

LENZINGER BERICHTE

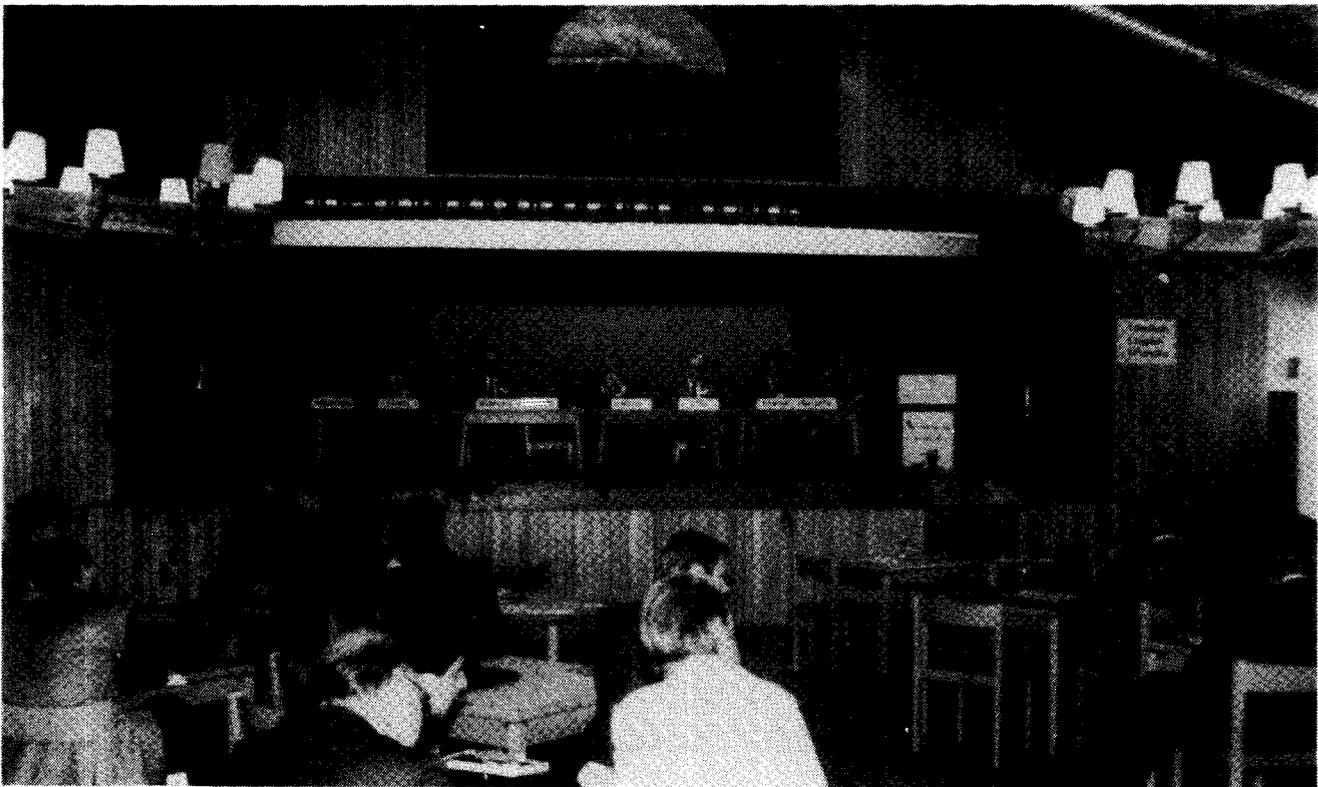
Inhaltsverzeichnis

	Seite
Möglichkeiten zur strukturrheologischen Charakterisierung von Spinnlösungen Prof. Dr. Josef Schurz, Institut für Physikalische Chemie der Universität Graz, Österreich	6
Zur Entwicklung von hochfesten und hochmoduligen Chemiefaserstoffen Prof. Dr. rer. nat. habil. W. Berger, Dr. Claudia Kummerlöwe, Technische Universität Dresden, Dresden, DDR	13
Zellstoffe für Modalfasern Doc. Dr. Eric E. Treiber, Lidingö, Schweden	19
Die thermostabile, schwerentflammbare Polyimidfaser P 84 als Asbestersatz Dr. Dipl.-Ing. K. Weinrotter, Lenzing AG, Lenzing, Österreich	24
Kohlenstoffinkorporierte Viskosefasern Dr. I. Marini, Dipl.-Ing. H. Rűf, A. Wimmer, Lenzing AG, Lenzing, Österreich	29
Die Normung aus der Sicht der Chemiefaserindustrie Dr. G. Faltlhansl, Lenzing AG, Lenzing, Österreich	34
Eigenschaften von Modalfasern und ihr Verhalten in der Veredlung Ing. W. Schaumann, Lenzing AG, Lenzing, Österreich	40
Neue Möglichkeiten zur Artikelgestaltung in der Rundstrickerei mit Garnen aus Modal-Feintitern Ing. A. Kossina, Ing. G. Neudorfer, Ing. W. Schaumann, Lenzing AG, Lenzing, Österreich	45
Lenzing AG - W. Schlafhorst & Co.: Kundentag	
Eröffnungsansprache Dr. J. Zauner, Lenzing AG, Lenzing, Österreich	53
Die Zukunft des Rotorspinnens - Entwicklung der Faserstoffe Dr. J. Derichs, W. Schlafhorst & Co., Mönchengladbach, Bundesrepublik Deutschland	54
Modal-Feintiter, die maßgeschneiderte Faser für hohe Rotordrehzahlen Ing. R. Kampl, Lenzing AG, Lenzing, Österreich	58
Hochwertige Rotorgarne in Kette und Schuß K.-L. Fabian, Christian Dierig GMBH, Augsburg, Bundesrepublik Deutschland	61
Schlußwort Peter Sahr, W. Schlafhorst & Co., Mönchengladbach, Bundesrepublik Deutschland	64
Inserentenverzeichnis	66

Lieber Leser!

Das vorliegende Heft, nun schon zum dritten Mal im neuen Umschlag, enthält Veröffentlichungen aus der wissenschaftlichen Tätigkeit im Hause Lenzing der letzten achtzehn Monate.

Teils handelt es sich um neueste Erkenntnisse, die von Hochschulprofessoren zur Weiterbildung unserer Forscher in Vorträgen präsentiert wurden, teils sind es Beiträge unserer Mitarbeiter in In- und Ausland anlässlich von Tagungen oder Seminaren.



W. Schlafhorst & Co. - Lenzing AG - Kundentag

Schließlich gelang es uns, in Zusammenarbeit mit der Firma Schlafhorst einen Kundentag zu veranstalten, bei dem von Faserhersteller, Textilmaschinenbau und Textilhersteller gemeinsam erarbeitete Ergebnisse vorgelegt wurden. Einige Referate daraus sowie die Eröffnungsansprache und Schlußrede, die die tragenden Ideen dieses Kundentages vorstellen, runden diese Ausgabe der „Lenzinger Berichte“ ab.

Die Redaktion



INTERNATIONALE CHEMIEFASER- TAGUNG

INTERNATIONAL MAN-MADE FIBRES CONGRESS



- Diese Teilnehmer werden über die neuesten Entwicklungen in aller Welt informiert.
- Sie werden über das Neueste und Wichtigste mit Fachkollegen und Geschäftsfreunden im internationalen Rahmen diskutiert.
- Sie werden zu innovativen Ideen angeregt werden und erhalten eine Fülle von Denkanstößen.
- These participants will be given information about the latest developments world wide.
- They will discuss these new and und important issues with business friends and colleagues in an international forum.
- They will be stimulated to innovative thinking and will obtain a great deal of food for thought.

Können Sie es sich leisten, nicht dabei zu sein ?

Can you afford not to be there ?

27. ICT * 21.—23. September 1988 * Dornbirn

**ANMELDUNG UND
AUSKUNFT**

ÖSTERREICHISCHES CHEMIEFASER-INSTITUT
A-1041 Wien, Plößlgasse 8
Tel. 0222-654626 od. 659114
Telex: 131901 lenwi a

**REGISTRATION AND
INFORMATION**

Möglichkeiten zur strukturreologischen Charakterisierung von Spinnlösungen*

Prof. Dr. Josef Schurz, Institut für Physikalische Chemie der Universität Graz, Österreich

Nach einer Besprechung der Lösungszustände von Polymerlösungen, wobei insbesondere auf die Unterscheidung Netzwerklösung/Partikellösung hingewiesen wird, werden die rheologischen Eigenschaften und Untersuchungsmöglichkeiten beider Lösungstypen diskutiert. Es wird die phänomenologische rheologische Charakterisierung erläutert, wobei insbesondere auf die Schubspannung und die davon abgeleitete Scherviskosität sowie auf die Normalspannung und die davon abgeleitete Querviskosität bzw. die Komplianz bzw. die Lösungselastizität eingegangen wird. Weiters wird die Strukturreologie von Spinnlösungen besprochen, welche praktisch stets als Netzwerklösung vorliegen. Zuletzt wird noch auf meßtechnische Probleme und auf die verfügbaren und anwendbaren Rheometer eingegangen.

After a discussion of the states of solution of polymer solutions, whereby in particular the distinction between network-solution and particle-solution is pointed out, rheological properties and methods of investigations are reviewed. The phenomenological rheological characterization is explained, whereby mainly shear stress and shear viscosity, and normal stress and normal viscosity resp. compliance resp. solution elasticity are taken into consideration. Furthermore, the structure-rheology of spinning solutions is discussed, which represent practically always network-solutions. Finally, problems of measuring technique as well as available and useful rheometers are discussed.

1. Lösungszustände

Lösungen von Hochpolymeren unterteilt man zweckmäßiger Weise in Partikellösungen und Netzwerklösungen (Abb. 1). In Partikellösungen sind die gelösten Teile (Makromoleküle) isoliert. Durch Extrapolation von gemessenen Eigenschaften auf die Konzentration Null erhält man Informationen über die Eigenschaften der gelösten Makromoleküle selbst. Es ist dies der Bereich der Grenzviskositätszahl $[\eta]$, und es gibt eine Reihe von Theorien, die das Verhalten dieser Lösungen beschreiben. Im Gegensatz dazu ist bei den Netzwerklösungen der jedem Molekül zur Verfügung stehende Raum so gering, daß sich die Volumina der einzelnen Moleküle überschneiden. Die Fadenmoleküle werden einander daher durchdringen und ein Netzwerk bilden, wobei die Vernetzungspunkte von rein geometrischen Verschlingungen (Verhängungsnetzwerk) über van der Waals'sche Wechselwirkungen (Bindungsnetzwerk) bis zur Bildung von mikrokristallinen Verhängungsbereichen reichen (Abb. 2). Auf diesem Gebiet gibt es noch sehr wenige Theorien, wenn man von der Interpretation von η_0 , der Viskosität bei verschwindendem Geschwindigkeitsgefälle absieht². Neuerdings ist in der Reptationstheorie ein interessanter neuer Gedanke eingebracht worden³, doch haben auch die Resultate dieser Theorie noch nicht zu direkten Verbindungen zu Struktureigenschaften der gelösten Makromoleküle geführt.

In technischen Lösungen werden wir es fast immer mit Netzwerklösungen zu tun haben. Man kann hier wieder verschiedene Typen unterscheiden⁴. Zunächst unterscheiden sie sich durch die Art der Netzbildung, also der Verhängung (Verschlaufungen, in Englisch "entanglements" genannt). Man hat versucht, die Festigkeit dieser Verhängungen durch einen „Schlupffaktor“ zu berücksichtigen, jedoch liegen darüber noch keine quantitativen Untersuchungen oder auch nur ausgearbeitete Theorien vor².

Weiters können wir die Verhängungen danach unterscheiden, ob es sich um Verhängungspunkte oder Verhängungsbereiche handelt (Abb. 2), wobei es sich je nach Art der Verhängungsbereiche (van der Waals-Kräfte, Ausbildung von mikrokristallinen Bereichen) um sehr verschieden starke Netzwerke handeln wird.

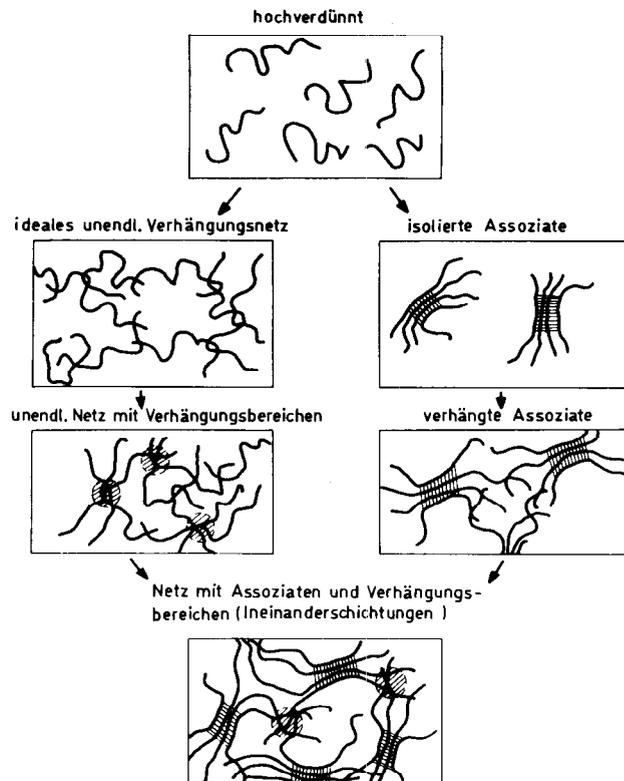


Abb. 1: Schema der Lösungszustände

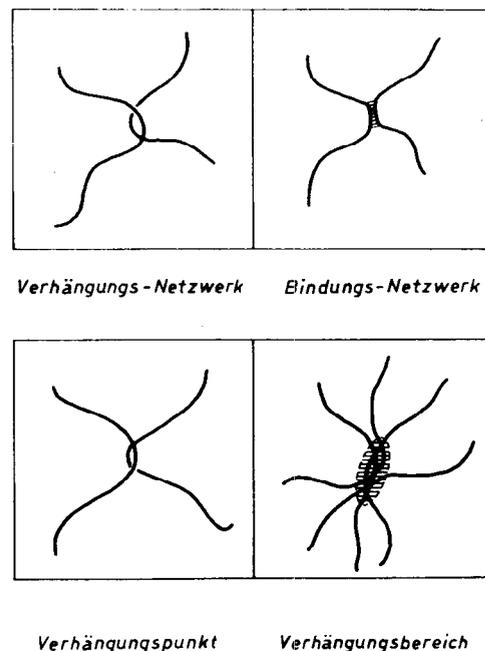
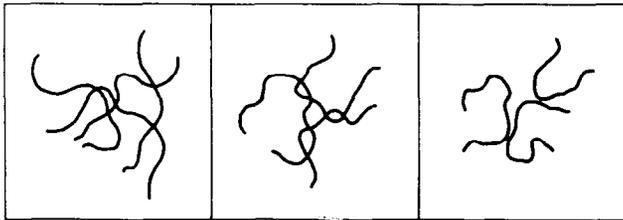


Abb. 2: Verhängungstypen, schematisch

Nun stellen wir uns folgendes vor: Wir konzentrieren eine Partikellösung, bis irgendwann der Punkt kommt, wo sich die gelösten Makromoleküle gerade berühren. Nun kann im Prinzip folgendes

* Herrn Prof. Dr. K. Haman zum 80. Geburtstag mit den herzlichsten Glückwünschen gewidmet!

passieren: Die Makromoleküle durchdringen einander, ohne sich gegenseitig zu behindern, dann sprechen wir von freier Durchdringung. Das Gegenteil wäre, daß sich die Makromoleküle überhaupt nicht durchdringen, sondern daß sie als Folge des reduzierten Raumes komprimiert werden und dadurch immer nur am Rand oder in einer kleinen Randzone eine Überlappung ausbilden (Abb. 3).

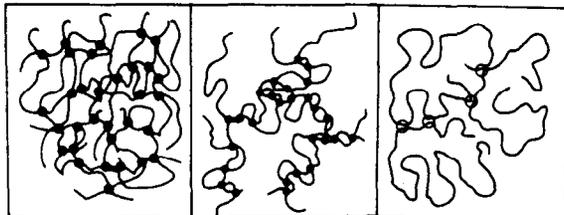


Freie Durchdringung Partielle Durchdringung Keine Durchdringung

Abb. 3: Durchdringung bei Verhängungen

Wir sprechen dann von Netzwerken ohne Durchdringung. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es natürlich eine ganze Reihe von Netzwerktypen mit behinderter Durchdringung (Abb. 4). Auch die Durchdringung eines Netzwerkes wird für das rheologische Verhalten der Lösung eine wichtige Rolle spielen⁵.

Verschiedene Netzwerktypen



freie Durchdringung behinderte Durchdringung ohne Durchdringung (Zellenmodell nach Vollmert)

Abb. 4: Netzwerktypen

Netzwerkösungen haben ein sehr kompliziertes rheologisches Verhalten. Sie zeigen Strukturviskosität, d. h., ihre Viskosität sinkt in der Regel mit zunehmender Deformationsgeschwindigkeit. Weiters haben sie fast immer eine hohe Elastizität, die damit zusammenhängt, daß sowohl das Netzwerk als Ganzes als auch die Netzwerkbögen, das sind die Molekülsegmente zwischen zwei Verhängungen, verknäult sind und daher gedehnt werden können, was Anlaß zu einer Entropieelastizität gibt. Als letztes kann schließlich unter Umständen das Netzwerk in Ruhe so fest werden, daß es nicht mehr fließt. Nun ist eine Mindestschubspannung notwendig, um ein Fließen zu erzeugen; es kommt dann zur Ausbildung einer Fließgrenze. Nebenbei sei bemerkt, daß selbstverständlich auch kompakte Teilchen (Pigmente) Netzwerke bilden können, wobei es sich hier allerdings nicht um Verhängungsnetzwerke, sondern um Bindungsnetzwerke handelt (häufig ist hier das Zetapotential die entscheidende Größe). Derartige Strukturen wurden ja schon von den alten Kolloidchemikern mehrfach nachgewiesen (Kartenhausstruktur bei Kaolinit). Bei solchen Bindungsnetzwerken von kompakten Teilchen finden wir, besonders bei höheren Konzentrationen, sehr oft deutliche und hohe Fließgrenzen. Natürlich handelt es sich hier nicht um chemische Bindungen, sonst wäre ja ein Fließen überhaupt nicht möglich.

Die in der Technik verwendeten Lösungen von Polymeren, insbesondere Spinnlösungen, stellen stets den Typ der Netzwerklösung dar, wobei überdies noch die Verhängungen meistens als Verhängungsbereiche von wechselnder Festigkeit ausgebildet sind. Das rheologische Verhalten ist daher außerordentlich kompliziert, und zwar deswegen, weil sowohl die Viskosität als auch die Elastizität nicht linear verlaufen. Das heißt das Newton'sche Gesetz und das Hooke'sche Gesetz

$$\tau = \sigma_{12} = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad \sigma : \text{Schubspannung [Pa]}$$

$$\tau = \sigma_{12} = G \cdot \gamma \quad \dot{\gamma} : \text{Deformationsgeschwindigkeit [s}^{-1}\text{]}$$

$$\quad \quad \quad \gamma : \text{Deformation [dimensionslos]}$$

$$\quad \quad \quad \eta : \text{Viskosität [Pa s]}$$

$$\quad \quad \quad G : \text{Schermodul [Pa]}$$

sind für diese Lösungen nicht mehr gültig. Sowohl die Viskosität als auch der Schermodul werden von der Deformationsgeschwindigkeit (bzw. der Deformation) abhängig, und wir sprechen daher in diesem Sinne von einer scheinbaren Viskosität η'

$$\eta'(\dot{\gamma}) = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$

und einem scheinbaren Schermodul $G'(\gamma)$

$$G'(\gamma) = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{\tau}{\dot{\gamma} \cdot t}$$

Beide genannten Meßgrößen sind bestimmbar und für die Charakterisierung von solchen Lösungen sehr wichtig.

2. Phänomenologische Charakterisierung

Wir unterteilen die Rheologie in vier wichtige Hauptgebiete:

- die phänomenologische Rheologie,
- die Strukturrheologie,
- die rheologische Verfahrenstechnik und
- die rheologische Meßtechnik (Rheometrie)⁶.

Die phänomenologische Rheologie will das rheologische Verhalten von Lösungen möglichst genau beschreiben. Die Viskosität (genauer die scheinbare Scherviskosität) beschreiben wir in diesem Sinne mit den Fließkurven ($\log \dot{\gamma}$ vs. $\log \tau$) bzw. Viskositätskurven ($\log \eta'$ vs. $\log \dot{\gamma}$).

Da bei praktischen Fließvorgängen die Deformationsgeschwindigkeit über den Fließbereich meist nicht konstant ist, wird an ihrer Stelle ein mittleres Geschwindigkeitsgefälle \dot{D} verwendet (Deformationsgeschwindigkeit = Geschwindigkeitsgefälle), das direkt aus Meßgrößen erhalten werden kann⁷.

Eine Viskositätskurve ist in der Abbildung 5 schematisch gezeigt. Bei sehr kleinen Werten des Geschwindigkeitsgefälles findet man eine konstante Viskosität η_0 . Beim sogenannten kritischen Geschwindigkeitsgefälle \dot{D}_C beginnt die Abweichung von diesem „ersten Newton'schen Bereich“, und Strukturviskosität setzt ein. Der Viskositätsabfall führt über einen Wendepunkt, der mit \dot{D} bezeichnet wird, und mündet zuletzt in einen „zweiten Newton'schen Bereich“, der mit η_∞ bezeichnet wird. Eine vollständige Viskositätskurve sollte von η_0 bis η_∞ reichen, doch ist das oft nicht realisierbar, da η_∞ erst bei sehr hohen Werten des Geschwindigkeitsgefälles gefunden wird ($\dot{D} \geq 10^6 \text{ s}^{-1}$). Die erwähnten phänomenologischen Größen wurden in empirischer Weise mit Eigenschaften der gelösten Teilchen korreliert. Sowohl \dot{D}_C als auch η_0 hängen mit dem Molekulargewicht zusammen, entsprechend den empirischen Beziehungen:

$$\dot{D}_C = a \cdot M^{-b} \quad (a, a', a'' \text{ empirische Konstanten})$$

$$D_C = a' \cdot M^{-b'} \quad (b, b', b'' \text{ empirische Konstanten})$$

$$\eta_0 = a'' \cdot M^{b''}$$

Der η_0 -Wert ist besonders interessant, weil er in verschiedener Weise vom Molekulargewicht abhängt, je nachdem, ob wir im Bereich der Partikellösung ($b'' \approx 1$) oder der Netzwerklösung ($b'' \approx 3,4$) sind (man sagt auch, es gelten verschiedene „scaling laws“). Trägt man $\log \eta_0$ gegen $\log M$ auf, so ergeben sich daher „Knickkurven“, in denen der interpolierte Knickpunkt einem „kriti-

schen Molekulargewicht“ M_c entspricht, das den Übergang von der Partikellösung zur Netzwerklösung anzeigt. Die Konzentrationsabhängigkeit von η_0 kann nicht so eindeutig charakterisiert werden, es ergibt sich hier ein stetiger Übergang vom Bereich der Partikellösung zur Netzwerklösung.

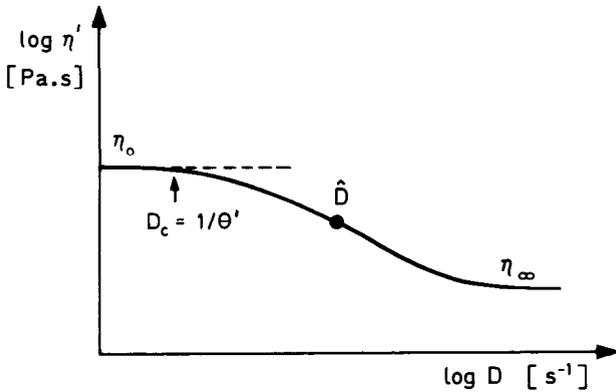


Abb. 5: Viskositätskurve, schematisch

Weiters ist zu erwähnen, daß Lösungen, die rheologisch gut definiert sind und einen einheitlichen Lösungszustand haben, eine Normierung der Viskositätskurven ermöglichen. Das heißt, durch Auftragen von $\log(\eta'/\eta_0)$ gegen $\log D$. η_0 kann man beispielsweise Meßwerte, die verschiedener Konzentration und verschiedener Temperatur entsprechen, mehr oder weniger genau zu einer einzigen Kurve vereinigen.

Funktioniert das nicht, lassen sich also z. B. Kurven von verschiedener Konzentration nicht normieren, so ist das ein starker Hinweis dafür, daß beim Wechsel der Konzentration sich auch ein Wechsel im Lösungszustand einstellt. Die Abbildung 6 zeigt eine solche normierte Viskositätskurve für Polyacrylnitril in Dimethylformamid.

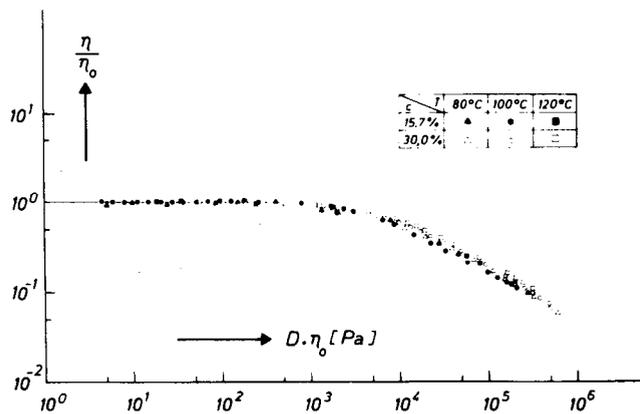


Abb. 6: Normierte Viskositätskurve von Polyacrylnitril in Dimethylformamid nach Schurz/Vollrath-Rödiger/Krässig (15,7 und 30 %, 80, 100 und 120° C).

Eine weitere wichtige Fließeigenschaft, die mit der Lösungselastizität zusammenhängt, ist das Auftreten von Normalspannungen. Wie in der Abbildung 7 anschaulich dargestellt wird, treten bei der Verformung eines entropieelastischen Knäuelmoleküls zwei Arten von Spannungen auf: in der Fließrichtung wird es gedehnt, senkrecht dazu wird es komprimiert. Man sagt daher auch, daß in Fließrichtung eine Dehnspannung σ_{11} auftritt und senkrecht dazu eine negative Normalspannung $-\sigma_{22}$. (Zusätzlich dazu tritt natürlich auch eine Schubspannung $\sigma_{12} = \sigma_{21}$ auf. Schubspannungen wirken parallel zur Fläche, an der sie angreifen, Normal-

spannungen senkrecht dazu.) Wenn nun die Strömung aufhört und die Strömungskräfte verschwinden, so wird das gespannte Makromolekül relaxieren, wodurch es in der Strömungsrichtung zu einer Rückfederung und senkrecht dazu zu einer Aufweitung kommt, beides Effekte, die von Lösungen und Schmelzen von Makromolekülen gut bekannt sind und auch experimentell beobachtet und als Meßgrößen benutzt werden. Genau gesagt, verhält es sich wie folgt: Die als Folge der Strömung auftretende Spannung wirkt auf das Volumenelement, daher ist auch σ_{22} negativ und σ_{11} positiv.

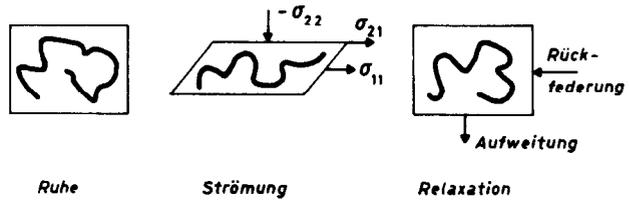


Abb. 7: Verformung von Fadenmolekülen in der Strömung

Hört die Strömung auf, so kommt die entgegengesetzt wirkende Reaktionskraft zum Tragen, wodurch aus dem σ_{11} eine Rückfederung und aus dem $-\sigma_{22}$ eine Aufweitung (Barus-Effekt) wird. Die beiden Normalspannungen sind daher Ausdruck einer Elastizität, während die Schubspannung die viskose Verformung beschreibt. Man sieht also, daß in einer strömenden Lösung im Prinzip mehrere verschiedenartige Spannungen auftreten. Diese werden als „Spannungstensor“ zusammengefaßt. Seine Komponenten sind die einzelnen Spannungen σ_{ij} , wobei der erste Index i die Fläche bezeichnet, auf die die Kraft wirkt, und der zweite Index j die Kraft selber. Diese Zusammenhänge sind in der Abbildung 8 schematisch dargestellt. Die Theorie lehrt uns nun, daß die Schubspannung eine Funktion des Geschwindigkeitsgefälles ist, während die beiden Normalspannungen Funktionen des Quadrates des Geschwindigkeitsgefälles sind. In erster Näherung kann das wie folgt formuliert werden:

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= F \cdot \dot{\gamma}^2 \\ \sigma_{22} &= G \cdot \dot{\gamma}^2 \\ \sigma_{12} &= \eta \cdot \dot{\gamma} \end{aligned}$$

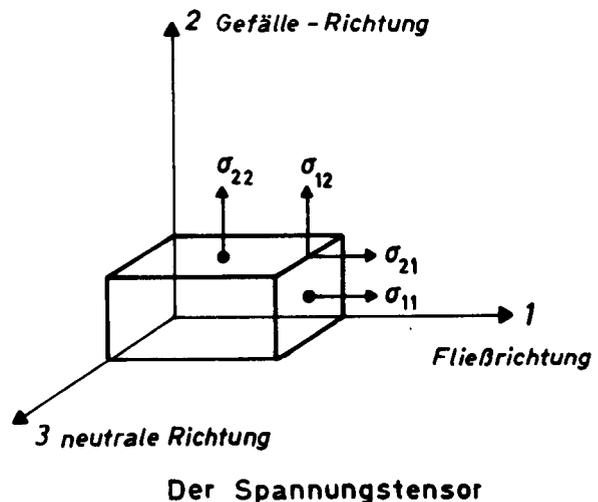


Abb. 8: Spannungen am Volumenelement (einige Komponenten des Spannungstensors)

Die Vorzeichengebung ist so, daß Spannungen, die vom Volumenelement wegwirken, positiv sind, solche die auf das Volumenelement einwirken, sind negativ. Der Druck stellt somit eine negative Spannung dar. Eine positive Normalspannung weist also senkrecht von der Fläche weg, ein Druck (negative Normalspannung) weist auf die Fläche hin. Die Normalspannung σ_{11} bewirkt also eine in Strömungsrichtung wirkende Zugspannung und σ_{22} eine in Gefällerrichtung wirkende Druckspannung (negative Normalspannung). Dies ist in der Abbildung 9 schematisch dargestellt. Aus meßtechnischen Gründen ist es sehr schwer, die Normalspannungen für sich und getrennt zu messen.

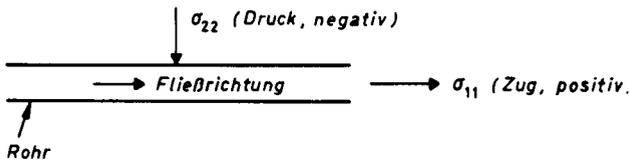


Abb. 9: Normalspannungen beim Rohrfließen

Meistens mißt man daher die „erste Normalspannungsdifferenz“

$$N_1 = \sigma_{11} - \sigma_{22}$$

Mit ihr kann man dann eine erste Normalviskosität definieren:

$$\psi = \frac{\sigma_{11} - \sigma_{22}}{\dot{\gamma}^2}$$

Man kann natürlich auch für die Normalspannungen Fließkurven und Viskositätskurven aufzeichnen. In der Abbildung 10 ist das schematisch gezeichnet, und zwar sowohl für die Scherviskosität η' als auch für die erste Normalviskosität ψ_1 .

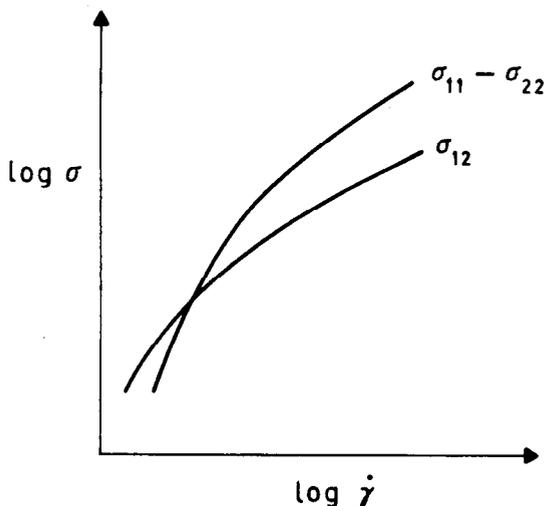


Abb. 10: Fließkurven für Schubspannung und erste Normalspannungsdifferenz

Die Zusammenfassung aller Spannungen zu einem Tensor vereinfacht die Schreibweise sehr. Beim Scherfließen, bei dem also nur eine Deformationsgeschwindigkeit $\dot{\gamma}_{12}$ vorliegt (also eine Geschwindigkeit in Richtung 1 und ein Gefälle dieser Geschwindigkeit

keit in der Richtung 2 senkrecht dazu), kann man diesen Spannungstensor wie folgt schreiben:

$$\pi = \begin{vmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & 0 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{33} \end{vmatrix}$$

Für diesen Tensor gilt aus Gründen der Kräftebalance:

$$\sigma_{12} = \sigma_{21} \text{ und } \sigma_{11} \neq \sigma_{22} + \sigma_{33} = 0$$

Aus der Normalspannung kann man auf die elastischen Eigenschaften schließen. Man kann sie zunächst mit der „Nachgiebigkeit“ (Komplianz) der Lösung in Zusammenhang bringen:

$$J_e = \frac{\sigma_{11} - \sigma_{22}}{\sigma_{12}^2}$$

Diese Nachgiebigkeit stellt im Prinzip einen reziproken Schermodul dar, doch handelt es sich in der strömenden Lösung wiederum nur um eine Art von „scheinbarem Schermodul“, da die genaue Reziprozitätsbeziehung nicht gilt. Man hat früher mit dem sog. Konzept der 'gespeicherten Scherung' direkt einen Schermodul nach der Formel:

$$G = \frac{\sigma_{12}^2}{\sigma_{11} - \sigma_{22}}$$

ermittelt, indem man annahm, daß für das deformierte Makromolekül in der strömenden Lösung das Hooke'sche Gesetz gültig ist. Heute glaubt man, daß dieses Vorgehen nicht mehr erlaubt ist und daß man hier nur mit der Nachgiebigkeit arbeiten kann und daß die Gleichsetzung (wie man sie in der älteren Literatur durchwegs findet)

$$G \simeq \frac{1}{2 J_e}$$

nicht erlaubt ist.

Das Auftreten der elastischen Spannungen kann man anschaulich wie folgt erklären: Kommt es zum Scherfließen, so reagiert die Flüssigkeit ganz zuerst rein elastisch, d. h., die Moleküle werden in sehr kurzer Zeit elastisch verformt (Anlaufverhalten). Mit fortschreitender Zeit relaxiert ein Teil der aufgeprägten Spannung, sie sinkt jedoch nicht ganz auf Null. Wird das Fließen stationär, so bleibt also ein kleiner Rest gespeicherter Scherung erhalten. Die fließenden Teilchen sind also gewissermaßen „vorgespannt“.

Beim stationären Fließen kann man diesen Effekt jedoch nicht erkennen, somit kann man beim stationären Fließen auch die Elastizität nicht aus der Scherviskosität allein ermitteln. Doch macht sich diese „gespeicherte Scherung“ S in Form der Normalspannungen bemerkbar. Erst wenn das Fließen aufhört, kommt es wieder zur völligen Relaxation, und die gespeicherte Scherung führt zu den Effekten der Aufweitung und der Rückfederung. In der Abbildung 11 ist das wiederum schematisch dargestellt. Für das stationäre Fließen ergeben sich daher die folgenden Zusammenhänge:

$$\frac{1}{2 J_e} = \frac{\sigma_{12}^2}{\sigma_{11} - \sigma_{22}} = \frac{\eta'^2}{\psi_1} \quad \psi_1 = \frac{\sigma_{11} - \sigma_{22}}{\dot{\gamma}^2}$$

Gespeicherte Scherung S:
$$\frac{\sigma_{11} - \sigma_{22}}{2 G_{12}}$$

$$\left[\frac{1}{2 J_e} \right]_{D=0} = G = \frac{\eta_0^2}{\psi_{1,0}}$$

Die Gleichsetzung $G \simeq \frac{1}{2} J_e$ ist somit nicht mehr erlaubt, es sei denn, man definiert $\frac{1}{2} J_e$ als einen „scheinbaren Schermodul“ G' , wobei man aber wissen muß, daß es sich hier nicht um einen reinen Schermodul handelt, sondern daß noch andere Größen eingehen. Wohl aber ist es in der ruhenden Lösung erlaubt, die reziproke Nachgiebigkeit als einen Schermodul aufzufassen. Wenn es daher gelingt sowohl die Scherviskosität als auch die erste Normalviskosität auf die Deformationsgeschwindigkeit Null zu

extrapolieren, so erhält man daraus das bekannte η_0 und ein $\psi_{1,0}$, aus denen man dann einen Ruheschermodul $G = \frac{1}{2} J_{e,0}$ bilden kann. Dieser Zusammenhang ist deswegen interessant, weil aus instationären Anlaufmessungen⁸ das G_0 direkt bestimmbar ist.

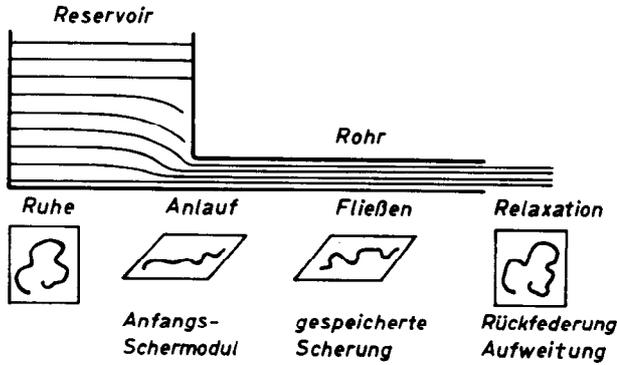


Abb. 11: Deformation von Knäuelmolekülen beim Rohrfließen

In der Praxis gehen wir also bei Viskositätsmessungen so vor, daß wir die Deformationsgeschwindigkeit (bzw. das Geschwindigkeitsgefälle D) bestimmen, weiters die Schubspannung $\tau = \sigma_{12}$ und die erste Normalspannungsdifferenz $N_1 = \sigma_{11} - \sigma_{22}$. Daraus ermitteln wir die scheinbare Scherviskosität η , die erste Normalviskosität ψ_1 und die Schernachgiebigkeit J (bzw. den daraus formal zu bildenden scheinbaren Schermodul). Aus Anlaufmessungen bzw. aus η_0 und $\psi_{1,0}$ können wir den Ruheschermodul G_0 ermitteln. Die Funktionen $\log \sigma_{12}$ vs. $\log D$ und $\log (\sigma_{11} - \sigma_{22})$ vs. $\log D$ werden als Fließkurven, die Funktionen $\log \eta'$ vs. $\log D$ bzw. $\log \psi_1$ vs. $\log D$ als Viskositätskurven dargestellt.

3. Strukturheologische Charakterisierung von Spinnlösungen

Zuletzt sollen noch die Möglichkeiten erörtert werden, aus rheologischen Meßdaten Information über die Struktur der zugrundeliegenden Netzwerklösung zu erhalten. Entscheidend für das Vorliegen einer Netzwerklösung ist die Erfüllung der Netzbedingung (Abb. 12):

$D_{Knäuel}$: Durchmesser eines Fadennäuelmoleküls

$D_{Knäuel} = D_{Netz}$ D_{Netz} : Durchmesser des kugligen Raumes, der einem Molekül, entsprechend der Konzentration, zur Verfügung steht.

Die Netzbedingung ist genau dann erfüllt, wenn das Molekulargewicht der gelösten Moleküle genau der doppelten Netzbogenmasse M_e entspricht, wobei wir unter der Netzbogenmasse M_e das Molekulargewicht eines Netzbogens, also das Molekülstück zwischen zwei Verhängungen, verstehen wollen (wobei gilt: $M_c = 2 M_e$). Formelmäßig heißt das:

$$\frac{\pi \cdot D_{Knäuel}}{G} = \frac{M_e \cdot C}{N_L}$$

Aus Knickdiagrammen (Auftragung von $\log \eta_0$ gegen $\log M$; vgl. Abb. 13) kann man die Größe $M_c = 2M_e$ ermitteln. Hat man die Netzbogenmasse, so kann man daraus eine ganze Reihe von

Strukturgrößen bestimmen, die das Netzwerk charakterisieren. Ohne näher darauf einzugehen, werden in der Abbildung 14 die hier relevanten Zusammenhänge zusammengestellt. Näheres darüber findet man in der Literatur⁹.

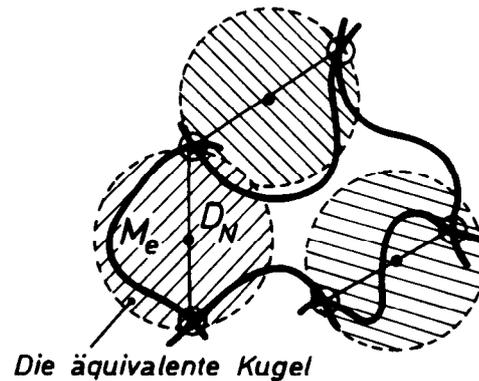
Von besonderer Bedeutung ist der Ruheschermodul G_0 , wie er aus Anlaufmessungen sowie aus der auf das Geschwindigkeitsgefälle $D = 0$ extrapolierten ersten Normalviskosität zusammen mit η_0 erhalten werden kann. In der Abbildung 15 ist nochmals schematisch eine solche Anlaufmessung dargestellt und eingezeichnet, wie man aus dem ersten linearen Anstieg einen Schermodul ermitteln kann. Aus dem Ruheschermodul kann man die Zahl der Verhängungen ν bzw. die Größe M_e ermitteln, und zwar nach den Formeln:

$$G = \nu k T = \frac{C}{M_e} \cdot RT$$

Diese Formel ist sehr vereinfacht, sie könnte noch genauer gemacht werden durch Berücksichtigung der freien Kettenenden sowie energetischer Beiträge zur Elastizität, wie sie z. B. durch die Wechselwirkungen in den Verhängungen bewirkt werden. Für uns aber ist etwas anderes wichtig. Da nämlich die Größe M_e , wie man sie aus dem Ruheschermodul erhält, den tatsächlichen Sachverhalt darstellt, während das M_e aus den Knickdiagrammen gewissermaßen den Punkt ergibt, wo das Verhängungsnetz tatsächlich erstmalig auftritt (da man sich ja aus der Partikellösung mit zunehmender Konzentration der Netzbedingung nähert), kann man aus dem Verhältnis dieser beiden einen Verhängungsbruch definieren:

$$\beta = \frac{G_0 \text{ Anlauf}}{G_0 M_e}$$

Dieser Verhängungsbruch beschreibt das Verhältnis der tatsächlich gebildeten zu den theoretisch bei freier Durchdringung möglichen Verhängungen. Er ist daher ein Maß dafür, ob das Verhängungsnetz freie Durchdringung, behinderte Durchdringung



Die äquivalente Kugel

$$D_{Knäuel} \geq D_{Netz}$$

Volumina gleichsetzen

$$\frac{\pi D_k^3}{6} = \frac{M_e C}{N_L}$$

$$D = \sqrt[3]{h^2}$$

Abb. 12: Die Netzbedingung

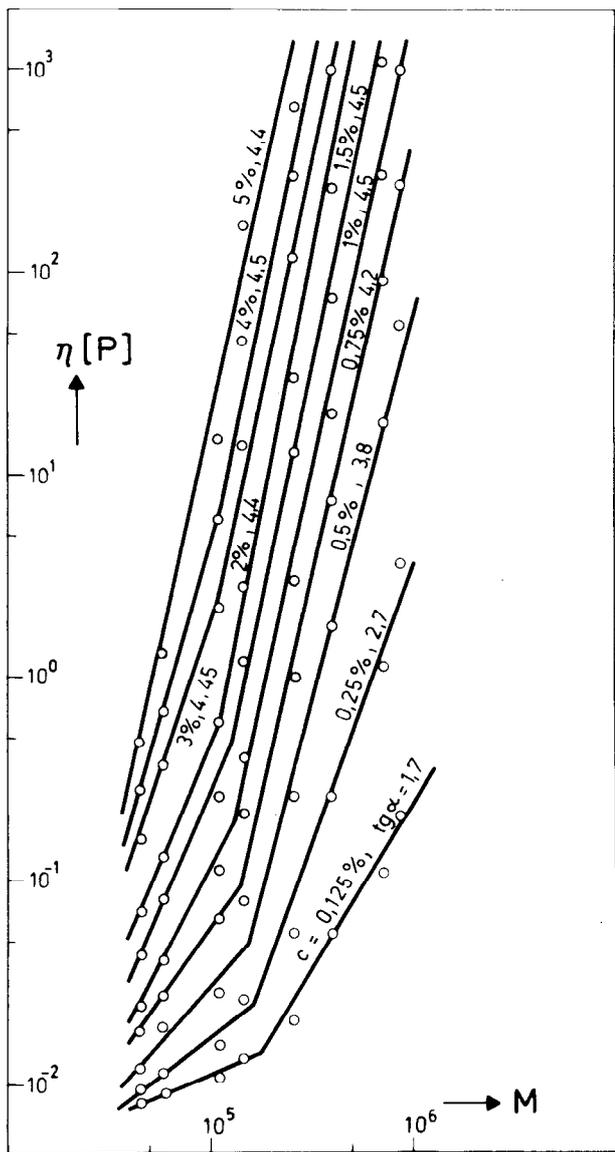


Abb. 13: Netzdiagramm von Cellulosetrinitrat in Butylacetat

oder keine Durchdringung aufweist. Bei freier Durchdringung sollte er 1 sein, bei fehlender Durchdringung 0 und bei behinderter Durchdringung einen Wert dazwischen annehmen. Es liegen

Partikel-Lösung	Netzwerk-Lösung
Gewichtskonzentration c Molekulargewicht M	Gewichtskonzentration c Netzbogengewicht M_c
Molare Konzentration $m = \frac{c N_A}{M}$ (pro cm^3)	Zahl der Verhängungen $\nu = \frac{c N_A}{M_c}$ (pro cm^3)
Mittlerer Endpunktsabstand $\sqrt{\bar{h}^2}$ (\sim Knäueldurchmesser)	Maschenweite $D_N = \sqrt{\frac{6 M_c}{\pi \cdot c \cdot N_A}}$
Statistisches Fadenelement A	Scheinbares Fadenelement A'
Knäueldicke d_k	Netzbogendicke $d_N = c \sqrt{\frac{M_c}{M}}$
Knäuelaufweitung ϵ bzw. a ($\epsilon = 12a - 1/3$)	Verhängungsbruch β

Abb. 14: Charakteristische Parameter für die Partikellösung und die Netzwerklösung

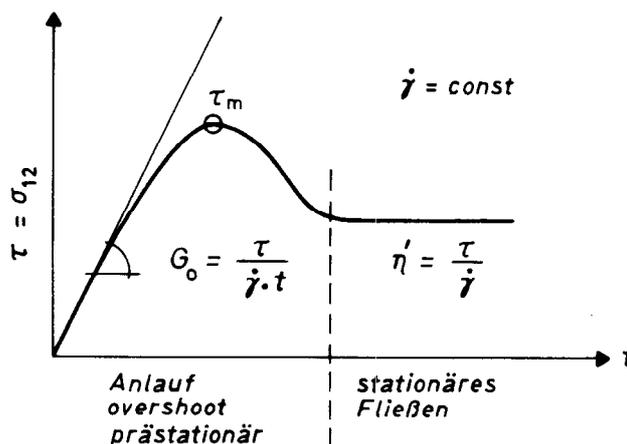


Abb. 15: Anlaufkurve (overshoot), schematisch

auf diesem Gebiet noch nicht sehr viele Messungen vor, immerhin aber hat sich in einigen Fällen dieses Konzept bereits bewährt. Im übrigen kann die Durchdringung auch angegeben werden durch die Hochzahl x in der Beziehung:

$$M_e \cdot c^x = \text{const.}$$

Bei freier Durchdringung sollte diese Hochzahl nämlich 1 sein, wie es unter anderem auch aus der ursprünglichen Theorie von Bueche e^2 folgt. Auch dieser Sachverhalt ist an Polymerlösungen getestet worden¹⁰.

Zuletzt soll noch gefragt werden, wie man die strömende Lösung charakterisiert. Wir haben hier einerseits die schon erwähnten Viskositätskurven, also die Funktion η' (D) zur Verfügung, andererseits die Abhängigkeit des scheinbaren Schermoduls bzw. der Schernachgiebigkeit vom Geschwindigkeitsgefälle, also J_e als Funktion von D . Solche Untersuchungen sind bereits durchgeführt worden, wobei sich das Konzept ergab, daß die reziproke Nachgiebigkeit (bzw. der scheinbare Schermodul) aus zwei Termen zusammengesetzt ist, deren einer durch die Netzwerkzerreibung in der strömenden Lösung bestimmt wird (dadurch wird $1/2 J_e$ verkleinert) und der zweite durch eine Versteifung des Netzwerkes, wie sie als Reaktion auf das zunehmende Geschwindigkeitsgefälle erfolgt, da die längeren Relaxationszeiten „nicht mehr mitkommen“. Dieser Effekt vergrößert den Wert $1/2 J_e$. Phänomenologisch findet man, daß $1/2 J_e$ sehr rasch unter den Wert von G_0 sinkt, dann steigt es meist mit dem Geschwindigkeitsgefälle wieder leicht an. Häufig wird dabei auch ein Plateau durchlaufen. Das heißt, daß bei größeren Werten des Geschwindigkeitsgefälles (10^2 bis 10^5 s^{-1}) die Versteifung mehr ausbitt als die Netzwerkzerreibung. Zuletzt soll noch erwähnt werden, daß die beste Beschreibung natürlich in der Angabe des Relaxationsspektrums bestünde. Dieses besteht aus einer großen Anzahl von Relaxationszeiten, deren jede mit einer bestimmten Stärke zum Relaxationsverhalten beiträgt. Solche Relaxationsspektren sind zwar grundsätzlich aus rheologischen Messungen ermittelbar, jedoch reichen dafür Messungen der Scherviskosität und des Normalspannungsverhaltens nicht aus, insbesondere, da wir uns im nichtlinearen Bereich befinden.

Leider fehlen überdies auf diesem Gebiet noch weitgehend systematische Messungen, wohl auch deswegen, weil sie komplizierte und teure Apparate erfordern und auch meßtechnisch nicht ganz einfach durchzuführen sind.

4. Rheometer

Zuletzt soll noch kurz auf die von uns verwendeten Rheometer eingegangen werden. Für kleine und mittlere Werte des Geschwindigkeitsgefälles verwenden wir Rotationsviskosimeter; mit dem Low Shear Instrument von Contraves können wir z. B. bis hinunter auf 10^4 s^{-1} kommen. Bei einem Geschwindigkeitsgefälle von etwa 10^3 s^{-1} gehen wir über zum Kapillar-Hochscherviskosimeter HVA, mit dem wir sehr hohe Werte des Geschwindigkeitsgefälles (bis zu 10^6 s^{-1}) realisieren können. Die Messungen werden meistens so angelegt, daß diese beiden Meßinstrumente einander überschneiden. Nach Anbringung der notwendigen Korrekturen müssen die beiden Viskositätskurven übereinstimmen. Ist das der Fall, so sehen wir das als eine weitere unabhängige Kontrolle unsere Messungen an. Das von uns entwickelte Kapillar-Hochscherviskosimeter wurde in der letzten Zeit mit einer automatischen Meßzeitnahme versehen. Die neueste Type des HVA wird von der Firma Paar KG in Graz hergestellt und vertrieben (Abb. 16). Für die Messungen bei kurzen Zeiten (Anlaufmessungen) haben wir das auch von uns entwickelte Elastoviskosimeter, das eine Zeitauflösung von etwa 10^{-3} s gestattet. Schließlich sei noch erwähnt, daß für manche Fälle Kugelfallviskosimeter verwendet werden; hier soll insbesondere auf das von uns entwickelte Mikrokugelfallviskosimeter hingewiesen werden, mit dem an einem Tropfen Flüssigkeit Messungen der Viskosität unter Variation des Geschwindigkeitsgefälles durchgeführt werden können.

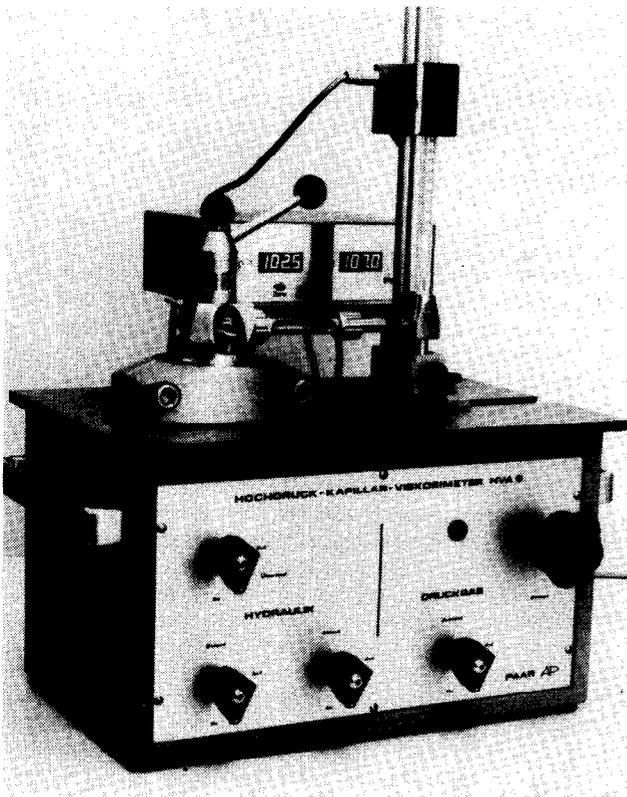


Abb. 16: Das Hochscher-Viskosimeter HVA 6

Wir verwenden diesen Viskosimetertyp insbesondere für medizinische und biochemische Anwendungen, wo in den meisten Fällen außerordentlich wenig Prüfschubstanz zur Verfügung steht.

Einen Viskosimetertyp haben wir noch nicht erwähnt, nämlich das Schwingungsviskosimeter. Ein solches steht uns leider noch nicht zur Verfügung. Man kann auch noch nicht befriedigende Ausführungen kaufen, sondern müßte ein geeignetes Instrument selbst bauen. Ein Schwingungsviskosimeter wäre für die Ermittlung des Relaxationsspektrums sehr wichtig.

Zuletzt soll noch ein kleiner Ausblick darüber gegeben werden, was uns in unseren rheologischen Meßmöglichkeiten noch fehlt. Sehr wichtig wäre für uns die Möglichkeit, die erste Normalspannungsdifferenz bei sehr geringem Geschwindigkeitsgefälle zu messen, sodaß eine Extrapolation auf $D = 0$ verläßlich möglich ist, aber auch bei sehr hohem Geschwindigkeitsgefälle ($D > 10^4 \text{ s}^{-1}$), und zwar bei den mäßig konzentrierten Lösungen, wie sie uns zur Verfügung stehen. Auch das Elastoviskosimeter für Anlaufmessungen sollte bei geringeren Konzentrationen funktionieren als das heute der Fall ist, damit wir sämtliche Messungen an denselben Lösungen durchführen könnten, und zwar bei den Konzentrationen, die auch in der Praxis verwendet werden. Zuletzt wäre es noch unser Wunsch, ein rheologisches Zählgerät für elastische Inhomogenitäten zu entwickeln. Das wäre insbesondere wichtig, um die rheologischen Inhomogenitäten von technischen Lösungen, insbesondere Spinnlösungen, zu untersuchen, die in Form von vernetzten oder jedenfalls sehr kompakten Gelteilchen in allen Netzwerklösungen vorliegen und immer dann stören, wenn diese Lösungen durch sehr dünne Röhren, wie z. B. Spinddüsen, fließen.

Solche Inhomogenitäten haben infolge ihrer hohen Verhängungszahl hohe Elastizität und daher sehr starke Normalspannungseffekte, die sich in und vor allem nach Spinddüsen sehr unangenehm bemerkbar machen können. Ideen für ein solches Gerät existieren, die praktische Ausführung wird freilich noch auf sich warten lassen.

Literatur

- 1) Morawetz, H.; *Macromolecules in Solution*, Interscience - New York
- 2) Bueche, F.; *Physical Properties of Polymers*, Interscience - New York
- 3) de Gennes, P.G.; *Scaling Concepts in Polymer Physics*, Cornell University Press, Ithaca
- 4) Schurz, J.; *Koll.Z.Z.Polym.* **227**, 72 - 86 (1968)
- 5) Schurz, J.; *Proc. 7th Int.Congr.Rheol.*, Gothenburg 1976, p. 123
- 6) Schurz, J.; *Struktur-Rheologie*, Berliner Union-Kohlhammer - Stuttgart
- 7) Schurz, J.; *Viskositätsmessungen an Hochpolymeren*, Berliner Union Kohlhammer - Stuttgart
- 8) Lederer, K.; Schurz, J.; Königshofer, F.; *Rheolog. Acta* **8**, 456-465 (1969)
- 9) Schurz, J.; *J. Polym. Sci. Polym. Letters Ed.* **22**, 43-48 (1984)
- 10) Schurz, J.; *Cell. Chem. Techn.* **11,3** - 28 (1977)

Zur Entwicklung von hochfesten und hochmoduligen Chemiefaserstoffen

Prof. Dr. rer. nat. habil W. Berger, Dr. Claudia Kummerlöwe, Technische Universität Dresden, Dresden, DDR

Hochfeste und hochmodulige Polymermaterialien sind strukturell an eine hohe Orientierung der Makromoleküle und deren übermolekulare Einheiten gebunden.

Geht man von flexibelkettigen Polymeren aus, so kann eine Orientierung der Makromoleküle durch starken äußeren Zwang erreicht werden. Wichtige Methoden dafür sind das Gelspinnen, die Orientierungskristallisation aus der Schmelze und die Feststoffextrusion.

Die Synthese und Verarbeitung von Polymeren mit starren Makromolekülen, die in der Lage sind, flüssigkristalline Phasen zu bilden, stellen eine weitere Möglichkeit zur Herstellung hochfester und hochmoduliger Polymermaterialien dar. Wichtige Vertreter sind die lyotropen Aramide und die thermotropen aromatischen Polyester.

Eine interessante Möglichkeit zur Kombination von flexibelkettigen und starren Makromolekülen bietet die Herstellung molekularer Composites.

Eigene Arbeiten auf dem Gebiet der Synthese von Copolyamiden aus flexiblen und starren Segmenten und zur Deformation von flexibelkettigen Polymeren durch Zonenrecken und -tempern und durch Feststoffextrusion werden vorgestellt.

High strength and high modulus polymer materials are characterized by high orientation of macromolecules and their macroscopic units.

Starting from a flexible coil polymer, the orientation of the macromolecules can be reached by strong external forces. Important methods are the gel-spinning process, the orientation crystallization from a melt and the solid state extrusion.

Another possibility to obtain high strength and high modulus polymer materials is the synthesis and manufacturing of rigid rod like molecules which are able to form liquid crystalline phases. The most important representatives are the lyotropic aramides and the thermotropic aromatic polyesters.

The creation of molecular composites is an interesting way to combine flexible coil and rigid rod like macromolecules. Our own investigations in the field of synthesis of copolyamides with flexible and rigid segments and in the field of the deformation of flexible coil polymers by zone drawing and annealing and by solid state extrusion will be reported.

1. Einleitung

International ist eine rasante Entwicklung von Hochleistungswerkstoffen unter anderem auf Basis von Spezialpolymeren zu beobachten, deren Herstellung und Verarbeitung in der Regel an „intelligenzintensive“ Technologien gebunden ist.

Der Einsatz von Polymermaterialien in der Raumfahrt- und Flugzeugindustrie, der Energiewirtschaft und Elektrotechnik, im Fahrzeugbau, in der Mikroelektronik, in der Biotechnologie und auf dem Sektor der Spezialtextilien und technischen Textilien verlangt Werkstoffeigenschaften, die dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechen müssen und die Vorteile gegenüber konventionellen Werkstoffen bieten.

Zu den Forderungen, die an moderne Polymermaterialien gestellt werden, gehören unter anderem eine hohe Temperaturbeständigkeit, exzellente mechanische Eigenschaften in einem großen Temperaturbereich, Oxydations- und Strahlungsbeständigkeit, spezielle elektrische Eigenschaften, Trennvermögen für niedermolekulare Stoffe und biologische Substanzen und optische Leitfähigkeit.

Die konventionell hergestellten und verarbeiteten Polymeren, wie zum Beispiel Polyethylenterephthalat (PET), Polyamid-6 (PA-6), Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP), bleiben mit ihrem Eigenschaftsprofil weit unterhalb der traditionellen hochfesten Werkstoffe, wie zum Beispiel Glas, Keramik, Metalle, und sind für die genannten Einsatzgebiete nur bedingt geeignet.

Charakteristisch für die Hochleistungswerkstoffe ist, daß sie durch ihr breites Leistungsprofil immer mehr in Anwendungsgebiete vordringen, die bisher vorwiegend metallischen oder mineralischen Werkstoffen vorbehalten waren.

Die Verfügbarkeit von systematisch entwickelten Hochleistungswerkstoffen ist zur Voraussetzung und zum Maßstab der Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft geworden.

In diese Entwicklung ordnen sich mit einem großen Anteil die hochfesten und hochmoduligen Polymermaterialien ein. In dieser Veröffentlichung werden prinzipielle Wege und Möglichkeiten zur Erzeugung von Polymermaterialien mit besonders hohen mechanischen Eigenschaften diskutiert und der internationale Entwicklungsstand auf dem Gebiet der hochfesten und hochmoduligen Polymermaterialien dargestellt. Eigene Beiträge zur Entwicklung hochfester und hochmoduliger Polymermaterialien sollen vorgestellt werden.

2. Prinzipielle Möglichkeiten zur Erzeugung hochfester und hochmoduliger Werkstoffe auf Basis organischer Polymerer

Charakteristisch für großtechnisch hergestellte und verarbeitete Polymere ist, daß sie vorwiegend aus flexiblen Makromolekülen bestehen, die in der Lösung und in der Schmelze als Knäuel vorliegen.

Im festen Zustand bilden teilkristalline Polymere, die aus flexiblen Ketten bestehen, kristalline Bereiche, die durch amorphe Abschnitte getrennt sind. Die amorphen Bereiche bestimmen wesentlich die mechanischen Eigenschaften dieser Polymeren. Auf Grund der Kettenfaltung und der verringerten Kettenorientierung in den amorphen Bereichen erreichen teilkristalline Polymere nicht die mechanischen Eigenschaften, die für ihre Kristallite berechnet werden können. Ein Vergleich der berechneten und experimentell ermittelten E-Module der Kristallite und des Gesamtmodulus für verschiedene Polymere, der von T a d o k o r o¹ durchgeführt worden ist, ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: E-Module für verschiedene Polymere nach Lit. 1

Polymer	Macroscopic Modulus (GPa)	Crystallite Modulus (GPa)	
		Experimental	Calculated
Polyethylene isotactic	9	235	316
Polypropylene	10	34	40
Polyethylenterephthalate	20	108	95
Nylon-6	5	165	244
Kevlar	111	153	182
Nomex	10	88	90
PRD-49	134	-	163

Hochmodulige und hochfeste Polymerwerkstoffe sind strukturell an eine hohe Orientierung der Makromoleküle und deren Überstrukturen gebunden. In diesen Materialien sind Modul und Zugfestigkeit stark anisotrop ausgeprägt.

Eine Erhöhung der Festigkeit und des E-Moduls kann also dadurch erreicht werden, daß man versucht, Polymere mit maximaler Kettenorientierung und hohem Ordnungsgrad zu schaffen.

In der Abbildung 1 sind die prinzipiellen Möglichkeiten zur Erzeugung von Polymeren mit hoher Kettenorientierung zusammenge-

faßt. Geht man von Polymeren mit flexiblen Ketten aus, so kann eine Orientierung der Makromoleküle durch starken äußeren Zwang erreicht werden.

Starke Dehn- und Scherfelder werden genutzt, um die Makromoleküle zu einem möglichst großen Anteil in gestreckter Kettenformation auszurichten. Diese gestreckte Kettenformation muß fixiert werden, was entweder durch Orientierungskristallisation oder durch Deformation bei niedrigen Temperaturen erreicht werden kann. Die Verarbeitung der flexibelkettigen Polymeren kann dabei aus der Lösung, aus der Schmelze oder als Feststoff erfolgen. Die wichtigsten Verfahren und die dabei verarbeiteten Polymeren sind in der Abbildung 1 dargestellt.

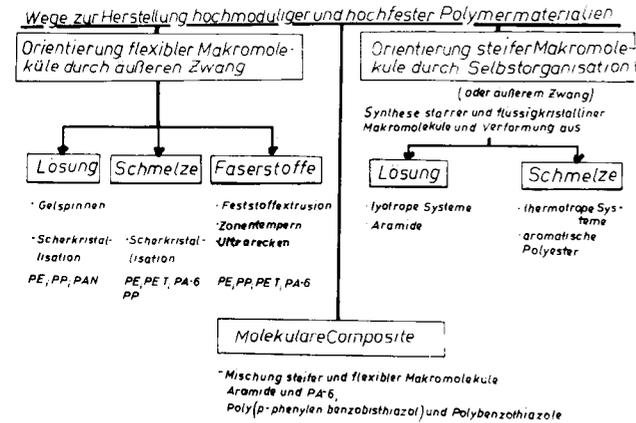


Abb. 1: Möglichkeiten zur Herstellung hochfester und hochmoduliger Polymerer

Eine andere Vorgehensweise ist die Synthese solcher Makromoleküle, die auf Grund ihres molekularen Baues steife Ketten bilden.

Durch die Auswahl der Monomeren und die Synthese- und Formgebungsbedingungen kann die Regelmäßigkeit und Steifigkeit der Polymerketten und können der Durchschnittspolymerisationsgrad und die Stärke der inter- und intramolekularen Wechselwirkungen der Makromoleküle beeinflusst werden.

Die grundsätzliche Möglichkeit zur Erzeugung ausgeprägter Orientierungszustände resultiert aus dem Verhalten steifkettiger Polymerer, die ohne bzw. unter einem schwachen äußeren Zwang zur spontanen Orientierung (Selbstorganisation) neigen. Das steifkettige Verhalten der Moleküle bzw. der Molekülsegmente verhindert eine Verknäuelung im gelösten oder geschmolzenen Zustand und erleichtert (bewirkt) die Ausbildung flüssigkristalliner Strukturen.

Diese flüssigkristallinen Domänen müssen außerdem über weite makroskopische Bereiche ausgerichtet sein, damit hochfeste und hochmodulige Werkstoffeigenschaften resultieren. Die Verformung der steifkettigen Polymeren erfolgt entweder aus der Lösung, zum Beispiel bei den aromatischen Polyamiden, oder aus der Schmelze, wie im Falle der thermotropen aromatischen Polyester.

Eine interessante Möglichkeit zur Kombination von flexibelkettigen und starren Polymeren stellt die Herstellung sogenannter *molekularer Composites* dar. Unter einem molekularen Composite versteht man eine neue Klasse von Verbundwerkstoffen, bei denen die starren Polymermoleküle in einer flexibelkettigen Matrix fein oder molekular dispergiert sind.

Die hohen mechanischen Eigenschaften der molekularen Composites beruhen darauf, daß die fein verteilten steifen Polymeren eine Netzwerkstruktur ausbilden und durch ihre eigene molekulare Steifigkeit den Festigkeitsanstieg der flexibelkettigen Matrix bewirken.

In den folgenden Abschnitten sollen die wichtigsten der in Abbildung 1 zusammengefaßten Verfahren kurz beschrieben und ihre wesentlichen Ergebnisse dargestellt werden.

2.1. Orientierung flexibler Makromoleküle durch äußeren Zwang

2.1.1. Orientierung aus der Lösung

Zwei wesentliche Verfahren wurden von Pennings und Mitarbeitern untersucht und besonders zur Erzeugung hochmoduliger Polyethylenfäden bzw. -bändchen genutzt^{2,3}. In der Abbildung 2 ist das Prinzip der Herstellung von Polyethylen nach dem Verfahren der Oberflächenkristallisation (surface growth fiber) dargestellt⁴.

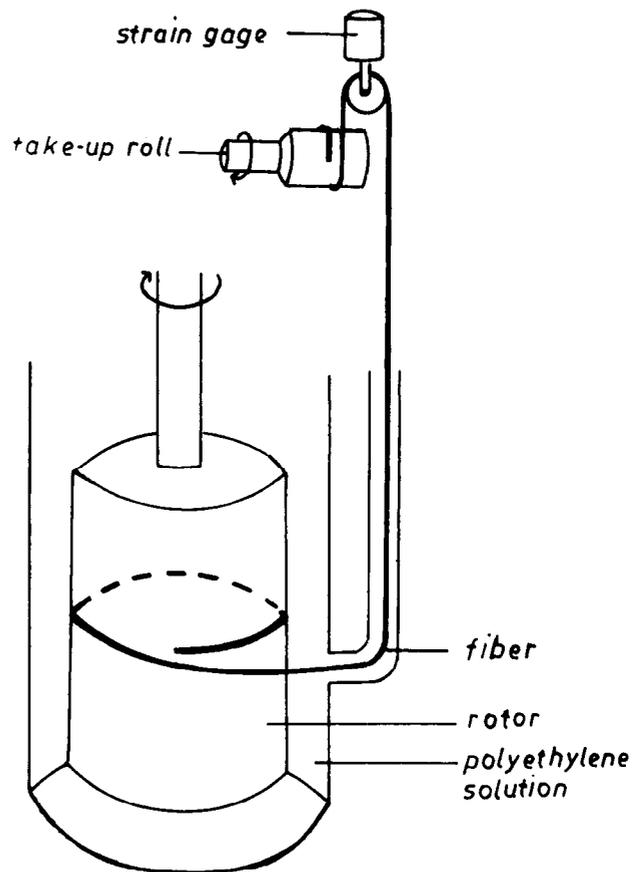


Abb. 2: Prinzip der Oberflächenkristallisation nach Lit. 4

In einem Zylinder befindet sich die entsprechende Polymerlösung, in der ein zweiter innerer Zylinder rotiert. Die dadurch bewirkte Scherung der Lösung führt zu einer Orientierung der Makromoleküle in der fließenden Lösung. Das Faserwachstum wird an der Oberfläche des rotierenden Zylinders initiiert. Eine Faser wächst dann durch Kristallisation der orientierten Polymerketten in die Richtung, in die sich der Rotor bewegt, und wird abgezogen.

Die nach dieser Methode von Pennings und Mitarbeitern hergestellten Polyethylenfasern zeigen Festigkeiten bis zu vier GPa und einen E-Modul bis zu 105 GPa⁵.

Die erreichbaren mechanischen Eigenschaften werden durch die Kristallisationstemperatur, die Drehzahl des rotierenden Zylinders und die Abzugsgeschwindigkeit bestimmt^{5,6}. Untersuchungen der Morphologie der ersponnenen Polyethylene zeigten, daß das Polyethylen in Form von „shish-kebabs“ kristallisiert^{4,7}.

Das sogenannte Gelspinnen und anschließende Heißrecken von hochmolekularem Polyethylen wird von K a l b und P e n n i n g s beschrieben⁸⁻¹⁰. Aus einer Polymerlösung wird ein Faden ersponnen, der noch einen gewissen Anteil an Lösungsmittel enthält. Anschließend erfolgt der Reckprozeß dieser Faser bei hohen Temperaturen.

Die gute Reckbarkeit dieser Fäden resultiert daraus, daß nur wenige molekulare Verhakungen in der gelartigen ungereckten Faser vorhanden sind. Eine hohe Molekülbeweglichkeit während des Reckens führt zur hohen Orientierung der Moleküle, die im orientierten Zustand kristallisieren. Damit können hohe Festigkeiten erreicht werden. Polyethylenfasern mit einer Festigkeit von 3,7 GPa und einem E-Modul von 120 GPa wurden auf diesem Wege erhalten¹⁰. Die hergestellten Polyethylenfasern zeigen ebenfalls „shish-kebab“-Strukturen¹¹.

2.1.2. Scherkristallisation aus der Schmelze

Mackley und Keller^{12,13} u.a. versuchen eine hochorientierte Polymerstruktur durch Orientierungskristallisation aus der Schmelze herzustellen. In einer konischen Düse wird die Polymerschmelze im Düseneinlauf sehr stark gedehnt, und die Moleküle werden orientiert. Die Ausgangszone der Düse wird gekühlt, so daß die im flüssigen Zustand erreichte Molekülorientierung erhalten bleibt und das Polymer als sogenanntes „extended chain crystal“ in der Düse kristallisiert.

Die Kristallisationsprozesse innerhalb der Düse sind von Keller¹³ untersucht worden. Frenkel¹⁴ beschäftigt sich ausführlich mit theoretischen und praktischen Fragen der Molekülorientierung beim Phasenübergang „Flüssig-Fest“.

2.1.3. Orientierung der Moleküle im festen Zustand

Zu den wichtigsten Verfahren zur Erzeugung von hohen Orientierungen der Makromoleküle im festen Zustand gehört die Feststoffextrusion, die besonders von Porter¹⁵⁻¹⁷, aber auch von zahlreichen anderen Autoren^{18,19} untersucht worden ist. Das Verfahrensprinzip ist in der Abbildung 3 dargestellt.

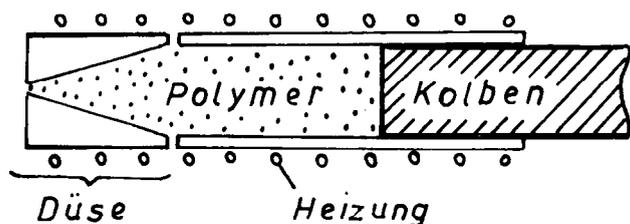


Abb. 3: Verfahrensprinzip für die Feststoffextrusion

Unter extrem hohem Druck von 50 - 500 MPa wird ein Polymerfeststoff bei einer Temperatur von T_E , die kleiner als die Schmelztemperatur des Polymeren ist, durch eine konische Düse gepreßt. Die Deformation des Polymermaterials wird wesentlich durch die Flächenreduktion AR bestimmt, die das Verhältnis der Querschnittflächen von Düseneingang und Düsenausgang darstellt. Für Polyethylen hoher Dichte wurden von Mead und Mitarbeiter Zugfestigkeiten von 0,4 - 0,5 GPa und E-Module von 70 GPa erreicht¹⁶.

Die „solid-state-coextrusion“ wird bei weniger flexiblen Polymeren, wie Polyethylenterephthalat¹⁸⁻²⁰, Polystyrol²¹ und auch Polyamid-6²² angewendet. Für Polyamid-6-Fäden wurde durch Festphasencoextrusion mit Ammoniak ein E-Modul von 13 GPa erreicht²².

Andere Methoden, die zu einer Orientierung der Makromoleküle aus dem festen Zustand führen, sind das Ultrarecken²³⁻²⁵, das Heißrecken²⁶ und das von K u n u g i²⁷⁻²⁹ entwickelte Zonenrecken und -tempern. Beim Zonenrecken und -tempern werden Festigkeiten für Polypropylen von 0,75 GPa und für Polyamid-6 von 1,0 GPa erreicht. Die E-Module betragen für Polypropylen 21 GPa und für Polyamid-6 9,9 GPa.

2.2. Orientierung durch Selbstorganisation

Die Synthese und Verarbeitung thermotroper oder lyotroper flüssigkristalliner Polymerer ist der zweite Hauptweg zur Erzeugung hochfester und hochmoduliger Polymermaterialien (Abb. 1).

Die wohl bekanntesten Beispiele sind die Aramidfasern. Aramide sind dadurch charakterisiert, daß mindestens 85% aller Amidbindungen direkt an zwei aromatische Ringe gebunden sind.

Eine Vielzahl von Arbeiten sind zur Synthese, zur Verarbeitung und zu den Eigenschaften der Aramide veröffentlicht worden, so daß hier nur auf die wichtigsten Vertreter verwiesen werden soll.

Das erste Aramid, das von der Firma Du Pont unter dem Namen Nomex produziert worden ist, ist ein Poly(m-phenylenisophthalamid)³⁰, dessen Synthese aus m-Phenyldiamin und Isophthalsäuredichlorid in Dimethylacetamid erfolgt. Fasern aus Poly(m-phenylenisophthalamid) werden ebenfalls von der Firma Teijin in Japan unter dem Namen Conex und in der UdSSR unter dem Namen Fenilon produziert³¹. - Durch Polykondensation von p-Aminobenzoylchlorid-hydrochlorid in Dimethylacetamid kann Poly(p-benzamid) hergestellt werden³².

Die bedeutendste Aramidfaser ist das Poly(p-phenylenterephthalamid), das durch Umsetzung von p-Phenyldiamin mit Terephthalsäuredichlorid in einem geeigneten Lösungsmittelsystem hergestellt wird³³. Poly(p-phenylenterephthalamid) wird unter dem Namen Kevlar von Du Pont produziert. Vergleichbare Fasern werden auch von der Firma Enka und in der UdSSR produziert.

Die hervorragenden mechanischen Eigenschaften der Aramidfasern Kevlar, PRD-49 und Nomex im Vergleich zu anderen Polymeren sind in der Tabelle 1 demonstriert.

Die Eigenschaften der Aramide können durch den Einbau von Gelenkbindungen, d.h. von Atomen oder Atomgruppen, wie -SO₂-, -CH₂-, -O-, -S- und andere, zwischen den aromatischen Ringen verändert werden. Wichtige Vertreter dieser Gruppe sind die Sulfone, die aus 4,4' Diaminodiphenylsulfon und Isophthal- bzw. Terephthalsäure hergestellt und in der UdSSR produziert werden. Ein anderes Beispiel ist die Technora-Faser der Firma Teijin, die ein Copolymeres aus p-Phenyldiamin und 3,4' Diaminodiphenylether ist³⁴.

Umfangreiche Untersuchungen zur Synthese unterschiedlicher aromatischer Polyamide mit lyotropen Eigenschaften wurden von Morgan und Mitarbeitern publiziert³⁵⁻³⁹. Ein Nachteil der aromatischen Polyamide ist, daß sie nicht schmelzbar und damit an die Verarbeitung aus der Lösung gebunden sind. Als Lösungsmittel werden konzentrierte Schwefelsäure und Lösungsmittel/ Salz-Gemische eingesetzt. Eine Alternative zu den aromatischen Polyamiden stellen die thermotropen aromatischen Polyester dar.

Die Grundpatente für diese Substanzklasse gehen auf Jackson und Kuhfuss⁴⁰⁻⁴² zurück, die Copolyester aus p-Hydroxybenzoesäure und Polyethylenterephthalat synthetisierten. Copolymerer, die 60 mol% oder mehr p-Hydroxybenzoesäure enthalten, bilden thermotrope nematische Phasen. Die aromatischen Einheiten gewährleisten die für die Ausbildung von Flüssigkristallen notwendige Steifigkeit der Ketten, der Einbau flexibler Elemente ist die Voraussetzung für die Schmelzbarkeit der Produkte.

Copolyester aus Polyethylenterephthalat und p-Hydroxybenzoesäure werden von der Firma Eastman Kodak produziert. Vollaromatische Polyester wurden vor allem von E c o n o m y u. M. beschrieben^{43,44}.

Neben p-Hydroxybenzoesäure werden zur Synthese von thermotropen Polyestern vor allem 2,6' Naphthalindicarbonsäuren, Hydrochinon, Biphenyl- und Terphenyleinheiten verwendet⁴⁵⁻⁴⁸.

Die Entwicklung auf dem Gebiet der thermotropen und lyotropen flüssigkristallinen Polymeren hat in der letzten Zeit zu einer Vielzahl unterschiedlicher Homo- und Copolymerer mit verschiedenen Strukturen und Eigenschaften geführt. Dazu zählen auch die Polyesteramide⁴⁹ und die Polybenzobisoxazole⁵⁰.

Eine besonders interessante Entwicklung stellen die Copolymeren aus steifen und flexiblen Kettensegmenten dar. So wurden von T a k a y a n a g i⁵¹ Blockcopolymerer aus Poly(p-phenylterephthalamid) oder Poly(p-benzamid) und Polyamid-6 oder Polyamid 6.6 synthetisiert. Sie besitzen gegenüber den vollaromatischen Polyamiden den Vorteil, daß bei ihnen eine hohe Festigkeit mit einer höheren Dehnbarkeit kombiniert ist. Polyamide aus flexiblen und starren Segmenten wurden ebenfalls von A h a r o n i⁵² beschrieben.

2.3. Molekulare Composites

Seit langem werden Glasfasern, C-Fasern und Aramide als Verstärkungsmaterial in verschiedenen Polymeren eingesetzt. Dabei können die mechanischen Eigenschaften des Matrixpolymeren für viele Anwendungsgebiete entscheidend verbessert werden. Der Faserdurchmesser in solchen Verstärkungsmaterialien liegt zwischen 1 µm und 10 µm und etwa 30-40 %. Verstärkungsmaterial, bezogen auf die Masse an Matrixpolymer, wird bei herkömmlichen Composites eingesetzt. Bedeutend günstigere Verhältnisse konnten bei den molekularen Composites erreicht werden.

Am Beispiel von Mischungen aus Poly(p-phenylterephthalamid) oder Poly(p-benzamid) mit Polyamid-6 oder Polyamid 6.6 wurden solche molekularen Composites in der Literatur diskutiert⁵¹. Das Aramid ist in Form von Mikrofasern, die einen Durchmesser von 10 nm - 30 nm und eine Länge von etwa 600 nm aufweisen, in der flexibelkettigen Matrix verteilt. Nur 5 Masseprozent des Aramides führen zur Erhöhung des E-Moduls von 0,91 GPa auf 1,67 GPa⁵¹.

Molekulare Composites werden ebenfalls für die Systeme Poly(2,5(6) benzimidazol) oder Poly(2,5(6) benzothiazol) als flexible Komponente und Poly(p-phenylenbenzobisthiazol) als starre Komponente beschrieben^{53,54}. T a k a y a n a g i⁵⁵ und M o o r e⁵⁶ verwenden N-substituiertes Poly(p-phenylterephthalamid) zur molekularen Verstärkung von Epoxidharzen.

2.4. Kohlenstofffasern

Kohlenstofffasern sind vor allem als Verstärkungsmaterial auf dem Sektor der Verbundwerkstoffe von großer Bedeutung. Da sie auf Basis organischer Polymerer hergestellt werden, sind sie in das hier diskutierte Gebiet der hochfesten und hochmoduligen Polymermaterialien einzuordnen. Ihre Herstellung erfolgt nach Prinzipien, die nicht in das in der Abbildung 1 dargestellte Schema einzuordnen sind.

Kohlenstofffasern bestehen aus reinem Kohlenstoff graphitischer Struktur, d.h., der Kohlenstoff liegt in einem hochanisotropen Schichtgitter vor. Innerhalb der Schichtebenen besteht eine außerordentlich feste Verbindung zwischen den Kohlenstoffatomen. Strukturelle Untersuchungen zur Kohlenstofffaser wurden vor allem von R u h l a n d⁵⁷ publiziert.

Die Herstellung der Kohlenstofffasern erfolgt durch thermischen Abbau ausgewählter organischer Fasern, wie Polyacrylonitril oder Pechfasern, und in geringem Maße aus Cellulosefasern. Voraussetzung für hohe Festigkeiten ist ein Kohlenstoffgerüst von hoher Ordnung längs der Faserachse mit möglichst wenigen Fehlstellen. Kohlenstofffasern können E-Module von 300 - 600 GPa und Reißfestigkeiten von 1 - 3 GPa erreichen⁵⁸.

3. Eigene Arbeiten zum Komplex der hochfesten und hochmoduligen Polymerwerkstoffe

In diesem Abschnitt sollen grundlegende Untersuchungen zum Komplex der hochmoduligen und hochfesten Polymermaterialien, die in unserem Wissenschaftsbereich durchgeführt worden sind, vorgestellt werden.

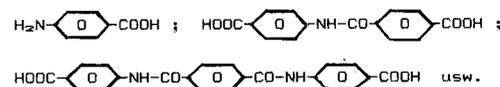
Die Arbeiten beinhalten sowohl Untersuchungen zum Deformationsverhalten flexibelkettiger Polymerer durch Zonenrecken und -tempern und durch Feststoffextrusion als auch Untersuchungen zu Syntheseverfahren zur Herstellung von Polymeren mit steifen und flexiblen Kettenabschnitten.

3.1. Synthese von Polyamiden mit flexiblen und steifen Kettenabschnitten

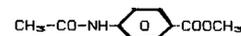
Die Herstellung von Polyamiden mit flexiblen und steifen Kettenabschnitten erfolgt auf drei verschiedenen Wegen^{60,61}.

1. Weg:

Modifizierung von Polyamid-6 mit steifen Segmenten und Formierung statistischer Copolyamide mit steifen und flexiblen Kettenabschnitten. Die steifen Segmente weisen folgende Strukturen auf:



Die aromatischen Einheiten sind Reaktionsträger, und es erfolgt kein gleichmäßiger Einbau in das Polyamid-6-Molekül. Die Molekulargewichte, die erreicht werden, sind gering. Als Ausweg wird die Verwendung aktivierter Monomerer, wie z.B.



oder die Verknüpfung der Bindung Aromat-Aliphatisch im niedermolekularen Bereich, wie z.B.



angesehen.

Durch den Einsatz derartiger Segmente können ein gleichmäßiger Einbau in das Polyamid-6-Molekül und höhere Molekulargewichte (15 000 - 25 000) erreicht werden. Die Copolymeren zeigen aber keine anisotropen Schmelzen.

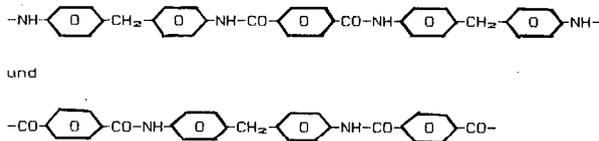
2. Weg:

Der Aufbau von statistischen Copolyamiden durch Direktkondensation nach der Methode von Y a m a z a k i⁵⁹, eine Umsetzung von p-Aminobenzoessäure mit Aminocaprinsäure in Form einer Phosphorylierungsreaktion mit Triphenylphosphit. Es erfolgt hierbei nur der Aufbau von Homopoly-p-benzamid. Die Aminocaprinsäure kondensiert zum Laktam.

3. Weg:

Der Aufbau von Copolyamiden durch Einsatz anderer reaktiver Spezies, wie z.B. Isocyanate, wurde untersucht. Als Monomersystem wurde 4,4' Diphenylmethandiisocyanat, Hexamethylendiisocyanat, Terephthalsäure und Adipinsäure verwendet. Die Reaktivität der aromatischen Bausteine ist hier größer als die der aliphatischen. Damit ist der Aufbau von Copolyamiden mit beliebiger Kombination aliphatischer und aromatischer Kettenabschnitte möglich.

Bei einem Aromatenanteil von 30 - 50 % treten anisotrope Schmelzen auf. Die Molekulargewichte der Copolyamide liegen zwischen 5000 und 15 000. Eine thermische Nachkondensation der Produkte ist möglich. Durch H-NMR-Spektroskopie und UV-Spektroskopie wurde die Bildung von Mikroböcken mit der Struktur



nachgewiesen.

Das sind nach den theoretischen und praktischen Erkenntnissen ausreichende 1/d-Verhältnisse für die Bildung anisotroper Phasen.

3.2. Untersuchungen zum Zonenrecken und -tempern und zur Feststoffextrusion

Untersuchungen zum Zonenrecken und -tempern von Poly(ethylenterephthalat) und von Polyamid-6-Cordfäden wurden nach dem von K u n u g i ²⁷⁻²⁹ beschriebenen Verfahren an einer modifizierten Anlage, die in Abbildung 4 dargestellt ist, durchgeführt ⁶².

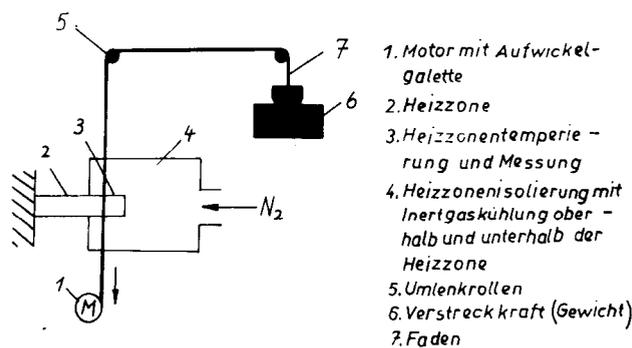


Abb. 4: Anlage zum Zonentempn und -recken

Die Vorteile des Zonenreckens und -temperns sind vor allem eine Minimierung des Probenvolumens, wodurch das Anwenden extremer Reckbedingungen ermöglicht wird. Gegenüber herkömmlichen Reckverfahren werden höhere Verstreckungen, bessere Orientierungsgrade und bessere mechanische Eigenschaften erreicht. In der Tabelle 2 sind einige Ergebnisse des Zonenreckens und -temperns, die von Eichler ⁶² erreicht wurden, und vergleichbare Literaturangaben zusammengefaßt.

Am Beispiel des Polyamid-6-Cordmaterials kann gezeigt werden, daß das Zonenrecken und -tempern zur Nachreckung von Fasern und Filmen, die nach herkömmlichen Reckverfahren ausgereckt sind, angewendet werden kann. Eine Verbesserung der Festigkeit von diesen Materialien von über 20 - 40 % ist dann noch möglich. Die Arbeiten zur Feststoffextrusion wurden an einem Kolbenextruder (Abb. 2) durchgeführt.

Das Deformationsverhalten von Polyethylen hoher Dichte wurde untersucht. Die mechanischen Eigenschaften der feststoffextrudierten Polyethylene sind mit den Werten, die Porter ¹⁶ fand, vergleichbar ⁶⁴.

In Abhängigkeit von Extrusionsbedingungen, Verstreckverhältnis, Extrusionsgeschwindigkeit und Extrusionstemperatur wurden neben den mechanischen Eigenschaften vor allem die während der Deformation auftretenden Strukturänderungsprozesse untersucht.

Tabelle 2: Ergebnisse des Zonenreckens und -temperns

Material	E-Modul (GPa)	Festigkeit (GPa)	Bemerkungen	Lit.
Polyethylenterephthalat	19,4	0,846	isotropes Ausgangsmaterial	(29)
Polyamid-6	9,9	1,003	isotropes Ausgangsmaterial	(28)
Polypropylen	17,2	0,785	isotropes Ausgangsmaterial	(27)
Polyethylen	50-125	3,5	Gelspinnen u. Zonenrecken	(63)
Polyethylenterephthalat	24,0	1,5	Kaltrecken u. Zonenrecken	(62)
Polyamid-6	8,3	1,19	Ausgangsmaterial Cord	(62)

Ausgehend von den Arbeiten zur Feststoffextrusion von Polyethylenen, wurde die Frage gestellt, unter welchen Bedingungen sich andere Polymere, die stärkere intramolekulare Wechselwirkungenkräfte und damit weniger flexible Ketten aufweisen, wie Polyamid-6 und Poly(ethylenterephthalat), der Feststoffextrusion unterwerfen lassen.

Es kann gezeigt werden ⁶⁵, daß Polymermischungen, in denen Polyamid-6 oder Poly(ethylenterephthalat) in geringen Mischungsanteilen in einer Polyethylenmatrix verteilt ist, durch Feststoffextrusion verformbar sind.

4. Zusammenfassung

In dieser Arbeit sind in einer Übersicht prinzipielle Wege zur Herstellung hochfester und hochmoduliger Polymermaterialien dargestellt. Sowohl die Deformation und Orientierung flexibelkettiger Polymerer als auch die Synthese und Verarbeitung starrer oder halbstarrer Polymerer aus flüssigkristallinen Lösungen oder Schmelzen bieten vielfältige Möglichkeiten zur Erzeugung von Materialien mit besonderen Eigenschaften.

Die steigenden Anforderungen der Industrie, besonders durch die Anwendung der Schlüsseltechnologien, an Werkstoffe mit hohen Gebrauchseigenschaften werden eine weitere Beschleunigung auf diesem Gebiet hervorbringen.

Literatur

- 1) Tadokoro, H.; Polymer **25**, 147 (1984)
- 2) Zwijnenburg, A., Pennings, A.J.; Colloid Polym. Sci. **254**, 818 (1976)
- 3) Pennings, A.J.; J. Polym. Sci. Polym. Symp. Ed. **59**, 55 (1977)
- 4) Torfs, J.C.N., Pennings, A.J.; J. Appl. Polym. Sci. **26**, 303 (1981)
- 5) Torfs, J.C.N., Pennings, A.J., Smoos, J.; J. Appl. Polym. Sci. **28**, 57 (1983)
- 6) Torfs, J.C.N., Pennings, A.J.; J. Appl. Polym. Sci. **28**, 77 (1983)
- 7) Hutten van, P.F., Koning, C.E., Pennings, A.J.; Colloid Polym. Sci. **262**, 521 (1984)
- 8) Smith, P., Lemstra, P., Kalb, B., Pennings, A.J.; Polym. Bull. **1**, 733 (1979)
- 9) Kalb, B., Pennings, A.J.; Polym. Bull. **1**, 871 (1979)
- 10) Kalb, B., Pennings, A.J.; J. Mat. Sci. **15**, 2584 (1984)
- 11) Smook, J., Pennings, A.J.; J. Mat. Sci. **19**, 31 (1984)
- 12) Mackley, M.R., Frank, F.C.; Keller, A.; J. Mat. Sci. **10**, 1501 (1975)

- 13) Mackley, M.R., Keller, A.; *Polymer* **14**, 16 (1973)
- 14) Frenkel, S.J., Baranov, V.G., Eljasevic, G.K.; *Acta Polymerica* **35**, 393 (1984)
- 15) Weeks, N.E., Porter, R.S.; *J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed.* **12**, 635 (1974)
- 16) Mead, W.T., Desper, C.R., Porter, R.S.; *J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed.* **17**, 859 (1979)
- 17) Southern, J.H., Porter, R.S.; *J. Appl. Polym. Sci.* **14**, 2305 (1970)
- 18) Griswold, P.D., Cuculo, J.A.; *J. Appl. Polym. Sci.* **22**, 2015 (1978)
- 19) Gibson, G.G., Ward, I.M.; *J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed.* **16**, 20515 (1978)
- 20) Sun, T., Desper, C.R., Porter, R.S.; *J. Mat. Sci.* **21**, 803 (1986)
- 21) Porter, R.S. Appelt, B.; *J. Appl. Polym. Sci.* **26**, 2841 (1981)
- 22) Zacharides, A.E., Porter, R.S.; *J. Appl. Polym. Sci.* **24**, 1371 (1979)
- 23) Capiati, N.J., Porter, R.S.; *J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed.* **13**, 1177 (1975)
- 24) Cappaccio, G., Ward, I.W.; *Polymer* **15**, 233 (1974)
- 25) Peguy, A., Manley, R.J.; *Polym. Communications* **25**, 39 (1984)
- 26) Wu, W., Black, W.B.; *Polym. Eng. Sci.* **19**, 1163 (1979)
- 27) Kunugi, T., Ito, T., Hashimoto, M., Ooishi, M.; *J. Appl. Polym. Sci.* **28**, 179 (1983)
- 28) Kunugi, T., Akaiyama, I., Hashimoto, M.; *Polymer* **23**, 1193 (1982)
- 29) Kunugi, T. u. M.; *J. Appl. Polym. Sci.* **26**, 1951 (1981)
- 30) Sweeny, W.; *US Pat.* 3.287.324 (1966)
- 31) Skwarski, T.; *Lenzinger Ber.* **45**, 28-36 (1978)
- 32) Kwolek, S.L.; *US Pat.* 3.600.350 (1971)
- 33) Kwolek, S.L.; *US Pat.* 3.671.542 (1972)
- 34) Ozawa, S.; to be issued *Polym. J.* (1987)
- 35) Morgan, P.W.; *J. Polym. Sci. Polym. Symp. Ed.* **72**, 27 (1985)
- 36) Morgan, P.W.; *Macromolecules* **10**, 1381 (1977)
- 37) Kwolek, S.L., Morgan, P.W., Schaeffgen, J.R., Gulrich, L.W.; *Macromolecules* **10**, 1390 (1977)
- 38) Bair, T.I., Morgan, P.W., Killian, F.L.; *Macromolecules* **10**, 1396 (1977)
- 39) Panar, M., Beste, L.F.; *Macromolecules* **10**, 1401 (1977)
- 40) Kuhfuss, H.F., Jackson, W.J.; *US Pat.* 3.778.410 (1973)
- 41) Kuhfuss, H.F., Jackson, W.J.; *US Pat.* 3.804.805 (1974)
- 42) Jackson, W.J., Kuhfuss, H.F.; *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.* **14**, 2043 (1976)
- 43) Economy, J., Nowak, B.E.; *US. Pat.* 3.759.970 (1973)
- 44) Economy, J., Storm, R.S., Matkovich, V.J., Cottis, S.G., Nowak, B.E.; *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.* **14**, 2207 (1976)
- 45) Baja, P., Khanna, D.N., Babu, G.N.; *Europ. Polym. J.* **15**, 1083 (1979)
- 46) Noel, C.; *Polymer* **25**, 1281 (1984)
- 47) Krigbaum, W.R., Watanabe, J.; *Polymer* **24**, 1299 (1983)
- 48) Krigbaum, W.R., Hakemi, H., Kotek, R.; *Macromolecules* **18**, 965 (1985)
- 49) Jackson, W.M., Kuhfuss, H.F.; *J. Appl. Polym. Sci.* **25**, 1685 (1980)
- Wang, C.P., Ohnuma, H., Berry, G.C.; *J. Polym. Sci. Polym. Symp. Ed.* **65**, 173 (1978)
- 51) Takayanagi, M., Ogata, T., Morikawa, M., Kai, T.; *J. Macromol. Sci. Phys.* **B17**, 4, 591 (1980)
- 52) Aharoni, S.M.; *J. Appl. Polym. Sci.* **25**, 2891 (1980)
- 53) Hwang, W.F., Wiff, D.R., Verschoore, C., Price, G.E., Adams, W.W., Helminiak, T.E.; *Polym. Eng. Sci.* **23**, 784 (1983)
- 54) Hwang, W.F., Wiff, D.R., Verschoore, C.; *Polym. Eng. Sci.* **23**, 789 (1983)
- 55) Takayanagi, M., Goto, K.; *J. Appl. Polym. Sci.* **29**, 2547 (1984)
- 56) Moore, D.R., Mathias, L.J.; *ACS Polym. Prepr.* **28**, 52 (1987)
- 57) Ruhland, W.; *J. Appl. Phys.* **38**, 3585 (1967)
- 58) Ruhland, W.; *Angew. Makromol. Chem.* **109/110**, 21 (1982)
- 59) Yamazaki, N., Matsumoto, M., Higashi, F.; *J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed.* **13**, 1373 (1975)
- 60) Fischer, H.; *Dissertation A (in Vorbereitung)*
- 61) Fischer, H., Berger, W.; *Vortrag, 31. JUPAC Macromolecular Symposium, Merseburg 1987*
- 62) Eichler, B.; *Dissertation A (in Vorbereitung)*
- 63) Hirte; *unveröffentlichte Ergebnisse*
- 64) Berger, W., Gräfe, F., Kammer, H.W.; *Acta Polymerica* **35**, 504 (1984)
- 65) Held, G.; *Diplomarbeit TU Dresden 1987*

Zellstoffe für Modalfasern

Doc. Dr. Eric E. Treiber, Lidingö, Schweden

Sowohl vom ökonomischen wie auch verarbeitungsmäßigen Gesichtswinkel ist die richtige Auswahl des Chemiefaserzellstoffs für die Herstellung von Modalfasern wichtig. Die betrieblichen Anforderungen an den Zellstoff sowie das Verhalten verschiedener Zellstoffqualitäten aus verschiedenen Pulp-Hölzern werden besprochen.

Both from an economic and production point of view the right selection of the dissolving pulp for the production of HWM-fibres is important. The demand on the pulp and the behaviour of different pulp qualities from different kinds of trees are discussed.

Nach den ziemlich schlechten Erfahrungen mit der Zellwolle von der Mitte der dreißiger Jahre bis gegen Ende der vierziger Jahre und einer steigenden Konkurrenz von seiten der Synthefasern war die Viskoseindustrie gezwungen, die Viskosefaser, und zwar speziell die Stapelfaser, zu verbessern. Diese Bemühungen führten auch, trotz oft mäßiger Forschungs- und Entwicklungspotentiale, nicht nur zu einer merkbaren Verbesserung der Normalqualitäten, sondern auch zur Entwicklung neuer Fasertypen, die gelegentlich als Viskosefasern der zweiten Generation bezeichnet werden. In der zweiten Hälfte der siebziger Jahre führten weitere Bestrebungen, baumwollähnliche Viskosespinnfasern noch baumwollähnlicher zu machen, zu den Viskosefasern der dritten Generation mit den bekannten Vertretern hochgekräuselter Modalfasern, wie Prima und Avril III. Mit dieser Entwicklung haben die Viskosefasern eine vorläufige, wenngleich keineswegs völlig befriedigende Qualitätsstufe erreicht, die in den letzten Jahren keine wesentlichen Veränderungen gezeigt hat. Die Entwicklungseinsätze wurden nun in erster Linie auf Gebiete der Produktionsverfahren und Produktionskostensenkung, Steuerung und Automatisierung, Chemikalienrückgewinnung, Umweltschutz und dgl. konzentriert. Neben den Qualitätsfragen sind ganz stark Fragen der Herstellungskosten in den Vordergrund getreten; beides ist entscheidend für das Überleben und die Weiterentwicklung der Viskosefasern. Mit den Fragen der Herstellungskosten rücken natürlich auch Zellstoff-Fragen in den Blickpunkt des Interesses, da ja beispielsweise der Zellstoffpreis mit mehr als 50 % in den Gestehungspreis der Viskosefaser eingeht.

Die neuen Generationen von Viskosespinnfasern haben auch die Erwartung erweckt, daß diese Fasern mit ihren komplizierteren Technologien, die besser den Gegebenheiten der Industrieländer entsprechen, einen starken Auftrieb für die entsprechenden Viskosebetriebe bedeuten würden. Leider haben sich diese Erwartungen nicht ganz erfüllt. Trotz einer heute nicht unbeachtlichen Produktionskapazität für Modalfasern - weltweit etwa 150.000 Jahrestonnen - ist die Nachfrage hinter den Erwartungen stark zurückgeblieben. Sowohl in den USA wie auch in Westeuropa ist seit 1980 die Entwicklung rückläufig¹ (Tab. 1) - doch möglicherweise seit dem letzten Jahr wieder ansteigend. Die Ursache für diese negative Entwicklung liegt weniger in der Faserqualität als vor allem im Preis bzw. in der gesamten Preisstruktur, d. h. im unbefriedigenden Preisunterschied zur Baumwolle. Baumwolle und Polyesterspinnfasern sind zur Zeit einfach zu billig. Dem stehen die höheren Gestehungskosten für Modalfasern gegenüber, die in höheren Chemikalienkosten, geringerer Produktionsleistung der Spinnmaschinen, höherer Umweltbelastung durch höhere Einsätze an CS₂ und Zn und teureren, weil höher veredelten Zellstoffen begründet sind.

Tabelle 1: Produktion und Verbrauch von Modalfasern in Westeuropa in 1000 Jahrestonnen^{a)}

Jahr:	1972	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Produktion:	72	53	45	43	45	32	31	34
Verbrauch:	57	43	37	31	35	26	25	25

Die Hauptaufgaben einer Weiterentwicklung von Viskosefasern der zweiten und dritten Generation sollten somit sein:

- Ökonomisierung und damit Kostensenkung,
- besseres Marketing sowie
- verstärkter und gezielter Einsatz als Mischfaserkomponente.

Eine wünschenswerte Wiederbelebung von Polyester/Viskose-Mischgeweben könnte auch bereits mit einer Semi-Modalfaser erfolgen, zu deren Herstellung weniger Zn im Spinnbad und nur geringe Modifizermengen in einer Viskose mit hohem Cellulosegehalt benötigt werden, wie unabhängige Versuche von Berol Kemi AB (Söderberg & Uneback²) sowie von uns³ gezeigt haben. Unter diesen Voraussetzungen sollte man relativ billige Fasern produzieren.

Von den beiden Grundverfahren zur Herstellung von Hochmodul- oder Modalfasern, nämlich dem Modifizerverfahren und dem Polynosic-Verfahren, hat das Modifizerverfahren seit Mitte der siebziger Jahre die Produktion polynosischer Fasern eindeutig überrundet, die außer einer höheren Naßfestigkeit und einer gewissen Merzerisierbarkeit keine Vorteile aufweisen, jedoch eine schwierigere Herstellungstechnologie und Chemikalienrückgewinnung sowie eine höhere Sprödigkeit bzw. Splittigkeit im Vergleich zu den HWM-Fasern besitzen. Heute werden Polynosics fast nur noch in Japan, und zwar im begrenzten Umfang erzeugt.

Neben den spinn technologischen Gegebenheiten, wie geringe Spinn geschwindigkeiten, Heißver Streckung im Oberbad, hoher Zn- und Modifizereinsatz u. dgl. und der dadurch erhöhten Umweltbelastung, sind, wie schon erwähnt, die Zellstoffkosten ein wesentlicher Faktor im Gesamtpreisbild bei der Modalfaserherstellung. Wenn wir also von Fragen, wie Erhöhung der Spinn geschwindigkeit, Senkung des Chemikalieneinsatzes, Optimierung (nach Effekt und Preis) der Modifizermischung, stärkere Schließung der Chemikalienkreisläufe u. dgl. absehen, so ist der Preis des eingesetzten Zellstoffs ein wesentlicher Gestehungskostenfaktor.

Der klassische, vorgeschriebene Zellstoff ist der vorhydrolysierte Nadelholzsulfatzellstoff, der jedoch aus Preisgründen heute nur teilweise und dann meist als Vorhydrolyse-Laubholzsulfatzellstoff, vornehmlich in den USA, zum Einsatz kommt. Ein guter Substitut ist natürlich der Fichtensulfitzellstoff, der ja auch zur Herstellung von endlosem Textilreyon bevorzugt wird.

Wie die meisten Langfaserzellstoffe, ist der aus dem „kühlen Nadelholzgürtel der Erde“ kommende Fichtensulfitzellstoff in der heutigen Herstellungstechnologie ein morphologisch relativ einheitlicher, sehr reiner und reaktiver, gut zu filtrierender Chemiefaserzellstoff, dessen Harzanteile, die etwa im Bereiche 0,2 - 0,3 % liegen, einen großen Prozentsatz „nützlicher“ Harzkomponenten enthalten. Der größte Unterschied, wenn wir vom Harzgehalt absehen, ist im Vergleich zum Vorhydrolyse-Nadelholzsulfatzellstoff der geringere Veredelungsgrad und, zum Teil damit zusammenhängend, eine ungünstigere DP-Verteilung. Wenngleich heute

a) Betr. älterer Produktionsangaben siehe E. Treiber: Chemiefasern **16** (1966) 757

bekannt ist, daß Kurzkettenanteile technisch im Begriff „Hemi“ mit eingeschlossen - die Fasereigenschaften weniger nachteilig beeinflussen als früher angenommen⁴, so sind doch Nachteile gerade hinsichtlich von Naßfestigkeit und Naßmodul zu beobachten.

Teilweise Abhilfe schafft eine etwas höher getriebene Veredelung ($R_{18} > 92\%$ bis ca. 94%) und eine angehobene Zellstoffviskosität (im Bereiche 25 - 26 cP_{Tappi}). Während in den sechziger Jahren bis hinein in die Mitte der siebziger Jahre eine große Auswahl an solchen Spezialzellstoffen auf dem Markt war⁵ mit α -Gehalten $> 92,5\%$ und einer Tappi-Viskosität von 24 bis ≤ 50 cP, ist im Zuge der Produktionsvereinfachung das Angebot heute stark zurückgegangen.

Trotz des guten Prozeßverhaltens und einer guten Gesamtkonomie muß oft der Preis für solche Zellstoffe als relativ hoch angesprochen werden. Sogenannte billige „Hochausbeute-Zellstoffe“ auf der Basis Fichte, die gelegentlich diskutiert werden⁶, aber im übrigen kaum auf dem Markt sind, scheiden hier natürlich aus. Hingegen haben Maßnahmen, die bei gleichem oder sogar höherem Veredelungsgrad die Ausbeute etwas verbessern oder andere Kostenfaktoren senken, natürlich hohes Interesse. Praktische Beispiele sind hier die Mehrstufen-Sulfitverfahren. Für alkalisch aufgeschlossene Chemiefaserzellstoffe sind zwar analoge Maßnahmen zur Zeit nicht im Gebrauch - das finnische ALVA-Verfahren ist nur kurze Zeit gelaufen -, doch werden in der Literatur beispielsweise Möglichkeiten einer Vorhydrolyse-AQ-Soda-kochung u. dgl. genannt, die eventuell die Ökonomie verbessern könnten. Größere Effekte darf man vielleicht in Zukunft vom Organosolv-Verfahren erwarten, doch ist es noch ein langer und unsicherer Weg bis dahin.

Billige Chemiefaserzellstoffe sind schon seit Mitte der dreißiger Jahre die Laubholz Zellstoffe gewesen und sind es auch geblieben, besonders seit der Anwendung geeigneter, rasch wachsender tropischer und subtropischer Laubhölzer. Diese Pulp-Hölzer, kultiviert und verarbeitet in technologisch relativ hochstehenden Ländern mit mäßig hohen Lohnkosten in Südamerika und Südafrika, in Zukunft wohl auch in Südostasien, liefern gegenwärtig die billigsten Chemiefaserzellstoffe für viele Anwendungszwecke.

Es ist bekannt, daß einige Modalfasererzeuger Laubholzsulfit- oder Laubholz-Vorhydrolyse-Sulfatzellstoffe als Ausgangsrohstoff einsetzen. Was ist dazu zu sagen?

Laubhölzer sind morphologisch wesentlich komplexer aufgebaut als die Nadelhölzer, sie enthalten Harz-Fett-Wachs-Stoffe mit höheren Anteilen Unverseifbarem, also „schädliches“ Harz, welche auch schlechter entfernbar sind. Ferner ist die mittlere Faserlänge kürzer, was sich beim Entlaugen und Abpressen der Alkalicellulosemische ungünstig auswirken kann, und der Aschegehalt ist höher. In tropischen Hölzern können sehr hohe Aschegehalte mit hohen Siliciumanteilen gefunden werden und verschiedene störende Inhaltsstoffe, besonders im Kern, auftreten. Um gute und reaktive Chemiefaserzellstoffe herstellen zu können, müssen geeignete Laubhölzer, bevorzugt mit fehlender oder schwacher Verkernung, eingesetzt werden.

Die Sortierung muß optimiert und die Veredelung meist etwas höher getrieben werden als für einen gleichwertigen Langfaserzellstoff. Der Aschegehalt ist niedrig zu halten. Der Einsatz oxidativer Bleichmittel ist eine wichtige Voraussetzung für gute Reaktivität und geringe Harzprobleme. Gleichzeitig vermeidet man eine Chlorierung des Harzes, die zu erhöhter Klebrigkeit und letzten Endes - übrigens auch bei Nadelholz Zellstoffen - zu größeren Harzproblemen an der Spinn Düse, d. h. zum Zuwachsen der Kapillaröffnungen, führt.

Laubholz Zellstoffe weisen auch einen höheren Anteil an Pentosan auf sowie an Markstrahlzellen, die für höheren Asche- und Restflingehalt, wahrscheinlich auch für eine gewisse Klebrigkeit des Xanthats, verantwortlich sind. Auch gewisse Gefäßzellen können höheren Restflingehalt aufweisen. Der Einfluß der Holzart bei verschiedenen Veredelungsgraden des daraus hergestellten Sulfatzellstoffs geht aus der Tabelle 2 hervor.

Tabelle 2: Versuchsspinnungen mit verschiedenen Zellstoffen aus Nadel- und Laubhölzern (nach ITT-Rayonier)

Zellstoffe für HWM-Fasern

Zellstoff:	A	B	C	D	E
Holzart:	H	S	H	H	S
α -Cellulose, %	87,3	89,6	93,0	94,2	95,5
β -Cellulose, %	3,8	1,5	2,5	2,6	1,1
γ -Cellulose, %	8,5	8,7	4,3	3,2	3,4
DP < 200, %	12,5	11,5	13,5	9,0	8,0
Pentosane, %	6,5	4,4	4,0	3,5	2,7
Reißfestigkeit kond., g/den	4,60	4,70	4,52	4,60	4,98
Naßmodul g/den	12,3	17,4	16,4	16,2	17,2

H = Hartholz

S = Weichholz

Laubholz-Vorhydrolyse-Sulfatzellstoffe können durch die Rohstoffunempfindlichkeit des Sulfatprozesses natürlich aus den meisten Laubhölzern gewonnen werden, jedoch nur wenige Laubhölzer liefern Zellstoffe mit hinreichend hoher Reaktivität, sehr guter Filtrierbarkeit und niederem Harzgehalt, die zu ähnlichen textilmechanischen HWM-Eigenschaften führen wie die entsprechenden Nadelholz-Vorhydrolyse-Sulfatzellstoffe. Einen niederen Harzgehalt als Pulphölzer ergeben Gumwood und, unter gewissen Bedingungen, auch Eukalyptus, während andere Laubhölzer, trotz des alkalischen Aufschlusses, relativ hohe Harzgehalte aufweisen (Tab. 3).

Tabelle 3: Harzgehalt in Vorhydrolyse-Laubholzsulfatzellstoffen

Holzart	Harzgehalt (DCM) im VS-Zellstoff, %
Birke	0,18 - < 0,2
Buche	0,25 - 0,36
Eiche	0,16
Eukalyptus	0,04 - 0,2
Gumwood	0,05 - 0,2
Zum Vergleich: Südkiefer	0,05 - 0,06

Nach Untersuchungen von ITT-Rayonier zeigen HWM-Fasern, auch aus „geeigneten“ Laubholz-Vorhydrolyse-Sulfatzellstoff hergestellt - vermutlich handelt es sich hier um einen Gumwood-Zellstoff -, gewisse Rückgänge in der Naßfestigkeit, im Naßmodul und in der Alkalilöslichkeit. Die Zusammenstellung in Tabelle 4 zeigt auch, daß z. B. Mischungen tropischer Hölzer trotz hoher Veredelungsgrade zu Zellstoffen führten, die für HWM-Fasern ungeeignet sind.

Ein Einsatz von Laubholzsulfatzellstoffen als billigen Faserrohstoff für die HWM-Faserherstellung ist natürlich eine technische Herausforderung an die Viskosetechnologie. Neben dem Einsatz von Buchenzellstoffen mit angehobenem α -Gehalt und Viskositätswert und gelegentlich auch Eukalyptuszellstoff - einige Kenndaten solcher derzeit am Markt befindlichen Zellstoffe zeigt Tabelle 5 - wurden seinerzeit in Finnland verschiedene Birken-Mg-Bisulfatzellstoffe studiert. Steigender Veredelungsgrad beeinflusst positiv Naßfestigkeit, Schlingenfestigkeit und Alkaliresistenz.

Tabelle 4: Eignungsprüfung verschiedener Chemiefaserzellstoffe im Laboratorium für eine HWM-Faserherstellung (Ergebnisse von ITT-Rayonier)

Zellstoff		Modallaser								
Aufschlußverfahren:	Pulp-Holz	Zellstoff DP	S ₁₈ , %	S ₁₀ , %	Helligkeit % GE	Reißfestigkeit cN/dtex		Dehnung %	Naßmodul cN/tex	Alkalilöslichkeit S 6,5, %
						kond.	naß	kond.		
V-Sulfat (X)	Kieler	1015	1,4	2,2	93	4,44	3,02	10,4	7,28	10,8
V-Sulfat	Kieler	1075	2,8	4,4	91	4,44	2,93	10,8	7,10	11,0
Sulfit	Hemlock	1620	2,9	4,7	93	4,44	2,93	10,4	7,19	10,9
Sulfit	Hemlock	1280	4,8	7,8	94	4,26	2,93	10,2	6,83	16,0
Sulfit	Kiefer	1240	4,8	7,5	95	4,09	2,75	9,8	6,57	17,5
V-Sulfat	US-Sudstaaten Laubholz	1130	3,0	4,8	93	4,44	2,84	11,0	6,93	12,0
V-Sulfat	Mix. von trop. Laubhölzern	980	2,7	4,8	92	2,40	1,33	7,0	3,55	
V-Sulfat	ausgew. trop. Laubholzer	1015	2,6	4,3	93	3,64	2,22	10,0	5,77	

(X) cold caustic extracted

Vergleichbare VorhydrolyseSulfatzellstoffe gaben bessere Naßfestigkeit, Schlingenfestigkeit, etwas höhere Dehnung und kleinere Alkalilöslichkeit; auch die Verstreckbarkeit des Gelfadens war besser. Der Streckgrenze und guter Verstreckbarkeit ohne beginnenden oder teilweisen Bruch von Kapillarfäden im Faserkabel ist besondere Aufmerksamkeit zu zollen. Neben elementaren Faktoren, wie Abwesenheit von Luftblaschen, eingestellter Verzug und hinreichend hohe Temperatur, sind es vor allem die Reinheit der Spinnlösung und die Natur (und Menge) des Modifikators, die die Verstreckbarkeit beeinflussen (Abb. 1)

Tabelle 5 Einige Zellstoffdaten gegenwärtiger europäischer Marken Zellstoffe für HWM-Fasern (nach W. Albrecht: Das Papier 39, 584 (1985))

Zellstoff-eigenschaften	Buchen-sulfit	Eukalyptus-Sulfit	Nadelholz VS
α-Cellulosegeh., %	92,2	92,0	93,5
R ₁₈ , %	> 95	> 94	95,8
Asche	0,05	0,08	0,11
Si, ppm	60		
Ca, ppm	120		
Extrakt, %	0,25	0,16	~0,05

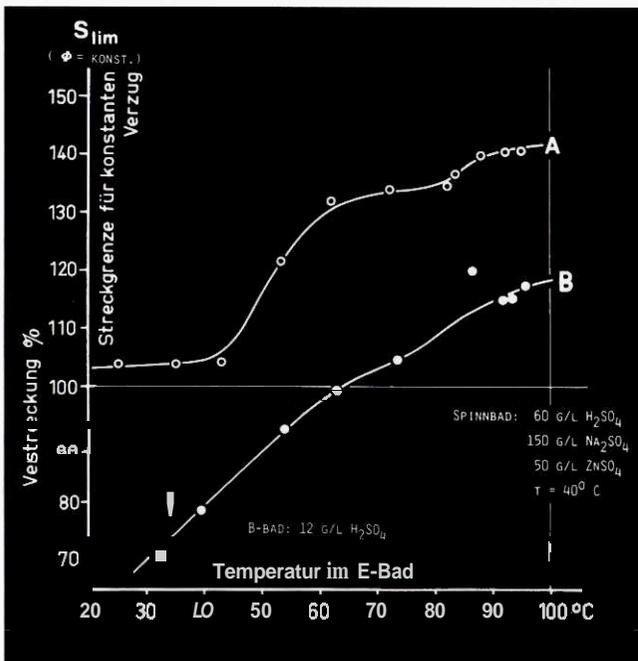


Abb. 1: Abhängigkeit der Verstreckungsgrenze (S_{lim}) von der Temperatur des Streckbades (B-Bad) für eine Modifizerviskose A und eine gewöhnliche Viskose B
 (Viskose A: 7,6/7,0/38; η = 85 s KFZ; 1 % PEG 1550 + 1 % DMA Spinngamma = 43
 Viskose B: 9,5/5,7/33; η = 85 s KFZ; Spinngamma = 30, α_{H₂O} = 7,8)

Zusammenfassend kann gesagt werden: Je nach den ökonomischen Voraussetzungen kommen als Ausgangsrohstoff für die Herstellung von Modalfasern Sulfit- oder vorhydrolysierte Sulfatzellstoffe in Frage. Wenn irgendwie möglich, ist den Nadelholzzellstoffen der Vorzug zu geben. Laubholzzellstoffe müssen einen höheren Veredelungsgrad aufweisen als entsprechende Nadelholzzellstoffe. Ob Additive zum Zellstoff eine Aufwertung bewirken können, ist eine interessante Frage, die wahrscheinlich mit „ja“ zu beantworten ist. Sulfitzellstoffe sollen einen hinreichend hohen Veredelungsgrad (entsprechend Super I) und höhere Viskosität (24-26 cP_{Tappi}) aufweisen.

Die Zellstoffe sollen eine hohe Reinheit aufweisen, d.h., sie sollen im wesentlichen frei von störenden Fremdstoffen, wie z.B. Mineralteilen, nichtverseifbare Harzpartikel u. dgl., sein.

Die Gleichmäßigkeit im Spinnverhalten, die gefordert wird, ist abhängig von gleichbleibender Viskoseviskosität, Viskosezusammensetzung, Viskosereinheitsgrad und Nachreilegrad (Spinn-γ-Wert und Salzpunkt), für deren Aufrechterhaltung beispielsweise gewisse Zellstoffeigenschaften, wie geringer und konstanter Schwermetallpurengehalt, gleichbleibende Reaktivität (Filterbarkeit), mit eine Rolle spielen.

Erwünscht ist ferner ein Zellstoff mit geringer Polydispersität und einem möglichst geringen Kurzkettengehalt. Höherer DP im Zellstoff wie auch im Faden wirkt sich hauptsächlich auf die relative Naßfestigkeit, dem Naßmodul und die Schlingenfestigkeit positiv aus. Wir konnten zeigen, daß die R₁₀-Werte einer auf DP 500 ab-

gebauten Alkalicellulose aus einem Zellstoff höherer Viskosität größer sind (etwa 96%) als im Falle normalviskoser Sulfitzellstoffe; lediglich Vorhydrolyse-Sulfatzellstoffe mit R_{10} ($DP_{w=500}$) von ca. 98% schneiden hier besser ab. Ist $R_{10/10}$ der Rückstandswert bei „erschöpfender“ Extrahierung des Zellstoffs mit 10%iger Lauge, so ist die Differenz $R_{18} - R_{10/10}$ bei Vorhydrolyse-Sulfatzellstoffen 2,1 - 2,4%, bei hochviskosen Nadelholz-Sulfitzellstoffen 3,0 - 4,8% und bei normalviskosen Sulfitzellstoffen, je nach Veredelungsgrad und Holzart, 5,8 bis 14%. Damit werden nach unserer Auffassung die Zellstoffe deutlich in solche Klassen eingeteilt, die mit den entsprechenden erreichbaren HWM-Spinnfasereigenschaften übereinstimmen⁷.

Literatur

- 1) Treiber, E.; Das Papier **39**, 578 (1985)
- 2) Söderberg, W.; Uneback, I.: „Modifiers for Improved Rayon Staple Fibres“; Berol Kemi AB, Stenungsund, Schweden
- 3) Treiber, E.; Lenzinger Ber. **53**, 24 (1982)
- 4) Treiber, E.; Das Papier **37**, 591 (1983)
- 5) Treiber, E.; Svensk Papperstidning **68**, 456 (1965) - siehe Tabelle 2, S. 458
- 6) Treiber, E.; Lenzinger Ber. **59**, 25 (1985)
- 7) Treiber, E.; Pure Appl. Chem. **14**, 441 (1967) 3/4

Die thermostabile, schwerentflammbare Polyimidfaser P 84 als Asbestersatz

Dr. Dipl.-Ing. Klaus Weinrotter, Lenzing AG, Lenzing, Österreich
(26. ICT - Dornbirn 1987)

Zunächst wird versucht, einen Bezug zu anderen, kommerziell erhältlichen High Performance-Fasern organischen Ursprunges mit textiler Charakteristik herzustellen. Nach Beschreibung der Rohstoffe, der Polymerbildungsreaktion sowie des chemischen Aufbaues der neuen Polyimidfaser werden die textilmechanischen Faserdaten, die Chemikalienbeständigkeit und der besondere Faserquerschnitt diskutiert. Die Darstellung der Thermostabilität mit Hilfe der Thermogravimetrie im Vergleich zu Naturfasern, Synthesefasern und anderen thermostabilen Synthesefasern sowie der Schwerentflammbarkeit mit verschiedenen Brenntests stellt die Verbindung zum Thema „Asbestalternativen“ her. Ausgewählte Beispiele der Polyimidfaseranwendung in den Bereichen Schutzbekleidung, Dichtungspackungen, Reibbeläge und Heißgasfiltration erläutern die Zielmärkte.

By the description of raw materials, reaction to polymer and chemical structure of the new polyimide fibre, the author tries to build up a relationship to other commercially available high performance fibres of organic origin with textile-like character. The discussion of mechanical fibre data, chemical resistance and fibre-cross-section leads to the description of thermostability by thermoanalytical methods as well as to the level of non-flammability by various tests and establishes the linkage to the theme „asbestos alternatives“. Selected examples illustrate fibre applications in the areas protective clothing, braided packings and high temperature filtration.

1. Einleitung

„Der grundsätzliche Unterschied der anorganischen zu den organischen Fasern besteht darin, daß die anorganischen Fasern eine bedeutend höhere thermische Beständigkeit aufweisen, nicht brennbar sind, bei vergleichbaren Temperaturen eine erheblich geringere Kriechneigung zeigen und in allen Varianten verrottungsbeständig sind.“ Dieses Zitat¹ besitzt nach wie vor seine Gültigkeit, obwohl innerhalb der letzten 30 Jahre eine kleine Palette von organischen Synthesefasern entwickelt worden ist, welche hinsichtlich der Kriterien Thermostabilität und Schwerbrennbarkeit die Kluft zwischen anorganischen und organischen Fasern verkleinert hat. Diese Palette, auch oft „High Performance Fibres“ genannt, besteht im wesentlichen aus den aromatischen Polyamiden oder „Aramid“ (Handelsnamen: Kevlar, Twaron, Technora, Nomex, Conex, Apyeil), einem aromatischen Polyamidimid (Handelsname: Kermel), einem Polybenzimidazol (Handelsname: PBI) und dem aromatischen Polyimid P 84. Wenn man aus dieser Palette die typischen Verstärkungsfasern (Kevlar, Twaron, Technora) ausklammert, bleibt eine kleine Gruppe von Fasern übrig, welche neben Thermostabilität und Schwerbrennbarkeit zusätzlich textile Eigenschaften aufweist. Einen Überblick über Kapazitäten und Hersteller dieser kommerziell erhältlichen Fasern gibt die Tabelle 1.

Tabelle 1: Thermostabile Synthesefasern mit textilen Eigenschaften

Hersteller	NOMEX Du Pont	CONEX Teijin	KERMEI Rhône Poulenc	PBI Celanese	P84 Lenzing AG.
Kapazität (Ton./Jahr)	10 000	1 200	250	500	140
Spinn- prozess	trocken DMAC/LiCl	nass	nass NMP	trocken DMAC/LiCl	trocken DMF
Dichte (g/cm ³)	1,38	1,38	1,34	1,43	1,41
Eigen- farbe	weiss	weiss	braun	dunkel- braun	gold- gelb

Einige gemeinsame Merkmale dieser Fasern sind:

- Die Ausgangspolymeren werden alle durch Polykondensationsreaktionen erhalten.
- Die Polymeren sind (unter Normalbedingungen) nicht schmelzbar und können daher nicht nach einem Schmelzspinnverfahren hergestellt werden. Alle diese Polymeren können in mehr oder weniger exotischen, stark polaren organischen Lösungsmitteln gelöst werden, und daher werden die Fasern aus Lösungen nach dem Naß- oder Trockenspinnverfahren versponnen.
- Aufgrund der vorwiegend aromatischen Bausteine der Polymerketten besitzen die Fasern durchwegs hohe Glasumwandlungs- und Zersetzungspunkte. Damit hängt auch die für organische Polymere ungewöhnlich gute Thermostabilität zusammen.
- Ein weiteres gemeinsames Merkmal, welches ebenfalls im Molekülbau der Fasern begründet ist, ist die Schwerbrennbarkeit. Hervorzuheben ist, daß diese Schwerbrennbarkeit in keinem Fall durch den Einbau von Halogenen erreicht wird, wie das z.B. bei Acrylfasern üblich und notwendig ist.
- Der textile Charakter der Fasern wird einerseits durch ihr Kraft-Dehnungs-Verhalten, die Möglichkeit zur Herstellung textiler Titer im Bereich 1,7 dtex bis 5,5 dtex, ihre gute Schlingen- und Knotenfestigkeit, die Aufbringung einer geeigneten Faserkräuselung, ihre Spinnfärbbarkeit (Ausnahme: PBI) und andererseits durch die Notwendigkeit bestimmt, daß sich diese Fasern auf herkömmlichen Garnituren der Spinnereien, Webereien, Strickereien und Non-wovens-Anlagen zu textilen Flächengebilden verarbeiten lassen.

Alle genannten Fasern werden sowohl im technischen als auch textilen Bereich als Alternativen für Asbest eingesetzt, wobei im Folgenden besonders auf die Polyimidfasern eingegangen werden soll.

2. Eigenschaften der Polyimidfasern P 84

In Abbildung 1 sind die Rohstoffe und das Ausgangspolymer für P 84-Polyimid-fasern dargestellt. Durch die Polykondensationsreaktion von Benzophenontetracarbonsäuredianhydrid mit aromatischen Diisocyanaten gelangt man zu einem in stark polaren organischen Lösungsmitteln wie DMF, DMAc, DMSO oder NMP löslichen Polyimid. Diese Löslichkeit, welche durch die genaue Abstimmung des Diisocyanatverhältnisses zum Hauptrohstoff BTDA erzielt wird, ermöglichte erstmals die wirtschaftliche Herstellung von Polyimidfasern. Entscheidend für Eigenschaften wie Thermostabilität und Schwerbrennbarkeit ist der vorwiegend aromatische Charakter der Polymerkette sowie die Stabilität der Imidbindung.

Mit Hilfe eines neu entwickelten Trockenspinn- und Fasernachbehandlungsprozesses gelingt es, sowohl Endlosfilamentgarne im Bereich von 200 bis 11 000 dtex als auch gekräuselte Stapelfasern mit den Standardtitern 1,7, 2,2 und 3,3 dtex herzustellen.

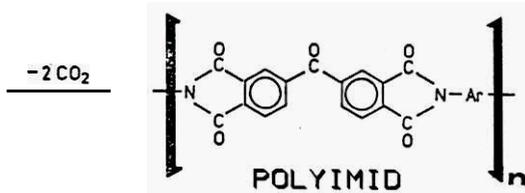
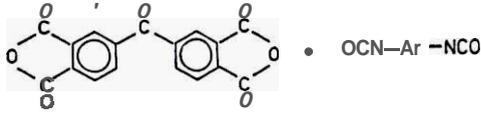
Typische mechanische Faserdaten der P 84-Faser sind in der Tabelle 2 dargestellt. Die Daten zeigen ein hervorragendes Gesamtarbeitsvermögen, ausgezeichnete Schlingen- und Knotenfestigkeiten und niedrigen Kochschumpf. Schon hier kann darauf hingewiesen werden, daß auch bei höheren Temperaturen kaum meßbare Schrumpferscheinungen auftreten. Erst ab ca. 300° C setzt ein merkbarer Schrumpfprozeß ein, welcher durch die Annäherung an den Glasumwandlungspunkt von $T_g = 315^\circ$ C erklärbar ist. Untersuchungen zufolge ist das Material praktisch zu 100 % amorph, es konnte bisher kein Hinweis auf Kristallinität erhalten werden.

In Abbildung 2 sind der Querschnitt durch ein Polyimidfaserbündel sowie die Oberflächenmorphologie dargestellt. Charakteristisch sind die unregelmäßig gelappten, buchstabenförmigen Faserquerschnitte, welche unter anderem Griff, Glanz, Lüster und Anschmutzverhalten positiv beeinflussen. Man kann auch leicht

erkennen, daß dieser Faserquerschnitt zu bauchigen Garnen führt, was bei der Faserverarbeitung durch Auswahl geeigneter Garnituren berücksichtigt werden muß. Das hohe Volumen der Produkte spielt besonders bei technischen Einsatzgebieten wie Filtration und Isolation eine bedeutende Rolle. Die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Faseroberfläche zeigt, daß die Fasern praktisch nicht strukturiert sind und sehr glatte Oberflächen aufweisen.

Benzophenontetracarbonsäuredianhydrid (BTDA)

aromatisches Diisocyanat



Abh 1 Ausgangspolymer für die P84-Faser

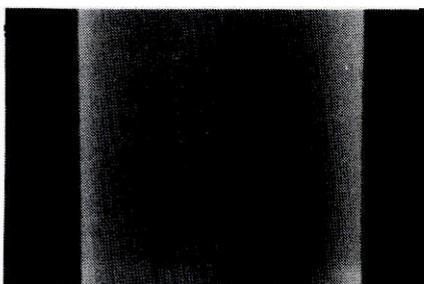
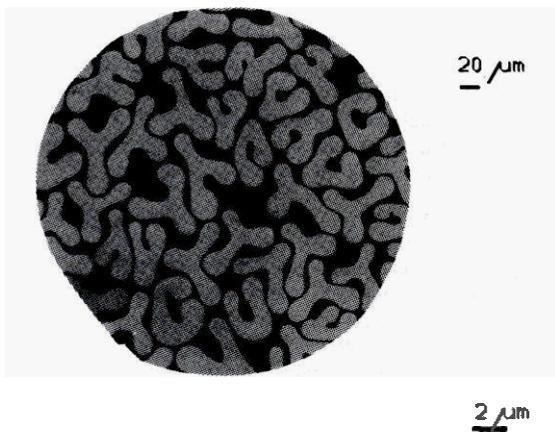


Abb. 2: P84-Faser: Faserquerschnitt und Oberflächenmorphologie

Tabelle 2: P 84-Faser: mechanische Faserdaten

Faserfeinheit	dtex	2.2	den	1.98
Faserfestigkeit	cN/tex	33	g/den	3.73
Faserdehnung	%	30	%	30
Schlingenfestigkeit	cN/tex	21	g/den	2.38
Knotenfestigkeit	cN/tex	24	g/den	2.72
Modul	cN/tex	3.6	g/den	0.41
Kochschrumpf	%	<0.5	%	<0.5
Thermoschrumpf (250 °C)	%	<1	%	<1
Dichte	g/cm ³	1.41	g/cm ³	1.41
Farbe		gold-gelb		gold-gelb

Der beschriebene Faserquerschnitt führt im Zusammenspiel mit dem KD-Diagramm (Abh 3), welches sehr ähnlich jenem von Acrylfasern ist, zu dem besonders angenehmen Griff der Fasern: diese Eigenschaft leitet zu hautnahen Anwendungen, welche später beschrieben werden.

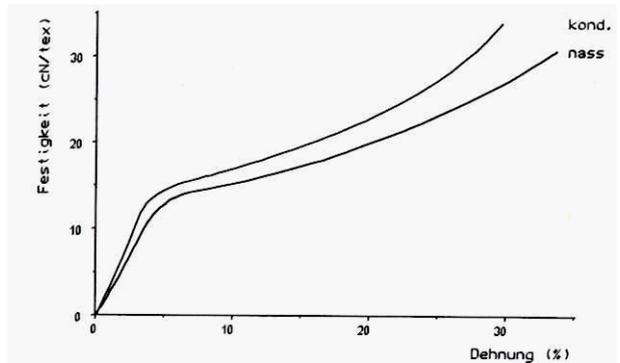


Abb. 3: P 84-Faser: typisches Festigkeits-/Dehnungsdiagramm

Hinsichtlich der Chemikalienbeständigkeit kann grundsätzlich festgehalten werden, daß übliche organische Lösungsmittel praktisch keine Änderungen der Fasern in mechanischer oder optischer Hinsicht herbeiführen. Verglichen mit Aramidfasern unterscheiden sich die Polyimidfasern durch hervorragende Säurebeständigkeit und relativ geringe Alkaliempfindlichkeit. Dieses Verhalten ist besonders bei technischen Anwendungen zu berücksichtigen.

Nach diesem kurzen Eigenschaftsbild von P 84-Polyimidfasern wollen wir uns der Thermostabilität und Schwerentflammbarkeit widmen, um wieder den Bezug zu Asbestalternativen herzustellen.

3. Meßergebnisse, Thermostabilität, Schwerentflammbarkeit

Es existiert eine Vielzahl von Methoden zur Darstellung der thermischen Stabilität von Fasern; so sind die Thermomechanische Analyse (TMA), Thermogravimetrische Analyse (TGA), Differential Scanning Calorimetry (DSC), isotherme TGA, Effluent Gas Analysis (EGA) oder Torsional Braid Analysis (TBA) beliebte thermoanalytische Methoden². Die wohl am meisten angewandte Methode ist die TGA, und zwar aus folgenden Gründen³:

- die Messung kann leicht ausgeführt werden.
- es besteht eine große Auswahl an kommerziell erhältlichen Instrumenten,

- nur sehr kleine Probenmengen (Milligramm oder weniger) sind für die Messung erforderlich; daher werden Diffusionsprobleme minimiert,
- prinzipiell können Messungen in jeder beliebigen Atmosphäre durchgeführt werden,
- es ist keine spezielle Probenpräparation erforderlich, es können unlösliche, nicht schmelzbare Materialien untersucht werden.

Für diesen Beitrag wurde versucht, die Polyimidfaser den bekanntesten Naturfasern und Synthefasern und auch einigen thermostabilen Synthefasern gegenüberzustellen und mit Hilfe der TGA zu charakterisieren. Als Gerät wurde ein Perkin Elmerthermalanalyser-TGS-2 verwendet, die Messungen wurden in Luft bei einer Aufheizrate von 20° C/min durchgeführt. Die Abbildungen 4, 5 und 6 zeigen die Ergebnisse in Form von Gewichtsprozent der Fasern als Funktion der Temperatur.

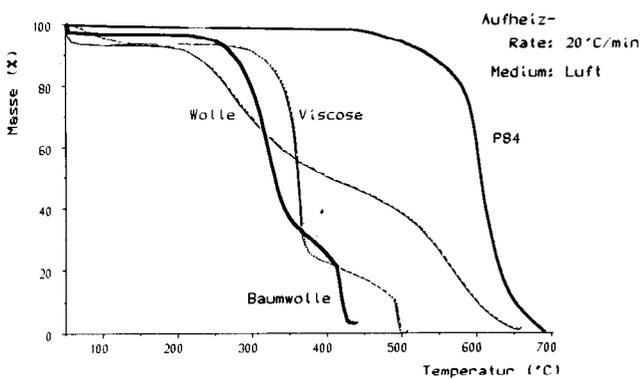


Abb. 4: TGA - Vergleich P 84 mit Naturfasern

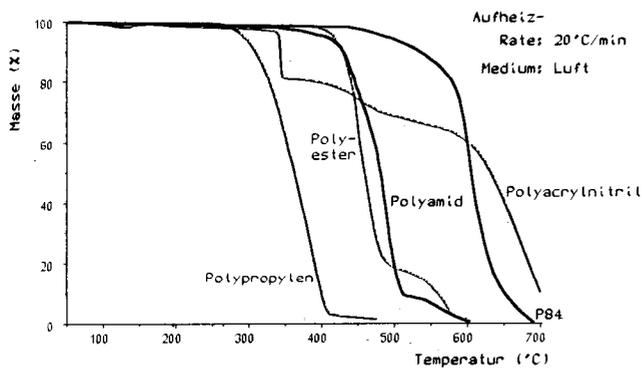


Abb. 5: TGA - Vergleich P 84 mit Synthefasern

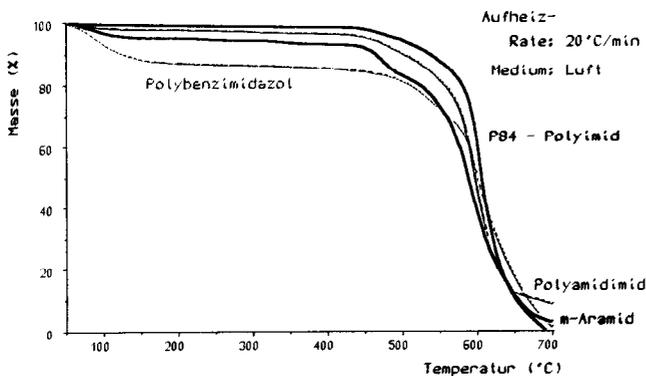


Abb. 6: TGA - Vergleich P 84 mit thermostabilen Synthefasern

Da bekannt ist, wie problematisch die Interpretation dieser Kurven, z.B. durch Auswertung der Flächen unter den Kurven oder Auswertung der Temperaturen, für einen spezifischen Gewichtsverlust ist, sei hier nur auf Größenordnungsunterschiede aufmerksam gemacht. Wenn man nun doch versucht, die Temperaturen einander gegenüberzustellen, bei welchen - unter Nicht-einrechnung der anfänglichen Wasserverluste - ein Gewichtsverlust von 20 % durch Zersetzungsreaktionen eintritt, so stellt sich folgendes Bild dar:

Faser	Temp. bei 20 % Gewichtsverlust TGA (20° C/min) in Luft
Wolle	285
Baumwolle	310
Polypropylen	340
Polyacrylnitril	350
Polyester	440
Polyamid	445
m-Aramid	540
Polyamidimid	560
Polybenzimidazol	570
P 84-Polyimid	580

Während also bei den untersuchten „natürlichen Fasern“ TGA-Temperaturen von 280 - 310° C notwendig sind, um einen 20 %igen Gewichtsverlust zu verursachen, sind es bei den „Massensynthefasern“ 340 - 440° C und bei den „thermostabilen Synthefasern“ 540 - 580° C. Diese Betrachtung erlaubt selbstverständlich nur grobe Rückschlüsse auf das thermoxydative Verhalten der Fasern. Wichtige Größen für die Gebrauchstüchtigkeit, wie Schmelzpunkte, Glasumwandlungspunkte, Kristallumwandlungspunkte oder Erweichungspunkte, sind mit TGA-Messungen nicht erkennbar; für die Polyimidfasern sei erwähnt, daß mit einem Glasumwandlungspunkt $T_g = 315^\circ C$, dem oben gezeigten thermoxydativen Verhalten und dem Nichtvorhandensein eines Schmelzpunktes Dauergebrauchstemperaturen von ca. 260° C in Luft anwendbar sind.

Auch hinsichtlich der Schwerentflammbarkeit von Fasern und Textilien existiert eine Vielzahl von Meßmethoden und Normen, welche es dem Verbraucher sehr erschweren, Vergleiche zu ziehen. Grundsätzlich sei noch einmal darauf hingewiesen, daß alle kommerziell erhältlichen Fasern organischen Ursprungs bei genügender Sauerstoffzufuhr brennbar sind.

Diese Eigenschaft unterscheidet sie prinzipiell von vielen anorganischen Fasern (u.a. Asbest). Jene Gruppe organischer Fasern, welche bereits hinsichtlich ihrer Thermostabilität herausragt und oben beleuchtet wurde, hebt sich auch bezüglich ihrer Schwerentflammbarkeit von den organischen Fasern ab. Dies ist eine Materialeigenschaft und mit der Neigung zur Verkohlung der aromatischen Kettenbausteine verbunden; entsprechend vermindert sich die Bildung gasförmiger, entflammbarer Zersetzungsprodukte und die Neigung, mit offener Flamme zu brennen. Aus Gründen der hervorragenden Reproduzierbarkeit haben wir den Limiting Oxygen Index (LOI)-Test nach ASTM D 2863-77 gewählt, um Vergleiche anzustellen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 dargestellt. Die Werte beziehen sich auf Gestricke einheitlicher Konstruktion (Flächengewicht 160 g/m) und geben die minimale Sauerstoffkonzentration in Prozent an, welche ausreicht, um in einem O₂/N₂- Gasstrom die Verbrennung gerade zu unterhalten. Mit einem LOI-Wert von 36 - 38 % O₂ zählt die Polyimidfaser zu den am schwersten brennbaren organischen Fasern überhaupt. Diese Eigenschaft wirkt sich sehr vorteilhaft bei der Anwendung in schwerentflammablen Sicherheitstextilien aus und führt zu kaum meßbaren Nachbrenn- und Nachglimmzeiten. Diese Tatsache bleibt auch nach einer beliebigen Anzahl von Wasch- und Reinigungszyklen erhalten. Das Er-

gebnis eines Kantenbeflammungstests an einem 100 % Polyimidfasergewebe mit einem Flächengewicht von 300 g/m² nach DIN 54336 zeigt Nachbrenn- und Nachglimmzeiten von < 2 s, und für die (nach Zündzeiten von 3 und 15 s) zerstörte Probenlänge wurden 28 mm gemessen (Abb. 7). Damit erreicht dieses Gewebe nach DIN 66083 die Klassifizierung Sa.

Tabelle 3: Thermostabile Synthefasern Brennbarkeit, Vergleich

Prüfnorm: ASTM D 2853

Prüflinge: Gewirke ca. 150 g/m²

	LOI (% O ₂)
NOMEX	27 - 28
CONEX	27 - 28
KERMEL	27 - 28
PBI	38 - 39
P84	37 - 38

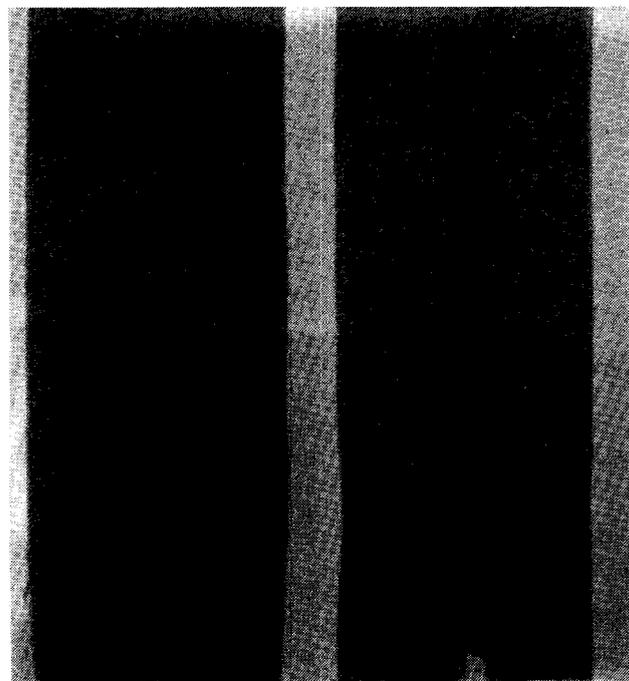


Abb. 7: Ergebnis Kantenbeflammungstest nach DIN 54 336
 (links) Zündzeit 3 s Einreißlänge 0 mm
 (rechts) Zündzeit 15 s Einreißlänge 28 mm
 Material: 100 % P 84-Gewebe (300 g/m²)

4. Anwendung

Unter Bezugnahme auf das Thema Asbestalternativen und aufgrund der oben geschilderten Eigenschaften der Polyimidfaser zeichnen sich drei wesentliche Anwendungsgebiete ab:

- schwerentflammbare Schutzbekleidung,
- geflochtene Dichtungspackungen und
- Reibbeläge und Dichtungen.

Naturgemäß kann bei einer neuen Faser wie der Polyimidfaser P 84 nicht erwartet werden, daß schon jetzt sämtliche Daten über Produkte vorliegen, die daraus gefertigt wurden. Wir haben jedoch versucht, bereits in einem sehr frühen Stadium mit führenden Verarbeitern in Kontakt zu kommen, und das bisher eingetroffene „Feed-back“ ist sehr ermutigend. Bevor ausgewählte Anwendungsbeispiele vorgestellt werden, seien die bisher entwickelten Polyimidfasertypen vorgestellt:

- gekräuselte, avivierte Stapelfaser in den Standardtitern 1,7, 2,2 und 3,3 dtex,
- Endlosfilamentgarne, aviviert, mit Schutzdrall versehen, in 8 verschiedenen Garnstärken zwischen 200 dtex und 11.000 dtex,
- Stapelfasern und auch Endlosfilamentgarne können spinngefärbt geliefert werden; derzeit steht eine Palette von acht Standardspinnfärbungen zur Verfügung,
- Endlosfilamentgarne mit PTFE und Öl imprägniert (Gesamtiter 20.000 dtex),
- gemahlener P 84-Pulp ist als Versuchsprodukt erhältlich.

Schwerentflammbare Schutzbekleidung

Aufgrund der Eigenschaften Schwerbrennbarkeit, Unschmelzbarkeit, hohe Flexibilität und Geschmeidigkeit und hohe Bauschichtigkeit wurden in den letzten Jahren ausgedehnte Praxisversuche durchgeführt, welche heute bereits zu Anwendungen in Schutzanzügen (Abb. 8), Schutzhandschuhen (Abb. 9) und schwerentflammbarer Unterwäsche geführt haben. Bei diesen textilen Anwendungen spielt außerdem die Spinnfärbbarkeit eine große Rolle; die Lichtechtheiten der gefärbten Polyimidfasern liegen nach DIN 54 004 zwischen 6 und 8. Besonders hervorzuheben sind bei Schutzanzügen und Unterwäsche Fasermischungen mit Viscose FR-Fasern, wodurch eine hohe Schutzwirkung (Schutzklasse Sb nach DIN 66 083) mit optimalem Tragekomfort verbunden wird.

Da die Wasseraufnahmefähigkeit der Polyimidfasern - so wie bei den meisten Synthefasern - mit ca. 3 % bei 65 % rel. Luftfeuchte und 20° C begrenzt ist, bewerkstelligt der cellulosische Faseranteil die nötige Wasseraufnahme und führt zu hervorragenden Trageeigenschaften.

Geflochtene Dichtungspackungen

Hier kommen Polyimid-Endlosfilamentgarne mit Gesamttitern von 5.300 und 10.600 dtex zur Anwendung, welche, mit einem Schutzdrall versehen, bei Dichtungspackungsherstellern entweder trocken zu Stopfbuchspackungen geflochten werden oder mit verschiedenen Dispersionen getränkt, geflochten und getrocknet werden. Polyimidfasern sind wegen ihrer Thermostabilität und besonders guten Säurebeständigkeit und Dimensionsstabilität bei trotzdem gewährleisteter Flexibilität für diese Anwendung interessant. Als Neuheit ist in diesem Zusammenhang ein beim Faserhersteller mit PTFE imprägniertes Multifilamentgarn aus Polyimidfasern zu nennen, welches samt Ölauftrag einen Titer von 20 000 dtex aufweist. Dadurch werden die Gleiteigenschaften und die Chemikalienbeständigkeit der Garne weiter verbessert: So zeigt ein mit PTFE imprägniertes Polyimidfaser garn nach 700 Stunden Behandlung in Schwefelsäure (pH = 0) bei 95° C noch 65 % der Ausgangsfestigkeit.

In Abbildung 10 sind Stopfbuchspackungen aus Polyimidfasern (gelb bzw. blau gefärbt) in 100 % bzw. auch in Kombination mit PTFE-Fasern dargestellt.

Auch Streichgarne aus Polyimid-Stapelfasern mit Garnnummern in der Größenordnung von Nm 2 werden von Packungsher-

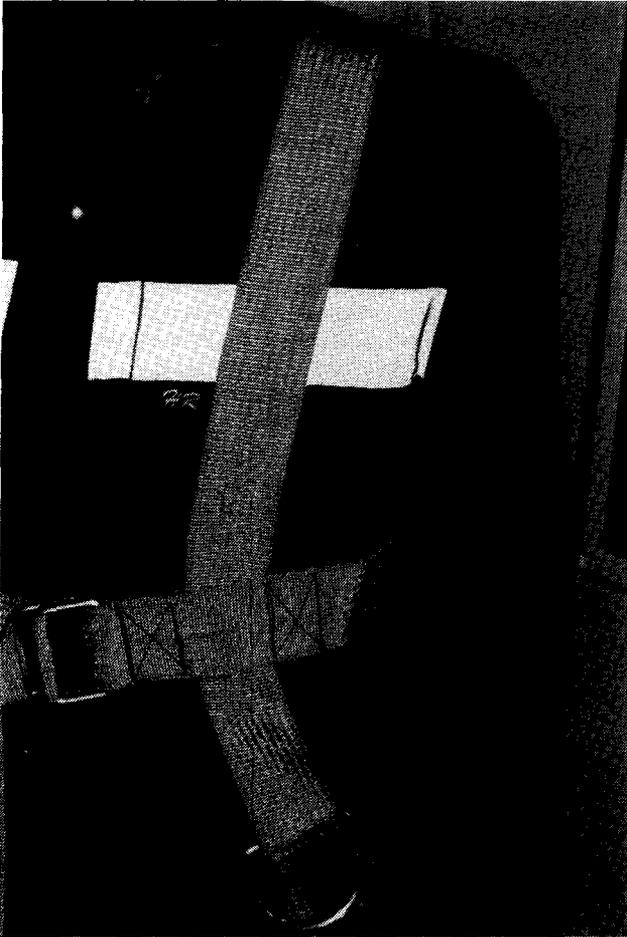


Abb. 8: Schutzanzug aus einer Mischung 33/67 % = P 84-Viscose FR
 Bindung: Atlas 4/1
 Flächengewicht: 275 g/m²
 Gurtmaterial: 100 % P 84-Filamentgarngewebe
 (Flächengewicht: 600 g/m²)

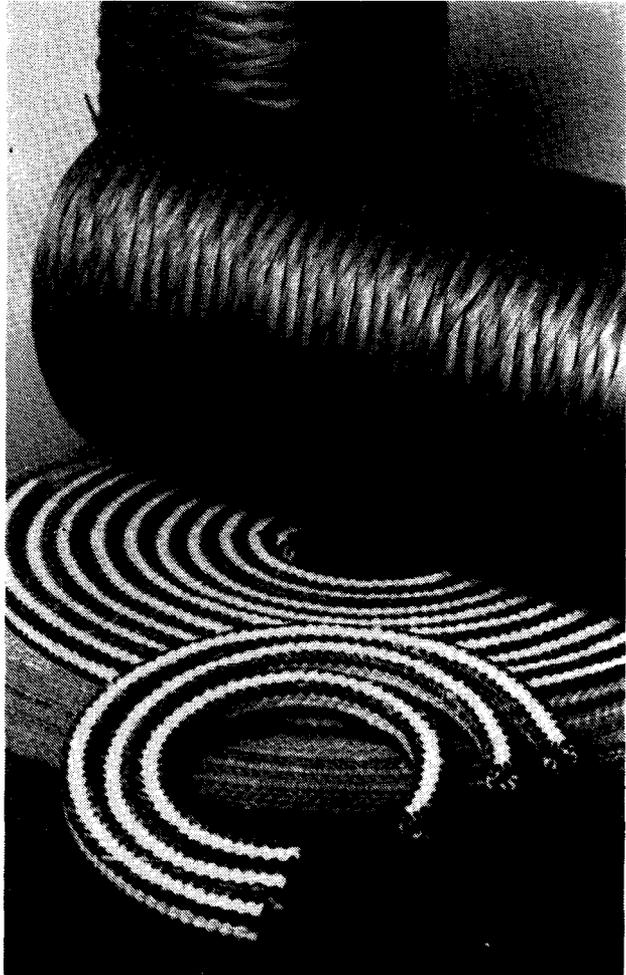


Abb. 10: Spule aus P 84-Endlosfilamentgarn mit PTFE und Öl imprägniert (20.000 dtex); Stopfbuchspackungen aus 100 % P 84 bzw. mit PTFE kombiniert



Abb. 9: Schutzhandschuhe aus 100 % P 84-Strickware (Flächengewicht: 800 g/m²)

stellern zu Flechtpackungen verarbeitet und mit PTFE-Dispersionen imprägniert.

Reibbeläge und Dichtungen

Hier sei lediglich erwähnt, daß seit kurzem als Versuchsprodukt Polyimidfasern in gemahlener Form (pulp) zur Verfügung stehen. Führende Anwender in Westeuropa beschäftigen sich aufgrund der hervorragenden Thermostabilität mit Polyimidfaser-pulp, und die Zukunft wird zeigen, ob auch hier diese neuen Fasern einen Platz als Asbestalternative einnehmen werden.

Aus Gründen der Vollständigkeit sei noch ein Zielmarkt erwähnt: Einsatz von Polyimidfasern in Stapelform zur Herstellung von Nadeln, welche anschließend zu Filtern konfektioniert und bei der Heißgasfiltration in verschiedensten Anlagen eingesetzt werden. Als Trägergewebe kommen sowohl Polyimid-Endlosfilamentgarngewebe oder andere Materialien, je nach Anforderungsprofil, in Frage.

Literatur

- 1) Ullmanns Encyklopädie der Technischen Chemie, Band 11, 4. Auflage (1976) 361
- 2) Cassidy, P.E.; Thermally Stable Polymers, Marcel Dekker, Inc. New York and Basel (1980) 15 ff
- 3) Critcheley, J.P., Knight, G.J., Wright, W.W.; Heat Resistant Polymers, Plenum Press New York and London (1983) 8
- 4) Troitzsch, J.; Brandverhalten von Kunststoffen, Carl Hanser Verlag München-Wien (1982) 38-44

Kohlenstoff-inkorporierte Viskosefasern

Dr. I. Marini, Dipl.-Ing. H. Růf, A. Wimmer,
Lenzing AG, Lenzing, Österreich
(New Fibres, Shirley Institut, Manchester, England)

Die Inkorporation von funktionellen Füllstoffen in Viskosefasern hat von allen Arten der Modifikation von Viskosefasern die größte Bedeutung. Beispiele dafür sind die Mattierung, die Spinnfärbung sowie die Flammhemmung.

Die Inkorporation von Kohlenstoff in Viskosefasern führt aufgrund der vielen verschiedenen Modifikationen dieses chemischen Elementes zu interessanten, neuen Fasermaterialien:

- Durch die Inkorporation von Farbruß erhält man schwarz spinngefärbte Viskosefasern mit hervorragenden Echtheiten (Farbechtheit, Reibechtheit, Lichtechtheit usw.).
- Die Inkorporation von elektrisch leitfähigem Ruß führt zu elektrisch leitfähigen Viskosefasern, welche gegenüber dem Standard um mehr als 5 Zehnerpotenzen leitfähiger sind. Die Fasern können entweder textil verarbeitet werden (Mischgewebe mit Polyester) oder nach Nonwovens-Technologien zu antistatischen Flächengebilden verarbeitet werden. Die bevorzugten Einsatzgebiete sind antistatische Schutzbekleidung, antistatische Arbeitsbekleidung, antistatische Bodenbeläge sowie antistatische Teppichrückenbeschichtung und antistatischer Teppichkleber.
- Durch die Inkorporation von Aktivkohle erhält man gasadsorptive Viskosefasern, welche in geruchsbindenden, antimikrobiellen Wundverbänden, in Schuheinlegesohlen, generell in Filtern und in speziellen Schutzbekleidungen eingesetzt werden können.
- Die Inkorporation von Graphit führt zu schmierfähigen Viskosefasern, welche für die Herstellung von Stopfbüchsenpackungen und Kurbelwellendichtungen eingesetzt werden.

Die aufgeführten Beispiele zur Inkorporation verschiedener Kohlenstoff-Modifikationen in Viskosefasern zeigen einmal mehr, daß mit Hilfe moderner Inkorporationstechnologie immer neue, funktionelle Füllstoffe in Viskosefasern eingebaut werden können.

The incorporation of functional filling agents in viscose fibres is the most important of all types of modification to viscose fibres. Examples of this are dulling, spin-dyeing as well as the adding of a flame resistant agent.

The incorporation of carbon in viscose fibres leads to interesting, new fibre materials due to the many different modifications of this chemical element:

- Due to the incorporation of colouring carbon black it is possible to acquire black, spun-dyed viscose fibres with excellent fastness properties (colour fastness, fastness to rubbing, fastness to light, etc.).
- The incorporation of electrically conductive carbon black leads to electrically conductive viscose fibres which are more than five powers of ten more conductive than the standard. The fibres can either be processed in the textile fashion (mixed fabrics with polyester) or according to non-woven technologies to form anti-static formations. The preferred fields of clothing application are anti-static protective clothing, anti-static working, anti-static flooring materials as well as anti-static coating for carpet backs and anti-static carpet bonding agents.
- By incorporating activated charcoal it is possible to get gas-adsorptive viscose fibres which can be used in odour-adsorbing, anti-microbial surgical bandages, in shoe inserts, in general in filters and in special protective clothing.
- The incorporation of black lead leads to lubricating viscose fibres which are used for the production of packing of stuffing boxes and crankshaft sealings.

The examples mentioned here for incorporating different carbon modifications in viscose fibres show once again that with the help of modern incorporation technology it is possible to add ever new, functional filling agents to viscose fibres.

Wie bekannt, werden Viskosefasern durch Verspinnen einer wäßrig-alkalischen Lösung von Cellulosexanthogenat in ein schwefelsaures Spinnbad erhalten. Auf diese Art und Weise werden heute weltweit ca. 3 Mio. Tonnen Viskosefasern, das entspricht ungefähr einem Zehntel des Gesamtwellfaserverbrauchs, hergestellt.

Zur Modifikation von Viskosefasern werden üblicherweise drei Wege beschrrieben:

- physikalische Modifikation,
- chemische Modifikation der faserbildenden Cellulosematrix,
- Inkorporation von funktionellen Füllstoffen.

Unter *physikalischer Modifikation* versteht man zum Beispiel unterschiedlichen Kräuselungsgrad sowie alle Arten der Querschnittsmodifikation. Neben dem herkömmlichen gelappten Querschnitt kommen bei den polynosischen Fasern und Modalfasern kreisrunde Querschnitte zur Anwendung. Darüber hinaus haben cellulosische Hohl- und Flachfasern bereits kommerzielle Bedeutung erlangt.

Die *chemische Modifikation der cellulosischen Fasermatrix* hat heute fast nur noch akademische Bedeutung. Zwei erwähnenswerte Technologien sind die Verarbeitung von chemisch modifizierten Zellstoffen zu Viskosefasern sowie die Pfropfpolymerisation von reaktiven Monomeren auf Viskosefasern. Diese beiden Wege konnten sich aufgrund von Prozeßschwierigkeiten und mangelhafter Reproduzierbarkeit der Ergebnisse nicht durchsetzen. Lediglich in Rußland wird die Acrylnitril gepfropfte Viskosefaser Mtilon angeboten.

Die Modifikation von Viskosefasern durch *Inkorporation von funktionellen Füllstoffen* hat sicherlich die größte Bedeutung. Voraussetzung für ein erfolgreiches Beschreiten dieses Weges ist, daß die funktionellen Füllstoffe entweder alkalilöslich und sauer fällbar oder noch besser in Säuren und Alkalien weitgehend unlösliche Feststoffe sind.

In diesem letzteren Fall sollen 98 % der Teilchen des funktionellen Füllstoffes eine Teilchengröße von $< 2 \mu$ aufweisen. Die Materialien werden bevorzugt in Form ihrer wäßrigen Dispersion unmittelbar vor der Spinndüse in die Viskose dosiert. Das Spektrum der mit funktionellen Füllstoffen modifizierten Viskosefasern ist sehr breit und hat bereits eine erhebliche kommerzielle Bedeutung erlangt. Einige wichtige Beispiele sind die Mattierung, die Spinnfärbung sowie die Flammhemmung von Viskosefasern.

Die Inkorporation von Kohlenstoff ist ein besonderes Thema, welches wir in der Folge etwas ausführlicher darstellen wollen.

Der Kohlenstoff ist ein chemisches Element, welches uns in vielen verschiedenen Modifikationen begegnet. Als funktioneller Füllstoff für Viskosefasern kommen die folgenden Kohlenstoffmodifikationen in die engere Wahl:

- Ruße,
- Aktivkohle,
- Graphit.

Wir wollen uns zunächst den *Rußen* zuwenden:

Die Ruße haben eine kugelförmige Gestalt und wurden deshalb früher für amorph gehalten. Röntgenographische Untersuchungen zeigten jedoch, daß die Rußteilchen eine mikrokristalline Feinstruktur aufweisen, wobei die Kristallite nahe der Oberfläche der Rußteilchen konzentrisch und im Innern der Rußteilchen regellos angeordnet sind. Ruße werden durch die folgenden Parameter charakterisiert:

- Primärteilchengröße (5 - 500 nm),
- Porosität (BET-Oberfläche : 10 - 1000 m²/g, wobei die großen Teilchen eine kleine und die kleinen Teilchen eine große BET-Oberfläche aufweisen),
- Überstruktur (Ausmaß von fest verwachsenen Aggregaten),
- Oberflächenchemie.

Die Oberflächenchemie ist primär durch den Produktionsprozeß vorgegeben. Man unterscheidet zwischen:

- Gasrußen und
- Furnacerußen.

Beim *Gasruß-Verfahren* erfolgt die Verbrennung unter Anwesenheit von einer genügend großen Menge an Sauerstoff, sodaß der an der Oberfläche einer mit Wasser gefüllten Walze niedergeschlagene Ruß große Anteile an meist sauren sauerstoffhaltigen, funktionellen Gruppen aufweist. Die mittlere Teilchengröße der Gasruße bewegt sich zwischen 10 und 30 nm.

Demgegenüber wird beim *Furnaceruß-Verfahren* mit sehr wenig Sauerstoff verbrannt und der Ruß aus den Verbrennungsgasen durch Eindüsen von Wasser niedergeschlagen. Die Furnaceruße enthalten nur wenige, meist basische sauerstoffhaltige, funktionelle Gruppen und weisen eine mittlere Teilchengröße von etwa 40 nm auf.

Allgemein werden an Rußen die folgenden sauerstoffhaltigen, funktionellen Gruppen festgestellt, wie es die Abbildung 1 zeigt.

Die sauren Gruppen sind den Gasrußen vorbehalten, während Pyronstrukturen bei den Furnacerußen festgestellt werden.

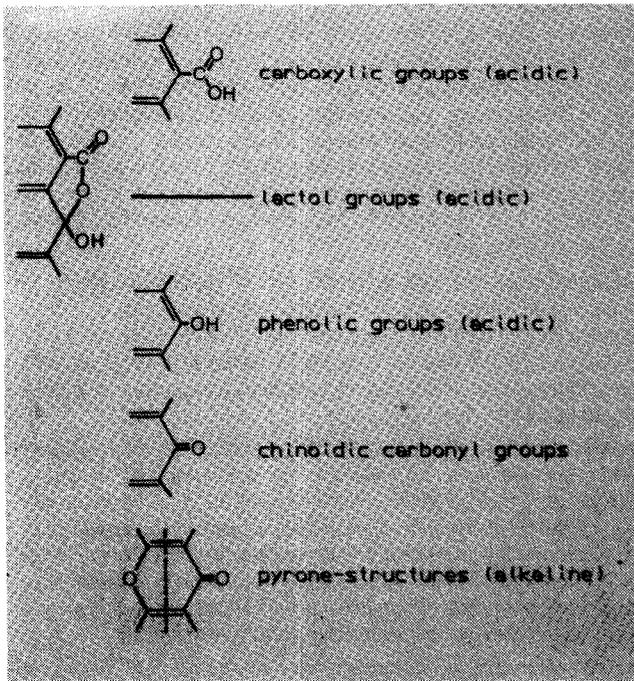


Abb. 1: Funktionelle Gruppen an Rußen

Die Oberflächenchemie der Ruße hat eine entscheidende Bedeutung für deren Dispergierbarkeit. Im Falle der Inkorporation in Viskosefasern ist eine ausreichende Dispergierbarkeit in Wasser erforderlich. Üblicherweise kommen 20 bis 40%ige Rußdispersionen unter Einsatz anionischer oder nichtionischer Dispergatoren zur Anwendung.

Wir wollen nun im speziellen auf jene beiden Rußtypen eingehen, welche für die Inkorporation in Viskosefasern besondere Bedeutung haben:

- Farbruße,
- elektrisch leitfähige Ruße.

Zur Herstellung von *schwarz spinngefärbten Viskosefasern* ist es notwendig, hinsichtlich Farbton und Farbtiefe eine optimale Rußtype auszuwählen. Feinteilige Ruße führen zu einem Blaustich, grobkörnige Ruße zu einem Braunstich. Bei der Herstellung der Rußdispersion ist darauf zu achten, daß die Rußteilchen so gut getrennt werden, daß sich Farbtiefe und Farbstärke optimal entwickeln können. Üblicherweise wird für schwarz spinngefärbte Viskosefasern ein alkalischer Furnaceruß mit einer Teilchengröße von ca. 30 nm eingesetzt. Es wird daraus eine ca. 35%ige Rußdispersion hergestellt, und diese in einer derartigen Menge in die Viskose dosiert, daß der Rußgehalt in der fertigen Viskosefaser ca. 3,5 % beträgt. Im Vergleich zum Standard weisen schwarz spinngefärbte Viskosefasern einen Faserfestigkeitsverlust von ca. 7 % auf. Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß schwarz spinngefärbte Viskosefasern im Vergleich zu badgefärbten Viskosefasern entscheidende Vorteile in der Farbechtheit, in der Reibechtheit, in der Lichtechtheit und in den sonstigen Echtheiten aufweisen (Abb. 2).

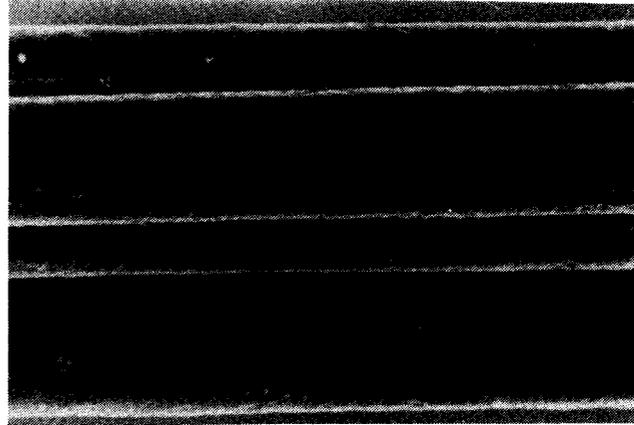


Abb. 2: Schwarz spinngefärbte Viskosefasern

Zur Herstellung von *elektrisch leitfähigen Viskosefasern* werden elektrisch leitfähige Ruße eingesetzt. Die Leitfähigkeit von Rußen steigt mit abnehmender Teilchengröße, zunehmender Porosität und zunehmender Struktur, d.h. mit zunehmender Aggregatgröße. Darüber hinaus enthalten elektrisch leitfähige Ruße nur wenig gebundenen Sauerstoff, da dieser die elektrische Leitfähigkeit empfindlich verringert. Zur Herstellung einer elektrisch leitfähigen Viskosefaser wird ein schwach alkalischer, elektrisch leitfähiger Ruß mit einer Primärteilchengröße von ca. 20 nm eingesetzt. Das besondere Know-how bei der Herstellung von elektrisch leitfähigen Viskosefasern liegt in der Herstellung der Rußdispersion sowie in der Verweilzeit derselben in der Viskose bis zur Verspinnung und in der Scherbeanspruchung der rußinkorporierten Spinnviskose.

Die elektrisch leitfähige Viskosefaser *Lenzing Viscostat* enthält ca. 30 % elektrisch leitfähigen Ruß. Dies führt im Vergleich zu Normalviskosefasern zwar zu einem Festigkeitsverlust von ca. 50 %, erhöht aber deren Leitfähigkeit um fünf Zehnerpotenzen (Abb. 3).

Fasertypen:

- für den textilen Bereich: 3,3 dtex/40 mm
3,3 dtex/60 mm
- für Nonwovens: 8,9 dtex/80 mm
17,0 dtex/80 mm

Fasereigenschaften:

- Festigkeit kond. (cN/tex): 10 - 12
- Dehnung kond. (%): 20 - 30
- Gehalt an elektrisch leitfähigem Ruß (%): ca. 30
- Durchgangswiderstand nach DIN 54345, Teil 1 (Ohm): ca. 8×10^3
- Dauertemperaturbeständigkeit (Grad C): 140

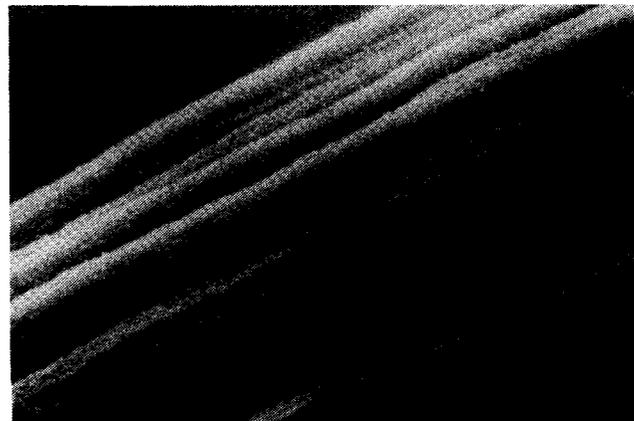


Abb. 3: Leitfähige Viskosefasern (Lenzing Viscostat)

Die kettenförmige Anordnung des Rußes im Faserquerschnitt sorgt für durchgehende Leitfähigkeit über die Faserlänge. Der Einbau des Rußes in der Fasermasse gewährleistet konstante elektrische Eigenschaften während des Gebrauches. Es tritt keine Beeinflussung durch oberflächliche Abtragung auf, wie dies etwa bei einer beschichteten Faser möglich ist. Eine Verschlechterung der Leitfähigkeit im Laufe von Waschvorgängen wurde im Unterschied zu antistatischen Ausrüstungen bei Einsatz von Viscostat-Fasern nicht festgestellt. Die textile Verarbeitbarkeit von Viscostat-Fasern ist jener von Metallfasern deutlich überlegen.

Welche Probleme können mit Hilfe der Viscostat-Faser gelöst werden ?

Synthesefasern, wie Polyester, Polyamid und Polypropylen, weisen bei all ihren bekannten guten mechanischen Eigenschaften einen wesentlichen Nachteil auf: sie neigen zu elektrostatischer Aufladung. Elektrische Ladungen entstehen durch Reibung zweier isolierender Stoffe aneinander. Vorzeichen und Höhe der Ladung hängen von den Reibpartnern ab (elektrostatische Spannungsreihe). Cellulosefasern und Wolle gelten infolge ihrer hohen Feuchtigkeitsaufnahme als antistatisch; Probleme können im Winter in zentralgeheizten Räumen auftreten, wo die relative Luftfeuchtigkeit häufig unter 40 % sinkt.

Statische Aufladung macht sich bei Deko-Geweben als erhöhte Verstaubungsneigung, bei der Bekleidung als sogenannte „cling“-Eigenschaft (Haften von Kleidungsstücken aneinander) sowie in der plötzlichen elektrischen Entladung bemerkbar. Dies geschieht meist beim Begehen eines isolierenden Bodenbelages und anschließender Berührung eines metallischen Gegenstandes, z.B. einer Türschnalle.

Funkenbildung als Folge elektrostatischer Aufladung bedeutet erhöhtes Risiko bei der Handhabung brennbarer Gase, Flüssigkeiten und Stäube. Die mittels Reibung erzielbaren hohen Spannungen können zu Beschädigung von Halbleiterbauteilen in der Elektronikindustrie bzw. zu Funktionsstörungen von EDV-Anlagen führen.

Wie verhindert die Viscostat-Faser eine elektrische Aufladung? Die Zumischung von Viscostat-Fasern zu Geweben bzw. Vliesen verhindert den durch Reibungsvorgänge verursachten Aufbau elektrischer Ladungen, und zwar einerseits durch Corona-Entladung an die Luft, andererseits durch Ladungsabtransport an geerdete Gegenstände. Die Corona-Entladung ist die gefahrlose Ableitung der Ladung an die Luft, wobei diese an den Enden der Viscostat-Faser ionisiert wird.

Welche Anforderungen werden an antistatische Textilien gestellt? Der Hauptverband der deutschen gewerblichen Berufsgenossenschaften empfiehlt für Schutzbekleidung in explosionsgefährdeten Räumen ein Gewebe mit einem Oberflächenwiderstand von $< 10^9$ Ohm (DIN 54345, Teil 1). Die Ladung sollte hierbei nicht über 50 nCb (DIN 54345, Teil 4) betragen, um sicher unter der Zündenergie leicht brennbarer Gase (0,1 - 0,3 mJ) zu liegen.

Für antistatische textile Bodenbeläge im Objektbereich werden Personenaufloadungen von maximal 2 kV vorgeschrieben, im EDV-Bereich soll zusätzlich der Erdableiterwiderstand 10^6 Ohm nicht übersteigen.

Unter Einsatz von Viscostat-Fasern haben wir im textilen und nichttextilen Einsatzbereich folgende Ergebnisse erzielt:

Textiler Einsatzbereich

Garne mit Viscostat-Fasern

Garne mit geringem Anteil an Lenzinger Viscostat (1 - 3 % intimgemischt) werden im allgemeinen zu 100 % im Gewebe als Kette bzw. Schuß eingesetzt.

Garne mit einem höheren Mischungsanteil (10 - 25 % intimgemischt) werden je nach Anforderung systemgemischt im Gewebe verwendet.

Garne, welche Viscostat-Fasern enthalten, weisen je nach dem Mischungsanteil folgende elektrische Eigenschaften auf:

Garn Nm 40 Polyester/Viscostat 3,3 dtex / 60 mm	Durchgangswiderstand nach DIN 54345, Teil 1 (Ohm)	Widerstand pro 10 cm Garnlänge (Ohm)
98 % Polyester 2 % Viscostat	ca. 2×10^8	ca. 4×10^{10}
95 % Polyester 5 % Viscostat	3×10^5	ca. 1×10^{10}
90 % Polyester 10 % Viscostat	2×10^4	2×10^6
80 % Polyester 20 % Viscostat	6×10^1	1×10^6

Gewebe mit Viscostat-Fasern:

Leichtes Gewebe für Labormäntel u.ä.:

- Garn: Kette und Schuß Nm 34 66 % Polyester
32 % Modal
2 % Viscostat
3,3 dtex/60 mm
- Flächengewicht: 150 g/m²
- Konstruktion: Leinwandbindung
Kette: 280 Fäden/10 cm
Schuß: 170 Fäden/10 cm
- Durchgangswiderstand (nach DIN 54345, Teil 1): 7×10^3 Ohm
- Oberflächenwiderstand (nach DIN 54345, Teil 1): 2×10^5 Ohm
- Aufladung bei Reibmaterial Polyamid (nach DIN 54345, Teil 4): - 4,6 nCb
- Aufladung bei Reibmaterial Polyester (nach DIN 54345, Teil 4): + 8,6 nCb

Dieses Gewebe wurde ausgerüstet und 25 Wäschen unterzogen. Die antistatischen Eigenschaften wurden dadurch nicht beeinträchtigt.

Anzahl der Wäschen	Durchgangswiderstand (DIN 54345, Teil 1, Ohm)	Oberflächenwiderstand (DIN 54345, Teil 1, Ohm)
0	$1,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$
1	$1,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$
2	$1,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$
3	$1,7 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$
15	$1,4 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^5$
20	$1,4 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^5$
25	$1,5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^5$

Nonwovens

Es wurde ein Nadelvliessteppich folgender Konstruktion hergestellt:

- Laufschiicht: 68 % Polyamid 134,0 dtex/80 mm
29 % Polyamid 17,0 dtex/80 mm
3 % Viscostat 8,9 dtex/80 mm
Flächengewicht: 640 g/m²
- Basisschiicht: Polyesterspinnvlies
Flächengewicht: 550 g/m²
- Chemische Ausrüstung: gepflatscht mit SBR-Latex

Es wurden folgende elektrische Prüfergebnisse erzielt:

- Durchgangswiderstand (DIN 54345, Teil 1): 5×10^6 Ohm
- Oberflächenwiderstand (DIN 54345, Teil 1): 5×10^6 Ohm
- Elektrostatische Aufladung (ÖNORM 1419, Teil 3): - 0,26 kV
- Elektrostatische Aufladung (ÖNORM 1419, Teil 3) nach Stuhlrollenversuch (ÖNORM S 1414): - 0,51 kV

Wir wollen uns der *Inkorporation von Aktivkohle* in Viskosefasern zuwenden:

Aktivkohle wird aus Kohle oder aus kohlenstoffhaltigen Materialien wie Holz durch Gasaktivierung bzw. durch Verkohlung und gleichzeitige chemische Aktivierung erhalten. Bei der Gasaktivierung wird durch Einwirkung sauerstoffhaltiger Gase, wie Wasserdampf oder Kohlendioxid, bei Temperaturen von 800 bis 1000° C ein Teil des kohlenstoffhaltigen Ausgangsmaterials abgebaut, wodurch zahlreiche, außerordentlich feine Poren bzw. Spalten entstehen. Die chemische Aktivierung beruht auf der dehydratisierenden Wirkung verschiedener Chemikalien, z.B. Zinkchlorid oder Phosphorsäure, auf meist unverkohlte Ausgangsmaterialien bei einer Temperatur von 400 bis 1000° C. Nach Entfernen der Chemikalien bleibt das poröse und hochaktive Kohlenstoffgerüst des Rohstoffes erhalten.

Wesentliche Faktoren, die die *Adsorptionseigenschaften* einer Kohle bestimmen, sind das Porenvolumen, die Porengrößenverteilung und die Art der Oberflächenoxide. Bei der Porengröße unterscheidet man zwischen Mikroporen bis 20 Å, Übergangsporen zwischen 20 und 500 Å und den noch größeren Makroporen. Die große Oberfläche der Aktivkohle ist auf die Mikroporen zurückzuführen. Porenvolumen und Porengröße werden durch den Typ des Ausgangsmaterials und durch die Aktivierung beeinflusst.

Zur *Bestimmung der inneren Oberfläche* von Aktivkohlen werden folgende Meßmethoden verwendet:

- Stickstoff-Tiefentemperatur-Adsorption nach der BET-Methode,
- Tetrachlorkohlenstoff-Beladung in der Gasphase,
- Jodbeladung in wäßriger Phase.

Für die Herstellung der Aktivkohle enthaltenden Viscarbon-Faser wird eine Aktivkohle aus Kokosnußschalen mit besonders feinen Poren verwendet. Diese Aktivkohle muß zunächst sehr fein gemahlen und in Wasser gut dispergiert werden, um sie erfolgreich in Viskosefasern inkorporieren zu können (Abb. 4).

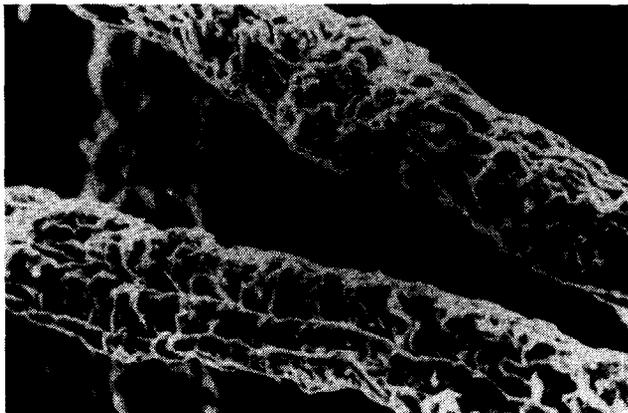


Abb. 4: Aktivkohle-inkorporierte Viskosefasern

Viscarbon-Fasern werden bevorzugt in der Type 3,3 dtex/50 mm geliefert und weisen folgende Faserdaten auf:

- Festigkeit kond. (cN/tex): 8 - 10
- Dehnung kond. (%): 16 - 20
- Gehalt an Aktivkohle (%): 30 - 35
- Spez. Oberfläche nach der BET Tief-temperatur-Stickstoffmethode (m^2/g): 150 - 180
- Tetrachlorkohlenstoff-Adsorption (g/g): 0,25
- Jodadsorption (g/g): 0,26

Mit Viscarbon steht eine Aktivkohle enthaltende Faser zur Verfügung, welche die hervorragenden Adsorptionseigenschaften der Aktivkohle auch dem textilen Anwendungsbereich zugänglich macht. Im Vergleich mit herkömmlichen Technologien zur Herstellung Aktivkohle enthaltender Flächegebilde bieten Viscarbon-Fasern folgende Vorteile:

- Verarbeitbarkeit auf textilen Maschinen,
- reduzierte Verschmutzung,
- Möglichkeit zur Herstellung lockerer Vliese mit guter Luft- und Wasserdampfdurchlässigkeit.

Daraus ergeben sich eine Reihe von Einsatzmöglichkeiten für Viscarbon-Fasern:

- Gasschutzanzüge,
- Aktivkohlematten zur industriellen Gasadsorption,
- Schuheinlegesohlen,
- geruchsabsorbierende und antimikrobielle Wundverbände, wie z.B. Rauscher Vliwaktiv.

Zum Abschluß wollen wir auf die *Inkorporation von Graphit* in Viskosefasern eingehen.

Die ausgezeichnete Gleit- und Schmierfähigkeit des *Naturgraphits* ist in der Technik bekannt und begehrt. hnlich wie in den zuvor genannten Beispielen besteht auch im Falle des Graphits der Wunsch, dessen besondere Eigenschaften auch in Faserform verfügbar zu haben, um mit Hilfe der Textiltechnologie neue Produkte herstellen zu können.

Durch die Inkorporation von 40 % Schmiergraphit mit einer Reinheit von 99,5 % in Viskose erhält man Fasern mit den folgenden Eigenschaften:

- Titer (dtex): 5,5
- Festigkeit kond. (cN/tex): ca. 12
- Dehnung kond. (%): ca. 17
- Graphitgehalt (%): ca. 40

Mit Hilfe dieser *graphitinkorporierten Viskosefasern* können Dichtungspackungen hergestellt werden, welche im Vergleich zu den herkömmlichen Dichtungspackungen aus reinen cellulosischen Fasern, wie z.B. Baumwolle oder Ramie, für einen deutlich umfangreicheren Einsatzbereich geeignet sind. Bei Abnutzung der Faser wird immer wieder frischer, unverbrauchter Graphit zur Schmierung freigegeben. Die Verteilung des Graphits in der Faser ist in der Abbildung 5 sehr gut sichtbar. Weitere Beobachtungen zeigten die unruhige und unregelmäßige Oberflächenstruktur der Faser mit dem schuppenförmigen, an der Oberfläche liegenden Graphit.

Bei der *Garnherstellung* aus dieser graphitinkorporierten Viskosefaser, welche prinzipiell nach allen bekannten Spinnverfahren möglich ist, ist zu beachten, daß der oberflächlich anhaftende Graphit beim Kardier- und Spinnprozeß verloren geht. Auf Grund der damit verbundenen Staubentwicklung empfiehlt es sich, diese Faser nur auf solchen Anlagen zu verarbeiten, welche mit einer Absaugvorrichtung ausgestattet sind.

Üblicherweise werden Garne in Nm 1,5 hergestellt. Diese werden anschließend meist unter Anwendung von Additiven, wie z.B. PTFE-Dispersionen, zu *Flechtschnüren* verarbeitet. Das PTFE erhöht die Dichtwirkung, verhindert auf Grund seiner hydrophoben Eigenschaften das Eindringen von wäßrigen Flüssigkeiten und wirkt zusätzlich als Gleitmittel.

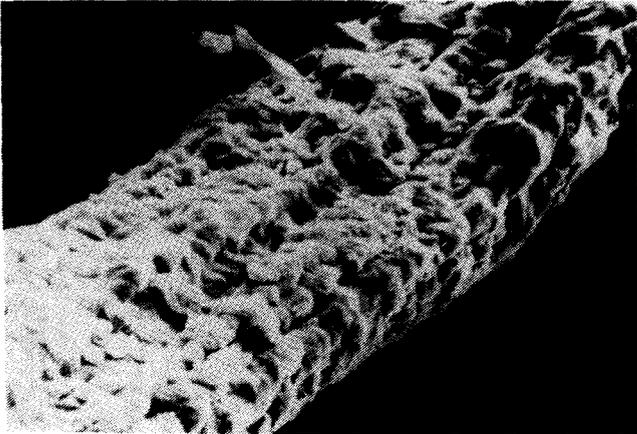


Abb. 5: Graphitinkorporierte Viskosefasern

Die Anwendungsbereiche derartiger Flechtschnüre sind:

- Stopfbüchsenpackungen,
- Kurbelwellendichtungen.

Stopfbüchsenpackungen aus graphitinkorporierten Viskosefa-

sern können bis zu einer Temperatur von 180 bis 200° C eingesetzt werden. Packungen aus dieser Faser sind in einem pH-Bereich von ca. 5 bis 9 einsetzbar. Sie werden also hauptsächlich zum Abdichten von Pumpen und Armaturen für Wasser, Salzlösungen, Ammoniak, schwach anorganischen und organischen Säuren, schwachen Laugen, Melasse, Pflanzenölen usw. eingesetzt. Auch zur Abdichtung von Gasen, wie z.B. Kohlendioxyd, Stickstoff, Wasserstoff usw., können graphitinkorporierte Viskosefasern mit Erfolg verwendet werden.

Das zweite wichtige Anwendungsgebiet für die graphitinkorporierte Viskosefaser sind *Kurbelwellendichtungen*. Derartige Dichtungen haben die Aufgabe, das Motoröl zurückzuhalten, wobei sehr gute Verschleißfestigkeiten für eine lange Lebensdauer gefordert sind. Kurbelwellendichtungen aus graphitinkorporierter Viskosefaser sind für Drücke bis zu 50 bar und Gleitgeschwindigkeiten bis zu 15 m/s einsetzbar.

Zusammenfassend sei vermerkt, daß die Inkorporation von verschiedenen Kohlenstoffmodifikationen in Viskosefasern zu neuen interessanten Fasern und in der Folge zu neuen Endprodukten führt. Eine der Stärken der Lenzing AG liegt sicherlich in der ausgeklügelten Inkorporationstechnologie, welche es erlaubt, ständig neue und interessante funktionelle Füllstoffe in Viskosefasern einzubauen.

Seit 1855 KORROSIONSSCHUTZ W. HÖHNEL LINZ



**Stahlbrandschutz
F30, F60, F90
auch im Freien
Betonsanierung**

A-4021 Linz/Donau, Bischofstraße 5
Tel. 0732/272606 Serie, Telefax DW 44, FS 02-1469
Postfach 202, Telegrammadresse: HÖHNEL KG
KORROSIONSSCHUTZWERK: LINZ, Zamenhofstraße 41
Eigene Abteilung für Malerei, Tapeten, Schilder

Die Normung aus der Sicht der Chemiefaserindustrie

Dr. G. Faltlhansl, Lenzing AG, Lenzing, Österreich
(26. ICT - Dornbirn 1987)

Am Beispiel der Prüf- und Kennwertnormen werden Forderungen aufgelistet, wie sie sich aus der Sicht der Industrie für eine ideale Norm darstellen. Gleichzeitig wird anhand von Beispielen aus der Praxis, die dem Bereich Brenn- und Brandverhalten von Textilien entstammen, aufgezeigt, daß viele Normen diesen Forderungen nicht entsprechen. Zur Verbesserung der Situation wird der Industrie eine intensivere Teilnahme an der Normungsarbeit vorgeschlagen.

As with test and specification standards a list of demands is compiled which represents industry's view of an ideal standard. At the same time, using examples from practical situations concerning the burning behaviour and fire behaviour of textiles, it is shown that many standards do not correspond to these demands. In order to improve this situation it is recommended, that industry take a more active role in standardization procedures.

1. Einleitung

Die Normungsarbeit kann unter den verschiedensten Blickwinkeln betrachtet werden. Im Folgenden soll versucht werden eine Darstellung dieser Tätigkeit aus der Sicht unserer Industrie zu geben.

Hierzu gleich eine Einschränkung. Aus der Vielzahl der verschiedenen Arten von Normen, die für das menschliche Zusammenleben heute unentbehrlich geworden sind, sollen nur zwei herausgegriffen werden, die im Rahmen dieses Vortragskreises am meisten interessieren. Es sind dies die Prüfnorm und die Kennwertnorm, wobei die Beispiele aus dem Gebiet der Brennbarkeit von Textilien gewählt wurden. Anhand dieser Normarten soll gezeigt werden welche Erwartungen die Industrie in diese Normen setzt, warum die existierenden Prüf- und Kennwertnormen sehr oft die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllen und wie durch aktive Beteiligung an der Normungsarbeit den Mängeln abgeholfen werden kann.

2. Allgemeine Forderungen

Zunächst also zu den allgemeinen Erwartungen, die in diese Normen gesetzt werden. Als Richtschnur kann hier dienen, wenn man sich das vor Augen hält, was mit ihnen bezweckt wird. Sie sollen einerseits

- als Grundlage von technischen Lieferbedingungen einen klaglosen Ablauf von Lieferungen ermöglichen und außerdem
- garantieren, daß in möglichst großen Wirtschaftsräumen einheitlich geprüft und bewertet wird.

Aus diesen Zielsetzungen lassen sich zunächst ganz allgemein folgende Forderungen an die Normen ableiten:

- 1) Eine möglichst weltweite Anerkennung
- 2) Verwendung einer international genormten Terminologie
- 3) Laufenden Anpassung an den Stand der Technik

2.1. Weltweite Anerkennung

Die Forderungen 1 und 3 verstehen sich eigentlich von selbst, doch ist man in der Realität gerade bei Prüf- und Kennwertnormen noch weit von diesem Ideal entfernt. Selbst in den Ländern der EG und der mit ihr assoziierten Staaten ist man noch nicht so weit, daß ganz allgemein Bescheinigungen von Prüfstellen eines Landes ohne zusätzliche Prüfungen auch in einem anderen Land anerkannt werden. Wie mühsam man hier vorankommt, soll die Prüfung des Brennverhaltens von textilen Bodenbelägen im EG-Raum illustrieren.

Anfang 1984 unterbreitete COMITEXTIL, der Dachverband der Textilindustrie in der EG, der EG-Kommission einen Vorschlag zur Vereinheitlichung der Prüf- und Auswertemethoden des Brennverhaltens von textilen Bodenbelägen, der als Empfehlung für eine EG-Direktive dienen sollte. Der Vorschlag sah die Verwendung der Methenamin-tablette und den Strahlungsschildtest vor. Die EG-Kommission war der Meinung, daß sich die Mitgliedsstaaten eher zu einer Übernahme dieses Klassifizierungssystems entschließen würden, wenn es nicht nur für textile Bodenbeläge, sondern für Bodenbeläge im allgemeinen gelten würde. Man besprach daher das System mit den Vertretern der Hersteller von Bodenbelägen aus Holz bzw. aus Kunststoff. Wie üblich waren die einen dafür, die anderen dagegen. Die Regierungen der EG-Staaten verhalten sich bisher zurückhaltend. Um in dieser Situation zumindest eine gewisse gegenseitige Anerkennung von Prüfzeugnissen zwischen den Mitgliedsstaaten zu erreichen, hat die EG-Kommission eine neue Studie in Auftrag gegeben, die die in den Mitgliedsländern bereits geltenden Vorschriften nach folgenden Gesichtspunkten untersuchen sollte:

- Welche Staaten könnten die Prüfzeugnisse von einem bestimmten Staat direkt anerkennen, weil die Bedingungen in diesem Staat ohnedies härter sind?
- Welche Staaten müßten zusätzliche Prüfungen durchführen?
- Zwischen welchen Staaten ist keinerlei Übereinstimmung möglich?

Vorteil dieser Vorgangsweise ist, daß die Staaten einstweilen ihre nationalen Prüfmethode bei gegenseitiger Anerkennung kompatibler Methoden beibehalten könnten. Nur in einzelnen Ländern müßten ergänzende Tests ausgearbeitet werden.

Als nächsten Schritt denkt man an die Ausarbeitung einer europäischen Norm, z.B. auf Basis des COMITEXTIL-Vorschlages. Die Europannorm wäre sicher das Ideal, vor allem, weil sie von den CEN-Mitgliedsländern übernommen werden müßte (die Betonung liegt auf dem Muß - wir kommen später darauf noch zu sprechen), aber auch hier ist der Weg zur Einigung nicht einfach.

Inzwischen müssen Hersteller von textilen Bodenbelägen in der EG noch immer ihre Produkte sowohl in ihrem eigenen Land wie auch in den Ländern, in die sie exportieren wollen, prüfen lassen. Dies bedeutet nicht nur beträchtlich höhere Prüfkosten, es kann auch bedeuten, daß der Auftrag verloren geht, weil man wegen Verzögerung durch die zusätzlichen Prüfungen nicht rechtzeitig anbieten konnte.

Die Forderung nach möglichst weltweiter Anerkennung von Normen schließt natürlich den Wunsch mit ein, daß es zur Beurteilung einer Eigenschaft im Idealfall nur eine einzige Prüfmethode geben sollte und nicht eine Vielzahl von Methoden, die oft nur geringfügig voneinander abweichen. Ein klassisches Beispiel für diesen Mißstand ist der Brennbarkeitstest von textilen Flächengebilden mit senkrechter Probenanordnung. Die Tabelle 1 zeigt eine Auswahl verschiedener Prüfmethode, zu denen sich mühelos noch einmal so viele finden ließen, wollte man wirklich alle wichtigen Industriestaaten einschließen. Daß so ziemlich jeder Staat eine Prüfnorm für das Brennverhalten von Textilien mit der kritischen vertikalen Probenanordnung hat, ist zu begrüßen. Sie wollen auch alle so ziemlich dasselbe bestimmen, nämlich ob das Material nach einer bestimmten Beflammungsdauer weiterbrennt, wie lange es dies tut, mit welcher Geschwindigkeit dabei die Flamme nach oben wandert und wieviel von dem Material dabei zerstört wird. Schlimm dabei ist nur, daß sie es alle auf eine geringfügig andere Art machen, so daß man nie sicher ist, daß die Ergebnisse zweier auch sehr ähnlicher Methoden einander wirklich entsprechen. Daß es so normungsfreudige Nationen wie die USA gibt, die, dem eigentlichen Sinn der Normung zuwiderhandelnd, gleich mehr als ein halbes Dutzend genormter Senkrechttests kennen, macht die Sache nicht einfacher. Die Tabellen 2 und 3 zeigen die Unterschiede zwischen diesen Methoden von der Mustergröße bis zu den Zündbedingungen. Bei den letzteren hat man die Qual der Wahl zwischen verschiedenen Brenntypen, Brenngasen, Flammenlängen, Abständen des Brenners vom Prüfling, Kanten- oder Flächenbeflammung und anderes mehr.

Dazu kommt noch, daß man die Proben verschieden konditionieren kann, sie vor der Prüfung waschen oder chemisch reinigen kann, von den verschiedenen Arten der Auswertung der Ergebnisse ganz zu schweigen. Es versteht sich, wenn man diese Vielzahl von Parametern permutiert und mit etwas Nationalstolz kombiniert, daß man leicht einen so simplen Test wie die 90 Grad-Brennprüfung zu ein paar Dutzend nationaler Varianten ausbauen kann. Wenn es letztendlich dann doch nicht so viele werden, dann liegt es daran, daß verschiedene Normungsgremien tüchtig voneinander abschreiben. Leider scheinen sie sich dann doch immer etwas zu genieren und versuchen sich in eigener Kreativität, wobei sie vergessen, daß - zum Unterschied von dem, was in der Schule gilt in der Normungsarbeit Abschreiben durchaus eine Tugend ist, die in noch weit größerem Maße gepflegt gehörte, als es getan wird.

Kehren wir nun zu unseren Forderungen zurück. Weniger selbstverständlich als die bisher besprochene Forderung nach möglichst weltweiter Anerkennung erscheint vielleicht die Forderung nach einer internationalen Terminologie, weil heute schon in vielen Normen die verwendeten Begriffe definiert werden.

Aber gerade darin liegt eben die Gefahr der Begriffsverwirrung, wenn es schon auf nationaler Ebene jedem einzelnen Normenausschuß überlassen bleibt, die verwendeten Begriffe selber zu definieren. Von internationalen Begriffsvergleichen ist hier ganz zu schweigen, weil dabei noch die Schwierigkeit der Sprachverschiedenheit dazukommt. Wo internationale Terminologienormen vorhanden sind - und solche gibt es tatsächlich, wenn man sich auch nicht immer an sie hält -, sollte diesen auf alle Fälle der Vorzug gegeben werden. Wo diese nicht existieren, sollte ihre Erstellung angestrebt werden. Diskussionen über Terminologie werden oft als etwas akademisch belächelt, doch wer einmal erlebt hat, wieviel Zeit damit vergeudet werden kann bis ein Mißverständnis aufgeklärt ist, das nur aufgrund verschiedener Begriffsinhalte zustandekam, der wird den Wert von klar definierten Begriffen zu schätzen wissen. Daß man selbst bei der Verwendung von genormten Terminologien, die von Experten erarbeitet wurden, vorsichtig sein muß, weil anscheinend auch zwischen den Experten noch Meinungsverschiedenheiten bestehen, soll im folgenden Beispiel gezeigt werden.

2.2. International genormte Terminologie

Die Terme „Brennverhalten“ und „Brandverhalten“ werden schon im Deutschen nicht immer sauber auseinandergelassen. Mit „Brennverhalten“ wird das Verhalten des Materials bei einem Brennversuch, bei dem nur das Prüfmaterial selber gezündet wird, bezeichnet.

Mit „Brandverhalten“ meint man das Verhalten des Materials bei einem Brand, bei dem auch andere Materialien in das Brandgeschehen eingreifen und auch ganz andere Umgebungsbedingungen herrschen. DIN 50.060, eine Norm, die Begriffe im Zusammenhang mit Brand- und Brennverhalten definiert, gibt in lobenswerter Weise nicht nur die deutschen Benennungen, sondern auch gleich die englischen und französischen Ausdrücke mit an. Dabei stützten sich die Autoren dieser DIN bei den fremdsprachigen Ausdrücken auf eine Begriffsliste, die von einer bestimmten ISO-Arbeitsgruppe erstellt wurde. Vergleicht man nun die englischen und französischen Ausdrücke für Brenn- und Brandverhalten aus DIN 50.060 mit einer anderen Terminologienorm, die ebenfalls aus der ISO stammt, (ISO 4880), so findet man zwar für Englisch eine Übereinstimmung, nicht aber für Französisch. Das wäre an sich noch nicht so schlimm. Gefährlich ist aber, daß je nach verwendeter Norm *derselbe* französische Ausdruck einmal Brenn- und einmal Brandverhalten bedeuten kann. Die nachstehende Gegenüberstellung zeigt das noch klarer:

Tabelle 1: 90° Brennprüfungen

NR.	LAND	NORM	JAHR
1	Australien	AS 1176, Teil 2	1976
2	Deutschland (BRD)	DIN 54.336	1986
3	Frankreich	NF G 07-183 (ISO 6941)	1985
4	Irland	IS 128	1964
5	Italien	UNI 8121	1980
6	Japan	JIS L 1091	1973
7	Kanada	CAN / CGSB-4.2-M 77, Method 27.1	1977
8	Kanada	CAN / CGSB-4.2-M 77, Method 27.3	1977
9	Österreich	ÖNORM S-1450	1979
10	Rumänien	STAS 8205	1967
11	Schweden	SIS 650.082	1966
12	Schweiz	SNV 198.898	1977
13	U K	BS 2963	1958
14	U K	BS 3119	1959
15	U K	BS 5438 / Test 3	1976
16	Ungarn	MSZ 13556/2-74	1974
17	U S A	NFPA 701, Sec. 31-2, Large Test	1977
18	U S A	NFPA 701, Sec. 31-2, Small Test	1977
19	U S A	FTMS 191 Method 5903.2	1971
20	U S A	FTMS 191 Method 5905	1971
21	U S A	DOC FF 3/71	1971
22	U S A	DOC FF 5/74	1974
23	U S A	ASTM D 3659	1980
24	U S S R	GOST 11 209 Punkt 3.9	1972
25	ISO	ISO 6941	1984

Tabelle 2: Anzahl und Größe der Prüfproben bei 90° Brennprüfungen

NR.	NORM	Anz. d. Prüfproben	GRÖSSE	
			Länge (cm)	Breite (cm)
1	AS 1176, Teil 2	8	70,0	5,0
2	DIN 54.336	20	34,0	7,5
3	NF G 07-183 (ISO 6941)	20	45,0	12,0
4	IS 128	6	183,0	4,0
5	UNI 8121	20	34,0	10,4
6	JIS L 1091	10	30,0	7,0
7	CAN CGSB-4.2-M 77, Method 27.1	6	31,5	5,0
8	CAN CGSB-4.2-M 77, Method 27.3	10	76,0	5,0
9	ÖNORM S-1450	20	44,0	10,4
10	STAS 8205	10	15,0	6,0
11	SIS 650.082	6	31,8	5,1
12	SNV 198.898	20	29,0	10,5
13	BS 2963	6	183,0 (40,0)	4,0
14	BS 3119	6	31,8	5,1
15	BS 5438 / Test 3	6	67,0	17,0
16	MSZ 13556/2-74	6	32,0	5,0
17	NFPA 701, Sec. 31-2, Large Test	10	25,4	7,0
18	NFPA 701, Sec. 32-2, Small Test	10	213,4	12,7
19	FTMS 191 Method 5903.2	10	30,5	7,0
20	FTMS 191 Method 5905	10	30,5	7,0
21	DOC FF 3/71	5	25,4	8,9
22	DOC FF 5/74	5	25,4	8,9
23	ASTM D 3659	5	38,1	6,0
24	GOST 11 209 Punkt 3.9	5	10,0	5,0
25	ISO 6941	6	56,0	17,0

	Brennverhalten		Brandverhalten	
	Englisch	Französisch	Englisch	Französisch
DIN 50.060 (nach ISO/TAG5)	Burning behaviour	Comportement au feu	Fire behaviour	Comportement dans un in- cendie
ISO 4880	Burning behaviour	Comportement lors d'une combustion	Fire behaviour	Comportement au feu

2.3. Anpassung an den Stand der Technik

Nun noch ein Wort zur Forderung, daß Normen laufend an den neuesten Stand der Technik anzugleichen sind. Bei der Nennung des Begriffes „Norm“ denkt man unwillkürlich an etwas Grundlegendes, Festes und daher für lange Zeiten Geltendes. So starr sollen die hier betrachteten Normen aber nicht sein. Wir wünschen sie uns im Gegenteil höchst flexibel und anpassungsfähig an die notwendigen Veränderungen, die sich durch neue Produkte und deren besondere Eigenschaften ergeben. Wenn man das Brennverhalten textiler Bodenbeläge oder von Bettwäsche, von Produkten also, die doch nur horizontal verwendet werden, mit einem Senkrechtest prüft, nur weil dieser schon vorhanden ist, statt einer geeigneteren Test zu entwickeln, so erscheint mir dieses Festhalten am Vorhandenen reichlich übertrieben.

Tabelle 3: Zündbedingungen bei 90° Brennprüfungen

Nr.	Norm	Brennertyp bzw. innerer Düsendurchmesser (mm)	Brennerneigung zur Horizontalen (°)	Brenngas	Flammenlänge (cm)	Abstand Brenner von Probe (cm)	Probenlänge in Flamme (cm)	Beflammungsdauer (s)	Kanten- od. Flächenbeflammung
1	AS 1176 / Teil 2	7 Keramikdüsen	60	Wasserstoff	4,0	2,0	?	5	Kante
2	DIN 54.336	Kleinbrenner 3	60	Propan	4,0	2,0	2	3 u. 15	Kante
3	NF G07-183 (ISO 6941)	Kleinbrenner 3	60	Propan od. Butan	4,0	1,7 / 0,2	? / 2	5 od. 15	Fläche/ Kante
4	IS 128 (BS 2963)	Bunsenbrenner 9	90	?	4,0	2,5	1,5	12	Kante
5	UNI 8121 (CSE-RF 1/75)	Kleinbrenner 3	45	43,8 - 47,9 MJ/kg	4,0	1,8	2	12	Kante
6	JIS L 1091	? 9,5	?	Stadtgas	?	?	?	12	?
7	CAN / CGSB-4.2-M77 Method 27.1	Bunsenbrenner ?	?	Stadtgas	4,0	?	?	12	Kante
8	CAN / CGSB-4.2-M77 Method 27.3	Bunsenbrenner ?	?	Stadtgas	1,5	?	?	Bis zur Zündung	Kante
9	ÖN S-1450	Kleinbrenner 3	45	Propan od. Butan	4,0	-	2,0	3 u. 15	Kante
10	STAS 8205	Bunsenbrenner ?	?	Propan	?	?	?	6 bis 16 (je nach g/m ²)	?
11	SIS 650 082	Bunsenbrenner 9	90	?	3,8	1,9	1,9	12	Kante
12	SNV 198 898	Kleinbrenner 3	60	Propan 46 MJ/kg	4,0	2,0	2	3 u. 15	Kante
13	BS 2963	Bunsenbrenner 9	90	?	4,0	2,5	1,5	12	Kante
14	BS 3119	Bunsenbrenner 9	90	?	3,8	1,9	1,9	12	Kante
15	BS 5438/Test 3	Horizontalrohrbrenner 3	0	Butan	4,5	1,7	?	10	Fläche (4,5 cm über Kante)
16	MSZ 13 556/2-74	Bunsenbrenner 9	90	Stadtgas	6,0	4,0	2,0	12	Kante
17	NFPA 701 Sc. 31-2 Large Test	Bunsenbrenner 9,5	65	800 - 1000 BTU/cft	27,9	10,2	18	120	Kante
18	NFPA 701 Sc. 31-2 Small Test	Bunsenbrenner 9,5	65	800 - 1000 BTU/cft	3,8	1,9	1,9	12	Kante
19	FTMS-191 Method 5903.2	Bunsenbrenner 9,5	90	Mischung 540 BTU/cft	3,8	1,9	1,9	12	Kante
20	FTMS-191 Method 5905	Fisher Brenner ?	90 od. 0	Butan	7,6	3,8	3,8	12	Kante
21	DOC FF 3/71	Bunsenbrenner 11	65	Methan	3,8	1,8	2,0	12	Kante
22	DOC FF 5/74	Bunsenbrenner 11	65	Methan	3,8	1,8	2,0	12	Kante
23	ASTM D 3659	Modifizierte Brenneröffnung	90	Methan	3,8	0 ?	3,8 ?	3	Kante
24	GOST 11 209 / 3,9	?	90	Stadtgas	4,5	2,5	2,0	20-30	Kante
25	ISO 6941	Kleinbrenner 3	0/60	Propan od. Butan	4,0	1,7 / 2,0	?/2	5 od. 15	Fläche/ Kante

3. Spezielle Forderungen an Prüfnormen

Was nun im besonderen die Prüfnormen betrifft, so sind folgende Forderungen zusätzlich zu stellen:

- 1) Ausreichende Präzision
- 2) Vertretbarer technischer Aufwand
- 3) Genaue Verfahrensbeschreibung
- 4) Ausreichend gute Simulierung der zu prüfenden Eigenschaft durch das Prüfverfahren.

3.1. Präzision

Der Laie, der von einer genormten Prüfmethode hört, stellt sich darunter sicher etwas besonders Präzises vor. Das mag für manche Methoden auch zutreffen, doch über den Grad der Präzision schweigt sich die Mehrheit der Prüfnormen diskret aus. Unter Präzision einer Prüfmethode versteht man das Ausmaß der Übereinstimmung zwischen Ergebnissen wiederholter Prüfungen. Werden die Prüfungen innerhalb eines Labors wiederholt, so spricht man von Wiederholbarkeit, vergleicht man hingegen Ergebnisse verschiedener Labors, so spricht man von Vergleichbarkeit. Mit diesen Werten kann man den Nachweis erbringen, daß in einem Labor normgerecht geprüft wird. Man kann das Prüfergebnis einer Materialprobe auf Übereinstimmung mit einem bestimmten, vorgegebenen Wert prüfen, oder man kann Prüfergebnisse von derselben Materialprobe vergleichen, die in verschiedenen Labors, z.B. Lieferanten und Abnehmer, ermittelt wurden. Es sind dies Möglichkeiten von großer praktischer Bedeutung, an denen jeder Anwender einer Prüfnorm brennend interessiert sein sollte. Und doch fehlen in den meisten Prüfnormen konkrete Angaben über die Präzision der beschriebenen Methode, und man überläßt es interessierten Labors, in eigenen Ringversuchen Werte für die Präzision selber zu bestimmen. Für die Bestimmung der Präzision gibt es heute sogar schon genormte Vorgangsweisen, von denen mancher zu bequemeren Auswertung der Ergebnisse bereits ein Rechnerprogramm mitliefern. Es bleibt daher unverständlich, warum in Normungskreisen von dem Angebot der Statistiker so wenig Gebrauch gemacht wird. Vielleicht liegt es einfach an der allgemeinen Ungeliebtheit der Statistik und ihrer Methoden. Trotzdem bleibt die Forderung nach Angabe der Präzision in Prüfnormen aufrecht, denn erst sie ermöglicht eine sinnvolle Auswertung der erhaltenen Prüfergebnisse.

3.2. Technischer Aufwand

Das Wissen um die Präzision einer Prüfmethode bildet auch die Grundlage zur Erfüllung der Forderung, daß sich der technische Aufwand in Grenzen hält und daß die Methode ausreichend genau beschrieben ist. Eine Methode, die verschiedene Interpretationen von Details zuläßt, zeigt dies nämlich durch mangelnde Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Labors an. Der notwendige technische Aufwand andererseits läßt sich schon bei der Bestimmung der Wiederholbarkeit in einem Labor abschätzen. Nur die Notwendigkeit einer ausreichenden Wiederholbarkeit kann es z. B. rechtfertigen, wenn in einer Norm zur Prüfung der Schutzwirkung eines Textils vor der Wärme eines geschmolzenen Metalls das Ausgießen der Metallschmelze mit einer konstanten Drehgeschwindigkeit des Tiegels von 37 Grad pro Sekunde vorgeschrieben wird. Dies erfordert nämlich eine komplizierte elektronische Steuerung, wo doch andererseits der Tiegel geadesogut per Hand ausgeleert werden könnte. Präzision und damit technischer Aufwand dürfen aber nicht zum Selbstzweck werden, sondern müssen immer zusammen mit den übrigen Rahmenbedingungen gesehen werden. Übertriebener technischer Aufwand bedeutet nicht nur eine unnötige finanzielle Belastung für die Laboratorien, die sich die Prüfgeräte anschaffen müssen, er kann auch über Verwendung oder Ablehnung einer Prüfnorm in Staaten der dritten Welt entscheiden, wenn diese sich diesen Aufwand nicht leisten können. Hoher technischer Aufwand kann somit unserer ersten grundlegenden Forderung nach möglichst weltweiter Anerkennung einer Prüfnorm direkt entgegenwirken.

Der mit der Übernahme von neuen Prüfnormen verbundene technische und finanzielle Aufwand ist zum Teil auch der Grund dafür, daß in internationalen Normungsgremien jede Delegation bemüht ist, so viel als möglich ihre eigenen nationalen Normen zur Basis der internationalen Normung zu machen. Je mehr von einer nationalen Norm in die internationale aufgenommen wird, umso geringer sind die Umstellungskosten im eigenen Land.

3.3. Verfahrensbeschreibung

Was die Genauigkeit der Verfahrensbeschreibung betrifft, so schenkt man ihr nicht immer die notwendige Aufmerksamkeit. Normungsgremien vergessen leicht, daß dem Erstbenutzer einer Norm deren Inhalt durchaus nicht gleich so plausibel sein muß wie jenen, die sich im Laufe vieler Sitzungen damit beschäftigt haben. Forderungen nach klarerer Formulierung werden oft mit dem Hinweis abgetan, daß 'Denken doch erlaubt sei', wobei gerne übersehen wird, daß das Denken verschiedener Personen nicht unbedingt in den selben Bahnen verlaufen muß.

3.4. Simulierung der Praxisbedingungen

Eine sehr wesentliche Forderung an eine Prüfnorm ist die, daß die Eigenschaft, über die eine Aussage gemacht werden soll, auch ausreichend gut vom Prüfverfahren simuliert wird. Das heißt, man muß sich die Frage stellen, ob die Methode, die genormt wird, überhaupt die Antwort auf die Frage liefert, die gestellt wird. Wenn nach dem Verhalten eines textilen Bodenbelages unter der Einwirkung einer bestimmten Zündquelle gefragt wird, werden wir ihn nicht vertikal prüfen, weil diese Probenanordnung keinen Bezug zur Praxis hat. Trotzdem gibt es genügend Verfechter der Vorgangsweise, vergleichende Prüfungen auch unter Bedingungen durchzuführen, die nicht der Praxis entsprechen, mit dem Argument, daß eine hundertprozentige Nachstellung der Praxisbedingungen ja doch nicht gelänge. Das Beispiel der Vertikalprüfung der Brennbarkeit textiler Bodenbeläge mag übertrieben klingen, und doch hat der Schweizer Verein Kantonalen Feuerversicherungen erst seit 1984 den Radiant Panel-Test zur Klassifizierung angenommen. Vorher wurde die Prüfung mit einem Vertikaltest, noch dazu mit Kantenbeflammung, durchgeführt, unter Bedingungen also, die man in der Praxis bei Bodenbelägen nie antreffen wird.

Die Forderung nach einer Korrelation der Prüfbedingungen mit denen der Praxis läßt sich natürlich nur erfüllen, wenn in der Praxis, im Großversuch selbst Messungen gemacht werden. Da solche kostspielig sind, beschränkt man sich oft auf Annahmen, wobei man, um auf der sicheren Seite zu liegen, die Schraube der Anforderungen lieber noch eine Drehung mehr anzieht. So wird derzeit in der ISO an einer Norm zur Prüfung des Brandverhaltens von Vorhängen gearbeitet, wobei neben einer flammenden Zündquelle die zusätzliche Verwendung einer Belastung durch Wärmestrahlung diskutiert wird. Obwohl ein Korridorbrandversuch im Maßstab 1:1 des Österreichischen Textilforschungsinstitutes klar gezeigt hat, daß Vorhänge in einer solchen Situation keiner erhöhten Strahlungsbelastung ausgesetzt werden, bestehen bestimmte Länder dennoch auf Prüfung mit zusätzlicher Strahlungsbelastung. Man sieht daraus, daß selbst bei Vorliegen von wertvoller Praxiserfahrung es nicht immer einfach ist, diese in eine Norm einfließen zu lassen.

4. Spezielle Forderungen an Kennwertnormen

Bei den Kennwertnormen sind, ergänzend zu den eingangs aufgestellten allgemeinen Forderungen, noch folgende spezielle Forderungen festzuhalten:

- 1) Kennwerte sollen aus den Bedürfnissen des Marktes abgeleitet werden, die ihrerseits auf Praxiserfahrungen zurückgehen.
- 2) Die technische Machbarkeit soll berücksichtigt werden.
- 3) Es soll keine Vorgaben durch die Behörde ohne Mitsprache der Industrie geben.
- 4) Leistungsanforderungen sollen Materialspezifikationen vorgezogen werden.

4.1. Marktkonforme Kennwerte

Die erste Forderung bedeutet, daß niemand die Anforderungen, die an ein Produkt gestellt werden sollen, besser abzuschätzen weiß, als derjenige, der dann letztendlich mit diesem Produkt leben muß. Der Kunde stellt seine Anforderungen nicht nach theoretischen Gesichtspunkten, sondern orientiert sich in den meisten Fällen an schon vorhandenen Produkten, die den spezifischen Anwendungsbereich mehr oder weniger gut abdecken.

Durch eine Charakterisierung von den am Markt befindlichen Produkten, deren Stärken und Schwächen man kennt, gelangt man zu einem realitätsbezogenen Anforderungsprofil, das nicht Eigenschaften enthält, die überhaupt nicht notwendig sind.

4.2. Technische Machbarkeit

Ehe dieses Anforderungsprofil festgeschrieben wird, sollte geprüft werden, ob eine entsprechende Technologie existiert, von der sich erwarten läßt, daß sie ein Produkt mit den geforderten Eigenschaften auf den Markt bringen kann. Dabei müßten die Technologien auch auf ihre Umweltverträglichkeit und eventuelle andere schädliche Konsequenzen geprüft werden, denn es ist sinnlos, Forderungen nach Produkten zu stellen, die nach dem derzeitigen Stand der Technik nur mit Methoden herstellbar sind, die selber nicht über jeden umweltverträglichen Zweifel erhaben sind oder andere schädliche Folgen nach sich ziehen.

Ein Beispiel für eine zweifellos übereilte Einführung einer staatlichen Regelung war die Brennbarkeitsvorschrift für Kindernachtbekleidung anfang der siebziger Jahre in den USA, die ja dann auch in dem bekannten TRIS Debakel endete. Tris (dibrompropyl)phosphat, ein Flammschutzmittel, das hauptsächlich zur Ausrüstung von Kindernachtbekleidung aus Polyester verwendet worden war, damit diese den Test der Flammschutzgesetzgebung bestehen könnte, stellte sich nach jahrelangem Einsatz als vermutlich mutagen und cancerogen heraus und mußte über Nacht aus dem Verkehr gezogen werden.

4.3. Mitsprache der Industrie

Diese Forderung soll im Grunde nur sicherstellen, daß die ersten beiden Forderungen auch dort erfüllt werden, wo sich die Behörde einschaltet. Dort, wo Kennwerte zwischen Kunden und Produzenten festgelegt werden, hält man sich ohnedies eher an das hier Geforderte. Nicht ganz so viele Bedenken hat da die Behörde, wenn es um die Durchsetzung ihrer Idealvorstellungen geht, welche durchaus von bester Absicht getragen sein können. Die Behörde verfolgt nicht selten eine Politik, die man als "technology forcing" bezeichnet. Das heißt, es werden Forderungen gestellt, ohne daß man sich darum kümmert, ob die hierfür benötigten Technologien bereits entwickelt und genügend durchgetestet sind. Man hofft, daß die Industrie die ihr gestellte Aufgabe schon irgendwie lösen kann. Erst vor zwei Jahren hätte man in Österreich beinahe eine Norm beschlossen, die das Brennverhalten von Vorhängen in öffentlichen Veranstaltungstätten regelt, die ob ihrer Einschränkungen des Schmelzverhaltens es beinahe unmöglich gemacht hätte, die am meisten verbreitete Fasertypen für Gardinestoffe weiter zu verwenden.

Ich möchte mich hier nicht der Gefahr aussetzen, als Schwarzmaler bezichtigt zu werden. Neben den von mir geschilderten negativen Seiten gibt es in der Normungsarbeit durchaus positive - ich möchte sagen, dank der Mitarbeit der Industrie. Ich weiß, daß die Teilnahme an der Normungsarbeit in der Industrie nicht immer positiv bewertet wird, denn während sich auf der SOLL-Seite die Kosten für den zeitlichen Aufwand und für die Reisen der Mitarbeiter klar aufsummieren lassen, läßt sich auf der HABEN-Seite die Rentabilität dieser Tätigkeit nicht immer so unmittelbar errechnen. Es besteht daher die Tendenz, besonders in wirtschaftlich angespannten Zeiten, auch bei der Mitarbeit in Normungsgremien, den Rotstift anzusetzen. Die Nachteile, die der Industrie jedoch auf längere Sicht aus einer Zurückhaltung erwachsen, wenn man die Entscheidungen in Normungsgremien in vermehrtem Maß Beamten und Vertretern staatlicher Labors über-

läßt, liegen auf der Hand. Dabei möchte ich der Behörde keineswegs Inkompetenz unterstellen. Es wäre aber doch zu viel verlangt, daß sie die Dinge von der Seite der Industrie sieht: Normen soll nicht heißen Reglementieren zum Zweck einer besseren Kontrolle durch einen Beamtenapparat. Normung soll auch nicht heißen Einengung der Kreativität, wie das Materialspezifikationen zur Folge haben, gegen die sich unsere vierte Forderung wendet. Die Festschreibung ganz bestimmter Materialien oder Ausführungen macht die Neueinführung von anderen Materialien oder von neuen Konstruktionen praktisch unmöglich und hemmt dadurch den Fortschritt.

5. Teilnahme an der Normungsarbeit

Auf welche Weise kann sich der Vertreter der Industrie nun in den Normungsprozeß einschalten, um sicherzustellen, daß die von ihm angestrebten Ziele erreicht werden? Soll er in den Normungsgremien mitarbeiten oder genügt die Überwachung veröffentlichter Normentwürfe, um sie gegebenenfalls zu beeinträchtigen?

5.1. Österreich

In Österreich kann zwar jede an der Schaffung einer bestimmten Norm interessierte Person beim Österreichischen Normungsinstitut den grundsätzlichen Vorschlag zur Normung einbringen, aber dieser Vorschlag wird dann dem zuständigen Normenausschuß, der ein Gremium von Experten auf dem betreffenden Gebiet sein soll, zur Bearbeitung übertragen. Der Ausschuß prüft nun zunächst die Normungswürdigkeit des Antrags. Schon in diesem Stadium ist es daher von Vorteil, auch im Ausschuß vertreten zu sein. Ist der Ausschuß der Meinung, daß für die beantragte Norm ein Bedarf besteht, so arbeitet er einen Entwurf aus, wobei Änderungswünsche der Ausschußmitglieder zu einem für alle tragbaren Kompromiß ausgehandelt werden müssen. Der Beschluß, den Normentwurf zum öffentlichen Einspruch aufzulegen, muß nämlich, zumindest in Österreich, einstimmig erfolgen. Wie man sieht, ist einem als Mitglied eines Normungsausschusses ein hohes Maß an Einflußnahme auf die Normen seines Fachgebietes eingeräumt. Einfluß während der Diskussion über den Entwurf hat man die Möglichkeit, seinen Einfluß direkt geltend zu machen, und an der Zustimmung jedes einzelnen Mitarbeiters kommt kein Normentwurf auf seinem Fachgebiet vorbei oder doch nur nach einem relativ umständlichen Prüf- und Abstimmungsverfahren. Das Auflegen des Normentwurfs zum öffentlichen Einspruch geschieht durch Veröffentlichung im Mitteilungsblatt des Österreichischen Normungsinstitutes und durch Aussendung zur Begutachtung an zahlreiche öffentliche Stellen (z.B. die Landesregierungen und die Landeskammern der gewerblichen Wirtschaft). Auf diese Weise hätte man noch in diesem Stadium die Möglichkeit, einen Einspruch einzubringen, auch wenn man nicht ein Mitarbeiter des Normungsausschusses ist. Diese Einsprüche müssen nämlich vom Normungsausschuß behandelt werden. Daß aber ein solcher Einspruch nicht ganz dieselben Chancen hat sich durchzusetzen wie die Argumente eines Mitarbeiters, liegt auf der Hand, und zwar schon deshalb, weil die meisten Einsprüche nur schriftlich erfolgen. Außerdem ist die Entscheidung des Ausschusses nach Behandlung des Einspruches endgültig. Es lohnt sich daher, auch auf dieser Stufe der Normenentstehung im Normungsausschuß mitzuarbeiten.

5.2. BRD

Wie sieht nun die Möglichkeit einer Mitarbeit bei ausländischen Normen aus? Man muß sich fragen, inwiefern dies überhaupt sinnvoll ist. Im Falle Österreichs kommt praktisch nur die Bundesrepublik Deutschland in Frage, nicht nur, weil es sich hier um den wichtigsten Außenhandelspartner handelt, dessen Normungstätigkeit uns nicht gleichgültig sein kann, sondern weil viele DIN-Normen immer wieder ihren Weg in das österreichische Normungswerk finden, was ja kein Nachteil ist, wie wir schon einmal festgestellt haben. Da die Mitarbeit im DIN an keine Nationalität gebunden ist, kann man auch als Österreicher dort Sitz und Stimme erlangen.

5.3. CEN

Wesentlicher noch als die Normung in der BRD ist für uns jedoch die Normung auf europäischer Ebene. Bisher waren nämlich die Mitglieder des Europäischen Komitees für Normung (CEN) - das sind die nationalen Normungsinstitute - nur dann zur Übernahme einer europäischen Norm verpflichtet, wenn dem europäischen Normentwurf vom zuständigen nationalen Normenausschuß zugestimmt worden war. Diese Regelung ist in letzter Zeit geändert worden, und das neue CEN-Reglement sieht vor, daß auch jene Länder, die gegen eine bestimmte Norm votiert haben oder sich der Stimme enthalten haben, im Interesse einer verstärkten Vereinheitlichung der technischen Regelwerke zur Übernahme dieser Norm verpflichtet sind. Nicht nur die Staaten der EG, sondern auch die der EFTA haben mit dem CEN entsprechende Verträge geschlossen und somit gilt diese Übernahmeverpflichtung auch für Österreich. Wenn man nicht will, daß die in Zukunft im europäischen Raum geltenden Normen ausschließlich im Ausland erstellt werden, wird man sich zu einer Mitarbeit auf CEN-Ebene entschließen müssen.

5.4. ISO

Nun noch ein Wort zur ISO, der Internationalen Normungsorganisation. Sie würde zur Erfüllung unserer Forderung nach weltweiter Harmonisierung der Normen das ideale Instrument darstellen. Leider hat auch die ISO ihre Schönheitsfehler.

So sind ihre Mitgliedsorganisationen, die nationalen Normungsinstitute, nicht automatisch verpflichtet ISO-Normen in das natio-

nale Normungswerk zu übernehmen und zudem arbeitet die ISO relativ langsam. Während im Idealfall die internationale Normung der nationalen vorauseilen sollte, ist es heute zumeist so, daß die einzelnen Länder für sich schon Normen entwickelt haben, die sich dann als unvereinbar herausstellen und nur mit wirtschaftlichen Nachteilen aufeinander abgestimmt werden können. Trotzdem ist die Arbeit der ISO nicht ohne Bedeutung, denn das CEN, dessen Normen, wie schon erwähnt, für EG und EFTA-Länder bindend sein werden, hat es sich zum Grundsatz gemacht, ISO-Normen zu übernehmen, wo solche vorhanden sind.

Auf dem Umwege über das CEN kommen daher auch die ISO-Normen bindend auf uns zu, und die Industrie ist daher gut beraten, schon in der ISO ihren Einfluß geltend zu machen, um in Zukunft diejenigen Normen zu bekommen, die sie für vernünftig und wünschenswert hält. Eine Mitarbeit in der ISO belohnt sich aber nicht nur durch Normen, die unseren Erwartungen entsprechen, sondern auch in geringeren Umstellungskosten bei den Prüfgeräten, wenn es gelingt, nationale Normen zumindest teilweise in die ISO-Normen einzubringen.

Wie man sieht, ist einem durch aktive Mitarbeit in den Normungsgremien durchaus ein Mittel in die Hand gegeben, um den Inhalt von Normen maßgebend zu beeinflussen. Es ist aber auch hier wie im politischen Leben, daß derjenige, der sich abseitsstellt und nicht mitentscheiden will, mit den Entscheidungen zufrieden sein muß, die andere für ihn treffen. Geistige Kapazität, die wert ist, bei der Normung Berücksichtigung zu finden, ist in der Industrie genügend vorhanden. Möge sie in Zukunft in verstärktem Maß in den Normen ihren Niederschlag finden!

Eigenschaften von Modalfasern und ihr Verhalten in der Veredlung

Ing. Walter Schaumann, Lenzing AG, Lenzing, Österreich
(IFATCC/Tampere, Finnland)

Mit den Modalfasern steht der Textilindustrie eine neue Generation von cellulosischen Fasern zur Verfügung, die mit hervorragenden Eigenschaften, wie z. B. Reinheit, hohe Trocken- und Naßfestigkeiten, variable Feinheiten von 1,0 dtex bis 5,5 dtex, hohe Farbbrillanz sowie seidiger Luster und angenehmer, weicher Griff, in einer Fülle von Einsatzgebieten zu Artikeln mit bestem Tragekomfort verarbeitet werden.

Dem derzeitigen Einsatzschwerpunkt entsprechend, konzentrieren sich die Ausführungen vorwiegend auf textile Produkte aus 50/50 % Modal/Baumwolle, wobei grundlegende Faser- und Produkteigenschaften am Beispiel von 100 % Modal erklärt werden.

Nach Darstellung der wichtigsten mechanischen und chemisch-technologischen Eigenschaften wird ein Querschnitt über die Vorbehandlungs- und Färbemöglichkeiten gegeben und auch praktische Hinweise für die Farbstoffauswahl zur Optimierung der Anfärbeergebnisse aus der Sicht eines Modalfaserherstellers angeführt.

In the textile industry Modal fibres represent a new generation of cellulosic fibres with excellent properties such as purity, high dry and wet strength, variable titres from 1.0 dtex to 5.5 dtex, high colour brilliance as well as silky lustre and soft handle, which are processed into goods with optimum wear comfort in a large number of applications.

In accordance with major applications at present, the recommendations mainly concentrate on products in blends of 50/50 % Modal/cotton, with general fibre and product properties based on 100 % Modal being explained.

After illustrating the most important mechanical and chemical properties, the preliminary treatment and dyeing possibilities are reviewed and practical indications provided for dye selection for optimum dyeing results from the point of view of a Modal fibre producer.

A. Fasereigenschaften

Mit der Modalfaser steht der Textilindustrie eine hochwertige Regeneratcellulosefaser zur Verfügung, die in ihrer Entwicklungsgeschichte die Baumwolle zum Vorbild hatte. Die Modalfasern der HWM-Type sind heute die industriell hergestellten Fasern, welche der Baumwolle am nächsten kommen und sie in einigen spezifischen Eigenschaften sogar übertreffen.

Gegenüber Viskosefasern unterscheiden sich Modalfasern durch wesentlich höhere Festigkeiten im konditionierten und nassen Zustand, einen höheren Naßmodul, ein geringeres Wasserrückhaltevermögen, eine geringere Quellung und eine höhere Alkalibeständigkeit.

Ihre hervorragenden Eigenschaften haben dazu geführt, daß Modalfasern laut BISFA eine eigene Fasergattung darstellen und nach den bestehenden Verordnungen als solche ausgezeichnet werden müssen¹.

In vielen Einsatzbereichen ist die Modalfaser des HWM-Typs ein geschätzter Mischungspartner von natürlichen wie auch synthetischen Fasern, wobei hier nicht der Wunsch nach Substitution im Vordergrund steht, sondern die Kombination von faserspezifischen Vorteilen^{2,3}.

Lenzing Modal wird standardmäßig in den Feinheiten 1,3 dtex bis 5,5 dtex sowohl glänzend als auch matt erzeugt und entspricht im gesamten Titerbereich den Anforderungen der BISFA-Definition. In naher Zukunft wird auch 1,0 dtex-Modal als weitere Spezialität zur Verfügung stehen. Es ist heute auch möglich, Modalfasern spinngefärbt in einem technologisch ausgereiften Verfahren herzustellen (Abb. 1).

Speziell in der Mischung mit Baumwolle führt die Modalfaser mit den besonderen Merkmalen, wie Reinheit, Gleichmäßigkeit, Farbbrillanz, seidiger Luster und weicher, angenehmer Griff,

auch nach vielen Wäschen zu einem verbesserten Artikelausfall. Das Mischungsverhältnis 50/50 % hat sich dabei besonders bewährt und ist bereits zu den klassischen Kombinationen zu zählen.

Der größte Teil der Modalfaserproduktion wird noch immer in Mischung mit Baumwolle eingesetzt, wobei sich jedoch auch Kombinationen mit Acryl, Polyester, Leinen, Wolle und Seide in zunehmendem Maße am Markt etablieren. Die Diskussion über das Veredlungsverhalten konzentriert sich wegen der überwiegenden Marktpräsenz auf die Mischung Baumwolle/Modal und wird vorwiegend am Beispiel der Modalstandardtype 1,7 dtex dargestellt.

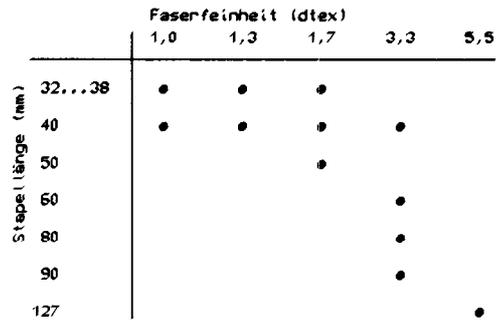


Abb. 1: Fasertypenprogramm Lenzing Modal

Als wichtige Information soll zunächst das Zug-Kraft-Dehnungsverhalten der Modalfasern im Vergleich zu den häufigsten Mischungspartnern Baumwolle und Polyester aufgezeigt werden.

Die gute Übereinstimmung des Zug-Kraft-Dehnungsverhaltens von Modalfasern und hochwertiger Baumwolle im konditionierten und nassen Zustand leistet einen wesentlichen Beitrag zur ausgezeichneten Mischbarkeit dieser Fasern und zu den sehr guten Gebrauchseigenschaften der daraus hergestellten Artikel (Abb. 2).

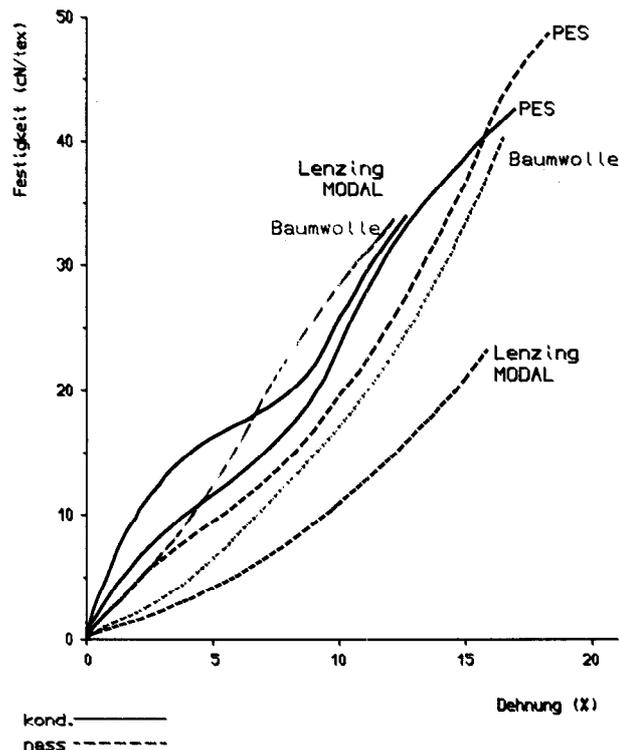


Abb. 2: Zug-Kraft-Dehnungsdiagramm: konditioniert und naß

Neben diesen grundlegenden Merkmalen der Modalfasern sind in der Veredlung vor allem die Quellung, der Heißwasserschrumpf und die Chemikalienbeständigkeit von Bedeutung.

Faserquellung (Abb. 3)

Die Quellung von Modalfasern verstärkt sich mit zunehmender Flottentemperatur. Dies ist vor allem für die Färbung von Wickelkörpern von Bedeutung.

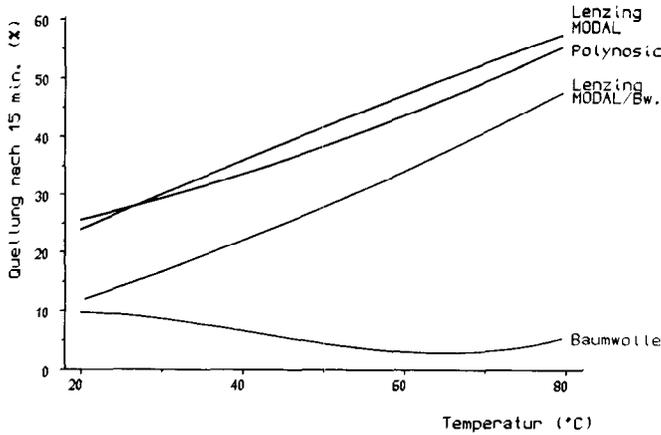


Abb. 3: Quellung von Cellulosefasergeweben in Wasser

Heißwasserschrumpf

Modalfasern kommen nur in ausgeschrumpfter Form auf den Markt. Die am Halb- und Fertigprodukt auftretenden Längenänderungen sind in erster Linie als Folge der mechanischen Verformung durch die textile Verarbeitung anzusehen⁴ (Abb. 4).

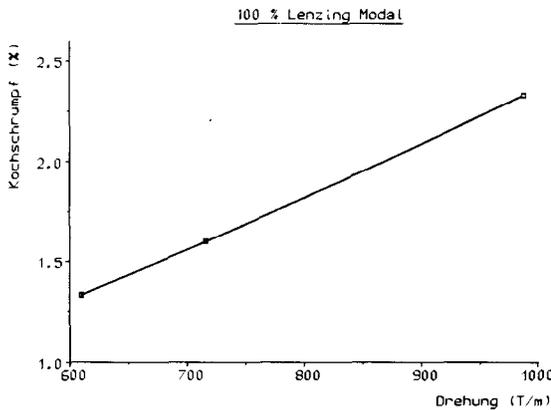


Abb. 4: Kochschrumpf am Beispiel von Garnen mit unterschiedlichen Drehungen

Beispielhaft sei hier auf den Schrumpf von Garnen mit 100 % Modal in Abhängigkeit von der Drehung verwiesen. Im Vergleich zu Garnen aus 100 % Baumwolle liegen die Schrumpfwerte bei Modal oder Modal/Baumwolle-Mischgarnen drehungsabhängig gleich bis etwas niedriger.

Chemikalienbeständigkeit

Hinsichtlich der Chemikalienbeständigkeit verhalten sich Modalfasern gegenüber den in der Veredlung eingesetzten Chemikalienkonzentrationen durchwegs neutral. Eine Ausnahme bildet hier naturgemäß die Natronlauge, womit das Stichwort für die Vorbehandlung und die dabei auftretenden Einflüsse von NaOH auf die Mischung aus Baumwolle/Modal gegeben ist.

B. Vorbehandlung von Artikeln aus Baumwolle/Modal

Mit der Notwendigkeit, die Baumwolle zur Reinigung bzw. zur Verbesserung der Warenoptik einer alkalischen Vorbehandlung zu unterziehen, ergibt sich die Forderung der Alkalibeständigkeit auch für den Mischungspartner Modal.

Es sei bereits an dieser Stelle angemerkt, daß es für den jeweils angestrebten Ausfall von Artikeln aus Baumwolle/ Modal-Mischungen sehr wesentlich ist, welche Baumwollqualität zum Einsatz gelangt und wie diese aufbereitet worden ist.

1. Alkali in der Abkochung (Abb. 5)

Bei der kontinuierlichen Abkochung von Mischgeweben aus 50/50 % Baumwolle/Modal soll die Natronlaugekonzentration in Bereichen zwischen 40-60 g/l und die Kontaktzeit zwischen 35-40 s konstant gehalten werden⁵. (Höhere Konzentrationen und längere Verweilzeiten beeinträchtigen die Querfestigkeit der Gewebe.)

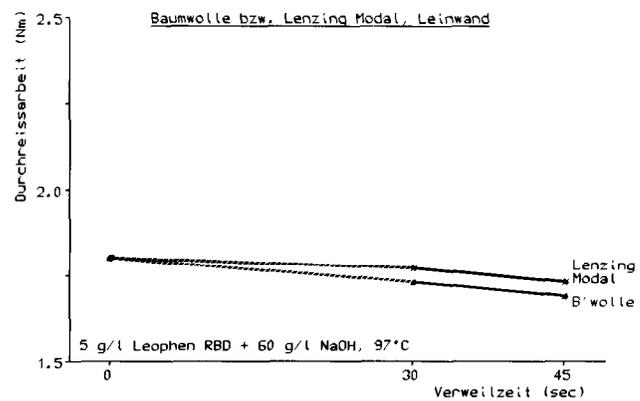


Abb. 5: Querfestigkeit von Geweben aus Baumwolle und Modal nach kontinuierlicher Abkochung

2. Alkali in der Bleiche

Die in Umdockbleichen, Kaltverweibleichen oder im Unterflottenspeicher angewandten Alkalikonzentrationen zeigen keinen nennenswerten Einfluß auf die textilmechanischen Eigenschaften von Baumwolle/Modal-Mischgeweben (Abb. 6).

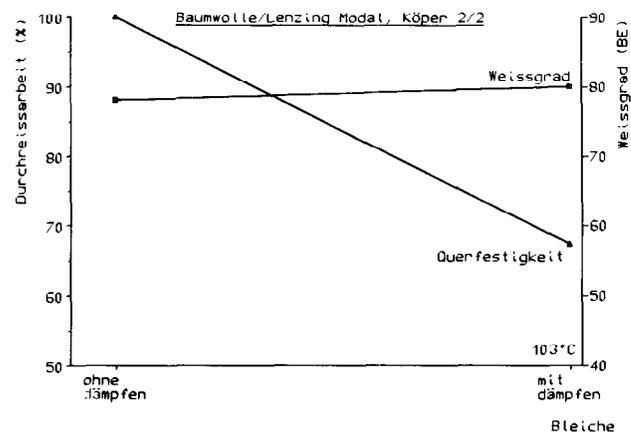


Abb. 6: Relativer Querfestigkeitsabfall durch Dämpfen von alkalihaltigen Mischgeweben aus Baumwolle/Modal

Dagegen sind Dämpfprozesse, wie sie im Rahmen der Bleiche oder alkalischen Vorbehandlung von reinen Baumwollgeweben angewandt werden, für Baumwolle/Modal-Mischgewebe nicht geeignet und tragen auch nicht zur Verbesserung der Warenoptik bei.

3. Spezielle Laugenbehandlungen

Der Einfluß der Laugenkonzentration steigt bei niedriger Temperatur bis zum Quellungsmaximum im kritischen Bereich von ca. 10% ständig. In diesem Bereich zeigt die Modalfaser auch die höchste Löslichkeitsrate (Abb. 7).

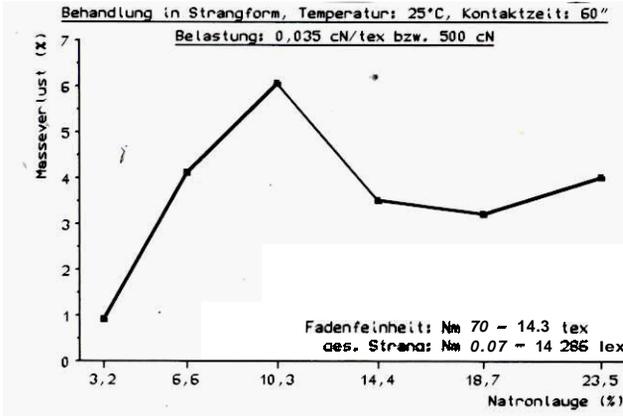


Abb. 7: Gewichtsverluste von Modalgarnen in NaOH bei 25 Grad Celsius

Weitere Konzentrationserhöhungen bewirken einen Rückgang des Gewichtsverlustes, wobei dieser zwischen ca. 15% NaOH und 23% etwa konstant bleibt.

Ein starker Einfluß auf die Artikel Eigenschaften geht von der Faserquelle aus, welche über die Laugentemperatur beeinflusst werden kann (Abb. 8).

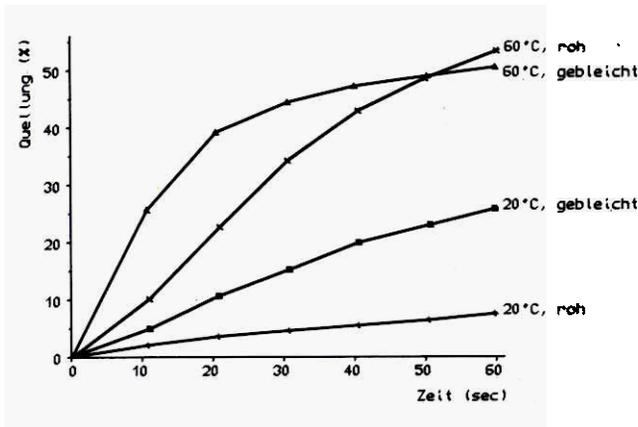


Abb. 8: Quellung von Baumwollgewebe in Merzerisierlauge bei 20 und 60 Grad Celsius

Im Zuge der Energieersparung bei der Merzerisierung von Baumwolle zeigte sich, daß eine Anhebung der Natronlagentemperatur von 20°C auf 50 bis 60°C vorwiegend positive Reaktionen zur Folge hat, wie z. B. eine entsprechende Erhöhung der Quellungsgeschwindigkeit und weichere Griffnuancen (Abb. 9).

Positive Effekte konnten ebenso bei Modalfasern festgestellt werden, was hier am Beispiel der Biegesteifigkeit von Mischgeweben demonstriert wird (Abb. 10).

Aus diesen Ergebnissen kann gefolgert werden, daß die geringeren Eigenschaftenänderungen der Mischgewebe nach Behandlung bei 60°C auf die verminderte Quellung der Modalfaser in höher temperierten Laugen zurückzuführen ist.

50/50 Baumwolle/Lenzing Modal in 100 g/l NaOH mit Netzmittel

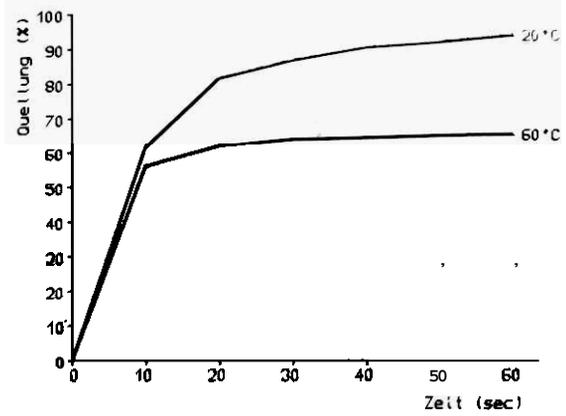


Abb. 9: Quellung von Geweben aus Baumwolle/Modal in Merzerisierlauge bei 20 Grad und 60 Grad Celsius

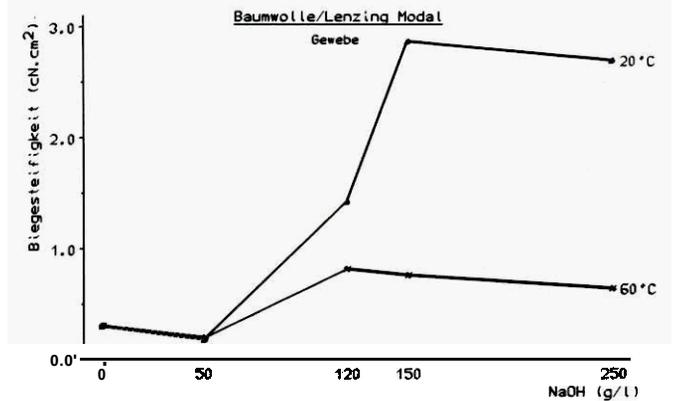


Abb. 10: Biegesteifigkeit von Geweben aus Baumwolle/Modal nach Merzerisierung bei 20 und 60 Grad Celsius

4. Flüssigammoniakbehandlung

Ebenfalls positive Ergebnisse zeigten sich nach Behandlungen in Flüssigammoniak, wo die durchwegs vorteilhaften Reaktionen der Baumwolle auch auf Mischgeweben aus Baumwolle/Modal wirksam werden (Abb. 11).

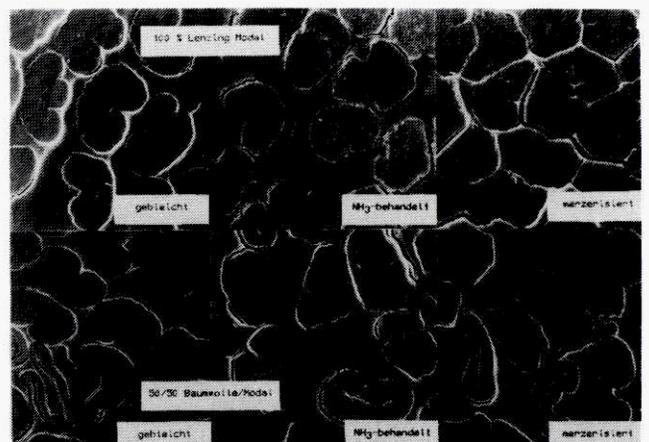


Abb. 11: Vergleich von Garnquerschnitten aus gebleichten, NH₃-behandelten und merzerisierten Geweben (100% Modal und 50/50 % Baumwolle/Modal)

An Hand dieser Garnquerschnitte ist zu sehen, daß nach der NH_3 -Behandlung die Fasern im Garnverband deutlich weniger verdichtet vorliegen als nach der Merzerisierung auf kettenlosen Maschinen, was einen entsprechend weicheren Warengriff zur Folge hat.

C. Anfärbung

Farbstoffe haben ihre spezifischen Eigenschaften ebenso wie die celluloseischen Fasern. Das Anärbeergebnis ist abhängig von den Farbstoffgruppen, den Farbstoffen, den Faserprovenienzen sowie von den Verfahrensbedingungen.

Modalfasern und Baumwolle haben den grundsätzlichen Vorteil, daß beide aus Cellulose bestehen und mit denselben Farbstoffgruppen anfärbbar sind. Lenzing Modal wurde in ihrem Affinitätsverhalten im besonderen Maße auf Baumwolle abgestimmt.

Daß die verschiedensten Baumwollprovenienzen jedoch untereinander große Abweichungen zeigen und auch in ihrer Reinheit großteils Wünsche offen lassen, muß hierbei berücksichtigt werden. Im Sinne eines optimalen Artikelausfalls soll das Bestreben immer in Richtung einer guten bzw. gut gereinigten Baumwollqualität gehen (Abb. 12).

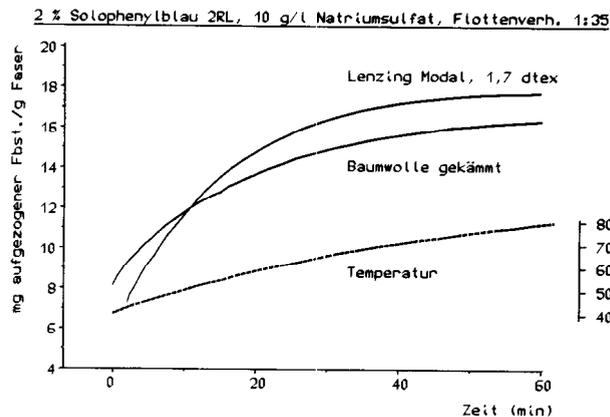


Abb. 12: Beispiel für einen Direktfarbstoff im AZV auf Modal und Baumwolle, gekämmt

Farbstoffabhängig ergeben sich Einschränkungen in der Weise, daß Direkt- oder Küpenfarbstoffe im Ausziehverfahren mehrheitlich den einen oder anderen Faseranteil bevorzugen, womit die Palette dieser Farbstoffe auf Mischungen aus Baumwolle/ Modal eingeschränkt ist.

Verfahrensbedingt haben die Reaktivfarbstoffe hier einen großen Vorteil, da sie auf Baumwolle/Modal sowohl im Ausziehverfahren wie auch im KKV-Verfahren das größte Spektrum an Möglichkeiten für eine gute Ton-in-Tonfärbung beider Faserteile aufweisen. Im Ausziehverfahren mit Reaktivfarbstoffen können durch Variation der Färbetemperatur wie auch des Alkali- und Salzzusatzes alle Nuancen mit guter Ton- und Tiefgleichheit gefärbt werden⁷.

Bei Türkis- und Grüntönen hat es sich beispielsweise bewährt, wenn im Temperaturbereich bis 90 Grad C mit einem entsprechenden Oxydationsmittel gefärbt wird.

In Einzelfällen, wo die Palette der anwendbaren Reaktivfarbstoffe im KKV-Verfahren nicht ausreicht, besteht die Möglichkeit, die Affinität der Baumwolle- und Modalfasern durch Laugierung oder Merzerisierung einander anzugleichen (Abb. 13 u. 14).

Bei entsprechender Farbstoffauswahl ist es umgekehrt ebenso möglich, mit Hilfe der Vorlaugierung Melefärbungen zu erzielen, die im DOB- oder DEKO-Bereich in der Art von modischen Jaspereffekten Anwendung finden können.

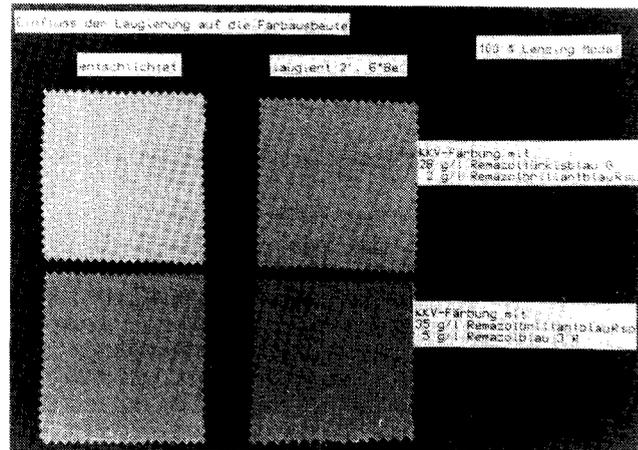


Abb. 13: Einfluß der Vorlaugierung auf die Farbausbeute im KKV-Verfahren mit Reaktivfarbstoffen auf Mischgeweben aus Baumwolle/Modal

Zur kontinuierlichen Fixierung von Reaktivfarbstoffen auf Baumwolle wird sowohl Heißluft wie auch Dampf eingesetzt. Für Artikel aus Modal/Baumwolle kann die eine wie die andere Variante unzureichende Farbausbeute erbringen.

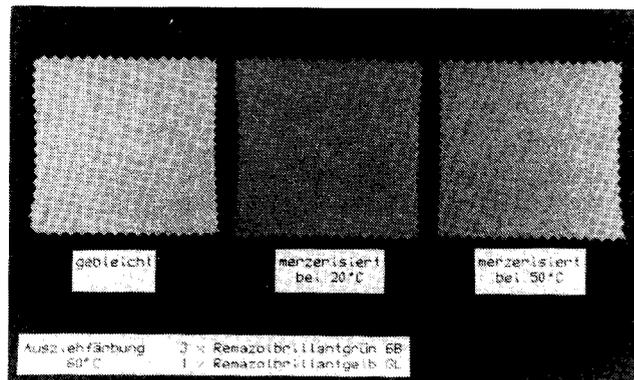


Abb. 14: Einfluß der Merzerisierung auf die Farbausbeute im AZ-Verfahren mit Reaktivfarbstoffen auf Single-Jersey aus 50/50 % Baumwolle/Modal dargestellt (Testfärbung)

Beim Dämpfen ist oftmals das Feuchtigkeitsangebot für eine gute Farbstofffixierung zu gering, und zudem besteht die Gefahr, daß die Ware durch oberflächliche Kondenswasserbildung einen Grauschleier erhält.

Mit anderen Foulard-Verfahren, z.B. bei Färbung mit Leukoküpenfarbstoffen oder nach dem Pad-Steam-Verfahren mit Küpenfarbstoffen, wurden im Normalverfahren jeweils gute Ergebnisse erzielt.

Im Druck mit Reaktivfarbstoffen auf Modal oder Modal/Baumwolle-Mischungen wird die beste Farbausbeute mittels Sattendampf (Sumpf), Zusatzbefeuchter oder nach dem Zweiphasenverfahren erzielt, wobei ein erhöhter Harnstoffeinsatz (200 g) durchwegs obligat ist.

D. Ausrüstung

Modalfasern bringen aufgrund ihrer überlegenen Eigenschaften, insbesondere auch im nassen Zustand, gute Dimensionsstabilität in die Fertigartikel. Für hohe Anforderungen, insbesondere für Waschartikel, ist jedoch auch hier eine Harzausrüstung erforderlich.

Modalfasern sprechen gut auf Melaminharze an, so hat es sich bisher bewährt, Mischungen aus Baumwolle/Modal mit einer Kombination aus Reaktantharzen und Melaminharzen auszurüsten. Bei entsprechender Arbeitsweise waren hiermit gute Knitterwinkel und gute Gebrauchswerte zu erzielen, wobei die positiven Trageigenschaften des Modalfaserteiles weitgehend erhalten blieben.

Mit der Forderung nach niedrigsten Formaldehydwerten sind entsprechende Rezepturmischungen zu erwarten. So wie für Waren aus 100 % Baumwolle, trifft diese Frage auch auf Baumwolle/Modal zu, wobei es sich hier als vorteilhafter erwiesen hat, die Reaktion der Harze eher über die Katalysatoren zu steuern als über die Temperatur. Für den Fall, daß Magnesiumchlorid als Katalysator dienen soll, kann dieses durch geringe Zusätze an Fluorborat, Zitronensäure und Essigsäure ergänzt werden, um diese Harze bei einer entsprechend niedrigen Temperatur von 150 - 160° C weitestgehend zur Reaktion zu bringen.

Hinsichtlich der Rezepturerstellung gelten hier noch die Auswahlkriterien formaldehydärmer Harze, niedere Einsatzmengen und entsprechend gute Katalysatoren.

Es ist zu erwarten, daß die Bestimmung des freien Formaldehyds auch in nächster Zeit nach verschiedenen Verfahren durchgeführt wird. Demzufolge ist auch weiterhin mit unterschiedlichen Bewertungen zu rechnen.

Deshalb und aufgrund der teilweise schon bestehenden Gesetzeslage, die speziell bei Kinderbekleidung niedrigste Werte am freien Formaldehyd vorschreibt, wird die formaldehydfreie Ausrüstung weiter aktualisiert. Hierzu sind auch harzfreie Varianten in Erprobung, was aber eine entsprechende Dimensionsstabilität der Ware voraussetzt, die derzeit nur bei Polyestermischungen zu erreichen ist.

Schluß

Modalfasern haben sehr gute textilmechanische Eigenschaften und alle Vorzüge einer industriell hergestellten cellulosischen Fa-

ser. Die positiven Merkmale sind der Grund dafür, daß diese Fasertypen in einem weitgefächerten Einsatzspektrum zu Artikeln mit hoher Qualität verarbeitet wird.

In der Veredelung verhalten sich Modalfasern durchwegs problemlos, wenn man ihr Verhalten gegenüber starken Laugen berücksichtigt. Dies gilt auch für die Mischung mit Baumwolle.

Dabei kann also der Veredler durch die Auswahl entsprechender Baumwollqualitäten entscheidend unterstützt werden. Es spricht für den Standard der Modalfasern, daß die besten Gesamtergebnisse in Mischung mit hochwertiger gekämmter Baumwolle zu erzielen sind.

Anwendungstechnische Beratung und Produktentwicklung sichern der Modalfaser auch unter schwierigen Gegebenheiten steigende Marktanteile.

Literatur

- 1) BISFA: International anerkannte Methoden für die Prüfung von Spinnfasern und Kabeln aus Viskose, Modal, Acetat, Triacetat u. Cupro; Ausgabe 1983, Anhang I
- 2) Kossina, A.; Melliand Textilber. **64** (1983)
- 3) Ernst, A.; Lenzinger Ber. **52**, 13-19 (1982)
- 4) Puchegger, F.; Lenzinger Ber. **55**, 32-36 (1983)
- 5) Lehmann, H., Tischbein, C.; Lenzinger Ber. **58**, 88-93 (1985)
- 6) Bechter, D.; Textilveredlung **21** (1986) 7/8
- 7) Schaumann, W.; Textilveredlung **22** (1987) 1

Neue Möglichkeiten zur Artikelgestaltung in der Rundstrickerei mit Garnen aus Modal-Feintitern

Ing. A. Kossina, Ing. G. Neudorfer, Ing. W. Schaumann,
Lenzing AG, Lenzing, Österreich
(26. ICT - Dornbirn 1987)

Die Gestaltung hochwertiger und anspruchsvoller Maschenware für Mode und Freizeit erfordert die Verarbeitung von Feingarnen hoher Güte und Reinheit.

Hochproduktive Spinntechnologien wie das Open-End-Rotorspinnverfahren werden in bezug auf Wirtschaftlichkeit weiter verbessert, und die Spinnmenge wird zu höheren Feinheiten verlagert.

Daraus ergibt sich zwingend der Einsatz von feineren Baumwollqualitäten mit entsprechenden Festigkeiten, die aber nur in begrenztem Umfang zur Verfügung stehen.

Die Verwendung von feinsttätigen Modalfasern in Reinverspinnung und in der schon klassischen Mischung mit 50 % Baumwolle ermöglichen die Anhebung der Spinnmenge zu hohen Garneinheiten.

Eine praktische Vergleichsstudie mit zwei beispielhaft gewählten Maschenkonstruktionen, nämlich Single-Jersey und Henkelplüsch, zeigt die Unterschiede der Verarbeitung von Modalfasern mit 1,0 dtex gegenüber solchen mit 1,7 dtex. Auch die Unterschiede zwischen Ring- bzw. Rotorgarnen werden in dieser Versuchsserie untersucht und kommentiert.

The creation of high-quality and superior knitted goods for fashion and leisure demands the processing of fine yarns of a high quality and purity.

Highly productive spinning technologies such as the open-end rotor spinning system are being further improved in regard to profitability, and the spin limit is being changed in emphasis of higher rates of fineness.

This is followed conclusively by the use of finer cotton qualities with corresponding tenacity, however, only a limited number of these are available.

The use of extra-fine titre Modal fibres spun alone and in the already classical blend with 50 % cotton makes it possible to increase the spin limit to very high rates of yarn fineness.

A practical comparative study with two exemplary, chosen machine constructions, namely single jersey and loop-pile shows the differences between the processing of Modal fibres with 1.0 dtex compared to those with 1.7 dtex. Likewise, the differences between ring or rotor yarns are examined in these tests and are commented on.

Einleitung

Heute ist die Modalfaser die einzige industriell hergestellte cellulosische Faser, die der Baumwolle am ähnlichsten ist und diese auch in einigen wichtigen Eigenschaften übertrifft.

Es sind dies vor allem die weitgehenden Anpassungsmöglichkeiten hinsichtlich Garnspinntechnologie, Mischungspartner usw. an das zu realisierende Textil.

Gemeint sind damit vor allem die Möglichkeiten der Variation von:

- Faserfeinheit und -länge,
- Glanz- oder Matteffekten

bei kontrollierter Reinheit und Gleichmäßigkeit der Eigenschaften im industriellen Herstellungsprozeß.

Dieses spezifische Leistungsprofil hat durch die hochproduktiven Spinnverfahren enorm an Bedeutung gewonnen. Dabei hat das OE-Rotorspinnverfahren in den letzten 20 Jahren die weitaus größten Veränderungen auf spinntechnologischem Gebiet gebracht.

Bestanden am Anfang der Entwicklung erhebliche Zweifel bezüglich Anwendungsbreite, Ökonomie und Garneigenschaften (insbesondere Garnstruktur), so existiert heute eine selbstbewußte Technologie, die in weite Bereiche des Ringspinnens eingedrungen ist¹.

Die derzeitigen und künftigen Bemühungen haben zum Ziel, die Wirtschaftlichkeit des OE-Rotorspinnens weiter zu verbessern und die Spinnmenge zu hohen Feinheiten zu verlagern². Daraus ergibt sich zwingend der Einsatz von feineren Baumwollqualitäten mit entsprechenden Festigkeiten, die aber nur in begrenztem Umfang zur Verfügung stehen^{3, 4}.

Um mit dem OE-Rotorspinnverfahren in den feinen Garnnummernbereich bis Nm 70 eventuell Nm 80 mit dem gewohnten Qualitätsstandard vorzustoßen, sind feine Baumwollvarietäten notwendig. Dabei kommen auch Experten Zweifel, ob es überhaupt zweckmäßig ist, neue Baumwolltypen zu züchten, noch dazu, wenn solche Neuzüchtungen sich über viele Jahre erstrecken⁵.

Dies sehen wir als neue Herausforderung und neue Wachstumschance für die industriell hergestellten cellulosischen Fasern. Diese Entwicklung führt zu einer Titerverfeinerung, die voll im Gange ist. So werden heute neben den bisherigen 1,7 dtex-Baumwolltypen in verstärktem Maße die feineren 1,3 dtex-Typen eingesetzt.

In konsequenter Fortsetzung dieses Trends haben wir bereits sehr früh begonnen, uns mit der Thematik von Viskose- und Modal-Feinstfasern mit einem Titer von 1,0 dtex zu befassen. Da mit der Titerverfeinerung die spezifische Festigkeit immer wichtiger wird, sollte sich für den textilen Einsatz vor allem die 1,0 dtex-feine Modalfaser durchsetzen. Dies hat sich auch in unseren bisherigen Versuchen, über die bereits an gleicher Stelle in den Jahren 1985⁶ und 1986⁷ berichtet wurde, gezeigt.

Im Vorjahr wurde bereits demonstriert, daß sich die Modal-Feinstfasern und -Feinstfasern für das OE-Rotorspinnverfahren im feineren Garnnummernbereich hervorragend eignen.

In Fortsetzung dieser Versuchsaktivitäten haben wir das Thema „Feine OE-Rotorgarne für die Rundstrickerei in 100 % Modal und in der Mischung 50/50 % Modal/Baumwolle“ gewählt. In dieser Mischung ergänzen Baumwolle und Modal einander optimal, und diese kann heute bereits als klassisch angesehen werden⁸⁻¹⁰.

Damit sind wir beim eigentlichen Thema des Vortrages angelangt und möchten in der Folge unsere bisherigen Erkenntnisse an Hand des vergleichenden Einsatzes von ringgesponnenen und OE-rotorgesponnenen Garnen mit Modalfasern in der Standardfeinheit von 1,7 dtex und der nunmehr vorliegenden Modal-Feinstfaser mit 1,0 dtex präsentieren.

Als Einsatzgebiet für diese neuen Garne haben wir beispielhaft Single-Jersey und Henkelplüsch gewählt. Dies deshalb, da es sich hierbei um typische Konstruktionen in der Rundstrickerei handelt, die auch Schlüsse auf andere Strickvarianten zulassen.

Single-Jersey

Versuchsführung: Single-Jersey:

Ring- und rotorgesponnene Garne der Nm 50/1 in den gezeigten Faserzusammensetzungen wurden zu Single-Jersey in 28er-Teilung mit einem Flächengewicht von ca. 130 g/m² verarbeitet. Die Qualitäten wurden peroxidgebleicht, reaktivgefärbt und mit einer leichten Kunstharsausrüstung versehen.

Es wird der direkte Vergleich zwischen Ring- und Rotorgarnen einerseits und der Vergleich reiner Baumwolle zur Mischung mit 50 % Modal in der bisherigen Standardfeinheit 1,7 dtex bzw. in der Mischung mit der neuentwickelten feintätigen Modalfaser andererseits gezogen.

Als wichtigste Bewertungskriterien werden das Wasch-, Scheuer- und Pillverhalten, die Vernähbarkeit sowie der Griffausfall und der visuelle Eindruck bestimmt (Tab. 1).

Garngütedaten:

Kurz kommentiert, demonstrieren die Garnwerte, daß der Einsatz der 1,0 dtex-Faser, ob in Reinverspinnung oder in Mischung mit 50 % Baumwolle, einen generellen Vorteil bezüglich Festigkeit und Gleichmäßigkeit bringt, und zwar sowohl im Ring- als auch im Rotorgarn (Tab. 2). - Zum Einsatz gelangt eine gute Mako-Qualität (3,8 Micronaire).

Tabelle 1: Single-Jersey - Versuchsführung

Nm 50/1, 28er Teilung
Flächengewicht ca. 130 g/m²

MATERIAL:

- 100 % Baumwolle, Ring
- 50/50 Bw./L-Modal 1,7/40, Ring
- 50/50 Bw./L-Modal 1,0/40, Ring
- 100 % Baumwolle, Rotor
- 50/50 Bw./L-Modal 1,7/40, Rotor
- 50/50 Bw./L-Modal 1,0/40, Rotor

Durchgef. Prüfungen:

Washverhalten: Schrumpf, Knitterbild, Vergrauung

- Scheuerung
- Steifigkeit
- Vernähbarkeit
- Pilling

Single-Jersey - Einfluß von Wäschen auf das Knitterbild und die Farbveränderung:

Der Waschschrumpf nach 25 Wäschen (Haushaltswäsche 60 Grad C) liegt bei allen Qualitäten in der Größenordnung von 4 - 6 % in Längsrichtung und ca. 2 % in Querrichtung. Auf eine Darstellung der Einzelwerte haben wir verzichtet, da mögliche, geringfügige faserbedingte Unterschiede mit den uns zur Verfügung gestandenen Kurzstücken in der Prozeßführung wahr-

scheinlich überdeckt werden, d.h., es ist keinerlei Trend der Schrumpfergebnisse in Abhängigkeit der Faserfeinheit ablesbar. Die Bewertung des Knitterbildes (System Monsanto) bis zur 25. Wäsche in Verbindung mit der Tumbler Trocknung stellt praktisch allen getesteten Qualitäten ein gutes Zeugnis aus! Auch die Farbveränderung durch den Einfluß der Wäschen ist im wesentlichen bei allen Proben gleich, mit der Ausnahme, daß 100 % Baumwolle, rotorgesponnen, etwas ungünstiger abschneidet (Tab. 3).

Scheuerbeständigkeit:

Es ist besonders darauf hinzuweisen, daß alle nach der Schlagflügelmethode geprüften Proben, absolut gesehen, ein sehr gutes Ergebnis aufweisen. Die Modalmischungen liegen etwas niedriger, und es ist eine leicht fallende Tendenz in Richtung Feintiter festzustellen (Abb. 1).

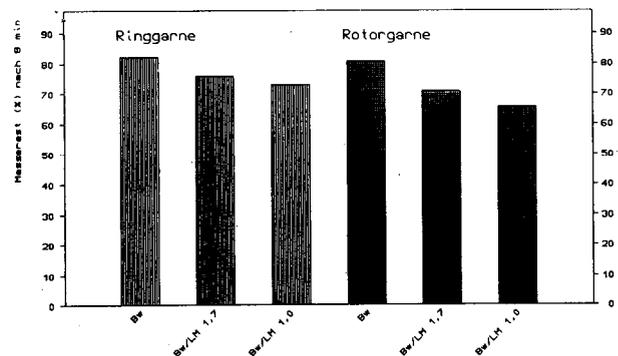


Abb. 1: Accelerator-Scheuerung (Single-Jersey)

Pillverhalten:

Auch das Pillverhalten ist bei allen Strickqualitäten auf einem hohen Qualitätsniveau, wobei auch hier wie bei der Scheuerung die Mischungen mit Modal-Feintiter etwas schlechter abschneiden, ohne daß dies jedoch als gravierender Nachteil angesehen werden muß (Abb. 2).

Tabelle 2: Garngütedaten

	Ringgarne (Nm 50)					Rotorgarne (Nm 50)						
	USTER CV (%)	Dünnstellen	Dickstellen	Noppen	Festigkeit (cN/tex)	Dehnung (%)	USTER CV (%)	Dünnstellen	Dickstellen	Noppen	Festigkeit (cN/tex)	Dehnung (%)
100 % Modal 1,7/40	14,4	21	34	37	18,8	10,1	14,2	26	29	2	12,0	6,8
100 % Modal 1,3/40	13,4	8	46	74	18,6	9,1	13,9	12	46	6	13,7	6,6
100 % Modal 1,0/40	13,9	0	247	376	19,2	8,5	13,7	4	73	42	13,7	7,9
50/50 Bw./Modal 1,7/40	14,0	5	75	52	16,7	7,8	14,8	28	54	7	11,2	5,7
50/50 Bw./Modal 1,3/40	14,4	3	181	110	16,6	7,4	13,7	8	25	12	12,0	6,9
50/50 Bw./Modal 1,0/40	14,2	5	202	105	16,9	7,1	14,4	19	73	55	12,4	5,5
100 % Baumwolle	17,4	81	471	214	18,8	7,1	17,4	179	308	78	11,7	6,8

Tabelle 3: Single-Jersey - Einfluß von Wäschen auf Knitterbild und Farbänderungen

60°-Wäschen mit Tumbler Trocknung

Material	Bewertung nach 1./3./5./10./25. Wäsche	
	Monsantobild	Graumassstab
100 % Baumwolle, Ring	1-2/1/2/2/4	4-5/3/3/2/2
50/50 Bw./L-Modal 1,7/40, Ring	2/3/2/2-3/3-4	4-5/3/3/3/3
50/50 Bw./L-Modal 1,0/40, Ring	1/2/2/2-3/3-4	4/3/3/3/2
100 % Baumwolle, Rotor	1-2/2/1/3/3	4/2-3/2-3/1/1
50/50 Bw./L-Modal 1,7/40, Rotor	3/3/2-3/3/5	5/2/3/3/2
50/50 Bw./L-Modal 1,0/40, Rotor	2/3/1-2/3-4/3	4/3-4/3/2/2

Monsantobild: 5 = gut, 1 = schlecht

Graumassstab: 5 = keine, 1 = starke Farbänderung (DIN 54001)

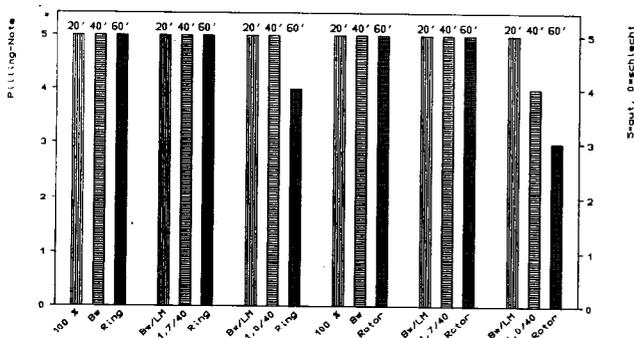


Abb. 2: Pillingprüfung (Single-Jersey)

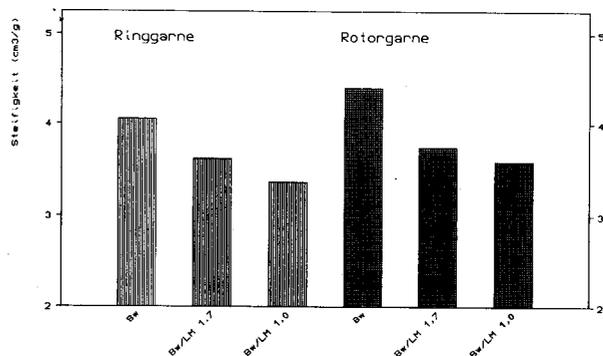


Abb. 3: Steifigkeitsprüfung (Single-Jersey)

Messung der Steifigkeit als Maß für den textilen Griff:

Geprüft wurde mit einer vom österreichischen Textilinstitut entwickelten Methode: Hier sind recht deutliche Unterschiede festzustellen. Wie erwartet, ist die Griffhärte generell bei den Rotorqualitäten höher als bei den ringgesponnenen Qualitäten. Als wesentliches Ergebnis ist festzuhalten, daß bei beiden Garnarten (Ring und Rotor) der Griff mit abnehmender Faserfeinheit weicher wird (Abb. 3).

Henkelplüsch

Als weiteres Einsatzgebiet für feintitrigre Modalfasern wurde der Henkelplüsch gewählt und dabei wiederum der Vergleich von Ring zu Rotor mit 1,7 dtex zu 1,0 dtex Modal gezogen.

Versuchsführung Henkelplüsch:

Ring- und rotorgesponnene Garne der Feinheit Nm 80/1 in den aufgeführten Rohstoffen wurden zusammen mit einem texturierten PA 78 dtex f 17/1 zu Henkelplüschchen mit einem Flächengewicht von 200 g/m² gestrickt. Die Materialmischung beträgt 70/30 % cellulosische Fasern/texturiertes PA. Die Henkelplüschqualitäten wurden peroxidbleicht, reaktivgefärbt und aviviert.

In dieser Vergleichsserie wurde sowohl 100 % Modalgarn als auch 50/50 % Lenzing Modal/Baumwolle-Garn, ring- und rotorgesponnen, eingesetzt. - Als wichtigste Bewertungskriterien wurden das Wasch- und Scheuerverhalten, Vernährbarkeit sowie der Griffausfall und die Optik herangezogen (Tab. 4).

Garndaten:

Auch hier wird eine Zusammenstellung der Garngütedaten gezeigt, die zur Verarbeitung kamen (Tab. 5). Für diesen Versuch sind wir an die mögliche Spinnngrenze gegangen und haben ein Rotorgarn Nm 80/1 ausgesponnen.

Aus der Gegenüberstellung ist ersichtlich, daß mit der für diesen Versuch eingesetzten Baumwollqualität die Ausspinnngrenze überschritten worden ist und eine Garnherstellung in 100 % Baumwolle unmöglich war.

Selbstverständlich ist die Ausspinnung dieser Garnfeinheiten auch in 100 % Modal, 1,7 dtex, auf Grund der zu geringen Faserzahl im Garnquerschnitt nicht möglich (maximale Garnfeinheit in diesem Fall Nm 50/1).

Durch Beimischen der 1,0 dtex-Modalfaser ist es möglich, auch eine durchschnittliche Baumwollqualität, wie sie hier vorlag, zu Rotorgarnen bis Nm 80 mit durchaus respektablen Werten herzustellen.

Obwohl dieser Aspekt in der Versuchsreihe eigentlich nicht beabsichtigt war - das Baumwollkardenband wurde uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt -, halten wir das für ein sehr interessantes, zusätzliches Ergebnis.

Henkelplüsch - Einfluß von Wäschen auf Knitterbild und Schrumpf:

Der Waschschrumpf nach 25 Wäschen (Haushaltswäsche 60 Grad C) liegt bei allen Qualitäten in der Größenordnung von 5 % in der Längsrichtung und etwa max. 4 % in der Querrichtung. Die höheren Schrumpfwerte gelten für die Qualitäten aus 100 % Modal.

In der Bewertung bezüglich Knitterbild bis zur 25. Wäsche in Verbindung mit Tumbler Trocknung liegt für alle getesteten Qualitäten ein ziemlich einheitliches Niveau vor. Dasselbe gilt für die Farbveränderung, gemessen mit dem Graumaßstab. Wie auch beim Single-Jersey ist für die verschiedenen Titer bezüglich dieser Kriterien keine Differenzierung erkennbar (Tab. 6).

Tabelle 4: Henkelplüsch - Versuchsführung

Nm 80/1 mit 9 tex PA-Filament
Flächengewicht ca. 200 cN/m²

MATERIAL:

Mischung: 70/30 % cellul. Fasern/Polyamid

1. Faden: Baumwolle, Ring

L-Modal 1,7/40, Ring

L-Modal 1,0/40, Ring

L-Modal 1,0/40, Rotor

Bw./L-Modal 1,0/40, Ring

Bw./L-Modal 1,0/40, Rotor

2. Faden: PA-Filament

Durchgef. Prüfungen:

Waschverhalten: Schrumpf, Knitterbild, Vergrauung,
Farbänderung

Scheuerung

Steifigkeit

Vernähbarkeit

Scheuerbeständigkeit:

Die mit dem Accelerator-Prüfgerät gescheuerten Proben weisen insgesamt ein hohes Niveau auf. Naturgemäß fallen die Scheuerwerte bei der 100 % Modalware im Vergleich zu reiner Baumwolle und den Baumwoll/Modal-Mischqualitäten etwas ab. Als Trend kann abgelesen werden, daß die feintitrierte Modal-Ware einen geringeren Masserest nach der Scheuerbeanspruchung aufweist und die ringgesponnenen Garne geringfügig besser abschneiden als die rotorgesponnenen Garne (Abb. 4).

Messung der Steifigkeit als Maß für den textilen Griff:

Erwartungsgemäß ist auch hier der Griffausfall bei den rotorgesponnenen Waren härter als bei den ringgesponnenen Varianten. Wie diese Ergebnisse zeigen, kann mit dem Einsatz der 1,0 dtex-Modalfaser der Griff der Rotorware an die Ringware angeglichen werden (Abb. 5).

Vernähbarkeit

Bezüglich der Vernähbarkeit konnte weder beim Single-Jersey noch beim Henkelplüsch ein Titereinfluß festgestellt werden. An allen Stücken wurden Testnähte unter Bedingungen, wie sie in der industriellen Konfektionierung üblich sind, angebracht (Nadelstärke Nr. 70, mit 5000 Stichen/min).

Anfärbung

Zur Frage der Anfärbung kann prinzipiell vermerkt werden, daß die Modalfaser mit feiner werdendem Titer bei gleicher Farbstoffaufnahme heller ausfällt. Wie wir bisher feststellen konnten, sind die auftretenden Unterschiede abhängig vom Farbstoff und der Farbtiefe.

So kann im Extremfall, wie z. B. bei Marineblau, bei 1,0 dtex-Modalfasern bis zu 30 % mehr Farbstoffeinsatz notwendig sein, um die gleiche Farbtiefe bei 1,7 dtex zu erreichen. Dazu möchte Gesetz-mäßigkeit darstellt (Verhältnis Faseroberfläche zu Faserfeinheit) und für alle Fasern gilt.

Merzerisierung

Der Glanz der Modal/Baumwoll-Mischung erfordert im allgemeinen keine Verbesserung. In bezug auf den vorher aufgezeigten Farbstoffmehrerbrauch mit feiner werdendem Titer ist jedoch

Tabelle 5: Garngütedaten

	Ringgarne (Nm 80)						Rotorgarne (Nm 80)					
	USTER CV (%)	Dünnstellen	Dickstellen	Noppen	Festigkeit (cN/tex)	Dehnung (%)	USTER CV (%)	Dünnstellen	Dickstellen	Noppen	Festigkeit (cN/tex)	Dehnung (%)
100 % Modal 1,7/40	15,3	40	36	45	16,4	9,9						
100 % Modal 1,0/40	13,7	1	112	169	19,0	9,7	15,5	35	114	18	13,5	7,6
50/50 Bw./Modal 1,0/40	17,7	25	673	418	14,5	7,1	17,2	147	316	151	9,3	4,9
100 % Baumwolle	22,8	431	1561	795	12,7	6,8						

Tabelle 6: Henkelpflüsch - Einfluß von Wäschen auf Knitterbild und Schrupf

60°-Wäschen mit Tumbler Trocknung

Material	Bewertung nach 1./3./5./10./25. Wäsche	
	Monsantobild	Graumassstab
100 % Baumwolle, Ring	4/4/3-4/3/2	4/3-4/3/3/3
100 % L-Modal 1,7/40, Ring	5/4/3/3/5	4-5/4/3/3/4
100 % L-Modal 1,0/40, Ring	4-5/4-5/4/3-4/1	3-4/3-4/3/2-3/3
100 % L-Modal 1,0/40, Rotor	5/4-5/4/4/1	4/4/3/3/3
50/50 Bw./L-Modal 1,0/40, Ring	4/5/4/1-2/4-5	4/3-4/3/3/5
50/50 Bw./L-Modal 1,0/40, Rotor	4/4/4/3/4	4/4/3/3/3

Monsantobild: 5 = gut, 1 = schlecht

Graumassstab: 5 = keine, 1 = starke Farbänderung (DIN 54001)

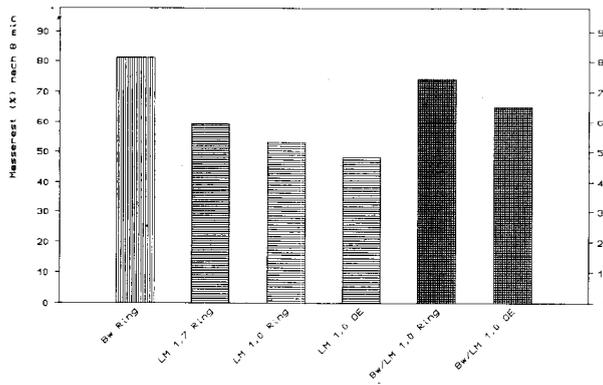


Abb. 4: Accelerator-Scheuerung (Henkelpflüsch)

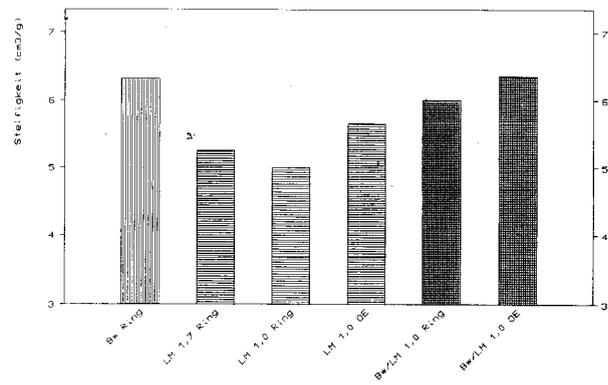


Abb. 5: Steifigkeitsprüfung (Henkelpflüsch)

besonders die farbvertiefende Wirkung des Merzerisierens auch für die Mischung mit Baumwolle interessant.

In einem ersten orientierenden Versuch, der bisher nur qualitativ bewertet werden konnte, haben wir als weiteres positives Resultat feststellen können, daß die griffverbessernde Wirkung des feineren Titors auch nach der Merzerisierung wirksam bleibt.

Es ist ja bekannt, daß sowohl reine Baumwolle als auch vor allem die Baumwollmischungen durch die Merzerisierung eine Griffverhärtung erfahren. Mit dem Einsatz von Modal in Fein- und Feinstitern kann dieser unerwünschte Nebeneffekt deutlich reduziert werden.

Zusammenfassung

Es konnte demonstriert werden, daß der Einsatz von Modalfasern mit einem Titer von 1,0 dtex eine Reihe von bemerkenswerten Vorteilen bringt.

- In Nm 50 bringt 1,0 dtex, vergleichend zu 1,7 dtex in 100 % als auch in Mischung mit 50 % Baumwolle, ring- und rotorgespunnen, eine Erhöhung der Garnreißfestigkeit und eine Verbesserung der Garnleichmäßigkeit.
- Mit 1,0 dtex Modal kann die Ausspinnngrenze im OE-Rotorspinnverfahren, im Vergleich zu 1,7 dtex von Nm 50 auf Nm 80 angehoben werden. Dies gilt sowohl für 100 % als auch in Mischung mit einer durchschnittlichen Baumwollqualität.

Damit dokumentiert sich die Modalfaser einmal mehr als idealer Mischungspartner für die Baumwolle.

- Die mit dem feineren Titer erzielten Garnverbesserungen sowie der Einsatz von feinerem, rotorgespunnenem Garn führen zu der erwarteten Verbesserung des optischen Ausfalls der untersuchten Rundstrickqualität.
- Die bekannte positive Griffbeeinflussung der Modalfaser in Mischung mit Baumwolle wird durch den Einsatz des feineren Titors verstärkt. Wie die Untersuchungen zeigen, ist es offensichtlich möglich, beim Einsatz von 1,0 dtex-Modalfasern mit 50 % Baumwolle die Rotorgarnartikel im Griffverhalten an ringgesponnene aus reiner Baumwolle anzugleichen. Diese positive Griffbeeinflussung bleibt auch nach der Merzerisierung erhalten.
- Das PILLverhalten der untersuchten Artikel lag auf einem sehr guten Niveau. Die festgestellten geringen Abweichungen mit feiner werdendem Titer liegen in akzeptablem Rahmen.

Auch mit diesen ersten Versuchen im End Einsatz bestätigt sich die 1,0 dtex-Modalfaser als idealer Mischungspartner der Baumwolle für das Spinnen von feinen Garnen nach dem Rotorspinnverfahren.

In der Zwischenzeit laufen bereits größere Versuche bei Verarbeitern mit denen die hier gezeigten Schlußfolgerungen in der Praxis bestätigt werden sollen.

Literatur

- 1) Lünenschloß, J., Brockmanns, K.-J.; Textiltechnik **37**, 112-116 (1987) 3
- 2) Derichs, J.; Schlafhorst Dokumentation Nr. 19: „Steigerung von Produktivität und Qualität in der Ring- und Rotor-spinnerei“
- 3) Schöller, L.; Melliand Textilber. **6**, 383-386 (1986)
- 4) Deussen, H.; Schlafhorst Amerika: „Better Cotton Price System?“ - Textile Month, April 87
- 5) Hrivnatz, W.; Melliand Textilber. **4**, 236-237 (1987)
- 6) Kampl, R., Leitner, J.; Lenzinger Ber. **60**, 74-79 (1986)
- 7) Mach, D., Kampl, R., Kossina A.; Lenzinger Ber. **62**, 46-52 (1987)
- 8) Kossina, A.; Lenzinger Ber. **54**, 36-42 (1983)
- 9) Kossina, A.; Melliand Textilber. **64**, 746-751 (1983)
- 10) Ernst, A., Kossina, A., Lejeune, H.; Melliand Textilber. **66**, 264-269 (1985)

TR VIRA**AUSTRIA FASERWERKE Gesellschaft m.b.H.
A-4860 Lenzing**Herstellung und Vertrieb von Polyester-Stapelfasern sowie -Kon-
verterkabeln und -Konverterzügen

Eröffnungsansprache

Dr. J. Z a u n e r , Lenzing AG, Lenzing, Österreich

In der Faserindustrie haben sich in der letzten Dekade große strukturelle Änderungen ergeben. Vor 10 Jahren haben die westeuropäischen Faserproduzenten noch bedeutende Anteile ihrer Produktion in außereuropäische Länder exportiert. Dort wurden inzwischen eigene Kapazitäten aufgebaut, und die europäischen Faserproduzenten konzentrieren sich mehr und mehr auf den westeuropäischen Markt. Das gilt für alle Faserarten und im besonderen auch für Viskose- und Modalfasern.

Für die Zukunft geht es darum, Westeuropa als wichtigen und attraktiven Markt zu erhalten. Dazu gibt es Bemühungen einerseits auf der handelspolitischen Ebene, z. B. in Form von Import-Quotenregelungen im Rahmen des MFA (Multi-Faser-Abkommen), andererseits sehen wir Chancen, durch Anstrengungen in Richtung höherer Wettbewerbsfähigkeit unter Ausnutzung des Technologievorsprunges. Das ist eine große Herausforderung für uns alle: vom Faserproduzenten über die Maschinenindustrie, Textilindustrie bis zur Bekleidungsindustrie.

Die Lenzing AG hat diese Entwicklung frühzeitig erkannt und rechtzeitig begonnen, sich darauf einzustellen. Wir waren uns schon vor 10 Jahren im klaren darüber, daß eine Konzentration auf den europäischen Markt eine Intensivierung des Kontaktes mit unseren Kunden und potentiellen Kunden voraussetzt, um ihre qualitativen und quantitativen Erfordernisse rechtzeitig kennenzulernen und in unseren Aktivitäten berücksichtigen zu können.

Als Folge davon konzentrieren wir uns darauf, die Qualität unserer Fasern den ständig steigenden Anforderungen in der Verarbeitung laufend anzupassen - dies gilt im besonderen Maße natürlich für die Baumwolltypen, die in die OE-Rotorspinnerei gehen -, den Einsatz der hochwertigen Modalfaser kontinuierlich auszubauen sowie ein breitgefächertes Typenprogramm anzubieten.

Die Entwicklung von Spezialfasern wurde vorangetrieben, da diese gerade für den qualitativ anspruchsvollen europäischen Kunden langfristig von Interesse sind, wie spinngefärbte Viskose und in jüngster Zeit auch Modalfasern, schwerentflammbare Fasern auf Viskose- und Modalbasis, Fasern für besondere modische Effekte und andere. Seit kurzem bieten wir als Ergänzung zu unserem cellulosischen Faserprogramm auch thermostabile, schwerentflammbare Polyimidfasern und -filamente an, die besonders für den technischen Einsatz in Frage kommen, womit wir unsere Innovationsfreudigkeit neuerlich unter Beweis gestellt haben.

Parallel dazu haben wir unsere Serviceleistungen in allen Verarbeitungsstufen intensiviert und auf die Sekundär- und Tertiärkunden ausgedehnt. Das war nur durch einen entsprechenden Ausbau unserer Anwendungstechnik in den letzten Jahren - sowohl personell als auch ausstattungs-mäßig - und engere Zusammenarbeit mit Textilmaschinenbauern, Textilhilfsmittel- und Farbstoffherstellern sowie auch Synthesefaserherstellern, soweit sie nicht direkt unsere Konkurrenten sind, möglich.

Diese Strategie hat sich als richtig erwiesen. Wir konnten unsere Gesamtproduktion an Viskose- und Modalfasern von 1976 bis 1986 um 25 % steigern und die Modalfaserproduktion im gleichen Zeitraum vervierfachen. 1986 haben wir insgesamt 117.000 Tonnen cellulosische Stapelfasern erzeugt, davon waren 26.000 Tonnen Modalfasern, das sind 23 % der Gesamtproduktion. Mit einer Gesamtjahreskapazität von 120.000 Tonnen sind wir heute

nicht nur der größte Viskose- und Modalfaserhersteller in Westeuropa, sondern weltweit die größte integrierte Produktionsstätte von Viskose- und Modalfasern.

Vor 10 Jahren haben wir noch mehr als 50 % unserer Produktion in außereuropäische Märkte geliefert. Im letzten Jahr betragen die Lieferungen nach Westeuropa bereits 85 % unserer Produktion.

Wir haben festgestellt, daß gerade die führenden Verarbeiter von Viskose- und Modalfasern sehr bereitwillig die von uns gebotenen Kooperationsmöglichkeiten auf dem technischen Sektor und in der Werbung aufgreifen. Auch unsere Werbeaktivitäten haben wir in den letzten Jahren laufend intensiviert. Besonders die bisherige Entwicklung des Modalfaserabsatzes hat deutlich gezeigt, daß dieses Konzept langfristig für beide Teile aufgeht. Trotz der starken Konkurrenz durch die sehr niedrigpreisige Baumwolle hat sich die Modalfaser in den letzten eineinhalb Jahren sehr erfolgreich gegen die Baumwolle gehalten und durchgesetzt. Im Gegenteil, es war möglich, einen weiteren Kapazitätsausbau für Modal, entsprechend der zu erwartenden weiteren Mengenentwicklung, zu realisieren.

Eine der wichtigsten Entwicklungen im textilen Einsatz von Stapelfasern ist die derzeit bereits voll im Gang befindliche Verlagerung zu feineren Titern in der Kurzstapelspinnerei. Es ist durchaus realistisch anzunehmen, daß hier der Stapeltiter in den nächsten zwei bis drei Jahren bei 1,3 dtex liegen wird. Seit Jahren sind 1,3 dtex Viskose- und Modalfasern in unserem Versuchsprogramm, sie sind jedoch mengenmäßig erst ab 1986 interessant geworden.

Als nächster Schritt ist der verstärkte Einsatz von 1,0 dtex-Fasern zu erwarten, mit dem die Leistungsfähigkeit des Rotorspinnverfahrens voll ausgeschöpft werden kann. Hier sehen wir ein zusätzliches Marktpotential für die Viskose- und vor allem die Modalfasern, da Baumwolle, die diese Bedingungen erfüllt, nur in begrenztem Umfang zur Verfügung steht. Da mit feiner werdendem Titer die Faserfestigkeit immer wichtiger wird, sind für 1,0 dtex vor allem der Modalfaser die größten Chancen einzuräumen.

Wir beschäftigen uns seit Anfang 1985 mit der wirtschaftlichen Herstellung von 1,0 dtex-Modal. Schon in einem frühen Stadium wurden einzelne Kunden mit Bemusterungen in die Entwicklung einbezogen. Die Firmen Schlafhorst und Trütschler, die über optimale maschinelle Voraussetzungen zur Beurteilung der Verarbeitungseigenschaften von 1,0 dtex-Modal verfügen, erklärten sich spontan bereit, uns mit aufwendigen Versuchsserien in dieser Entwicklung zu unterstützen.

Im Folgenden werden die neuesten Ergebnisse auf diesem Sektor, die gemeinsam von Faserhersteller, Textilmaschinenbau und Textilherstellern erarbeitet worden sind, präsentiert werden.

Im Rahmen unserer kooperativen Zusammenarbeit mit der gesamten Textilindustrie war dieser Kundentag sicher ein ganz besonderes Ereignis. Wir sind überzeugt, daß auf dieser Basis auch weitere noch vor uns liegende technische Herausforderungen erfolgreich gelöst werden können !

Die Zukunft des Rotorspinnens - Entwicklung der Faserstoffe

Dr. Josef Derichs, W. Schlafhorst & Co., Mönchengladbach, Bundesrepublik Deutschland

Ausgehend von den physikalischen Unterschieden des Ring- und Rotor-spinnens, werden die Anforderungen an die Rohstoffe für das Rotorspinnen definiert und die zu erwartenden Grenzen der Rotorspinnerei aufgezeigt. Die andersartigen Anforderungen des Rotorspinnens an den Faserstoff führen zu einer anderen Bewertung als bisher. Für ein neues Bewertungssystem werden Vorschläge unterbreitet und diskutiert.

Considering physical differences between ring spinning and rotor spinning, requirements in raw materials for rotor spinning are established. Rotor spinning requires different fiber properties as well as modified evaluation concepts. For a new evaluation system ideas are presented and discussed.

Seit nunmehr 20 Jahren ist das Rotorspinnen bekannt. Die Tschechen stellten 1967 in Basel ihre Rotorspinnmaschine zum ersten Mal der Öffentlichkeit vor. Diese Maschinen produzierten mit Rotordrehzahlen von 20.000 bis 25.000 min. Das ist eine vier- bis fünf-fache Steigerung. Die Qualität der Garne hat sich verbessert, und die Garnfeinheiten sind in den Bereich von Nm 60 (16 tex) vorgezogen. Wird sich diese Entwicklung weiter so fortsetzen? Welche physikalischen und technologischen Grenzen tun sich auf? Kann man sie überwinden? Wie groß ist das zukünftige Marktpotential?

Betrachten wir die weltweit installierten Spinnkapazitäten: Nach einer Studie des ITMF ergibt sich die Aufstellung nach Abbildung 1 für die Kurzstapelspinnerei. Es sind die Anzahlen der Ring- und Rotorspindeln nach Regionen aufgetragen. Auffallend ist der hohe Anteil von Ringspindeln in den asiatischen Ländern und die große Zahl von Rotorspindeln in den COMECON-Ländern. Die gestrichelte Linie gibt die Zahl der Rotorspindeln an, die zum Ersatz der Ringspindeln erforderlich wäre, wenn man ein Produktionsverhältnis von Rotor zu Ring von 5 : 1 voraussetzt. Dies wären weltweit ca. 23 Mio. Rotorspindeln. Bei einer Fertigungskapazität von 1 Mio. Spindeln pro Jahr wären dazu noch mehr als 20 Jahre erforderlich. Es ist unwahrscheinlich, daß dieser Fall eintritt, da das Ringgarn im Nummernbereich über Nm 60 nicht generell durch Rotorgarn ersetzt werden kann. Die Gründe dafür sind zur Zeit:

1. Die Spinnmenge der Rotorspinnerei liegt heute etwa bei Nm 70
2. Die Festigkeit des Rotorgarnes für Webartikel sollte weiter verbessert werden.

1984 installierte Spindeln plus
1985 versandte Spindeln (Quelle ITMF)
Kurzfasersystem

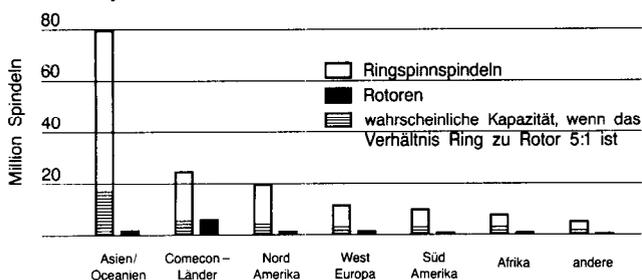


Abb. 1: Welt-Spinn-Kapazitäten

Damit hängt das Vordringen des Rotorgarnes in den Nummernbereich über Nm 60 davon ab, ob es gelingt, erstens die Spinnmenge auszudehnen und zweitens die Festigkeit zu verbessern. Dies gilt selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß das Rotorspinnen in den Spinnkosten pro kg Garn allen anderen Spinnverfahren überlegen bleibt. Aus heutiger Sicht kann man dies mit einiger Sicherheit annehmen.

Die Spinnmengen des Ring- und Rotorspinnens werden von folgenden Faktoren im wesentlichen beeinflusst:

1. physikalische Unterschiede beider Verfahren (im wesentlichen unterschiedliche Kräfte bei der Drehungseinteilung),
2. Fasereigenschaften, die auf die Drehungseinbringung und die Garneigenschaften einen großen Einfluß haben.

Anhand von Abbildung 2 soll der Unterschied verdeutlicht werden. Beim Ringspinnen werden die Fasern im Spinnrad unter Einwirkung einer Fadenzugkraft in gestrecktem Zustand eingebunden. Beim Rotorspinnen ist die Fadenzugkraft am Einbindepunkt Null. Über das bereits gebildete Garn muß jeweils ein Drehmoment in die Garnbildungszone übertragen werden. Aus der Erfahrung wissen wir, daß sich über einen gespannten Faden leichter ein Drehmoment übertragen läßt als über einen losen Faden. In dieser Beziehung hat das Ringspinnen ideale Bedingungen, während beim Rotorspinnen die Fadenzugkraft in der Rille von Null an überproportional ansteigt und an der Abzugsdüse den höchsten Wert erreicht. Die Fähigkeit des Garnes, Drehung zu übertragen, ist von entscheidender Bedeutung für die Stabilität des Spinnvorganges. Diese Fähigkeit ist von zwei Faktoren abhängig:

1. von der einwirkenden Zugkraft und
2. von der Faserzahl im Querschnitt des Garnes bzw. von der Feinheit der Faser.

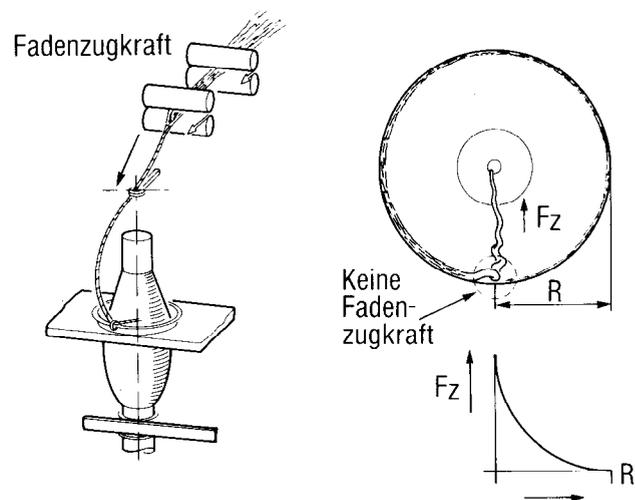


Abb. 2: Fadenzugkraft

Beim Rotorspinnen ist die Faserfeinheit die ausschlaggebende Größe, da eine Fadenzugkraft in der Einbindezone praktisch nicht vorhanden ist.

Hieraus erklärt sich unsere Erfahrung, daß das Ringspinnen besser geeignet ist, Garne mit geringerer Faserzahl im Querschnitt zu verspinnen als das Rotorspinnen.

Die Spinnstabilität ist eine unabdingbare Voraussetzung für jedes Spinnverfahren. Es soll daher untersucht werden, welche weiteren physikalischen Eigenschaften das Rotorspinnen bezüglich der Spinnstabilität vom Ringgarn unterscheiden.

Dazu müssen wir die Kräfte, die am Faden und an den Fasern in der Rotorrille wirken, betrachten (Abb. 3). Die am Faden nach der

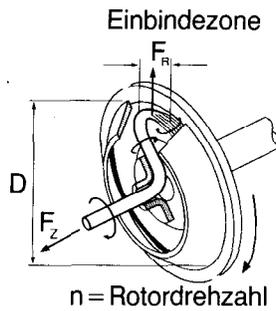
Abzugsdüse wirkende Kraft F ist vom Rotordurchmesser und der Rotordrehzahl abhängig.

$$F_z \sim (n \cdot D)^2$$

D = Rotordurchmesser

F_z = Fadenzugkraft

F_R = Anpreßkraft auf die Fasern in die Rotorrille



$$F_z \sim (n \cdot D)^2$$

$$n \cdot D = \text{constant}$$

$$F_R \sim n^2 \cdot D = n(n \cdot D)$$

$$n \cdot D = \text{constant}$$

Abb. 3: Darstellung der am Faden und an den Fasern wirkenden Kräfte in der Rotorrille

Die Fadenzugkraft F_z sollte einen prozentualen Anteil von 10 - 20 % der mittleren Fadenreißkraft nicht überschreiten. Daraus ergibt sich, daß man das Produkt $n \cdot D = \text{konstant}$ halten muß, das heißt, bei einer Erhöhung der Rotordrehzahl muß man den Rotordurchmesser entsprechend verringern. Mit unseren heutigen Erfahrungswerten ergibt sich der Verlauf nach Abbildung 4.

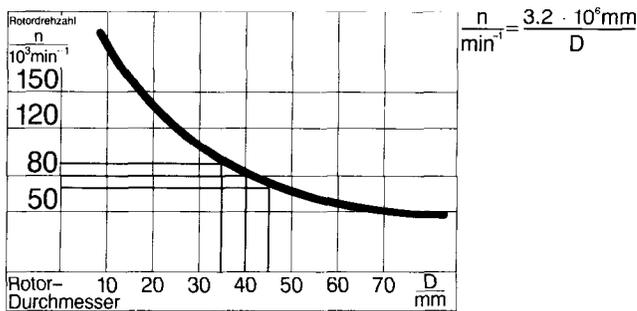


Abb. 4: Optimale Kombination von Rotordrehzahl und Rotordurchmesser

Wir wissen auch, daß sich mit jeder Erhöhung der Rotordrehzahl die Spinnstabilität verschlechtert. Die Erklärung dafür finden wir in der Kraft F_R , mit der die Fasern in die Rotorrille gepreßt werden.

$$F_R \sim n^2 \cdot D = n(n \cdot D)$$

Das heißt, diese Kraft steigt quadratisch mit der Drehzahl und linear mit dem Durchmesser an. Selbst wenn man den Rotordurchmesser anpaßt und das Produkt $n \cdot D = \text{konstant}$ hält, steigt die Kraft auf die Fasern in der Rille linear mit der Rotordrehzahl an. Diese Fliehkraft bewirkt ein stärkeres Zusammenpressen der Fasern in der Rille und erhöht so das erforderliche Drehmoment zur Einbringung der Drehung in die Einbindezone. Die Einbindezone wird kürzer, und die Spinnstabilität verschlechtert sich. Das stimmt mit der Erfahrung überein und wird durch die α -min-Kurve bestätigt, die ein Maß für die Spinnstabilität in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl und vom Rotordurchmesser ist (Abb. 5).

Man erkennt daraus:

1. Das Minimum der α -min-Kurven verschiebt sich mit kleinerem Rotordurchmesser zu höheren Drehzahlen.
2. Der absolute Wert des Minimums erhöht sich mit der Verringerung des Rotordurchmessers.
3. Das Minimum ist der optimale Betriebspunkt für das gewählte Fasermaterial

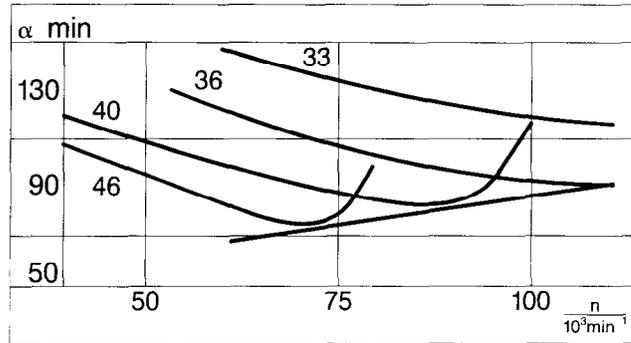


Abb. 5: Alpha min-Kurve

Die Lage und der Verlauf der α -min-Kurven sind sehr stark abhängig vom verwendeten Fasermaterial und der ausgesponnenen Garnnummer. Je höher die Faserzahl im Querschnitt ist bzw. je feiner die Einzelfasern sind, um so weiter verschiebt sich das Minimum der Kurven zu hohen Drehzahlen. Damit haben wir einen Weg gefunden, die Spinnstabilität über die Faserfeinheit maßgeblich zu beeinflussen.

Selbstverständlich gibt es noch andere Mittel zur Beeinflussung der Spinnstabilität. Dazu gehören die Abzugsdüse, die Rotorrillenform und -lage. Ein sehr wirksames Mittel ist ein Drallstaulement, das nach der Abzugsdüse in Fadenaufrichtung angeordnet ist und dafür sorgt, daß sich ein Drehungsstau im Fadenende zwischen Abzugsdüse und Rotorrille bildet. Damit läßt sich die Länge der Einbindezone beeinflussen. Diese Eigenschaft kann genutzt werden, um die Fadenbruchhäufigkeit zu senken, den Drehungsbeiwert zu reduzieren oder bei gleicher Fadenbruchzahl die Rotordrehzahl zu erhöhen.

Wenn alle diese Mittel ausgereizt sind, bleibt als einzige wirksame Maßnahme nur die Erhöhung der Faserzahl im Querschnitt. Wie sich diese Erkenntnis in der Praxis ausgewirkt hat, zeigt die Tabelle 1.

Tabelle 1: Produktionsgewinn beim Rotorspinnen, abhängig von den Faserparametern

Nm 48 Strickereigarn	1980	1983	1986
50% PES			
Denier	1,50	1,20	1,00
Schnittlänge in Zoll	1,50	1,50	1,25
Festigkeit g/den	4,00	5,40	6,00
50% Baumwolle	W.T.	W.T.	W.T.
Fasern im Garnquerschnitt	127	146	165
Drehung, α_m	109	100	94
Rotordurchmesser	46	40	33
Rotordrehzahl U/min	65.000	80.000	100.000
Produktion m/min	87	116	155
Produktionsgewinn		↑ 33%	↑ 78%
Spinnverhalten	identisch		
Garnqualität	identisch		

Betrachten wir zunächst den Produktivitätsgewinn in Abhängigkeit von den Fasereigenschaften bei einem 50/50 Polyester-Baumwollgarn Nm 48 (Ne 28):

Dieses Garn wird in den USA für Strickwaren in großen Mengen produziert. Vor sechs Jahren hatte die Polyesterfaser eine Festigkeit von 4 cN/den, eine Feinheit von 1,5 den und eine Schnittlänge von 1,5 Inch. Drei Jahre später wurde durch unsere Zusammenarbeit mit den Faserherstellern die Faserfeinheit auf 1,2 den mit etwas höherer Festigkeit gesenkt. Heute machen Hochfestigkeitspolyester mit 1 den und einer Schnittlänge von 1,25 Inch eine Reduzierung des Drehungsbeiwertes von $\alpha_m = 109$ auf 94 möglich. Dies ist verbunden mit einer beachtlichen Verbesserung im Griff und Aussehen der Ware. Das Garn wird nach wie vor mit der

gleichen West-Texas-Baumwolle gesponnen. Die Änderung der Fasereigenschaften des Polyesters erlaubt den Gebrauch eines kleineren Rotors und damit höhere Rotordrehzahlen. Die höhere Zahl von Fasern im Querschnitt gestattet eine Reduzierung des Drehungsbeiwertes um 15 % und eine Steigerung der Rotordrehzahl um 54 %. Dies ergibt einen Produktionsgewinn von 78 %.

Dies ist heute Wirklichkeit und wird in industriellem Maßstab praktiziert. Es erscheint uns nicht unmöglich, in einigen Jahren noch weitere Steigerungen zu erzielen. Dies hängt neben technischen Problemen sehr stark von der Entwicklung und der Verfügbarkeit geeigneter Fasern ab.

Bei den Kunstfasern Polyester, Acryl und Zellwolle sind bereits geeignete Fasern verfügbar, und man ist allenthalben bemüht, die Fasereigenschaften den Erfordernissen des Rotorspinnens anzupassen.

Weitaus problematischer erscheint uns die Beschaffung geeigneter Baumwollfasern zu wirtschaftlichen Bedingungen. Aus dieser Erkenntnis heraus bemüht sich Schlafhorst seit einigen Jahren, auf die maßgeblichen Züchter, Farmer, den Baumwollhandel und die Spinner einzuwirken, um hier ein Umdenken und eine Neuorientierung einzuleiten.

Sehr große Verdienste hat sich Helmut Deussen, der Leiter unserer Entwicklung in den USA, auf diesem Gebiet erworben. Ihm ist es gelungen, in den USA diesen Umdenkprozeß auf breiter Front voranzubringen. Wir sind sehr zuversichtlich, daß sich in den nächsten Jahren Änderungen ergeben werden, die, so hoffen wir, von den USA in die übrige Welt ausstrahlen werden. Das ITMF (International Textile Manufacturers Federation) hat die Probleme ebenfalls erkannt. Im März 1986 haben die europäischen Spinner einen Ausschuß gebildet, der sich mit den zukünftigen Anforderungen an die Baumwollfasern befaßt. Das ITMF-Spinner-Committee hat folgende Erklärung für die Presse abgegeben:

„Zukünftige Forderungen an die Eigenschaften von Baumwollfasern:

Das Komitee erörterte die zukünftigen Anforderungen an die Eigenschaften von Baumwollfasern vor dem Hintergrund technologischer Entwicklungen in der Spinnerei und die mangelnde Verfügbarkeit von geeigneten Baumwollfasern. Es kam zu folgenden Empfehlungen:

Faserfeinheit und -reife

Aus der Forderung der Spinner nach einer höheren Faserzahl im Querschnitt und reiferen Fasern leitet das Komitee mit Nachdruck die Notwendigkeit eines Wandels von gröberen zu *feineren Fasern* ab - dies unter Beibehaltung der Faserreife und ohne Nachteile auf die Faserfestigkeit.

Faserfestigkeit

Das Komitee empfiehlt, daß man versuchen sollte, bei der zukünftigen Faserentwicklung die Faserfestigkeit zu erhalten und die Dehnungseigenschaften zu verbessern.

Kurzfaseranteil und Nissen

Das Komitee erkennt, daß der Kurzfaseranteil und die Nissen eng mit dem Gin-Prozeß verbunden sind. Beide Faktoren sind von beachtlicher Bedeutung für den Spinner. Das Komitee unterstreicht die Notwendigkeit für Farmer und Ginner, diesem Gesichtspunkt der Qualitätsverbesserung der Baumwolle mehr Beachtung zu schenken.“

Soweit die Verlautbarungen des ITMF. Wie können wir dieses Ziel erreichen? Vier Änderungen erscheinen uns bedeutend:

1. eine Überarbeitung der heutigen Bewertungsmaßstäbe für die Baumwolleigenschaften,
2. eine Ausdehnung der HVI*-Testeinheiten, um eine schnelle und sichere Beurteilung der Faserwerte zu erhalten, die heute nicht oder unzureichend beschrieben werden,
3. die allgemeine Anwendung wissenschaftlich abgesicherter Meßmethoden statt subjektiver Methoden,
4. eine Preisfindung, die auf objektive und jederzeit prüfbare Bewertungskriterien aufbaut.

Angesichts der 100jährigen Tradition wird dies nicht einfach sein. Als neue Bewertungsmaßstäbe möchten wir folgenden Vorschlag machen (Tab. 2):

Tabelle 2: Aufzählung der für die moderne Garnherstellung wichtigen Baumwolleigenschaften

Eigenschaft	jetzige Bewertung	zukünftige Bewertung
1. Faserfeinheit	Micronaire	Feinheit in mtex
2. Reife		in % durch FMT, NIR oder andere
3. Festigkeit	g/tex durch HVI oder 1/8 Zoll Stelometer	g/tex durch HVI
4. Dehnung	in % durch HVI	in % durch HVI
5. Länge	Zoll durch HVI	Zoll durch HVI
6. Farbe	durch "grade"	Farb - Index durch HVI
7. "Grade"	gerechnet oder klassiert	—
8. Kurz - Faser - Gehalt	—	% Fasern kürzer als 1/2 Zoll durch Fibrograph, Altmeter oder andere
9. Trash - Gehalt	—	% von Partikeln größer als 500 Micron durch PPM, Spinlab, etc.
10. Staubgehalt	—	% von Partikeln zwischen 50 und 500 Micron durch PPM, Spinlab, etc.
11. Zuckergehalt	—	in % durch Perkins Methode, NIR oder andere

Die Bewertungskriterien sollen es dem Spinner ermöglichen, für seine modernen Spinnmaschinen das geeignete Fasermaterial auszuwählen. Im heutigen System werden nur sechs Fasereigenschaften beschrieben, einige davon sind unzureichend. Der neue Vorschlag enthält elf unterschiedliche Eigenschaften, die alle für die Garn- und Verarbeitungseigenschaften wesentlich sind.

Wir möchten den vieldiskutierten Micronaire-Wert ersetzt sehen durch die tatsächliche Faserfeinheit in Millitext und die dazugehörige Reife.

Die unklare Bedeutung des „Grade“ muß ersetzt werden durch Messungen des Trash- und Staubgehaltes sowie des Kurzfaserteiles und der Längenverteilung der Fasern. Wir wissen, daß zur Zeit praktikable und schnelle Meßeinrichtungen, die in die HVI-Linie eingebaut werden können, nicht verfügbar sind. Wir sind allerdings zuversichtlich, daß in den nächsten Jahren geeignete Meßmethoden gefunden werden.

Auf die Gefahr hin, daß wir mit großer Kritik rechnen müssen, möchten wir einen Vorschlag unterbreiten, der das heutige Preisfindungssystem ersetzt. Das heutige System zum Beispiel in den USA bestraft den Farmer, der feine Fasern liefert. Die Faserfestigkeit wird ungenügend berücksichtigt. Die Reife wird überhaupt nicht beachtet, und um den bestmöglichen Grad zu erhalten, wird die Rohbaumwolle exzessiv gereinigt, ohne Rücksicht auf die Einkürzung des Stapels und die damit verbundene Erhöhung des Kurzfaserteils. Wir müssen Wege finden, den Farmer für die

* Die HVI (High Volume Instrument)-Testlinie ist eine halbautomatische BW-Prüfstraße, die folgende Werte mißt:

- 1) Faserlänge
- 2) Festigkeit und Dehnung (Stelometer 1/8" Einspannlänge)
- 3) Micronaire
- 4) Verunreinigungen (Stengel, Blätter, Samenkapseln)
- 5) Farbe

Kapazität 2000 Ballen pro Tag mit zwei Bedienungspersonen. Meßvorschriften nach USDA (United States Department of Agriculture).

Baumwolleigenschaften zu bezahlen, die wir brauchen und die wichtig sind. Die Tabelle 3 zeigt ein Beispiel des heutigen Preissystems, basierend auf dem Micronaire-Wert. Je höher die Feinheit, um so höher sind die Strafpunkte - und das ohne Rücksicht auf die Reife der Fasern.

Tabelle 3: Preisbewertung von Baumwollfeinheit und Reife jetziges System

Micronaire	Abzug in Punkten pro lb	
	1 Zoll und kürzer	1 1/32 Zoll und länger
5.3 und darüber	- 215	205
5.0 - 5.2	115	- 115
3.5 - 4.9	0	0
3.3 - 3.4	195	- 215
3.0 - 3.2	- 410	475
2.7 - 2.9	650	- 750
2.6 und darunter	915	- 1010

Einen Vorschlag für ein gerechteres Preissystem zeigt die Tabelle 4. Hier wird die Reife mit der Feinheit kombiniert: je höher die Feinheit und je besser die Reife, um so höher sind die Prämien. Da feinere Baumwollen (nicht unbedingt die neueren Hybride-Züchtungen) einen geringeren Ertrag haben, kann eine Kompensation für das Preisfindungssystem eingeführt werden. Die bessere Qualität sollte belohnt und nicht bestraft werden. Eine solche Vorgehensweise wäre ein guter Start und könnte in ähnlicher Form auf die Faserfestigkeit und andere Fasereigenschaften übertragen werden.

Tabelle 4: Vorgeschlagenes System: Zuschläge in Prozent des Basispreises

Reife in %	Micronaire						
	4.0 grober	4.0 3.8	3.8 3.6	3.6 3.4	3.4 3.2	3.2 3.0	3.0 feiner
75% oder weniger	-	-	-	-	-	-	-
75% - 80%	-	-	+ 2	+ 5	+ 8	+ 11	+ 14
80% - 85%	-	+ 3	+ 6	+ 9	+ 12	+ 15	+ 18
85% - 90%	+ 4	+ 7	+ 10	+ 13	+ 16	+ 19	+ 22
90% oder höher	+ 8	+ 11	+ 14	+ 17	+ 20	+ 23	+ 26

Wir wissen, daß die Baumwollproduktion ein sehr komplexer Prozeß ist und daß Änderungen schwierig und zeitaufwendig sind. Doch bieten diese Entwicklungen große Möglichkeiten, die Produktivität, die Wirtschaftlichkeit in der Spinnerei und die Qualität der Garne deutlich zu verbessern.

Diese Verbesserungen haben nicht nur Auswirkungen auf das Rotorspinnen, sondern ebenso auf das Ringspinnen und auf neue Spinnverfahren, z.B. das Friktions- und Luftspinnen.

Literatur

- 1) Deussen, H.; New Textile Processing Technology and its Impact on Fiber Quality Needs
- 2) Manuskript Belturide Cotton, Production Conference, Dallas, 6.1.1987

Modal-Feintiter, die maßgeschneiderte Faser für hohe Rotordrehzahlen

Ing. Reinhard Kampl, Lenzing AG, Lenzing, Österreich

Nach intensiver Entwicklungsarbeit steht die neue Modal-Feintiterfaser, 1,0 dtex, bereits in absehbarer Zeit als Standardtype zur Verfügung.

Mit dem Ziel, den Einfluß des Feintiters auf die Kardierfähigkeit, Ausspinn Grenzen, Garneigenschaften bei gleicher Garnnummer zu ermitteln, wurden umfangreiche Versuche durchgeführt, deren Ergebnisse in dem Vortrag „Modal-Feintiter, die maßgeschneiderte Faser für hohe Rotordrehzahlen“ zusammengefaßt dargestellt sind.

Thanks to intensive development work the new Modal fine titre fibre 1.0 dtex will be available as a standard product in the foreseeable future.

With the aim of ascertaining the influence of the fine titre on carding capacity, spin limits and yarn properties with the same yarn numbers, extensive examinations were conducted. The results of these examinations are presented in the speech "Modal fine, the made-to-measure-fibre for high rotations".

Mit der Modalfaser steht heute eine industriell hergestellte cellulosische Faser zur Verfügung, die der Baumwolle am ähnlichsten ist und diese in ihren spezifischen Eigenschaften teilweise sogar übertrifft.

Gegenüber der natürlich gewachsenen Baumwolle kann die Modalfaser, den jeweiligen Anforderungen entsprechend (Spinn Technologie, Mischungspartner, Endprodukteigenschaften), maßgeschneidert angepaßt werden.

Die rasche Entwicklung auf dem Gebiet des Textilmaschinenbaues sowie der Trend zu feinen Stoffen aus feinen Garnen ließ uns bereits vor Jahren an die Entwicklung von Feintiterfasern denken. Da die Modalfaser in ihren Standardtitern bereits sehr gute Faserfestigkeiten aufweist, war es naheliegend, an dieser Fasertyp eine Titerverfeinerung vorzunehmen.

Dabei war jedoch darauf zu achten, daß die relative Faserfestigkeit und Faserdehnung, bezogen auf den Titer, nicht beeinträchtigt werden. Diese Modifikation ist uns sehr gut gelungen. Die Modal-Feintiterfaser 1,0 dtex steht uns bereits in absehbarer Zeit als Standardtype zur Verfügung.

Wir haben schon bei der Chemiefasertagung 1985 in einem Vortrag die Frage „Muß die Viskosefaser den neuen Spinn Technologien angepaßt werden?“¹ diskutiert und sind zu dem Schluß gekommen, daß sich diese Fasern mit feinen Titern für das Spinnen nach dem Rotor-, Air jet- sowie Friktionsspinnverfahren sehr gut eignen.

Von den vorher erwähnten Spinnverfahren ist bisher nur das Rotorspinnverfahren wirklich am Markt vertreten und hat in den letzten Jahren einen imponierenden Marktanteil erobert.

Um das Ziel der feinen Rotorgarnqualität bei hoher Wirtschaftlichkeit realisieren zu können, sind feinere Fasertiter mit guten Fasereigenschaften sowie hohe Rotordrehzahlen Voraussetzung. Baumwolle, die diese Anforderungen erfüllt, steht nur in begrenztem Umfang zur Verfügung. Hier sehen wir eine Herausforderung und reelle Wachstumschancen für unsere Modalfasern.

Auch seitens des Textilmaschinenbaues bedurfte es großer Anstrengungen, und es wurden enorme technologische Fortschritte erzielt, sodaß heute Rotordrehzahlen von 100.000 U/min beinahe als Standard angesehen werden können.

Als wir mit der Fa. Schlafhorst Kontakt aufgenommen haben und von unserer Absicht berichteten, eine 1,0 dtex-Modalfaser auf den Markt zu bringen, hat man sofort zugestimmt, diese Faser gemeinsam mit uns auszutesten.

Erste Ergebnisse dieser Zusammenarbeit wurden auf der Chemiefasertagung 1986 präsentiert². Ziel dieser Untersuchungen war es, den Einfluß des Feintiters auf die:

- Kardierfähigkeit,
- Ausspinn Grenzen,
- Garneigenschaften bei gleicher Garnnummer,
- Produktivitätssteigerung

zu ermitteln.

In der ersten Versuchsreihe wurde das Hauptaugenmerk auf die Kardiereigenschaften der Feintiterfasern gelegt. Wie allgemein bekannt ist, ist das Kardieren von Feintiterfasern nicht ganz unproblematisch, speziell dann, wenn Fasern mit relativ hohem Schlankheitsgrad vorliegen.

Aus diesem Grund haben wir das Material mit drei Produktionsgeschwindigkeiten, nämlich mit 25, 40 und 55 kg/Std. auf einer DK 715 kardiert.

Die Verarbeitungseigenschaften an der Karde waren in jedem Fall sehr gut.

Anschließend wurde das Material unter gleichen Bedingungen gestreckt und auf dem Autocoro versponnen.

Um sicherzustellen, daß das Material wirklich allen Anforderungen entspricht, haben wir die Ausspinnungen in den Garnfeinheiten der Nm 50, 60, 70 und 80 durchgeführt.

Aus den gegenübergestellten Garnfestigkeitsdiagrammen ist ersichtlich, daß hier praktisch kein Einfluß der Kardiergeschwindigkeit über den gesamten Nummernbereich gegeben ist. Diese Versuchsserie erfolgte mit einer Rotordrehzahl von 80.000 U/min (Abb. 1).

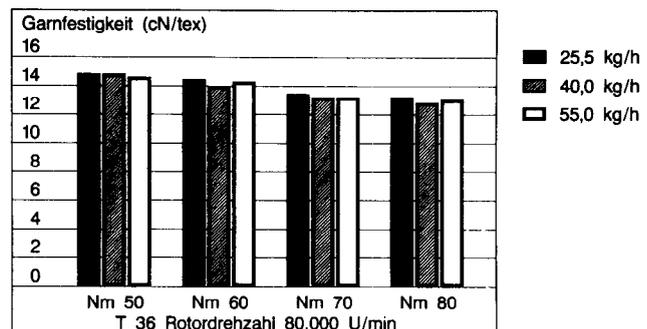


Abb. 1: Einfluß der Kardenproduktion

Um den Einfluß der Rotordrehzahl mit zu berücksichtigen, haben wir auch Garn der Nm 60/1 bei Rotordrehzahlen von 80.000 - 100.000 U/min in unser Untersuchungsprogramm mit einbezogen (Abb. 2).

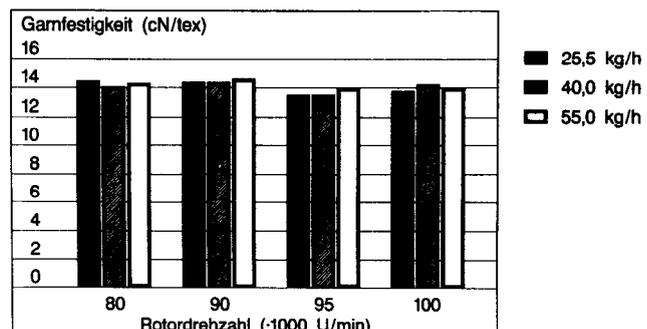


Abb. 2: Einfluß der Kardenproduktion, Nm 60 (am 110)

Auch aus dieser Festigkeitsgegenüberstellung ist kein Einfluß der Kardenproduktion erkennbar. Ein Einfluß der Kardenproduktion auf die Garndehnung ist über den gesamten Nummernbereich ebenfalls nicht nachweisbar (Abb. 3).

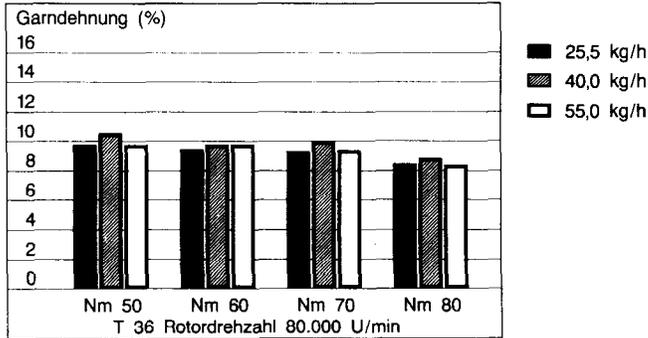


Abb. 3: Einfluß der Kardenproduktion

In der folgenden Gegenüberstellung der Garngleichmäßigkeit ist besonders darauf hinzuweisen, daß die Uster-CV-Werte generell sehr gut liegen und für die Nm 80/1 ein maximaler Wert von 15 % festgestellt wurde (Abb. 4).

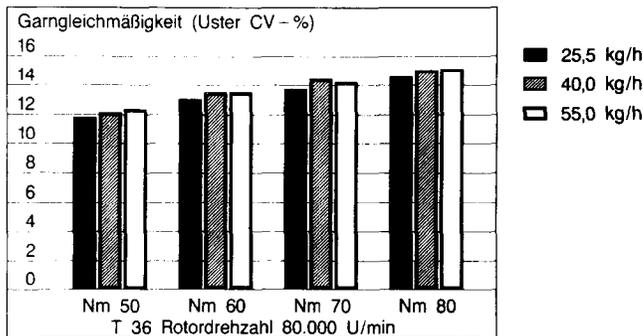


Abb. 4: Einfluß der Kardenproduktion

Interessant ist auch, daß bei einem Produktivitätsvergleich in der Garnfeinheit Nm 60/1 die Garngleichmäßigkeit über den ganzen Rotordrehzahlbereich von 80.000 - 100.000 nahezu unverändert bleibt (Abb. 5).

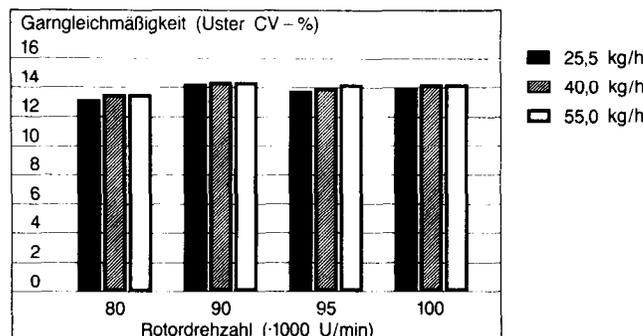


Abb. 5: Einfluß der Kardenproduktion, Nm 60 (am 110)

Dem Garncharakter wird in der Textilindustrie großer Wert beigemessen.

Der Garncharakter ist in der Rotorspinnerei sehr stark von den Bauchbinden im Garn abhängig, was sich über die Garndrehungsdifferenz $\Delta T\%$ annähernd abschätzen läßt.

Die Garndrehungsdifferenz $\Delta T\%$ ist der gerechnete prozentuelle Unterschied zwischen eingestellter Drehung an der Rotorspinnmaschine und der effektiv gemessenen Garndrehung. Bei der Gegenüberstellung der Garndrehungsdifferenz fällt sehr positiv auf, daß sich über den gesamten Garnnummernbereich Nm 50 - 80 bei konstanter Rotordrehzahl von 80.000 keine Verschlechterung zeigt (Abb. 6).

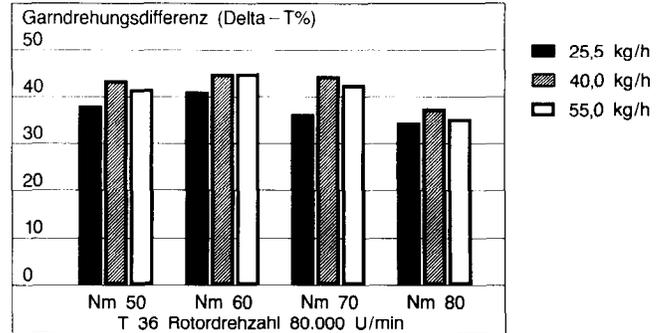


Abb. 6: Einfluß der Kardenproduktion

Einen weiteren Schwerpunkt unserer Untersuchung legten wir auf den Faservergleich mit unterschiedlichen Faserfeinheiten. Die Modalfasern mit den unterschiedlichen Titern wiesen jeweils sehr gut vergleichbare Fasereigenschaften auf, sodaß die im Folgenden beschriebenen Ergebnisse praktisch ausschließlich auf den Titereinfluß zurückzuführen sind.

In unserer Untersuchung haben wir für die jeweilige Faserfeinheit dazupassenden Garnfeinheitsbereich gewählt. Für die Faserfeinheit von 1,0 dtex haben wir Garn der Nm 70 gewählt und nicht, wie vorher bereits besprochen, Garn der Nm 80. Für diese Garnnummer ist der T 33-Rotor erforderlich, und daher wäre mit dem T 40-Rotor eine gute Vergleichbarkeit nicht mehr gegeben.

Aus dieser Darstellung ist deutlich zu erkennen, daß das Festigkeitsniveau bei den feineren Garnen dank der feineren Fasern erhalten bleibt. Aufgrund von vergleichbaren Fasereigenschaften sind diese Ergebnisse praktisch alleine auf den Titereinfluß zurückzuführen (Abb. 7).

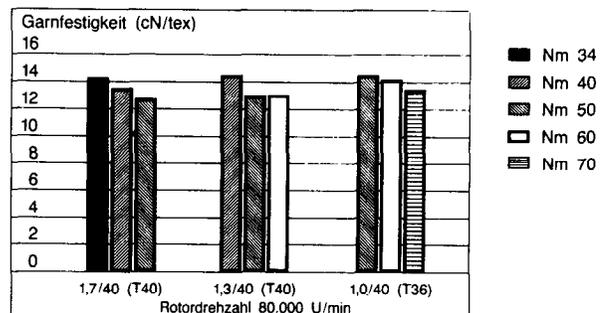


Abb. 7: Einfluß der Faserfeinheit

An der Garnfeinheit Nm 50/1 kann hier in dieser nächsten Darstellung gut demonstriert werden, daß die Garnfestigkeiten dank der

feineren Fasern ansteigen. Auch für diesen Versuch wurden verschiedene Rotordrehzahlbereiche für gewählt, wobei diese keinen Einfluß auf die Garnfestigkeit zeigten (Abb. 8).

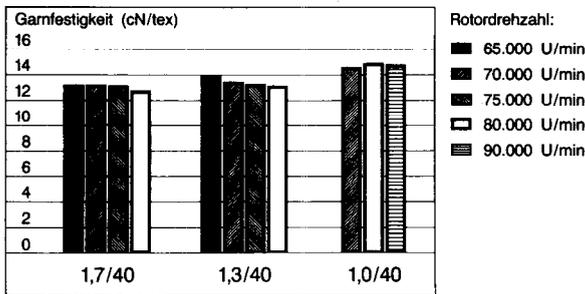


Abb. 8: Einfluß der Faserfeinheit, Nm 50

Die Garngleichmäßigkeit verhält sich vergleichbar zur Garnfestigkeit. Die Vorteile des feineren Fasertiters sind auch hier deutlich zu erkennen (Abb. 9).

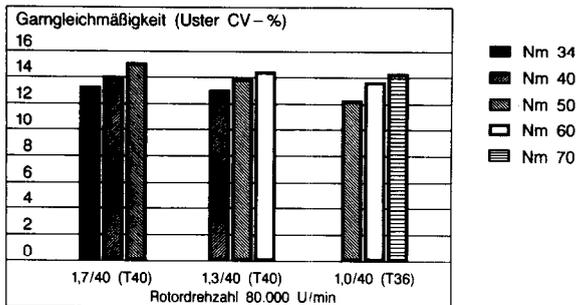


Abb. 9: Einfluß der Faserfeinheit

Die Verbesserung der Garngleichmäßigkeit durch die Feintiterfasern kann an der Garnfeinheit Nm 50/1 sehr deutlich demonstriert werden (Abb. 10).

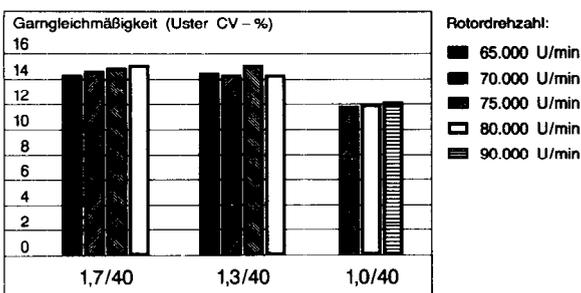


Abb. 10: Einfluß der Faserfeinheit, Nm 50

Produktivitätssteigerungen durch Reduzierung der Garndrehungen bei feinen Titern bedeuten einen weiteren Schritt zur wirtschaftlichen Garnherstellung.

Aus dieser Gegenüberstellung der Garnfestigkeit bei verschiedenen Drehungsbeiwerten geht hervor, daß diese durch Drehungsreduzierung praktisch nicht abfällt.

Die günstigsten Verarbeitungseigenschaften sowie die optimalsten Garnfestigkeitsdaten wurden bei einem Drehungsbeiwert von α m 90 gefunden.

Im Vergleich dazu war es mit einer 1,7 dtex-Fasertyp nicht möglich, bei einer Garnfeinheit von Nm 50/1 unter α m 110 zu gehen (Abb. 11).

Zusammenfassend können wir somit festhalten, daß die Lenzing Modal-Neuentwicklung 1,0 dtex/40 mm-Faser von der Karde bis zur Rotorspinnmaschine ohne Probleme verarbeitet werden kann. Bei der Verspinnung auf Autocoro eröffnet diese Faser unseren die neue Möglichkeiten, in den Bereich der feinen Garne und der hohen Rotordrehzahlen vorzustoßen.

Bei unseren Spinnversuchen konnten wir bei sehr gutem Fadenbruchniveau sehr feine Garne mit sehr niedrigem Drehungsbeiwert erzeugen, was bisher noch nicht möglich war.

Dies bedeutet einen großen Schritt in Richtung rationelle Rotorgarnherstellung.

Wir sind überzeugt, daß mit der 1,0 dtex-Faser neue Märkte erschlossen werden können, berücksichtigt man, daß bereits heute in der Mischung Baumwolle/Modal mit den Standardfasertitern 1,7 und 1,3 dtex phantastische Qualitäten produziert werden.

Abschließend möchte ich noch darauf hinweisen, daß die hier aufgezeigten Vorteile der Feintiterfasern im wesentlichen auch für die Verarbeitung in der klassischen Ringspinnerei Geltung haben.

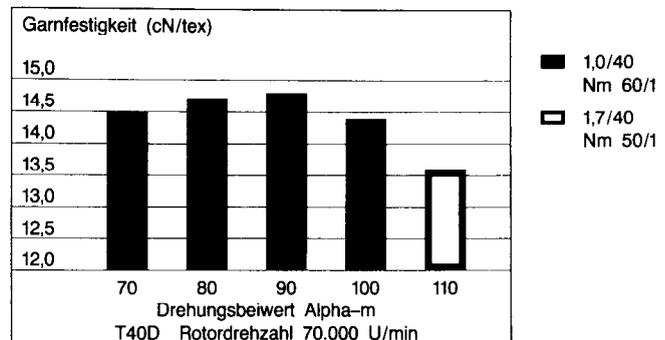


Abb. 11: Einfluß der Faserfeinheit

Literatur

- 1) Kampl, R.: „Muß die Viskosefaser den neuen Spinntechnologien angepaßt werden?“ - Vortrag, 24. Chemiefasertagung, Dornbirn 1985
- 2) Mach, D.: „Der Erfolg von Viskose- u. Modalfasern aus anwendungstechnischer Sicht“ - Vortrag, 25. Chemiefasertagung Dornbirn 1986

Hochwertige Rotorgarne in Kette und Schuß

Karl-Ludwig Fabian, Christian Dierig GMBH, Augsburg,
Bundesrepublik Deutschland

Die Herstellung von Geweben und Maschenwaren aus feinen Rotorgarnen gewinnt immer mehr an Bedeutung. Als geeignete Rohstoffe erweisen sich hochwertige Baumwollqualitäten und Chemiefasern, wie z.B. Modal und Polyester, sowie hieraus resultierende Fasermischungen. Die Verwendung feiner Rotorgarne anstatt Ringgarnen setzt eine Anpassung des Fertigungsablaufes in der Weberei voraus. Nur bei entsprechender Beachtung lassen sich die Vorteile der Rotorgarne optimal nutzen, ohne daß eine Verminderung der Laufeigenschaften eintritt.

The production of tissues and knitted goods from fine rotor yarns is becoming increasingly more important. High-quality cotton qualities and man-made fibres such as Modal and polyester as well as fibre blends made from these prove to be suitable raw materials. The use of fine rotor yarns instead of ring yarns demands an adjustment in the processing process in the weaving unit. Only if the rotor yarns are given particular care will their advantages be optimally employed without causing a reduction in processing qualities.

„Hochwertige Rotorgarne in Kette und Schuß“ oder mit anderen Worten „Lassen sich hochwertige Rotorgarne im feinen Nummernbereich in der Weberei ohne größere Probleme verarbeiten?“

Diese Fragestellung kann heute, bezüglich der praktischen Erfahrungen, gesammelt an über 100 t verarbeitetem Rotorgarn in 165 dtex und feiner, in Baumwolle/PES-Mischungen, 100 % Baumwolle und Baumwolle/Modal-Mischungen, mit einem **Ja** beantwortet werden!

Mit der rasanten Entwicklung des Rotorspinnverfahrens wurde gleichzeitig die Überlegung hinsichtlich der Verwendungsmöglichkeiten der produzierten Garne für Gewebe und andere textile Flächengebilde angestrebt. Ob nun bei der Gewebeherstellung Rotorgarne nur in Schußrichtung oder für Kette und Schuß einzusetzen sind, hängt im wesentlichen von

- dem gewünschten Artikelausfall bzw. Gewebecharakter,
- den erforderlichen technologischen Gewebeeigenschaften,
- dem Laufverhalten der Garne im Webereivorwerk und an den Webmaschinen,
- der verbleibenden Fehlerzahl in der Ware und, nicht zu vergessen,
- von dem Garnpreis ab.

Auch heute haben diese Kriterien Gültigkeit, wobei die immensen qualitativen Verbesserungen der Rotorgarne, besonders in den letzten Jahren, den Einsatzbereich wesentlich erweiterten. Dem Nachteil, wie zu geringe Garnfestigkeit gegenüber Ringgarnen, stehen heute nicht mehr zu missende Vorteile gegenüber.

Auf die besonderen Entwicklungen in der Feingarnausspinnung, die erst durch Zusammenarbeit mit Instituten, Rotorspinnmaschinenherstellern und Faserproduzenten möglich wurden, sei nur kurz hingewiesen. Der Einsatz feintitriger Viskose-, Modal- und Polyesterfasern und selbstverständlich die dazugehörige Baumwolle, für die es einer besonderen Rohstoffauswahl bedarf, führten zu dem Erreichen der Mindestfaserzahlen im Garnquerschnitt, ohne die diese Entwicklung nicht möglich gewesen wäre.

Spinn technisch lassen sich reine Baumwolle und Fasermischungen bis 140 dtex in der Praxis ausspinnen. Über die Weiterverarbeitung der Garne, soweit diese mit elektronischer Reinigung produziert wurden, sind von seiten der Strickerei kaum Probleme bekannt. In der Weberei mußten allerdings anfangs einige „Kopfstände“ vollbracht werden, um die „neue Rotorgarnqualität“ überhaupt zum Laufen zu bringen.

Die ständige Unterstützung und Hinweise von den Webmeistern und die möglichen spinn technischen Verbesserungen, es sei an dieser Stelle die Verwendung von T-33-Rotoren, Drallröhrchen und spezielle Abzugsdüsen genannt, führten dennoch zu ganz akzeptablen Ergebnissen.

Im Hause Dierig werden Rotorgarne bis 147 dtex für Bunt- und Rohweißgewebe auf Schaftwebmaschinen, aber auch im Jacquardbereich eingesetzt. Besondere Vorteile ergaben sich dadurch, daß trotz der hohen Spinn geschwindigkeiten auf der Rotorspinnmaschine die direkte Herstellung von Färbespulen möglich ist. Auch hier hat die praktische Erfahrung gezeigt, daß die Durchfärbung dieser mit langsamer Aufwindung und gleichmäßiger Fadenaufspannung hergestellten zylindrischen Spulen optimal ist. Die Farbegalitätsprobleme, die wir von gespul ten Ringgarnen kennen, sind uns von den Rotorgarnen weit weniger bekannt.

Vorteilhaft zeigt sich auch die direkte Weiterverarbeitung der Färbespulen beim Schären und Zetteln, wobei die gleichmäßigen Lauflängen der Spulen geringe Reste verursachen. Obwohl in der Weberei mit elektronischen Schußspeicheraggregaten gearbeitet wird, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, Färbespulen für den Schuß Einsatz umzuspulen. Hierdurch wird der Faden glatter und neigt nicht zu Verhakungen beim Ablauf.

Dem Schlichten der Ketten mußte besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Wichtig ist hierbei, daß für Rotorgarne mit einer geringeren Schlichtekonzentration gearbeitet wird als bei Ringgarnen, da die Aufnahme entsprechend höher ist. Ratsam ist es, die Fäden nicht zu lange frei zu führen und im Trockenteilfeld mit höherer Spannung zu fahren, um, entsprechend der „Lebendigkeit des Fadens“, entgegenzuwirken.

Für das Weben selbst spielt die Garnfestigkeit, genauer ausgedrückt das Arbeitsvermögen des Garnes, eine ganz entscheidende Rolle. Gerade feine Rotorgarne sollten nach dem Spinnen eine relativ hohe Restfeuchte und somit eine ausreichende Dehnung aufweisen.

Um Fadenspannungsspitzen zu vermeiden, bedarf es einer exakten Einstellung der Webmaschine, bezogen auf die Garnqualität. Wenn unvorhergesehene Kett- oder Schußfadenbrüche in überhöhter Anzahl anfallen, sollte eine genaue Aufnahme über die Ursachen Auskunft geben. Dennoch kann es vorkommen, daß eine entsprechend dichte Gewebeeinstellung den Einsatz für Rotorgarne unmöglich macht.

Bei den Rohwarenkontrollen konnte man bei vielen Artikeln feststellen, daß die Fehlerhäufigkeit an Geweben aus feinen Rotorgarnen gegenüber Artikeln aus Ringgarnen um bis zu 50 % reduzierbar ist. Außerdem wirken die Gewebe im Warenbild wesentlich ruhiger, bedingt durch die bessere Garn gleichmäßigkeit, und haben kaum kleine Dickstellen (die unter der Reinigungsgrenze liegen), die sich oftmals störend auswirken könnten.

Um diese Aussagen etwas zu präzisieren, wird folgend über einen *Spinn-, Strick-, Web-, und Ausrüstungsversuch* berichtet, für den 50 % Mako-Baumwolle/50 % Lenzing Modal, Feintiter 1,0 dtex, zum Einsatz kam.

Über das Spinnen dieser klassischen Fasermischung wurde bereits ausführlich berichtet, weshalb sich weitere Ausführungen erübrigen. In Tabelle 1 sind zum besseren Verständnis die Rotorspinnangaben aufgezeichnet:

Der Nutzeffekt an der Rotorspinnmaschine wurde mit 96,0 % festgestellt. Die Anzahl der gereinigten Dickstellen lag bei 1,9 per kg. Allgemein konnten die Laufeigenschaften als gut bewertet werden. Die ermittelten Garndaten lassen sich aus Tabelle 2 entnehmen. Zum Vergleich wurden die Garndaten eines Ringgarns (50 % Baumwolle gek./50 % Lenzing Modal, 1,7 dtex, 40 mm glzd) mit angegeben, das auch für die Web- und Ausrüstungsversuche eingesetzt wurde.

Um vorab ein besseres Bild von der neuen Rotorgarnqualität zu erhalten, wurde ein Strickversuch auf einer Single-Strickmaschine vom Typ MV 411 26" E32 bei Fa. Mayer & Cie. durchgeführt.

Tabelle 1: Spinn Daten - Rotorspinnmaschine

Rohstoffeinsatz	50 % Mako-Baumwolle 50 % Lenzing Modal, 1,0 dtex 40 mm glänzend	
Spinnmaschine verwendeter Rotortyp Auflösewalze Abzugsdüse	AUTOCORO T-33-SD OS 21 DN KK 4	
Rotor	Upm	94.200
Auflösewalze	Upm	8.200
Lieferung	m/min	91,4
Fdbr. (incl. Qualitätsunterbrechungen)	1000 ROH	144

Tabelle 2: Garnwerte

		Rotorgarn	Ringgarn
Garnfeinheit	dtex	147	164
Garn drehung	alpha-m	125	115
Festigkeit	cN/tex	12.1	14.1
Festigkeit	CV %	8.5	9.5
Dehnung	%	6.2	7.0
Dehnung	CV %	8.3	8.8
Arbeitsverm.	cN*cm	328	439
Uster	CV %	15.6	14.3
IPI Dünnst.	(50 %) 1000 m	30	17
IPI Dickst.	(3) 1000 m	96	84
IPI Nissen	(3) 1000 m	505	133

Der Ablauf an dieser Maschine war einwandfrei, die 100 g Ware, die wir anschließend auch bedrucken und färben ließen, entsprach voll den Erwartungen.

Dereigentliche Webversuch wurde nun in folgender Weise durchgeführt:

Es wurden 10 Bäume mit 600 m/min gezettelt. Die Gesamtfadenzahl lag bei 5484. Es wurde darauf geachtet, daß die Fadenspannung gleichmäßig unter 15 g lag. Der Ablauf des Rotorgarns war fast störungsfrei. Anschließend wurde auf einer Doppeltrog-Zylinderschlichtmaschine mit 110 m/min geschlichtet. Auch hier wurde auf eine konstante Ablaufspannung der Fäden von den Zettelwalzen geachtet.

Geschlichtet wurde mit einer Kombinationsschlichte, wobei die Schlichteflotte auf Kochtemperatur erhitzt und nach kurzer Verweilzeit dem Trog zugeführt wurde. Der Abquetschdruck wurde auf 1800 kN eingestellt. Die Auflage wurde im Labor mit 11,5 % festgestellt.

Mit den gleichen Einstellungen wurde auch das bereits erwähnte Ringgarn geschlichtet, wobei die ermittelte Auflage bei 9 % lag.

Aus der Abbildung 1 lassen sich die Garnfestigkeitswerte, ermittelt an ungeschlichteten und geschlichteten Fäden, entnehmen:

Für die Gewebeherstellung wurde ein Artikel mit folgenden Daten ausgewählt:

- Bindung: Köper 3/1
- Rohbreite: 171 cm
- Einstellung Kette Fd/cm: 34
- Einstellung Schuß Fd/cm: 27
- Blatteinstellung: 160/2 fdg.

Gewebt wurde nun auf Sulzer-PU-153¹-Webmaschinen, wobei die Schußeintragsleistung bei 1000 m/min lag. Die Webmaschinen sind entsprechend mit Mischwechsler und elektronischem Fadenspeicher ausgestattet.

Die Beurteilung der Laufeigenschaften, wiederum im Vergleich zum Ringgarn, ist aus Abbildung 2 ersichtlich:

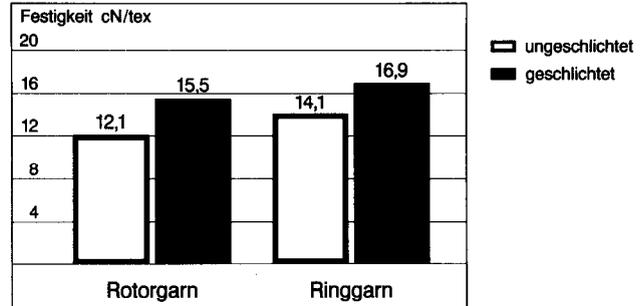


Abb. 1: Garnfestigkeit

Die Rohgewebe wurden anschließend überprüft, wobei die zeichnungspflichtigen Fehler bei dem Gewebe aus Rotorgarn geringer waren.

Zur Vervollständigung des Versuches und der Ergebnisse wurde nun die Webware nach dem üblichen Verfahren für diesen DOB-Artikel ausgerüstet. Folgende Arbeitsgänge wurden durchgeführt:

- rechte Wareseite sengen,
- Entschlichten,
- Peroxid-Kaltbleiche,
- Reaktivfärbung,
- Kunstharzveredelung.

Beim Durchlauf der Ware kam es zu keinerlei Problemen. Aus den Abbildungen 3 - 7 lassen sich die Vergleichsdaten entnehmen.

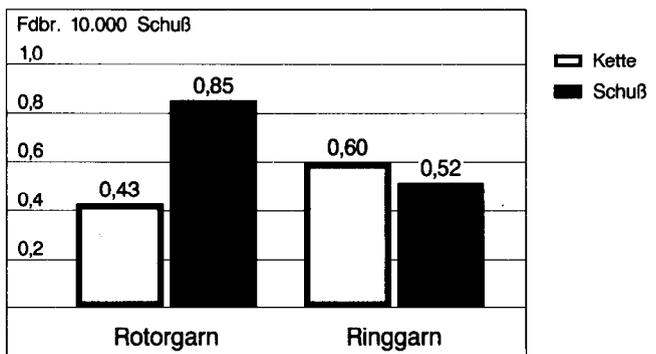


Abb. 2: Fadenbrüche Weberei

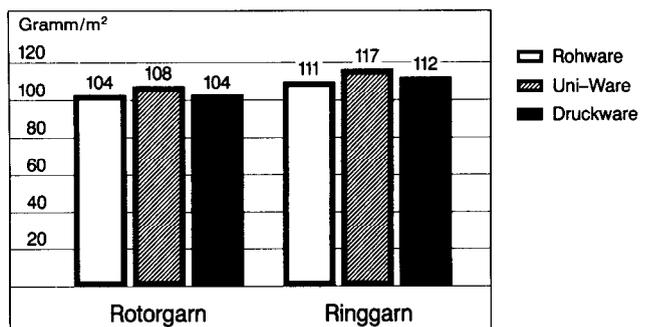


Abb. 3: Warengewichte

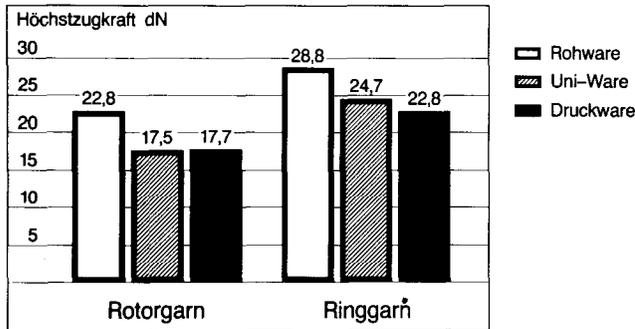


Abb. 4: Gewebefestigkeit Kette

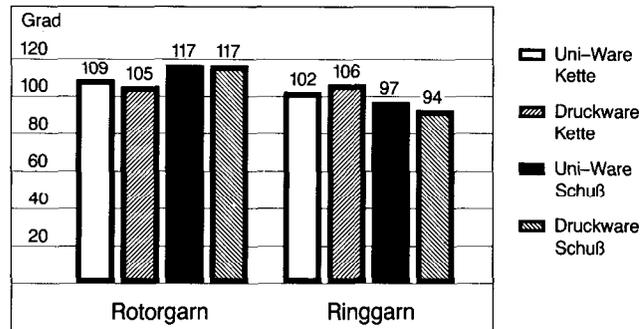


Abb. 6: Trockenknitterwinkel

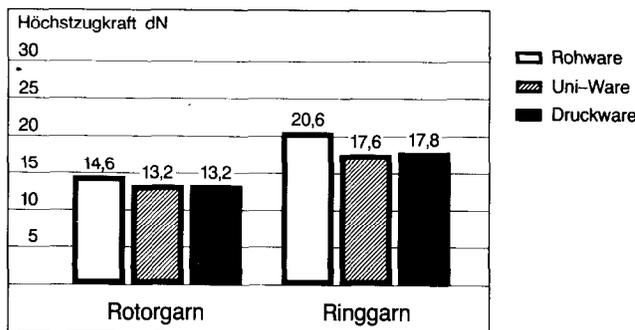


Abb. 5: Gewebefestigkeit Schuß

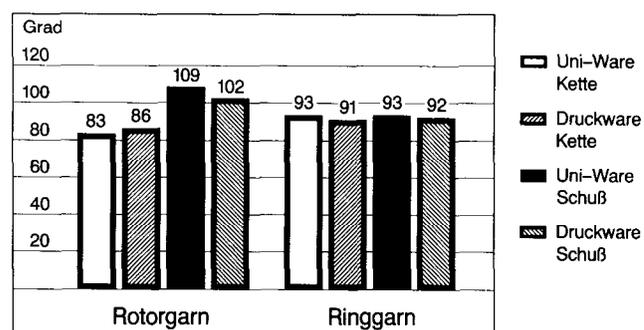


Abb. 7: Naßknitterwinkel

Auch bei kritischer Betrachtung der Ergebnisse läßt sich erkennen, daß man durchaus mit feinen Rotorgarnen Gewebe produzieren kann, die nicht nur brauchbar, sondern auch qualitativ hochwertig sind. Es ist nicht ganz richtig, wenn man das Bisherige immer für einen Vergleich mit anführt. Besser ist es, mit einer neuen Faser- und Garnqualität auch einen neuen Artikel zu konzipieren!

Der Weg des Spinnens feiner Rotorgarne aus Fasermischungen unter Verwendung feintitriger Chemiefasern ist gewiß richtig und sollte forciert werden. Ich selbst bin überzeugt, daß es in den nächsten Jahren gelingen wird, feine Rotorgarne mit noch besse-

ren Festigkeitswerten auf breiter Basis zu produzieren, und folglich werden die Einsatzbereiche wesentlich erweitert werden.

Für die technische Unterstützung bei der Durchführung der Versuche sei den Firmen Mayer & Cie. sowie Prinz Druck recht herzlich gedankt.

Literatur

- 1) Artzt, P.: Feine Rotorgarne aus Baumwolle, TPI 1/79
- 2) Nick, K.: Verarbeitung von Rotorgarnen, TPI 11/75
- 3) Mach, D.; Kampl, R.; Kossina, A.; Lenzinger Ber. **62**, 46 - 52 (1987)

Schlufwort

Peter S a h r , W. Schlafhorst & Co, Mönchengladbach, Bundesrepublik Deutschland

Meines Wissens gab es bisher noch keine Veranstaltung dieser Art, für die ein Faserhersteller mit seinen Abnehmern und einem Textilmaschinenbauer derart eng zusammengearbeitete und das Ergebnis dieser Zusammenarbeit in der vorliegenden Form präsentiert hat.

Das Thema lautete: „Rotorspinnen - feine Garne, feine Titer, hohe Drehzahlen.“

Es wurde hier aber nicht nur berichtet, sondern auch anhand von Beispielen aus der Praxis das Ergebnis demonstriert. Die einzelnen Vorträge sowie die lebhaften Diskussionen zeigten, daß dies gelang.

Höhere Rotordrehzahlen zur Erzeugung feinerer Garne verlangen feinere Titer. Dieser Trend wurde von den Faserherstellern erkannt, und das Ergebnis wurde von Herrn Kampl vorgestellt. Herr Derichs hat über das Rotorspinnen bzw. die OE-Spinnerei und die Entwicklung der Faserstoffe gesprochen.

Daß Faserhersteller und Textilmaschinenbauer über die Ergebnisse ihrer Arbeit berichten, ist durchaus normal und selbstverständlich. Nicht selbstverständlich ist es aber, daß die Verarbeiter der Fasern, die Pioniere auf dem behandelten Gebiete sind, ihre Erkenntnisse so offen vorlegen, wie das in diesen Referaten geschehen ist. - Hierfür danke ich Herrn Fabian besonders herzlich.

Das Rotorspinnen hat sich aufgrund der höheren Drehzahlen und der Vollautomatisierung in den letzten Jahren neue Anwendungsgebiete erobert. Diese Entwicklung ist meines Erachtens bei weitem noch nicht abgeschlossen.

Ich möchte das anhand von drei Bildern erläutern. In diesen Bildern ist dargestellt, für welche Garne die Autocoro-Spinnstellen ganz besonders geeignet sind und in welche Einsatzgebiete die hergestellten Produkte gehen können. Da inzwischen über 650 tausend Autocoro-Spinnstellen ausgeliefert worden sind, sind diese Zahlen sicherlich repräsentativ.

Die Abbildung 1 zeigt den Einsatz der Autocoro-Spinnstellen prozentual nach Einsatzgebieten:

- 39 % Strickwaren,
- 21 % Denim-Arbeitsbekleidung,
- 22 % Oberbekleidung,
- 5 % Bett- und Tischwäsche,
- 4 % Heimtextilien,
- 5 % Frottierware,
- 4 % technische Gewebe.

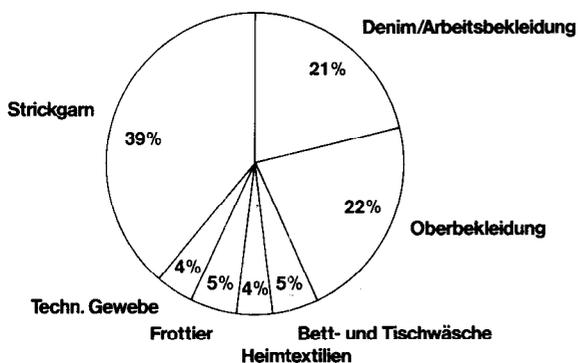


Abbildung 1

Da diese Aufteilung sehr pauschal ist, wurde in den folgenden zwei Abbildungen die prozentuale Aufteilung in Garnnummernbereiche, und zwar Nm 5- 14, Nm 15- 34 und Nm 35- 70, unterteilt. Der Prozentsatz wird sowohl für die installierten Rotoren (Abb. 2) als auch für die darauf erzeugte Garnmenge (Abb. 3) gezeigt. Weiterhin erfolgte eine Aufteilung in den Garnnummernbereichen in Strickerei- und Webereigarne.

Nummernbereich	Strickerei	Weberei	
5 - 14	1 %	18 %	Abbildung 2
15 - 34	12 %	30 %	
35 - 70	26 %	13 %	
5 - 14	1 %	48 %	Abbildung 3
15 - 34	12 %	25 %	
35 - 70	10 %	4 %	

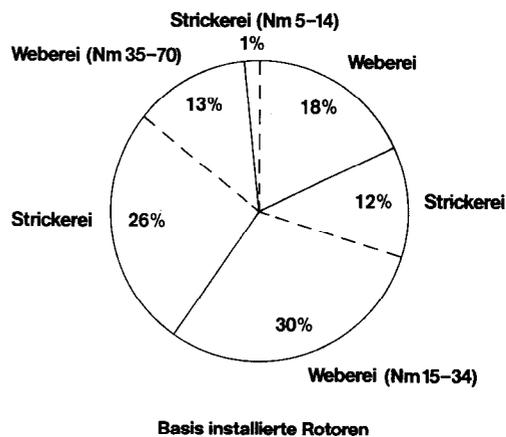


Abbildung 2

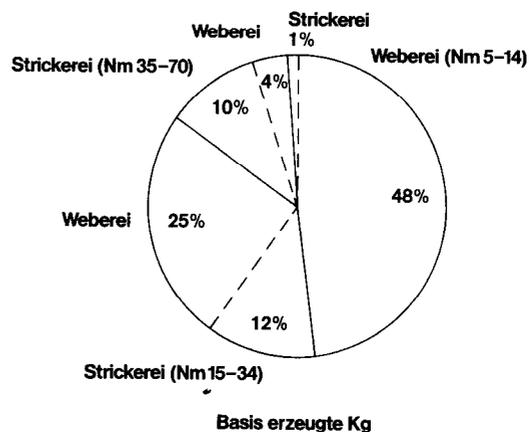


Abbildung 3

Sie sehen, daß beispielsweise im groben Garnnummernbereich die Webereigarne dominieren, das gilt auch noch für den Garnnummernbereich Nm 15 - 34. Im feinen Garnnummernbereich

werden jedoch 2/3 der produzierten Garnmenge bereits in der Strickerei eingesetzt. Dieser feinere Garnnummernbereich erfordert vollautomatische Rotorspinnmaschinen, hohe Drehzahlen und feine Fasertiter.

Das gilt aber nicht nur für Chemiefasern, sondern selbstverständlich auch für die Baumwolle. Eine Ausarbeitung unserer Herren Neuhaus und Deussen über dieses Thema erstellte und begründete einen Forderungskatalog an die Fasererzeuger. Dieser Forderungskatalog ist nach wie vor gültig. An der Durchsetzung bei den Baumwollerzeugern wird in verschiedenen Gremien und auf verschiedenen Ebenen gearbeitet, nur dauert die Durchsetzung

der Forderungen bei einem Naturprodukt wie der Baumwolle längere Zeit.

Für die 1,0 dtex-Modalfaser von Lenzing ist dieser Forderungskatalog bereits erfüllt. Ich möchte zu dieser Entwicklung herzlich gratulieren, denn es wurden damit nicht nur den Textilmaschinenherstellern, sondern in erster Linie den gemeinsamen Kunden viele neue Entwicklungsmöglichkeiten eröffnet.

Abschließend möchte ich allen danken, die unermüdlich an der Entwicklung der Modalfaser, an der Durchführung der Praxisversuche und schließlich mit einem Vortrag zum Gelingen der Veranstaltung beigetragen haben.

Inserentenverzeichnis

	Seite
Austria Faserwerke Ges.m.b.H., A-4860 Lenzing	50
Höhnel KG, Korrosionsschutz, A-4021 Linz	33
ICT-Dornbirn 1988	4
Lenzing AG, A-4860 Lenzing	
1. Lenzing-Modal	23
2. Lenzing Modal	52
W. Schlafhorst & Co., D-4050 Mönchengladbach	67

*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