältige Verbesserungen in diesem System bieten sich noch an, sowohl die Produktivität als auch die Garnqualität betreffend.

Die geringe Bruchfestigkeit der Garne ist zwar unangenehm, aber nicht kritisch, da das Garn durchaus zu einer Stoffstruktur verarbeitet werden kann, in der diese Festigkeit in vielen Fällen nur eine unbedeutende Rolle für die endgültigen Stoffeigenschaften spielt.

E. Das Repco-Selfil-(Selbstzwirn-)System

Es handelt sich dabei um eine ganz neue Entwicklung bzw. Modifikation der revolutionären Repco-(Selbstzwirngarn-)Maschine, die kommerziell vor ungefähr 5 bis 6 Jahren vorgestellt wurde. Die erste Anlage dieser Art wurde auf der ITMA 75 in Italien gezeigt. Sie ist eine neue Hochgeschwindigkeitsmaschine zur Herstellung starker, ausgeglichener zusammengesetzter Garne aus einer Stapelfaserlunte, die durch zwei kontinuierliche synthetische Filamente verstärkt wird. Sie beruht zwar auf dem Repco-Selbstzwirn-Prinzip, enthält aber ein zusätzliches zweites Zwirnsystem.

Im Grunde werden die Vorgarne aus Wolle oder synthetischen Fasern durch das konventionelle Riemchenverzugssystem gezogen. Dem verzogenen Vorgarn wird alternierend — während es die Selbstzwirnroller passiert — ein S- und ein Z-Zwirn aufgebracht. An diesem Punkt wird auch das erste Endlosgarn mit den Stapelfasern in Kontakt gebracht und in abwechselnden Zonen um diese herumgewickelt, so wie es aus den Rollen austritt. Dieses zusammengesetzte Garn wird dann nochmals durch ein neues Scheibenzwirnsystem, das auch das zweite kontinuierliche Garn einbringt, alternierend gezwirnt. Rotierende Scheiben verzwirnen das zusammengesetzte Garn, um das das zweite Endlosgarn herumgewickelt wird. Gleichzeitig wird aber auch das Garnstück vor den Scheiben, das heißt zwischen den Scheiben und dem Selbstzwirnroller, durch einen Fadenführer von den Scheiben abgehoben und anschließend gedreht, sodaß sich die aufgebraachte Drehung entwirnt und dabei das zweite Endlosgarn in entgegengesetzter Richtung umwickelt. Dieses Dreifachgarn wird nun abgezogen und auf Kreuzspulen aufgewickelt.

Die Maschine erzeugt gleichzeitig sechs Kreuzspulen, wobei Wolle oder synthetische Faserbänder den Hauptanteil, das heißt 90%, des entstehenden Garns bilden. Die beiden Endlosgarne sind nur um diese Stapelfasern herumgewickelt und verstärken sie. Auf diese Art erhalten wir ein einfaches, ausgeglichenes gesponnenes Garn, das sofort für Einfach- und Doppeljersey, aber auch für Strick- und Wirkwaren ver-

wendet werden kann. Der Einsatz von kurzen oder mittellangen Stapelfasern im Repco-Selfil-Zwirn-System ist zwar im Moment noch umstritten, erscheint aber in der näheren Zukunft doch vielversprechende Möglichkeiten zu bieten.

Zusammenfassung

Die Nachfrage nach speziellen Textilien und Produkten hoher Qualität steigt ständig. Die Herstellung von zusammengesetzten Garnen für ganz bestimmte Einsatzgebiete ist durchaus möglich. Zusammengesetzte Garne und Stoffe oder andere Endprodukte daraus zeigen eindeutige Vorteile, da zusammengesetzte Garne sowohl die Vorteile von synthetischen Endlosfasergarnen als auch von natürlichen Fasern in sich vereinen. Sie können in verschiedenen Endprodukten, beispielsweise in Nähfäden, gestrickten oder gewebten Stoffen für Bekleidung, in Zelten, Sonnenschirmen, Gürteln oder in Canvas-Produkten, aber auch für Schlafwaren verwendet werden. Sie sind vor allem dort von Vorteil, wo gewebte Stoffe mit leichtem Gewicht, hoher Festigkeit, besserer Dauerhaftigkeit und größerem Komfort und Sicherheit gebraucht werden. Ihre großartigen Eigenschaften ermöglichen es der Textilindustrie, auch in Gebiete einzudringen, die mit den vorhandenen Garnen bisher noch nicht befriedigend betreut werden konnten.

Stoffe aus zusammengesetzten Garnen bieten eine Mischung von einmaligen Eigenschaften, wie hohe Formbeständigkeit, Abriebfestigkeit, Druckfestigkeit und Pillresistenz. Das Verhalten in Weberei und Strickerei ist besser und liefert bei höherer Effizienz geringeren Abfall und weniger Flusen und mehr Zufriedenheit unter den Arbeitern. Es gibt viele Arten von zusammengesetzten Garnen, die für spezielle und spezielle Zwecke durch die Auswahl der Faserzusammensetzungen und deren optimale Eigenschaften sowie deren Herstellungsmethoden konstruiert werden können. Zusammengesetzte Garne vom Kern-Mantel-Typ weisen verbesserte Eigenschaften auf und haben vielseitige Einsatzmöglichkeiten. Eine aussichtsreiche Zukunft wird diesen Garnen vorausgesagt.

Außerdem bieten sie die Möglichkeit, sowohl natürliche als auch synthetische Fasern miteinander zu vereinen. Ein höherer Einsatz zusammengesetzter Garne wird neue Marktgebiete für die Synthesefasern erobern, insbesondere solche, auf denen Synthesefasern allein nicht voll befriedigten, was auch für natürliche Fasern gesagt werden kann.

Es gibt eine Anzahl von Methoden, um Kern-Mantel-Fasergarne herzustellen. Die Methoden zur Herstellung von zusammengesetzten Garnen sind jedoch noch im Anfangsstadium. Meiner Meinung nach wurde noch keine dieser Methoden allgemein anerkannt bzw. brachte einen kommerziellen Erfolg, was natürlich nicht sagt, daß das Konzept für zusammengesetzte Garne nicht einmalig ist. Das Konzept ist auch bereits gut eingeführt. Es gibt drei Gründe, warum die zusammengesetzten Garne bisher keine große Verbreitung gefunden haben. Es sind dies:

1. die geringe oder nur langsame Anerkennung und Aufnahme dieser neuen Garntypen durch die Textilindustrie,
2. das Fehlen von ökonomisch bewährten Systemen, Qualitätsgarne herzustellen und

3. die allgemeine wirtschaftliche Lage in der Textilindustrie heute, aber auch in den letzten Jahren.

Zusammengesetzte Garne stellen ein neues, vielversprechendes System auf dem Garnsektor dar. Da sie noch in den Kinderschuhen stecken, gilt es, die traditionellen Vorurteile, die jeder neuen Technologie entgegenstehen, zu überwinden. Der Widerstand in der ersten Entwicklungsphase ist natürlich und wird allein durch die Zeit aufgewogen. Die schwierigen Phasen der Produktauswertung, der Entwicklung und des Eindringens in den Markt müssen vorübergehen, und das werden sie, denn das Produkt — zusammengesetzte Garne — bietet zu viele Möglichkeiten, um übersehen werden zu können.



**Ideen von
SOLVAY
sind Ideen, die sich
durchsetzen.**

Unsere Vielseitigkeit verdanken wir der Vielfalt der uns gestellten Aufgaben und dem Vertrauen unserer Kunden, für neue Probleme neue Lösungen zu finden. So wurden wir groß. Und gehören heute zu den wichtigsten Industrie-Unternehmen Österreichs. Mit erheblichen Exporten in die EWG- und COMECON-Länder. Unsere Produkte, wie Chlor, Salzsäure, Natronlauge, leichte und schwere Soda, Gefälltes Calciumcarbonat SOCAL werden in der Glas-, Papier-, Chemie-, Textil- und Kunststoffindustrie als Grundstoffe verarbeitet. Und unsere Fertigprodukte, wie das komplette XYLAMON-Holzschutzprogramm, FIXIT-Fertigputzsystem und CIMSEC-Klebemörtel sind inländische Marktleader.

Wirkliche Ideen setzen sich eben durch.

ESW EBENSEER SOLVAY-WERKE
Werke in Ebensee und Hallein
Direktion: 1010 Wien, Parkring 12
Telefon (0 22 2) 52 95 80

Eigenschaften einer Bikomponentenfaser aus segmentiertem Polyurethan und Nylon 6

R. A. Dunbar, W. J. Nunning und
D. H. Martin
Monsanto Textiles Co., Pensacola, Florida (USA)

In den letzten Jahren hat die Monsanto Textiles Company eine schmelzgesponnene Nylon/Polyurethan-Bikomponentenfaser (in Filamentform) entwickelt. Diese neuartige Kombination hat beachtliches Interesse sowohl für kommerzielle Einsatzgebiete als auch bezüglich der Theorie der Kräuselung bikomponenter Gebilde hervorgerufen.

Die Technik, die zur Herstellung dieser komplexen Nylon/Polyurethanfaser dient, erfordert eine genaue Kontrolle der Parameter, welche die Schmelzviskositäten jeder Komponente beeinflussen. Veränderungen im Viskositätsverhältnis zwischen dem Nylon und dem Polyurethan verursachen wesentliche Änderungen innerhalb des Faserquerschnitts und in den Eigenschaften der gekräuselten Faser.

Auf Grund des großen Schrumpfunterchiedes zwischen den Nylon- und den Polyurethananteilen in der verreckten Faser entwickelt sich eine enge, spiralförmige Kräuselung, wenn das Filamentgarn trockener Hitze, Dampf oder einem heißen Färbebad ausgesetzt wird.

Ein Geradestrecken dieser Kräuselung verlängert den elastomeren Polyurethanteil und ruft eine hohe retraktive Kraft in der Faser hervor. Die gute elastische Erholung des Polyurethans erlaubt es, daß sich die Bikomponentenfaser ohne übermäßigen Hystereseverlust von hohen Dehnungen erholt. Da das Nylon/Polyurethan-Modulverhältnis 7 bis 12mal größer ist als jenes komplexer Fasern aus Komponenten, die ähnlich sind, zeigt die Kräuselfrequenz bei Anwesenheit von 35 bis 40 % an Hochmodul-Nylon ein Maximum. Die Fasereigenschaften für verschiedene Nylon/Polyurethanverhältnisse und für verschiedene Faserfeinheiten werden erläutert.

Zyklische Kraft-Dehnungsprüfungen der Bikomponentenfaser wurden zusammen mit spezifischen Strumpfwartestests eingesetzt, um die Fasereigenschaften auf ein Optimum zu bringen und die Auswirkungen der Verfahrensvariablen in bezug auf das Verhalten des Endprodukts zu messen.

For the past several years, Monsanto Textiles Company has been developing a melt-spun, nylon/polyurethane biconstituent fiber. This unique composition has generated considerable interest in commercial applications and biconstituent crimp theory.

The engineering involved in producing this nylon/polyurethane conjugate fiber requires the close control of the parameters affecting the melt viscosities of each component. Changes in the viscosity ratio between the nylon and polyurethane result in significant changes in the fiber cross-section and properties of the crimped fiber.

Because of the large shrinkage differential between the nylon and polyurethane components in the drawn fiber, a tight helical crimp is formed when the filament is exposed to dry heat, steam or a hot dye bath. Uncoiling this crimp elongates the elastomeric polyurethane component and develops a high retractive force in the fiber. Good elastic recovery of the polyurethane allows the conjugate fiber to recover from high elongations without excessive hysteresis loss. Since the nylon/polyurethane moduli ratio is 7 to 12 times greater than that of conjugate fibers having similar components, the crimp frequency shows a maximum with 35 to 40 % of the high modulus nylon present. Fiber properties for several nylon/urethane ratios and for different fiber deniers will be presented.

Cyclic stress-strain testing of the conjugate fiber was used in conjunction with specific hosiery tests to optimize the fiber properties and measure the effects of processing variables on end-use performance.

Einleitung

Die besonderen und neuen Möglichkeiten dieser Bikomponentenfaser, die im Handel als Monvelle®* bekannt ist, sind darin begründet, daß die eine Hälfte aus sogenannten Polyurethanelastomeren und die andere aus Nylon 6 besteht. Diese Faser wurde speziell für den Stützstrumpfsektor entwickelt, wobei Herrenkniestrümpfe und Damenstrumpfhosen weitere denkbare Einsatzgebiete sein könnten. Durch die Anwesenheit des Elastomeren entwickelt diese Faser beträchtliche Rückholkräfte, wenn sie aus dem in Abbildung 1 dargestellten gekräuselten Zustand ausgedehnt wird.

Die stärkste Konkurrenz für Monvelle auf dem Stützstrumpfmärkte ist das mit Nylon umzwirnte Spandex-Garn (Abb.1, rechts unten). Obwohl diese Fasern bei der Dehnung ähnliche Kräfte entwickeln, ist die bikomponente Faser wesentlich feiner als die mit Nylon umzwirnte Spandex-Faser. Da diese Feinheit auf das Strumpferzeugnis übertragbar ist, wird das Endprodukt in den Augen der weiblichen Kunden ästhetisch ansprechender.

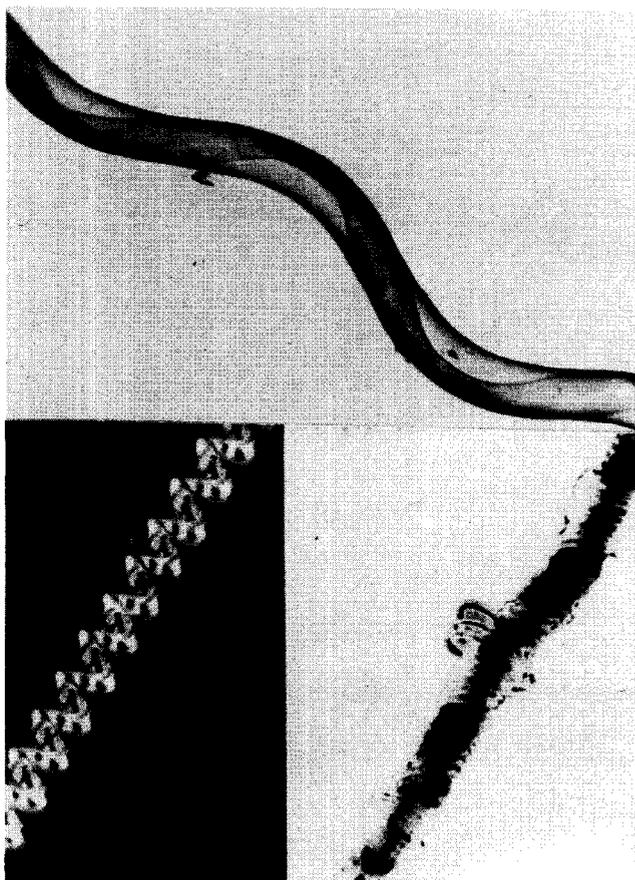


Abb. 1: Hochelastische Fasern für den Stützstrumpfsektor (oben und links unten: Bikomponentenfaser aus segmentiertem Polyurethan und Nylon, unten rechts: Spandexfaser, mit Nylon umzwirnt)

* Monvelle® ist das eingetragene Warenzeichen der Monsanto Textiles Co.

Die Monvelle-Faser wird nach dem herkömmlichen Bikomponentenspinnverfahren hergestellt, das heißt, die beiden Komponenten werden getrennt in einen Doppelspinnkopf gepumpt. Hier werden die beiden flüssigen Spinnmassenströme erst vor dem unmittelbaren Eintritt in die Spinndüse vereinigt.

Die Spinnmassen fließen Seite an Seite durch die Spinndüsenbohrung, werden auch so ausgestoßen und auf einer der üblichen Aufwickelvorrichtungen aufgespult. Die gesponnenen Fäden werden ungefähr im Verhältnis 4 : 1 verstreckt und in diesem verstreckten Zustand als glattes Garn an die Stricker verkauft. Die Kräuselung entwickelt sich erst nach dem Stricken während des Färbeprozesses.

Die Thematik, die ich heute behandeln möchte, ist dreigeteilt. Ich möchte:

- erstens die Kräuseleigenschaften von Monvelle mit den allgemeinen Parametern der Kräuseltheorie vergleichen,
- zweitens diejenigen Prozeßparameter besprechen, die für die Ausbildung der Kräuselung wesentlich sind, und
- drittens die Beziehung zwischen einigen Herstellungs- und Ausrüstungsparametern und dem Verhalten der Monvelle-Fasern im Endprodukt aufzeigen.

Definitionen

Bevor wir die Theorie der Kräuselung diskutieren, betrachte ich es als nützlich, zuerst einige Definitionen technischer Termini zu geben, die während des ganzen Vortrags vorkommen werden, um eine gemeinsame Basis des Verstehens herzustellen (Abb. 2).

Der erste Terminus ist der „**Kräuselindex**“, zu dessen Berechnung einfach die ausziehbare Länge der Faser $L_f - L_c$ durch die gestreckte Länge L_f geteilt wird. Beachten Sie bitte, daß der Kräuselindex nicht den

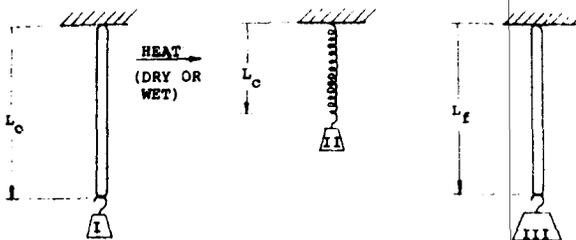


Abb. 2: Definitionen der Kräuselparameter; Hitze (trocken oder feucht)

L_o = Originallänge,

L_c = Länge (gekräuselt),

L_f = Länge (ausgestreckt)

Kräuselindex = $\frac{L_f - L_c}{L_f}$

Schrumpf = $\frac{L_o - L_f}{L_o}$

Kräuselhäufigkeit C_F = $\frac{\text{Anzahl der Doppelbögen (Kräuselungen)}}{\text{Faserlänge (ausgestreckt)}}$

$C_F = \frac{1}{2 \pi \rho_o}$

Faserschrumpf berücksichtigt, was der Fall gewesen wäre, wenn die Originallänge L_o anstatt L_f in die Formel eingesetzt worden wäre.

Der zweite wichtige Terminus ist die „**Kräuselhäufigkeit**“, die die Anzahl der Doppelbögen in einer gegebenen Faserlänge, bezogen auf die ausgestreckte Länge dieser Faser, ausdrückt (beispielsweise zeigt die Schemazeichnung in Abbildung 2 12 Kräuselungen und Bögen). Wenn dieses Faserstückchen auf beispielsweise 4 cm ausgedehnt werden könnte, ergäbe sich die Kräuselhäufigkeit aus folgender Rechnung:

12 Doppelbögen geteilt durch 4 (cm) = 3 Doppelbögen oder Kräuselungen per cm.

Die Kräuselhäufigkeit C_F steht rechnerisch mit dem Krümmungsradius eines Kräuselbogens durch die Formel

$$C_F = \frac{1}{2 \pi \rho_o}$$

in Beziehung, wobei der Nenner die Länge eines Doppelbogens darstellt.

Der dritte Terminus, den wir zur Besprechung der Bikomponentenfaser benötigen, ist der „**Oberflächenanteil**“ (Abb. 3), der mit der Form der Grenzfläche zwischen den beiden Komponenten in Beziehung steht.

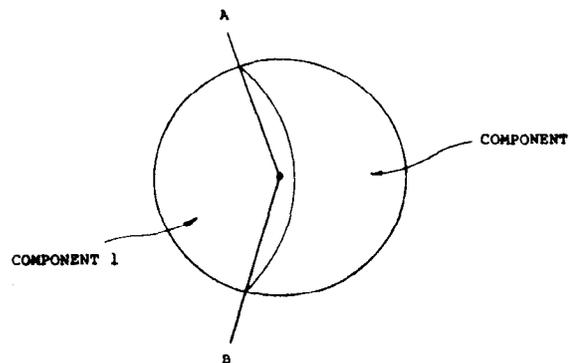


Abb. 3: Definition des Begriffs „Oberflächenanteil“

$$\frac{AB}{360} = 100 = SF_1 = 100 - SF_2$$

Zu jedem gegebenen Verhältnis der Anteile der beiden Komponenten zueinander — als Beispiel 50/50 — gibt es einen Wert, den Oberflächenanteil, der der Ausbildung einer ebenen Grenzfläche zwischen den Komponenten entspricht und diese kennzeichnet (im Falle unseres Beispiels 50/50 wäre dies ein Durchmesser und damit ein Oberflächenanteil der ersten Komponente von 50 %). Jede Abweichung von diesem Wert würde ein Indikator für die Größe der Wölbung der Grenzfläche sein.

Einflussfaktoren auf die Kräuselbildung

Als Einführung in die Grundlagen der Kräuseltheorie möchte ich Ihnen einige Faktoren nennen, die die Kräuselbildung beeinflussen. Es sind dies:

- das Volumenverhältnis der Komponenten zueinander,

- die Schrumpfunterchiede zwischen den Komponenten,
- die Elastizitätsmoduli der entspannten Komponenten,
- die Schermoduli der entspannten Faser,
- der Aufbau der Faser und ihrer Komponenten,
- das elastische Wiedererholungsvermögen der entlasteten Faser,
- die äußeren Einflüsse auf die Faser sowie
- die Faserstärke.

Dieses alles sind Parameter, die man bei einer Beurteilung des Kräuselverhaltens in Betracht ziehen muß. Es ist beachtenswert, daß sich die meisten davon auf inhärente Merkmale der Faser beziehen, das heißt auf die Art und das Material der Komponenten. Nur ein äußerer Einfluß ist angegeben, nämlich die Belastung der Faser während der Kräuselbildung. Andere äußere Faktoren, die eine Rolle bei der Kräuselbildung spielen, sind die Temperatur und die Medien, in denen die Kräuselbildung stattfindet (z. B. Luft oder Feuchtigkeit).

Diese unmittelbar auf die Faser bezogenen Parameter sind von vielen Wissenschaftlern mathematisch behandelt und mit der Ausbildung von Kräuselbögen in Beziehung gesetzt worden. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang die Arbeiten von Brown und Onions, Brand und Backer sowie Fitzgeralds und Knudsen, die zu Beginn der sechziger Jahre auf diesem Gebiet Beträchtliches geleistet haben.

Kürzlich veröffentlichten Gupta und George von der North Carolina State University eine ausgezeichnete Arbeit, in der sie die Kräuselbildung mit der unterschiedlichen Formänderungsenergie der beiden Komponenten im gestreckten Zustand in Beziehung bringen. Für unsere Zwecke soll jedoch die Theorie von Brand und Backer, die sich an die Timoshenkosche Theorie über das Biegeverhalten von Bimetallstreifen anlehnt, genügen, um das Verhalten unserer Bikomponentenfaser Monvelle zu erläutern.

Abbildung 4 zeigt die Grundgleichung von Brand und Backer in einer leicht abgeänderten Form.

$$\rho_0 \Delta \alpha = \frac{(I_1 + k \cdot I_2) \left[\frac{1}{A_1} + \frac{1}{k A_2} \right]}{Y_1 + Y_2} + (Y_1 + Y_2)$$

Abb. 4: Die theoretische Ermittlung des Kräuselbogendurchmessers:

- k = Verhältnis der Elastizitätsmoduli (unter Spannung) von Komponente 2 und Komponente 1
- I₁, I₂ = zweites Moment der Komponentenfläche um ihre zentrale Achse, parallel zur Grenzfläche (neutrale Biegeachse)
- A₁, A₂ = Querschnittsfläche der einzelnen Komponenten
- Y₁, Y₂ = Entfernung von der Grenzfläche (neutrale Biegeachse) vom Mittelpunkt jeder einzelnen Komponente
- ρ₀ = Radius eines Kräuselbogens bei völliger Entlastung
- Δ α = Differenz zwischen dem Schrumpfmögen der beiden Komponenten

Wie Sie sehen können, sind faserbezogene Parameter in der einen oder der anderen Form in die Formel eingegangen. Gehen wir weiter davon aus, daß die Kräuselung ohne Widerstand entwickelt werden kann, und setzen wir den Sonderfall eines runden Filaments mit einer ebenen Grenzfläche voraus, der für unsere Bikomponentenfaser gilt, so können wir die Formel von Brand und Backer auf eine einfache Funktion reduzieren (Abb. 5).

$$\frac{R}{\rho_0 \Delta \alpha} = \frac{2 \pi C_F R}{\Delta \alpha} = R(\rho_0 A_2, k)$$

Abb. 5: Angaben für eine runde Faser mit gerader (ebener) Grenzfläche:

- R = Faserradius
- A₂ = Fläche der Hochmodulkomponente
- k = Verhältnis der Moduli der Komponenten 1 und 2 zueinander
- C_F = Kräuselhäufigkeit (Kräuselbogenzahl/gestreckte Länge)

Die Gleichung besagt, daß bei gegebenem Faserradius und gegebenem Schrumpfunterchied die gemessene Kräuselhäufigkeit eine Funktion der Fläche der Hochmodulkomponente und des Verhältnisses der Komponentenmoduli ist.

Unter Benutzung eines Computers für die langwierige Rechenarbeit wurde die linke Seite der Gleichung, die die Kräuselhäufigkeitsvariable enthält, für verschiedene Mengen der Hochmodulkomponente bei Modulverhältnissen im Bereich von k = 1 bis k = 11 durchgerechnet.

Die Resultate (Abb. 6) zeigen, daß das Modulverhältnis

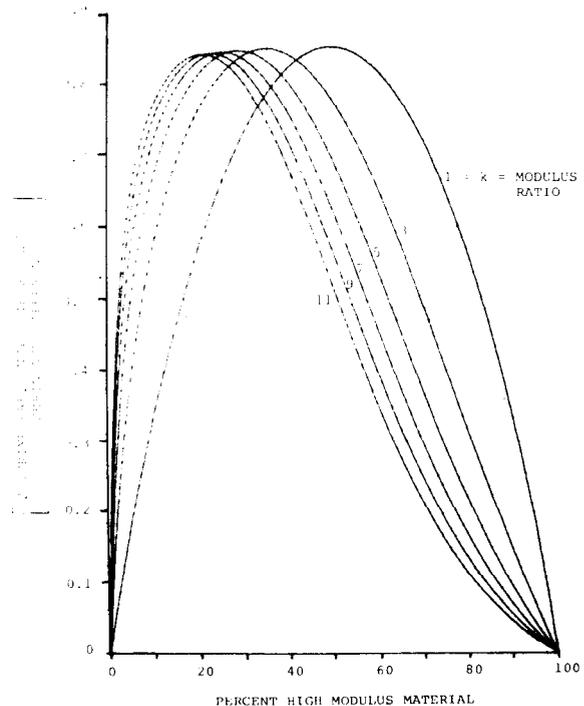


Abb. 6: Theoretisch ermittelter Kräuselbogendurchmesser bei unbelasteter Kräuselbildung für eine runde Bikomponentenfaser bei gerader (ebener) Grenzfläche

bei der Bestimmung derjenigen Menge der Hochmodulkomponente, die benötigt wird, um eine höchstmögliche Kräuselhäufigkeit zu erzielen, eine wichtige Rolle spielt.

Für ein Bikomponentengarn, das in der Grundsubstanz aus gleichen Stoffen besteht (wie z. B. Nylon/Nylon), würde das Modulverhältnis nahe bei $k = 1$ liegen, und eine gleichmäßige Verteilung der Komponenten würde die größtmögliche Kräuselhäufigkeit ergeben. Im Falle unserer Bikomponentenfaser jedoch, deren eine Komponente ein Niedrigmodulelastomeres ist, wird das Modulverhältnis größer als 1,0 sein, und folglich wird der benötigte Anteil an Hochmodulkomponenten für die maximale Kräuselung weniger als 50 % betragen.

Um nun zu bestimmen, wo sich unsere Bikomponentenfaser auf unseren Kurven einordnen läßt, wurde das folgende Experiment durchgeführt:

Nylon- und Polyurethanmassen mit variierender Zusammensetzung im Bereich von 80/20 bis 20/80 wurden zu Fäden (Monofilamente) versponnen und auf 30 den* verstreckt. Durch Fotomikroskopie der Querschnitte ermittelte man solche mit ebener Grenzfläche.

Diese Filamente wurden dann unter Null-Belastung in kochendem Wasser gekräuselt. Die Kräuselhäufigkeit wurde durch Auszählen der Bogen auf einer Länge von etwa 5,08 cm und durch Messen des gestreckten Fadens festgestellt.

Mit der nun bekannten Kräuselhäufigkeit, dem ebenfalls bekannten Faserradius sowie einem Schrumpfunterschied von $\Delta a = 0,42$ (gemessen an den einzelnen Komponenten) können wir die Kräuselhäufigkeit theoretisch und praktisch als Funktion des Anteils der Hochmodulkomponente (Nylon 6) auftragen und die Lage des Maximums der Kräuselhäufigkeit bestimmen (Abb. 7).

Wie man sieht, korrespondiert die experimentell ermittelte Kurve mit der theoretischen Kurve für ein Modulverhältnis von 4,0. Beim Messen der Anfangsmoduli (1 %), der Komponenten (sowohl gestreckt als

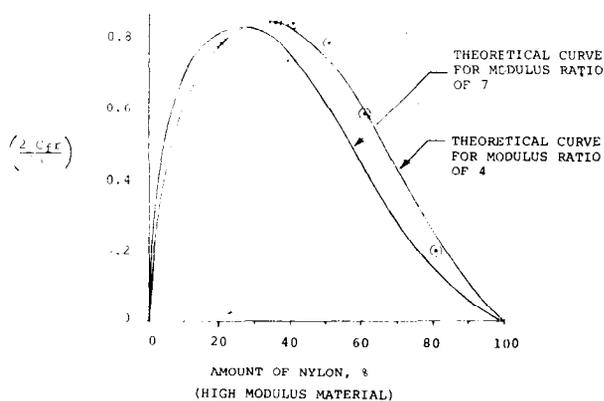


Abb. 7: Kräuselhäufigkeitskurve für eine Nylon 6/Polyurethan-Bikomponentenfaser; Meßergebnisse für eine 30-den-Nylon 6/Polyurethan-Bikomponentenfaser (angenommener $\Delta a = 0,42$)

* 30 den entspricht 33 dtex

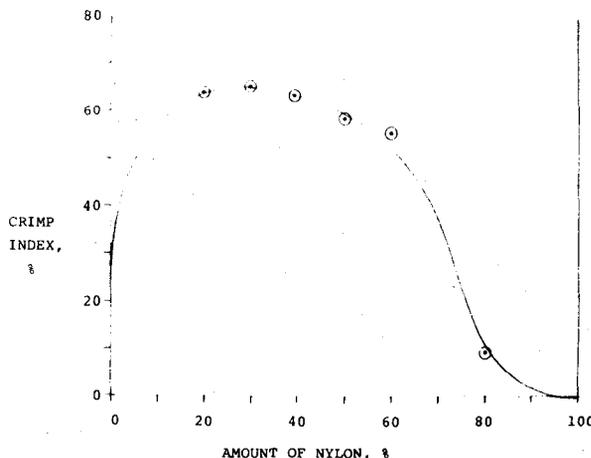


Abb. 8: Kräuselindex für eine 30-den-Nylon 6/Polyurethanfaser als Funktion der Komponentenanteile

auch relaxiert) aus den Kraft-Dehnungskurven, ergibt sich jedoch ein errechnetes Modulverhältnis von beinahe 7,0. Diese Diskrepanz ist wahrscheinlich auf den Unterschied zwischen dem Meßpunkt für die Moduli der Komponenten und auf die während des Kräuselvorgangs tatsächlich wirksamen Moduli zurückzuführen. Wahrscheinlich wäre es realistischer, die Messung des Modulverhältnisses bei einer Dehnung von 20 bis 50 % in den relaxierten Komponenten durchzuführen. Die erhaltenen Daten zeigen dennoch, daß die Kräuselbildung unserer Bikomponentenfaser in enger Übereinstimmung mit der Brand- und Backerschen Theorie erfolgt.

Wird die Faser unter einer Belastung relaxiert, wie dies bei der Messung des Kräuselindex der Fall ist, dann ändert sich die Kurve beträchtlich (Abb. 8). Hier ist der Kräuselindex als eine Funktion des Nylon 6-Gehalts aufgetragen, und man sieht, daß die Kurve im Vergleich zur Kräuselhäufigkeitskurve (ohne Belastung) deutlich flacher verläuft.

Wesentliche Herstellungsparameter, die die Form der Grenzfläche bestimmen

In den in Abbildung 9 gezeigten Querschnittsbildern ist die Grenzfläche zwischen dem Nylon 6 und dem Polyurethan relativ eben. Um dies zu erreichen und



Abb. 9: Querschnittsaufnahmen von Monville-Fasern mit relativ ebenen Grenzflächen

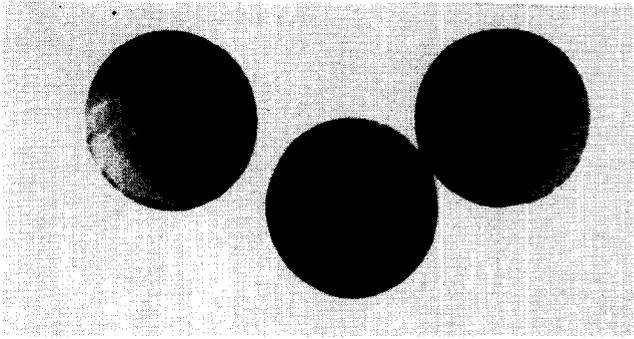


Abb. 10: Faserquerschnitte mit gekrümmten Grenzflächen deuten auf nichtoptimale Fasereigenschaften

beizubehalten, müssen die Schmelzviskositäten der beiden Komponenten beim Eintritt in die Spinnendüsenkapillare gleich groß sein. Ist dies nicht der Fall, so treten gekrümmte Grenzflächen auf (Abb. 10) und die Fasereigenschaften verschlechtern sich.

Sind aber die beiden Komponenten einander ähnlich (wie z. B. Nylon/Nylon), dann sind auch die Änderungen der Schmelzviskositäten der einzelnen Komponenten mit der Temperatur ähnlich, sodaß Änderungen in den Herstellungsbedingungen bei beiden Komponenten dennoch gleiche Viskositätsveränderungen hervorrufen.

Bei der Nylon 6/Polyurethan-Bikomponentenfaser jedoch beeinflussen Temperaturschwankungen die Schmelzviskositäten der einzelnen Komponenten unterschiedlich (Abb. 11). Wir können hier sehen, daß die Veränderung der Schmelzviskosität von Polyurethan mit der Temperatur viel rascher vor sich geht als die von Nylon 6.

Daraus folgt, daß, wenn bei einer Temperatur mit gleichen Viskositäten gesponnen wird, gerade oder ebene Grenzflächen erzielt werden können. Eine Erhöhung oder Absenkung der Temperatur wird jedoch zu Unterschieden in der Schmelzviskosität führen, und dann wird entweder das Nylon das Polyurethan ummanteln oder umgekehrt — das hängt von der Richtung der Temperaturschwankung ab.

Den Einfluß einer Prozeßstörung auf die Faser zeigt

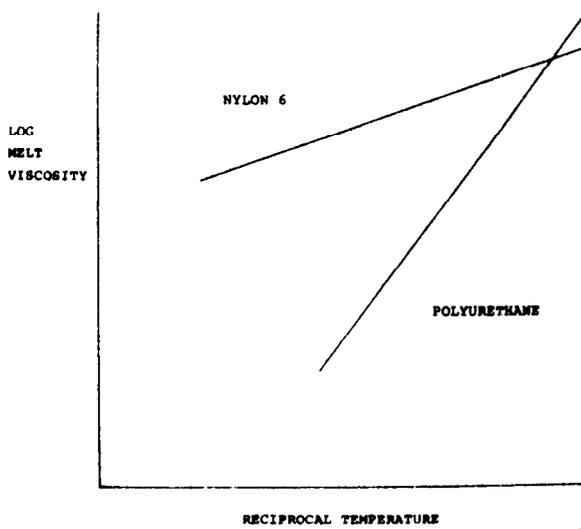


Abb. 11: Der Schmelzenergiebedarf für Nylon 6 und Polyurethan

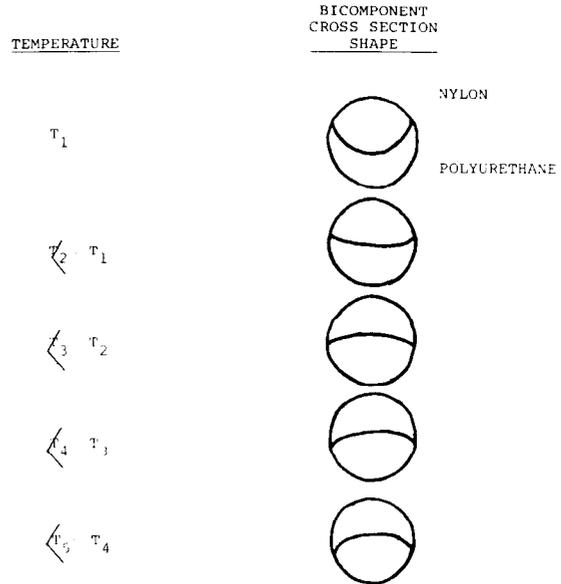


Abb. 12: Der Einfluß der Temperatur auf den Oberflächenanteil der Nylonkomponente

Abbildung 12. Bei einer Temperatur über dem festgesetzten Niveau ist die Viskosität des Polyurethans geringer als die des Nylons, und es wird das Nylon ummantelt. Wird die Temperatur gesenkt, so werden die Viskositäten gleich und die Grenzfläche ebener. Eine weitere Temperatursenkung invertiert die Krümmung, die Viskosität des Polyurethans nimmt, gemessen an der des Nylon 6, zu, und das Nylon ummantelt das Polyurethan.

Zwei nachteilige Effekte treten bei Temperaturschwankungen auf:

- a) Der Kräuselindex wird mit zunehmender Krümmung der Grenzflächen kleiner.
- b) Die Farbtiefe verändert sich mit abnehmendem Oberflächenanteil des Nylons, sodaß Streifen oder „Ringel“ im fertigen Erzeugnis entstehen — ein Fehler, der vielleicht noch schwerer wiegt.

Die Bestimmung der Fadeneigenschaften im Zusammenhang mit dem Trageverhalten der Fertigprodukte

Wie bei den meisten elastischen Filamenten gibt ein Test mit zyklischen Beanspruchungen ein aussagefähiges Bild von deren Eigenschaften. Das Testverfahren, das wir während der Entwicklung von Monvellen benutzen, wird in Abbildung 13 gezeigt.

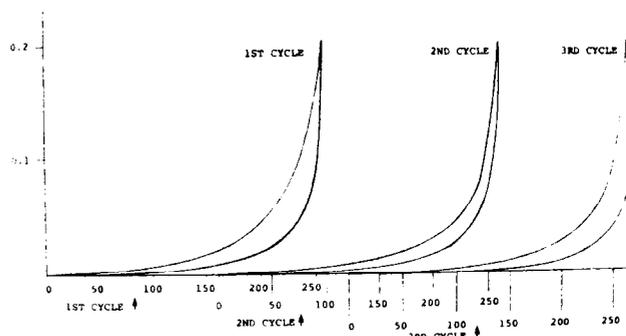


Abb. 13: Charakteristische Meßkurven des 3-Zykletests

Es ist ein Test mit einfacher zyklischer Dehnungs- und Entspannungsbeanspruchung. Der Faden wird bis zu einer vorher festgelegten Belastungshöhe gedehnt, im allgemeinen sind es 0,1 g/den oder 0,2 g/den, vollständig entlastet (0-Belastung), ein weiteres Mal be- und entlastet, und beim dritten Streckzyklus wird die vorher festgelegte Belastung für 5 Minuten gehalten. Während dieser Zeit wird das Fließen und die Spannungsabnahme gemessen.

Der Faden wird für diesen Test auf zweierlei Arten vorbereitet:

- Erstens können wir den verstreckten Faden direkt von der Spule nehmen, ihn bei einer Belastung von 0,0012 g/den dämpfen und dann die gekräuselte Faser testen. (Die 0,0012 g/den werden allgemein als die „Maschenwiderstandskraft“ angesehen, die in einem gestreckten Strumpfteil auftritt.)
- Die zweite Methode ein Muster vorzubereiten, umfaßt das Verstricken des verstreckten Fadens, die Ausrüstung des gestrickten Musters unter den in der Praxis üblichen Bedingungen, das Auftrennen des Gestricks und die Prüfung des herausgelösten Garns.

Dieses Vorgehen erteilt dem Faden noch eine zusätzliche Texturierung, sodaß die Resultate dieser Prüfung nicht unbedingt mit den Ergebnissen des ersten Tests übereinstimmen. Dennoch zeigen beide die gleichen generellen Resultate.

Einige der aus dem zyklischen Dehnungstest gewonnenen Kenngrößen sind in Abbildung 14 dargestellt, wobei zunächst auf den Punkt (E_T) (.86) hinzuweisen ist. Betrachtet man einen Damenstrumpf (normale Beingröße) während des Tragens genau, so sieht man, daß die Kräuselung nicht völlig ausgestreckt worden ist. Wird nun der Faden während des zyklischen Tests gedehnt, so entspricht die Kräuselung bei etwa 86 % der gesamten Dehnung (E_T) ungefähr der Restkräuselung im Strumpf während des Tragens. Deshalb sind viele Meßdaten dieser Testreihe bei der Position (E_T) (.86) gemessen worden. An diesem Punkt wird auf der Erholungskurve des ersten Zyklus die Rückholkraft in Gramm ermittelt, die — wenn sie durch die Denierzahl des Filaments geteilt wird — die Rückholspannung in g/den angibt.

Beim dritten Zyklus wird — ebenfalls bei (E_T) — der Modul des Fadens gemessen, der ein Anzeiger für den Entkräuselungswiderstand in der Beanspruchungszone

des Strumpfes ist. Zusammen mit diesem Modul werden im dritten Zyklus auch noch der Entkräuselungsmodul und der Endmodul bei totaler Entkräuselung ermittelt.

Mit dem Wissen um diese Dinge ist eine qualitative Besprechung der Garneigenschaften und eine Vorhersage der Strumpfeigenschaften möglich (Abb. 15).

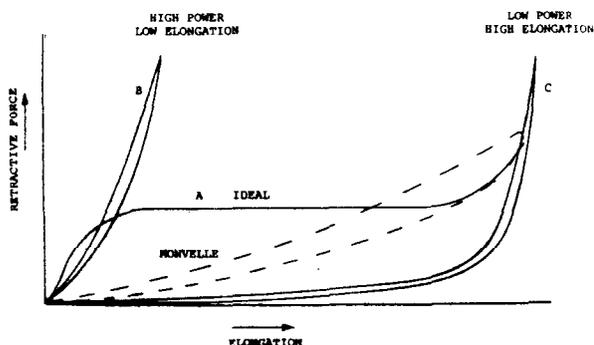


Abb. 15: Qualitative Beziehungen zwischen Faden- und Strumpfeigenschaften

Wünschenswert wäre eine Faser, die einen hohen Entkräuselungsmodul hat, um bereits bei geringer Dehnung eine hohe Rückholkraft zu erzielen. Diese Rückholkraft sollte während des Ausdehnungsvorganges konstant bleiben oder sich nur wenig erhöhen, um dann langsam anzusteigen, bis die Ausstreckung der Kräuselung bis zur vollen Länge erfolgt ist. Ein solches Verhalten würde einen Stützstrumpf ergeben, der den geforderten Vorteil „einer Größe für alle“ hätte, da die auf ein schlankes Bein ausgeübte Kraft (geringe Ausdehnung) identisch wäre mit derjenigen auf ein stärkeres Bein (hohe Ausdehnung).

Man muß dieser Sachlage die Situation der nicht-texturierten, glatten Garne gegenüberstellen, die zwar eine hohe Rückholkraft aufweisen, aber eine geringe Dehnbarkeit besitzen.

Hier müßten nur viele verschiedene Größen gestrickt werden, um all den unterschiedlichen Verhältnissen der Damenbeine gerecht zu werden.

Der umgekehrte Fall, nämlich eine hohe Dehnung und eine geringe Rückholkraft, ist dagegen heute für viele auf dem Markt befindliche Stretchgarne typisch. Daß heute einige wenige Größen für viele Beine passen, wurde nur durch eine Vernachlässigung der Rückholkraft erreicht. Für diese Garne ist ein hoher Modul bei vollständiger Entkräuselung sowie eine geringe Rückholkraft charakteristisch.

Die Beziehung zwischen den Dehnungskurven der Fäden und den Strumpfeigenschaften ist im allgemeinen wegen der sich überschneidenden Einflüsse der endgültigen Strumpfgröße auf die Trageeigenschaften recht komplex. Hält man jedoch die Strumpfgröße im ausgerüsteten Zustand konstant, so steht die Rückholkraft (gemessen in g) eines Strumpfes in direkter Beziehung zur Rückholkraft des Fadens, gemessen bei (E_T) (.86), multipliziert mit der Dehnung an diesem Punkt (Abb. 16). Diese Größe kennzeichnet die tatsächliche Rückholenergie des Fadens. Die ausgezeichneten Punkte wurden für verschiedene Titer und Volumen-

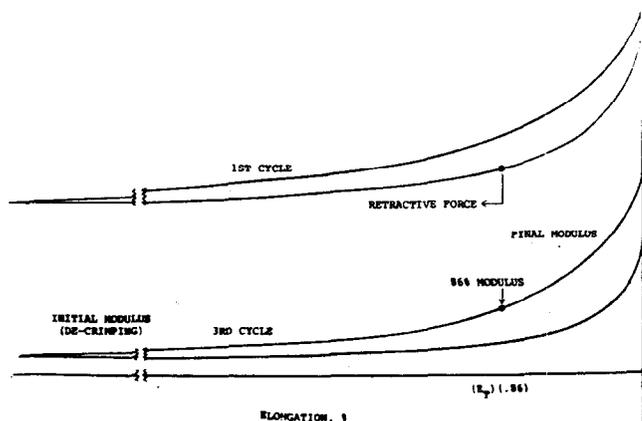


Abb. 14: Parameter des 3-Zyklentests

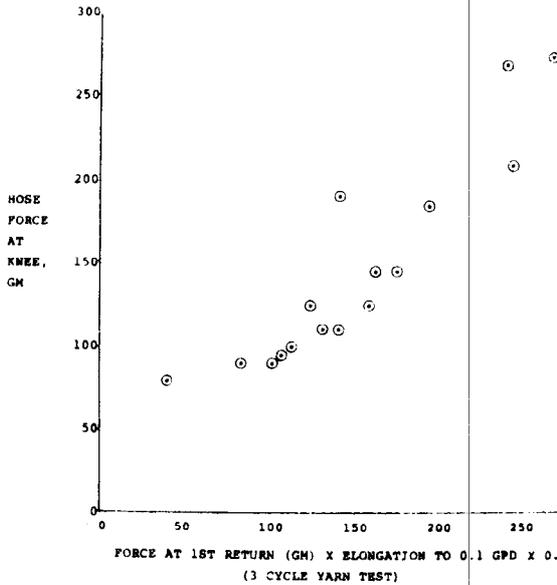


Abb. 16: Filamentrückholkraft, verglichen mit der Spannkraft des fertigen Erzeugnisses

verhältnisse der Komponenten aufgenommen und zeigen gute Übereinstimmung.

Welche Faktoren — sowohl beim Herstellen als auch beim Ausmustern — beeinflussen nun die Rückholenergie und damit die Stützkraft des Strumpfes?

Wie zu erwarten, hat die Menge an Nylon in der Faser die größte Auswirkung (Abb. 17).

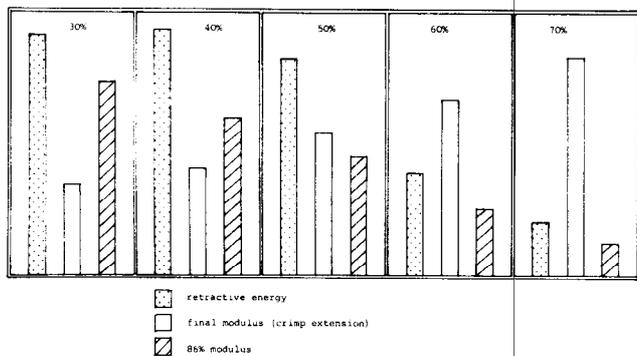


Abb. 17: Der Einfluß des Nylonanteils auf die Ergebnisse des 3-Zyklentests

Bitte beachten Sie, daß die Kurve der Rückholenergie in ähnlicher Weise abnimmt wie die früher gezeigte Kurve der theoretischen Kräuselhäufigkeit in Abhängigkeit vom prozentuellen Anteil an Hochmodulmaterial. Auch erhöht sich der Endmodul, während der Modul bei (E_T) (.86) abnimmt. Bei Abnahme des Polyurethangehalts nähert die Faser ihr Verhalten dem eines texturierten Nylon-Stretchfadens.

Eine Belastung auf dem Faden während der Kräuselbildung spielt ebenfalls eine wichtige Rolle für die Bestimmung von Faser- und Strumpfverhalten (Abb. 18). Wenn die Kraft, die während der Kräuselungsphase auf das Filament wirkt, zunimmt, sinkt die Rückholenergie, während Entkräuelungs- und End-

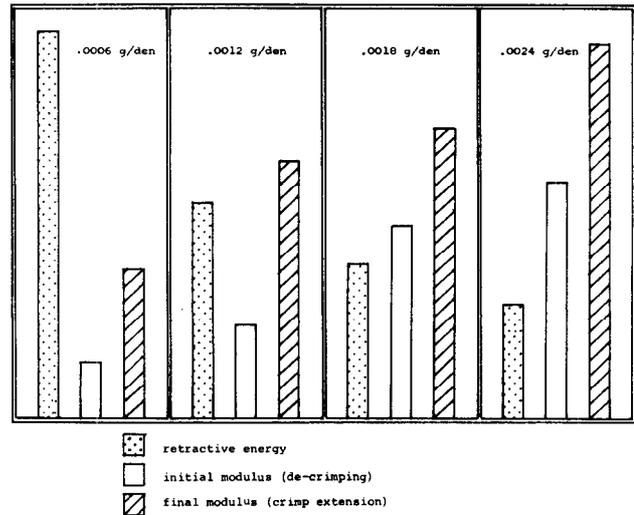


Abb. 18: Der Einfluß unterschiedlicher Belastungen beim kräuselungsbildenden Behandlungsprozeß (Relaxationsprozeß)

modul ansteigen. Die Faser nähert sich den Eigenschaften eines untexturierten, glatten Garns.

Schließlich zeigt sich der Einfluß der Badtemperatur bei einer die Kräuselung auslösenden Relaxationsbehandlung in der Form, daß sich — wenn die Temperatur erhöht wird — der Faden dem Idealverhalten nähert (Abb. 19). Die Rückholenergie und der Entkräuelungsmodul nehmen zu und der Endmodul sinkt ab.

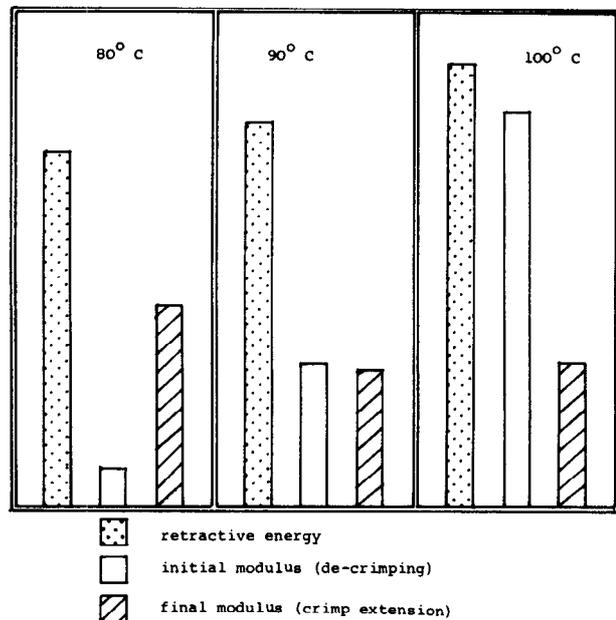


Abb. 19: Der Einfluß der Relaxationstemperatur auf den 3-Zyklentest

Zusammenfassung

Abschließend läßt sich sagen, daß wir nur einen kurzen Blick auf Monsanto's ungewöhnliche Nylon/Polyurethan-Bikomponentenfaser tun konnten

Die Einflüsse der Struktur und des Herstellungsprozesses dieser Faser auf deren Kräuselverhalten wurden sowohl theoretisch als auch praktisch untersucht und verglichen.

Diskussion

Detering: Ist es zu erwarten, daß dieses Garn als Multifilamentgarn in den Markt eingeführt wird und so in die Weberei kommt?

Moulin: Dieses Garn ist hauptsächlich für den Damenstrumpfsektor vorgesehen und eigentlich nicht für die Weberei.

Detering: Kann man damit rechnen, daß Sie einmal auch Garne aus mehreren Filamenten herstellen werden, woraus sich textile Flächengebilde machen lassen?

Moulin: Nein.

Klee: Können Sie einen Vergleich hinsichtlich des KD-Verhaltens eines normalen Stützstrumpfmateri als mit Ihrem Material anstellen, und zwar im Zusammenhang mit dem Entkräuselungswiderstand als Funktion der Dehnung für ein klassisches Umwindungsgarn im Vergleich zu dem dieses neuen Garns?

Moulin: Entschuldigen Sie, wenn ich Ihnen die Frage nur indirekt beantworte: Normalerweise sprechen wir von einem Mischgarn im Verhältnis 50 : 50. Wenn Sie nun aber

das Verhältnis auf 60 : 40 verändern oder ein anderes Verhältnis wählen, so können Sie damit im Grunde jedes beliebige, von Ihnen gewünschte KD-Verhalten erreichen, das heißt, wenn Sie beispielsweise unter einem „klassischen Garn“ ein Spandex-Garn verstehen. Man hat aber gar nicht die Absicht in den Markt von Spandex-Garnen einzudringen, um hier eine Konkurrenz zu schaffen.

Klee: Wenn Sie einen hohen Polyurethananteil haben, wie ist dann die Haltbarkeit im Vergleich zu Spandex?

Moulin: Aus unseren Trageversuchen haben wir gesehen, daß die Lebensdauer von Monvelle-Strümpfen ungefähr gleich der von Spandex-Stützstrümpfen ist, wobei zu beachten ist, daß die Tragegewohnheiten bzw. die An- und Ausziehgewohnheiten der Einzelpersonen wesentlich ins Gewicht fallen, sodaß hier ein statistischer Mittelwert errechnet werden muß.

Beispielsweise hatte ich während unserer Entwicklungsarbeiten eine eigene Gruppe von Versuchspersonen, die das Trageverhalten überprüfte. Darunter war ein Mädchen, das ein einziges Paar Strümpfe ungefähr dreimal pro Woche trug und das durch 19 Monate hindurch.

Natürlich ist das eine Ausnahme, aber damit wollte ich nur zeigen, daß Strümpfe aus Monvellefasern durchaus die Lebensdauer von den Strümpfen, die heute auf dem Markt sind, erreichen können.

Koch: Sie erwähnten verschiedene Mischverhältnisse von Polyurethan/Polyester. Überwiegt nun im Handelsprodukt der Polyurethananteil oder ist dies umgekehrt bzw. sind Garne mit verschiedenen Mischungsverhältnissen im Handel?

Moulin: Es sind nicht nur Garne im Mischverhältnis 50 : 50 auf dem Markt, sondern auch Garne im Verhältnis 60 : 40, also mit einem höheren Polyamidanteil.



Leistung

Bei Doppeldraht- und Ringzwirnmachines:

Bewältigte Technologien und optimale Wirtschaftlichkeit. Im Doppeldrahtprogramm Vorlage von Einzelspulen 2 x 83, 2 x 106, 2 x 125, 2 x 150 mm Hub. Hohe Zwirngeschwindigkeiten mit Schwenkspindeln. Niedriger Kraftverbrauch.

Präzision

Außergewöhnliche Dauertüchtigkeit aller Aggregate, Stetige Weiterentwicklung des gesamten Hamel-Programms. Für Doppeldrahtzwirnmachines regelbare, kontinuierliche Avivierung. Preßluftfadeneinzug. Neues Paraffiniersystem.

Zukunft

Wirksame Geräuschkämpfung. Transportvereinfachung für Garnmaterial. Anschluß an Produktionsüberwachungssysteme. Kaum Service-Aufwand.

Fragen Sie uns nach allen Details für alle Zwirnaufgaben.

Hamel G.m.b.H.
Postfach 34 60
D-4400 Münster (Westf.)
Telefon 02 51 / 7 99 88
Fernschreiber 08 92 815

HAMEL

Die während der Torsionstexturierung bei Verwendung einer Kontaktheizung erfolgende Wärmeübertragung

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. h. c. Walther Wegener, F. T. I. und Dr.-Ing. Liberto Coll-Tortosa
 Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen, Aachen (Direktor: Professor Dr.-Ing. Lünenschloß)

Es gibt bislang keine exakten, für die Praxis verwendbaren Abhandlungen hinsichtlich der Wärmeübertragung während der Torsionstexturierung unter Verwendung einer Kontaktheizung.

Diese Lücke wird durch den nachfolgenden Artikel geschlossen. An Hand eines mathematischen Modells und der durchgeführten Untersuchungen konnten die bei der Erwärmung des Fadens entstehenden Fadentemperaturen berechnet werden.

So far there have existed no practically applicable treatises on heat-transfer during torsion texturizing using contact heating.

This gap will be closed by the following article. By means of a mathematic model and completed tests, the fibre temperatures resulting from heating the fibre could be calculated.

1. Einleitung

Die bisher gewonnenen Erkenntnisse über die in der Heizstrecke vorhandenen Fadentemperaturen sind Ergebnisse experimenteller Untersuchungen, die von den vorbestimmten Versuchsbedingungen abhängen und deshalb eine begrenzte Aussagekraft haben. Mit diesen Untersuchungen werden zwar Erkenntnisse über das Erwärmungsverhalten der Fadenoberfläche gewonnen, wie aber die Erwärmung der inneren Fadenschichten vor sich geht und von welchen Einflußfaktoren sie hauptsächlich abhängt, das geht aus solchen Untersuchungsergebnissen nicht hervor.

Mit der Entwicklung leistungsfähiger Drallgeberaggregate, beispielsweise Friktionsaggregate, sind extrem hohe Fadengeschwindigkeiten erreicht worden, wodurch die Benutzung von extrem langen Heizkörpern notwendig geworden ist. Aus räumlichen und wirtschaftlichen Gründen ist die Verwendung solcher extrem langer Heizkörper nicht immer zu vertreten. Nach dem heutigen Entwicklungsstand ist es notwendig, den thermomechanischen Texturierungsprozeß zu optimieren, um mit einer minimalen Verweilzeit, das heißt mit der minimalen Heizkörperlänge, eine maximale Wirksamkeit der zwischen dem Heizungssystem und dem Faden erfolgenden Wärmeübertragung zu erzielen. Dies erfordert genaue Kenntnisse über die während der Erwärmung des Fadens vorhandenen Wechselbeziehungen zwischen den calorimetrischen Gegebenheiten des Fadens, über den Wärmeübergang beim verwendeten Heizungssystem und über das sich im Fadenquerschnitt ergebenden Temperaturgefälle.

2. Aufgabenstellung

Es ist die während des Texturierungsvorgangs erfolgende Wärmeübertragung analytisch zu untersuchen. Zu diesem Zweck sollen anhand eines mathematischen Modells der entlang einer Kontaktheizung entstehende zeitabhängige Verlauf der Fadenoberflächentemperatur und das Temperaturgefälle im Fadenquerschnitt untersucht werden. Für die Untersuchung sind ein Polyester- und ein Polyamidfadenmodell vorgesehen.

Begriffe und Symbole

\dot{Q}_{kont} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$]	.....	Durch Wärmeleitung in der Längeneinheit vorhandener Wärmefluss
\dot{Q}_{konv} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$]	.....	In der Längeneinheit vorhandener konvektiver Wärmefluss
Q [$\text{W}\cdot\text{s}$]	.....	Während der Fadenerwärmung in der Heizstrecke übertragene Konvektions- und Leitungswärme
Q_y [$\text{W}\cdot\text{s}$]	.....	Während der Fadenerwärmung in der Heizstrecke übertragene Konvektions- und Leitungswärme (Y-Richtung)
Q_r [$\text{W}\cdot\text{s}$]	.....	Während der Fadenerwärmung in der Heizstrecke übertragene Konvektions- und Leitungswärme (r-Richtung)
η, ξ [cm]	.....	Koordinaten
r [μm], φ [rad], y [cm]	.....	Zylinderkoordinaten
t, t_H [ms]	.....	Zeiten
α [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{O}^\circ\text{C}^{-1}$]	.....	Wärmeübergangszahl (rein konvektiv)
α_{H} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{O}^\circ\text{C}^{-1}$]	.....	Wärmeübergangszahl (Konvektions- und Leitungsanteil)
λ_{H} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{O}^\circ\text{C}^{-1}$]	.....	Wärmeleitfähigkeit der Heizstrecke
λ_{L} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{O}^\circ\text{C}^{-1}$]	.....	Wärmeleitfähigkeit der Luft
λ_{F} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{O}^\circ\text{C}^{-1}$]	.....	Wärmeleitfähigkeit des verwendeten Fasermaterials
λ_{F}^* [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{O}^\circ\text{C}^{-1}$]	.....	Verringerte Wärmeleitfähigkeit des Fadens infolge der Wärmetransportstörungen zwischen den Filamenten
c_F [$\text{W}\cdot\text{s}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{O}^\circ\text{C}^{-1}$]	.....	Spez. Wärme des verwendeten Fasermaterials
ρ_F [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	.....	Dichte des verwendeten Fasermaterials
$\vartheta_{\text{H}}(\eta)$ [$^\circ\text{C}$]	.....	Heizkörperpertemperatur
$\vartheta_{\text{H}0}$ [$^\circ\text{C}$]	.....	Heizungsoberflächentemperatur $\vartheta_{\text{H}}(\eta = 0)$
$\vartheta(x, \varphi, y, t)$ [$^\circ\text{C}$]	.....	Fadentemperatur
$\vartheta_{\text{F}0}$ [$^\circ\text{C}$]	.....	Fadenoberflächentemperatur $\vartheta(x = R, y, t)$
ϑ_0 [$^\circ\text{C}$]	.....	Fadentemperatur vor Einlauf in die Heizstrecke $\vartheta(t = 0)$
$\vartheta_{\text{L}}(\xi)$ [$^\circ\text{C}$]	.....	Lufttemperatur in der Umgebung des gedrehten Fadens
ϑ_{L} [$^\circ\text{C}$]	.....	Lufttemperatur im Raum
ϑ_{Fm} [$^\circ\text{C}$]	.....	Temperatur im Kern des Fadens $\vartheta(x = 0, y, t)$
$\vartheta_{\text{H}0}^*$ [$^\circ\text{C}$]	.....	Heizungsoberflächentemperatur $\vartheta_{\text{H}}(\eta = 0)$ beim Fadenlauf
$\theta(x, \varphi, y, t)$ [$^\circ\text{C}$]	.....	Fadentemperaturdifferenz zwischen der betrachteten Koordinate und der Heizungsoberflächentemperatur
θ_0 [$^\circ\text{C}$]	.....	Fadentemperaturdifferenz $\vartheta_{\text{H}0} - \vartheta_0$
δ_K [m]	.....	Kontaktbreite zwischen der Heizungs- und der Zwirownoberfläche
δ^*_{L} [mm]	.....	Hypothetische laminare Luftfilmdicke
ΔV [cm^3]	.....	Faden volumenelement $r\cdot\Delta\varphi\cdot\Delta y$
l_y [cm]	.....	Jeweilige aufgedrehte Fadenlänge bei der Stelle y
l_{H} [m]	.....	Minimal erforderliche Heizschienenlänge
R [μm}]	.....	Zwirnradius
k.....	.....	Ordnungszahl
$E(y)$ [%]	.....	Einzwirnung des gedrehten Fadens
\bar{E} [%]	.....	Mittlere Einzwirnung des gedrehten Fadens
ω_Z [s^{-1}]	.....	Winkelgeschwindigkeit des gedrehten Fadens
v_U [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	.....	Umfangsgeschwindigkeit der Fadenoberfläche
$v(\xi)$ [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	.....	Umfangsgeschwindigkeit der die Fadenoberfläche umgebenden Luftschichten
v_A [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	.....	Abzugsgeschwindigkeit
$p(x), q(t)$.....	.....	Variable
ω, ω_k [m^{-2}]	.....	Parameter
ϵ_F.....	.....	Emissionsgrad des Fadens
$J_0(\omega_k \cdot x), J_1(\omega_k \cdot x)$.....	.....	Bessel'sche Funktionen
Tt [dTex].....	.....	Fadenfeinheit
t_{Hmin} [ms].....	.....	Minimal erforderliche Verweilzeit des Fadens in der Heizstrecke
VP.....	.....	Verzierungspunkt

3. Die zwischen der Heizungs- und der Fadenoberfläche erfolgende Wärmeübertragung

Die Berechnung der unter dem Einfluß eines Temperaturgefälles übertragenen Wärmemenge in die Fadenmasse, um deren Temperatur zu erhöhen, ist im Vergleich zu anderen technischen Problemen schwierig, da eine theoretische Untersuchung der Wärmeübertragung nur mit Hilfe von wenigen einfachen Modellen gelungen ist. In dem besonderen Fall, bei dem ein Kreiszyylinder (gedrehter Faden) einer Rotations- und einer Axialbewegung unterworfen ist und zum Teil in Kontakt mit der Heizschiene und mit den umgebenden Luftschichten steht, wird jede analytische Untersuchung der Vorgänge dadurch erschwert, daß Wärme auf mehrere Arten befördert wird, die jeweils verschiedenen Gesetzmäßigkeiten unterliegen.

Die bei Verwendung einer Kontaktheizung stattfindende Wärmeübertragung auf den Faden erfolgt grundsätzlich nach drei Arten:

- a) Die Wärmeübertragung durch eine direkte Leitung von der Heizkörper- zur Fadenoberfläche.

Bei dieser Wärmeübertragung ist eine maximale Erwärmung des Fadens gegeben, da die jeweiligen Temperaturen der Faden- und Heizkörperoberfläche miteinander übereinstimmen. Wie aus der Abbildung 1 hervorgeht, ist hier die Wärmeübertragung durch die Wärmeleitung relativ gering, da

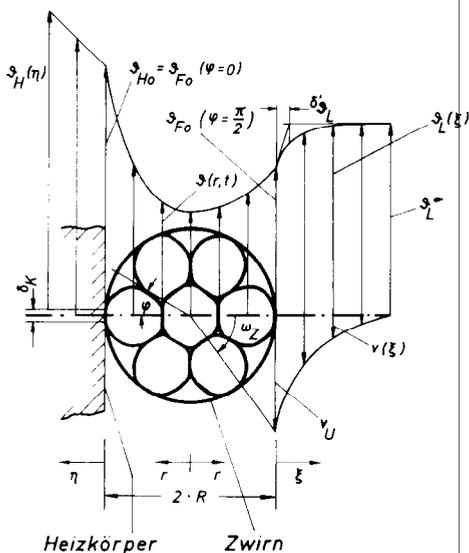


Abb. 1: Schematische Darstellung des Fadens während seiner Erwärmung auf dem Kontaktheizkörper.

die gemeinsame Berührung der Zwirn- und Heizkörperoberfläche durch die, bezogen auf den Zwirnumfang, relativ kleine Kontaktbreite δ_K gegeben ist. Der Wärmetransport durch Leitung erfolgt nach dem Fourierschen Gesetz. Der in der Längeneinheit vorhandene Wärmefluß ist dem in der Querschnittsfläche entstehenden Temperaturgefälle und der gemeinsamen Berührungsbreite δ_K proportional. Sie lautet:

$$\dot{Q}_{Kont} = -\lambda_H \cdot \delta_K \cdot [\text{grad } \vartheta_H(\eta)]_{\eta=0} \cdot 10^{-4} \quad [W \cdot m^{-1}] \quad (1)$$

- b) Die konvektive Wärmeübertragung durch die Berührung der Zwirnoberfläche mit heißer Luft.

Bedingt durch die Rotationsbewegung des gedrehten Fadens, wird die Zwirnoberfläche in Berührung mit den umgebenden Luftschichten gebracht (Abb. 1). Der durch diese Luftschichten stattfindende Wärmetransport hängt hauptsächlich von dem Verlauf der Luftgeschwindigkeit $v(\xi)$ in unmittelbarer Nähe der Zwirnoberfläche ab. Die beim Wärmeaustauschvorgang gültige Gleichung für den in der Längeneinheit vorhandenen Wärmefluß lautet¹:

$$\dot{Q}_{Konv} = \alpha \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot (\vartheta_L - \vartheta_{Fo}) \cdot 10^{-6} \quad [W \cdot m^{-1}] \quad (2)$$

wobei

$$\alpha = \frac{\lambda_L}{\delta'_\delta_L} \cdot 10^3 \quad [W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}]$$

Die laminare Luftfilmdicke δ'_δ_L nimmt mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit der Zwirnoberfläche ab und ist unter anderem von deren Rauigkeit abhängig. Wie aus der Gleichung 2 hervorgeht, nimmt die zugeführte Wärmemenge \dot{Q}_{Konv} mit niedriger werdender Luftfilmdicke δ'_δ_L entsprechend zu. Im vorliegenden Fall ist die Umfangsgeschwindigkeit der Zwirnoberfläche trotz der großen Drehfrequenz des gedrehten Fadens relativ gering, sodaß die konvektive Wärmeübertragung dadurch gemindert wird. Trotz allem ist mit einem überwiegenden Konvektionsanteil zu rechnen, da die Kontaktzeit des gedrehten Fadens mit der Heizkörperoberfläche nur einen Bruchteil der Berührungszeit mit den ihn umgebenden Luftschichten beträgt.

- c) Die Wärmeübertragung durch die von der Heizkörperoberfläche emittierte Infrarotstrahlung.

Die vom Faden durch die Infrarotstrahlung absorbierte Wärmemenge ist der vierten Potenz der absoluten Temperatur der Heizkörperoberfläche proportional. Voruntersuchungen haben gezeigt, daß, bedingt durch den niedrigen Fadendurchmesser, diese Art der Wärmeübertragung — im Gegensatz zur Konvektion und zum Kontakt — bei den normalerweise vorhandenen Heizkörperoberflächentemperaturen gering ist und vernachlässigt werden kann.

Aus den besprochenen Vorgängen wird offenbar, daß der Wärmetransport durch die gleichzeitige Beteiligung der zwischen der Heizungs- und der Fadenoberfläche bestehenden Wärmeleitung und durch die zwischen den umgebenden Luftschichten und der Fadenoberfläche vorhandenen Konvektion erfolgt. Bei der Untersuchung des unter Verwendung von Kontaktheizkörpern entstehenden Wärmetransportes ist es vorteilhaft, den beim Aufheizen des Fadens stattfindenden Vorgang nach den Gesetzen des konvektiven Wärmeübertrags zu erfassen, indem die an der Zwirnoberfläche herrschende Umgebungstemperatur ϑ_L der Oberflächentemperatur ϑ_{Ho} der Heizschiene gleichgesetzt wird. Für diese Annahme wird vorausgesetzt, daß der in die Fadenmasse erfolgende Wärmetransport unabhängig vom Winkel φ ist, sodaß, im Gegensatz zu dem in der Abbildung 1 angegebenen Schema, die Isothermen im Zwirnquerschnitt durch konzentrische Kreise mit dem Radius r eingezeichnet werden können.

Dies trifft beim Vorgang der Wärmeübertragung unter Verwendung gewöhnlicher Kontaktheizungssysteme nicht exakt zu. Bedingt durch diese Vereinfachung ist es jedoch möglich, die während der Aufheizung des Fadens erfolgende Wärmeübertragung analytisch zu untersuchen.

Zur Zeit $t = 0$ hat der Faden überall die einheitliche Raumtemperatur $\vartheta(r, t = 0) = \vartheta_0$. Die während des Fadenaufheizens in der Heizstrecke übertragene Wärmemenge ergibt sich aus der von Newton entwickelten Beziehung:

$$dQ = [\alpha_H \cdot (\vartheta_{H0} - \vartheta(r, t))]_{r=R} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot dy \cdot dt \cdot 10^{11} \quad [W \cdot s] \quad (3)$$

Mit der Wärmeübergangszahl α_H werden die jeweiligen besonderen Bedingungen des Wärmeüberganges erfaßt. Die Wärmeübergangszahl α_H ist unter anderem eine Funktion der gewählten Abmessungen der Heizungsfläche und der Gegebenheiten der die Zwirnfäche umgebenden Luftschichten hinsichtlich ihres Strömungsbildes, ihrer Temperaturverteilung und ihrer physikalischen Kenngrößen. Die theoretische Untersuchung der unter diesen Umständen übertragenen Wärmemengen, die verschiedenen Gesetzmäßigkeiten unterliegen, ist eine schwierige Aufgabe. In der Fachliteratur werden einfache Modelle angeboten, mit deren Hilfe die näherungsweise Berechnung des Wärmeübergangs möglich ist². Beim vorliegenden Fall, bei dem der Wärmeübergang sowohl durch Wärmeleitung (direkte Berührung der Heizung mit der Fadenoberfläche) als auch durch konvektive Wärmeübertragung gekennzeichnet ist, wird auf eine solche theoretische Berechnung verzichtet, sodaß die Bestimmung des Wärmeübergangs aus den empirisch ermittelten Fadenoberflächentemperaturen erfolgt.

Die unter Verwendung von Konvektions- oder Kontaktheizungssystemen bekannt gewordenen Werte von Wärmeübergangszahlen sind teilweise nicht richtig. Sie wurden lediglich aus Ergebnissen der vor und hinter dem Heizungssystem durchgeführten Messungen der Fadenoberflächentemperaturen bestimmt³⁻⁶. Während der Verweilzeit, in welcher sich der Faden im Heizungssystem befindet und auf die Texturierungstemperatur gebracht wird, sind sowohl strukturelle Umwandlungen der Faserstoffe als auch eine Änderung des Aggregatzustandes, der Faserfeuchtigkeit und der Präparationsmittel zu erwarten. Ist dies der Fall, so wird die Erwärmung des Fadens davon beeinträchtigt, sodaß sich bei der Berechnung der Wärmeübergangszahl α_H eine von den Eigenschaften der Faserstoffe und von dem Verhalten der Begleit-substanzen (Faserfeuchtigkeit und Präparationsmittel) abhängige Wärmeübergangszahl ergibt.

Gerade dies soll vermieden werden, da die Wärmeübergangszahl nicht eine Funktion der physikalischen Kenngrößen der Fadensubstanzen ist, sondern von dem Heizungssystem und von der Art der unmittelbar die Zwirnoberfläche umgebenden Luftströmungen abhängt, wobei zu bemerken ist, daß die Wärmeübergangszahl außerdem von der Rauigkeit der Zwirnoberfläche, von den Abmessungen, von der Umfangsgeschwindigkeit der Zwirnoberfläche und von dem Strömungsbild der sie umgebenden Luftschichten beeinflusst wird. Nach unserer Ansicht sollten die im Heizungssystem vorliegenden Gesetzmäßigkeiten mit den dazugehörigen thermischen Kenngrößen getrennt

von denen des Fadens und der ihn begleitenden Präparationsmittel behandelt werden.

Der durch Wärmeleitung vollzogene Wärmetransport durch die Zwirnoberfläche kann durch das Fouriersche Gesetz bestimmt werden. Die übertragene Wärmemenge ist¹:

$$dQ = - \left[\lambda_F \cdot \frac{\partial \vartheta(r, t)}{\partial r} \right]_{r=R} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot dy \cdot dt \cdot 10^{-5} \quad [W \cdot s] \quad (4)$$

Der Proportionalitätsfaktor λ_F wird als Wärmeleit-zahl bezeichnet. Er ist eine physikalische Größe des Stoffes und ein Maß für die Wärmeleitung⁷.

Das Gleichsetzen der Gleichungen 3 und 4 führt zu der räumlichen Grenzbedingung:

$$\left[\frac{\partial \vartheta(r, t)}{\partial r} \right]_{r=R} = - \frac{\alpha_H}{\lambda_F} \cdot [\vartheta_{H0} - \vartheta(r, t)]_{r=R} \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

Die Gesamtwärmemenge, die im Volumenelement ΔV eines Fadens in der Zeit Δt verblieben ist, lautet (Abb. 2):

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \Delta Q_y + \Delta Q_r, \quad \text{wobei} \quad (6) \\ \Delta Q_y &= -Q_y + (Q_y + \Delta Q_y) \\ &= \lambda_F \cdot r \cdot \Delta \vartheta \cdot \Delta r \cdot \frac{\partial \vartheta(r, y, t)}{\partial y} \cdot 10^{-13} \cdot \Delta t \\ &\quad - \lambda_F \cdot r \cdot \Delta \vartheta \cdot \Delta r \cdot \left[\frac{\partial \vartheta(r, y, t)}{\partial y} + \frac{\partial^2 \vartheta(r, y, t)}{\partial y^2} \cdot \Delta y \right] \cdot 10^{-13} \cdot \Delta t \\ \text{und} \\ \Delta Q_r &= -Q_r + (Q_r + \Delta Q_r) \\ &= \lambda_F \cdot r \cdot \Delta \vartheta \cdot \Delta y \cdot \frac{\partial \vartheta(r, y, t)}{\partial r} \cdot 10^{-5} \cdot \Delta t \\ &\quad - \lambda_F \cdot (r + \Delta r) \cdot \Delta \vartheta \cdot \Delta y \cdot \left[\frac{\partial \vartheta(r, y, t)}{\partial r} + \frac{\partial^2 \vartheta(r, y, t)}{\partial r^2} \cdot \Delta r \right] \cdot 10^{-5} \cdot \Delta t. \end{aligned}$$

Werden die Glieder auf der rechten Seite der Glei-

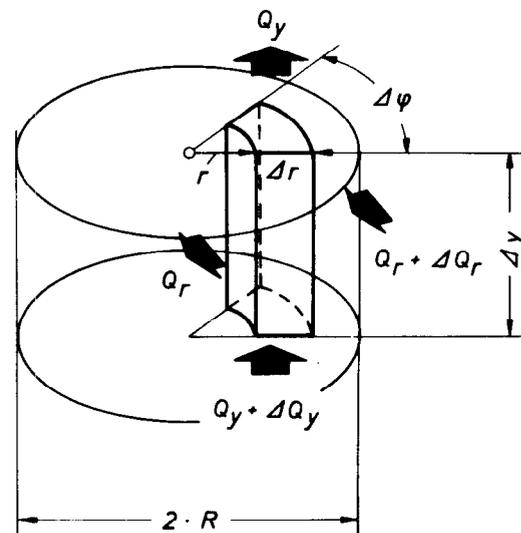


Abb. 2: Schematische Darstellung der in einem Volumenelement des gedrehten Fadens fließenden Wärmemengen.

chung (6) zusammengefaßt, ergibt sich daraus folgende Differentialgleichung:

$$\Delta Q = -\lambda_F \cdot \Delta V \cdot \left[\frac{\partial^2 \vartheta(r,y,t)}{\partial y^2} \cdot 10^{-8} + \frac{\partial^2 \vartheta(r,y,t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \vartheta(r,y,t)}{\partial r} \right] \cdot 10^{-5} \Delta t \quad [W \cdot s] \quad (7)$$

Infolge der übertragenen Wärmemenge erhöht sich die Temperatur und folgedessen der Wärmehalt (Enthalpie) des Volumenelementes ΔV um die Größe:

$$\Delta Q = c_F \cdot \varrho_F \cdot \Delta V \cdot \frac{\partial \vartheta(r,y,t)}{\partial t} \cdot 10^{-8} \Delta t \quad [W \cdot s] \quad (8)$$

Durch das Gleichsetzen der Gleichungen (7) und (8) ergibt sich die von Fourier-Kirchhoff entwickelte Differentialgleichung der Wärmeleitung:

$$\frac{\partial \vartheta(r,y,t)}{\partial t} = -a \left[\frac{\partial^2 \vartheta(r,y,t)}{\partial y^2} + \left(\frac{\partial^2 \vartheta(r,y,t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \vartheta(r,y,t)}{\partial r} \right) \cdot 10^6 \right] \left[\frac{^\circ C}{s} \right] \quad (9)$$

wobei

$$a = \frac{\lambda_F}{c_F \cdot \varrho_F} \cdot 10^{-2} \quad [cm^2 \cdot s^{-1}]$$

Unter der Annahme, daß das Temperaturgefälle in axialer Richtung des laufenden Fadens gegenüber dem in radialer Richtung vernachlässigt werden kann, tritt eine Vereinfachung der Fourier-Kirchhoffschen Differentialgleichung ein. Sie lautet:

$$\frac{\partial \vartheta(r,t)}{\partial t} = -a \cdot \left[\frac{\partial^2 \vartheta(r,t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \vartheta(r,t)}{\partial r} \right] \cdot 10^6 \left[\frac{^\circ C}{s} \right] \quad (10)$$

Zur Vereinfachung der Berechnung wird anstelle der örtlichen Fadentemperatur $\vartheta(r, t)$ die jeweilige Temperaturdifferenz $\Theta(r, t)$ zwischen der betrachteten Koordinate und der Heizungsoberflächentemperatur ϑ_{Ho} gebildet:

$$\Theta(r,t) = \vartheta_{Ho} - \vartheta(r,t) \quad [^\circ C] \quad (11)$$

Wird die Gleichung (11) in die Gleichung (10) eingesetzt, so ergibt sich die Differentialgleichung:

$$\frac{\partial \Theta(r,t)}{\partial t} = -a \cdot \left[\frac{\partial^2 \Theta(r,t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \Theta(r,t)}{\partial r} \right] \cdot 10^6 \left[\frac{^\circ C}{s} \right] \quad (10a)$$

mit der Oberflächenbedingung:

$$\left[\frac{\partial \Theta(r,t)}{\partial r} \right]_{r=R} = - \frac{\alpha_H}{\lambda_F} \cdot \Theta(r,t) \Big|_{r=R} \cdot 10^{-6} \left[\frac{^\circ C}{\mu m} \right] \quad (5a)$$

und der zeitlichen Bedingung:

$$\Theta(r, t = 0) = \vartheta_{Ho} - \vartheta_0 = \Theta_0$$

Zur Lösung der Differentialgleichung wird der Bernoullische Produktansatz:

$$\Theta(r,t) = p(r) \cdot q(t) \quad (12)$$

angewendet⁹. Durch das Einsetzen der Gleichung (12) in die Gleichung (10 a) und durch die Trennung der Variablen ergeben sich folgende durch den freien Parameter ω^2 gekoppelte Differentialgleichungen:

$$\frac{1}{q(t)} \cdot \frac{\partial q(t)}{\partial t} + a \cdot \omega^2 \cdot 10^5 = 0 \quad \text{und} \quad (13a)$$

$$\frac{\partial^2 p(r)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial p(r)}{\partial r} + p(r) \cdot \omega^2 = 0 \quad (13b)$$

Die allgemeine Lösung der ersten Differentialgleichung lautet:

$$q(t) = D \cdot \exp(-\omega^2 \cdot a \cdot t \cdot 10^5) \quad (14)$$

Die Lösung der zweiten Differentialgleichung ergibt sich aus einer für alle r-Werte konvergierenden Reihe. Die Funktion, die durch diese definiert wird, heißt Besselsche Funktion nullter Ordnung. Sie lautet¹⁰:

$$p(r) = 1 - \frac{(\omega \cdot r)^2}{2^2} + \frac{(\omega \cdot r)^4}{2^2 \cdot 4^2} - \frac{(\omega \cdot r)^6}{2^2 \cdot 4^2 \cdot 6^2} + \dots \equiv Jo(\omega \cdot r) \quad (15)$$

Daraus ergibt sich die Lösung:

$$\Theta(r,t) = D \cdot \exp(-\omega^2 \cdot a \cdot t \cdot 10^5) \cdot Jo(\omega \cdot r) \quad [^\circ C] \quad (16)$$

der in der Gleichung (10 a) angegebenen Differentialform der Wärmeleitungsgleichung. Aus den unendlich vielen Teillösungen läßt sich die allgemeine Lösung für die Wärmeleitungsgleichung zusammensetzen. Diese lautet nach Gröber, Erk und Grigull¹¹:

$$\Theta(r,t) = \sum_{k=1}^{\infty} D_k \cdot \exp(-\omega_k^2 \cdot a \cdot t \cdot 10^5) \cdot Jo(\omega_k \cdot r) \quad [^\circ C] \quad (17)$$

wobei die Koeffizienten D_k nach der Beziehung:

$$D_k = \frac{2 \cdot \Theta_0}{(\omega_k \cdot R)} \cdot \frac{J_1(\omega_k \cdot R)}{Jo^2(\omega_k \cdot R) + J_1^2(\omega_k \cdot R)} \quad [^\circ C]$$

zu bestimmen sind. Durch Einsetzen der Gleichung (16) in die Gleichung (5 a) wird die Beziehung:

$$\left[\frac{\partial}{\partial r} Jo(\omega \cdot r) \right]_{r=R} = - \frac{\alpha_H}{\lambda_F} \cdot [Jo(\omega \cdot r)]_{r=R} \cdot 10^{-6} \left[\frac{\mu m^{-1}}{^\circ C} \right]$$

abgeleitet. Dies ergibt nach Gröber, Erk und Grigull¹¹ die transzendente Gleichung:

$$(\omega \cdot R) \cdot J_1(\omega \cdot r) = \left(\frac{\alpha_H}{\lambda_F} \cdot R \cdot 10^{-6} \right) \cdot Jo(\omega \cdot R) \quad (18)$$

welche zur Ermittlung des freien Parameters ω verwendet wird.

In den Abbildungen 3 bis 5 und 6 bis 8 sind einige Untersuchungsergebnisse der nach Gleichung (17) berechneten Fadenoberflächentemperaturen in Abhän-

gigkeit von der Erwärmungszeit t_H in der Heizstrecke dargestellt. Um die beim Aufheizen des Fadens herrschenden thermischen Gesetzmäßigkeiten zu veranschaulichen, wurden einige Parameter, beispielsweise die Wärmeübergangszahl α_H , das Radiusverhältnis r/R , der Verlauf der Heizungsoberflächentemperatur ϑ_{Ho} entlang der Heizstrecke und die Wärmeleitfähigkeit λ_F des Faserstoffes, variiert. Bei der Berechnung der Fadentemperaturen wurde vorausgesetzt, daß die Stoffwerte der Wärmeleitfähigkeit λ_F , der spezifischen Wärme c_F und der Dichte ρ_F während der in der Heizstrecke erfolgenden Erwärmung des Fadens konstant bleiben. Hierfür fanden zwei Zwirnmodelle, ein Polyamidmodell (PA-Modell) und ein Polyestermodell (PES-Modell) Verwendung. Sowohl der zeitabhängige Verlauf der Fadenoberflächentemperatur ϑ_{Fo} , als auch das zeitabhängige Temperaturverhältnis $\vartheta_{Fm}/\vartheta_{Fo}$ ist für zwei in der Praxis übliche Wärmeübergangszahlen $\alpha_H = 700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$ und $\alpha_H = 1200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$ aus den Abbildungen 3 und 4 zu ersehen. Die Fadenoberflächentemperatur ϑ_{Fo} nimmt mit steigender Erwärmungszeit t_H zu und erreicht bei $t_H \rightarrow \infty$ die Heizungsoberflächentemperatur ϑ_{Ho} . Beim Beginn des Aufheizens des Fadens ($t = 0$) herrscht im gesamten Querschnitt des gedrehten Fadens die Raumtemperatur ϑ_1 , sodaß das Temperaturverhältnis $\vartheta_{Fm}/\vartheta_{Fo}$ den Wert 1,0 hat. Durch die Berührung des Fadens mit der heißen Umgebung erwärmen sich zunächst die außen liegenden Fadenschichten. Dadurch entsteht im Garnquerschnitt ein Temperaturgefälle, das den Wärmetransport von

den außen nach den innen liegenden Fadenschichten verursacht. Allmählich wird auch der Fadenkern aufgeheizt, sodaß das Temperaturverhältnis $\vartheta_{Fm}/\vartheta_{Fo}$ zunächst abnimmt und nach einem weiteren Ausgleich der im Fadenquerschnitt herrschenden Temperaturunterschiede bei $t = \infty$ den Wert 1,0 anstrebt (Abb. 3 und 4).

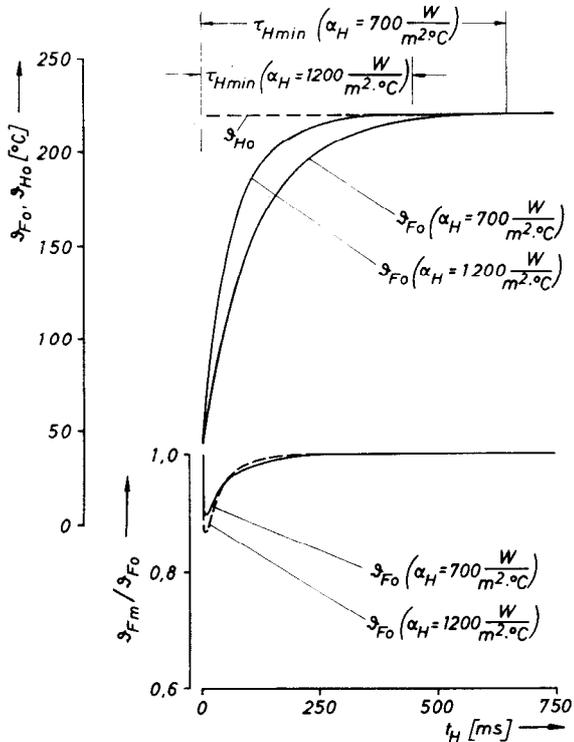


Abb. 4: Verlauf der analytisch ermittelten Fadenoberflächentemperatur ϑ_{Fo} und des Temperaturverhältnisses $\vartheta_{Fm}/\vartheta_{Fo}$ in Abhängigkeit von der Erwärmungszeit t_H und von der Wärmeübergangszahl α_H (PES-Fadenmodell, 167 dtex).

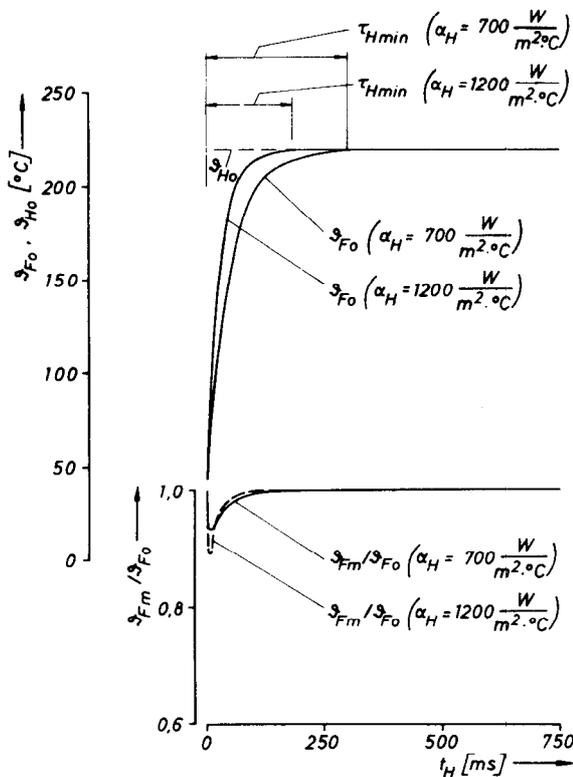


Abb. 3: Verlauf der analytisch ermittelten Fadenoberflächentemperatur ϑ_{Fo} und des Temperaturverhältnisses $\vartheta_{Fm}/\vartheta_{Fo}$ in Abhängigkeit von der Erwärmungszeit t_H und von der Wärmeübergangszahl α_H (PA-Fadenmodell, 20 dtex).

Im vorliegenden Fall wird davon ausgegangen, daß der Vorgang des Temperaturausgleichs bereits abgeschlossen ist, wenn die relative Differenz der an der Heizungs- und der Fadenoberfläche herrschenden Temperaturen 0,1 % beträgt. Die hierzu in der Heizstrecke erforderliche Verweilzeit des Fadens ist mit τ_{Hmin} bezeichnet (Abb. 3 und 4). Das zeitabhängige Verhalten des im Faden vorkommenden Temperaturausgleichs ist aus der Abbildung 5 zu ersehen, in der das Temperaturverhältnis $\vartheta(r)/\vartheta_{Fo}$ in Abhängigkeit vom Radiusverhältnis r/R für das PES-Modell graphisch dargestellt ist.

Wie aus den Untersuchungsergebnissen hervorgeht, treten erst nach Beginn des Erwärmungsvorganges die größten Temperaturgradienten auf, sodaß im vorliegenden Fall nach einer Erwärmungszeit von 20 ms die im Fadenkern herrschende Temperatur weniger als 90 % der an der Fadenoberfläche herrschenden Temperatur beträgt. Nach einer weiteren Erwärmungszeit t_H wird das im Faden vorhandene Temperaturgefälle langsam abgebaut, sodaß nach einer Erwärmungszeit zwischen $t_H = 300 \text{ ms}$ und $t_H = 400 \text{ ms}$ ein für die Praxis ausreichender Ausgleich der im

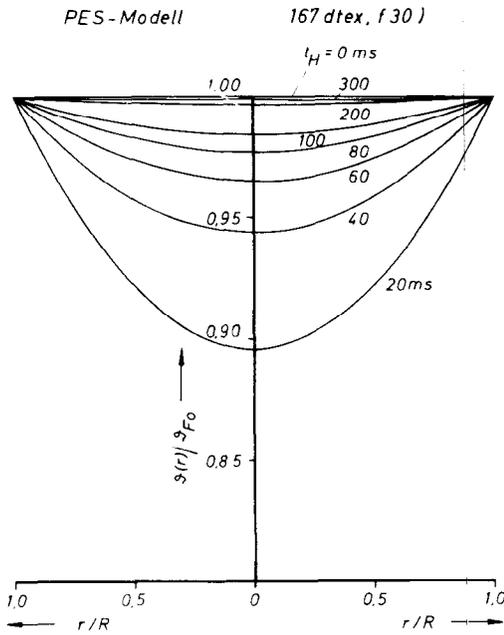


Abb. 5: Temperaturverhältnis $\vartheta(r)/\vartheta_{Fo}$ in Abhängigkeit vom Radienverhältnis r/R und von der Erwärmungszeit t_H (PES-Fadenmodell, 167 dtex, 30 f).

Faden herrschenden Temperaturen vorausgesetzt werden kann.

Eine Verschlechterung des zwischen dem Wärmeträger und der Fadenoberfläche erfolgenden Wärmetransportes durch eine Verkleinerung der Wärmeübergangszahl von $\alpha_H = 1200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$ auf $\alpha_H = 700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$ hat eine langsamere Fadenaufheizung zur Folge, sodaß die erforderliche minimale Verweilzeit τ_{Hmin} entsprechend größer wird (Abb. 3 und 4).

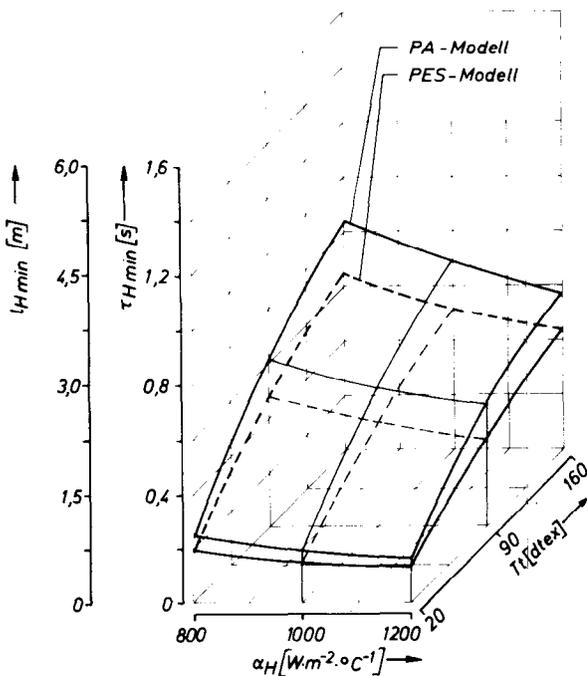


Abb. 6: Minimal erforderliche Verweilzeit τ_{min} in Abhängigkeit von der Wärmeübergangszahl α_H , von der Fadenfeinheit Tt und vom Fadenmodell.

Bedingt durch eine schnellere Erwärmung der Fadenoberfläche, treten im Fadenquerschnitt erst nach Beginn des Erwärmungsvorgangs größere Temperaturunterschiede auf, sodaß das Temperaturverhältnis $\vartheta_{Fm}/\vartheta_{Fo}$ bei einer größeren Wärmeübergangszahl α_H niedriger ist als bei einer kleineren Wärmeübergangszahl α_H . Durch den am Anfang des Erwärmungsvorganges im Fadenquerschnitt stärker auftretenden Temperaturgradienten kommt es zu einer Beschleunigung des in Richtung zum Fadenkern erfolgenden Wärmetransportes, der im Vergleich zu $\alpha_H = 700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$ zu einem schnelleren Ausgleich der im Faden herrschenden Temperaturen $\vartheta(r, t)$ führt und daher einen rascheren Anstieg des Temperaturverhältnisses $\vartheta_{Fm}/\vartheta_{Fo}$ bewirkt (Abb. 3 und 4). In der Abbildung 6 ist die zur Erwärmung des Fadens notwendige Verweilzeit τ_{Hmin} in Abhängigkeit von der Wärmeübergangszahl α_H und vom Titer Tt graphisch dargestellt*).

Mit zunehmender Fadenmasse ist die zur Erwärmung des Fadens erforderliche Wärmeenergie ebenfalls höher, sodaß die hierfür minimal benötigte Verweilzeit τ_{Hmin} entsprechend größer wird. Mit abnehmendem Wärmeangebot des Heizungssystems durch eine entsprechend niedrigere Wärmeübergangszahl α_H muß mit einer größeren Verweilzeit τ_{Hmin} gerechnet werden, um die Fadentemperatur bis auf die Heizungstemperatur zu bringen. Wie aus den Untersuchungsergebnissen hervorgeht, kann bei der Erwärmung von PES-Fäden mit einer niedrigeren Verweilzeit τ_{Hmin} als bei der Erwärmung von PA-Fäden gerechnet werden, da bei Polyamid die Wärmeleitzahl λ_F bzw. die spezifische Wärme c_F entsprechend kleiner bzw. größer ist als bei Polyester.

Oft wurde die Verwendung einer Schockheizung vorgeschlagen, um den Faden möglichst schnell auf die Texturtemperatur zu bringen. Ein weiterer Bestandteil der theoretischen Untersuchung war es daher, den Einfluß einer Schockheizung auf die Fadentemperatur zu ermitteln. Die diesbezüglichen Ergebnisse gehen aus der Abbildung 7 hervor. Bei der Verwendung einer mit höherer Temperatur wirkenden Schockheizung ist mit einer schnellen Erwärmung der Fadenoberfläche zu rechnen, sodaß die sonst hierfür erforderlichen Verweilzeiten τ_{Hmin} entsprechend kleiner werden. Im Gegensatz dazu reicht jedoch das im Fadenquerschnitt gebildete Temperaturgefälle nicht aus, um den Fadenkern ebenfalls schneller aufzuheizen, wie das aus dem Verlauf des in Abbildung 7 dargestellten zeitabhängigen Temperaturverhältnisses $\vartheta_{Fm}/\vartheta_{Fo}$ hervorgeht. Abgesehen davon, daß die Verwendung einer Schockheizung kaum Nutzen bringt, muß sogar mit Schwierigkeiten gerechnet werden, da es nicht einfach ist, sie so zu dimensionieren, daß die Fadenoberfläche nur bis auf ihre zulässige Temperatur erwärmt wird. Eine Kontaktheizung, als Schockheizung eingesetzt, ist mit Vorbehalt zu verwenden, da eine unmittelbare Berührung der Fadenoberfläche mit der Heizschiene leicht eine Beschädigung des Fasermaterials verursachen kann.

* Der Berechnung der in der Abbildung 6 angegebenen Werte der minimal erforderlichen Heizschiene Länge l_{Hmin} wurde eine Abzugsgeschwindigkeit $v_A = 300 \text{ m/min}$ und eine Einzwirnung $E = 25\%$ zugrunde gelegt.

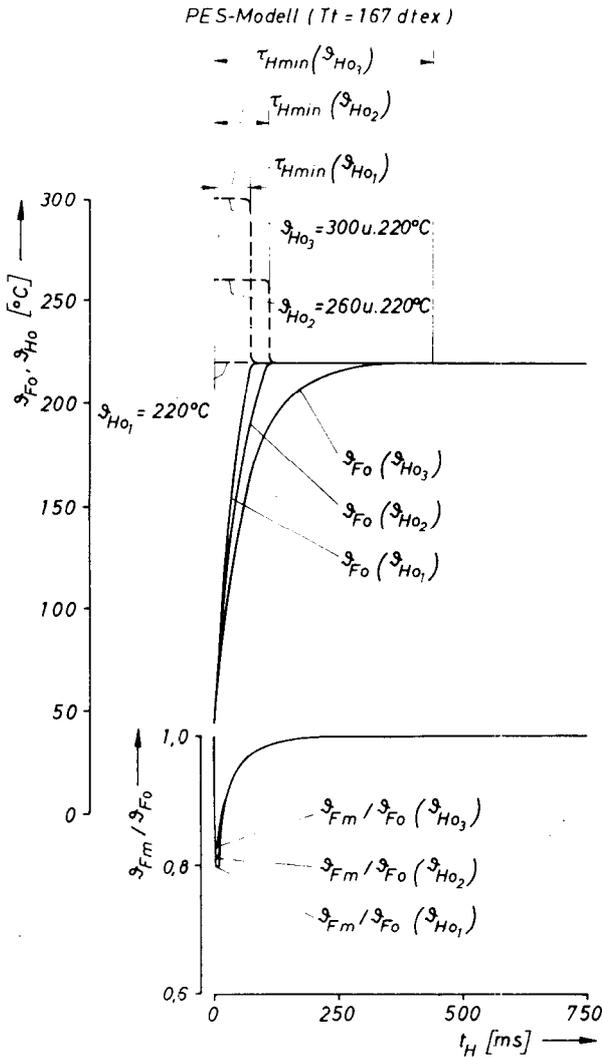


Abb. 7: Verlauf der analytisch ermittelten Fadenoberflächentemperatur ϑ_{Fo} und des Temperaturverhältnisses $\vartheta_{Fm} / \vartheta_{Fo}$ in Abhängigkeit vom Temperaturprofil der Heizstrecke (PES-Fadenmodell, 167 dtex).

Bei der Erläuterung der theoretischen Untersuchungen wurde bisher stets angenommen, daß der gedrehte Faden aus massivem, kompaktem Material besteht, wobei der im Fadenquerschnitt stattfindende Wärmetransport ohne irgendwelche Störungen oder Behinderungen erfolgen kann. Dies gilt nicht für die Torsionstexturierung. Selbst dann, wenn die einzelnen Filamente infolge der erteilten Fadendrehung unter starkem Druck zueinander stehen, ist durch den Übergang von dem einen zum anderen Filament der im Querschnitt des Fadens entstehende Wärmetransport mehr oder weniger gestört. Daher ist mit einem Abfall der Wärmeleitfähigkeit bei den gedrehten Multifilamenten zu rechnen, was bei einem vollzylindrischen Faden nicht auftritt. Um den Einfluß einer infolge der vorhandenen Multifilamente niedriger werdenden Wärmeleitfähigkeit zu untersuchen, wurde die Fadentemperatur, bei einer Abnahme der Wärmeleitfähigkeit λ_F bis zu 75 % berechnet, wobei auf die in der Literatur ¹⁰ angegebenen Normalwerte der Wärmeleitfähigkeit Bezug zu nehmen war. Die diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse gehen aus der Abbildung 8 hervor. Durch eine Verringerung der Wärmeleitfähigkeit wird der

im Fadenquerschnitt erfolgende Wärmetransport erschwert. Daraus folgt, daß die Fadenoberfläche entsprechend schneller aufgeheizt wird und die im inneren Teil des Fadens liegenden Filamente entsprechend langsamer. Dies ist aus dem in der Abbildung 8 dargestellten Verlauf des zeitabhängigen Temperaturverhältnisses $\vartheta_{Fm} / \vartheta_{Fo}$ zu ersehen; bei einer Wärmeleitfähigkeit $\lambda_F^* = 0,25 \cdot \lambda_F$ ist das Temperaturverhältnis $\vartheta_{Fm} / \vartheta_{Fo}$ niedriger als im Fall einer normalen Wärmeleitfähigkeit λ_F . Der Ausgleich zwischen den äußeren und den inneren Fadentemperaturen erfolgt bei einer geringeren Wärmeleitfähigkeit erst später als bei einer normalen. Es wäre für die Praxis sehr interessant zu erfahren, welchen Einfluß die Packungsdichte des gedrehten Fadens, ausgedrückt durch die Höhe der Zwirndrehungsdichte, ausgedrückt durch die Anzahl der Querschnittsform, auf die Wärmeleitfähigkeit des gedrehten Fadens und demzufolge auf seinen Erwärmungsvorgang hat.

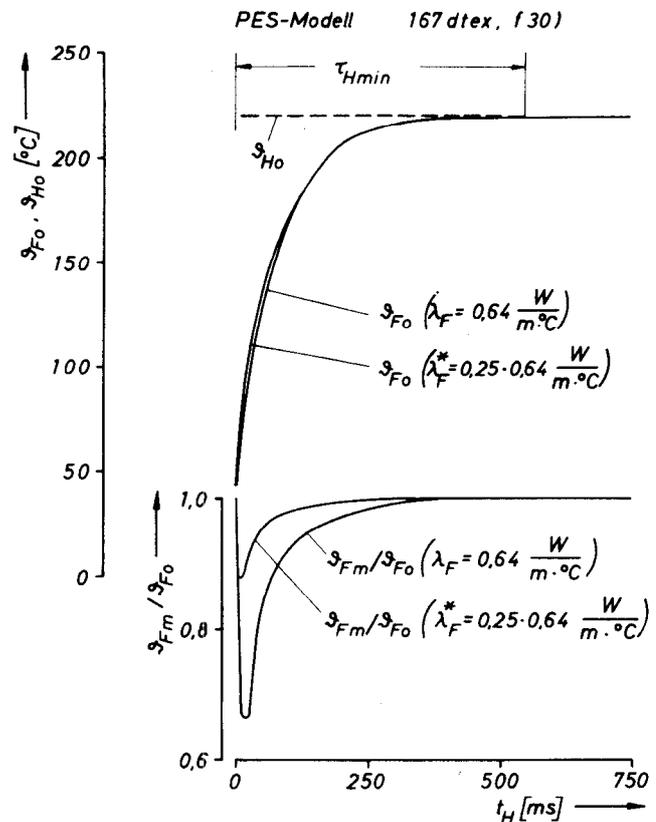


Abb. 8: Verlauf der analytisch ermittelten Fadenoberflächentemperatur ϑ_{Fo} und des Temperaturverhältnisses $\vartheta_{Fm} / \vartheta_{Fo}$ in Abhängigkeit von der Erwärmungszeit t_H und von der Wärmeleitfähigkeit λ_F .

4. Zusammenfassung

Die Wärmeübertragung beim Texturierungsprozeß unter Verwendung von Kontaktheizkörpern wird behandelt, und anhand eines mathematischen Modells und der durchgeführten Untersuchungen gelang es, die sich bei der Erwärmung des Fadens bildenden Fadentemperaturen zu berechnen.

Die theoretischen Untersuchungen ergaben, daß das zeitabhängige Ansteigen der Fadenoberflächentempe-

ratur und die im Fadenquerschnitt ermittelten Temperaturgradienten sehr von der Wärmeübergangszahl und von der Wärmeleitfähigkeit beeinflusst werden. Aus den sich im Fadenquerschnitt bildenden Temperaturen ist zu erkennen, daß bei einem Polyesterfadenmodell ($T_t = 167 \text{ dtex f } 30$) eine Erwärmungszeit von 400 ms ausreicht, um den inneren Ausgleich der Fadentemperatur mit dem äußeren zu erreichen. Wesentlich schwieriger ist der Wärmetransport zu den inneren Fadenschichten, wenn infolge einer geringen Packungsdichte Hohlräume zwischen den einzelnen Filamenten entstehen, die den Wärmedurchgang sehr behindern.

Die Verwendung einer Schockheizung, um den Faden schnell auf die Heizungsoberflächentemperatur zu erwärmen, bringt keine wesentlichen Vorteile. Damit läßt sich zwar die Fadenoberflächentemperatur schneller aufheizen, der innere Ausgleich der Fadentemperatur und der mit der äußeren Umgebung bleibt jedoch fast unverändert.

Literatur:

- 1) E. Eckert: „Einführung in den Wärme- und Stoffaustausch“, 2. Auflage. Springer Verlag, Berlin/Göttingen, Heidelberg 1959
- 2) VDI — Wärmeatlas: Berechnungsblätter für den Wärmeübergang; 2. Auflage, VDI — Verlag GmbH., Düsseldorf
- 3) W. J. Morris, A. S. Roberts: „Some fundamental aspects of false-twist yarn-bulking“; Annual Conference Bulk, Stretch and Texture. Baden-Baden, June 4. — 8. 1966
- 4) M. Denton: „Developments in the understanding of the false-twist-texturing process“; Protokoll der Studentagung über texturierte Garne, Lyon, 4., 5., 6. Dezember 1969
- 5) H. Schlegl, W. Weber: „Fadentemperaturmessungen an Falschdraht-Texturiermaschinen“; Deutsche Textiltechnik 19, 774-779, 1969
- 6) T. Egambaram, E. M. Afify, Aly El-Schiekh: „Heat Transfer in False-Twist-Texturing“; Text. Res. Journal 44, 803-812, 1974
- 7) M. A. Michejew: „Grundlagen der Wärmeübertragung“; VEB Verlag Technik, Berlin 1964
- 8) Gröber, Erk, Grigull: „Wärmeübertragung“; Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1957, 1961 und 1963
- 9) B. Baule: „Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs“, Band VI: „Partielle Differentialgleichungen“; S. Hirzel Verlag, Leipzig 1965
- 10) G. Egbers, P. Ehrler, W. Schauler: Reutlinger Faser- tafel 1974, Textil Praxis International, Konradin Verlag, Stuttgart.

Pluspunkte für Sie bei

HÖLLER-EISEN

Großhandels-gesellschaft

GMUNDEN
OBERWEIS
SALZBURG
LINZ

Walzwerkerzeugnisse
Baustähle
Eisenwaren
Maschinen
Werkzeuge
Sanitäre Einrichtungen
Zentralheizungen
Großküchen
Waschanlagen
Heizöl und Gas

Seit mehr als 110 Jahren im Dienste
der Kunden

Die Oxyäthylierung von Terephthalsäure — ein aussichtsreicher Weg zur Herstellung von Polyäthylenterephthalat (Teil II) *

Professor Dr. Alexander Tschegolja,
Dipl.-Ing. Gennadi Michailow und
Dr. Wladimir Malych,

Allunions-Forschungsinstitut für Synthesefasern, Kalinin/
UdSSR

In der vorliegenden Mitteilung wird über kinetische Ergebnisse berichtet, die bei der Umsetzung von Äthylenoxid mit TPA in Abwesenheit von Lösungsmitteln erzielt wurden. Als Medium bzw. als Dispersionsmittel für ungelöste TPA dienten sowohl Äthylenoxid als auch das Umsetzungsprodukt (BOÄT) selbst. Vor allem wurden die Nebenreaktionen untersucht sowie die Mechanismen, nach denen sich die Haupt- und Nebenreaktionen in Anwesenheit von Aminkatalysatoren abspielen, aufgeklärt. Anhand der gefundenen Mechanismen wurden sodann mathematische Prozeßmodelle für ein kontinuierliches stationäres Verfahren erarbeitet, das in Reaktoren mit idealer Vermischung und Verdrängung abläuft.

The present paper reports about kinetic results which were achieved in the reaction of ethylene-oxide with TPA in the absence of solvents. Both ethylene-oxide and the reaction product (BOET) itself served as reaction-phase as well as dispersion agents for undissolved TPA. Above all, the side-reactions were examined, and also the mechanisms were explained which the principal- and side-reactions follow in the presence of amine catalysts. With the discovered mechanisms mathematical process patterns were worked out for a continuous, stationary process which takes place in reactors of ideal blending and replacement.

II. Die Kinetik der Umsetzung von Terephthalsäure (TPA) mit Äthylenoxid

1. Reaktionen unter heterogenen Bedingungen (mit fester TPA)

Infolge geringer Löslichkeit von TPA in Äthylenoxid sowie in der BOÄT (Schmelze) wurden die meisten Versuche unter heterogenen Bedingungen durchgeführt (Tab. 5).

Tabelle 5: TPA-Löslichkeit in der BOÄT- und Äthylenoxidschmelze bei verschiedenen Temperaturen

Temperatur (°C)	120	125	130	135	140	145
TPA-Löslichkeit in der BOÄT-Schmelze (mmol/l)	7,52	8,95	10,78	12,96	15,42	18,60
TPA-Löslichkeit in Äthylenoxid (mmol/l)	7,67	8,52	9,07	9,82	10,55	11,21

Während der Vorversuche wurde festgestellt, daß die Reaktionsgeschwindigkeit unter den Versuchsbedingungen weder von der Teilchengröße der TPA noch

* Teil I erschien in Heft 41, 1976

Tabelle 6: Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstanten der Oxyäthylierungsreaktion von TPA von der Äthylenoxidkonzentration (ÄO)

a) Oxyäthylierung von TPA bei konstantem Partialdruck von Äthylenoxid (TPA — 1,5 mol; BOÄT — 1,5 mol; Et₃N — 1,64 · 10⁻² mol/l; T = 120°C)
b) Oxyäthylierung von TPA in N₂-Atmosphäre (TPA — 0,06 mol; ÄO — 0,48 mol; Et₃N — 0,75 · 10⁻² mol/l; T = 125°C).

ÄO-Konzentration mol/l	Reaktionskonstante K ₂ · 10 ² l/mol · sec	Zeit min	restl. Menge an ÄO · 10 ⁻² mol	Reaktionskonstante K ₁ · 10 ⁴ sec ⁻¹
0,287	1,020 ± 0,01	5	46,33	1,15 ± 0,02
0,354	1,045 ± 0,02	10	44,74	1,15 ± 0,02
0,414	1,015 ± 0,01	15	43,36	1,12 ± 0,02
0,631	1,013 ± 0,01	30	39,88	1,06 ± 0,01
0,828	1,020 ± 0,01	40	37,00	1,08 ± 0,01

vom Anteil der festen Phase, noch von der Durchmischungsintensität abhängt. Folglich bestimmt nicht das Auflösen der Säure die Reaktionsgeschwindigkeit.

Die in der Labor- (Abb. 1, Methode I) und Versuchsanlage (Abb. 3) durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die Reaktion bezüglich Äthylenoxid⁸⁹ (Tab. 6) und Katalysator^{90, 91} (Abb. 6) unabhängig von den Bedingungen nach erster Ordnung verläuft.

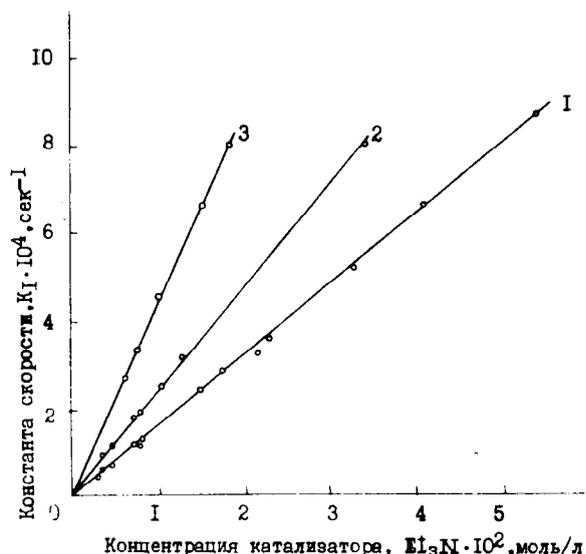


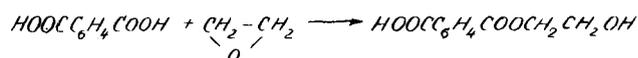
Abb. 6: Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante von der Konzentration bei der Umsetzung von TPA mit Äthylenoxid (Reaktion erster Ordnung).
1 — 125°C, 2 — 135°C, 3 — 145°C

2. Reaktionen unter homogenen Bedingungen ohne feste TPA

Wegen der geringen Löslichkeit ist es sehr schwer, die Reaktionsordnung bezüglich TPA zu bestimmen. Darum war es nötig, spezielle Versuchsmethoden zu erarbeiten (Abb. 2, Methode II). Die TPA-Konzentration ist von 0,1 · 10⁻³ bis 4,55 · 10⁻³ Mol/l variierbar.

Die erhaltene kinetische Abhängigkeit deutet auf zwei aufeinanderfolgende Reaktionen hin (Abb. 7):

a) Bildung von: β-Oxyäthylterephthalat (OÄT):



b) Bildung von BOÄT:

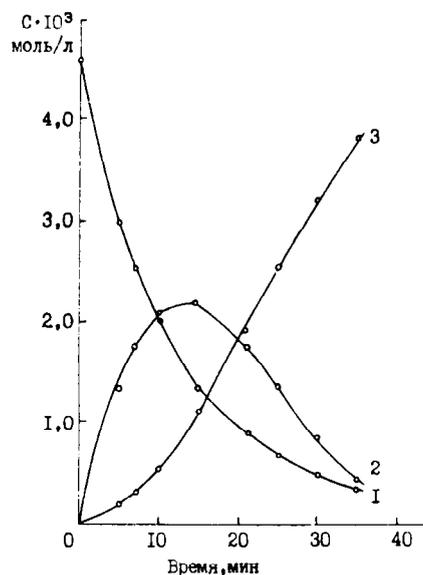
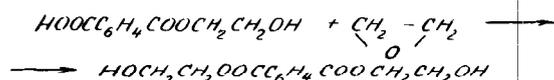


Abb. 7: Veränderung der Zusammensetzung der Reaktionsmischung bei der Oxyäthylierung von TPA in homogener Mischung.

1 — TPA, 2 — OÄT, 3 — BOÄT

Ausgangskonzentrationen: TPA = $4,55 \cdot 10^{-3}$ Mol/l;

Katalysator (T_1) = $1,76 \cdot 10^{-5}$ Mol/l; T = 90 °C

Gleichzeitig mit der Bestimmung der kinetischen Parameter der Einzelreaktionen wurde die Kinetik der Reaktion von Äthylenoxid mit OÄT untersucht. Der geradlinige Verlauf der kinetischen Abhängigkeit zeigt eine Reaktion erster Ordnung bezüglich der carboxylhaltigen Reaktionspartner an (Abb. 8). Auch bezüglich des Katalysators verlaufen beide Reaktionen nach erster Ordnung (Abb. 9). Die Abschnitte auf der Ordinatenachse, erhalten durch Verlängerung der experimentell ermittelten Geraden, entsprechen den Geschwindigkeitskonstanten ohne Katalysator. Auch bei der Oxyäthylierung von TPA und OÄT ohne Ammoniumkatalysator wurde ein Mechanismus erster Ordnung bezüglich des Säurereagens festgestellt (Tab. 7).

Tabelle 7: Reaktionskonstanten der nicht katalytischen Oxyäthylierung von TPA und OÄT (Temperatur: 90 °C)

Reagenskonzentration · 10 ³ mol/l	Reaktionskonstante erster Ordnung $K_1 \cdot 10^4 \text{ sec}^{-1}$	Oxyäthylierung
Terephthalsäure		
2,27	$6,00 \pm 0,10$	
3,30	$5,99 \pm 0,15$	
4,55	$6,08 \pm 0,16$	
β-Oxyäthylterephthalat		
4,17	$1,29 \pm 0,05$	
8,34	$1,30 \pm 0,02$	
12,50	$1,29 \pm 0,03$	

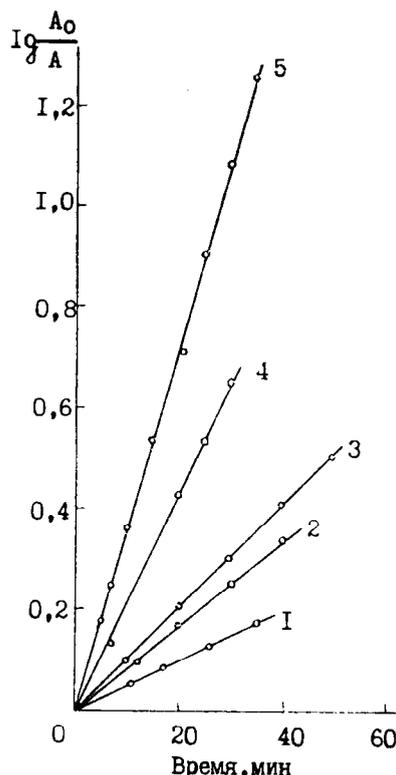


Abb. 8: Der kinetische Verbrauch von OÄT (1, 2) und TPA (3, 4, 5) in homogener Mischung, in Anwesenheit verschiedener Katalysatormengen (β-Oxyäthyltriäthylammonium-terephthalat).

Ausgangskonzentrationen: TPA = $4,55 \cdot 10^{-3}$ Mol/l, OÄT = $8,34 \cdot 10^{-2}$ Mol/l; Katalysator: (1 u. 4) = $8,8 \cdot 10^{-5}$ Mol/l; (2 u. 5) = $17,6 \cdot 10^{-5}$ Mol/l und (3) = $2,62 \cdot 10^{-5}$ Mol/l; T = 90 °C

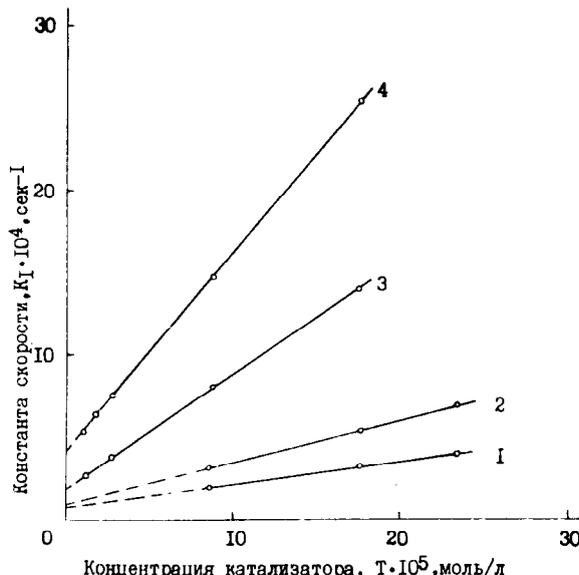


Abb. 9: Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstanten (Reaktionen erster Ordnung) bei den Oxyäthylierungsreaktionen von OÄT (1 u. 2) und TPA (3 u. 4) von der Katalysatorkonzentration (β-Oxyäthyltriäthylammonium-terephthalat).

1 und 3 — 90 °C, 2 und 4 — 105 °C

Die kinetische Gleichung der Oxyäthylierung von TPA und OÄT unter homogenen Bedingungen kann auf folgende Weise dargestellt werden:

$$-\frac{d(\text{Säure})}{dt} = (K_4 + K_3 [K - \rho]) [\text{Säure}] [\text{OÄ}] \quad (I)$$

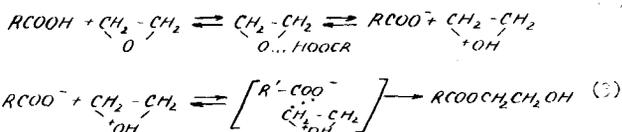
Die Werte der Geschwindigkeitskonstanten und die Aktivierungsenergie für die Oxyäthylierungsreaktionen von TPA und OÄT sind in Tabelle 8 angeführt.

Tabelle 8: Geschwindigkeits- und Aktivierungsenergiekonstanten der Oxyäthylierungsreaktion von TPA und OÄT in homogener Phase

Reaktion	Temp. (°C)	Reaktionskonstante $K_3 \cdot 10^2 \text{ l}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{sec}$	nicht katalytische Reaktionskonstante $K_4 \cdot 10^6 \text{ l/mol} \cdot \text{sec}$	Aktivierungsenergie (kcal/mol)	
				katalysiert	nicht katalysiert
Oxyäthylierung von TPA	90	38,3 ± 0,40	11,92 ± 0,10	10,5	10,60
	105	72,3 ± 0,43	24,16 ± 0,14	±1,0	±0,70
Oxyäthylierung von OÄT	90	8,28 ± 0,06	2,74 ± 0,02	10,7	10,75
	105	16,11 ± 0,08	5,56 ± 0,04	±0,6	±0,80

III. Der Mechanismus der Oxyäthylierung von TPA katalysiert durch tertiäre Amine

Die festgelegten Gesetzmäßigkeiten des Ablaufes der nicht katalysierten Reaktion stimmen gut mit dem in einer früheren Arbeit⁹⁴ vorgeschlagenen Mechanismus überein. Danach tritt eine rasche Gleichgewichtseinstellung des Säurekomplexes mit OÄ ein, an die sich eine langsame monomolekulare Umwandlung in das Reaktionsprodukt anschließt:

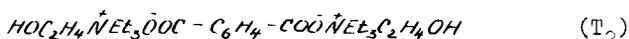
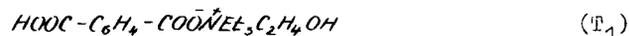


Hinsichtlich des Reaktionsmechanismus bei der Katalyse mit Aminen gibt es zwei Ansichten. Nach der einen^{78, 86} findet die Säureaktivierung in Anwesenheit von Amin durch die Bildung von Verbindungen der Säure mit dem Amin statt.



Unserer Meinung nach^{92, 93} entsteht in der Anfangsstufe ein Salz — das β-Oxyäthyl-trialkylammonium-carboxylat ($RCOO^- N^+R_3'CH_2CH_2OH$).

Bei der Oxyäthylierung von TPA ist bei der Katalyse mit Triäthylamin durch die Aminquaternisierung mit Äthylenoxid die Bildung folgender β-Oxyäthyl-triäthylammonium-terephthalate möglich:



Die Bildung solcher Terephthalate wurde zwar in ei-

ner bereits veröffentlichten Arbeit³ beschrieben, es gibt aber bis jetzt nur einen indirekten Beweis, daß eine Verbindung (T₁) in den Reaktionsprodukten vorhanden ist.

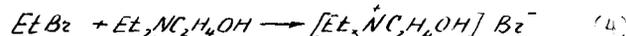
Wir haben die Reaktionsprodukte präparativ getrennt, um zu klären, welches der möglichen Triäthylamin-derivate die Reaktion katalysiert. Die so erhaltene TPA und BOÄT ebenso wie die Mutterlauge wurden auf ihren Gehalt an Aminderivaten geprüft (Tab. 9), wobei sich zeigte, daß der größte Teil der Aminderivate in der Mutterlauge verblieb.

Tabelle 9: Verteilung der Triäthylaminderivate in TPA, in BOÄT und in der Mutterlösung bei der präparativen Trennung des oxyäthylierten TPA (abgesondert: TPA – 215,8 g; BOÄT – 282 g; Mutterlösung – 2,35 l)

Triäthylaminmenge, die für die Reaktion verwendet wurde (in mmol)	Gehalt an Triäthylaminderivaten (in mmol)			Verluste (in %)
	TPA	BOÄT	Mutterlösung	
32,2	–	1,84	29,1	3,9

Mit Hilfe eines Kationenaustauschers, der mit Hilfe von HBr in die H-Form gebracht wurde, wurde aus dem Austauscherharz eine Substanz abgeschieden, deren Elementaranalyse und Schmelzpunkt der bzw. dem des β-Oxyäthyl-triäthylammonium-bromids entsprachen.

Diese Verbindung wurde auch durch eine Synthese aus Äthylbromid und Diäthyläthanolamin gewonnen:



Der Aufbau beider Verbindungen wurde durch PMR-Spektren, die in schwerem Wasser aufgenommen wurden, bestätigt. Es wird also Triäthylamin bei der Reaktion mit Äthylenoxid in das Kation β-Oxyäthyl-triäthylammonium umgewandelt. Eine Analyse des kristallinen Niederschlags, der sich bei der Zugabe des Kationenaustauschers zur Mutterlösung abschied, ermöglichte es, einen Schluß hinsichtlich der Anionenkomponente des quartären Ammoniumsalzes zu ziehen. Der Niederschlag bestand aus TPA, OÄT und BOÄT.

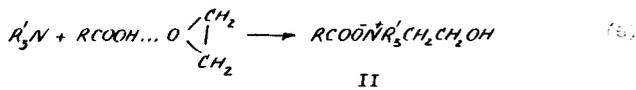
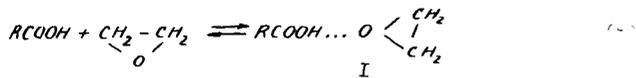
Deshalb kann mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß alle drei β-Oxyäthyl-triäthylammonium-terephthalate: (T₁), (T₂) und (T₃) entstehen.

Die Proben aller drei Terephthalate wurden von uns synthetisiert und identifiziert, und ihre Brauchbarkeit als Katalysatoren wurde bei der Oxyäthylierung von TPA geprüft (Tab. 10). Die ähnlichen Werte der

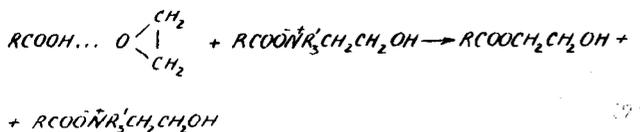
Tabelle 10: Reaktionskonstanten der Oxyäthylierung von TPA bei der Katalyse mit Et₃N und Salzen des tertiären Ammoniums (Temperatur: 125°C; OÄ : TPA = 8)

Katalysator	Reaktionskonstante $K_2 \cdot 10^{-2}$ l/mol·sec
Et ₃ N	1,52 ± 0,03
T ₁	1,54 ± 0,02
T ₂	3,06 ± 0,03
T ₃	1,52 ± 0,03

Geschwindigkeitskonstanten beweisen, daß sich das Gleichgewicht zwischen den sich bildenden Salzen rasch einstellt. Die Bildung von β -Oxyäthyl-triäthylammonium-carbonat verläuft wahrscheinlich nach dem Schema:

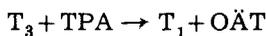


Die Reaktionsordnung bezüglich der Reagenzien und die Ergebnisse der Analyse geben uns die Möglichkeit, sich den Reaktionsmechanismus der Oxyäthylierung der TPA in Anwesenheit von Amin vorzustellen. Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt ist die Umsetzung des Komplexes I mit dem Salz II, wobei das Reaktionsprodukt gebildet und das quartäre Ammoniumcarboxylat regeneriert wird.



Da die Oxyäthylierung von TPA in zwei Stufen verläuft, kann der Komplex I sowohl bei der Umsetzung von OÄ mit TPA als auch von OÄ mit OÄT gebildet werden. Unter homogenen Bedingungen verändern sich die Konzentrationen von TPA und OÄT während des Prozesses. Daher ist eine Veränderung der Geschwindigkeitskonstante mit der Zeit zu erwarten.

Die kinetischen Kurven verlaufen aber bis zu hohen Umwandlungsgraden von TPA linear (Abb. 8). Das kann durch die niedrigere Konzentration des Salzes (T_3) im Vergleich zum Salz (T_1) erklärt werden, was mit dem erhöhten Säuregehalt von TPA im Gegensatz zu dem von OÄT zusammenhängt:



Dadurch erklärt sich auch die höhere Oxyäthylierungsgeschwindigkeit von TPA im Gegensatz zu der von OÄT. Die Reaktionsgeschwindigkeiten erster Ordnung bezüglich TPA und OÄT in den einzelnen Stufen weisen darauf hin, daß die Bildung von BOÄT auch eine Folgereaktion erster Ordnung ist, für die die folgende Formel gilt:

$$[OÄT]_{max} = [TPA]_0 \left(\frac{K'}{K}\right)^{\frac{K'}{K-K'}} \quad (12)$$

wobei

$[OÄT]_{max}$ — der absolute Wert der maximalen Konzentration von OÄT,

K — die Geschwindigkeitskonstante der Oxyäthylierung von TPA und

K' — die Geschwindigkeitskonstante der Oxyäthylierung von OÄT ist.

Das Verhältnis K'/K ist unabhängig von der Reaktionstemperatur und beträgt 0,222 (Tab. 8). Gleichung (9) würde daher so aussehen:

$$[OÄT]_{max} = 0,650 [TPA]_0 \quad (9)$$

Unter heterogenen Bedingungen ist die Anfangskonzentration von TPA gleich ihrer Löslichkeit und bleibt im Laufe der Reaktion konstant. Die OÄT-Konzentration erreicht schnell ihren maximalen Wert und beträgt 0,650 $[TPA]_L$. Daher kann unter heterogenen Bedingungen die Bildung von BOÄT als eine gleichzeitig ablaufende Reaktion dargestellt werden, die durch die folgenden kinetischen Gleichungen beschrieben wird:

$$-\frac{d[OÄ]}{dt} = (K_4 + K_3 [R'_3N]) [TPA]_p [OÄ] \quad (10)$$

$$-\frac{d[BOÄ]}{dt} = (K'_4 + K'_3 [R'_3N]) [OÄT]_{max} [OÄ] \quad (11)$$

Die kinetische Gleichung des gesamten Prozesses wird daher lauten:

$$-\frac{d[OÄ]}{dt} = (1,144 K_3 [R'_3N] + 1,144 K_4) [TPA]_p [OÄ] \quad (12)$$

Die Geschwindigkeitskonstanten, berechnet nach Gleichung 12 für verschiedene Reaktionsbedingungen, sind in Tabelle 11 angeführt. Wenn auch die BOÄT-Konzentration im Reaktionsmedium verändert wird, so bleiben doch die Geschwindigkeitskonstanten bei gleicher Temperatur fast gleich. Das bedeutet, daß die Oxyäthylierungsreaktion von TPA durch den Zusatz von BOÄT nicht beschleunigt wird.

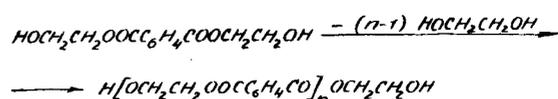
Tabelle 11: Reaktionskonstanten der Oxyäthylierung von TPA

Reaktionsverhältnisse	Temp. (°C)	nicht katalytische Reaktionskonstante $K_4 \cdot 10^6$ l/mol · sec	Geschwindigkeitskonstante der mit Amin katalysierten Reaktion $K_3 \cdot 10^2$ l ² /mol ² · sec
homogene Verhältnisse	90	11,92 ± 0,10	38,3 ± 0,40
	105	24,16 ± 0,14	72,3 ± 0,43
Oxyäthylierung im ÄO-Uberschuß bei einem Verhältnis ÄO : TPA > 6	90	11,45	38,1 ± 0,60
	125	56,70	154,9 ± 1,74
	135	81,50	212,2 ± 2,17
	145	116,90	278,1 ± 3,47
Oxyäthylierung der Mischung ÄO/BOÄT bei einem Verhältnis ÄO : TPA : BOÄT = (1-3) : 1 : 1	90	—	37,8 ± 0,30
	120	—	118,8 ± 0,88
	125	—	149,2 ± 0,88
	130	—	172,5 ± 1,74
	140	—	246,0 ± 3,32
Oxyäthylierung des gasförmigen ÄO in der BOÄT-Schmelze	90	—	38,9 ± 0,40
	120	—	122,5 ± 1,74
	130	—	180,1 ± 1,74
	140	—	256,0 ± 2,45

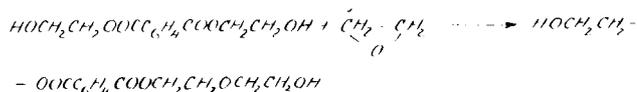
IV. Kinetik und Mechanismus der Nebenreaktionen

Eine Analyse der Reaktionsmischungen und der Endprodukte hat gezeigt, daß bei der Oxyäthylierung von TPA zwei Nebenreaktionen möglich sind:

a) die Oligomerisation von BOÄT:



b) die Oxyäthylierung von BOÄT:



Die letzte Reaktion führt zur Bildung von Produkten, die die Eigenschaften von PÄT^{95,96} beeinflussen. Daher muß diese Reaktion möglichst unterbunden werden. Die Oligomerisation stört die Bildung des Polymeren nicht, kann sich aber technologisch als recht interessant erweisen. Deshalb soll sie in einem der Spezialberichte gesondert betrachtet werden.

Kinetik und Mechanismus der Oxyäthylierung von BOÄT

Die Menge an Derivaten von Diäthylenglykol (DÄG) hängt wesentlich von den Reaktionsbedingungen ab. Bei der Reaktion von TPA mit gasförmigem Äthylenoxid werden sogar am Reaktionsende, das heißt nach einigen Stunden, bis 1,5 und 2,0 Gew. % des gebundenen DÄG gebildet.

Bei Einsatz von flüssigem OÄ wird eine solche DÄG-

Konzentration bereits in 30 Minuten bei einem Umsetzungsgrad von 60 bis 70 %⁹¹ TPA erreicht. Die Reaktion von OÄ mit den β-Oxyäthylgruppen verläuft nach erster Ordnung bezüglich OÄ, BOÄT (Tab. 12) und Katalysator⁹² (Abb. 10). Die Abschnitte auf der Ordinatenachse, entstanden durch das Verlängern der experimentell erhaltenen Kurven (Abb. 10), zeigen den Reaktionsverlauf ohne Amin.

Spezielle Versuche haben erwiesen, daß ohne Amin bzw. Säure BOÄT und OÄ nicht reagieren. In Gegenwart von Säure verläuft die Reaktion auch ohne Amin rascher.

Tabelle 13: Abhängigkeit der Oxyäthylierungsreaktionsgeschwindigkeit des BOÄT von der Konzentration der gelösten Säure (Temperatur: 135°C)

Konzentration (in mol/l)			Reaktionskonstanten zweiter Ordnung K ₂ · 10 ⁶ l/mol · sec	Reaktionskonstanten dritter Ordnung K ₃ · 10 ⁸ l ² /mol ² · sec
(BOÄT)	(ÄO)	(TPA) · 10 ³		
0,29	18,80	10,0	2,68 ± 0,01	
1,12	15,40	10,5	2,87 ± 0,02	
1,98	11,96	11,0	3,00 ± 0,02	2,72 ± 0,02
2,68	9,00	11,5	3,13 ± 0,02	
3,51	5,60	12,0	3,28 ± 0,02	

Tabelle 12: Abhängigkeit der Reaktionskonstante der Oxyäthylierung von TPA von der ÄO- und BOÄT-Konzentration (ÄO – 0,36 mol; TPA – 0,06 mol; Et₃N – 1,04 · 10⁻² mol/l; T = 125°C

Zeit (min)	Konzentration			Geschwindigkeitskonstante K ₂ · 10 ⁶ l/mol · sec
	BOÄT (mol/l)	ÄO (mol/l)	DÄG (mol/l)	
5	0,3506	14,8830	0,0034	3,15 ± 0,02
10	0,6183	14,1151	0,0124	3,16 ± 0,02
15	0,9623	13,1360	0,0285	3,14 ± 0,01
35	1,4464	11,6090	0,0864	3,16 ± 0,01
45	1,8267	10,5999	0,1158	3,16 ± 0,02

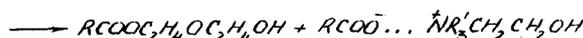
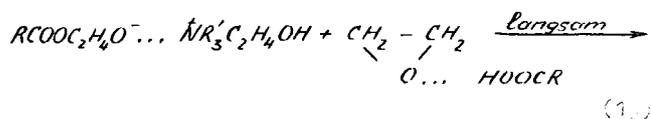
Es wurde festgestellt, daß die Oxyäthylierung von BOÄT bezüglich der gelösten TPA eine Reaktion erster Ordnung ist (Tab. 13). Die experimentell gefundenen Werte liegen jedoch etwas höher als die, die durch Extrapolation der Geraden erhalten werden (Abb. 10). Diese Tatsache scheint auch in der Literatur⁹⁸ auf und wird durch das Vorhandensein zweier Reaktionen erklärt:

- a) Reaktionen unter Beteiligung des nichtdissoziierten TPA-Moleküls und
- b) Reaktionen unter Beteiligung von Säure, die mit BOÄT gekoppelt ist
(HOCH₂CH₂OOC C₆H₄COOCH₂CH₂OH⁺).

Bei geringerer Aminkonzentration wird die Reaktion unter Beteiligung von gekoppelter Säure unterdrückt. Deshalb kann man annehmen, daß zwei Reaktionen von OÄ mit BOÄT möglich sind:

- a) eine Reaktion, die durch Amin katalysiert wird, und
- b) eine Reaktion, die durch die undissoziierte TPA katalysiert wird.

Der Bildungsmechanismus der DÄG-Derivate kann bei der Katalyse mit Aminen oder deren quartären Derivaten durch einen Vorgang beschrieben werden, der einen langsamen nukleophilen Angriff des β-Oxyäthyl-trialkylammonium-alkoholates, aktiviert durch Äthylenoxid, einschließt:



β-Oxyäthyl-trialkylammonium-alkoholate werden durch Umsetzung von β-Oxyäthyltrialkyl-ammonium-

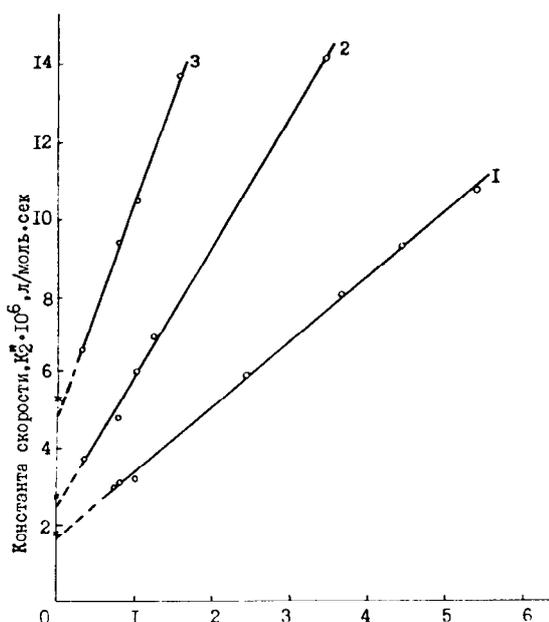
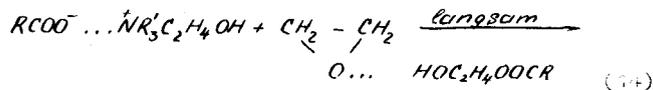
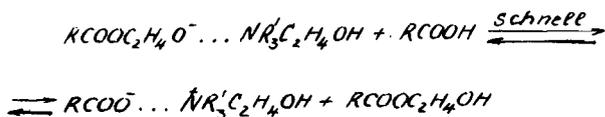


Abb. 10: Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante der Nebenreaktionen von Äthylenoxid mit BOÄT (Reaktion zweiter Ordnung) von der Katalysatorkonzentration (Et₃N).
1 — 125°C, 2 — 135°C und 3 — 145°C

carboxylat mit Äthylenoxid, dem aktivierten BOÄT und der OÄT-Hydroxylgruppe gebildet:



Die Konzentration des quartären Ammoniumalkoholates ist durch den niedrigen Säuregehalt des BOÄT im Vergleich zur TPA anscheinend gering:



Deshalb wird die Nebenreaktion nur durch einen Teil des eingesetzten Amins katalysiert. Die Untersuchung der Oxyäthylierung des reinen BOÄT in Anwesenheit von Triäthylamin hat eine solche Annahme bestätigt. In diesem Fall ist die Geschwindigkeitskonstante 15mal höher als bei gleichzeitiger Anwesenheit von Säure und Amin im System. Die erhaltenen Ergebnisse werden durch die kinetische Gleichung (16) beschrieben:

$$\frac{d(DAG)}{dt} = (K_3'' [R_3N] + K_5'' [TPA]_p) [OÄ] [BOÄT] \quad (16)$$

Die Werte der Geschwindigkeitskonstanten K_3'' und K_5'' sind in Tabelle 14 angeführt.

Nach Beendigung der Hauptreaktion wird der Katalysator aus der Carboxylat- in die Alkoholatform übergeführt, wobei die Geschwindigkeit der Nebenreaktion stark zunimmt. Daher ist es zweckmäßig, nicht die vollständige Umsetzung von TPA abzuwarten, sondern den Prozeß bei niedrigen Konzentrationen von Äthylenoxid zu beenden.

Tabelle 14: Geschwindigkeitskonstanten der Nebenreaktion von Äthylenoxid mit BOÄT bei der Katalyse mit Triäthylamin

Temperatur (°C)	Geschwindigkeitskonstante der mit Amin katalysierten Reaktion $K_3'' \cdot 10^4 \text{ l}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{sec}$	Geschwindigkeitskonstante der mit nichtdissoziierter Säure katalysierten Reaktion $K_5'' \cdot 10^4 \text{ l}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{sec}$
125	1,71 ± 0,02	1,94 ± 0,02
136	3,12 ± 0,04	2,49 ± 0,04
145	5,65 ± 0,12	3,46 ± 0,12
Aktivierungsenergie kcal/mol	19,80 ± 0,60	9,90 ± 0,70

Die Untersuchung der Oxyäthylierung von TPA ohne Lösungsmittel in Gegenwart von Triäthylamin als Katalysator erlaubt es, die Realisierungsmöglichkeiten dieser Variante des Prozesses optimistisch zu betrachten.

Dabei ist es wichtig, den Einfluß der Nebenreaktion zu verkleinern, was durch Herabsetzen der Reaktionstemperatur auf 110—120°C erreicht werden kann. Dabei sinkt die Löslichkeit der TPA ab, und die Säurekatalyse spielt im Verlauf der Nebenreaktion fast keine Rolle mehr.

Die zweite Möglichkeit ist die Verminderung der Konzentration von Äthylenoxid in der Endstufe des Prozesses. Das kann jedoch eine Verzögerung in der Hauptreaktion hervorrufen, sodaß man genügend große Konzentrationen zu ihrer Aufrechterhaltung benötigt.

Der letzte und unserer Meinung nach effektivste Weg ist der, sich auf den Säurekonversionsgrad (α_{TPA}) im Bereich von 55 bis 70% zu beschränken. In diesem Fall haben wir die Möglichkeit, den DAG-Gehalt im Produkt durch α_{TPA} zu regulieren. Die erhaltene Mischung von BOÄT und TPA kann man unmittelbar zum Polymeren verarbeiten.

V. Modell des Oxyäthylierungsprozesses von TPA

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen und der gefundene Mechanismus der Katalyse haben es ermöglicht, ein mathematisches Modell des Oxyäthylierungsprozesses von TPA zu erstellen. Bei der Ausarbeitung eines kontinuierlichen technologischen Prozeßschemas ist die richtige Wahl des Reaktortyps eine der wichtigsten Fragen. Die Ergebnisse der chemischen Reaktion im kontinuierlichen Betrieb entsprechen aber oft nicht den Angaben des diskontinuierlichen Verfahrens und hängen wesentlich von den hydrodynamischen Verhältnissen im Reaktor ab.

Für stationäre Verhältnisse im Reaktor mit idealer Mischung kann folgendes Gleichungssystem erstellt werden:

$$\begin{aligned} m(n_o - n) - w_1 - w_2 &= 0 \\ m(\varphi_o - \varphi) - \frac{1}{2} w_1 &= 0 \\ m(B_o - B) + \frac{1}{2} w_1 - w_2 &= 0 \\ m(D_o - D) + w_2 &= 0 \\ mC_p(t_o - t) + H(w_1 + w_2) - hF(t - t_x) &= 0 \end{aligned} \quad (17)$$

Hier werden folgende Bezeichnungen angenommen:

- m — Gesamtreaktionsverbrauch (kg/h),
- $n_o, \Phi_o, B_o, D_o, n, \Phi, B, D$ — Konzentration von OÄ, TPA, BOÄT, DAG (Mol/kg) am Eingang (n_o) und Ausgang (n) des Reaktors,
- t_o und t — Temperatur der Reaktionsmischung am Reaktoreingang und in der Umsetzungzone (°C),
- H — Wärmeeffekt der Reaktion (Kcal/Mol),
- h und F — Wärmeübertragungskoeffizient (Kcal/m² · h · Grad) und Wärmeaustauscheroberfläche (m²),
- t_x — Kältemitteltemperatur (°C),
- C_p — spezifische Wärme (Kcal/kg · Grad),
- w_1 — Reaktionsgeschwindigkeit der Oxyäthylierung von TPA im Reaktorvolumen (Mol/h),
- w_2 — Geschwindigkeit der Nebenreaktion der Oxyäthylierung von BOÄT.

Für das stationäre Verhältnis im Reaktor mit idealer Verdrängung können die üblichen Differentialgleichungen aufgestellt werden:

$$-\frac{m}{S} \frac{dn}{dt} = w_1 + w_2 \quad (10)$$

$$\frac{m}{S} \frac{dB}{dt} = w_1 - w_2$$

$$\frac{m}{S} \frac{dD}{dt} = w_2$$

$$-\frac{m}{S} \frac{d\varphi}{dt} = w_1$$

$$\frac{m}{S} \frac{dt}{dt} = \frac{H}{c_p} (w_1 + w_2) \frac{hF}{c_p v_p} (t - t_x)$$

wobei die Anfangsbedingungen den folgenden Gleichungen entsprechen:

$$n/t=0 = n_0 \quad B/t=0 = B_0 \quad D/t=0 = D_0$$

$$\varphi/t=0 = \varphi_0 \quad t/t=0 = t_0$$

Zu den schon angegebenen Bezeichnungen werden hier

l — die Länge (m) und

S die Querschnittsfläche (m²)

eingeführt.

Die Gleichungssysteme (17) und (18) können nur numerisch gelöst werden. Eine Untersuchung dieser Lösungen für eine Reihe von Temperaturen und Konzentrationen hat gezeigt, daß unter anderen vergleichbaren Bedingungen ein und derselbe Umsetzungsgrad der

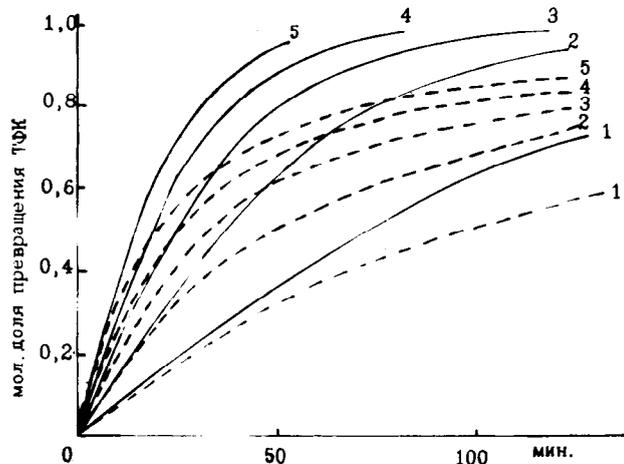


Abb. 11: Konversionsgeschwindigkeiten von TPA in den Reaktoren mit idealer Verdrängung (ausgezogene Kurven) und idealer Mischung (punktirierte Kurven) bei 120°C;

Molverhältnis OÄ : TPA = 2, Katalysatorkonzentrationen (Et₃N) : 1 — 0,01 Mol/kg, 2 — 0,02 Mol/kg, 3 — 0,03 Mol/kg, 4 — 0,04 Mol/kg und 5 — 0,05 Mol/kg

Reagenzien im Reaktor mit idealer Verdrängung schneller erreicht wird. Die Konzentration des Nebenproduktes hängt wesentlich vom Reaktortyp ab. Bei geringen Katalysatorkonzentrationen und bei geringen Umsetzungsgraden der Reagenzien ist die Konzentration im Reaktor mit idealer Verdrängung niedriger. Die Abbildungen 11 und 12 zeigen für beide Reaktortypen die Abhängigkeit dieser Werte von der Verweilzeit bei verschiedenen Katalysatorkonzentrationen bei T = 120°C. Für andere Temperaturen sind diese Verhältnisse analog.

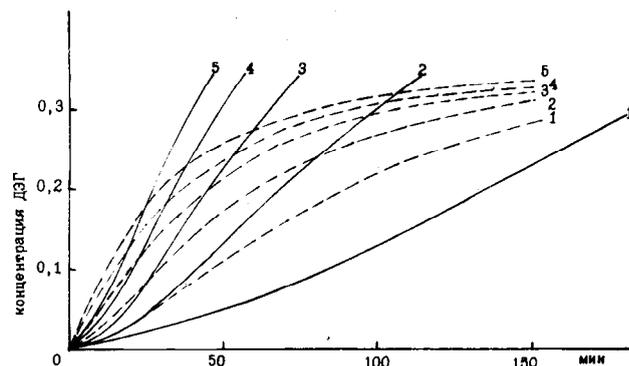


Abb. 12: Bildungsgeschwindigkeiten der Äthylenglykolderivate (DÄG, Mol/kg) im isothermischen Verdrängungsreaktor (ausgezogene Kurven) und in den Reaktoren mit idealer Mischung (punktirierte Kurven) bei 120°C;

Molverhältnis OÄ : TPA = 2, Katalysatorkonzentrationen (Et₃N) : 1 — 0,01 Mol/kg, 2 — 0,02 Mol/kg, 3 — 0,03 Mol/kg, 4 — 0,04 Mol/kg, 5 — 0,05 Mol/kg.

Die erhaltenen Modelle ermöglichen es, das thermische Gleichgewicht des Prozesses genau zu bestimmen und daraus optimale Bedingungen für die Prozeßführung festzulegen.

VI. Die Synthese von Polyäthylenterephthalat

Die Reaktionsprodukte der Oxyäthylierung (BOÄT und dessen Mischung mit TPA verschiedener Zusammensetzung) sowie die erhaltenen Oligomeren wurden untersucht und daraus alle optimalen Reaktionsbedingungen zur PÄT-Herstellung abgeleitet. Als Katalysatoren wurden Sb₂O₃ und GeO₂ eingesetzt.

Bei der Kondensation von reinem BOÄT ist es besonders wichtig, die Sublimation des Monomeren zu verhindern. Eine Untersuchung des Sublimationsprozesses bei Temperaturen von 210 bis 250°C und einem Druck von 150 bis 160 Torr ermöglichte es, die Temperaturen sowie die Dauer der Vorpolykondensation von BOÄT genau zu bestimmen.

Ohne Katalysator ist die Geschwindigkeit der Monomersublimation mit der Geschwindigkeit der Polykondensation vergleichbar.

Eine Umsetzung beginnt bei beiden Prozessen ab 220 bis 230°C; und bei 250°C und Drucken von 760, 300 und 150 Torr sublimieren bis zu 14, 18 und 24 Gew. % BOÄT im Verlauf von 60 bis 75 Minuten.

Durch die Erhöhung der Polykondensationsgeschwindigkeit (mittels Katalysatoren) kann die Monomer-

sublimation auf ein Mindestmaß reduziert werden. So werden bei der Einführung von 0,2 Gew.% GeO₂ während der gesamten Polykondensationsperiode nur 0,05 Gew.% der Ausgangsmenge von BOÄT sublimiert. Es ist leicht zu berechnen, daß bei einem kontinuierlichen Verfahren, beispielsweise bei einer Leistung von 75 Tonnen pro Tag, die Sublimationsmenge von BOÄT etwa 40 Kilogramm pro Tag beträgt.

Bei der Sublimation des Monomeren bleibt dieses mit den beheizten Oberflächen lange Zeit hindurch in Kontakt. Dadurch wird es fast restlos zu Oligoestern umgewandelt, die man daher oft fälschlich für Produkte des Sublimationsprozesses hält.

Durch die Einführung von Polykondensationskatalysatoren wird der Sublimationsgrad des Monomeren wesentlich vermindert, dieser unerwünschte Prozeß wird aber dadurch nicht völlig beseitigt. Darum ist es notwendig, im großtechnischen Verfahren spezielle Systeme zum Abfangen des sublimierten Monomeren und seiner Umwandlungsprodukte vorzusehen.

Von bedeutendem Interesse ist der Chemismus der PAT-Bildung aus dem System BOÄT-TPA. Aus einer Reihe von Patenten^{97, 100-102} geht hervor, daß die Anwesenheit von größeren TPA-Mengen in BOÄT die Bildung von Polymeren guter Qualität nicht stört. Diese Tatsache wird auch durch unsere Versuche bestätigt. Bei einem Molverhältnis von BOÄT : TPA \geq 1,5 konnten in Anwesenheit von Sb und Ge als Katalysatoren PÄT-Proben mit den entsprechenden Eigenschaften erhalten werden (Tab. 15).

Tabelle 15: Eigenschaften von PÄT, das aus der Mischung von TPA/BOÄT in Anwesenheit von Sb₂O₃ hergestellt wurde

Parameter	Werte
Grenzviskosität	0,58 – 0,64
Schmelzpunkt	258 – 266°C
Säurezahl	bis 15 · 10 ⁻⁶ g-aqu/g
Diäthylenglykolgehalt	1,30 – 1,80 mol%
Aschengehalt	0,45 – 0,56 Gew. %

Ein solches Polymeres läßt sich gut zu Stapelfasern verarbeiten. Die Eigenschaften der daraus hergestellten Fasern sind in Tabelle 16 angeführt.

Das aus den Mischungen von TPA/BOÄT hergestellte Polymere zeichnet sich im Gegensatz zu jenem auf Basis von DMT hergestellten Polymeren durch bessere Verspinnbarkeit aus.

Dieser besondere Unterschied der Polymeren, einer-

Tabelle 16: Die wichtigsten Eigenschaften von Fasern aus dem Versuchspolymeren (Rohstoffmischung von BOÄT/TPA im Verhältnis 1,5 : 1,0)

1. Feinheit (tex)	2,0	0,32
2. Reißdehnung (%)	52,5	39,90
3. Relative Festigkeit (p/tex)	34,0	45,00
4. Schnittlänge (mm)	–	–
5. Fehler	keine	keine

seits durch Oxyäthylierung von TPA erhalten und andererseits durch Polykondensation der Mischung von BOÄT mit nicht umgesetztter TPA, wurde auch von der Firma Toyobo¹⁰³ aufgezeigt.

Unserer Meinung nach hat die Herstellung von PÄT aus TPA und Äthylenoxid über die Umsetzung von BOÄT mit TPA eine Reihe wichtiger Vorteile gegenüber der direkten Polykondensation von reinem BOÄT oder der direkten Veresterung von TPA mit Äthylen-glykol:

1. Der Verbrauch an Äthylenoxid durch die Bildung von Äthylenglykol in einer Nebenreaktion wird vermindert.
2. Eine Oligomerisation des gebildeten BOÄT tritt praktisch nicht ein, und der Gehalt an gebundenem DÄG im Produkt ist leicht durch α_{TPA} oder die Einstellung bestimmter Reaktionsparameter in Schranken zu halten.
3. Es ist aber auch möglich, die Oligoesterbildung (durch die Erhöhung der Prozeßtemperatur) sehr zu beschleunigen.
4. Bei richtig ausgewähltem Katalysator für die Oxyäthylierung von TPA kann die Oligoesterbildung unter dem Einfluß dieses Katalysators⁹⁷⁻¹⁰⁰ so stark beschleunigt werden, daß die Zersetzung und der Austritt dieser Verbindungen aus der Reaktionszone bewirkt wird.

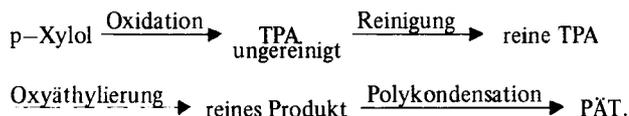
In diesem Fall ist die Polymerqualität weitaus besser, da der Gehalt an freiem Äthylenglykol im Polymeren bedeutend geringer ist als bei der Verwendung von reinem BOÄT oder des Systems TPA/ÄG. Die Kondensation von freien Glykolkolekülen als Nebenreaktion spielt daher eine unbedeutende Rolle.

Zum Schluß soll kurz auf einige technologische Aspekte der Herstellung von PÄT aus TPA und Äthylenoxid eingegangen werden.

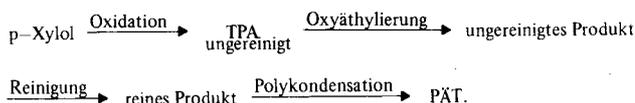
VII. Die Realisierung der Oxyäthylierungsreaktion von TPA in verfahrenstechnischen Prozessen zur Monomer- und Polymerherstellung

In den Jahren 1966 bis 1971 sind einige Mitteilungen¹⁰⁴⁻¹⁰⁶ über das von der Firma Nixon Soda ausgearbeitete Verfahren zur BOÄT- und PÄT-Produktion sowie zur Herstellung von Polyesterfasern und -folien veröffentlicht worden. Dieses Verfahren wurde aber bisher großtechnisch noch nicht realisiert. 1973 hat die Firma Tojobo die Untersuchung über die Umsetzung von TPA mit Äthylenoxid durch die Errichtung eines Produktionsbetriebes zur Herstellung granulierten PÄT¹⁰³ beendet. Bei dem Verfahren der Firma Tojobo wird die Oxyäthylierung von TPA in einem organischen Lösungsmittel in Anwesenheit von Amin als Katalysator durchgeführt. Betrachtet man die technologischen Varianten, die verschiedene Firmen ausgearbeitet haben, so bieten sich vorwiegend zwei Einsatzmöglichkeiten der Oxyäthylierung von TPA zur Herstellung eines faserbildenden Polymeren an.¹⁰⁸

Die erste Möglichkeit sieht Prozesse auf Basis von reiner Terephthalsäure vor und schließt die Reinigung der Oxyäthylierungsprodukte aus. Das Reaktionsprodukt fällt sofort in der erforderlichen Qualität an.¹⁰⁸



Die zweite M\u00f6glichkeit schlie\u00dft die Reinigung der Oxy\u00e4thylierungsprodukte von Verunreinigungen und vom Katalysator ein. Erst anschlie\u00dfend wird das Produkt zur Polymerherstellung eingesetzt.



Das Hauptziel unserer Betrachtungen bez\u00fcglich technologischer M\u00f6glichkeiten ist die Erh\u00f6hung der Wirtschaftlichkeit der P\u00c4T-Herstellung aus den prim\u00e4ren Rohstoffen *p*-Xylol und \u00c4thylenoxid. Die Verwendung von \u00c4thylenglykol anstatt \u00c4thylenoxid — wie schon oben gesagt — erm\u00f6glicht es, die Rohstoff- und Energiekosten bedeutend zu senken und eine Reihe von Verfahrensstufen zu beschleunigen. Der Einsatz unger\u00e4u\u00dfigter TPA in der Oxy\u00e4thylierungsreaktion wird als \u00f6konomisch betrachtet. Die Reinigung von BO\u00c4T erfordert keine zus\u00e4tzlichen Kosten oder spezielle chemische Vorkehrungen. Im Gegensatz zu TPA ist ihr Bisglykolester in hei\u00dfem Wasser und in organischen L\u00f6sungsmitteln gut l\u00f6slich. Bei einem nur geringen Gehalt an Verunreinigungen reicht daher die normale Extraktion und Umkristallisation aus Wasser zur Aufbereitung der f\u00fcr die Monomeren erforderlichen Reinheit¹⁰⁵ aus. Die endg\u00fcltige Reinigung von TPA wird normalerweise bei hohen Temperaturen, unter Druck und in Anwesenheit aggressiver Medien¹⁰⁸ durchgef\u00fchrt.

Als wichtiger Vorteil des Verfahrens mit unger\u00e4u\u00dfigter TPA wird die M\u00f6glichkeit, die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Oxy\u00e4thylierung bedeutend zu erh\u00f6hen, betrachtet¹⁰⁹. Dazu k\u00f6nnen auch h\u00f6here Katalysatorkonzentrationen angewendet werden. Der Hauptanteil des Katalysators wurde zusammen mit den Verunreinigungen aus dem Produkt w\u00e4hrend der Reinigung entfernt und beeinflussen daher die Polymereigenschaften weiter nicht mehr. Die Firma Teijin h\u00e4lt die Errichtung von Produktionsstra\u00dfen zur Oxy\u00e4thylierung unger\u00e4u\u00dfigter TPA mit einer Leistung bis zu 300 Tonnen pro Tag¹⁰⁷ f\u00fcr m\u00f6glich.

Die Oxy\u00e4thylierung von reiner TPA erscheint dagegen in verh\u00e4ltnism\u00e4\u00dfig kleinen Anlagen als zweckm\u00e4\u00dfiger¹⁰⁸. Daf\u00fcr sprechen vor allem die hohen Anforderungen an den Typ, die Reinheit und die Konzentration des Katalysators bei der Oxy\u00e4thylierung.

F\u00fcr die Erstellung beliebiger Reaktionsbedingungen f\u00fcr eine kontinuierliche gro\u00dftechnische Anlage ist es wichtig, die Besonderheiten der Oxy\u00e4thylierung von TPA zu ber\u00fccksichtigen.

F\u00fcr den normalen Proze\u00dfverlauf ist die Durchf\u00fchrung der Reaktion im kinetischen Bereich und eine ausreichende Abf\u00fchrung der Reaktionsw\u00e4rme erforderlich. Gleichzeitig mu\u00df die Teilchengr\u00f6\u00dfe der TPA entsprechend klein sein, und die Durchmischungsgeschwindigkeit f\u00fcr eine gute Dispergierung der festen TPA im Reaktionsmedium mu\u00df ausreichend sein. Bei

ungen\u00fcgender Durchmischung gewinnen Nebenreaktionen an Bedeutung, wodurch der Gehalt an \u00c4thylen-glykolderivaten und Oligoestern in den Reaktionsprodukten zunimmt.

Au\u00dfer den oben dargelegten Faktoren ist es wichtig, das richtige Verfahren sowohl zur Einf\u00fchrung der Reagenzien in die Reaktionszone als auch zur Entnahme des Produktes aus dem Reaktor auszuw\u00e4hlen. Diese Vorg\u00e4nge werden durch die geringe L\u00f6slichkeit der TPA in \u00c4thylenoxid bzw. in BO\u00c4T sowie durch den hohen Druck in der Reaktionszone erschwert. Der Druck ist n\u00e4mlich sowohl von der Temperatur als auch von der \u00c4thylenoxidkonzentration im Reaktionsprodukt abh\u00e4ngig und kann unter kontinuierlichen Gleichgewichtsbedingungen 25 kg/cm² erreichen.

Die Firma Nixon Soda hat eine Versuchsanlage f\u00fcr das Verfahren zur BO\u00c4T-Herstellung mit einer Leistung bis zu 1 Tonne pro Tag¹⁰⁵ ausgearbeitet. Die Einf\u00fchrung der Reagenzien erfolgt in Form einer TPA-Suspension in \u00fcbersch\u00fcssigem \u00c4thylenoxid mit hermetischen Pre\u00dfkolbenpumpen. Zur Entnahme des Reaktionsproduktes, das BO\u00c4T und nicht umgesetzte TPA sowie \u00c4thylenoxid enth\u00e4lt, werden zwei Verfahren empfohlen.

- Das erste Verfahren ist eine einstufige Drosselung, die durch intensive Verdampfung von \u00c4thylenoxid zur Kristallisation des Produktes f\u00fchrt. Es wurde im Versuchsma\u00dfstab gepr\u00fcft und ist zur Herstellung von pulverf\u00f6rmigen Produkten¹⁰⁹ zu empfehlen.
- Zuverl\u00e4ssiger ist das zweite Verfahren, eine mehrstufige Drosselung, obwohl sich dabei die Anzahl der Vorrichtungen und Armaturen erh\u00f6ht.¹⁰⁵

Es ist offensichtlich, da\u00df der Druck im Apparat um so niedriger ist, je weniger \u00c4thylenoxid im Reaktionsprodukt vorhanden ist. Der Proze\u00df bedarf daher weniger Sicherheitsvorkehrungen, er ist ungef\u00e4hrlicher, und die Entleerung des Produktes in die Normaldruckzone wird erleichtert. Die niedrige Konzentration an \u00c4thylenoxid kann aber den Proze\u00df stark verlangsamen. Daher ist es \u00e4u\u00dferst wichtig, den optimalen \u00c4thylenoxidgehalt festzulegen.

Aufgrund der oben angefuhrten Versuchsergebnisse, die durch eine breite Variierung des Molverh\u00e4ltnisses O\u00c4 : TPA erhalten wurden, kann das st\u00f6chiometrische Verh\u00e4ltnis (O\u00c4 : TPA = 2) als g\u00fcnstigstes f\u00fcr dieses Verfahren empfohlen werden. Dadurch ver\u00e4ndert sich die Gesamtgeschwindigkeit des Prozesses $\alpha_{\text{TPA}} = 55$ bis 65 % praktisch nicht. Wie oben gezeigt wurde, sind diese Umsetzungen zur Herstellung guter BO\u00c4T- und P\u00c4T-Qualit\u00e4t optimal.

Zur Proze\u00dfsteuerung k\u00f6nnen verschiedene Parameter herangezogen werden. Zu den wichtigsten z\u00e4hlen Temperatur, Katalysator- und \u00c4thylenoxidkonzentration. Bei konstanter Konzentration h\u00e4ngt der Partialdruck von \u00c4thylenoxid im Apparat nur von der Temperatur ab. Diese Abh\u00e4ngigkeit kann auch zur Proze\u00dfsteuerung herangezogen werden. Ein Vergleich der Tabellen 8 und 14 zeigt, da\u00df die Aktivierungsenergie der Nebenreaktion etwa doppelt so hoch ist wie die der Hauptreaktion. Die Ver\u00e4nderung der Katalysatorkonzentration ist aber das wirksamste Mittel, um die Leistung der Anlage zu regeln.

Die er\u00f6rterten Fragen bez\u00fcglich der P\u00c4T-Herstellung

— über den Weg der Oxyäthylierung von TPA ohne Lösungsmittel — zeigen die prinzipiellen Entwicklungsmöglichkeiten technologischer Prozesse auf.

Der Chemismus aller Verfahrensstufen gewährleistet die Herstellung eines Polymeren mit den erforderlichen Eigenschaften.

Literatur:

86. Y. Tanaka, A. Okeda, M. Suzuki; *Con. I. Chem.* **48**, 3258 (1970)
87. L. N. Piroshnaja, W. W. Gromow; *J. org. chimii* **9**, 210 (1973)
88. N. N. Lebedew, K. A. Guskow; *Kinet. u. Katal.* **4**, 581 (1963)
89. T. I. Samsonowa, W. A. Malych, G. D. Michailow, A. S. Tschegolja, N. I. Sobolewa; *J. pol. chimii* **10**, (1975)
90. T. I. Samsonowa; Thesen der Vorträge auf der Konferenz „Junge Wissenschaftler der Oberwolga — dem Fünfjahrplan“, Kalinin 1973
91. T. I. Samsonowa, W. A. Malych, G. D. Michailow, L. W. Ratschinsky, A. S. Tschegolja; *J. pol. chimii* **11**, (1975)
92. W. A. Malych, T. I. Samsonowa, G. D. Michailow, A. A. Solowjanow, B. M. Bagrow, A. S. Tschegolja; *Prep. d. int. Chemiefasertagung*, Band 2, S. 11, Kalinin 1974
93. A. S. Tschegolja, T. I. Samsonowa, B. M. Bagrow, G. D. Michailow, W. A. Malych; *Referate der Vorträge und Berichte der XI. Mendeleew-Tagung*, Band 2, 225, Alma-Ata 1975
94. W. F. Schwez, O. A. Tjukowa; *J. org. chiminii* **7**, 1851 (1971)
95. H. A. Pohl; *J. Am. Chem. Soc.* **73**, 5660 (1951)
96. D. Coleman; *J. Polym. Sci.* **14**, 15 (1954)
97. JA-Anm. 48-19.715 (1973)
98. DT-Anm. 1,520.998 (1973)
99. JA-Anm. 47-51.235 (1973)
100. FR-Anm. 9,168.898 (1973)
101. GB 1,295.870 (1972)
102. JA-Anm. 11.053 (1972)
103. H. Munakata, S. Inamura, H. Kamatani; *Prep. d. Vortr. d. int. Chemiefasertagung*, Band 2, 5—10, Kalinin 1974
104. *Chem. Eng.* **73**, vom 30. 11. 1966 und **74**, vom 8. 5. 1967
105. *Hydrocarbon Process.* **49** (11), 146—150 (1970); **50** (11), 134 (1971)
106. Chenai Venkatraya; *Colourage* **18** (3), 50 (1971)
107. *Chem. & Eng. News* **77** (49), 42 (1970)
108. *Chem. Econ. & Eng. Rev.* **6**, 50—55, 59 (1971)
109. FR 1,579.487 (1969)

Arachne — eine Übersicht über die Entwicklung und den derzeitigen Stand der Technologie

Dipl.-Ing. Helmut Jezek
 Praha, CSSR

Die Anregung (CFT Dornbirn 1976), eine Systematik und Gegenüberstellung der verschiedenen Arachne- und Malitechnologien zu erstellen, wird hier vom Autor aufgegriffen. Um diese logisch aufbauen zu können, wird vorerst der Begriff „Aratechnologie“ eingeführt, wonach versucht wird, aus der Sicht der Endprodukte (ähnliche Flächengebilde) entsprechende Ara- und Maliwattverfahren miteinander zu korrelieren.

The incentive (Man-Made Fibre Conference at Dornbirn in 1976) to set up a systematology and comparison of the different Arachne- and Mali-Technologies is here taken up by the author. In order to be able to build it up logically, the term "Ara-Technology" is first introduced, and attempts are made to correlate corresponding Ara- and Maliwatt-Processes with each other from the point of view of the end products (similar materials).

1. Einleitung

Betrachtet man die verschiedenen zur Zeit geläufigen Herstellungsverfahren für textile Produkte näher, so muß man den Stimmen rechtgeben¹, die auf die näher-rückenden physikalischen Grenzen diesbezüglicher Prozeßprinzipien aufmerksam machen. Dies gilt nicht nur für die Garn- und Fadenherstellung, sondern natürlich auch für die Erzeugung textiler Flächengebilde. In dieser Hinsicht ist bestimmt das durch Jahrtausende bewährte Weben betroffen, aber auch der Erhöhung der Anzahl von Systemen beim Rundstricken, der Tourenzahl eines Kettenwirkstuhles u. a. sind Grenzen gestellt (wobei die Bedeutung aller genannten Verfahren keineswegs bezweifelt werden soll). Wenn man sich über die beim Wellenfach einer neuen Generation von Webmaschinen schon sehr hoch angesetzten Leistungsschwellen hinwegsetzen will, so muß man zu andersartig konzipierten Verfahren greifen. Zu diesen gehört im Prinzip ohne Zweifel die Mehrzahl aller bekannten Prozesse, durch die nichtgewebte Textilien erzeugt werden.

Um die Leistungsdifferenz diverser textiltechnologischer Verfahren klar darzulegen, soll in Tabelle 1 ein relativer Vergleich der Herstellungsverfahren aufgestellt werden². (Dem Schützenwebautomaten soll dabei eine relative Herstellungsgeschwindigkeit von 1 entsprechen.) Es liegt auf der Hand, daß allein von diesem Standpunkt aus gesehen auch das Weben mit Wellenfach zu überbieten ist, was auch für Stricken und Wirken gilt.

Dabei kann nie klar genug gesagt werden, daß das Leistungsniveau zwar interessant, aber nicht ausschlaggebend für den Erfolg einer Technologie sein kann und dieses vernünftigerweise nur dann akzep-

tiert werden sollte, wenn die diesbezügliche Technologie Textilien mit entsprechenden Gebrauchseigenschaften liefert, wobei eine gewisse Flexibilität der Technologie (Musterungsmöglichkeiten, Einsatz verschiedener Materialien, Bedienungs- und Wartungs-sowie Umweltfreundlichkeit usw.) gewährleistet sein muß.

Diese Ansprüche müssen auch den verschiedenen Verfahren zur Erzeugung von Nonwovens sowie dem erwägten Einsatz entsprechen, was auch für das Arachneverfahren gilt, welches hinsichtlich des Herstellungsprinzipes und des bisherigen Entwicklungsverlaufes näher betrachtet werden soll.

2. Einreihung und Entwicklungsübersicht des Arachneverfahrens

Bevor näher auf technische Einzelheiten eingegangen wird, soll vorerst das Arachneverfahren als eines der vielen verschiedenen Prozesse zur Herstellung von Nonwovens eingereiht werden. Obwohl die systematische Aufstellung dieser Gattung noch längst nicht abgeschlossen ist, so ermöglicht doch die Gliederung der Nonwovens nach dem oft benützten System von Krcma³ eine ziemlich klare Einreihung der Arachnetextilien (Abb. 1).

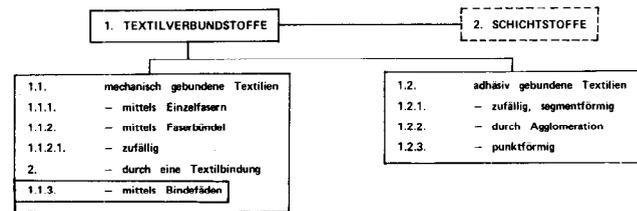


Abb. 1: Systematische Gliederung der Textilverbundstoffe nach deren Struktur³

Krcma bezeichnet solche Flächengebilde als „nicht-gewebte Textilien mit Bindefäden“, was für die grundlegende Variante der beschriebenen Technologie auch zutrifft (weiter soll gezeigt werden, daß diese Entwicklung eine ganze Reihe davon abgeleiteter Verfahren gebracht hat).

Einer anderen Auffassung¹ zufolge betrachtet man die Arachnetextilien als abgewandelte Kettengewirke, welchen (auf originelle und die Leistung nicht herabsetzende Art) ein „Futterfaden“ in Form eines kontinuierlich eingearbeiteten Vlieses eingebunden wird. Auch diese Definition ist — zumal sie sehr illustrativ ist — sehr angebracht.

Zur Entwicklungsgeschichte sei kurz gesagt, daß das Verfahren auf dem Grundpatent CSP 85 358 von Josef Zmatlik aus dem Jahre 1949 beruht (ungefähr zur gleichen Zeit patentierte Mauersberger das verwandte Maliverfahren).

In mehrjähriger Entwicklungsarbeit entstanden dann im Forschungsinstitut für Wirkerei und Strickerei in Brno, im Forschungsinstitut des Textilmaschinenbaues sowie im Entwicklungszentrum des Herstellerwerkes KSK in Kdyne verbesserte Typen der Arachne-maschinen, die auf diesem Grundprinzip beruhen. In der Folge wurden Varianten entwickelt, die zu den neuesten, fortgeschrittensten modifizierten Arachne-

verfahren führten, wie sie im Staatlichen Textilforschungsinstitut Librec zum Beispiel verwendet werden. Bahnbrechend dabei war eine Reihe von Patentanmeldungen aller erwähnten Institutionen.

3. Das Arbeitsprinzip

Zur grundlegenden Erklärung des Arbeitsprinzips einer Arachnemaschine soll nun der Materialdurchlauf bzw. dessen Verarbeitung an dieser Maschine schematisch dargestellt werden⁶ (Abb. 2).

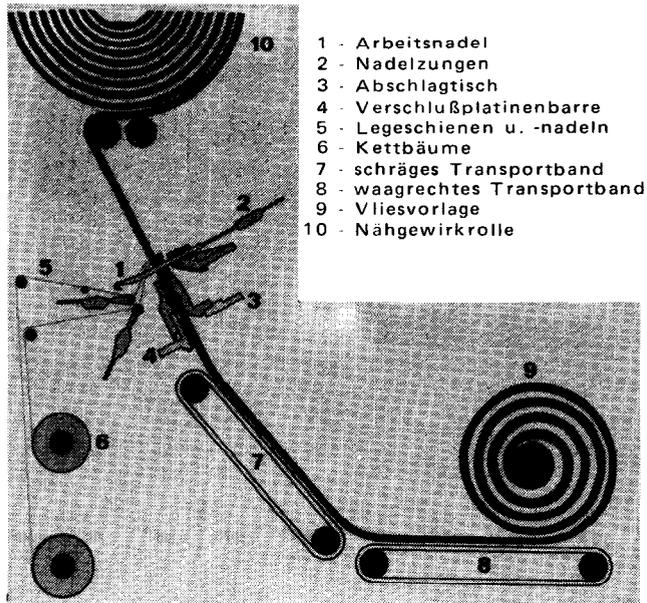


Abb. 2: Schematische Anordnung einer Arachnemaschine

Das oft zum Vergleich angeführte Maliverfahren ist anschließend ebenfalls schematisch gezeigt⁵ (Abb. 3). Wie zu ersehen ist, verläuft der Materialdurchlauf umgekehrt, und auch die Anordnung der maschenbildenden Elemente ist entsprechend unterschiedlich.

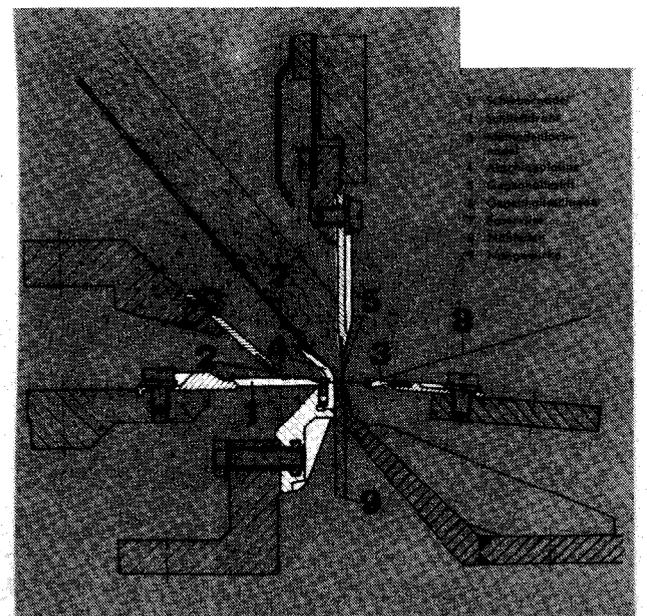


Abb. 3: Schematische Darstellung der Wirkmechanismen einer Maliwattmaschine

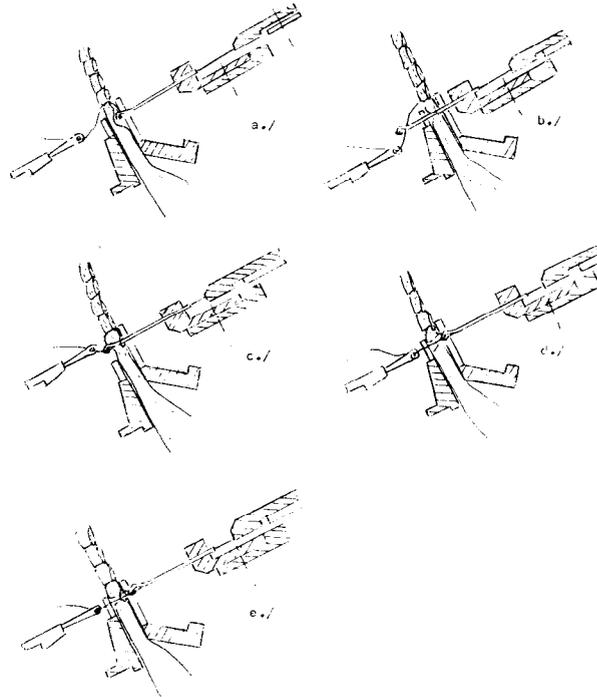


Abb. 4: Arbeitsphasen bei der Bildung einer Reihe an der Arachnemaschine

Der **Arbeitsvorgang** an der Arachnemaschine zerfällt ähnlich wie bei einer Kettwirkmaschine — unter Berücksichtigung der Einarbeitung eines Faservlieses — in fünf Phasen, die in der Abbildung 4 erklärt werden sollen⁴.

Die Synchronisierung der ausschlaggebenden Funktionsmechanismen bei der Bildung einer Reihe ist aus dem Arbeitsdiagramm einer Arachnemaschine (Abb. 5) ersichtlich⁴.

Die bisherigen Ausführungen und Abbildungen lassen erkennen, daß der Arbeitsvorgang recht gut mit dem eines Kettenwirkstuhles vergleichbar ist. Die Anordnung und Ausführung der Arbeitsmechanismen sowie die Anordnung und Zuführung der Fäden- und Faservorlagen mußten verständlicherweise den spezifischen Anforderungen des Herstellungsprinzipes angepaßt werden.

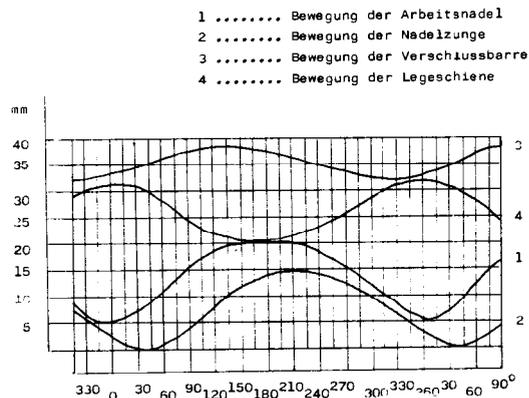


Abb. 5: Arbeitsphasen-Synchronisierung und Arbeitsdiagramm der Arachnemaschine

4. Systematische Übersicht der weiterentwickelten Arachnetechnologie — Einführung neuer Begriffe

Nach der Darlegung der prinzipiellen Vorgänge bei der Bildung einer Maschenreihe an der Arachne-Maschine sollen nun alle daraus entstandenen Verfahrensvarianten erläutert werden.

Einleitend muß gesagt werden, daß bei der Benennung der vielen Varianten, die aus dem beschriebenen Grundprinzip entwickelt wurden, nicht so systematisch vorgegangen wurde wie beispielsweise bei der sehr verwandten Malitechnologie. Es soll daher hier versucht werden, eine systematische Übersicht im Vergleich zur Malitechnologie aufzustellen; dabei muß natürlich von den bestehenden Bezeichnungen der einzelnen Varianten ausgegangen werden. Auf jeden Fall ist es aber zweckmäßig — zumindest dafür —, als Oberbegriff den Terminus **Arachnetechnologie** einzuführen, wodurch eine Äquivalenz zu dem gebräuchlichen Begriff **Malitechnologie** geschaffen wird, der auch den Vergleich mit dieser erleichtert.

Vorerst seien also die bis heute entwickelten und in Textilbetrieben angewandten Aravarianten aufgezählt (nachfolgend werden sie kurz charakterisiert), und zwar in Gegenüberstellung zu den vergleichbaren Malivarianten (Abb. 6).

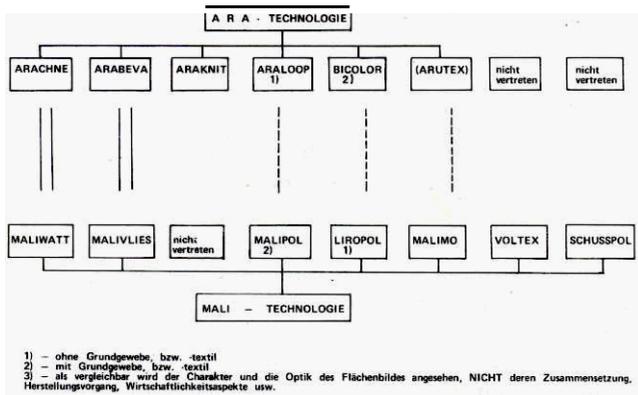


Abb. 6: Übersicht der bestehenden Aravarianten im Vergleich zur Malitechnik 5, 6, 7

5. Kurzbeschreibung der Entwicklungsvarianten

5.1. Arachne

Das Arachneverfahren, die Grundvariante dieser Entwicklung, dient zur Herstellung von Nähgewirken, wobei ein Faservlies mit einem System von Kettfäden durchwirkt wird. Die Kettfäden sind meistens wie bei einem Kettwirkstuhl durch eine der üblichen Grundbindungen wie Franse, Trikot, Tuch oder Atlas abgebunden. Neben diesen ermöglichen die zwei vorhandenen Legeschienen und der Bindungsexzenter eine Reihe weiterer Bindungskombinationen und -effekte. Einige Bindungsmöglichkeiten und Flächengebilde zeigt Abbildung 7.

Nach Sobotka⁴ kann diese Technik zur Herstellung folgender Artikelgruppen angewandt werden:

- Wärme- und Schallsisolierungen für Bekleidung und technische Einsatzgebiete,
- Verpackungstextilien und Säcke,

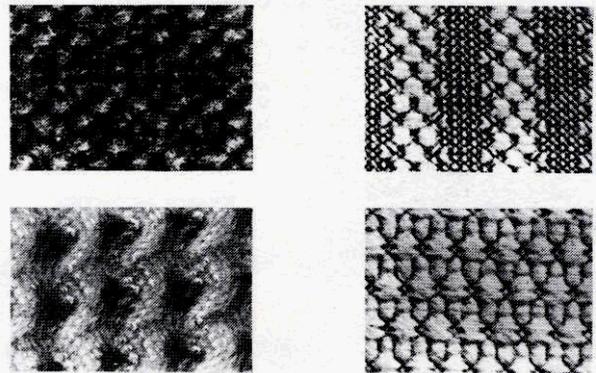
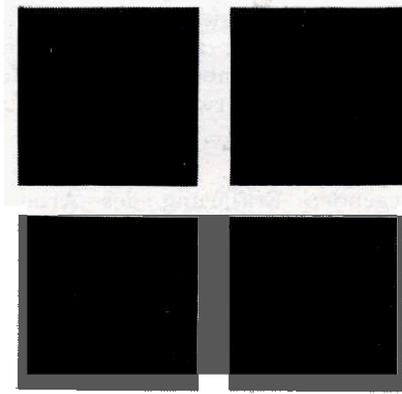


Abb. 7: Beispiele erweiterter Bindungsmöglichkeiten der Arachnetechnik

- Futterstoffe für Schuh- und Galanteriewaren,
- Unterware für Syntheseleder, Linoleum, Teppiche, Nadelfilze usw.,
- Bekleidungs- und Wäscheeinlagen sowie flexible Einlagen,
- Filtermaterialien,
- Wohnungs-, Deko- und Bezugstextilien,
- Flanell und Dedden,
- Schuhobermaterial, gewalkt und mit Spezialausriistung,
- diverse technische Textilien (z. B. Staubtücher, Wischlappen ..),
- elastische Nähgewirke mit PUR-Beschichtung für Oberbekleidung und technische Zwecke sowie eventuell für Wäsche,
- Nähgewirke für Oberbekleidung, Mantel, Badebekleidung, Hauskleidung, Schlafmäntel, Kinderbekleidung und Sportbekleidung.

Nach eigener Erfahrung erscheinen allerdings Nähgewirke ohne Modifizierung des Herstellungsverfahrens für die letztgenannten Gruppen **hochwertigster** Waren als **nicht voll geeignet**. Diese Mängel konnten aber durch Modifizierung des Arachneverfahrens behoben werden".

5.2. Arabeva

Diese Variante arbeitet ähnlich wie die Grundvariante Arachne mit einem Vlies, aber ohne Kettfäden. Aus

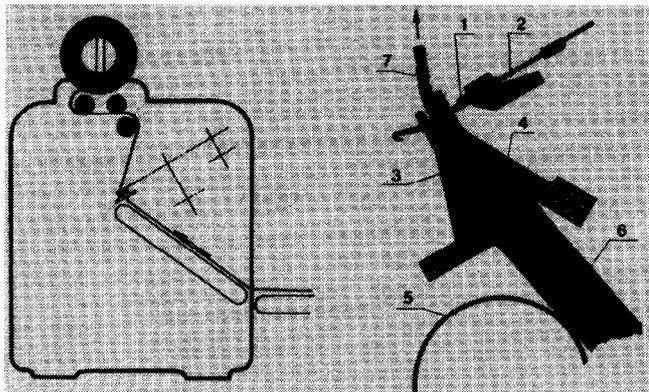


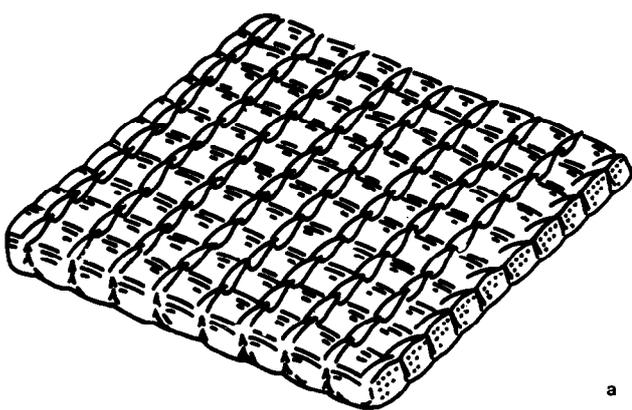
Abb. 8: Schematische Darstellung der Arabevatechnik

- 1 - Arbeitsnadel
- 2 - Nadelzungen
- 3 - Verschlussplatinentisch
- 4 - Abwurf Tisch
- 5 - Lattenband für Vliestransporte
- 6 - Faservlies
- 7 - Arabeva - kettenloses Nähgewirk

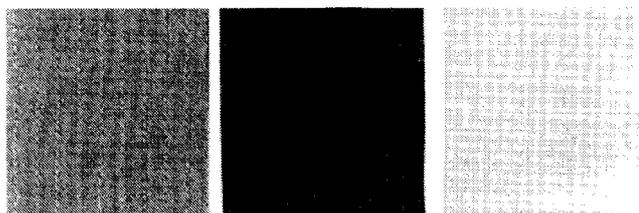
Faserbündeln werden durch entsprechend angepaßte Wirkmechanismen Maschen geformt, und dadurch wird das Vlies verfestigt. Die Eigenschaften und das Warenbild entsprechen dem Charakter der Verfestigung. Die Werte für bestimmte mechanische Eigenschaften (z. B. Zugfestigkeit, Berstfestigkeit usw.) sind verständlicherweise niedrig, für die empfohlenen Einsatzgebiete aber ausreichend. Das Wegfallen der Ketten-systeme bietet natürlich wirtschaftliche Vorteile (Abb. 8 und Abb. 9).

Als Einsatzmöglichkeiten werden unter Erwägung der Eigenschaften des Endproduktes folgende empfohlen⁴:

- Wärmeisolierungen für die Bekleidungsindustrie,
- flexible Einlagen und Kragenfilze,



a



b

Abb. 9: Schematische Darstellung der Vliesverfestigung (a) und des Warenbildes (b) von Arabeva-Flächengebilden

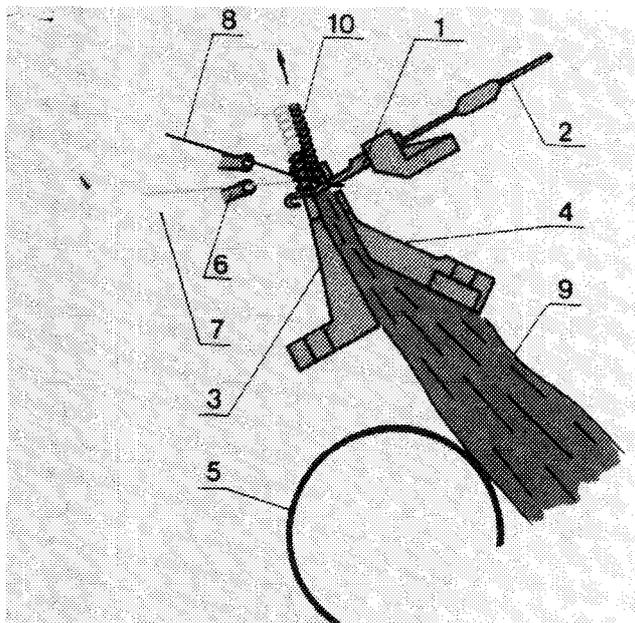


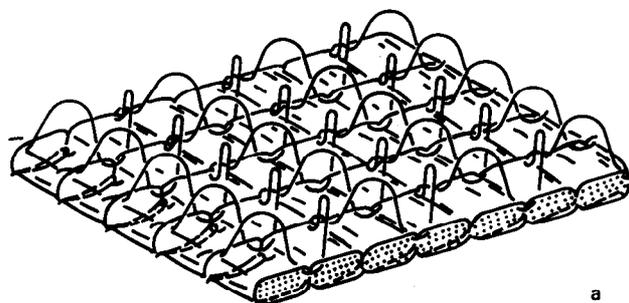
Abb. 10: Araloop — Schema der Anordnung der Wirkorgane

- 1 - Arbeitsnadel
- 2 - Nadelzunge
- 3 - Verschluss- u. Florplatinen
- 4 - Abwurf Tisch
- 5 - schräges Lattenband (Transportband)
- 6 - Legenadel für d. Florgarn
- 7 - Florgarn
- 8 - Bindekette
- 9 - Faservlies
- 10 - Flor-Nähgewirk

- Filtermaterialien mit einseitiger Gewebeunterlage,
- Unterware für Kunstleder, Bodenbeläge, Träger-textilien und Nadelfilze sowie
- diverse technische Textilien.

5. 3. Araloop

Diese Variante der Aratechnologie bietet die Möglichkeit, ein Textil mit einseitigem, frotteeartigem Schlin-



a



b

Abb. 11: Schematische Darstellung der Warenkonstruktion (a) und des Warenbildes bei Araloop (b)

genflor herzustellen. Das Florgarn wird mit Hilfe einer oder zweier Legeschienen in ein Vlies oder/und eine Trägerbahn (Gewebe, Gewirk, Nähgewirk, eventuell Folie) „eingewirkt“. Entsprechend dem Charakter des Flächengebildes ist die Schließbarre in dieser Ausführung stillstehend und trägt Florplatinen, welche die Form (Höhe) des Flors bestimmen (Abb. 10 und Abb. 11).

Als geeignete Einsatzgebiete werden genannt¹:

- Handtücher,
- Strandbekleidung,
- Decken,
- Bezugstoffe,
- Auslegewaren,
- Schuheinlagen usw.

5. 4. Bicolor — Arachne

Da sie die Herstellung eines Textils mit beiderseitigem Schlingenflor erlaubt, soll sie anschließend an Aralooop erläutert werden. In diesem System werden die Florfäden oder -garne in ein Trägergewebe eingewirkt. Zu diesem Zweck sind Legenadeln und Florplatinen auf beiden Seiten der Trägerbahn angeordnet. Die Auslegung der Maschine läßt auch die Entstehung eines sehr unterschiedlichen Warencharakters (z. B. Langflor auf der Vorderseite und kurze Schlingen auf der Rückseite; eine Seite geraut, die andere mit Frotteeschlingen usw.) auf der Vorder- bzw. Rückseite des Bicolornähgewirkes zu (Abb. 12 und Abb. 13).

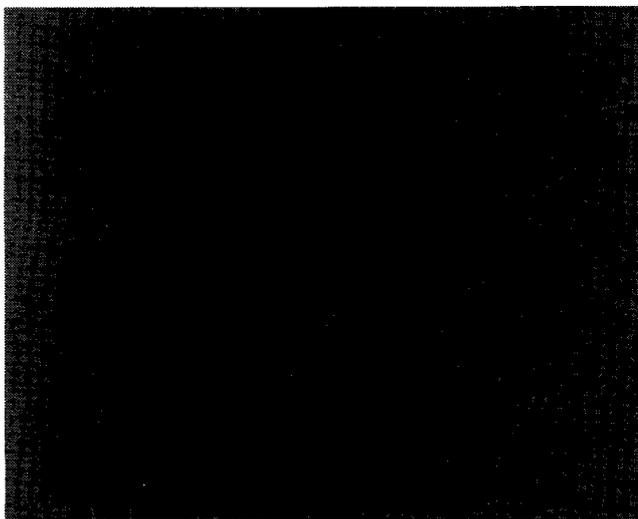


Abb. 12: ARA-Bicolor, Schema der Wirkmechanismen-anordnung

Als Einsatzgebiete sind zu erwägen:

- Decken, Handtücher, Badetücher, Auslegewaren, Bademäntel, Strandbekleidung, beiderseitige Dekostoffe, Pelzimitationen für Wärmeeinlagen usw.

5. 5. Araknit

Dieses Verfahren kann zur Herstellung von Gewirken herangezogen werden. Das Vlies fällt weg und aus einer bzw. zwei Ketten wird ein gewirktes Flächen-

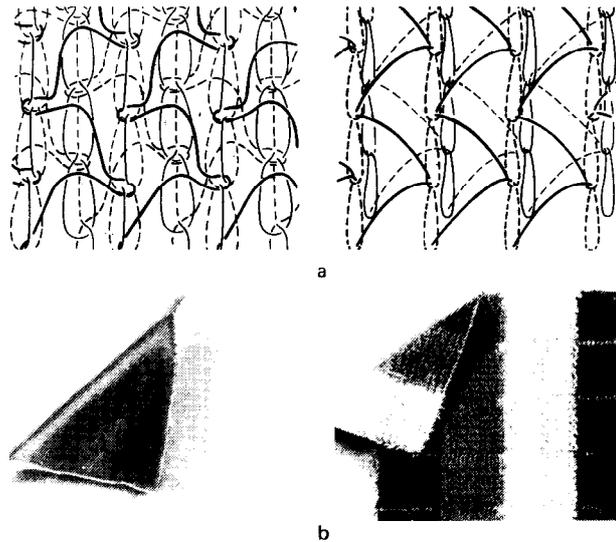


Abb. 13: Schematische Darstellung der Warenkonstruktion (a) und des Warenbildes bei Bicolor (b)

gebilde erzeugt. Statt der Exzenter werden die Legeschienen (wegen des meistens größeren Bindungsrapportes) mittels einer Musterungskette gesteuert. Die Form der Arbeitsnadel ist entsprechend verändert, und die Konstruktion des Schließbarrens und des Abschlagtisches sind den neuen Verhältnissen angepaßt. Dadurch bekommt die Maschine den Charakter eines einfonturigen Wirkstuhles mit zwei Legeschienen (Abb. 14 und Abb. 15).

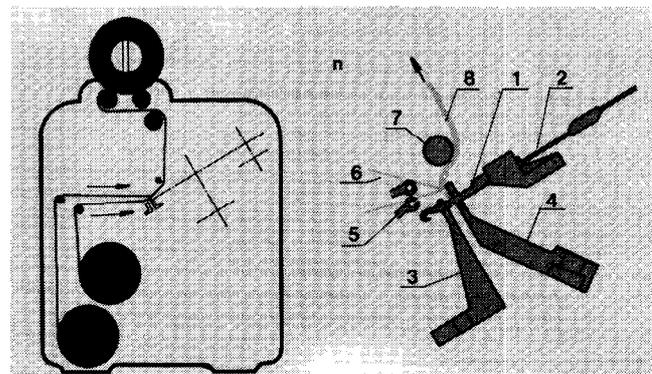


Abb. 14: Schema der Maschinenanordnung bei Araknit

- 1 - Arbeitsnadel
- 2 - Nadelzunge
- 3 - Verschußplatinentisch
- 4 - Abwurf Tisch
- 5 - untere Legeschiene u. -nadel
- 6 - obere Legeschiene u. -nadel
- 7 - Führungswalze
- 8 - Gewirk

Für die Herstellung durch die Araknittechnik scheinen folgende Warengruppen⁴ geeignet zu sein:

- Oberbekleidung, Pullovers, Gardinenstoffe, Wäscheartikel, technische Textilien, Verbandstoffe, Verpackungsmaterial usw.

5. 6. Arutex

Diese Variante ermöglicht das Eintragen bzw. das Ein-

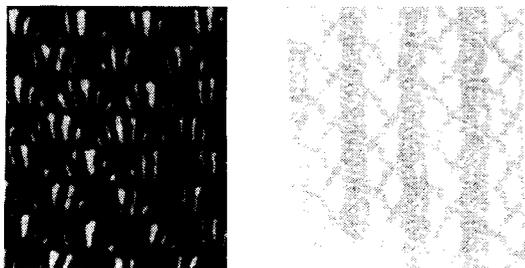
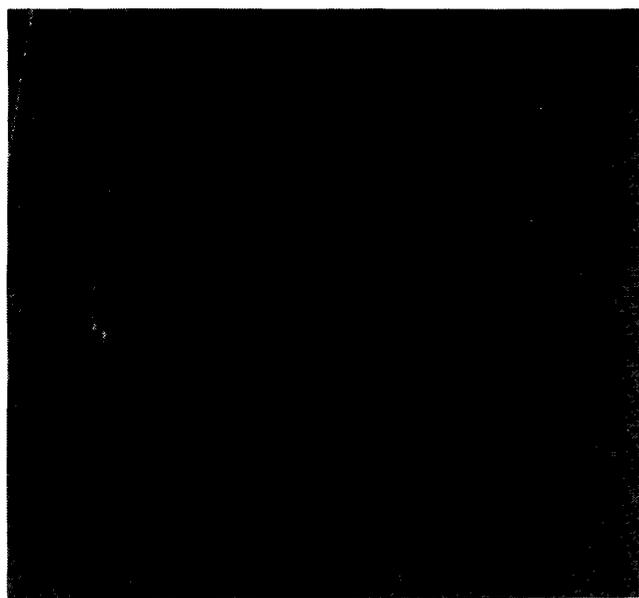


Abb. 15: Warenbild von Araknitgewirken

wirken eines querliegenden „Schußfadens“. Sie ist vor allem für den Einsatz bei den Araknit- und bei den Araloommaschinen gedacht, wird aber auch bei den übrigen Varianten Anwendung finden. Das Schußgarn wird von 26 Spulen, die in einem Spulengatter aufgesetzt sind, abgezogen und in U-Form auf die Trägerhaken einer Transportkette aufgelegt. Bei jeder Umdrehung der Aramaschine wird ein Querfaden zwischen die Maschenbögen und Maschenschenkel eingearbeitet.



a) Bindungsschema

b) Maschenschema

Abb. 16: Darstellung der Einbindung des Querfadens bei Arutex für Franse und Trikotlegung

Diese Entwicklung ist noch nicht vollends abgeschlossen, sie wird aber schon erfolgreich im Dauerbetrieb eingesetzt. Die so hergestellten Textilien werden als geeignet für Oberbekleidung, Möbelstoffe, Dekostoffe, Badebekleidung, Decken und Stoffe für technische Zwecke bezeichnet. Auf jeden Fall kann das Arutexverfahren das Einsatzgebiet der gesamten Aratechnologie bedeutend erweitern und die mechanisch-physikalischen Kennwerte sowie die Gebrauchseigenschaften bedeutend erhöhen. In Abbildung 16 ist die Einbindung eines Querfadens schematisch für zwei Grundbindungen dargestellt.

5. 7. Araline

In ähnlicher Weise, wie bei der Malitechnik sehr intensiv in Richtung der Aggregation der Malimaschine mit der Krempel und der Täflereinrichtung gearbeitet wurde, besteht die Möglichkeit für einen derartigen Einsatz auch bei der Aratechnik unter der oben angeführten Bezeichnung. Diese Anlagen können beispielsweise aus einer Baumwollkrepel (Karde), einem Vliestäfler und einer Arachnemaschine bestehen. Bei dieser Entwicklungsrichtung ist allerdings zu bedenken, ob die heute recht hohe Leistung einer Karde in Verbindung mit einer Arachne- oder Malimaschine maximal und optimal genutzt werden kann. Aufgrund dieser Erwägungen wurde diese zwar kontinuierliche, aber wirtschaftlich nicht optimale Lösung bei der neuesten Weiterentwicklung der Aramodifikationen nicht besonders herausgestrichen. Sie wird an dieser Stelle nur der Vollständigkeit wegen erwähnt, obwohl bestimmt auch für diese Entwicklung Anwendungsmöglichkeiten mit optimalen Ergebnissen gefunden werden können.

6. Der Wirtschaftlichkeitsparameter der Aratechnologie

Um die bisher überwiegend technischen Ausführungen abzurunden, soll auch kurz die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erwähnt werden.

Die Geschwindigkeiten der Flächenbildung sind an sich schon überzeugend: an einer 2500 mm breiten Maschine ist sie bei 1000 Touren pro Minute und einem Wirkungsgrad von 0,8 theoretisch äquivalent einem Schußeintrag beim Weben von 2000 Metern pro Minute. Praktisch erhöht sich die Geschwindigkeit der Flächenbildung um mindestens weitere 30 Prozent dadurch, daß nichtmodifizierte Aratextilien höchstens mit etwa 100 Reihen pro Dezimeter arbeiten, wogegen vergleichbare Gewebe mindestens 180 Schußfäden pro Dezimeter (als Vergleichsgröße zu der Reihendichte) be-

Tabelle 1: Vergleich der relativen Herstellungsgeschwindigkeit verschiedener Verfahren zur Erzeugung textiler Flächengebilde

Herstellungsprinzip	Verfahren-Maschineneinrichtg.	Relative- Herstellungsgeschwindigkeit
Weben	Automatischer Schützenwebstuhl (ca. 5 m ² /Stunde)	1
	Schützenlose Webmaschine	2
	Wellenfach-Webmaschine	6
Stricken	Groß-Rundstrickmaschine	4
Wirken	Kettwirkmaschine	5 — 12
Nonwovens:		
— trockene Prozesse	Nähwirkmaschine	10 — 30
	Vliesherstellung auf Baumwoll- und Wollanlagen	120 — 400
	Vernadeln (breite Nadel- filzmaschine)	500
	Pneumatische Vliesherstellung (Rando-Webber)	600
— nasse Prozesse	Spun - bonding	200 — 2000
	Rotoformer (Trommel)	2300
	Hydroformer (schräges Sieb)	bis 10.000

sitzen. Das heißt, daß die Leistung einer Aramaschine für den beschriebenen Fall eigentlich 2600 Meter pro Minute Schußeintrag entspricht (Tab. 1).

Bei einer 3500 mm breiten Maschine entsprechen dann die Arbeitsgeschwindigkeiten 2800 bzw. 3500 Metern Schußeintrag pro Minute.

Tabelle 2: Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen Aratechnologie und Weben

a./auf der Basis der Jahresproduktion

	Einh.	Stand. 242 Baumwollgew.	Arachne textil	± %
Jahresproduktion	m ²	6,451.200	6,451.200	0
Gestehungskosten/m ²	%	100	70	— 30
Regiekosten/m ²	%	100	52	— 48
Grundmaterialkosten/m ²	%	100	87	— 13
Durchschnittl. Jahresproduktion in m ² pro Arbeiter	1000 m ²	22,323	129,024	+ 578
Beschäftigtenzahl	Pers.	289	95	— 73

Weitere wirtschaftliche Vergleichswerte sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Sie gehen von einem Vergleich zwischen der Herstellung eines baumwollartigen Gewebes von 250 g/m² für technische Zwecke und der Erzeugung eines analogen Nähgewirkes auf einer Arachnemaschine aus, wobei in der traditionellen Erzeugung mit einer Ausstattung des Betriebes durch moderne Spinntechnik und Webeautomaten gerechnet wurde. Der Einfachheit wegen wurden Währungseinheiten auf relative Vergleiche gebracht (indexmäßig)¹⁾.

Die Wirtschaftlichkeit wird natürlich immer von den verglichenen Ausgangsprodukten abhängen (in diesem Falle besteht das verglichene Gewebe aus Baumwollgarnen von 50 tex · 1 bzw. Nm 20/1 in Kette und Schuß bei ca. 16 Fäden pro Dezimeter). Die angeführten Beispiele lassen erkennen, daß auch wirtschaftlich gesehen, die Aratechnologie bestimmt interessant ist.

b./auf der Basis flächenbezogener Kosten

	Einh.	Baumwollgew.	Arachne textil	± %
Produktivität pro Arbeitskraft incl. technisches Pers.	%	100	400	+ 300
Produktionsumfang auf 1 m ² Fußbodenfl.	%	100	464	+ 364
Durchschnittl. Gestehungskosten pro Lfm	%	100	80	— 20
Durchschnittl. Energieaufwand pro Lfm.	%	100	37	— 63
Kapitalaufwand pro Beschäftigten	%	100	108,4	+ 8,4
Kapitalrückgewinnung in Jahren	Jahre	23,9	1,8	— 22
Beschäftigtenanzahl bei 1 Mill. m ² /Jahr	Pers.	176	45	— 131

7. Typenübersicht und Maschinenparameter

Diese wurden aufgrund von Prospektmaterial in Tabelle 3 zusammengestellt. Sie sollen abschließend einen Überblick über das Typenprogramm aller hier beschriebenen Aratechniken ermöglichen.

8. Zusammenfassung

Nähgewirke sind ein bedeutendes und bisher nicht voll genütztes Produkt aus dem Gebiet der Nonwovens. Als wichtigste Entwicklungsrichtungen dieser Gruppe erscheinen bisher die Ara- und Malitechniken.

Das Grundprinzip der Aratechnologie beruht auf dem Durchwirken eines Faservlieses mit Kettfäden mittels einer oder zweier Legeschiene. Die Arachnemaschine ermöglicht die Anwendung verschiedener und in der Wirkerei geläufiger Bindungen. Durch Abwandlung des Grundprinzipes konnten verschiedene Varianten

Tabelle 3: Aratechnik, Typenprogramm und Parameter

	ARACHNE			ARABEVA		ARALoop		ARAKNIT		BICOLOR	Arachne-Rico 1)	
	1800	2500	3500	1800	2500	1800	2500	1800	2500	2700	1800	2500
Arbeitsbreite (mm)	1800	2500	3500	1800	2500	1800	2500	1800	2500	2700	1800	2500
Maschinenfeinheit (Nadeltlg. pro dm)	40 50	40 50	40 50	40	40	20 25 40 50	20 25 40 50	40 50	40 50	20 25 40 50	40	40
Arbeitsgeschwindigkeit (T/min)	1000	850	1000	1000	850	1000	850	1000	850	750	1000	850
Theoretische Produktion bei max. Tourenz. in Lfm. 2)	60 — 320	51 — 300	60 — 352	92 — 200	78 — 170	66 — 200	56 — 170	46 — 120	39 — 102	45 — 264	60 — 352	51 — 300
Effektivleistung der Maschine in %	55 — 90	55 — 90	55 — 90	80	80	65 — 75	65 — 75	65 — 70	65 — 70	80	55 — 75	55 — 75
Reihendichte pro dm	17 — 100	17 — 100	17 — 100	30 — 65	30 — 65	30 — 90	30 — 90	50 — 130	50 — 130	17 — 100	17 — 100	17 — 100

1) Arachne-Rico ist eine Anlage zur Herstellung medizinischer Flächengebilde
 2) abhängig von der Reihendichte

erfolgreich entwickelt und produktionsreif gemacht werden. Vier bzw. sechs Varianten dieser Technologie ermöglichen einen breiten Einsatz zur Herstellung von Textilien, die üblicherweise in dem Bereich von Flächenmassen höher als 250 g/m^2 liegen. Neueste Entwicklungen⁶ haben Modifikationen auch für die Herstellung baumwoll- und seidenartiger Artikel mit bedeutend erhöhten Parametern und Gebrauchseigenschaften (schon ab ca. 95 g/m^2) geschaffen.

Rein wirtschaftlich gesehen, ist die hier beschriebene Aratechnologie ohne Zweifel sehr interessant. Die neuesten Modifikationen erhöhen die Wirtschaftlichkeitsparameter noch bedeutend.

Beim Einsatz dieser Technologie auf Gebieten, wo die Gebrauchseigenschaften von Aratextilien den heutigen Ansprüchen entsprechen — und solche sind ohne Zweifel vorhanden und wurden durch die schon erwähnte Modifizierung noch erweitert —, sind also Möglichkeiten für eine hochproduktive und hochökonomische Herstellung vorhanden, welche durch andere anwendbare Verfahren bis heute schwer überboten werden können.

Die dargestellten Ausführungen sollten aber vor allem eine systematische Übersicht über den Stand der Entwicklung der nichtmodifizierten Aratechnologie geben, was auch deren Umfang bestimmte.

Literatur:

- 1) C. Brandis: „Wirtschaftliche Einflußfaktoren auf die Entwicklung von textilen Prozessen“; Dornbirn, Lenzinger Berichte 42, 1976
- 2) H. Jezek: „Entwicklungsrichtungen in der Herstellung textiler Flächengebilde“; Vortrag — DT Pardubice, April 1973
- 3) R. Krcma: Handbuch der Textilverbundstoffe; Deutscher Fachverlag GmbH., Frankfurt 1976
- 4) L. Sobotka et al.: „Textilní technologie proplétání system Arachne“; SNTL Praha, 1971
- 5) Prospektmaterial Unitechna Berlin/DDR
- 6) Prospektmaterial Investa Praha/KSK Kdyne
- 7) Textiltechn. 26 (9), 557-564 (1976)
- 8) H. Jezek: „Arachne — eine Übersicht über die Entwicklung und den derzeitigen Stand der Technologie“; Lenzinger Berichte 43, 1977



AUSTRIA FASERWERKE Gesellschaft m.b.H.
A-4860 Lenzing

Herstellung und Vertrieb von Polyester-Stapelfasern sowie -Konverterkabeln und -Konverterzügen

Schwerentflammbare Viskosefasern aus Lenzing

Dr. Friedrich Gotschy, Lenzing

Der Artikel beginnt mit einer Übersicht über die Vielzahl der Kriterien, welche das Brennverhalten von Textilien und das mit dem Gebrauch von Textilien verbundene Brandrisiko beeinflussen, hebt in der Folge die Anstrengungen der Chemiefaser- und Textilindustrien hervor, durch die Entwicklung und Produktion schwerentflammbarer Fasern und Textilien das Sicherheitsrisiko zu senken, und weist darauf hin, daß parallel mit dem Einsatz schwerentflammbarer Textilien vor allem eine durchgreifende Aufklärung wesentlich zur Verringerung von Brandschäden beitragen könnte.

Im zweiten Teil wird eine neue schwerentflammbare Viskosefaser, welche von der Chemiefaser Lenzing AG kürzlich auf den Markt gebracht worden ist, vorgestellt. Herstellungsprinzip, Typenprogramm, Eigenschaften, Verarbeitungsmöglichkeiten und Einsatzgebiete dieser hervorragenden Faser werden diskutiert.

The paper begins with a survey of the many criteria affecting the burning behaviour of textiles and the risk of fire connected with the use of textiles; it then emphasizes the attempts made by the man-made fibre industry and the textile industry to reduce the safety risk by developing and producing flame-retardant fibres and textiles, and points out that apart from the use of flame-retardant textiles, above all, comprehensive education may considerably reduce damage by fire.

In the second part a new flame-retardant viscose fibre, which has recently been marketed by Chemiefaser Lenzing AG, is introduced. The production process, available types, properties, methods of processing and applications of this excellent fibre are discussed.

Einleitung

In den letzten Jahren ist in *Zeitungen*, im *Rundfunk* und auch im *Fernsehen* des öfteren über die Brennbarkeit von Textilien berichtet worden. Oft geschah dies in Zusammenhang mit aktuellen Brandunfällen, bei denen Textilien — vorwiegend Bekleidungs- und Heimtextilien — die auslösende Ursache oder zumindest maßgeblich beteiligt waren und zu größeren Personen- oder Sachschäden geführt haben.

Die *statistische Erfassung* von Textilbränden (als wichtige Grundlage für eine objektive Beurteilung des mit brennbaren Textilien verbundenen Risikos) ist sehr aufwendig und schwierig und daher noch sehr unvollständig. Es steht aber bereits fest, daß Schadensfälle, welche in entscheidender Weise von brennbaren Textilien verursacht werden, gegenüber den Unfällen in den Bereichen Verkehr, Haushalt und Arbeitsplatz verschwindend gering sind. Die übermäßig große Beachtung, welche den Textilbränden geschenkt wird, erklärt sich wohl daraus, daß sie oft sehr spektakulär verlaufen und daß vorwiegend Kinder (z. B. bei unvorsichtigem Spielen mit offenem Licht) und ältere oder gebrechliche Menschen (z. B. beim Rauchen im Bett) betroffen werden.

Aber da nun einmal grobe *menschliche Fahrlässigkeit* — sie ist der Grund für 80—90 % solcher Brandunfälle — nie ganz zu vermeiden sein wird, wollen und müssen auch die mit der Herstellung von Textilien befaßten Industrien einen Beitrag zur Steigerung der Sicherheit von menschlichem Leben und zur Verringerung von Sachschäden leisten und haben bereits sehr viel in entsprechende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten investiert.

In der *Chemiefaser Lenzing* hat man die wachsende Bedeutung dieser Frage schon vor vielen Jahren erkannt und sich seit etwa 1970 aktiv an der Lösung des Problems

- durch die Entwicklung und Produktion schwerentflammbarer Viskosefasern,
- durch die Mitarbeit in nationalen und internationalen Fachgremien zur Entwicklung geeigneter Prüfmethode sowie
- durch die Unterstützung von Behörden und Konsumentenvertretungen beim Entwurf von Schutzvorschriften durch die Verwertung unserer umfangreichen praktischen Erfahrungen und die Beistellung aller sonstigen verfügbaren fachlichen Unterlagen

beteiligt.

Bevor aber auf die speziellen Leistungen und Erfolge unseres Hauses näher eingegangen wird, soll ein *allgemeiner Überblick*, gewissermaßen ein Stimmungsbild, über dieses „brennende Problem“, wie es das österreichische Testmagazin „Der Konsument“ im Oktober vergangenen Jahres in einem Artikel bezeichnet hat, gegeben werden.

Charakterisierung des Brennverhaltens von Textilien

Brandrisiko durch Textilien

Die im Alltag bevorzugten *Chemiefasern* (Viskosefasern, Polyamidfasern, Polyesterfasern, Acrylfasern) gehören ebenso wie die gängigen *Naturfasern* (Baumwolle, Wolle) zu den organischen Materialien, welche vorwiegend aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff aufgebaut und alle mehr oder minder brennbar sind. Dasselbe gilt natürlich für die daraus hergestellten textilen Endprodukte, wie Bekleidungsartikel, Polsterstoffe, Vorhänge, Teppiche, Bettwäsche u. ä. m.

Warum ist das so? Erhitzt man *organische Materialien*, so wird ab einer für jeden Stoff spezifischen Temperatur eine thermische Zersetzung (Pyrolyse) eintreten, die dazu führt, daß neben festen Abbauprodukten, welche als Verkohlungsrückstände oder Rauch in Erscheinung treten, niedermolekulare Zersetzungsgase gebildet werden, die sich in Gegenwart von Sauerstoff je nach ihrer Zusammensetzung mehr oder minder leicht entzünden und verbrennen.

Wenn die bei der *Verbrennung* dieser Gase freiwerdende Wärme groß genug ist, um die Zersetzungsreaktion in Gang zu halten, brennt das Material auch nach Entfernung der Zündquelle selbständig weiter. Bei fast allen konventionellen Textilfasern ist dies der Fall. Reicht die freiwerdende Energie für die Aufrechterhaltung der Pyrolyse nicht aus, so wird die Flamme gleich oder bald nach dem Aussetzen der

äußeren Wärmezufuhr verlöschen. Dieser Zustand wird bei schwerentflammaren Fasern und Textilien angestrebt.

Das tatsächliche *Brennverhalten von Textilien* ist aber keineswegs eine reine Materialeigenschaft, sondern setzt sich aus sehr vielen Einzelfaktoren zusammen. Daher ist auch das mit dem Gebrauch von Textilien verbundene Brandrisiko sehr schwer abzuschätzen. Neben der Art der eingesetzten Fasern, spielen auch noch andere Kriterien eine entscheidende Rolle:

- Die häufige Verarbeitung von *Fasermischungen* (z. B. Baumwolle/Polyester-Mischungen)
- Die *Struktur* von Geweben oder Gewirken (offen oder geschlossen, glatte oder rauhe Oberfläche)
- Das *Flächengewicht* (leichter oder schwerer Stoff)
- Die Art der *Ausrüstung* (z. B. Beeinträchtigung durch Färbung oder Knitterfreiausrüstung)
- Die *Kombination* mehrerer verschiedener *Textilien* miteinander (z. B. Unterwäsche+ Hemd oder Bluse + Anzug oder Kostüm + Mantel, wobei letztere selbst wiederum aus mehreren Schichten, wie Futterstoff, Einlagenstoff, Oberstoff, Nähmaterial u. a. m. bestehen)
- Der *Schnitt* und die sehr unterschiedlichen modischen Verarbeitungsweisen (z. B. sind lose, wallende Gewänder mit vielen Rüschen und Spitzen viel gefährlicher als eng anliegende Kleider)
- Die Art des *Gebrauchs* (z. B. als Arbeitsschutzbekleidung oder als Freizeitbekleidung)
- Die *Kombination* der *Textilprodukte* mit *anderen brennbaren Materialien* (z. B. mit Holz und Kunststoffen bei Polstermöbeln)
- Die *klimatischen Bedingungen* (durchschnittliche Temperatur und Luftfeuchtigkeit)
- Die allgemeinen *Lebensgewohnheiten* (z. B. Häufigkeit von offenen Kaminen oder Gasheizungen)
- Die Merkmale der betroffenen *Personen* (z. B. Alter oder Geschlecht)

Brennbarkeit von textilen Rohstoffen

Einen gewissen *Hinweis* auf die Brandgefährlichkeit einzelner Textilmaterialien liefert eine in den letzten Jahren neu entwickelte Prüfmethode zur Bestimmung der Grenzsauerstoffkonzentration (*Limiting Oxygen Index* = LOI). Die zu prüfende Textilprobe (Gewebe, Gewirke, Vliesstoff) wird in einem stehenden zylindrischen Gefäß lotrecht aufgespannt (Abb. 1). Der Zylinder wird von unten nach oben von einem Stickstoff-Sauerstoff-Gemisch regelbarer Zusammensetzung gleichmäßig durchströmt. Die Textilprobe wird an der Oberkante mit einer Zündflamme entzündet und brennt im Zylinder wie eine Kerze von oben nach unten ab. Die Zusammensetzung des durchströmenden Gasmisches wird nun allmählich so verändert, daß der Sauerstoffgehalt immer mehr abnimmt. Als LOI wird jene Sauerstoffkonzentration in Volumsprozent verstanden, die unter diesen Bedingungen zur Erhaltung der Flamme gerade noch ausreicht. Je niedriger der LOI ist, umso leichter brennbar ist das Material bzw. umso schwerer ist ein Brand dieses Materials zu löschen, weil bereits relativ geringe Sauerstoffkonzentrationen zur Erhaltung der Flamme genügen.

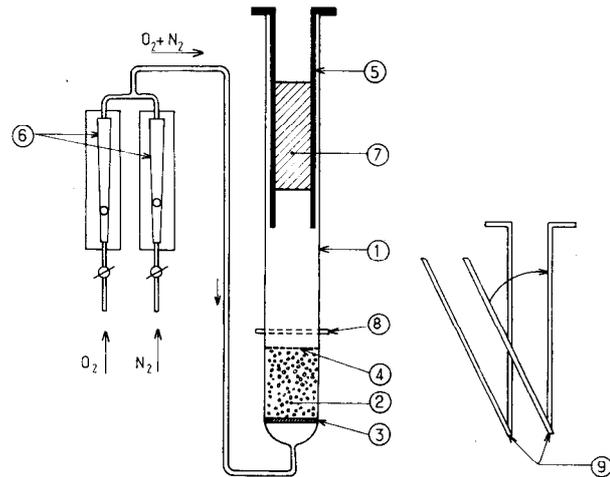


Abb. 1: Vorrichtung zur Prüfung des LOI von Textilien

- 1 — Prüfzylinder
- 2 — Glaskugeln
- 3 — Glasfritte
- 4 — Metallplättchen
- 5 — Probenhalterung
- 6 — Durchflußmesser
- 7 — Prüfling
- 8 — Planschliff
- 9 — Scharniere

Aus der Tabelle 1 ist zu ersehen, daß mit *Ausnahme* der *Wolle* alle für die Textilindustrie *bedeutungsvollen Natur- und Chemiefasern* als *leichtentflammbar* einzustufen sind. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, daß Mischgewebe aus Baumwolle/Polyester einen niedrigeren LOI haben als jede der beiden Komponenten für sich allein. Auf diesen Punkt wird etwas später noch einmal kurz zurückgekommen werden.

Tabelle 1: LOI verschiedener Fasermaterialien

Polyacrylnitril	18,2
Cellulosetriacetat	18,4
Celluloseacetat	18,6
Polypropylen	18,6
Viskose	18,9
Baumwolle	19,0
Polyamid	20,1
Polyester	20,6
Wolle	25,2
Nomex	28,2
Polyvinylchlorid	37,1
Baumwolle/Polyester 50/50	18,4

Der *LOI-Test* erlaubt eine recht gute Differenzierung der *materialbedingten Brennbarkeitseigenschaften*. Da jedoch andere in der Praxis sehr wichtige und zuvor schon erwähnte Kriterien, wie die Struktur und das Flächengewicht des Textils keinen großen Einfluß auf das Prüfergebnis dieses Tests haben, ist die Aussagekraft dieser Prüfmethode für das Brandrisiko von Textilien im Alltag umstritten. Als Faustregel mag allerdings gelten, daß eine *wirksame Flammhemmung* bei einem LOI über 27 zu erwarten ist.

Es gibt *andere Tests*, welche das Flächengewicht und die Gewebekonstruktion besser berücksichtigen. Das sind durchwegs Brennbarkeitsprüfungen, welche unter atmosphärischen Bedingungen ablaufen und bei denen die textilen Prüfproben vorwiegend vertikal

oder gegenüber der Vertikalen um 45° geneigt angeordnet sind. Gemessen werden in der Regel die Mindestzündzeit, die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit (nur bei vollständig abbrennenden Textilien), der Grad der Zerstörung (bei schwerentflammbaren oder selbstverlöschenden Textilien), die Nachbrennzeit und die Nachglimmzeit. An der internationalen Vereinheitlichung aller dieser Prüfnormen wird gearbeitet.

In diesem Zusammenhang soll auf einen Umstand hingewiesen werden, der unserer Meinung nach noch viel zu wenig Beachtung findet. So wird immer wieder an den Faserhersteller die Frage herangetragen, ob diese oder jene Fasern bestimmte Brennbarkeitsnormen erfüllen oder nicht.

Diese Frage kann man aber nicht direkt beantworten, da man ja in der Regel nicht von vornherein weiß, in welcher Art und Weise diese Fasern zu einem Textil verarbeitet werden. Es ist daher unerlässlich, die Brennbarkeit des textilen Endprodukts zu ermitteln.

Außerdem wird häufig übersehen, daß die meisten derzeit gültigen Prüfnormen nicht unmittelbar mit einer Klassifizierung des Textils verbunden sind. Vielfach angewandt und zitiert wird der deutsche Vertikaltest DIN 53906. Damit kann man beispielsweise die Schwerentflammbarkeit des Textils in Form einer in Millimeter anzugebenden Einreißlänge messen. Die Norm sagt nichts aus, ab wieviel Millimeter Einreißlänge ein Textil als leicht brennbar oder als gefährlich einzustufen ist oder für bestimmte Einsatzzwecke nicht verwendet werden darf. Man kann daher auch gar nicht feststellen, ob ein Textil diesen Vertikaltest „besteht“ oder „nicht besteht“. Es gibt allerdings in einigen wenigen Ländern auch bereits vereinzelte Prüfnormen, die mit einer Klassifizierung bzw. Brandrisikobewertung gekoppelt sind.

Entwicklung von Rauch und Brandgasen

Praktisch alle brennbaren und auch schwerentflammbaren Textilien entwickeln im Falle eines Brandes oder einer Beflammung mehr oder minder große Mengen Rauch und Brandgase. Rauch stört infolge der eintretenden Sichtbehinderung, während die Brandgase wegen ihrer Toxizität gefährlich sind. Letztere enthalten neben Wasserdampf und Kohlendioxid als weiteren Hauptbestandteil Kohlenmonoxid sowie fallweise zusätzlich bei stickstoffhaltigen Materialien Cyanwasserstoff und bei halogenhaltigen Textilien Halogenwasserstoffe.

Zur Beurteilung der Rauchdichte und der Toxizität der Brandgase wurden schon viele Untersuchungen durchgeführt, jedoch ist es bis heute noch nicht gelungen, eine Prüfmethode zu entwickeln, die auch nur annähernd alle Praxisbedingungen, die sehr mannigfaltig sein können, zu simulieren vermag. Auf diesem Gebiet bleibt für die Forschung noch sehr viel zu tun übrig.

Rauch und Brandgase können, ebenso wie bloßer Sauerstoffmangel, vor allem in öffentlichen Gebäuden und Lokalen, in Verkehrsmitteln sowie bei Schwelbränden im Bett eine große Gefahr darstellen, da sie dort die Flucht von Menschen vor einem Feuer behindern oder sogar vereiteln können. Bei Bekleidungs-

bränden ist dieses Problem gegenüber der unmittelbaren Flammenhitze eher nebensächlich.

Textilien aus schmelzbaren Fasern

Immer wieder kann man in der Presse lesen, wie gefährlich schmelzbare Textilien sein können. Eingehende Untersuchungen haben aber gezeigt, daß Textilien aus schmelzbaren Fasern bei Abwägung aller Vor- und Nachteile nicht immer eine erhöhte Gefahr darstellen. Dies beruht darauf, daß bei der Einwirkung von Flammen derartige Textilien im heißen Bereich sofort wegschrumpfen bzw. wegschmelzen, für den Schmelzvorgang Wärme verbrauchen und dadurch die Flammenausbreitung verhindern oder verzögern. Wohl können Schmelztropfen, die auf die Haut einwirken, schwere Wunden hervorrufen. Diese sind aber, da sie in den meisten Fällen auf kleine Körperflächen begrenzt sind, letzten Endes für die betroffenen Opfer oft weniger kritisch als Brandverletzungen durch nichtschmelzende, brennbare Textilien, deren Flammen vielfach größere Körperflächen erfassen.

Ungünstiger liegen die Verhältnisse unter Umständen bei Mischungen aus schmelzenden und nichtschmelzenden Fasern. Durch den Faserverbund wird ein Wegschmelzen von der Flamme verhindert, wodurch die an sich sehr gute natürliche Brennbarkeit der thermoplastischen Fasern voll zur Wirkung kommt.

An dieser Stelle muß an den vorher erwähnten, im Vergleich zu den Einzelkomponenten besonders niedrigen LOI von Baumwolle/Polyester-Mischungen erinnert werden (vgl. Tabelle 1).

Herstellung und Einsatz flammhemmender Fasern und Textilien

Schwerentflammbare Textilien können grundsätzlich dadurch erhalten werden, daß man entweder das Ausgangsmaterial (die Fasern) entsprechend modifiziert oder daß man bereits fertige Textilwaren (Gewebe, Gewirke, Filze, Vliesstoffe) flammhemmend ausrüstet. Für beide Varianten sind bereits praktische Anwendungen bekannt. Je nach spezifischer Wirksamkeit und dem Einsatzgebiet sind im allgemeinen zwischen 15 und 25 % Flammschutzmittel, bezogen auf das Ausgangsmaterial, dafür erforderlich.

Fasermodifizierungen

Eine Fasermodifizierung kann sowohl auf rein physikalischem Wege (z. B. bei Chemiefasern durch Einrühren eines Flammschutzmittels in die Spinnlösung oder in die Schmelze vor dem Verspinnen) als auch auf chemischem Wege (beispielsweise durch Aufpfropfung flammhemmender Vinylverbindungen auf das Faserpolymere) erreicht werden.

Bei Cellulosefasern werden beide Wege beschritten. Nach der gängigsten Arbeitsweise wird ein flüssiges oder ein fein zermahlene festes Flammschutzmittel der Viskosespinnlösung wie ein Mattierungsmittel oder ein Farbstoffpigment unmittelbar vor dem Verspinnen zudosiert. Das Flammschutzchemikal bleibt dann beim Fällungsprozeß in Form kleiner Tröpfchen oder fester Einschlüsse in den Fasern eingelagert

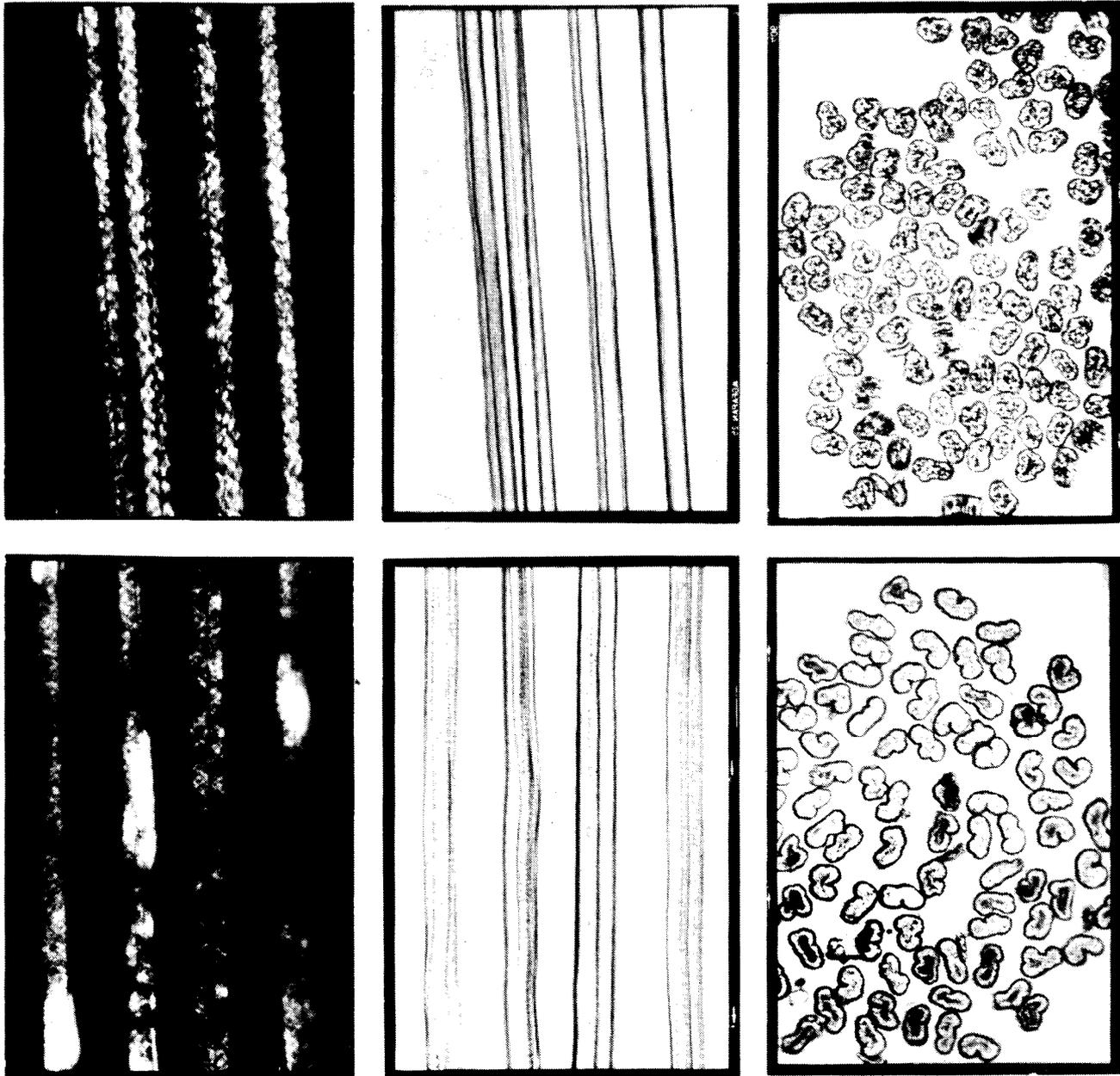


Abb. 2: Schwerentflammare Fasern mit flüssigem (oben) bzw. mit festem (unten) Flammschutzmittel

(Abb. 2). Die *Lenzinger schwerentflammare Viskosefaser* wird nach dieser Technik hergestellt. Die Voraussetzung für die Verwendbarkeit von Flammenschutzmitteln als Einspinnchemikalien für Viskosefasern ist Wasserunlöslichkeit sowie Beständigkeit gegen Natronlauge und Schwefelsäure.

Imprägnierung von Textilien

Die Ausrüstung von Geweben oder Gewirken kann entweder durch bloßes *Auftrocknen* flammhemmender Chemikalien erfolgen oder im Falle höherer Ansprüche durch Imprägnierung mit *vernetzbaren Verbindungen*, die durch eine thermische Nachbehandlung auskondensiert und dauerhaft fixiert werden.

Anforderungen an Flammschutzmittel

Die wichtigsten Eigenschaften, die man sich heute von

einer brauchbaren FlammSchutzausrüstung erhofft, sind folgende:

- *Hoher Wirkungsgrad* des FlammSchutzes (starke Verminderung der Brennbarkeit und des Nachglimmens durch möglichst geringe Mengen von FlammSchutzmitteln)
- *Beständigkeit* gegen alkalische Wäschen und gegen chemische Reinigungen
- *Keine ungünstige Beeinflussung* der *Festigkeit* und der textiltechnologischen Eigenschaften der ausgerüsteten Fasern oder deren Folgeprodukte
- *Gute Verträglichkeit* mit allen in der Färberei und Ausrüstung verwendeten Appreturen
- *Gute Lichtbeständigkeit*
- *Keine toxische Wirkung*
- *Geringe Herstellungs- und Anwendungskosten*

Es gibt leider noch *kein Flammenschutzmittel* und kein Ausrüstungsverfahren, das *allen* erwähnten *Ansprüchen* ohne Einschränkung gerecht wird. Vor allem an einer Tatsache kann man derzeit noch nicht vorbeisehen — gute *Qualität* hat ihren *Preis*. Es ist daher stets notwendig, aus der Fülle der Angebote und Möglichkeiten eine auf die Verwendung des Textils abgestimmte Auswahl zu treffen.

Wirkungsweise von Flammenschutzmitteln

An dieser Stelle sollen doch auch ein paar Worte über die Wirkungsweise von Flammenschutzmitteln gesagt werden, ohne auf die chemischen Vorgänge genau einzugehen. Flammenschutzmittel wirken vorwiegend in der Weise, daß sie den *thermischen Zersetzungsvorgang* des erhitzten Fasermaterials so steuern bzw. *verändern*, daß weniger brennbare Zersetzungsgase entstehen, dafür mehr Wasser und feste Verkohlungsrückstände. Flammenschutzmittel, die hierfür besonders gut geeignet sind — insbesondere bei Cellulosefasern — enthalten in der Regel *Phosphor*, daneben aber auch *Halogene* und *Stickstoff*. Vielfach kommt auch eine Kombination dieser Elemente zur Anwendung. Halogene werden aber heute zum Teil schon wieder abgelehnt, da sie in einem Brandfalle die stark ätzenden und korrosiven Gase Chlorwasserstoff oder Bromwasserstoff bilden.

Chancen und Grenzen flammhemmender Textilien

Es ist notwendig, daß man die Grenzen der Möglichkeiten einer flammhemmenden Modifizierung oder Ausrüstung von Fasern oder Textilien und die sich automatisch daran knüpfenden Sicherheitserwartungen von Anfang an realistisch, das heißt ohne übertriebene Illusionen betrachtet.

Beispielsweise ist es durchaus vernünftig zu fordern, daß *Polsterbezüge in Autos* so beschaffen sein müssen, daß sie unter normalen Umständen nicht zum Ausgangspunkt eines Autobrandes werden — etwa durch eine versehentlich fallen gelassene Zigarette oder durch eine Zündholzflamme. Wenn aber als Folge eines Verkehrsunfalles der Benzintank explodiert und der verspritzte Treibstoff das Auto in Flammen aufgehen läßt, würde es den Insassen auch dann nichts helfen, wenn die Sitzbezüge aus Asbestfasern gefertigt wären. Schwerentflammbare Textilien können also zweifellos *eine wertvolle Hilfe zur Vermeidung von kleinen Entstehungsbränden* sein oder die Ausbreitung eines auf andere Ursachen zurückgehenden Brandes hemmen, aber *keine absolute Sicherheitsgarantie gegen Brand* bieten, zumal sie ja meistens in Kombination mit anderen brennbaren Materialien (Holz, Papier, Kunststoffe) eingesetzt werden. Ist es einmal zu einem Großbrand gekommen, bleiben auch *schwerentflammbare Textilien* von einer *Zerstörung* nicht verschont!

Textilien haben für den Menschen eine gewisse *Schutzfunktion* (z. B. gegen Kälte oder Verletzungen) zu erfüllen, aber darüber hinaus auch in hohem Maße seinem *Komfort* und der *Ästhetik* zu dienen. Es ist daher zu beachten, daß nach dem heutigen Stand der Technologie schwerentflammbare Textilien noch nicht für alle Anwendungsbereiche in der gewünschten Qualität zur Verfügung stehen, wenngleich sich das Angebot von Jahr zu Jahr verbessert. Der unbe-

streitbare *Gewinn an Sicherheit* ist noch nicht ohne gewisse *Veränderungen* mancher gewohnter *Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften* der Fasern und der Fertigprodukte möglich. Von den Verarbeitern muß daher die Bereitschaft gefordert werden, ihre *Maschinen* auf ein neues Produkt entsprechend *einzustellen*. Gleichzeitig muß aber auch darauf geachtet werden, daß gesetzliche oder *behördliche Vorschriften* — erlassen in der guten Absicht, die Auswirkungen menschlichen Fehlverhaltens auf ein Minimum zu reduzieren — *realistisch und praktikabel* sind.

Bevorzugte Einsatzgebiete

Wenn *Vorschriften* zur Verwendung schwerentflammbarer Textilien erlassen werden — diese Bestrebungen sind unserer Meinung nach nicht mehr aufzuhalten, — sollte man und wird man wahrscheinlich auch zweckmäßigerweise überall dort beginnen, wo ein *öffentliches Interesse* für einen hohen Grad an Sicherheit besteht. Dazu gehört die Einrichtung von öffentlich zugänglichen *Großobjekten* (Schulen, Krankenhäuser, Kaufhäuser, Theater, Vergnügungs- und Versammlungslokale, Bürohochhäuser, Hotels, Restaurants u. ä.), ferner die Ausstattung von *Verkehrsmitteln* (Autobusse, Eisenbahnen, Flugzeuge, Schiffe) sowie die Herstellung von *Schutzbekleidungen* für öffentliche Bedarfsträger (Feuerwehr, Polizei, Militär u. ä.). In den genannten Anwendungsbereichen sind Art und Weise des Einsatzes und der Beanspruchung der Textilien sowie die Brandrisikobewertung bereits jetzt einigermaßen überschaubar und überprüfbar.

Dagegen sind Vorschriften für den *privaten Wohnbereich* sowie für den Sektor der von der rasch wechselnden Mode beherrschten und von privaten Änderungen und Ergänzungen stark beeinflussten *Bekleidung* wegen der nahezu unbegrenzten Erscheinungsvielfalt und Kombinationsmöglichkeiten derzeit schwierig zu formulieren und noch viel schwieriger zu kontrollieren. Gerade hier wird das Brandrisiko doch sehr wesentlich durch das einzelmenschliche Verhalten mitbestimmt.

In diesem Zusammenhang darf auch die Frage der *Hautverträglichkeit*, die bei Bekleidungsartikeln eine ganz besondere Rolle spielt, nicht übersehen werden. Obwohl manche der zur FlammSchutzausrüstung von Fasern bzw. Textilien verwendeten Chemikalien bei diversen Tierversuchen bezüglich der physiologischen Unbedenklichkeit äußerst günstige Resultate ergeben haben, kann niemand garantieren, daß selbst nach jahrelangem Hautkontakt nicht fallweise doch irgendwelche Allergien oder andere gesundheitliche Störungen auftreten können. Am größten ist diese Gefahr verständlicherweise bei Nacht- und Leibwäsche. Man sollte hier mit ähnlicher Vorsicht und Verantwortlichkeit vorgehen wie bei Medikamenten.

Aufklärung

Alle Anstrengungen der Chemiefaser- und Textilindustrie bezüglich der Entwicklung schwerentflammbarer Textilien einerseits und alle Vorschriften der Behörden zum Schutze der Konsumenten andererseits haben nur dann Aussicht auf fühlbaren Erfolg, wenn sie mit einer intensiven *Aufklärung* der Bevölkerung über die Chancen und Grenzen solcher Maßnahmen verbunden sind.

Wenn wir in unserem Alltagsleben auf die Annehmlichkeiten von Textilien nicht überhaupt verzichten wollen — was praktisch undenkbar ist, — so müssen wir ihren Einsatz gegebenenfalls mit geeigneten *Hilfsmaßnahmen*, wie Warnsystemen (Rauchdetektoren) oder Löscheinrichtungen (Sprühanlagen) kombinieren. Vor allem aber müssen wir lernen, *gefährliche Situationen* von vornherein zu vermeiden. Eine solche ist z. B. gegeben, wenn ein ausgetrockneter Christbaum mit Wachskerzenbeleuchtung in der unmittelbaren Nähe eines Vorhangs steht oder wenn man in alkoholisiertem Zustand im Bett raucht. Ferner müssen wir noch lernen, im Falle eines Brandes *geeignete Gegenmaßnahmen* zu ergreifen. Das Löschen eines Kleiderbrandes durch Wälzen auf dem Boden ist viel wirkungsvoller als eine planlose Flucht. Auf diesem Gebiete könnten eine verantwortungsbewußte Presse und eine gezielte demonstrative Aufklärung in den Schulen unter Umständen mit relativ wenig Geld viel mehr erreichen als alle gut gemeinten Verbote.

Von einer bloßen *Kennzeichnung von Textilien* in der Form, daß durch Etiketten auf die Brennbarkeit hingewiesen wird, darf man sich nur einen beschränkten Erfolg erwarten. Da nahezu alle derzeit auf dem Markt befindlichen Massentextilien als „brennbar“ oder „feuergefährlich“ klassifiziert werden müßten, würden solche Warnhinweise auf die Dauer wahrscheinlich keine größere Wirkung erzielen als ähnliche Warnungen vor den Gefahren des Alkohols und des Nikotins oder als Appelle, sich im Straßenverkehr vorschriftsmäßig und rücksichtsvoll zu verhalten.

Schwerentflammbare Viskosefaser aus Lenzing

Herstellung

In der Forschungsabteilung der Chemiefaser Lenzing hat man sich in den vergangenen Jahren mit einer Vielzahl von Verfahren zur Herstellung *schwerent-*

flammbarer Viskosefasern beschäftigt. Als Ergebnis dieser Bemühungen können wir eine Faser vorstellen und anbieten, die auch unter Berücksichtigung aller modernen Erkenntnisse sehr *hohen Ansprüchen* genügt.

Die Produktion erfolgt im Prinzip durch Einrühren einer feinstgemahlene *flammschwendenden Festsubstanz* in Form einer wäßrigen Suspension in die Viskose unmittelbar vor dem Verspinnen. In den fertigen Fasern ist das Flammenschutzmittel dann über den gesamten Querschnitt gleichmäßig verteilt (Abb. 3).

Feste Einspinnprodukte zeichnen sich gegenüber flüssigen Flammenschutzmitteln im allgemeinen durch eine quantitative Ausbeute, sehr gute Wasch- und Reinigungsbeständigkeit und einen hohen Weißgrad aus. Auch sind sie in physiologischer Hinsicht in der Regel unbedenklich. Von den Lenzinger Fasern kann man dies alles jedenfalls mit großer Sicherheit behaupten. Demgegenüber kann man als gewissen Nachteil die Tatsache ansehen, daß durch die festen Einschlüsse ein *Matteffekt* erzeugt wird. Das heißt, wir können auf diese Weise leider keine Glanzfasern herstellen.

Typenprogramm

Unsere schwerentflammbare Viskosespinnfaser ist zur Zeit in den in Tabelle 2 dargestellten Typen lieferbar. *Andere Titer und Schnittlängen* sind grundsätzlich möglich, ihre Herstellung kann aber nur bei gesicherter Abnahme größerer Mengen in Betracht gezogen werden. Eine *Erweiterung der Typenpalette*, insbesondere durch die Entwicklung höherertriger Kräusel-fasern, ist geplant.

Tabelle 2: Typenprogramm der schwerentflammbaren Viskosefasern aus Lenzing

HL 22 1,7 dtex (1,5 den)	38 und 40 mm rohweiß
HL 20 3,3 dtex (3,0 den)	60 und 80 mm rohweiß
NL 18 5,5 dtex (5,0 den)	80 und 100 mm rohweiß
NL 18 8,9 dtex (8,0 den)	80, 100 und 120 mm rohweiß

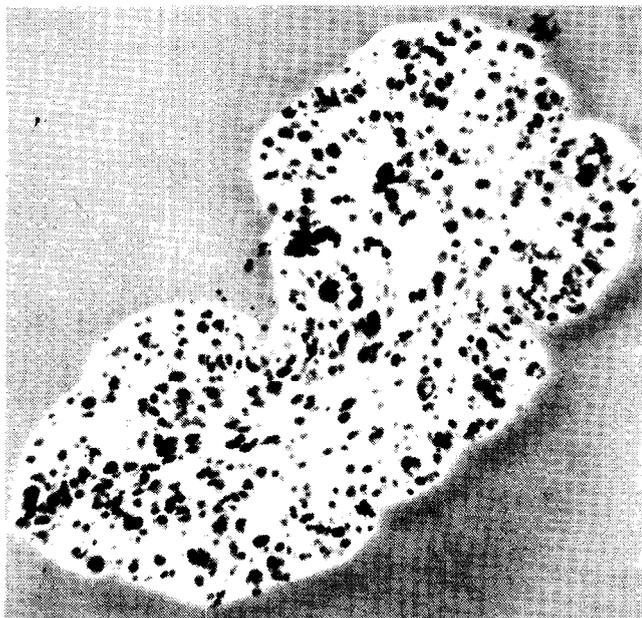


Abb. 3: Querschnitt einer schwerentflammbaren Viskosefaser aus Lenzing

Eigenschaften

Physikalische Fasereigenschaften

Da das in der Faser eingelagerte Flammenschutzmittelpigment nichts zur Faserfestigkeit beiträgt, dafür aber eine gewisse Störung der cellulosischen Matrixsubstanz bedeutet, ist die *feinheitsbezogene Höchstzugkraft* der schwerentflammbaren Faser naturgemäß niedriger als jene der nicht pigmentierten Basisfaser (Abb. 4). Aus diesem Grunde wird bei den niedrigtrigen schwerentflammbaren Viskosefasern (1,7 und 3,3 dtex) die Hochmodulspinnweise als Basisverfahren gewählt. Die daraus resultierenden schwerentflammbaren Fasern haben aber keinen Hochmodulcharakter mehr, sondern entsprechen in ihren Eigenschaften (Tab. 3) eher einer *mittelfesten Fasertyp* (22—25 cN/tex Höchstzugkraft konditioniert und 13—16 % Dehnung konditioniert).

Hohe Flammresistenz

Der *LOI* von aus Lenzinger Fasern hergestellten tex-

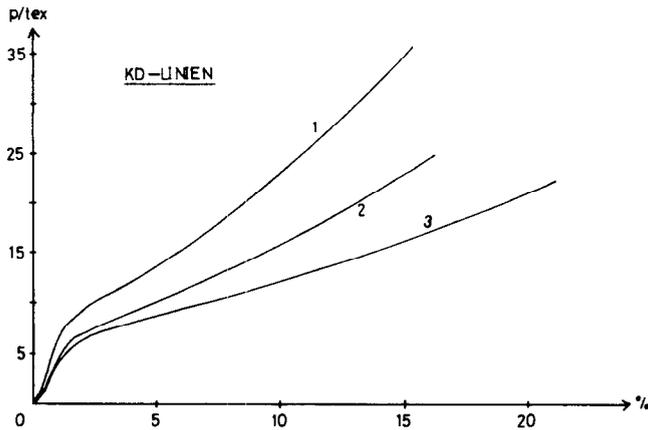


Abb. 4: Gegenüberstellung von KD-Linien

- 1 · HM 333, 3,3 dtex
- 2 · Schwerentflammare Viskosefasern aus Lenzing, 3,3 dtex
- 3 · Viscolan, 3,3 dtex

tilen Flächengebilden beträgt ca. 28. Dies bedeutet, daß ihre materialbedingte Flammresistenz jener von Nomex gleichzusetzen ist. Für den Einfluß der Gewebekonstruktion auf das Brennverhalten gilt das im Rahmen der allgemeinen Ausführungen Gesagte: Bei gleichem Flammenschutzmittelgehalt sind *feine und lockere Gewebe* wegen des erleichterten Luftzutritts eher entzündlich als dichte und schwere Gewebe. Ähnlich verhält es sich mit der *Faserfeinheit*: Je niedriger der Einzelfasertiter ist, umso größer ist das *Verhältnis Faseroberfläche/Faservolumen* und umso leichter erfolgt die thermische Zersetzung unter Bildung brennbarer Pyrolysegase. Jeder weiß, daß ein dünner Holzspan leichter zu entzünden ist als ein grobes Holzsplit, obwohl beide aus demselben Material bestehen. Desgleichen brennt ein einzelnes Blatt Papier besser als ein dickes Telefonbuch. Bei den Fasern ist es genau so. Das bedeutet beispielsweise, daß es mit Rücksicht auf die Schwerentflammbarkeit empfehlenswert ist, den Einsatz von 1,7 dtex Fasern für alle Fertigprodukte zu vermeiden, bei denen ohne

merkliche Beeinträchtigung des Warencharakters auch höherwertige Fasern (3,3 dtex) verwendet werden können.

Über die Auswirkungen der verschiedenen gebräuchlichen *Veredelungsverfahren*, wie Färbungen, Pflegeleichtausrüstungen, Beschichtungen u. a. m., auf die Flammresistenz von Textilien aus unseren Fasern kann wegen der Vielfalt der angewandten Arten und Rezepturen keine allgemeingültige Aussage gemacht werden. Neben Beispielen, wo die Flammhemmung vermindert wird, gibt es auch solche, wo sie nicht beeinträchtigt oder sogar noch verstärkt wird. Es ist daher notwendig, sich im Zweifelsfalle durch *praktische Versuche* Klarheit zu verschaffen.

Halogenfreiheit

Das eingesetzte Flammenschutzmittel ist ein *Phosphorderivat*, das keine Halogene enthält. Dies ist sehr wesentlich, da — wie bereits vorher erwähnt — halogenhaltige Kunststoffe und Fasern wegen der unangenehmen Folgen einer Halogenwasserstoffbildung zusehends unter Beschuß geraten.

Keine Schmelztropfenbildung unter Hitze- und Flammeneinwirkung

Über die bestehenden Vorbehalte gegen schmelzende Fasern, insbesondere in Mischungen mit nicht schmelzenden Fasern, wurde bereits gesprochen.

Gute Wasch- und Reinigungsbeständigkeit der Flammresistenz

Durch die Schwerlöslichkeit des verwendeten Flammenschutzmittels wird im allgemeinen gewährleistet, daß die Flammresistenz von Geweben oder Gewirken aus unseren Fasern auch nach *50maligem Waschen* noch erhalten bleibt. Lediglich bei *sehr feinen Geweben* aus 1,7 dtex Fasern mit einem Flächengewicht unter 170 g/m² muß aus zuvor bereits angeschnittenen Gründen mit einer gewissen Beeinträchtigung gerechnet werden.

Die Beständigkeit der Flammresistenz gegen *chemische Reinigungen* ist ebenfalls sehr gut.

Tabelle 3: Physikalische Eigenschaften der schwerentflammaren Viskosefasern aus Lenzing

Typenbezeichnung		HL 22 1,7 dtex	HL 20 3,3 dtex	NL 18 5,5 dtex	NL 18 8,9 dtex
Feinheitsbezogene Höchstzugkraft kond.	cN/tex	22—24	23—25	15—17	15—17
naß	cN/tex	12—14	13—15	7—9	7—9
Höchstkraftdehnung kond.	%	13—15	14—16	22—25	22—25
Feinheitsbezogene Höchstzugkraft beim Schlingenzugversuch	cN/tex	6—7	7—8	5—6	5—6
Naßmodul	cN/tex	70	70	20	20
Weißgehalt	% *	ca. 60	ca. 60	ca. 60	ca. 60
Feuchtigkeitsaufnahme	% **	10—11	10—11	10—11	10—11
Limiting Oxygen Index (LOI)	%	27—29	27—29	27—29	27—29

* Weißgrad nach A. Berger
** bei 55 % rel. Luftfeuchtigkeit

Hoher Weißgrad und ausgezeichnete Vergilbungsbeständigkeit

Hier zeigen unsere Fasern klare Vorteile gegenüber den meisten flammgehemmten Fasern mit flüssigen Flammschutzmitteln.

Hohe Feuchtaufnahme

Die Feuchtaufnahme ist mit 10—11 % gegenüber reinen Viskosefasern zwar etwas verringert, garantiert aber trotzdem ein sehr angenehmes Trageverhalten.

Physiologische Unbedenklichkeit

Ausgedehnte *orale und dermale Verträglichkeitsuntersuchungen* mit unserem Flammschutzmittel an *Ratten und Kaninchen* sowie bakterielle Mutationstests haben in keinem einzigen Fall eine schädliche Wirkung ergeben. Diese Ergebnisse stellen nach dem heutigen Stand der Prüfmethodik die bestmögliche Grundlage für unsere Fasern dar, und lassen mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarten, daß sich auch beim Menschen nach langen Hautkontakten keine negativen Folgeerscheinungen einstellen.

Gute Verarbeitbarkeit in der Spinnerei und Weberei

Die *Garnherstellung* kann im großen und ganzen in der gleichen Weise erfolgen wie bei der Verspinnung herkömmlicher Viskosefasern. Es muß jedoch einschränkend darauf hingewiesen werden, daß in manchen Fällen die Produktionsleistung etwas reduziert werden muß. Durch das eingelagerte feste Flammschutzmittel ist die schwerentflammbare Viskosefaser naturgemäß etwas spröder und weist eine etwas rauhere Oberfläche auf als eine pigmentfreie Faser (Abb. 5). Dies kann bei sehr hoher Maschinenleistung beispielsweise zu einem erhöhten Faserflug an der Karde, zu Verzugsschwierigkeiten auf der Strecke oder zu einer erhöhten Fadenbruchzahl an der Ringspinn-

maschine führen. Trotzdem ist das Spinnverhalten der schwerentflammbaren Viskosefasern bei entsprechender Berücksichtigung ihrer speziellen Eigenschaften in allen Verarbeitungsstufen der Garnherstellung zufriedenstellend.

Auf der *OE-Spinnmaschine* zeigen unsere neuen Fasern ein gutes Laufverhalten. Die Frage, ob auf lange Sicht ähnlich wie bei mattierten konventionellen Viskosefasern eine Schädigung der Spinnorgane zu befürchten ist, kann derzeit allerdings noch nicht beantwortet werden; diesbezügliche Langzeitversuche sind noch im Gange.

In der *Weberei* sind Garne aus den Lenzinger schwerentflammbaren Viskosefasern problemlos zu verarbeiten.

Ausgezeichnete Anfärbbarkeit

Die Färbung kann analog zu den konventionellen Viskosefasern mit *Direkt-, Reaktiv- und Küpenfarbstoffen* ausgeführt werden. Ausgenommen sind lediglich Färbungen mit Farbstoffen auf Phthalocyanin-Basis, die auf unseren schwerentflammbaren Viskosefasern eine geringe Lichtechtheit aufweisen. Sonst sind die *Licht- und Waschechtheiten* der von uns bisher durchgeführten Färbungen praktisch gleich wie bei normalen Viskosefasern. Sie liegen bei den Direktfarbstoffen zwischen 5 und 6, bei den Reaktiv- und Küpenfarbstoffen zwischen 6 und 7. In den meisten Fällen fällt die Färbung tiefer als bei vergleichbaren Normalviskosefasern aus; es kann daher mit *Farbstoffeinsparungen* von bis zu 15 % gerechnet werden.

Gutes Strapaziervermögen

Zusammen mit den *Waschbehandlungen* wurden auch Bewertungen des Schadensbildes in Abhängigkeit von der Anzahl der Wäschen durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß erste Schäden in Form von durchgescheuerten Fäden an abgenähten Kanten erst nach der 40. Wäsche in geringfügigem Maße auftraten. Bezüglich



Abb. 5: Elektronenmikroskopische Aufnahme der Lenzinger schwerentflammbaren Viskosefaser (Querschnitt und Oberfläche)

der *Naßscheuerung* gleichen die Gebrauchseigenschaften von Geweben und Gewirken aus den Lenzinger schwerentflammbaren Viskosefasern demnach jenen von Textilien aus Normalviskosefasern.

Möglichkeit von Fasermischungen

Die Lenzinger schwerentflammbaren Viskosefasern können zusammen mit *anderen schwerbrennbaren Fasern* verarbeitet werden. Es empfiehlt sich jedoch, durch einen Vorversuch Sicherheit über die Flammhemmung der daraus erzeugten Artikel zu erlangen, da unter Umständen eine gegenseitige Beeinträchtigung der Flammresistenz durch die unterschiedlichen Fasermaterialien möglich ist. Von einer Kombination unserer schwerentflammbaren Viskosefasern mit *anderen brennbaren Fasern* — insbesondere solchen aus schmelzbaren Polymeren — ist abzuraten.

Einsatzgebiete

In Übereinstimmung mit den früheren allgemeinen Ausführungen glauben wir, daß die Lenzinger schwerentflammbaren Viskosefasern besonders für die textile Ausstattung von *öffentlich zugänglichen Objekten* und von *Massentransportmitteln* sowie zur Herstellung von *Schutzbekleidungen* geeignet sind und zuallererst auch auf diesen Gebieten eingesetzt werden. Darüber hinaus wird in den nächsten Jahren eine schrittweise Ausweitung der Anwendung dieser Fasern auf *andere textile Einsatzgebiete* erwartet.

Unsere anwendungstechnischen Abteilungen sind selbstverständlich gerne bereit, mit ihren Erfahrungen interessierte Kunden bei der Verarbeitung unserer Fasern und bei der Entwicklung neuer Textilprodukte zu unterstützen.

ING. GOTTFRIED TSCHAMLER

POSTFACH 134

DÖBLINGER GÜRTEL 3

A-1191 WIEN

TELEFON 34 66 65

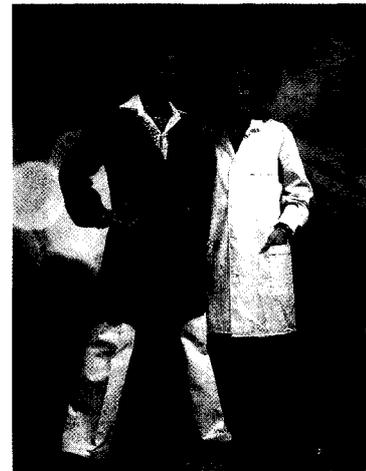
TELEX 07-5364

- TEXTILTECHNISCHES BÜRO
- SCHWEIZER TEXTILMASCHINEN

Modalfaser aus Lenzing

Der Anteil von HOCHMODUL 333 an unserer Faserproduktion nimmt ständig zu. Die Modalfaser ist ein idealer Mischungs-partner für Baumwolle und Polyesterfasern

HOCHMODUL
333
LENZING MODAL



Immer mehr Hemden-, Blusen- und Kleiderstoffe sowie Bettwäsche, Strick- und Wirkwaren werden aus HOCHMODUL 333-Mischungen hergestellt

Neue Strukturuntersuchungen an Cellulosefasern unter Verwendung von Methoden der Molekularcharakterisierung, der Infrarotspektroskopie und der Röntgendiffraktion

Dozent Dr. habil. Hans Krässig, Lenzing

Einleitung

Auf der 1. Internationalen Cellulose-Konferenz in Syracuse, USA, 1960, wurde umfangreiches Versuchsmaterial¹ präsentiert, aus dem abgeleitet werden konnte, daß wichtige mechanische Eigenschaften von verschiedenen natürlichen und regenerierten cellulosischen Fasern, wie z. B. die Reißfestigkeit, die Dehnbarkeit und anderes mehr, in mathematisch erfaßbarer Abhängigkeit von einigen wenigen Strukturparametern stehen, nämlich von:

- der Länge der die Faser aufbauenden Cellulosemoleküle, ausgedrückt durch den durchschnittlichen Polymerisationsgrad (DP),
- der Längsdimensionen der die Faser aufbauenden morphologischen Bauelemente, gleichfalls ausgedrückt in der Form eines Polymerisationsgrades, dem sogenannten „Grenzpolymerisationsgrad“ (DP_L), bei dem der Zusammenhalt der Bauelemente in der Faser verloren geht,
- der Perfektion der räumlichen Anordnung der die Faser aufbauenden Cellulosemoleküle innerhalb der morphologischen Bauelemente der Faser und
- dem Grad der Orientierung der Bauelemente der Faser in bezug auf die Faserachse.

Für die Abhängigkeit der Festigkeits- bzw. Dehnungseigenschaften von diesen Strukturparametern lassen sich eindeutige mathematische Beziehungen erstellen, die sich für eine weite Palette cellulosischer Fasern mit verschiedensten Eigenschaften als gültig erwiesen haben.

Die Basis für diese Arbeiten bildete das damals weitgehend akzeptierte Strukturmodell, das sogenannte „Fransenmizellarmodell“ des Faseraufbaues (Abb. 1).

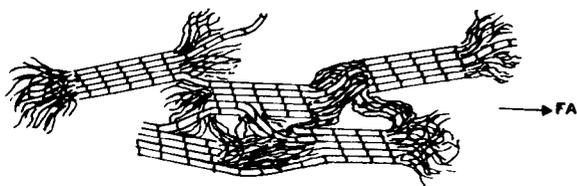


Abb. 1: Fransenmizellarstruktur

In jener Arbeit, die ich mit einigen Mitarbeitern in dem von mir damals geleiteten Grundlagenforschungslaboratorium der International Paper Company in Canada durchführte, hatten wir konventionelle und einfachste Methoden für die Molekular- und Struktur-

charakterisierung verwendet, obwohl wir gegen einige derselben gewisse Vorbehalte hatten. In industrieller Arbeit muß man des öfteren zu solchen Mitteln zum Zwecke schneller Problemlösung greifen. Unsere wesentlichsten Vorbehalte betrafen:

- die Verwendung der Viskosität, das heißt einer auf einer Eichung beruhenden Relativmethode, zur Bestimmung des Polymerisationsgrades. Die Viskositätsmessung wird stark durch höhermolekulare Anteile beeinflusst und ergibt das „Gewichtsmittel“ des Polymerisationsgrades. Für kinetische oder mechanische Untersuchungen benötigt man jedoch das „Zahlenmittel“ der Molekülgröße, das exakt nur auf osmotischem Weg erhaltbar ist, der leider umständlicher ist;
- die Anwendung einer indirekten Methode zur Bestimmung der Länge morphologischer Einheiten, die auf der Verfolgung des Reißfestigkeitsverlustes mit fortschreitendem hydrolytischen Abbau beruhte. Da dieser Abbau von einer mehr oder weniger starken Verbesserung des Ordnungsgrades und des Orientierungsgrades begleitet ist, mußten wir zu entsprechenden Korrekturen der beobachteten Festigkeitswerte Zuflucht nehmen. Die Elektronenmikroskopie stand uns zwar in unserer dortigen Forschungsgruppe zur Verfügung, zur Bestimmung der Dimensionen der morphologischen Bauelemente von Fasern mittels Abbau und Präparation zu elektronenmikroskopischer Beobachtung konnte sie der Umständlichkeit wegen nur begrenzt eingesetzt werden;
- den Einsatz der zur damaligen Zeit zwar allgemein üblichen, aber auf einer Reihe reiner Konventionen beruhenden Auswertemethode für Röntgenweitwinkelstreuergebnisse zur Ermittlung des Ordnungsgrades bzw. der „Kristallinität“, und schließlich
- die Verwendung der Röntgenweitwinkelstreuung zur Orientierungsmessung, die nach allgemein vertretener Ansicht nur Information über die Orientierung der „kristallinen“ Bereiche geben soll.

Seit diesem eingangs erwähnten ersten Bericht über Ergebnisse aus diesem Arbeitsbereich, war ich daher daran interessiert, die gleiche Problematik unter Einsatz anderer, aussagekräftigerer Methoden, nämlich:

- der Aufklärung der Auswirkungen des hydrolytischen Abbaues auf die mechanischen Eigenschaften von Regeneratcellulosefasern unter Einsatz der Osmose zur Bestimmung des Zahlenmittels des Polymerisationsgrades,
- der Suche nach Langperiodizitäten in Cellulosefasern mittels Röntgenweitwinkel- bzw. -kleinwinkelstreuung,
- dem Bestreben um bessere und aussagekräftigere Methoden der Auswertung von Röntgenweitwinkeldiffraktogrammen zum Zwecke der Strukturcharakterisierung, und schließlich
- der Anwendung weiterer Methoden außer der Röntgenstreuung zur Bestimmung des Orientierungsgrades, wie beispielsweise von Dichroismusuntersuchungen im Infrarotbereich

erneut zu untersuchen.

Hier soll ein Überblick über die Ergebnisse von experimentellen Arbeiten, die unter der Mitarbeit ver-

schiedenster Fachkollegen in den letzten Jahren durchgeführt wurden, gegeben werden. Besonders erwähnt sei, daß die Durchführung der Röntgenkleinwinkel- und -kleinwinkeluntersuchungen durch Sekora am Institut für Physikalische Chemie der Universität Graz unter Kratky und die Deuteriumsaustausch- und Infrarotstudien durch Siesler im Rahmen seiner unter Leitung von Kratzl stehenden Dissertation am organisch-chemischen Institut der Universität Wien erfolgte.

Der Einfluß der Moleküle und der Fasermorphologie auf die Fasereigenschaften

In der eingangs erwähnten, in Canada durchgeführten Arbeit¹, hatten wir unter Benutzung von Viskositätsmessungen an den polymeranalog hergestellten Nitraten der verschieden weit abgebauten Faserproben zur Bestimmung des durchschnittlichen Polymerisationsgrades und unter Benutzung von Festigkeitsmessungen an diesen Faserproben, speziell nach Korrektur der Festigkeitswerte für die bei der Hydrolyse nicht zu vermeidenden verbessernden Veränderungen des Ordnungs- und Orientierungsgrades, eine über einen weiten Bereich lineare Beziehung zwischen dem reziproken Durchschnittspolymerisationsgrad und den jeweils beobachteten Festigkeiten gefunden.

Aus diesen Ergebnissen läßt sich ableiten, daß längere Periodizitäten des Wechsels von geordneten und weniger geordneten Bereichen entlang der Faserachse von großer Bedeutung für die mechanischen Eigenschaften der Fasern seien. Weiters liegt der Schluß nahe, daß der Einfluß der Länge der die Faser aufbauenden morphologischen Bausteine am besten durch $1/DP_L$ — $1/DP$ wiedergegeben werden kann, worin DP_L die Länge der morphologischen Bauelemente der Fasern, ausgedrückt als Zahl der aneinandergereihten Glucoseeinheiten, bedeutet. Dieser Ausdruck stellt in sich auch ein relatives Maß für die Zahl noch intakter Cellulosemoleküle dar, die die Faserbauelemente zusammenhalten.

Durch eine Extrapolation der Beziehung zwischen dem reziproken Durchschnittspolymerisationsgrad und den zugehörigen Festigkeiten gegen die Festigkeit = 0, läßt sich für eine gegebene Faser der Grenzpolymerisationsgrad DP_L ableiten (Abb. 2). Aus solchen Untersuchungen bestimmten wir damals die Länge der morphologischen Bauelemente mit DP_L ca. 400 für

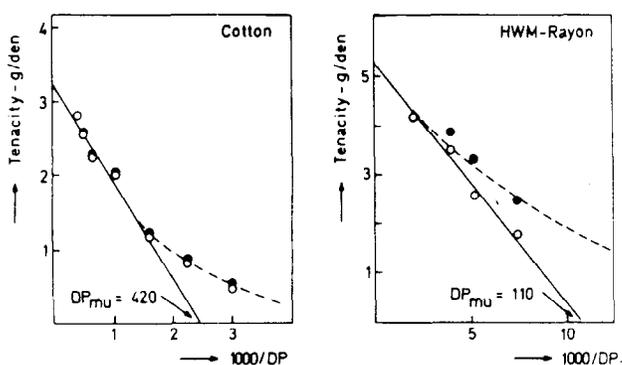


Abb. 2: Festigkeitsverlust von Cellulosefasern mit abnehmendem Polymerisationsgrad (Viskositätsmessungen an Trinitraten verschieden stark abgebauter Proben)

Baumwollfasern und mit DP_L zwischen 70 — 180 für verschiedene Cellulose regeneratfasern.

Zur damaligen Zeit waren wir mit diesen Ergebnissen, trotz gewisser Vorbehalte, in genügender Übereinstimmung mit Beobachtungen, die erstmals von Schulz und Husemann² gemacht und später von anderen Bearbeitern³ bestätigt worden waren, über das Vorliegen sogenannter „Schwachstellen“ und deren Einfluß auf den Ablauf von Heterogenreaktionen an Cellulosefasern. Es lagen überdies auch unterstützende Befunde für das Vorliegen derart langer Bauelemente in Cellulosefasern vor, die aus elektronenmikroskopischen Beobachtungen an abgebauten Cellulosefasern stammten⁴. Außerdem standen damals frühere Ergebnisse über den Festigkeitsverlust von cellulosefasern beim Abbau zur Verfügung⁵. Dennoch waren wir irgendwie unbefriedigt, weil keine andere Methode zusätzliche Beweise für das Vorliegen einer solchen höheren Langperiode des Vielfachen der bereits bekannten Kristallitlängen erbracht hatte. Auch widersprach die an wenig geschädigten Faserproben im Elektronenmikroskop zu beobachtende weitaus größere Länge der Elementarfibrillen der weitgehend anerkannten zugrundegelegten, fransenmizellaren Modellvorstellung.

Als eine weitere Beweismöglichkeit für das Vorliegen oder Nichtvorliegen derart längerer Langperioden bot sich schließlich die Röntgenkleinwinkelstreuung an. Unter Mithilfe von Kratky und von anderen an der Klärung dieser Frage interessierten Fachkollegen durchgeführte Untersuchungen an verschiedenst zur Verstärkung von Elektronendichteunterschieden behandelten Proben erbrachten stets nur den Nachweis für das Vorliegen von kurzen, den Elementarkristalliten zuzuordnenden Längsperiodizitäten in der Größenordnung von ca. 400 — 500 Å (entsprechend einem DP_L von 80—100) für Baumwolle und von zirka 130 — 200 Å (entsprechend einem DP_L von 25 — 40) für Regeneratcellulosefasern, wie sie im Jahre 1954 erstmals von Kiessig⁶ beobachtet worden waren. Hinweise für längere Langperioden konnten in keinem Falle aufgefunden werden. Beispiele der Ergebnisse derartiger Langperiodenuntersuchungen mittels Röntgenkleinwinkelstreuung sind in der Abbildung 3 wiedergegeben.

In der Regel wird die Kleinwinkelstreuung, die von

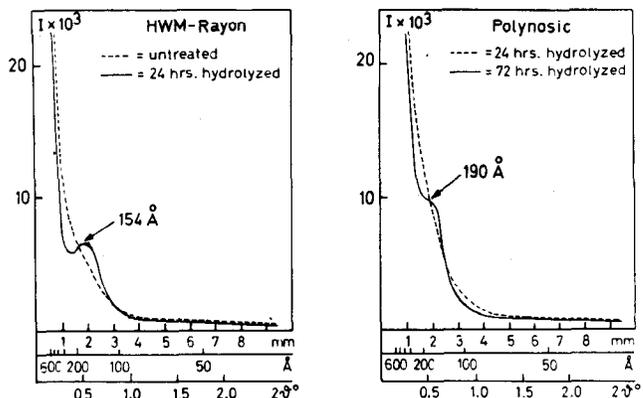


Abb. 3: Langperiodenuntersuchungen mittels Röntgenkleinwinkelstreuung an verschieden stark hydrolytisch abgebauten Faserproben

Tabelle 1: Charakterisierung von hydrolytisch abgebauten HWM-Fasern

Material	Grenzviskosität (intrinsic)			Polymerisationsgrad (DP _w)			\overline{DP}_w	\overline{DP}_n	$\frac{DP_w}{DP_n}$
	Cellulose	Cellulose-carbamate		Cellulose	Cellulose-carbamate				
	Cuoxam	Azeton	Dioxan	Cuoxam	Azeton	Dioxan			
HWM - Rayon unbehandelt	153,5	152,0	226,0	410	450	460	440	250	1,76
HWM - Rayon 2 Std. hydrolysiert	105,0	102,0	145,0	250	280	275	270	185	1,46
HWM - Rayon 8 Std. hydrolysiert	68,0	58,0	83,0	140	145	145	145	95	1,52
HWM - Rayon 24 Std. hydrolysiert	39,5	39,0	48,0	70	90	80	80	75	1,07

Langperiodizitäten herrührt, erst nach intensivem Abbau der Faserproben gegenüber dem Untergrund diffuser, von Mikrohohlräumen in der Faser herrührenden Streuung, im Kleinwinkelbereich erkennbar. Zwischen verschiedenen Fasertypen bestehen hierin eindeutige Unterschiede. Fasern hohen Ordnungsgrades, wie zum Beispiel Fortisan- oder Polynosicfasern, müssen etwa dreimal so lange mit 1-N Salzsäure bei 50 °C hydrolytisch abgebaut werden, um die von Langperiodizitäten herrührende Kleinwinkelstreuung hervortreten zu lassen, als Fasern mit geringerem Ordnungsgrad, wie beispielsweise Hochnaßmodulfasern. So tritt bei Fortisan- oder Polynosicfasern die Langperiodenkleinwinkelstreuung erst nach dreitägigem Abbau deutlich in Erscheinung, während sie bei Hochnaßmodulfasern schon nach 24-stündigem Abbau klar erkennbar wird. Die für Polynosic- bzw. für Hochnaßmodulfasern gefundenen Langperioden waren 190 Å, das heißt ca. DP_L = 38 bzw. 154 Å, das heißt ca. DP_L = 31.

Kleinwinkelstreubanden, die Längsperiodizitäten in größeren Abständen hätten zugeordnet werden können, konnten in diesen Untersuchungen in keinem der geprüften Fälle gefunden werden. Auch aus der Streubandbreite diatropen Weitwinkeldiffraktionen, wie zum Beispiel derjenigen der 040 Gitterebene, konnten nur Längsperiodizitäten von 130 — 200 Å für Cellulosegeneratfasern gefunden werden.

Aus diesem Grunde erschien uns eine erneute kritische Überprüfung der Beziehung zwischen Molekülgröße und Festigkeit unter Verwendung osmotischer Messungen zur Bestimmung der Zahlenmittelwerte der Polymerisationsgrade an Abbauproben verschiedener Fasern von Wichtigkeit.

Zu diesem Zwecke untersuchten wir erneut den hydrolytischen Abbau einer Baumwollfaser, einer Hochnaßmodulfaser und einer Fortisanfaser, indem wir die jeweiligen Abbauproben durch polymeranaloge Umsetzung in die entsprechenden Trinitrate bzw. Triphenylcarbamate überführten. An diesen wurden in geeigneten Lösungsmitteln Viskositätsmessungen, osmotische Messungen und Lichtstreuungsmessungen zum Zwecke der Ermittlung der Molekülgröße durchgeführt. Ergänzend wurden an den Abbauproben auch Viskositätsmessungen in Kupferhydroxid-Ammoniaklösungen vorgenommen. Ein Beispiel der Ergebnisse solcher Messungen ist in der hier gezeigten Tabelle für

den Fall der Abbauprobe an der Hochnaßmodulfaser wiedergegeben (Tabelle 1).

Die erhaltenen Werte lassen erkennen, daß die Zahlenmittelwerte der Polymerisationsgrade der Fasern und ihrer Abbaustufen wesentlich niedriger liegen als die Durchschnittspolymerisationsgrade, die sich aus Viskositätsmessungen unter Verwendung der üblichen, aus der Literatur entnommenen Umrechnungsformeln für die Viskositäts-Polymerisationsgradsbeziehung ergaben.

Aus einer kinetischen Behandlung des Abbauverlaufes, anhand von derart erhaltenen Daten für die Zahlenmittelwerte der Polymerisationsgrade, gemäß einer erstmals von Chang⁷ vorgeschlagenen Betrachtungsweise, ergeben sich für die drei untersuchten Regeneratcellulosefasertypen Grenzpolymerisationsgrade DP_L von ca. 90 für die Baumwollfaser, von ca. 31 für die Hochnaßmodulfaser und von ca. 35 für die Fortisanfaser. — Die in Abbildung 4 gezeigten graphischen Darstellungen geben diese Art der Auswertung am Beispiel des Abbaues der Hochnaßmodulfaserprobe wieder. Die aus solchen Auswertungen erhaltenen Werte sind in guter Übereinstimmung mit den aus Röntgenkleinwinkelstreuungsuntersuchungen für die Langperiodenabstände an den gleichen Fasern erhaltenen Werte.

Für den Abfall der Festigkeit der Faserproben mit fortschreitendem Abbau ergeben die so ermittelten Zahlenmittel der Polymerisationsgrade gleichfalls

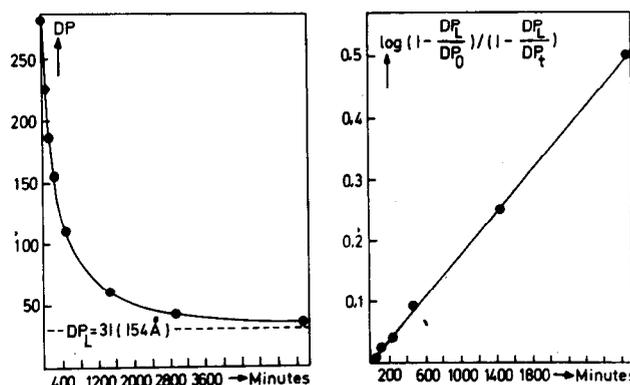


Abb. 4: Verlauf (links) und kinetische Auswertung (rechts) des hydrolytischen Abbaues von HWM-Fasern mittels 1-N HCl bei 50 °C

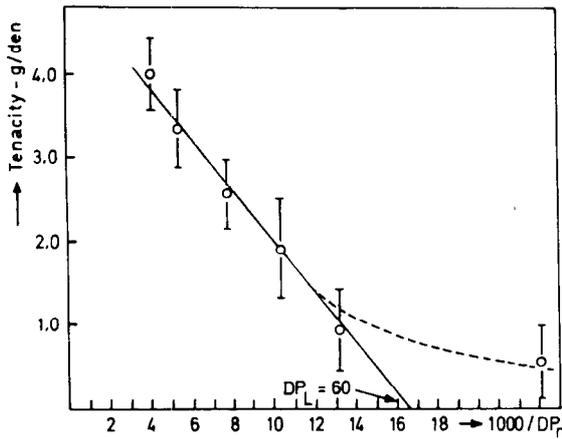


Abb. 5: Festigkeitsverlust von HWM-Stapelfasern mit abnehmendem numerischen Polymerisationsgrad (Osmose des Tricarbamates), im Verlaufe des hydrolytischen Abbaus

lineare Beziehungen zwischen der jeweiligen Festigkeit und dem reziproken Polymerisationsgrad (Abb. 5). Jedoch die Extrapolation auf die Festigkeit = 0 ergibt hier Werte für den Grenzpolymerisationsgrad DP_L , die deutlich niedriger sind, als die früher von uns gefundenen, nämlich: für Baumwolle ein DP_L ca. 200 gegenüber früher von ca. 500, für die Hochnaßmodulfasern ein DP_L ca. 60 gegenüber früher von ca. 110 und für die Fortisanfaser ein DP_L ca. 75 gegenüber früher von ca. 120. — Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die osmotischen Messungen an Proben fallender Molekülgröße wegen des unvermeidbaren Durchlaufens von Molekülanteilen geringer Größe in zunehmendem Maße eher zu hoch ausfallen, darf man hier von einer genügenden Übereinstimmung bzw. Annäherung dieser Werte an die Dimensionen der röntgenographisch ermittelten Langperioden sprechen. Ähnliche Werte für die Längsdimensionen von Bruchstücken der Elementarfibrillen ergeben sich auch aus der Längenverteilungsanalyse elektronenmikroskopischer Präparationen von weitgehend abgebauten Fasern, wie die in Abbildung 6 gezeigten Beispiele für

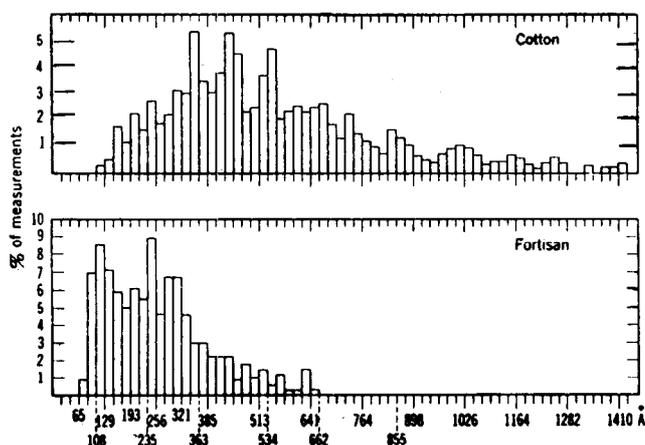


Abb. 6: Längenverteilung von Bruchstücken der Elementarfibrillen von Baumwolle (oben) und Fortisan (unten) nach hydrolytischem Abbau mit 1-N HCl (168 bzw. 524 Std. bei 55 ° C)

eine Baumwollprobe und für eine Fortisanprobe aus eigenen Arbeiten mit Käpper⁸ demonstrieren.

Schlußfolgernd glauben wir heute, daß die von uns und anderen Bearbeitern früher angenommen längeren Längsperiodizitäten nicht existieren. Sie sind wahrscheinlich Artefakte, die sich auf Grund von Fibrillaraggregation mehr oder weniger zufällig und mit breiter Verteilung ergeben. Das grundlegende Bauelement natürlicher und künstlicher Fasern scheint mit großer Wahrscheinlichkeit der Elementarkristallit zu sein.

Auswertung der Ergebnisse von Röntgenweitwinkelstreuungsuntersuchungen

Bereits in den frühen zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts wurde die Auffassung entwickelt, daß hochpolymere Stoffe parakristalline Strukturen bilden. Zur Bestimmung kristalliner und amorpher Anteile wurden in der Folge eine Reihe von Methoden entwickelt, wie beispielsweise Röntgenweitwinkelstreuungsuntersuchungen, Dichtebestimmungen, kalorische Methoden und andere mehr. Von diesen Methoden hat die Röntgenweitwinkelstreuung die größte Bedeutung erlangt. Bis vor wenigen Jahren beruhte die allgemein anerkannte Interpretation von Röntgenweitwinkelstreuergebnissen darauf, daß die diffusen Streubanden sowohl von der Begrenztheit der Kristallitdimensionen als auch von den in den kristallinen Regionen statistisch verteilt vorliegenden Imperfektionen herrühren. Den amorphen Anteilen sprach man weiters eine gewisse Untergrundstreuung zu. Auf dieser Vorstellung basierend beruhten die meisten Auswertemethoden für die diffusen Röntgenweitwinkeldiffraktogramme polymerer Substrate auf einer Auftrennung der Streuung in eine amorphe Untergrundstreuung und eine kristalline Streuung mit scharfen Diffraktionsmaxima entsprechend den vorliegenden Gitterebenen und deren Abständen. Diese Auftrennung war hingegen nur wenig exakt definiert und irgendwie unbefriedigend.

In der Metallurgie verwendet man seit längerer Zeit für die Trennung überlappender Weitwinkeldiffraktionsbanden mathematische Konzepte auf der Basis von Gauss- bzw. Cauchyverteilungen für die Form der Diffraktionsbanden. Aus den derart getrennten Banden errechnet man unter Anwendung der bereits von Scherrer⁹ vorgeschlagenen Beziehung Kristallitdimensionen. Schon im Jahre 1958 hatten Gjønnes, Norman und Viervoll¹⁰ vorgeschlagen, ein gleichartiges Konzept auf die Auswertung von Röntgenweitwinkelstreuergebnissen cellulosischer Substrate zu verwenden. Die von ihnen vorgeschlagene Methode erlaubt die Auftrennung überlappender Streubanden unter der Annahme, daß die Intensitätskurven der Streubanden die Form von Cauchyverteilungen haben und daß das Weitwinkeldiffraktogramm der Celluloseproben das Resultat der hier angeschriebenen Summation ist:

$$I(s) = \sum K_i \frac{\alpha_i}{\alpha_i^2 + (S - S_{0i})^2}$$

worin $s = 4 \pi \sin \vartheta / \lambda$

S_{0i} = der s-Wert des betreffenden Streuungsmaximums

α_i = die Halbwertsbreite der betreffenden Streuungsbande und

K_i = die Streukonstante derselben bedeuten.

In Anwendung dieses Konzeptes hatten schon Gjonnes und Mitarbeiter gezeigt, daß die Röntgenweitwinkeldiffraktogramme von Celluloseproben, die Cellulose-I-Gitterstruktur besitzen, vollständig erklärt werden können auf der Basis der Summation der hauptsächlichsten Gitterstreubanden der 101, 101̄, 021 und 002 Kristallgitterebenen, ohne daß zu ihrer Erklärung das Vorliegen diffuser Untergrundstreuung von amorphen Anteilen notwendig ist. Dies demonstriert das Ergebnis eigener Röntgenweitwinkeluntersuchungen an Baumwolle, das wir gemäß diesem Vorschlag auswerteten (Abb. 7).

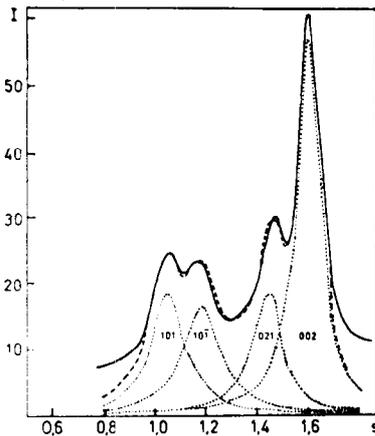


Abb. 7: Auswertung der Röntgenweitwinkeluntersuchungen an Baumwolle

Gjonnes und Mitarbeiter konnten weiter zeigen, daß für native Cellulosen abnehmenden Ordnungsgrades die Aufweitung der Bandenbreite der Cellulose-I-Gitterebenenstreuungen von einer linearen Verschiebung der Streubandenmaxima zu niedrigeren Bragg-Winkeln, das heißt von einer Aufweitung der Gitterebenenabstände, speziell der 002-Gitterebene, begleitet ist.

Für Celluloseproben, die eine mercerisierende Behandlung mit Lauge entsprechender Konzentration oder eine Quellungsbehandlung mit konzentrierter Salzsäure erfahren und daher Cellulose-II-Kristallstruktur angenommen haben, konnten Gjonnes und Mitarbeiter hingegen die Röntgenstreuungsergebnisse nicht durch einfache Summation der wesentlichsten Cellulose-II-Gitterebenenstreuungen erklären. Sie nahmen für diese Fälle daher an, daß die Umwandlung der Cellulose-I-Modifikation in die Cellulose-II-Modifikation unter Bildung weniger geordneter Bereiche vor

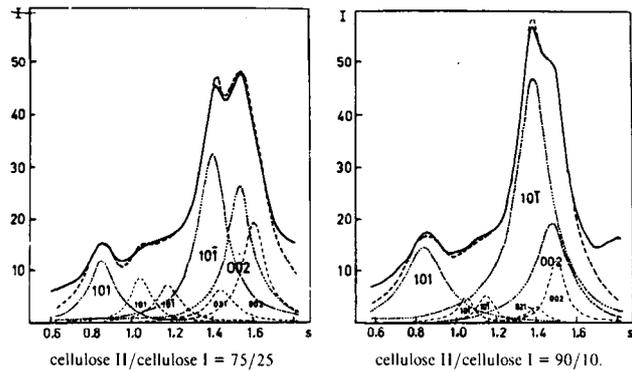


Abb. 8: Auswertung der Röntgenweitwinkeluntersuchungen an unter verschiedenen Bedingungen mercerisierter Baumwolle [18 % NaOH, 30 min bei 25 ° C (links) bzw. bei 0 ° C (rechts)]

sich geht, die Anlaß zum Auftreten einer diffusen Untergrundstreuung gibt.

Diese Interpretation hat uns schon zur Zeit ihrer Veröffentlichung durch Gjonnes und Mitarbeiter wenig befriedigt. In früheren Arbeiten¹¹ wurde gezeigt, daß auch die Röntgenweitwinkeldiffraktogramme mercerisierter Cellulosen aus Streubanden von Kristallgitterebenen ohne amorphen Untergrund erklärbar sind. Praktisch alle in heterogener Behandlung mercerisierten Cellulosen sind nämlich nicht reine Cellulose-II, sondern enthalten je nach den Mercerisierungsbedingungen mehr oder weniger große Anteile an nicht umgewandelter Cellulose-I. Auf dieser Basis ist auch ihr Streuverhalten als eine Gitterstruktur kristalliner Teilchen erklärbar, wie die in Abbildung 8 gezeigten Beispiele zweier, unter verschiedenen Bedingungen mercerisierter Baumwollen, zeigen. Mit Verbesserung der Mercerisierungsbedingungen, wie hier durch Absenkung der Mercerisierstemperatur, verringert sich der Anteil an nicht umgewandelter Cellulose-I-Modifikation in der mercerisierten Probe.

Es sei erwähnt, daß weder die Änderung der Trocknungsbedingungen noch der Lösungsmittelaustausch von Wasser zu nicht-quellend wirkenden organischen Lösungsmitteln vor der Trocknung die äußere Form oder die Zusammensetzung der Röntgenweitwinkeldiffraktogramme der mercerisierten Proben ändert. Die Cellulose-I-Anteile in den mercerisierten Proben sind deshalb nicht das Resultat einer Wiedezurückverwandlung aus ursprünglich durch die Behandlung vollständig transferierter Cellulose-II, sondern rühren von unvollständiger Durchdringung der Cellulose-

Tabelle 2: Auswertung der Ergebnisse von Röntgenuntersuchungen an natürlicher und unter verschiedenen Bedingungen mercerisierter Baumwolle

Material	101			101̄			021			002		
	K	2α	2θ _{max}	K	2α	2θ _{max}	K	2α	2θ _{max}	K	2α	2θ _{max}
BW - natur	1,45	0,16	14,3	1,45	0,18	17,1	1,27	0,14	20,5	3,40	0,12	22,9
BW - merc. bei 25 ° C	0,58 0,90	0,14 0,18	14,8 12,3	0,58 2,90	0,16 0,18	16,8 20,2	0,50 —	0,16 —	20,2 —	1,35 2,10	0,14 0,16	22,7 21,8
BW - merc. bei 0 ° C	0,20 0,96	0,11 0,16	14,9 12,4	0,21 3,85	0,12 0,16	16,7 19,8	0,18 —	0,12 —	20,0 —	0,60 1,82	0,10 0,14	22,5 21,3

probe durch das Mercerisierungsmittel her. Die Tatsache, daß die Streubanden des restlichen Cellulose-I-Anteils eine deutlich kleinere Halbwertsbreite aufweisen (vgl. Tabelle 2) als die unbehandelte Baumwolle, läßt den Schluß zu, daß besonders große und wohlgeordnete Kristallite der Durchdringung durch die Mercerisierlauge widerstehen.

Aus den damals erhaltenen Resultaten erschien die Feststellung, daß die Röntgenweitwinkelstreuung von Cellulosefasern ohne die Annahme von Streubeiträgen sogenannter „amorpher“ Anteile erklärbar sind, am wichtigsten. Warwicker¹² kam in unabhängigen und gleichzeitig durchgeführten Arbeiten zu ähnlichen, wenn auch nicht völlig übereinstimmenden Ergebnissen. Inzwischen wissen wir, daß nach dem gleichen Konzept auch das Röntgenstreuverhalten anderer polymerer Fasersubstrate, wie von Polyester-, von Polypropylen-, von Polyacrylnitril- und von Polyamidfasern ohne „amorphe“ Untergrundstreuung interpretierbar ist¹³.

In Fortsetzung dieser älteren Arbeiten haben wir diese Auswertetechnik in der Zwischenzeit auf die Ergebnisse von Röntgenweitwinkelstreuungsuntersuchungen einer größeren Zahl von verschiedensten natürlichen und künstlichen Cellulosefasern angewandt.

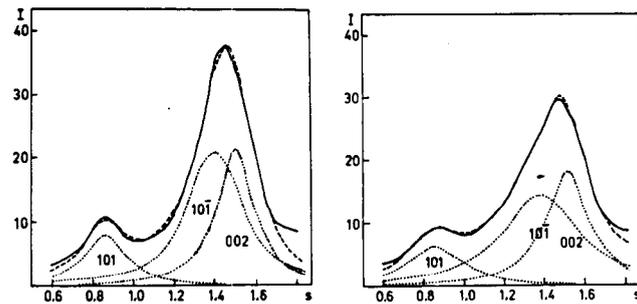


Abb. 9: Auswertung von Röntgenweitwinkeluntersuchungen an Fortisan (links) und Meryl (rechts)

Wie sich aus der Bandenauflösung ergab, sind die über die Triacetatfaser erhaltenen Fortisan- bzw. Merylfasern (Abb. 9) reine Cellulose-II-Fasern — ebenso wie die durch Luftver Streckung hergestellten normalen Viskosefasern —, während die unter Heißver Streckung hergestellten Hochnaßmodulfasern (Abb. 10) bedeutende Anteile an der sogenannten „Cellulose-IV“-Modifikation enthalten. Wir neigen hierbei zu der Ansicht, daß letztere keine eigenständige Kristallgittervariante der Cellulose darstellt, sondern an sich weniger gut geordneter Cellulose-I gleichzusetzen ist. In der von uns untersuchten Hochnaßmodulfaser — es handelt sich dabei um die von der Chemiefaser Lenzing AG. hergestellte „Hochmodul 333“ — waren ca. 35 % der Cellulose-IV- bzw. -I-Modifikation enthalten. Die Kristallitdimensionen dieser durch die Heißver Streckung von Cellulose-II zur Cellulose-IV bzw. -I umgelagerten Anteile waren etwa die gleichen wie die der überwiegend vorliegenden Cellulose-II-Anteile, wie sich aus den gleichen Halbwertsbreiten der Streubanden ableiten ließ.

Was uns aber in bezug auf diese neuartige Auswertungsmethodik besonders interessierte, war die Ab-

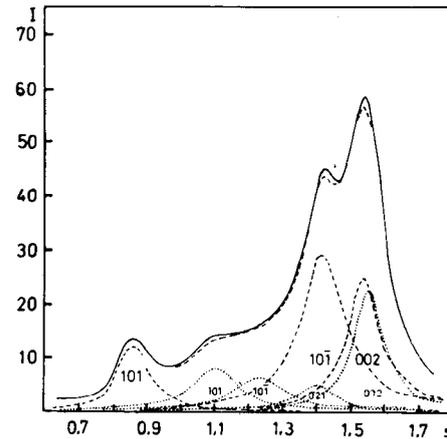


Abb. 10: Auswertung der Röntgenweitwinkeluntersuchung an einer HWM-Faser

leitung von Kristallitdimensionen aus den Halbwertsbreiten nach der schon von Scherrer abgeleiteten Gesetzmäßigkeit

$$D = \frac{K \cdot \lambda}{2 \beta \cdot \cos \vartheta}$$

und die Anwendung derselben zur Erklärung wichtiger Eigenschaften, wie zum Beispiel der Wasseradsorption, der Zugänglichkeit, wie etwa beim Deuteriumaustausch.

Soweit unsere noch begrenzte Erfahrung geht, scheint hier eine Möglichkeit zum Verständnis und zur Aufklärung bislang schwer verständlicher Diskrepanzen zu liegen. Aus der Bandenbreite der 101-, 101, und 002-Streubande, die wir durch rechnerische Bandenauflösung voneinander separiert hatten, ergeben sich die in Abbildung 11 schematisch dargestellten Kristallitdimensionen von 83 Å quer zur 101-Gitterebene, 68 Å quer zur 101-Gitterebene und 86 Å quer zur 002-Gitterebene des Cellulose-II-Gitters dieser Faser. Wenn man annimmt, daß dieses kristalline Paket von Cellulosemolekülen von einer Lage „verwackelter“ Elementzellen an der Oberfläche umgeben ist, wie dies einmal vor Jahren von Ranby¹⁴ vorgeschlagen wurde, so enthält das resultierende Gesamtpaket insgesamt 350 Cellulosemoleküle, wovon ca.

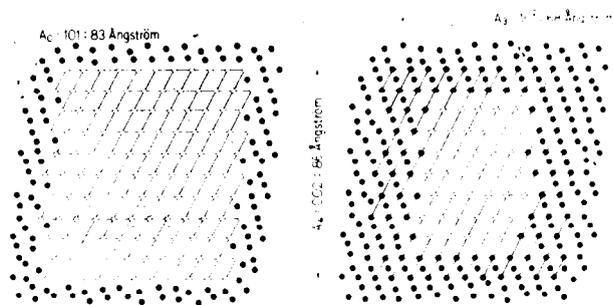


Abb. 11: Modell der Kristallinität und Zugänglichkeit der Fibrillen einer HWM-Faser:
links: in kristallinen Bereichen 226 Moleküle (○), in amorphen Bereichen 124 Moleküle (●); % Kristallinität = 226 · 100/350 = 64,6
rechts: nicht zugängliche Bereiche 98 Moleküle (○); in D₂O zugänglichen Bereichen 252 Moleküle (●); % Nichtzugänglichkeit = 98 · 100/250 = 28,0

Tabelle 3: Kristallinität, Zugänglichkeit und Hohlraumvolumen von Cellulosefasern, abgeleitet aus Strukturdaten und ihre Beziehung zu Adsorptions-, Austausch- und Färbeeigenschaften:

Material	Rel. Dimensionen			% Moleküle in:			% D Austausch	H ₂ O Adsorption		Rel. Anzahl von Grenzflächen pro cm ²	Hohlraum- große A ²	Hohlraum- volumen	K-Werte von Röntgen- kleinwinkel- str. d	Rel. Färbegeschwindigkeit e
	101	101	002	geordnete Bereiche	amorphe Bereiche	zugängl. Bereiche		theor. %	gefunden %					
BW	200	155	230	83	17	47	—	7,8	8,1	108 · 10 ¹	—	—	—	—
Fortisan	140	100	160	80	20	54	53,5	9,0	9,6	134 · 10 ¹	0,57 · 10 ¹	0,8	—	1,2
HWM - Rayon	80	70	85	65	35	69	72,0	11,5	12,4	242 · 10 ¹	0,56 · 10 ¹	1,3	1,2	2,5
Polynosic	95	80	100	70	30	60	61,5	10,0	10,9	205 · 10 ¹	0,92 · 10 ¹	1,9	2,8	5,0
Normal. Rayon	90	75	95	67	33	65	66,5	10,8	11,6	216 · 10 ¹	0,56 · 10 ¹	1,2	1,0	3,0

a) aus Röntgenweitwinkelstreuungen mit Korrekturen für Bandenaufweitung durch Probengröße und Strahldimension

b) berechnet unter der Annahme, daß jede zugängliche Glukoseeinheit 1,5 Mole H₂O bindet

c) berechnet aus $\frac{\sin \beta \text{ Kristalllänge} \cdot \cos \beta \text{ Kristalllänge}}{2}$

wobei β der Orientierungswinkel in $\mu = 1 - 3/2 \sin^2 \beta$ darstellt

d) Hohlraumvolumen aus der Röntgenkleinwinkelstreuung

e) % Farbstoffaufnahme/Minute in einem Standard-Färbebad

35 % in der weniger geordneten Oberflächenschicht als „amorpher Anteil“ anzusehen ist und 65 % dem gut geordneten kristallinen Bereich angehören. Wenn man weiters folgert, daß auch die Moleküle in der äußersten Lage des geordneten Elementarzellenpaketes für Adsorptions- und Austauschvorgänge zugänglich sind, wären insgesamt 72 % aller Moleküle als „zugänglich“ zu bezeichnen.

Auf der Grundlage einer derartigen Betrachtungsweise haben wir bisher fünf verschiedene Cellulosefasern mittels Röntgenweitwinkeluntersuchungen strukturell analysiert. Es handelt sich hierbei um eine Baumwollfaser, eine Fortisanfaser, eine Hochnaßmodulfaser (die Lenzinger Hochmodul 333), eine Polynosicfaser und eine konventionelle Viskosefaser (Lenzinger Herkunft). An den gleichen Fasern wurden Wasseradsorptionmessungen bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit und 25 °C sowie Deuteriumsaustauschmessungen durchgeführt und zu den Strukturdaten in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

In den ersten drei Kolonnen der Tabelle sind die mittleren Kristallitquerdimensionen der einzelnen Faser angegeben, die aus den Halbwertsbreiten der aufgelösten Streubanden der Hauptreflexionen der Röntgendiffraktogramme erhalten wurden. Aus diesen Dimensionen wurden unter den vorgehend skizzierten Annahmen:

- die Prozentzahl der Moleküle berechnet, die in den wohlgeordneten „kristallinen“ Bereichen lokalisiert sind,
- die Prozentzahl der Moleküle, die den weniger geordneten „amorphen“ Oberflächenschichten um die Kristallite zugerechnet werden müssen und schließlich
- die Prozentzahl der Moleküle, die Austausch- bzw. Adsorptionsreaktionen zugänglich sind.

Anhand letzterer wurde unter der Annahme, daß jedes zugängliche Glucosegrundmolekül eineinhalb Mole Wasser zu binden vermag, eine theoretisch mögliche Wasseradsorption berechnet. Wie die angegebenen experimentell gefundenen Werte hierzu in Vergleich gesetzt zeigen, besteht eine durchaus befriedigende Übereinstimmung. Das gleiche gilt für den Vergleich der aus den mittleren Kristallitdimensionen in gleicher

Weise abgeleiteten Zugänglichkeiten für den Deuteriumsaustausch.

Die Orientierung der geordneten und weniger geordneten Bereiche der Fasern

Unter Faserfachleuten gilt als generelle Ansicht, daß die dynamischen, mechanischen Eigenschaften der Fasern in weitgehendem Maße von der feinstrukturellen Ordnung und Orientierung in den weniger geordneten Bereichen der Faser abhängen. Die Röntgendiffraktion liefert gute Information sowohl über den Ordnungsgrad als auch über den Orientierungsgrad der Faserbauelemente, soweit diese eine gewisse „kristalline“ Natur aufweisen. Messungen der optischen Anisotropie wurden in der Vergangenheit des öfteren benutzt, um darüberhinaus zusätzliche Informationen über die mittlere Orientierung einschließlich derjenigen der weniger geordneten Bereiche zu erhalten. Besondere Beobachtungen fand, vor allem in jüngerer Zeit, der Gebrauch von Infrarotdichroismusmessungen. Eine der wesentlichsten Schwierigkeiten in der Durchführung solcher Messungen an Fasern rührt von den Streueffekten her, die nebeneinander gelagerte, orientierte Fasern kleiner Querschnittsdimension bei der Bestrahlung mit Infrarotstrahlung auslösen. Smith, Kitchen und Mutton¹⁵ hatten vor einigen Jahren versucht, diese Schwierigkeiten durch Einbettung parallelisierter Fasern in Silberchlorid, das einen der Cellulose annähernd gleichen Brechungsindex aufweist, zu lösen. Sie hatten mit dieser Technik interessante und beachtenswerte Ergebnisse erhalten und publiziert.

Vor einigen Jahren als die sogenannte Frustrated-Multiple-Internal-Reflection Technik entwickelt wurde, und brauchbare Spezialgeräte für die auf dem Markt befindlichen Infrarotspektrophotometer verfügbar wurden, begannen wir eigene Studien über Infrarotdichroismus und Deuteriumsaustausch an Cellulosefaser, die bei Kratzl und Derkosch vom Organisch-Chemischen Institut der Universität Wien als Dissertationsarbeiten durchgeführt wurden.

Zunächst entwickelten wir eine neue Methodik¹⁶ mit der wir Untersuchungen an parallelisierten Fasern ohne Einbettung durchführen konnten (Abb. 12). Die Methode bedient sich einer FMIR-Zelle, die für diese

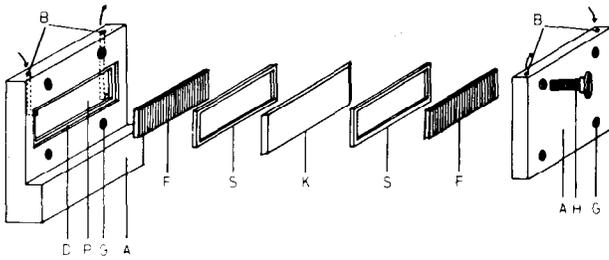


Abb. 12: Schema der Probenhalterung für IR-Untersuchungen (FMIR-Zelle); A = Montierplatten, H = Montierschrauben, G = Schraubenloch, B = Gasein- und -auslaß, D = Rille für die Dichtung, P = Rahmen für die Probenträger mit Durchlaß für den IR-Strahl, F = Träger der Faserproben, K = Reflexionskristall (KRS 5), S = Silikon-Gummidichtung (mit Gold bedampft)

Zwecke speziell modifiziert wurde. Die wohlorientierten Multifilamente der zu untersuchenden Fasertypen wurden sehr sorgfältig parallelisiert und auf die metallenen Probepfättchen aufgewickelt. Mit entsprechenden Dichtungen wurden die Probenpfättchen gegen die beiden Seiten des Reflektionskristalls gepreßt und im Gehäuse der Zelle verschraubt. Das Zellengehäuse war beidseitig mit Gasein- und -auslässen versehen, durch die bei Austauschreaktionen mit Deuteriumoxid beladene Inertgase oder Spülgase der Faserprobe zugeführt werden konnten. In den Strahlengang des Infrarotgerätes eingebaut, konnten wir so Austauschreaktionen laufend anhand der Änderungen des Infrarotspektrums verfolgen.

Ein Beispiel der Ergebnisse des Ablaufes einer Deuteriumaustauschreaktion ist in Abbildung 13 gegeben. In der Regel war unter den von uns gewählten Bedingungen, die wir im Jahre 1971 in Melliands Textilberichten veröffentlichten, die Austauschreaktion nach ca. 60—70 Stunden abgeschlossen. Durch Flächenauswertung der ursprünglichen OH-Absorptionsbande und der restlichen OH-Absorptionsbande nach Vollendung des Deuteriumaustausches wurden die Zugänglichkeitswerte ermittelt, die in Tabelle 3 bereits erwähnt wurden.

Bisher untersucht wurden in dieser Weise eine Forti-

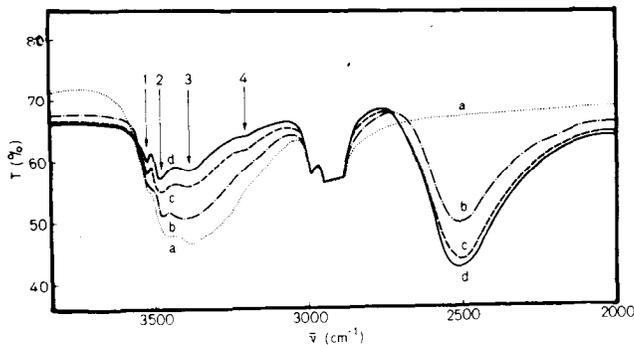


Abb. 13: Änderung des IR-Spektrums während des Deuteriumaustausches
 Kurve a = unbehandelte Faserprobe
 Kurve b = Probe 24 Std. deuterisiert
 Kurve c = Probe 48 Std. deuterisiert
 Kurve d = Probe 60 Std. deuterisiert

sanfaser, eine Hochnaßmodulfaser, eine Polynosicfaser und eine Normalviskosefaser. Auf die gute Übereinstimmung der experimentell bestimmten Zugänglichkeiten für Deuterium mit aus Röntgendaten abgeleiteten Zugänglichkeitswerten haben wir bereits hingewiesen.

An einer Reihe verschieden hoch verstreckter Hochnaßmodulfasern führten wir weiters eine ins einzelne gehende Dichroismusstudie an den OH- und OD-Banden durch, um dadurch näheren Aufschluß über die Orientierung in geordneten und weniger geordneten Bereichen zu erhalten.

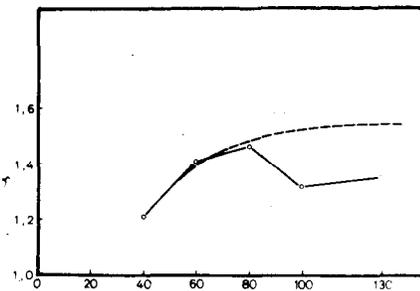


Abb. 14: Abhängigkeit des dichroitischen Verhältnisses der IR-Absorption der nichtdeuterisierbaren OH-Gruppen vom Verstreckungsgrad (% E) von HWM-Fasern $\mathfrak{D} = \frac{F_1}{F_2}$

Im Verlaufe dieser Untersuchungen beobachteten wir einen Effekt, der unseres Wissens bislang noch nicht bemerkt wurde (Abb. 14). Der Dichroismus der OH- und OD-Bande verschieden verstreckter Hochnaßmodulfasern zeigt zunächst den erwarteten Anstieg des dichroitischen Verhältnisses bis zu einem Verstreckungsgrad von ca. 80 %. Zwischen 80 und 100 % Verstreckung fällt das dichroitische Verhältnis unerwartet und stark. Der Grund für diese Anomalie (Abb. 15) ist ein plötzlicher Anstieg in der Absorption von Infrarotstrahlen, die im rechten Winkel zur Faserachse schwingen. Dieser Anstieg erfolgt gleichfalls zwischen einem Verstreckungsverhältnis von 80 und 100 %. Eine der möglichen Erklärungen könnte die

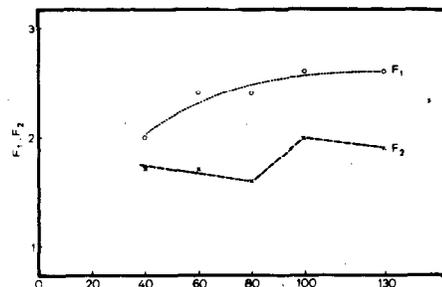


Abb. 15: Verlauf der totalen Extinktion der nichtdeuterisierbaren OH-Gruppen gemessen mit zur Faserachse parallel (F₁) und senkrecht (F₂) polarisierter IR-Strahlung in Abhängigkeit vom Verstreckungsgrad von HWM-Fasern:

$$F_1 = \frac{\int E_{OH\parallel} dv}{\int E_{CH_2\parallel} dv}$$

$$F_2 = \frac{\int E_{OH\perp} dv}{\int E_{CH_2\perp} dv}$$

Tabelle 4: Vergleich der Orientierungsfaktoren aus dem IR-Dichroismus und den Röntgenergebnissen

Streck- verhältnis	Dichroitisches Verhältnis*	β	Orientierungsfaktor $f_r = 1 - 3/2 \sin^2 \beta$	
			aus IR- Dichroismus	aus Röntgen- streuung
40 %	1,25	43,8°	0,31	0,52
60 %	1,36	38,1°	0,43	0,55
80 %	1,48	33,1°	0,55	0,60
100 %	1,52	31,5°	0,59	0,62
130 %	1,57	29,3°	0,64	0,60

* aus Extinktionsmaxima bei 3475 und 3420 cm^{-1}

Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen Fibrillaroberflächen sein, wenn diese durch genügend hohe Parallelisierung sich hierzu nahe genug gekommen sind. Für diese Erklärung spricht auch die Tatsache, daß der Dichroismus der beiden ersten OH-Absorptionsmaxima des OH-Bereiches zwischen 3400 und 3500 cm^{-1} , die der intermolekularen Wasserstoffbrückenbindung zwischen der OH-Gruppe am Kohlenstoffatom 3 einer Glucose Grundeinheit und dem Ringsauerstoff der benachbarten Glucoseeinheit zugeschrieben wird und die entlang der Molekül- bzw. Faserachse ausgerichtet ist, diese Anomalie nicht zeigt. Wir möchten die Diskussion zu diesem Zeitpunkt über Erklärungsmöglichkeiten dieser Beobachtung nicht weitertreiben. Wir glauben, daß diese erst durch weitere beabsichtigte Studien bestätigt werden sollte.

Die beobachtete Anomalie wird auch von der OD-Absorption, das heißt den weniger gut geordneten, zugänglichen Bereichen gezeigt. Wichtiger jedoch ist die Feststellung, daß der Gang des Dichroismusver-

hältnisses für den OD-Bandenbereich mit zunehmender Verstreckung nicht merklich von dem des OH-Bereiches verschieden ist, das heißt, daß ein markanter Unterschied zwischen der Orientierung von geordneten oder weniger geordneten Bereichen nach diesen Untersuchungen offensichtlich nicht existiert.

Bei einem Vergleich der Orientierungsfaktoren bei verschiedenen Verstreckungsverhältnissen, die sich aus Röntgen-Orientierungsmessungen einerseits und aus den vorstehend geschilderten Infrarotdichroismusuntersuchungen andererseits ergeben, resultiert, daß die aus Dichroismusmessungen erhaltenen Werte bei niedrigen Verstreckungsgraden zunächst niedriger gefunden werden als die aus Röntgenmessungen erhältlichen Orientierungswerte (Tab. 4). Dies könnte seine Erklärung darin finden, daß besonders kleine kristalline Faserelemente aus rein physikalisch-me-

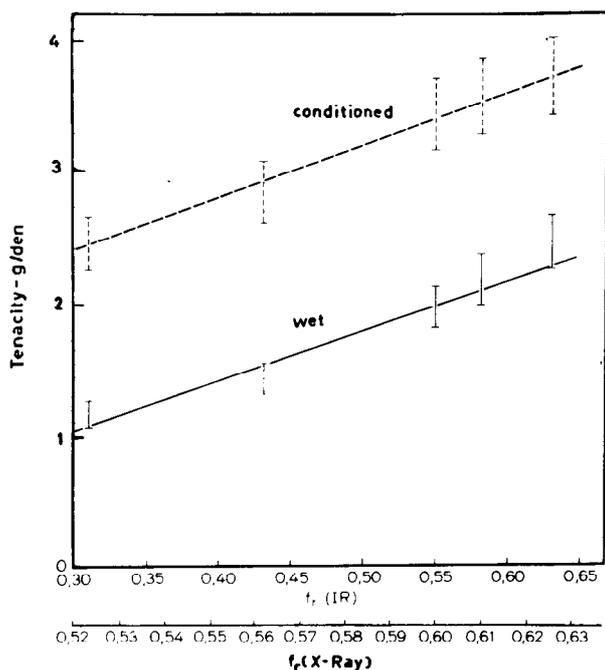


Abb. 16: Abhängigkeit der Reißfestigkeit im konditionierten und im nassen Zustand von Orientierungsfaktoren

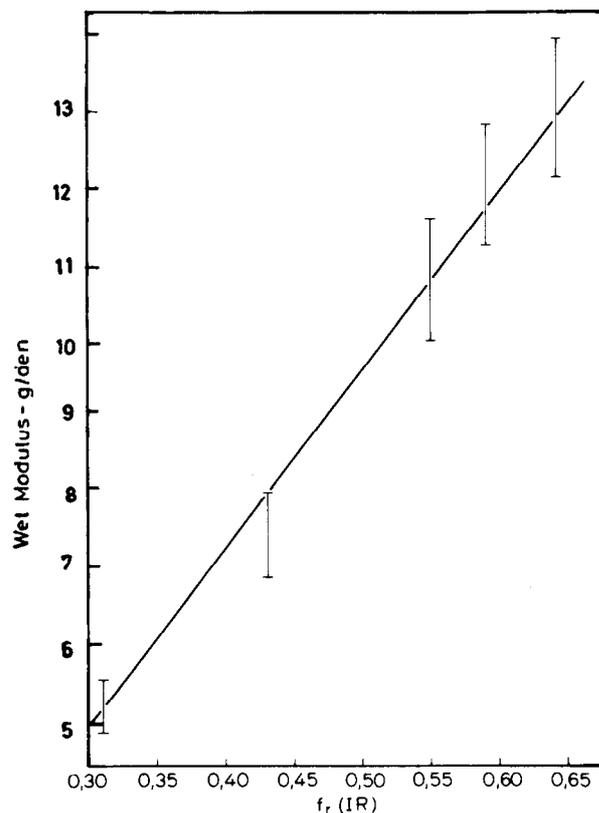


Abb. 17: Abhängigkeit des Naßmoduls von Orientierungsfaktoren

chanischen Gründen anfänglich weniger auf die Verstreckung ansprechen als größere und längere kristalline Faserbausteine. Auf das Röntgenstreuergebnis haben andererseits kleine kristalline Anteile wenig Einfluß.

Zum Schluß soll darauf hingewiesen werden, daß beide Orientierungsfaktoren sowohl aus Röntgenstreueruntersuchungen als auch aus Infrarotdichroismusuntersuchungen in ausgezeichneter linearer Beziehung zu mechanischen Eigenschaften stehen. Dies gilt nicht nur für die Reißfestigkeit im konditionierten und im nassen Zustand (Abb. 16), sondern auch für den Naßmodul (Abb. 17). Die Orientierungsgrade sowie die Länge der Faserbausteine, die wir aus den eingangs erwähnten Röntgenkleinwinkeluntersuchungen an hydrolysierten Fasern erhalten hatten, erlauben auch eine Erklärung der Färbegeschwindigkeit verschiedener Faserproben (rechte Seite der Tabelle 3), die wie im Falle der Polynosicfasern anderen Strukturdaten zufolge speziell von dem relativ guten Ordnungsgrad her, eher gering erwartet worden war.

Zusammenfassung:

- 1) Die Untersuchungen über den Festigkeitsverlust von Cellulosefasern bei fortschreitendem hydrolytischen Abbau unter Anwendung von osmotischen Messungen zur Ermittlung der Zahlenmittel der Polymerisationsgrade ergeben „Grenzpolymerisationsgrade“ DP_L , bei denen der innere Zusammenhalt der Fasern verloren geht, die sich denen nähern, die man als Grenzpolymerisationsgrade beim hydrolytischen Abbau als Längsperiodizität aus Röntgenkleinwinkelmessungen und als Länge der kleinsten Bruchstücke von Elementarfibrillen aus elektronenmikroskopischen Untersuchungen kennt.

Wir schließen hieraus, daß, im Gegensatz zu früheren auch von uns vertretenen Ansichten, nicht Zusammenlagerung von Fibrillen zu Einheiten höherer Ordnung die Bausteine von Cellulosefasern bilden, sondern die in den Elementarfibrillen kettenförmig miteinander verknüpften Elementarkristallite.

- 2) Die Analyse des Röntgenweitwinkelstreuverhaltens von Cellulosefasern mittels eines Konzeptes der Bandenauflösung ergab, daß dasselbe ohne Annahme einer Untergrundstreuung sogenannter „amorpher“ Anteile erklärbar ist. Kristallitdimensionen, errechnet aus der Halbwertsbreite aufgelöster Röntgenstreubanden, erlauben Ordnungsgrad, Zugänglichkeit, innere Oberflächen, mittleres Porenvolumen und anderes mehr abzuleiten. Durch diese zusätzliche Information ist es möglich, Erklärungen für wichtige Eigenschaften, wie Wasseradsorption, Deuteriumaustausch, Färbverhalten usw. zu finden.
- 3) Aus den Ergebnissen von Dichroismusstudien an verschiedenen verstreckten Hochnaßmodulfasern unter Zuhilfenahme von Deuteriumaustausch wird gefolgert, daß der vielfach angenommene Orientierungsunterschied für „amorphe“ und „kristalline“ Bereiche nicht besteht. Zumindest in hochverstreckten Hochnaßmodulfasern konnte kein Unterschied zwischen dem röntgenographisch ermittelten Orientierungsgrad und dem aus IR-Dichroismusuntersuchungen abgeleiteten Orientierungsgrad gefunden werden. Dies wäre bei der aus der Analyse

des Röntgenweitwinkelstreuverhaltens abgeleiteten Modellvorstellung, nach der die weniger gut geordneten Anteile an der Oberfläche liegende Anteile der Kristallitbänder der Elementarfibrillen sind, nicht zu erwarten. Für die Interpretation eines Ansteigens der IR-Absorption quer zur Faser schwingender Infrarotstrahlung bei mittleren Verstreckungsverhältnissen kommt eventuell die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen von Oberfläche zu Oberfläche von durch die Verstreckung genügend einander angenäherten Fibrillen in Frage.

- 4) Diese Ergebnisse sprechen sehr für ein vor Jahren von Hearle vorgeschlagenes Modell der Faserstruktur, das als „Fransenfibrillar-Modell“ angesprochen wird (Abb. 18).

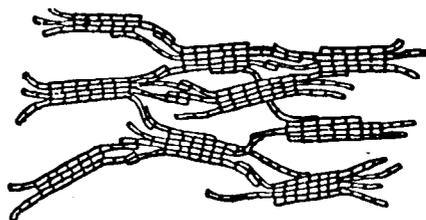


Abb. 18: Fransenfibrillarmodell

Literatur:

- 1) H. Krässig and W. J. Kitchen, *J. Polym. Sci.*, 51, 123 (1961)
- 2) E. Husemann and G. V. Schulz, *Z. Physik. Chem.*, B 52, 23 (1942); *Naturforschung*, 1, 268 (1946); E. Husemann and A. Carnap, *Naturwissenschaften*, 32, 79 (1943); E. Husemann, *Makromol. Chem.*, 1, 140 (1947); E. Husemann and M. Goecke, *Makromol. Chem.*, 2, 298 (1948); E. Husemann and R. Lötterle, *Makromol. Chem.*, 4, 278 (1950); E. Husemann and U. Consruck, *Makromol. Chem.*, 5, 179 (1950); E. Husemann, E. Loes, and R. Lötterle, *Makromol. Chem.*, 6, 163 (1951)
- 3) L. A. Hiller, Jr. and E. Pacsu, *Text. Res. J.*, 16, 490 (1946); H. J. Philipp, M. L. Nelson, and H. M. Ziifle, *Text. Res. J.*, 17, 585 (1947); L. F. McBurney, in *Cellulose and Cellulose Derivatives*, E. Ott, H. M. Spurlin, and M. W. Grafflin, Eds., Interscience, New York, 1954, Part I, Chapter III, Section G.; H. Krässig, *Makromol. Chem.*, 26, 17 (1957)
- 4) E. Husemann and A. Carnap, *Naturwissenschaften*, 32, 79 (1944); C. W. Hock, *Text. Res. J.*, 20, 141 (1950); F. F. Morehead, *Text. Res. J.*, 20, 549 (1950); S. M. Mukherjee, S. Sikorski, and H. J. Woods, *Nature*, 167, 821 (1951); *J. Text. Inst.*, 43, T 196 (1952); K. Hess, E. Gütter, and H. Mahl, *Kolloid-Z.*, 158, 115 (1958); K. Kato and K. Yamada, *Text. Res. J.*, 29, 368 (1959); H. Krässig and W. Käppner, *Makromol. Chem.* 44/46, 1 (1961)
- 5) H. Staudinger, M. Sorokin, and E. Franz, *Melliand Textilber.*, 18, 681 (1937); H. Staudinger, *Melliand Textilber.*, 18, 53 (1937); H. Staudinger, *Textilrundschaу*, 4, 3 (1939); H. Staudinger and F. Reinecke, *Melliand Textilber.*, 20, 109 (1939); H. Staudinger and M. Staudinger, *Z. Textilind.*, 56, 805 (1954); H. Krässig, *Melliand Textilber.*, 36, 55 (1955)
- 6) H. Kiessig, *Physik. Verhandl.*, 5, 87 (1954); *Kolloid-Z.*, 52, 62 (1957); *Papier*, 12, 117 (1958); K. Hess and H. Kiessig, *Kolloid-Z.*, 130, 10 (1953); W. O. Statton, *J. Polym. Sci.*, 22, 385 (1956)

- 7) M. M. Y. Chang, *J. Polym. Sci.; Polym. Chem. Ed.* 12, 1349 (1974)
 - 8) H. Krässig and W. Käppner, *Makromol. Chem.* 44/46 1 (1961)
 - 9) Vergleiche auch W. H. Hall, *Proc. Phys. Soc., A* 62, 741 (1949)
 - 10) J. Gjonnes, N. Norman, and H. Viervoll, *Acta Chem. Scand.*, 12, 489 (1958); J. Gjonnes and N. Norman, *Acta Chem. Scand.*, 12, 2028 (1958); 14, 683 (1960); 14, 689 (1960)
 - 11) H. Krässig, *Papier*, 23, 881 (1969).
 - 12) J. O. Warwicker, *J. Appl. Polym. Sci., Part A-1*, 5, 2579 (1967)
 - 13) H. Krässig, *Lenzinger Ber.* 39, 28—32 (1975)
 - 14) B. G. Ranby, *Acta Chem. Scand.*, 3, 649 (1949); B. G. Ranby and E. Ribí, *Experientia*, 6, 12 (1950)
 - 15) J. K. Smith, W. J. Kitchen, and D. B. Mutton, *J. Polym. Sci., Part C*, 2, 499 (1963)
 - 16) F. Grass, H. Siesler, and H. Krässig, *Melliand Textilber.*, 52, 1001 (1971); H. Siesler, H. Krässig, F. Grass, K. Kratzl, and J. Derkosch, *Angew. Makromol. Chem.* 42, 139 (1975)
-

INSERENTENVERZEICHNIS

	Seite
AUSTRIA FASERWERKE Ges. m. b. H., 4860 Lenzing	129 ✓
Chemiefaser Lenzing AG, 4860 Lenzing	
Faserverkauf	84 ✓
Faserverkauf	130
SFA	140
Ebenseer Solvay-Werke, Solvay & Cie., Kommanditges., 1015 Wien	95 ✓
Dr. Ernst FEHRER, Textilmaschinen und Stahlbau Ges. m. b. H. & Co. KG., 4021 Linz/Donau	15 ✓
Hamel Ges. m. b. H., D-4400 Münster	103 ✓
Hoechst Austria AG, 1071 Wien	54 ✓
Wilhelm Höhnel KG, 4021 Linz/Donau	14 ✓
HÖLLER-EISEN, 4810 Gmunden, OÖ.	111 ✓
Ingenieure Mayreder, Kraus & Co., Baugesellschaft m. b. H., 4021 Linz	73 ✓
Österreichische Chemische Werke Ges. m. b. H., 1151 Wien	33 ✓
SEMPERIT Aktiengesellschaft, 1041 Wien	23 ✓
SIMMERING-GRAZ-PAUKER, Aktiengesellschaft, 1071 Wien	45 ✓
Robert Streit — Moderne Bürotechnik, 3300 Amstetten	83 ✓
Stockhausen & Cie., Chemische Fabrik, D-415 Krefeld	65 ✓
Glas-Triebel, Kommanditgesellschaft, D-68 Mannheim	44 ✓
Ing. Gottfried Tschamler, 1191 Wien	139 ✓
ZEISS Österreich, Ges. m. b. H., 1096 Wien	53 ✓

*Wir laden nur jene Firmen ein, in dieser Hauszeitschrift zu inserieren,
die wir auf Grund jahrelanger Zusammenarbeit mit unserem Unternehmen unseren
Freunden und Lesern gewissenhaft weiterempfehlen können.*

DIE REDAKTION