

LENZINGER BERICHTE

Folge 17

Dezember 1964

Vorträge, gehalten auf der 3. Internationalen Chemiefasertagung in Dornbirn, 8. und 9. Juli 1964

Eröffnungsansprache	5
Generaldirektor KR. Rudolf Hans Seidl, Lenzing	
Prinzipien zur Beeinflussung der wesentlichen Fasereigenschaften	7
Professor Dr. Hermann Mark, New York	
Zellulosefasern mit hohem Elastizitätsmodul, ihre spezifischen Vorteile — jüngste Entwicklungen und Zukunftsaussichten	13
Dr. Paul Herrbach, Paris	
Struktur und technologische Eigenschaften von Chemiefasern sowie deren Prüfung	20
Professor Dr. Johannes Juilfs, Hannover	
Der Einsatz von Polyesterfasern in der Wollindustrie	33
Dr. J. Andriessen, Arnhem	
Fragen der Verspinnung von Chemiefasern zu Chemiefasergarnen	42
Professor Dr. Walther Wegener, Aachen	
Einfluß der Chemiefasern auf die Struktur des Gewebes	57
Professor Dipl.-Ing. Wilhelm Herzog, Wien	
Marktforschung als Instrument der Unternehmensführung unter besonderer Berücksichtigung des textilen Bereichs	66
Professor Dr. Max Rembeck, Stuttgart	
Ergebnisse der 3. Internationalen Chemiefasertagung	71
Generaldirektor KR. Rudolf Hans Seidl, Lenzing	

Eröffnungsansprache

anlässlich der 3. Internationalen Chemiefasertagung am 8. und 9. Juli 1964 in Dornbirn

Generaldirektor KR. Rudolf Hans Seidl, Lenzing

Nach einer Begrüßung der Teilnehmer, deren Zahl mit rund 350 aus zwölf Staaten einen neuen Höhepunkt im Vergleich zu den früheren Tagungen bildet, hielt Generaldirektor Seidl als Präsident des Österreichischen Chemiefaserinstitutes den folgenden einleitenden Vortrag.

Generaldirektor Seidl, in his capacity as the President of the Austrian Man-Made Fiber Institute, after welcoming the assembly consisting of around 350 visitors from twelve different countries and thus outnumbering audiences of previous meetings, delivered an opening lecture as quoted below.

Ich freue mich, daß die vorangegangenen zwei Chemiefasertagungen einen solchen Wiederhall gefunden haben, daß wir auch heuer wieder eine derartige Tagung ansetzen konnten. Ihre Aufgabe ist es, das gegenseitige Verständnis der chemiefasererzeugenden Industrie und der Textilindustrie als verarbeitender Industrie zu vertiefen. Bei der Diskussion der Probleme und beim gegenseitigen Erfahrungsaustausch soll versucht werden, womöglich eine Synthese für die gegenseitigen Interessen zu finden. Die Bedeutung, die dieser Tagung international zuerkannt wird, läßt sich daraus erkennen, daß der internationale Verband der Chemiefaser-Erzeuger, das Comité International de la Rayonne et des Fibres Synthétiques (C. I. R. F. S.) in Paris die Veranstaltung unter seine Patronanz gestellt hat und daß das CIRFS durch seinen Generaldirektor Van Gehuchten in Dornbirn repräsentiert wird.

Die diesjährige Chemiefasertagung haben wir unter das Thema

„Der Einfluß der Fasereigenschaften auf den Charakter der Fertigprodukte“

gestellt. Wir sind überzeugt, daß das hohe Niveau der beiden ersten Veranstaltungen wieder erreicht wird, was durch die Persönlichkeiten gewährleistet erscheint, die ich Ihnen nunmehr in der Reihenfolge, in der sie zu uns sprechen werden, vorstellen möchte:

Prof. Dr. Hermann Mark, Dekan des Polytechnischen Instituts von Brooklyn, New York: „Prinzipien zur Beeinflussung der wesentlichen Fasereigenschaften“,

Dr. Paul Herrbach, Direktor der Forschungsabteilung der CTA in Bezons bei Paris: „Zellulosefasern mit hohem Elastizitätsmodul, ihre spezifischen Vorteile – jüngste Entwicklung und Zukunftsaussichten“,

Dr. Johannes Juilfs, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover: „Struktur und technologische Eigenschaften von Chemiefasern sowie deren Prüfung“,

Dr. J. A n d r i e s s e n, Algemene Kunstzijde Unie N. V., Arnhem/Holland: „Der Einsatz von Polyesterfasern in der Wollindustrie“,

Dr. Ing. Walter W e g e n e r, Professor für Textiltechnik an der Technischen Hochschule in Aachen: „Fragen der Verspinnung der Chemiefasern zu Chemiefasergarnen“,

Dipl.-Ing. Wilhelm H e r z o g, Professor an der höheren Bundeslehr- und Versuchsanstalt für Textilindustrie in Wien: „Einfluß der Chemiefasern auf die Struktur des Gewebes“,

Dr. Ing. Max R e m b e c k, Professor an der Technischen Hochschule in Stuttgart: „Marktforschung als Instrument der Unternehmensführung unter besonderer Berücksichtigung des textilen Bereiches“.

Die Diskussionsleitung liegt wieder in den bewährten Händen von Herrn Prof. Dr. Helmut K ö b von der Technischen Hochschule in München.

Um Ihnen die Größenordnung in Erinnerung zu rufen, innerhalb welcher sich die Probleme unserer Fachtagung bewegen, möchte ich Ihnen die aktuelle Stellung der Chemiefasern und ihr Verhältnis zu den textilen Rohstoffen im allgemeinen kurz vor Augen führen:

Im vergangenen Jahr war die Weltproduktion aller textilen Rohstoffe auf über 17 Millionen Tonnen gestiegen, das sind insgesamt um 5,3 Millionen Tonnen oder 45 Prozent mehr als vor zehn Jahren. Die Produktion von Chemiefasern hat sich im gleichen Zeitraum von 2 Millionen Tonnen auf über 4,4 Millionen Tonnen erhöht. Diese Entwicklung auf der Produktionsseite drückt sich natürlich auch auf der Konsumenten-seite aus, und in diesen zehn Jahren ist der Anteil der Chemiefasern im Weltverbrauch von 17 Prozent auf nunmehr 28 Prozent angestiegen. Die Anteile der Naturfasern haben sich dementsprechend prozentuell verringert, und zwar die der Baumwolle von 73 Prozent auf 63 Prozent. Die Wolle blieb dagegen mit einem Rückgang von 10 Prozent auf 9 Prozent relativ stabil.

Mengenmäßig betrachtet muß jedoch festgestellt werden, daß auch alle Naturfasern eine Produktionsausweitung zu verzeichnen haben. Innerhalb der Chemiefasern ist das Verhältnis Zellulosefasern zu Synthetics 70 : 30.

Vielleicht mag noch die Erwähnung der Zuwachsraten in der Weltproduktion der einzelnen textilen

Rohstoffgruppen im Jahre 1963 im Vergleich zum Vorjahr von Interesse sein:

Baumwolle	um 3,6 % = 393 000 t	auf 11,215 Mill. t
Wolle	um 1 % = 14 000 t	auf 1,482 Mill. t
Zellulose-Spinnfaser	um 10,2 % = 169 000 t	auf 1,832 Mill. t
Zellulose-Endlos-garn	um 1,4 % = 17 000 t	auf 1,220 Mill. t
Synthesefasern und -fäden	um 20,2 % = 218 000 t	auf 1,297 Mill. t
<hr/>		
Totale: durchschnittl.:	um 5 % = 811 000 t	auf 17,046 Mill. t

Unter Zugrundelegung von Durchschnittspreisen kann der Weltumsatz an Chemiefasern für 1963 mit etwa 6,5 Milliarden US-Dollar oder 170 Milliarden Schilling berechnet werden, woran die gewichtsmäßig geringeren Produkte der Synthetics einen wertmäßig höheren Anteil hatten als die 70 Prozent Chemiefasern auf Zellulosebasis.

Ohne den folgenden Vorträgen und Diskussionen vorgreifen zu wollen, kann, glaube ich, festgestellt werden, daß der Trend in der Entwicklung der wichtigsten Chemiefasern mehr auf eine Festigung, eine Verbesserung und auch auf Variationen des Erreichten hinstrebt, als auf die Schaffung völlig neuer Fasern. Ausgenommen davon sind Spezialarten, wie

hochhitzebeständige, hochelastomere Fasern und dergleichen. Ein interessantes Beispiel, wie das bisher Erreichte weiterentwickelt wird, bilden die sogenannten High wet modulus-Fasern, die eine wesentliche Bereicherung des textilen Sortiments erwarten lassen.

Die Bewertung des physiologischen Verhaltens der mit oder aus Chemiefasern erzeugten Textilien wird zunehmende Bedeutung gewinnen. Auch das bereits im vergangenen Jahr behandelte Thema der Mischungen findet in der Praxis immer mehr steigende Beachtung.

Der Sinn unserer diesjährigen Dornbirner Tagung liegt ebenso wie bei den beiden vorangegangenen Tagungen in der Absicht, Chemiefaserverarbeiter und Chemiefasererzeuger einander näher zu bringen, zwecks freimütiger Beratung der offenen Probleme und gemeinsamer Lösung derselben. Ich hoffe, daß die in den letzten Jahren hier angebahnten persönlichen Kontakte sich noch weiter vertiefen und sich zu einer echten gegenseitigen Hilfsbereitschaft weiterentwickeln werden.

Damit wünsche ich der Tagung einen vollen Erfolg und Ihnen allen, meine verehrten Damen und Herren, einen recht angenehmen Aufenthalt in Dornbirn!

Prinzipien zur Beeinflussung der wesentlichen Fasereigenschaften

Prof. Dr. Hermann Mark, New York

Der Vortragende, eine international anerkannte Persönlichkeit auf dem Gebiet der Faserchemie und Fasertforschung, ist gebürtiger Österreicher. Er spricht in diesem Vortrag über die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der Chemiefasern. Er berichtet über aus Polykondensationsprodukten hergestellte Fasern und Gewebe daraus mit besonders hoher Hitzebeständigkeit und Reißfestigkeit, die auf Grund dieser Eigenschaften für Fallschirme, für Raumschiffe und als Reifencord für sehr schwere Flugzeuge, aber auch für hochtemperaturbeständige elektrische Isolierungen Verwendung finden. Auch auf dem Gebiet der neuen elastomeren Fasern, über die der Vortragende schon vor Jahresfrist auf der 2. Internationalen Chemiefasertagung (Lenzinger Berichte Heft 15, Seite 40) am gleichen Ort berichtet hatte, sind weitere Verbesserungen zu verzeichnen, worüber interessante Details mitgeteilt werden. Schließlich bespricht Professor Mark noch die bedeutsamen Fortschritte, die in jüngster Zeit auf dem Gebiet der nicht gewebten Textilien erzielt werden konnten.

Lecturer, an internationally recognized authority on fiber chemistry and fiber research, was born in Austria. In the present paper, he discusses recent developments in the man-made fiber field. He reports on fibers made of polycondensation products and resultant fabrics of superior heat resistance and tearing strength suitable for use in parachutes, space boats, and tire yarns for heavy aircraft as well as in heat resistant electrical insulation. Also mentioned in the lecture are important improvement attained in recently developed elastomeric fibers on which Professor Mark reported at the Second International Man-Made Fiber Congress, here, last year. (Lenzinger Berichte No. 15, p. 40) Lecturer finally discusses recent achievements with regard to non-woven textiles.

1. Einleitung

Drei chemische Gruppen von Makromolekülen haben gegenwärtig ihre hervorragenden Eigenschaften als Faserformer bereits im Großverbrauch unter Beweis gestellt, nämlich die

Polyamide
Polyester und
Akryl- bzw. Vinylpolymere.

Zu welchem Ausmaße in der nahen Zukunft auch noch Polyolefine, Polyäthylen, Polypropylen oder substituierte Polypentene hinzutreten werden, ist gerade jetzt Gegenstand eingehender und systematischer Untersuchungen. Es ist aber nicht sehr wahrscheinlich, daß in Zukunft noch andere, chemisch weitgehend verschiedene polymere Systeme, wie zum Beispiel Polyäther, Polyazetate, Polyanhydride, Polyurethane, Polysiloxene etc. mit technischem und kommerziellem Erfolg den oben erwähnten, bereits bestehenden und gut eingeführten Textilien Konkurrenz machen werden. Gewisse Spezialprodukte, wie hochelastische, chemisch und thermisch hochwiderstandsfähige Fasern, werden natürlich immer wieder neuartige Monomere und andersartige Verkettungen nötig machen; das Hauptaugenmerk in den Forschungs- und Entwicklungslaboratorien der Chemiefaserwerke richtet sich aber im Augenblick nicht so sehr auf die Synthese völlig neuartiger Systeme, als auf möglichst einfache und praktische Methoden, die es gestatten, die bereits bestehenden Materialien in bestimmten, von den Verarbeitern und von den endgültigen Verbrauchern gewünschten Richtungen zu verbessern. Demgemäß soll es die Aufgabe dieses kurzen Referates sein, jene chemischen und physikalischen Maßnahmen zu besprechen, die das Angleichen eines gegebenen Fasertyps — zum Beispiel der Polyamide — zu einem bestimmten Verwendungszweck möglich machen. Bei der Auswahl und Ausführung dieser Maßnahmen ist es zweckmäßig, auf die allgemeinen Grundsätze der Polymer-

chemie zurückzugreifen, die gegenwärtig bereits recht weitgehend entwickelt sind und eine erstaunliche Vielfalt und Möglichkeiten für zweckentsprechende Veränderungen zur Verfügung stellen. Diese Möglichkeiten sollen nun für die verschiedenen Gruppen von Faserformern im einzelnen etwas näher besprochen werden.

2. Polyamide

Wenn wir mit der ältesten und wichtigsten Gruppe vollsynthetischer Faserformer, nämlich den Polyamiden beginnen, so bieten sich vom chemischen Standpunkt eine ganze Reihe von Maßnahmen dar, die das mechanische, thermische und textiltechnische Verhalten des Materials in bestimmter, quantitativ kontrollierbarer Richtung beeinflussen.

a) Da ist zunächst einmal bei linearen aliphatischen Polyamiden wie 6, 11, 66 oder 610 Nylon der molekulare Abstand der Amidgruppen $-\text{CO}-\text{NH}-$ entlang der makromolekularen Kette. Da diese Gruppen durch ihre Fähigkeit, Wasserstoffbrücken zu benachbarten Ketten zu bilden, die zwischenmolekularen Anziehungskräfte des Gefüges bewirken, führt ein kurzer Abstand zwischen ihnen zu hochschmelzenden, sehr schwer löslichen Produkten, während längere Abstände niedrig schmelzende und leichter lösliche Polymere ergeben. So sind zum Beispiel 1 und 2 Nylon:

1 Nylon $-\text{CO}-\text{NH}-\text{CO}-\text{NH}-\text{CO}-\text{NH}-$ und
2 Nylon $-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{NH}-$

in dem Sinne unschmelzbar, als ihre chemischen Zersetzungstemperaturen oberhalb der Schmelzpunkte liegen.

4 und 5 Nylon:

4 Nylon $-(\text{CH}_2)_3-\text{CO}-\text{NH}(\text{CH}_2)_3-\text{CO}-\text{NH}-$
5 Nylon $-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{NH}(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{NH}-$

haben Schmelzpunkte in der Gegend von 220° C, während 10 und 11 Nylon im Bereich von 180° C schmelzen.

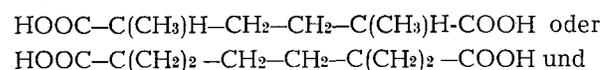
Dieselbe Gesetzmäßigkeit findet sich auch bei den symmetrischen Polyamiden, wo 22 und 33 Nylon sehr hohe, 66 Nylon mäßige und 88 sowie 1010 Nylon relativ niedrige Schmelzpunkte haben.

Der molekulare Abstand der polaren Amidgruppen in den Ketten linearer Polyamide hat aber auch eine andere, wichtige Konsequenz, nämlich die Feuchtigkeitsaufnahme im Gleichgewicht mit einer bestimmten Atmosphäre. Da die zwischen den Amidgruppen liegenden paraffinartigen Polymethylenkettenglieder hydrophob sind, liegt das Feuchtigkeitsgleichgewicht von Polyamiden wie 3-, 4- oder 22 Nylon bei etwa 5,5%, während das von 6- und 66 Nylon nur etwa 3,5% beträgt und stärker hydrophobe Systeme wie 11- und 610 Nylon weniger als 1,5% Feuchtigkeitsaufnahme unter Normalbedingungen aufweisen.

Schließlich ist von erheblicher Bedeutung, daß kurze Abstände zwischen aufeinanderfolgenden —CO—NH—Gruppen durch die erhöhte zwischenmolekulare Bindungsenergie (cohesive energy density) gestreckte Fäden ergeben, die einen hohen Zugmodul und, bei geringen Dehnungen (2–3%), eine große Rückstellkraft besitzen, wie dies zum Beispiel bei der Verwendung als Reifencord von Wichtigkeit ist.

So kann man sehen, daß bestimmte Kombinationen von Schmelzpunkt, Elastizitätsmodul und Feuchtigkeitsaufnahme durch die Wahl einer geeigneten Polyamid-sorten erreicht werden können.

b) Da ist ferner der chemische Charakter der zwischen den Amidgruppen liegenden Kettensegmente. Am einfachsten lassen sich normale Paraffinsegmente —(CH₂)_n— einbauen. Sie führen zu kristallinen Bereichen, welche die Makromoleküle in der Konstellation (conformation) ebener Zick-Zack-Ketten enthalten und wegen der nur mäßig behinderten Drehungen und Schwingungen um die einfachen C—C-Bindungen eine relativ hohe Schmelzentropie besitzen. Ersetzt man diese offenen Polymethylensegmente durch Ringe von aliphatischem (Cyclohexandicarbonsäure, Piperazin) oder aromatischem (Terephthalsäure, para-Phenylendiamin) Charakter, so vergrößert man die molekulare Steifheit der Kette, vermindert die Schmelzentropie, erhält höhere Schmelzpunkte und Elastizitätsmodule, vermindert aber entsprechend die Möglichkeit der Feuchtigkeitsaufnahme und Anfärbbarkeit. Weniger radikal als der Einbau zyklischer Segmente, aber nicht weniger interessant wirkt sich die Verwendung methylierter Dikarbonsäuren wie:



entsprechend methylierter Diamine aus. Es ist von zahlreichen Fällen — Polypropylen, Polyisobutylen, Polymethylmethacrylat — bekannt, daß Methylgruppen infolge ihrer Raumbeanspruchung die Neigung zu **schraubenförmigen** Konstellationen (helical conformation) bewirken, als deren Folge wertvolle mechanische Eigenschaften, wie elastische Erholung und hohe Rückstellkraft, auftreten. Allerdings hat die Anwesenheit der Methylgruppen erhöhte Empfindlichkeit gegen Lösungsmittel und verminderte Kristallisationsfähigkeit zur Folge. Es ist daher klar, daß selbst

kleine chemische Veränderungen im Charakter der Kettensegmente recht erhebliche Folgen für die mechanischen und thermischen Eigenschaften haben und daher sorgfältig aufeinander abgestimmt sein müssen, wenn es darauf ankommt, eine gewünschte Kombination textiler Eigenschaften zu erreichen.

c) Neben den Feinheiten im architektonischen Aufbau der Ketten, die sich auf jedes einzelne Segment beziehen, darf man aber den Einfluß der **Kettenden** nicht vernachlässigen, obwohl deren gewichtsmäßiger Anteil bei Polymerisationsgraden von rund 200 nicht mehr als 0,1 bis 0,2% beträgt. Beide Endgruppen eines Polyamides —COOH und NH₂— sind polar und hydrophil, erhöhen die Feuchtigkeits- und Farbstoffaufnahme, sind aber auch empfindliche Stellen für Veränderungen des Materials durch Licht, Wärme, Sauerstoff, Säuren und Basen sowie für das Entstehen von Verfärbungen und von Brüchigkeit, welche letztere sowohl durch Abbau des Polymerisationsgrades als auch durch Vernetzung bewirkt werden kann. Um diesen unerwünschten Erscheinungen zu begegnen, werden die Endgruppen „stabilisiert“, das heißt mit einer monofunktionellen Säure bzw. Base reagiert, wodurch ein neutrales, nicht mehr reaktionsfähiges Kettenende erzeugt wird. Der Zusatz von Endgruppenstabilisatoren wirkt sich aber naturgemäß auf den erreichbaren Polymerisationsgrad aus und kann daher je nach dem Verwendungszweck der Faser nur bis zu einem bestimmten Maß durchgeführt werden.

d) Die an den Stickstoffatomen der Amidgruppen —CO—NH— befindlichen **Wasserstoffatome** sind verhältnismäßig reaktionsfähig und können daher für verschiedene chemische Umsetzungen des Materials herangezogen werden. So gibt zum Beispiel die Einwirkung von Formaldehyd eine Methylolgruppe —CO—N(CH₂OH)—, jene von Äthylenoxyd eine Äthylolgruppe —CO—N(CH₂—CH₂OH)— an jeder reagierenden Amidbindung. Jede dieser Substitutionen führt wegen des primären Hydroxyls zu hydrophilem Verhalten, sodaß man schließlich bei genügendem Substitutionsgrad wasserlösliche Polyamide erhalten kann, welche zwar als Faserformer keine Bedeutung haben, aber für andere Verwendungen — Folien, Überzüge etc. — sehr wohl in Betracht kommen.

Wenn man die freien Hydroxylgruppen methyliert, äthyliert und acetyliert, wird zwar der im wesentlichen hydrophobe Charakter der Polymeren wiederhergestellt, doch bestehen nun zwischen den einzelnen Makromolekülen keine Wasserstoffbrücken mehr, sodaß der zwischenmolekulare Zusammenhang des Gefüges viel weniger fest ist als früher. Dies hat zur Folge, daß die modifizierten Produkte leichter löslich sind, niedrigere Schmelzpunkte haben und in der Form verstreckter Fasern ausgesprochene Kautschukelastizität aufweisen. Durch einen mäßigen Substitutionsgrad ist es möglich, Methylmethylol-Polyamide für die Erzeugung von Fasern mit niedrigem Elastizitätsmodul, hoher Bruchdehnung und ausgesprochen elastischer Erholungsfähigkeit herzustellen, deren Verspinnung aus der Schmelze und aus der Lösung möglich ist, wodurch man eine große Freiheit für die Produktion von Fasern der verschiedensten Querschnittsform, Oberflächenstruktur und Morphologie gewinnt. So kann man sehen, daß ein- und dasselbe Polyamid als Mutter-

substanz für eine ganze Reihe von Derivaten dienen kann, die für die verschiedensten Anwendungsgebiete von Interesse sind.

e) Neben diesen normalen chemischen Substitutionen können aber an die linearen Makromoleküle eines Polyamides auch verschiedene andersartige Polymere in der Form von **Zweigketten aufgepfropft** werden. Der Äthylolierung am nächsten kommt die Pfpfropfung von Polyäthylenoxydketten an einzelne der aktiven H-Atome der Amidgruppen, wodurch die Wasser- und Farbstoffaufnahme des Materials erheblich zunimmt, ohne daß — wegen der milden Reaktionsbedingungen — eine Abnahme der Festigkeit oder irgendeine sonstige Verschlechterung der textilen Eigenschaften eintritt. Die wesentliche Schwierigkeit besteht hier, wie bei vielen Pfpfropreaktionen darin, daß es gelingt, an jede gegebene Polyamidkette mehrere relativ kurze Zweige anzupolymerisieren, anstatt an einige wenige Stammketten einen oder zwei sehr lange Zweige aufzupfropfen. Die Erreichung einer derartigen, gleichmäßigen Verteilung der Zweige kann durch die Verwendung bestimmter Initiatoren, Kettenüberträger und Telomeren angestrebt werden. Viel Arbeit wurde auf dem Gebiet der **Strahlungs-pfropfung** von Akryl- und Vinylmonomeren an Polyamide geleistet, wobei als Ziele meist Verbesserungen im Griff, in der Feuchtigkeits- und Farbstoffaufnahme sowie in der Verhinderung statischer Aufladungen gesetzt waren. In der Tat ist es möglich, mit Hilfe ionisierender Strahlung erhebliche Mengen (von 20 bis 200 %) von Acrylsäure, Acrylamid, Vinylpyrrolidon, Vinylpyridin und anderen hydrophilen Monomeren in der Form von Zweigen anzupfropfen und damit die oben erwähnten Eigenschaften im günstigen Sinne zu beeinflussen. Ein noch nicht ganz gelöstes Problem ist es jedoch, eine vollkommen gleichmäßige Verteilung der hydrophilen Komponenten über die Oberfläche der behandelten Fasern zu erzielen und damit die Vorteile der erhöhten Affinität für Farbstoffe auch technisch in befriedigender Weise auszunutzen zu können.

f) Eine andere Möglichkeit für die Veränderung der Eigenschaften eines gegebenen Polyamides in gewünschter Richtung ist es, eine gewisse **Vernetzung** zwischen den Kettenmolekülen herbeizuführen und dadurch einen erhöhten Elastizitätsmodul und eine erhöhte Rückstellkraft von mäßigen Dehnungen zu erreichen. Dies kann, wie unter c) angedeutet, durch Formaldehyd und Äthylenoxyd geschehen, aber auch durch andere bifunktionelle Reagenzien, die mit den —NH—Gruppen der Polyamidmoleküle reagieren. Auch hier läßt sich durch Veränderung des Vernetzungsgrades und durch die Länge der vernetzenden Ketten ein gewisser Bereich der erzielten Eigenschaften überstreichen, der für spezielle Anwendungen von praktischem Interesse ist. Wie zu erwarten, wird die Kristallisationsfähigkeit eines Polyamides durch Vernetzungen zwischen den Ketten herabgesetzt, was ebenfalls für die Erhöhung von Diffusion und Zugänglichkeit gewisser Gruppen von günstigem Einfluß sein kann.

g) Viele interessante Ergebnisse sind auch in neuerer Zeit durch **mechanische Zumischung** bestimmter Polymere zu Polyamiden (poly-blending) erzielt worden. Man versucht durch diese Maßnahme im wesentlichen

die Wasser- und Farbstoffaufnahme der Fasern zu verbessern und die Anhäufung statischer Ladungen herabzusetzen. Demgemäß handelt es sich meist um die Zumischung hydrophiler Systeme, wie Polyäthylenoxyd, Polyvinylalkohol, Polyacrylamid und ähnlicher Substanzen, die mit Hilfe von oberflächenaktiven Stoffen in der Polyamidschmelze genügend fein verteilt werden können und nach dem Verspinnen und Verstrecken ihre im wesentlichen molekulare Verteilung beibehalten. Menge, chemischer Charakter des Zusatzes und Verteilungsgrad bestimmen den erreichbaren Erfolg und gestatten eine weitgehende Kontrolle des angestrebten Ergebnisses.

h) Ein wichtiger Fortschritt in der Technologie der Polyamide ist die Entdeckung **wirkungsvoller Stabilisatoren** im Hinblick auf

1. die **Verfärbung** der Masse während der Polymerisation, Extrusion und Verspinnung,
2. den **Abfall der Viskositätszahl** während der Extrusion,
3. die **Verfärbung** der fertigen Faser durch Wärme, Licht und wiederholte Waschprozesse und
4. den **Festigkeitsverlust** im Gebrauch besonders in Anwesenheit von Säuren, Wärme, Licht und Sauerstoff.

Es existieren mehrere Klassen wirksamer Substanzen, nämlich

1. arylierte und alkarylierte Phosphine,
2. arylierte und alkarylierte Derivate der phosphorigen und unterphosphorigen Säure, besonders Salze gewisser Schwermetalle wie Cu, Mn, Sn und Pb,
3. Jodide des Kaliums und quarternärer Ammoniumbasen zusammen mit reduzierenden organischen Salzen solcher Elemente, wie Cu, Mn, Fe und Co.
4. Alkylierte Phenolate der Elemente Sr, Ba, Zn, Cd und Pb und
5. Epoxyverbindungen, die Metallsalze von Carboxy- oder Sulfosäuregruppen enthalten, aber in der Polyamidmatrix löslich sind.

Die Verwendung dieser Stabilisatoren ermöglicht die praktische Durchführung gewisser wichtiger Arbeitsgänge, wie Heißfixieren, Vernetzen oder Strahlungs-pfropfen, ohne daß dabei ein unerwünschter chemischer Abbau des Polymeren erfolgt.

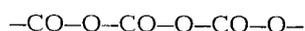
Jede der Maßnahmen a) bis h) umfaßt in sich selbst eine Reihe von Möglichkeiten, die in verschiedener Weise und in unterschiedlichem Maße zur Anwendung gebracht werden können. Wenn daher ein Chemiker vor das Problem gestellt wird, mit einem **gegebenen Material**, zum Beispiel 66 Nylon, ein bestimmtes technisches Ziel zu erreichen, so hat er eine beinahe unerschöpfliche Auswahl von chemischen und physikalischen Maßnahmen zur Verfügung, bevor er sich gezwungen fühlen muß, auf einen **neuen** Grundbaustein zurückzugreifen und von einem neuen Monomeren ausgehend, den weiten Weg zur Synthese eines neuen Polyamides zu beschreiten.

3. Polyester

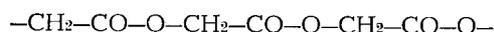
Die Möglichkeiten zur systematischen Verbesserung von Polyesterfasern sind ähnlich, doch muß mit einem wichtigen Unterschied gerechnet werden: an Stelle der

—CO—NH—Gruppen, welche die Ketten der Polyamide zusammenhalten, haben wir es hier mit —CO—O—Gruppen zu tun, die kein H-Atom enthalten, das einerseits zwischenmolekulare Wasserstoffbrücken zu bilden vermag und andererseits durch organische Substituenten ersetzt werden kann.

Zunächst ist auch hier durch den **Abstand der Estergruppen** im Makromolekül eine systematische und kontinuierliche Veränderung des Schmelzpunktes und der Löslichkeit gegeben. Der 1-Polyester, das polymere Anhydrid der Kohlensäure



ist noch nicht hergestellt worden, aber die grundlegenden Arbeiten J. H. Carothers' haben gezeigt, daß der 2-Polyester, das Polyglykolid



sehr schwer löslich ist und über 200° C schmilzt; die Carbonate und Oxalate der niedrigen Glykole sind ebenfalls noch schwer in Lösung zu bringen und schmelzen zwischen 150 und 200° C, aber die Adipate und Sebazate der meisten Glykole sind leicht löslich und erweichen schon unter 100° C. Dieser generelle Unterschied ist eben darauf zurückzuführen, daß in den Polyamiden das Formgefüge durch Wasserstoffbrücken zusammengehalten wird, von denen jede eine Dissoziationsenergie von etwa 5 kcal pro Mol besitzt, während die Dipolkräfte der Esterbindungen zu Spaltungsenergien von nur 2,0 bis 2,5 kcal pro Mol führen. Wie bei den Polyamiden führt der **Einbau zyklischer Bausteine** zu höher schmelzenden und schwerer löslichen Produkten, ein Effekt, der schon von Carothers in den Polyestern des para-Xylylenglykols mit der Oxalsäure festgestellt und später von R. Whinfield mit großem Erfolg in den Polyglykolterephthalaten technisch verwertet wurde. Gegenwärtig ist in der Tat eine Reihe von Polyesterfasern mit alizyklischen und aromatischen Komponenten in Bearbeitung oder bereits im Handel; sie besitzen im allgemeinen die wertvollen Eigenschaften der Homopolyfaser, fügen aber einige besonders interessante Verbesserungen hinzu, die den Verwendungsbereich der Polyesterfasern in äußerst willkommener Weise erweitern. Es war vorauszusehen und hat sich experimentell bestätigt, daß das **Einfügen längerer, biegsamer Ketten zwischen die steifen zyklischen Einheiten** erhöhte Löslichkeit und niedrigere Erweichung bewirkt. So schmelzen die Polyester der Terephthalsäure mit Octa- und Dekamethylen-glykol oder mit Tetra- und Pentamethylenoxyd schon zwischen 150 und 200° C, und noch längere offene Ketten führen zu noch weniger widerstandsfähigen makromolekularen Gefügen. Da bei den meisten faserbildenden Polyestern nur Hydroxyle als Endgruppen auftreten, spielen diese für die Eigenschaften von Produkten, deren Polymerisationsgrad bei 200 oder darüber liegt, eine nur untergeordnete Rolle. Sie haben weder sauren noch basischen Charakter und sind auch durch die molekulare Steifheit der Ketten und durch den kristallinen Charakter des Gefüges schwer zugänglich; als Hinweis für ihren geringen Einfluß auf das Faserverhalten sei angeführt, daß ver-streckte Fäden von Polyäthylenterephthalat eine Feuchtigkeitsaufnahme von nur etwa 0,5 % besitzen,

also viel weniger als die mechanisch und thermisch äquivalenten Polyamide, wie 6 und 66 Nylon. Hingegen haben **chemische Substitutionen** in den einzelnen Monomeren eines Polyesters sehr interessante und weitgehende Konsequenzen. **Methylgruppen** in aliphatischen Polyestern setzen die freie Drehbarkeit der Kettenglieder herab und führen zu geringerer Löslichkeit und zu höheren Erweichungsbereichen; in dem speziellen Fall der Poly-Hydroxy-Pivalensäure



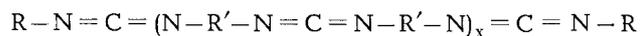
bewirken sie auch anschließend die Bevorzugung einer schraubenförmigen Konstellation (conformation) und damit eine erhöhte Rückstellkraft im Gebiete geringer Drehungen (3 bis 5 %).

Beim Vorhandensein aromatischer Komponenten erlaubt die Substitutionsfreudigkeit des Benzolringes die Einführung von Gruppen, mit deren Anwesenheit man bei Polyamiden im allgemeinen nicht rechnen kann, wie zum Beispiel die —SO₃H-Gruppe, die als **starke Säure** schon in geringen Prozentsätzen die Anfärbbarkeit der Faser mit basischen Farbstoffen auf ein überaus interessantes Niveau bringt und gegenwärtig wohl als ein Vorläufer weiterer erfolgreicher Schritte in der gleichen Richtung angesehen werden kann.

Pfropfpolymere an faserbildenden Polyestern, bestehend aus hydrophilen Zweigen, können hergestellt werden, dürften aber weniger Interesse haben als die entsprechenden Produkte im Bereich der Polyamide, weil sie die Kristallisationsfähigkeit herabsetzen, hierdurch die Estergruppen in den Makromolekülen für hydrolysierende Agenzien leichter zugänglich machen und die ohnehin nicht sehr hohe Widerstandsfähigkeit der Polymeren gegen hydrolytischen Abbau in die Gefahrenzone praktischen Versagens bringen. Ähnliche Erfahrungen wurden auch mit **Blockpolymeren** gesammelt, in denen Segmente von normalem Polyäthylenterephthalat mit Blöcken von Polyäthylendioxydglykolen abwechseln, die ein Molekulargewicht von 100 bis 1500 besaßen. Auch in diesen Fällen wurde bei mäßiger Herabsetzung des Schmelzpunktes eine sehr befriedigende Verbesserung der Wasser- und Farbstoffaufnahme erzielt, die aber durch eine zu stark herabgesetzte hydrolytische und thermische Stabilität erkaufte war. Es darf eben nicht übersehen werden, daß die Amidbindung chemisch, das heißt im Hinblick auf überlappende Eigenfunktionen viel widerstandsfähiger gegen den Angriff von Protonen oder Hydroniumionen ist als die Esterbindung und daß keine Reduktion der Zugänglichkeit diesen Unterschied völlig wettmachen kann. Dies ist auch der Grund, warum das **mechanische Beimischen** (poly-blending) hydrophiler Substanzen von oligomerem und hemipolymerem Charakter zwar den gewünschten Erfolg im Hinblick auf Griff, Anfärbbarkeit und antistatische Wirkung erreicht, aber nicht so weit wie bei Polyamiden getrieben werden kann. Im Hinblick darauf ist die Verwendung von Stabilisatoren bei den Polyestern noch notwendiger als bei den Polyamiden. Neben den bereits früher erwähnten Substanzen werden hier auch noch aromatische Ketone und deren Derivate (z. B. Benzophenonverbindungen) sowie Karbodiimide verwendet, welche durch Kondensation aus Isozyanaten unter Abspaltung von CO₂ entstehen:



In Gegenwart von Diisocyanaten erhält man Oligomere von der allgemeinen Formel ($x = 2, 3$ oder 4):



die in Polyesterschmelzen löslich sind und für die eine so erhebliche Stabilisatorwirkung gefunden werden konnte, daß die hydrolytische Empfindlichkeit der Polyesterketten zumindest für gewisse Zwecke wettgemacht werden kann.

All dies zeigt, daß eine Reihe von Mischkondensaten aromatischer und substituiert aromatischer Polyester in der nahen Zukunft für weite Anwendungsgebiete in der Bekleidungsindustrie sehr interessante und auch attraktive Eigenschaften mit sich bringen, ohne daß das allgemeine Gebiet makromolekularer Polyester verlassen worden wäre. Dies ist ein neuerlicher Hinweis auf die eingangs erwähnte Tatsache, daß von nun an zweckmäßige Veränderungen und Verbesserungen einer bereits gut eingeführten Stoffklasse bessere Aussichten auf baldige erfolgreiche Verwendung haben werden als völlig neuartige, noch nicht erprobte Polymere.

4. Vinyl- und Akrylpolymerie:

Die dritte große Klasse der prominenten synthetischen Faserbildner setzt sich aus Additionspolymeren von Vinyl- und Akrylverbindungen zusammen, von denen das Akrylnitril als Grundlage der faserformen Eigenschaften eine überragende Rolle spielt.

Diese Familie vollsynthetischer Faserformer besteht aus Monomeren, deren Kosten erheblich unter jenen der Polyamide und Polyester liegen und die durch relativ einfache und billige Mischpolymerisationsprozesse in Suspension oder Emulsion über einen sehr weiten Bereich von Zusammensetzung und Eigenschaften variiert werden können. Dadurch eröffnen sich wirtschaftlich sehr interessante Möglichkeiten für die Produktion billiger vollsynthetischer Fasern, die allerdings durch den Umstand gedämpft werden, daß gegenwärtig noch kein diesen Gruppen angehöriges Material aus der Schmelze versponnen werden kann. Alle bisher verwendbaren Produkte müssen aus Lösungen von 25 bis 30 % Konzentration entweder trocken oder naß versponnen und dann heiß verstreckt werden, wobei die verwendeten Lösungsmittel weder sehr leicht zugänglich sind, noch in sehr einfacher Weise wiedergewonnen werden können. Dies gleicht den Vorteil niedriger Materialkosten gegenüber den Polyamiden und Polyestern zum Teil wieder aus und bewirkt, daß der tatsächliche Verkaufspreis der fertigen Faser dieser Gruppe nicht allzusehr unter jenem der Polykondensate liegt.

Dem Chemiker, der vor die Aufgabe gestellt wird, eine Polyakrylnitrilfaser in gewünschter Weise zu verändern, stehen eine ganze Reihe chemischer und physikalischer Maßnahmen zur Verfügung, die sich aber wegen des verschiedenen Mechanismus der Additionspolymerisation von den unter 2) und 3) aufgezählten ganz wesentlich unterscheiden und im ganzen zu einer größeren Freiheit in Veränderungsmethoden führen als bei den Polyamiden und Polyestern. Diese Möglichkeiten sollen im folgenden kurz beschrieben werden.

Da ist zunächst die **Molekulargewichtsverteilung**, die bei Polykondensationsprodukten im wesentlichen stets einer Flory'schen Gleichgewichtsverteilung entspricht, bei Additionspolymeren jedoch durch die Wahl des Systems (Suspension, Emulsion, Lösung) des Katalysators, Aktivators, Kettenübertragers und der Temperatur weitgehend beeinflußt werden kann, sodaß es gelang, nach Bedarf weitere und engere Verteilungskurven zu erzeugen und es sogar möglich war, Polymolekularitäten zu erzielen, deren Verteilungsfunktionen zwei und sogar mehr Maxima aufweisen. Dies ist von Interesse, weil sich bei der Verwendung solcher Polymere besonders erwünschte Kombinationen von Spinnviskosität und Verstreckbarkeit bei der Faserherstellung sowie von Festigkeit, Schrumpfvormögen und Anfärbbarkeit in der endgültigen Verwendung erzielen lassen können. Da die Wahl einer geeigneten Molekulargewichtsverteilung bei den Vinyl- und Akrylpolymeren gegenüber den Polykondensaten einen interessanten zusätzlichen Freiheitsgrad in der Herstellung und Verwendung der Fasern darstellt, wird seine systematische Auswertung gegenwärtig eingehend studiert. Ein anderer Faktor, in bezug auf den die Additionspolymere größere Freiheit besitzen als die Polykondensate, sind die Endgruppen, die bei den letzteren im wesentlichen auf OH-, NH₂- und COOH-Gruppen beschränkt sind, bei den ersteren aber durch die Verwendung geeigneter Telomere über einen weiten Bereich chemischen Charakters verändert werden können. Da bei Polyadditionsprodukten auch Verzweigung erzeugt und in gewissem Ausmaß kontrolliert werden kann, ist es hier möglich, mit Makromolekülen zu operieren, die **mehr als zwei Kettenenden** besitzen, wodurch der Einfluß gewisser, aus bestimmten Gründen gewählter Endgruppen wesentlich verstärkt werden kann. Im allgemeinen ist es die Verwendung saurer Endgruppen, die gegenwärtig unter Diskussion steht und deswegen nicht leicht zu übersehen ist, weil solche Gruppen einerseits die Aufnahme gewisser Farbstoffe günstig beeinflussen, andererseits jedoch die Stabilität der Faser gegen Verfärbung in der Hitze und in der Gegenwart gewisser chemischer Reagenzien herabsetzen.

Die größte und wertvollste Freiheit der Additionsprodukte liegt in der schier endlosen Abwandelbarkeit ihrer chemischen Zusammensetzung durch Mischpolymerisation. Während bei den Polyamiden und Polyestern hier nur geringe Verbesserungen erzielt werden können, beruht die gesamte Technologie der Vinyl- und Akrylfasern auf einer systematischen Verwendung der Mischpolymerisation.

Als Rückgrat für die meisten Fasern dieser Art wird Akrylnitril verwendet, dessen Homopolymeres jedoch sehr schwer löslich ist und selbst in solchen Flüssigkeiten wie Dimethylformamid, Dimethylacetamid, Butyrolakton, Athylenkarbonat oder Dimethylsulfoxyd Lösungen ergibt, die sosehr zur Gelbildung und Verfärbung neigen, daß ihre Verspinnung erhebliche Schwierigkeit bereitet. Man führt daher in der Polyakrylnitrilkette durch Mischpolymerisation ein zweites Monomer ein, das die Löslichkeit hinreichend verbessert, ohne nachteilige Folgen für andere Eigenschaften, wie Erweichungstemperatur, Festigkeit, Widerstand gegen heißes Wasser und chemische Putzmittel mit sich

zu bringen. Monomen dieser Art sind Vinylazetat, Methylakrylat und Zyklohexylakrylat.

Die nächste Aufgabe ist es, den Wasserhaushalt der Faser zu kontrollieren und für **günstiges färberisches Verhalten** zu sorgen. Dies geschieht durch die Einführung von sauren oder basischen Monomeren, wie Vinylsulfosäure, Vinylpyrrolidon, Vinylpyridin und vieler anderer, die mit erheblichem Erfolg bereits verwendet werden, aber offenbar noch in mannigfaltiger Weise variiert werden können. Wenn nach entsprechender und befriedigender Angleichung der Färbereigenschaften noch Wünsche nach einem **weicheren Griff** der Fasern vorliegen, so können diese durch Einpolymerisieren von Vinylstearat oder Stearylakrylat weitgehend erfüllt werden. Schließlich ist es möglich, durch die Einführung geeigneter Monomen, wie Glyzidylakrylat oder Divinyläther, aktive Zentren für Vernetzungsreaktionen einzuführen, welche den Erweichungsbereich der Fasern erhöhen und ihr elastisches Verhalten, hauptsächlich in Hinblick auf erhöhte Rückstellkraft, verbesserte Erholungsfähigkeit und Knitter-

festigkeit günstig beeinflussen. Diese Aufzählung zeigt, daß in naher Zukunft die Vertreter dieses Fasertyps aus drei oder mehr Monomeren bestehen werden, deren Zusammenwirken es ermöglicht, eine ganze Reihe günstiger Eigenschaften in erfolgreicher Weise in eine Faser hineinzuarbeiten.

Ebenso wie man Monomere mit spezifischer Vernetzbarkeit durch Mischpolymerisation in die Faser einzuführen vermag, kann man auch geeignete Zentren für **Pfropfpolymerisation** einführen und hiedurch auch die Anwendung dieser bereits bei den Polyamiden und Polyestern besprochene Methode zur Erzielung bestimmter Eigenschaften auf die Additionspolymere in besonders wirkungsvoller Weise übertragen.

Für den Verbraucher vollsynthetischer Fasern ergibt sich somit ein Bild, welches zeigt, daß noch sehr viele willkommene Verbesserungen in den bereits existierenden großen Fasergruppen möglich sind, ohne daß es notwendig wird, auf völlig neue und noch nicht erprobte und eingeführte Systeme überzugehen.

Zellulosefasern mit hohem Elastizitätsmodul, ihre spezifischen Vorteile — jüngste Entwicklungen und Zukunftsaussichten

Dr. Paul Herrbach, CTA, Paris

Der Vortragende behandelt das Thema der neuen Zellulosechemiefasern mit hohem Elastizitätsmodul, die unter den Bezeichnungen „HWM“- (high wet modulus) Fasern und „polynosische“ Fasern bekannt sind und die die bisher letzten Entwicklungen der Viskosefaser repräsentieren. Nach einem kurzen historischen Überblick über die Forschungsarbeiten auf diesem Spezialgebiet werden die den beiden Typen von Viskosefasern mit hohem E-Modul zukommenden Merkmale besprochen und ihre gemeinsamen Eigenschaften sowie deren Unterschiede klargestellt. Den Abschluß bilden Hinweise auf die Gebrauchseigenschaften dieser hochgezüchteten Viskosefasertypen, sowohl in Reinverarbeitung als auch in Mischverspinnung mit Baumwolle und synthetischen Fasern.

Speaker discusses new cellulose fibers with high modulus of elasticity as known under the terms of HWM (high wet modulus) fibers and polynosics, and representing the latest developments in the field of viscose fibers. Following a brief history of research work done in this special sphere, the characteristics of the two new types of viscose fibers and their common properties are described, and existing differences outlined. In conclusion, the serviceability of these highly advanced types of viscose fibers, pure and in blends with cotton and synthetics, is discussed.

Chemiefaserstoffe, und zwar sowohl Zellulosechemiefasern als auch rein synthetische, sind qualitativ und quantitativ in allen Industrieländern der Welt weitestgehend zur Entwicklung gebracht worden. Alle möglichen Namen hierfür, die wir hier gar nicht alle aufzählen könnten, sind in allen Industriezweigen zum Begriff geworden und viele davon sind sogar dem breiten Publikum bekannt.

Die hohe Entwicklung der rein synthetischen Fasern, wie Polyamid-, Polyester- und Acrylfasern hat keineswegs in jüngerer Zeit die stetige Weiterentwicklung der Viskoseverfahren, die jetzt schon seit einem halben Jahrhundert industriemäßig angewendet werden, aufgehalten oder auch nur behindert.

Herr Dr. Treiber hat an dieser Stelle vor einem Jahr einen allgemeinen Überblick über die Zellulosechemiefaserindustrie gegeben. Er hat gezeigt, daß dieser Industriezweig infolge seiner Anpassungsfähigkeit und seiner vielfältigen Möglichkeiten neue Fasern zur Erzeugung von Garnen für technische Anwendungszwecke (z. B. für Reifenkord) und reine Textilgarne schaffen konnte. Überall in der Welt sind zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten und auch Patente auf dem Gebiet der Viskosetextilien erschienen und haben zu aufsehenerregenden praktisch-industriellen Ergebnissen geführt. Diesbezüglich genügt es ohne Kommentar anzuführen, daß die Reißfestigkeit der Viskosekordzwirne zur Verstärkung von Autoreifen im Laufe von 15 Jahren bei sonst gleichen Bedingungen von 10 kg auf 18 kg gestiegen ist (Kord von 1650 den/2 in 12/12 Drall).

Herr Dr. Treiber hat in seinem Vortrag weittragende Neuerungen auf dem Gebiet der Viskosefasern im reinen Textilbereich angekündigt. Mit dem Hinweis hierauf kommen wir zu dem Gegenstand unserer heutigen Mitteilung, der Entwicklung der Zellulosefasern mit hohem Elastizitätsmodul, das heißt von Fasern mit hoher Formbeständigkeit.

Die klassische, allgemein und überall bekannte Baumwolle, die sich auf den verschiedensten Gebieten dauernde Anwendung gesichert hat, weist im Vergleich

mit Baumwolle grundlegende Unterschiede bezüglich verschiedener Eigenschaften auf. Diese sind:

- geringere Naßreißfestigkeit der Viskosefasern
- höherer Elastizitätsmodul der Baumwolle, besonders im Naßzustand
- eindeutig bessere Beständigkeit der Baumwolle gegenüber Behandlung mit Natronlauge.

Es waren vor allem diese Eigenschaften, die zunächst zur Erforschung der Ursachen dieser Unterschiede und dann zur Entwicklung von neuen Fasern angeregt haben, deren Eigenschaften möglichst nahe an jene der Baumwolle heranreichen sollten. Grundlage dieser Arbeiten waren unter anderem Überlegungen hinsichtlich der inneren Faserstruktur, und das angestrebte Ziel war die Schaffung einer den Naturfasern weitgehend ähnlichen Molekularstruktur.

Eine allen diesen neuen Faserklassen gemeinsame Eigenschaft ist ihr hoher Elastizitätsmodul in nassem Zustand, was eng mit einer wesentlichen, im Fertigprodukt hochoberwünschten, sowohl für die industrielle Bearbeitung als auch den praktischen Gebrauch unerläßlichen Eigenschaft zusammenhängt, nämlich der Formbeständigkeit der Gewebe.

Solche Forschungsarbeiten wurden parallel bei verschiedenen Erzeugerfirmen von Zellulosechemiefasern betrieben. Es erschienen mehrere Fasern mit hohem Elastizitätsmodul auf dem Textilmarkt, deren Namen nun allen bekannt sind.

Herstellung der Fasern mit hohem Elastizitätsmodul

Bevor ich auf die technologischen und Gebrauchseigenschaften dieser Fasern eingehe, möchte ich kurz die Herstellungsweise dieser verschiedenen Faserklassen in Erinnerung rufen. Es wurden hiezu zwei deutlich getrennte Wege eingeschlagen:

Der erste dieser beiden Wege beruht auf den Arbeiten über den Zusatz von Modifikatoren zur Viskose, was zur Verlangsamung des Umsatzes an der Grenzfläche

Faden—Spinnbad und folglich zur Bildung von Vollmantelfasern führt. Man erhält so Fasern mit ausgezeichneten Naßeigenschaften, die jedoch aus einem Gefüge von kleinen, sehr leicht zugänglichen Kristalliten bestehen. Als Textilfasern sind diese Fasern für gewisse Zwecke in der Form von hochfesten Zellwollen verwendet worden. Gewisse Kunstgriffe bei der Koagulation (Zusammensetzung und Temperaturabstimmung der betreffenden Bäder) haben die Erzeugung von Fasern mit hohem Elastizitätsmodul ermöglicht, die in verschiedenen Patentschriften beschrieben wurden und derzeit unter der Bezeichnung von Hochmodulfasern (high wet modulus-fibers) im Handel sind.

Eine Anzahl japanischer, französischer, belgischer und Schweizer Laboratorien haben im Verlauf der letzten Jahre einen zweiten Weg beschritten, der auf anderen Prinzipien beruht. Es handelt sich hierbei darum, bei der Koagulation des Zellulosexanthats zunächst eine hochxanthierte Zellulose zu erhalten (γ -Zahl) und erst nachher die Bindung zwischen den einzelnen Kristalliten herzustellen. Diese Fasern werden aus Viskosen mit hoher Viskosität hergestellt, welche von Zellulosen stammen, die einen hohen Polymerisationsgrad aufweisen, wobei diese beiden Kriterien für die Fadenbildung in den nur schwach koagulierenden Spinnbädern, die zur Herstellung dieser Fasern dienen, wichtig sind. Seit einigen Jahren werden solche „Polynosic“-Fasern in Europa, Japan und USA erzeugt.

Wir wollen im folgenden von diesen beiden Fasertypen sprechen, und zwar werden wir sie, soweit es sich um „Polynosic“-Fasern handelt, „Polynosic“-Z bzw. „Polynosic“-B nennen und, soweit es sich um Fasern mit Modifizierstruktur handelt, HWM-Fasern.

Allen Fasern mit hohem Elastizitätsmodul gemeinsame Eigenschaften

Die mittels der zwei obenerwähnten Verfahrenstypen hergestellten Fasern weisen eine gewisse Anzahl von gemeinsamen Eigenschaften auf, die nachstehend zusammengefaßt und den Eigenschaften der Baumwolle

Technologische Eigenschaften der Fasern mit hohem Elastizitätsmodul

	Baumwolle	Polynosic Z	Polynosic B	HWM-Faser	Zellwolle normal	Zellwolle hochfest
Titer	1,5	1,5	1	1,4	1,3	1,63
Reißfestigkeit g/Den trocken	3,0	4,3	6,0	5	2,6	3,80
g/Den naß	3,8	2,8	5,0	3,2	1,5	2,80
Reißdehnung % trocken	11,2	14,5	11,4	16,4	20	33,2
% naß	14,1	15,5	12,1	17,6	23	37,1
Naßdehnung bei 0,5 g/Den Belastung	4	2,7	1,9	3,6	9	11
Schleifenreißfestigkeit	2,3	0,75	0,9	0,70	0,7	1,4
Gewichtsquellwert (in Wasser)	45	60	53	62	85	69
Polymerisationsgrad	2000	540	540	330	285	480

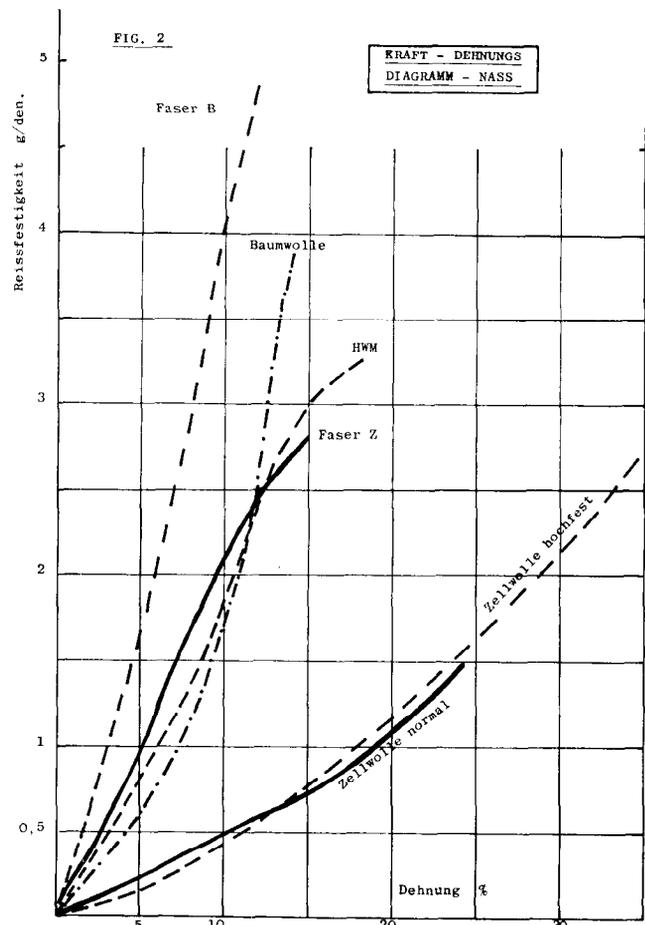
Fig. 1

sowie jenen der klassischen und hochfesten Viskosefasern gegenübergestellt werden sollen. Das beige-schlossene Diagramm gestattet die folgenden Schlußfolgerungen (Fig. 1):

- Hervorzuheben sind vor allem die größeren Möglichkeiten dieser Fasern, die aus ihren verbesserten mechanischen Eigenschaften erfließen;
- Der Querschnitt der Fasern ist rund und gleichförmig;
- Die Quellung im Wasser ist gering, ebenso ist die Längenänderung unbedeutend. Diese beiden Eigenschaften stehen in engem Zusammenhang mit der Formbeständigkeit der aus den Fasern mit hohem Elastizitätsmodul gewebten Stoffe;
- Der wichtigste Punkt ist natürlich ihre geringe Verformbarkeit bei schwacher Belastung; wir haben als Last 0,5 g/den in nassem Zustand gewählt, um diese Tatsache zu demonstrieren. Hieraus folgt logischerweise eine geringe Naßverformbarkeit der mit diesen Fasern gewebten Stoffe, was natürlich vom praktischen Gebrauchsstandpunkt aus sehr wichtig ist (Fig. 2).

Andere Struktureigenschaften der Fasern mit hohem Elastizitätsmodul

Die beiden obenerwähnten Fasergruppen, die sich im wesentlichen durch ihre Herstellungsweise unterscheiden, haben auch einige unterschiedliche, mit ihrer Struktur zusammenhängende Eigenschaften. Ein wichtiges



Alkalische Behandlung von Fasern mit hohem Elastizitätsmodul

	Baumwolle	Polynosic Z	Polynosic B	HWM-Faser	Zellwolle normal	Zellwolle hochfest
Naßfestigkeit in g/Den VOR } NACH } Behandlung mit 5%iger Natronlauge	3,8	2,8	5,0	3,2	1,5	2,8
	3,2	2,1	4,9	1,8	1	1,1
Quellung, gewichtsmäßig VOR } NACH } Behandlung mit 5%iger Natronlauge	45	60	53	62	85	69
	45	78	55	92	110	93
Naßelastdehnung (%) VOR } NACH } Behandlung mit 5%iger Natronlauge	14	14,5	12,1	17,9	23	37
	15	26,6	14,3	48,6	29	59
Naßdehnung b. 0,5 g/Den Bel. VOR } NACH } Behandlung mit 5%iger Natronlauge	4	2,7	1,9	3,6	9	10
	4	7,6	2,3	13,3	16	28,5
Löslichkeit in 10%iger Natronlauge bei 20°C	2	25	9	42	51	52

Fig. 3

Kennzeichen der Baumwolle ist ihre ausgezeichnete Beständigkeit alkalischen Behandlungen gegenüber beim Bleichen und bei der Mercerisierung.

Die klassischen Viskosefasern sind gegen diese Verfahren empfindlich, was klarerweise ihre Eignung zum Gebrauch in bestimmten Gebieten beschränkt; solche alkalische Behandlung führt bei diesen Fasern zu einem sehr erheblichen Festigkeitsverlust und erhöht wesentlich die Verformung der Faser bei schwacher Belastung, was die Erzielung von Formbeständigkeit bei den Geweben erschwert.

Die Hochmodulstruktur ist gegenüber Mercerisierung viel bestandiger als die konventionellen Viskosefasern. Wir haben die Unterschiede der verschiedenen Faserklassen mit 5%iger Natronlauge untersucht.

Die Vergleichsversuche mittels Natronlauge wurden bei dieser Konzentration durchgeführt, weil, wie man obenstehend bemerken kann, bei den stärkeren Konzentrationen (10% und darüber bei den Mercerisierungslauge) die klassische Faser vollkommen zerfällt, wenn man sie ohne Spannung behandelt, sodaß es unmöglich ist, an einer so behandelten Faser richtige Messungen durchzuführen.

Die vorstehende Tabelle zeigt deutlich die Unterschiede in der Beständigkeit der Einwirkung von Natronlauge (Fig. 3).

Betrachtet man den Querschnitt der mit einem alkalischen Medium behandelten „Polynosic“-Fasern, so bemerkt man, daß die Querschnittsdimensionen sich unter der Einwirkung dieser Behandlung relativ wenig verändern. Als Beispiel kann angeführt werden, daß der Querschnitt einer hochfesten Reyonfaser bei Behandlung mit 5%iger Natronlauge um 30% anwächst, während die Polynosic-Faser

überhaupt keine Veränderung aufweist. Diese Tatsache zeigt deutlich die Abbildung 1.

Wir wollen nochmals betonen, daß die Beständigkeit gegen alkalische Behandlung nicht eine Folge des DP der Faser ist, sondern auf ihrer besonderen Mikrokristallstruktur beruht. Sogar Game des Typs der Reifenkordstruktur mit sehr hohem DP (etwa 500) leiden stark unter Behandlung mit Natronlauge. Überdies führt bei den Vollmantelfasern das Quellen durch Alkalien zu einer Desorganisation der orientierten Zonen, während die Polynosic-Struktur diesen Verfahren gegenüber beständig ist. Dies beweisen die Veränderungen, die Röntgendiagramme in Abhängigkeit von der Konzentration der verwendeten Natronlauge aufweisen. Die Abbildung 2 veranschaulicht diese Tatsache.

Zum besseren Verständnis der Strukturunterschiede zwischen den Fasern des Polynosic-Typs und den normalen Viskosefasertypen wollen wir noch einige Arbeiten zitieren, die vom Institut Textile de France durchgeführt wurden, doch fehlt uns leider die Zeit, um näher auf sie einzugehen:

- Untersuchung der Sorption von Wasserdampf durch „Polynosic“-Fasern
- Untersuchung der Quellerscheinungen im Wasser bei Zellfasern: Axialquellung, Diametralquellung, gewichtsmäßige Quellung, Anisotropie der Quellung
- Untersuchung der kristallinen Beschaffenheit und der Zugänglichkeit der Polynosic-Fasern
- Vergleichende Differenzfärbung
- Untersuchung durch Ultrarotspektrographie.

Bei den Polynosic-Fasern besteht die Fibrillenstruktur infolge ihrer besonderen Entstehungsweise in einem Agglomerat von feinen, jenen der Baumwolle ähnlichen Fibrillen. Dieser, in der Abbildung 3 gezeigte Aufbau tritt beim Quellen in einem salpetersauren Medium und beim mechanischen Quetschen der Fasern deutlich in Erscheinung.

Die klassischen Reyonfasern und jene, die mittels Zusatz von Modifikatoren hergestellt werden, weisen

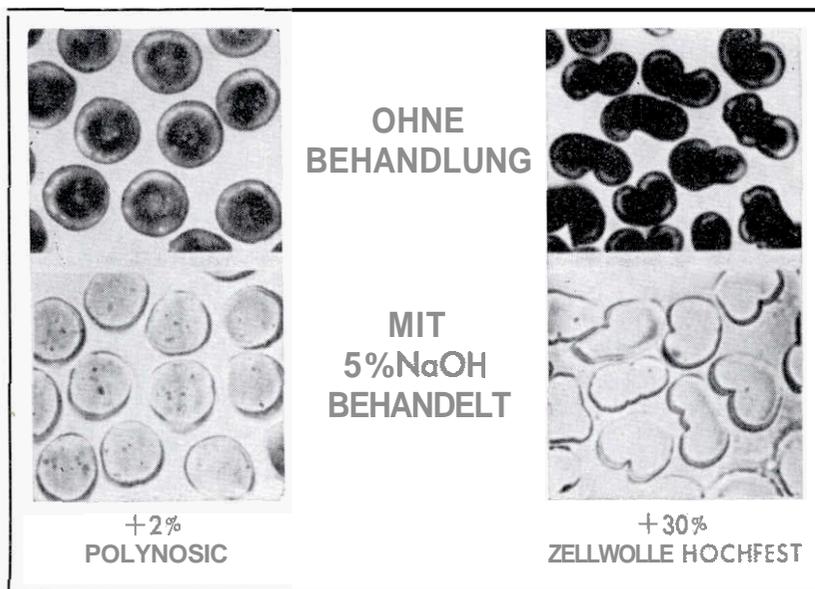


Abb 1

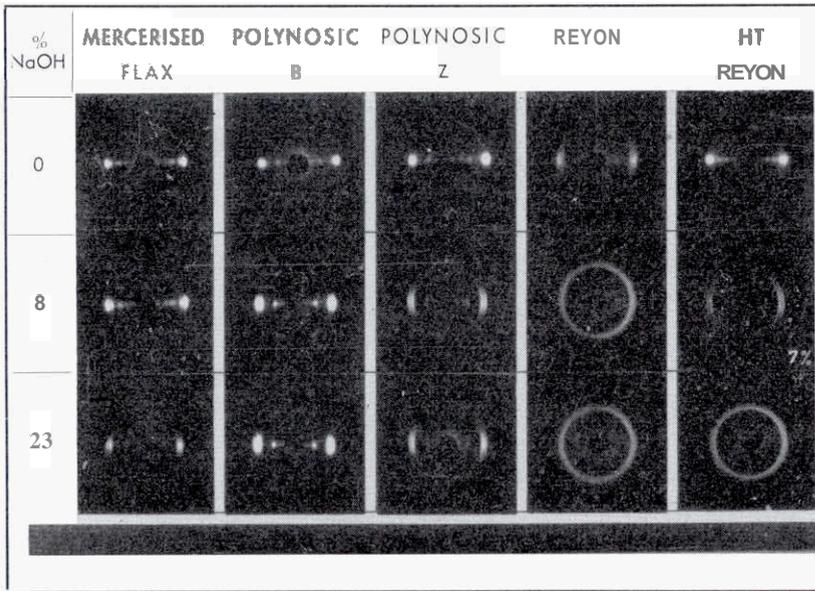


Abb. 2

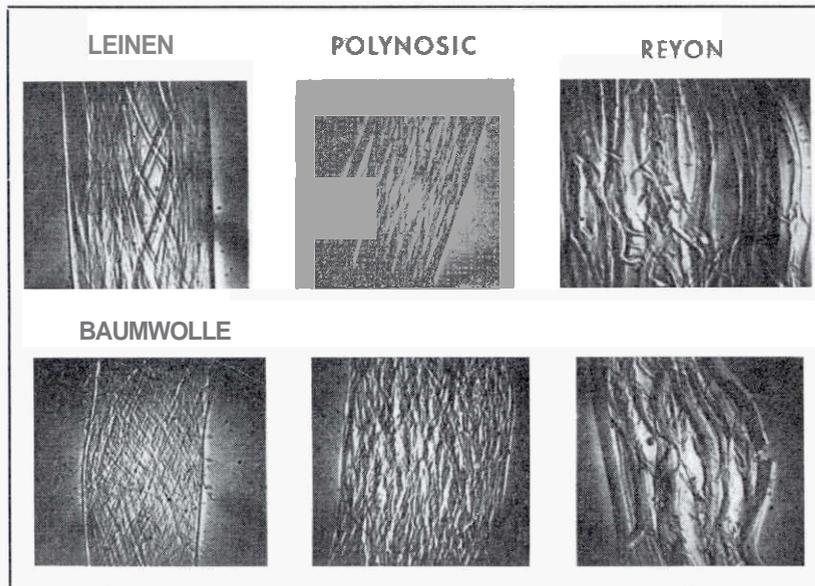


Abb. 3

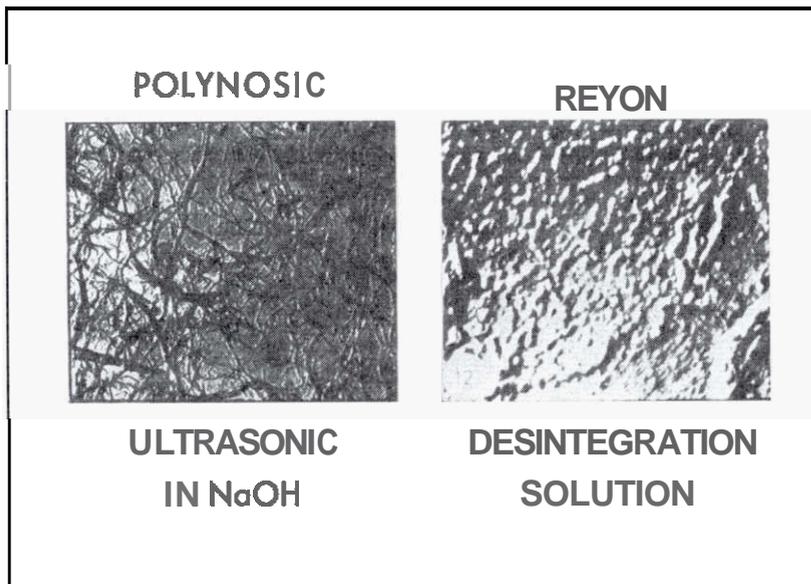


Abb. 4

eine andere Fibrillenbeschaffenheit auf, und zwar Agglomerate von dicken Fibrillen. Herr Professor Triilat hat auf dem Gebiete dieser Fibrillenstruktur eine interessante Arbeit durchgeführt, wobei er durch Zerstorung unter Überschalleinwirkung in einem alkalischen Medium und Untersuchung mittels Elektronenmikroskop einen deutlichen Unterschied zwischen der Fibrillenmorphologie der zwei Fasertypen aufzeigen konnte. Auch diesbezüglich zeigt die Abbildung 4 die wesentlich bessere Haltbarkeit der Fasern des Polynosic-Typs.

Dies bringt uns zum Abschluß des ersten Teils unserer Ausführungen über die Fasern mit hohem Elastizitätsmodul. Die Eigenschaften dieser Fasern beweisen, daß wir es hiebei mit einer Faserklasse zu tun haben, die einen anderen Charakter aufweist als die klassischen Zellwollen und nicht letztere ersetzen soll, sondern im Gegenteil das Anwendungsgebiet der regenerierten Zellulosefasern durch Einbeziehung von Anwendungsbereichen, die bisher nicht gedeckt werden konnten, erweitern. Das Hauptziel, das man bei dieser Entwicklung erreichen wollte, war die Formbeständigkeit. Dies ist vollständig gelungen, wie die Beispiele, von denen später die Rede sein wird, beweisen. Es ist wichtig festzustellen, daß das Problem dieser Fasern mit hohem Elastizitätsmodul noch in Entwicklung begriffen ist. Die kommenden Jahre werden zeigen, daß die Chemie und die Technologie dieser Fasern noch verbessert werden können, sodaß den Eigenschaften dieser Fasern eine günstige Entwicklung bevorsteht.

Zweiter Teil

Anwendung der Hochmodulfasern

Dieser zweite, den Anwendungen der Hochmodulfasern gewidmete Teil meiner Darlegung gliedert sich wieder in zwei Abschnitte:

- im ersten werden die spezifischen Vorteile dieser Fasern, als Gewebe verarbeitet, besprochen;
- im zweiten Abschnitt geben wir einen Überblick über die derzeit in den Vereinigten Staaten und Europa entwickelten, handelsmäßig schon eingeführten Anwendungen.

I. Spezifischer Beitrag der Hochmodulfasern zu den Eigenschaften der Gewebe

Wir haben obenstehend unter den Fasern mit hohem Elastizitätsmodul die HWM-Fasern von den Polynosic-Fasern

unterschieden. Beide Fasertypen haben gewisse Eigenschaften gemeinsam und unterscheiden sich in anderen.

a) Gemeinsame Eigenschaften:

Unter diesen möchte ich erwähnen:

- Die Gewebe können (den Normen entsprechend) mit weniger als 1 % Schrumpf in kochendem Wasser sanforisiert werden, und ihre Formbeständigkeit bei wiederholtem Waschen ist sehr gut.
- Die Naß- und Trockenfestigkeiten liegen in Bereichen, die eine Ausdehnung des Anwendungsgebietes der Zellulosechemiefasern ermöglichen. Diese Werte sind bei den Fasern mit hohem Elastizitätsmodul etwas höher als bei den Polynosic-Fasern.
- Die Scheuerfestigkeit ist nach den praktischen Gebrauchsversuchen ausreichend für die verschiedensten Verwendungszwecke.
- Die Frage der Färbung bietet keine besonderen Schwierigkeiten.
- Die Lichtbeständigkeit ist gut.

b) Unterschiede:

Es bestehen jedoch zwischen den beiden Fasertypen Unterschiede, insbesondere in bezug auf den Griff. Der Griff der Fasern mit hohem Elastizitätsmodul ist dem der Zellwolle sehr ähnlich, aber der Griff der Polynosic-Faser ist baumwollähnlicher. Sie hat einen ganz eigenen Griff, voll und körnig, der mit Grundeigenschaften der Polynosic-Faser, wie Querschnitt und Elastizitätseigenschaften, zusammenhängt.

Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß nach Mercerisierung der Griff der Polynosic-Fasern sich nur sehr wenig verändert, während der der HWM-Faser steifig wird.

II. Überblick über die Anwendungen

Bei Besprechungen der Anwendungen ist der amerikanische Markt vom europäischen getrennt zu behandeln.

a) USA:

In den USA entfällt die große Mehrheit der Anwendungsentwicklungen der HWM- und Polynosic-Fasern auf Mischungen des Typs 50 : 50 oder 60 : 40 mit kardierter Baumwolle. Die Amerikaner haben stark die durch die Hochmodulfaser gebotene Möglichkeit hervorgehoben, in Mischung mit einer normalerweise für kardierte Ware verwendbaren Baumwolle Mischgarne zu erzielen, die das Aussehen von Baumwollkammgarnen haben.

b) Europa:

In Europa betrifft die Entwicklung vor allem die Typen Polynosic Z und B. Wir wollen nun auf die Anwendungen dieser Fasertypen näher eingehen. Es sind dabei drei breite Verwendungsbereiche zu unterscheiden:

1. Verwendung von 100 % Polynosic-Faser, ungemischt.

2. Verwendung von Polynosic-Faser, gemischt mit Naturfasern.
3. Verwendung von Polynosic-Faser, gemischt mit Kunst- und synthetischen Fasern.

Wir geben im folgenden einen Überblick über diese drei Verwendungsarten (Fig. 4).

Bisher entwickelte Anwendungen von „Polynosic“-Fasern

	100 % „Polynosic“-Faser	Gemischt mit Naturfasern: Baumwolle (C); Leinen (L)	Gemischt mit künstl. und rein-synthetischen Fasern: Zellwolle (F), Polyester (P) Acrylfaser (A)
Leibwäsche	Feine Damenwäsche Brodiergrund	Leibwäsche	Feine Damenwäsche (F u. P)
Kleider	Schneiderkleider	Leichte Damenkleider (C) Popelinkleider (C)	
Kleiderschürzen	Schwere Damenkleider	Schwere Leinenkleider (L)	
Sportkleidung		Sporthemden (C) Sporthosen (C) Regenmäntel (C)	Regenmäntel (P)
Überkleidungs-Strickwaren			Im Garn gefärbte Überkleidungsstücke aus Strickware
Dekorstoffe	Bedruckte Möbelstoffe		
Hauswäsche	Schwere Bettuchware	Mittelschwere Bettuchware (C)	Feine Bettuchware (P)
Technische Gewebe	Unterlage für beschichtete Ware (Wandbekleidung, Möbelbezüge, Taschnerware, Verstärkung von Leitungselem.)		

Fig. 4

1) Verwendung von ungemischter Polynosic-Faser (100 % Polynosic)

Dank der Verwendung von ungemischter Polynosic-Faser konnte der Anwendungsbereich der Zellulosechemiefasern über die Grenzen hinaus ausgedehnt werden, die bisher ihrer Entwicklung durch die unzureichende Leistung der klassischen Viskosefasern gesetzt waren (Spinnbarkeitsgrenze, Naßreißfestigkeit, Formbeständigkeit, elastische Erholung, Griff).

So hat z. B. die hohe Spinnbarkeitsgrenze der Polynosic-Faser ihr Eindringen in das Gebiet der feinen Damenwäsche ermöglicht.

- Voller Griff, Körper und Formbeständigkeit macht sie für Kleider-, Dekor- und Möbelstoffe geeignet;
- Hohe Reißfestigkeit und gutes elastisches Erholungsvermögen für technische Anwendungsgebiete, z. B. als Träger-Rohgewebe für beschichtete Gewebe.

Ausrüstung

Bei allen diesen Anwendungen erleichtern die nachstehenden spezifischen Eigenschaften der Fasern mit

hohem Elastizitätsmodul die Aufgabe des Verarbeiters und vor allem des Ausrüsters und Färbers:

- Die geringe Quellung erleichtert das Eindringen der Farbstoffe und der Appreturen in die Gewebe und Garne;
- Die hohe Reißfestigkeitsgrenze verringert insbesondere bei den leichten Geweben in nassem Zustand die Gefahr des Einreißen beim Ausrüsten;
- Der hohe Elastizitätsmodul begünstigt die Erzielung formbeständiger Gewebe.

Letzterer Punkt ist besonders wichtig, weil dadurch die Möglichkeit geboten ist, die Ausrüstung der Gewebe aus Polynosic-Fasern auf vielerlei Apparaturen und insbesondere auf den in der Baumwollindustrie üblichen Einrichtungen durchzuführen.

Gleichfalls hervorzuheben sind die folgenden Vorteile, die sich bei der Ausrüstung der Gewebe mit Hochmodulfasern und insbesondere mit Polynosic-Fasern ergeben, die wir ja in Europa am besten kennen. Einmal haben diese Fasern eine sehr starke Affinität zu Farbstoffen, besonders zu reaktiven und zu Indanthrenfarbstoffen, die die Erzielung von leuchtenden und farb-echten Tönen ermöglichen, die bei bedruckten Geweben besonders geschätzt sind.

Weiters ist die ausgezeichnete Reaktivität gegenüber Ausrüstungsharzen hervorzuheben. Bei gleichem Anteil von aufgenommenem Harz erzielt man mit Polynosic-Fasern einen höheren Grad des Knitterwinkels als bei den klassischen Zellwollen und andererseits ist der „wash and wear“-Charakter der Ware um 0,5 bis 1 Punkt der Monsanto-Skala verbessert. Waschbeständige Harze, die bei Knitterfrei-Ausrüstung von Baumwolle verwendet werden (zyklische Harnformaldehydharze und reaktive Harze) können bei Polynosic-Geweben verwendet werden. Diese Harzausrüstungen führen bei dieser Faser nicht zu den bei Baumwolle beobachteten Festigkeitsverlusten.

Nachstehend geben wir nähere Angaben über die einzelnen Verwendungen:

A) 100% Polynosic-Faser — für Leibwäsche und als Brodlergrund

Der Erfolg der Polynosic-Faser in diesem Anwendungsgebiet beruht vor allem auf:

- der Möglichkeit, feine Garne (bis zu Nm 100) gleichmäßiger zu spinnen als mit hochqualitativer Baumwolle;
- dem außerordentlich angenehmen Griff der Ware, die diesbezüglich etwa zwischen Seide und mercerisierter Baumwolle liegt.

Hiezu kommt noch, daß die Naßreißfestigkeit und die Formbeständigkeit die Ausrüstungsarbeiten erleichtern.

B) 100% Polynosic für Kleider, Kleiderschürzen und Arbeitskittel

Polynosic-Kleiderware ist vor allem aus folgenden Gründen vorteilhaft:

- Ihrer eigenartigen Griffigkeit nach liegt die Faser viel näher zu Baumwollen und Leinen als zu normalen Zellwollen.

- Die ausgezeichnete Formbeständigkeit ermöglicht die Herstellung wirklich „waschbarer“ Artikel.

C) 100% Polynosic für bedruckten Dekorsatin

Bei bedruckten Dekor- und Möbelstoffen bietet die Polynosic-Faser folgende Hauptvorteile:

- Vor allem leuchtendere und beständigere Farbtöne.
- Zweitens geschmeidiger Griff und schöner Faltenwurf, ohne Schlappeheit.
- Drittens ausgezeichnete Formbeständigkeit, mit sehr bequemer Pflege verbunden. Der „wash and wear“-Koeffizient ist etwa 4 (Monsanto).

Vom Standpunkt des Ausrüsters aus gesehen, ist noch folgendes zu betonen: einfache Vorbereitung und ausgezeichnetes Färbeverhalten (Indanthrenfärben) lassen diesen Dekorträger den klassischen Baumwollträgern überlegen erscheinen. Hervorzuheben ist, daß ähnliche Baumwollartikel eine zweimal geringere Schuß-Weiterreißfestigkeit haben. Es ist das erste Mal, daß wirklich formbeständige und waschbare Artikel aus Zellulosechemiefasern angeboten werden können.

D) Technische Verwendungen von Polynosic-Fasern

Als Träger-Rohgewebe für beschichtete Gewebe hat sich die Polynosic-Faser hauptsächlich aus folgenden Gründen durchgesetzt:

- Möglichkeit von Herstellung leichter Ware dank der höheren Reißfestigkeit.
- Gute Weiterreißfestigkeit, was das Bespannen mit diesen Geweben erleichtert (Möbelbezüge).
- Gutes elastisches Erholungsvermögen, folglich Vermeidung von Deformation beim Gebrauch (bei Anwendung für Sitzmöbel).
- Gleichmäßigkeit und Sauberkeit der Rohgewebe, was die Arbeit des Beschichters erleichtert und zur Schönheit des Enderzeugnisses beiträgt (interessant besonders für Taschnerwaren, die überdies nicht gefüttert werden müssen).

Je nach den geforderten Gebrauchseigenschaften verwendet man Fasern des Typs B bzw. Z.

Neben Schutzbekleidung ist ein spezielles Anwendungsgebiet der Polynosic-Faser Typ B die Verstärkung von Schläuchen, wo sich die sehr hohe Festigkeit und die geringe Verformbarkeit der Faser geltend macht.

2) Polynosic-Faser in Mischung mit Naturfaser (Baumwolle und Leinen)

In Mischung mit Baumwolle und Leinen bietet die Verwendung der Polynosic-Faser hauptsächlich aus folgenden Gründen Interesse:

- Vor allem sind die beiden Faserarten infolge ihres ähnlichen Elastizitätsmoduls gut vereinbar, sodaß die daraus gesponnenen Mischgarne gute mechanische Eigenschaften aufweisen.
- Die aus diesen Mischgarnen gefertigten Gewebe sind gleichmäßiger und sauberer.

- Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, bietet sich die Möglichkeit, bei Mischung mit kardierter Baumwolle wie Baumwollkammgarn aussehende Mischungen zu billigerem Preis herzustellen.
- Die Mischgewebe Polynosic/Baumwolle verharren weniger beim Waschen in kalkreichem Wasser als die reinen Baumwollgewebe.

Ausrüstung

Vom praktischen Standpunkt aus gesehen, ist die Tatsache, daß der Baumwollausrüster die Möglichkeit hat, diese Mischungen ohne wesentliche Änderungen seiner üblichen Verfahren auszurüsten, ein großer Vorteil.

Zum Beispiel hat sich in der Praxis sowohl in Europa als auch in den USA gezeigt, daß man solche Mischungen im kontinuierlichen J-Box-Verfahren bleichen kann, wobei nur die Konzentrationen der normalerweise beim Abkochen benutzten Natronlaugen und beim Bleichen mit Wasserstoffsuperoxyd um 20 bis 30% vermindert werden.

Solche Mischungen können gleichfalls Mercerisierungsbehandlungen unterworfen werden. Es wurden damit ausgezeichnete Ergebnisse mit Natronlaugen bei Konzentrationen von etwa 20 bis 23 Grad Bé und einer Berührungsdauer von 10 bis 20 Sekunden mit der Mercerisierungslauge erzielt. Diese Behandlungsdauer genügt, um der Ware einen ausgezeichneten Glanz und gute Färbeausbeute zu verleihen. Überdies wirkt sie sich auch sehr günstig auf die Formbeständigkeit und das Verhalten der Ware bei der Wäsche aus: Die Oberfläche der unter diesen Arbeitsbedingungen kaustisch behandelten Gewebe behält bei wiederholter Wäsche ihr schönes Aussehen.

Bei Berücksichtigung dieser Angaben konnte mittelschwere Kleider- und Hosenware ohneweiters mit den für kontinuierliche Baumwollausrüstung bestimmten Verfahren behandelt werden.

Bei sehr leichter Ware, im Gewicht von etwa 90 bis 110 g, das heißt bei Ware für bedruckte Damenwäsche, bleibt es jedoch empfehlenswert, sich der Chloritbleichrichtungen zu bedienen, weil solche Ware ihrer Leichtigkeit halber gegenüber den bei Baumwolle üblichen Verfahren empfindlicher ist.

Ganz allgemein gesagt, können die Baumwolle/Hochmodulfasermischungen genau wie Baumwolle gefärbt und ausgerüstet werden, zum Beispiel mit Indanthrenfarbstoffen, nach dem Pad-Steam-Verfahren, Druck mit Indanthren- oder Reaktivfarbstoffen usw.

Der „wash and wear“-Charakter solcher Mischungen

nach Harzausrüstung erreicht leicht den Koeffizienten 4. Dies zeigt, daß die Pflege der Enderzeugnisse sehr bequem ist.

Die Baumwoll- und Leinenmischungen wurden auf dem Gebiet der Leibwäsche, der Kleiderware, der Sportbekleidung (Hemd, Hose, Regenmantel) und der mittelschweren Bettuchware entwickelt.

3) Vorteile der Polynosic-Faser bei Verwendung in Mischungen mit künstlichen und rein synthetischen Fasern

Da die Polynosic-Faser selbst eine Chemiefaser ist, eignet sie sich besonders zur Mischung mit anderen künstlichen bzw. rein synthetischen Fasern.

Mit Zellwolle gemischt, erhöht sie deren Reißfestigkeit und Formbeständigkeit.

Mit Polyesterfasern gemischt, erhöht sie — mit Baumwolle verglichen — die Feinheit und Gleichmäßigkeit, ohne Beeinträchtigung der Formbeständigkeit und der bequemen Pflege der Erzeugnisse.

Zur Verarbeitung in Wirkwaren, mit Acrylfasern gemischt, verleiht sie diesen ihren vollen Griff, ohne die Formbeständigkeit der synthetischen Faser zu vernichten.

Schlußfolgerung

Unsere Ausführungen abschließend, hoffen wir, daß es uns gelungen ist zu zeigen, daß die neue Zellulosechemiefaserklasse mit hohem Elastizitätsmodul eine willkommene Ergänzung der reichen Auswahl von Chemiefaserstoffen darstellt. Die spezifischen Eigenschaften der aus diesen Fasern erzeugten Garne und Gewebe weisen, wie sich allgemein bekannt, auf die Regeneratzellulosefasern, neuartige Eigenheiten auf. Die Anwendungsgebiete, von denen hier die Rede war, stellen nur einen Anfang in der Ausnützung dieser Fasern dar — und erst den gemeinsamen, ernstlichen Bemühungen der Faserhersteller und -verarbeiter wird es gelingen, die neuen Möglichkeiten voll auszunützen. Diese Entwicklungen mögen manchmal langsam scheinen, aber der Zeitverbrauch ist gerechtfertigt in Anbetracht der Vielfältigkeit der Probleme, denen man auf dem Weg begegnet, der von den Forschungsarbeiten über die Investitionen der Hersteller dieser Faserstoffe bis zu den Bemühungen der Verarbeiter der Fasern in den verschiedensten Zweigen der Textilindustrie führt, wo im Laufe der vergangenen Jahre so viel Neues, sowohl rein nützlich wie auch ästhetisch, im Interesse aller geschaffen worden ist.

Struktur und technologische Eigenschaften von Chemiefasern sowie deren Prüfung

Professor Dr. Johannes Juilfs, Technische Hochschule Hannover

Themata des Vortrags sind die Mikrostrukturen der verschiedenen Fasersubstanzen, ferner die Eigenschaften hochpolymerer Faserstoffe sowie deren Definierung durch physikalische Meßgrößen. Schließlich behandelt der Vortragende eingehend die bei der textilphysikalischen Prüfung auftauchenden Probleme und deren Überwindung.

Micro-structures of various fiber substances; characteristics of high polymer fibers; and their definition through physical units are subjects of this lecture. Lecturer then goes into details of problems arising in textile testing, and their solution.

1. Über physikalische Methoden zur Untersuchung der Faserstruktur

Vorbemerkung

Die Eigenschaften der Fasern hängen von der Art und der Anordnung der die Fasersubstanz aufbauenden Moleküle ab: der Feinbau oder die Struktur der Fasern bedingt deren technologische Eigenschaften. Es ist die Aufgabe der Physik im weitesten Sinne, den Aufbau und die Struktur der materiellen Substanzen und damit die wirkenden Kräfte zu verstehen, die die vielfältigen Formen und Gestalten sowie deren Veränderungen im Ablauf des materiellen Geschehens erzeugen.

Einiges vom Aufbau materieller Substanzen

Seit der Jahrhundertwende wissen wir, daß die materielle Welt aus Atomen aufgebaut ist. Wir wissen, daß die meisten Atome sich zu charakteristischen Atomgruppen, den Molekülen, vereinigen. So bestehen beispielsweise die Moleküle des Wassers aus je einem Atom Sauerstoff und je zwei Atomen Wasserstoff. Bei tiefen Temperaturen, unterhalb von 0°C , ist das Wasser zu Eis gefroren. Oberhalb von 100°C siedet das flüssige Wasser, und wir erhalten ein Gas: den Wasserdampf. Im Eis, im flüssigen Wasser und im Dampf aber bleibt die Substanz stets Wasser, d. h. die Moleküle bleiben unverändert erhalten.

Wollten wir die Atome des Wassermoleküls voneinander trennen, so würden wir weit höhere Temperaturen, in der Größenordnung von $100\,000^{\circ}\text{C}$, anwenden müssen. Die zwischen den Atomen eines Moleküls wirkenden chemischen Bindungskräfte sind also sehr viel stärker als die zwischenmolekularen Kräfte, die die Moleküle in der festen und flüssigen Phase untereinander zusammenhalten.

Die Begründung des Auftretens der drei verschiedenen Aggregatzustände – fest, flüssig, gasförmig – ist bekannt: Im Gas bewegen sich die einzelnen Moleküle praktisch unabhängig voneinander, geradlinig und mit großer Geschwindigkeit. Sie erleiden lediglich bei Zusammenstoßen mit anderen Molekülen und an der Wand eine Änderung ihrer Bahnrichtung und Geschwindigkeit. Ihre mittlere Geschwindigkeit wird ge-

ringer, wenn die Temperatur gesenkt wird. Unterhalb der Siedetemperatur wird die gegenseitige Geschwindigkeit der aneinander vorbeifliegenden Moleküle so gering, daß diejenigen Kräfte sichtbar wirksam werden können, die zwischen den Molekülen durch die Wechselwirkung der in ihnen vorhandenen oder erzeugten elektrischen Dipole entstehen: die zwischenmolekularen oder Van-der-Waals-Kräfte. Hier gleiten die Moleküle noch aneinander vorbei, und die aus ihnen aufgebaute Substanz ist gießbar, sie ist flüssig. Nach Unterschreiten der Gefrier- oder Erstarrungstemperatur ist auch das Aneinander-Vorbeigleiten der Moleküle nicht mehr möglich, und es bleibt nur eine Schwingung um eine mittlere, im Substanzgefüge feste Ruhelage übrig: Die Substanz ist zu einem festen Körper geworden.

Auch die die Fasersubstanz aufbauenden Makromoleküle sind der Temperaturbewegung unterworfen. Wegen ihrer Größe aber schwingen sie kaum noch als festes Ganzes. Die kettenförmigen, meist nur gering verzweigten Makromoleküle können sich aber wegen der weitgehend freien Drehbarkeit um die einzelnen Bindungsachsen der „Kettenglieder“ und der gewinkelten Valenzrichtungen mehr oder weniger verknäueln, und die Molekülabschnitte bewegen sich, bis auf den Zusammenhalt in der Kette, weitgehend unabhängig voneinander (Abb. 1).

Hier sollen nun nur die grundsätzlichen Zusammenhänge, nicht aber die mannigfaltigen graduellen Unterschiede und Zwischenzustände genannt werden, durch die erst die Vielfalt der Erscheinungen in unserer schönen bunten Welt erzeugt wird: In den bei den üblichen Temperaturen festen Körpern sind alle atomaren Bausteine im allgemeinen durch chemische oder metallische Bindungskräfte miteinander verknüpft. Beispielsweise bauen die positiv und die negativ elektrisch geladenen Ionen einer Verbindung ein Kristallgitter auf, und der Kristall kann als ein einziges Riesenmolekül angesprochen werden. Im Diamanten sind alle Kohlenstoffatome durch chemische Bindungskräfte (hauptvalenzmäßig) miteinander verknüpft. Die Metalle bestehen aus einem Gefüge kleiner Kristallite metallisch miteinander verbundener Atome. Substanzen, die aus Molekülen mit einer geringen Atomzahl bestehen und keine dieser Kristalltypen darstellen, sind bei den üblichen Temperaturen höchstens noch flüssig, meist

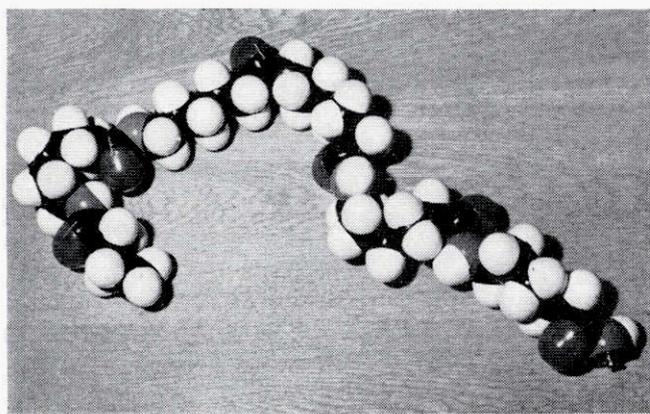
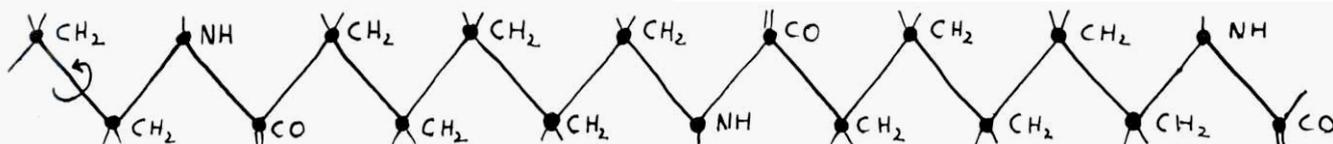


Abb. 1: Zur Deformation von Kettenmolekülen: In der Strichzeichnung (unten) ist die Molekülkette des Perlon schematisch durch die Folge der „Kettglieder“ dargestellt, deren Substituenten nur angedeutet sind. Eine Drehung um die Verbindungsachse zweier Kettenglieder bewirkt eine Abwinkelung der Kette. – Im Molekülmodell des Perlon nach Stuart (oben) ist die Deformation eines kurzen Kettenabschnittes demonstriert.



Jedoch schon gasförmig. Das liegt nach dem, was wir soeben besprochen, daran, daß die zwischenmolekularen Kräfte weit schwächer als die chemischen Bindungskräfte sind und durch die Temperaturbewegung überwunden werden können.

Nicht-kristalline und nicht-metallische Stoffe, die bei den üblichen Temperaturen als feste Körper erscheinen, sind aus größeren Molekülen aufgebaut. Diese bilden im Prinzip entweder ein räumliches Netzwerk, wie beispielsweise die Makromoleküle, aus denen die technisch so bedeutsamen Duroplaste aufgebaut sind, oder ein Gefüge aus überwiegend kettenförmigen Makromolekülen. Diese Kettenmoleküle können infolge Aufsummierung der zwischenmolekularen Kräfte längs der Molekülkette oder längs der Kettenabschnitte auch durch die Temperaturbewegung wenigstens im Mittel nicht mehr voneinander getrennt werden. Allerdings kann die Temperaturbewegung – wie wir hier ausdrücklich anmerken wollen – bei weitgehender Wahrung der äußeren Form der Substanz noch zu einem erheblichen inneren strukturellen Umbau führen~

Die Eigenschaften der Substanzen werden, wie wir es einleitend für die Fasern bereits aussprachen, unmittelbar von deren atomarem und molekularem Aufbau abhängen. Von Werkstoffen, die in der Natur vorgegeben oder zugewachsen sind – wie beispielsweise den Steinen, Holzern und den im Tier- und Pflanzenreich gewachsenen Fasern – bestimmt man die natürlich gegebenen technologischen Eigenschaften und geht von diesen für die weitere Verarbeitung aus. Bei modifizierten natürlichen Werkstoffen und bei solchen, die synthetisch erzeugt werden, kann man meist nach Ermittlung der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Eigenschaften des Erzeugnisses einerseits und den Eigenschaften der Ausgangsprodukte und den Herstellungsbedingungen andererseits auf Grund längerer betriebsstatistischer Überprüfungen erreichen, daß die Erzeugnisse bei bestimmten Vorgaben die gewünschten Eigenschaften mit ertraglicher Toleranz aufweisen. Die allerdings oft sehr komplexe Abhängigkeit von den verschiedenen meßtechnisch erfassbaren Parametern

schränkt eine solche phänomenologisch bestimmte Abhängigkeit in ihrer Gültigkeit oft stark ein.

Da eine tiefere Einsicht in die stofflichen und funktionellen Zusammenhänge diese gegenseitigen Abhängigkeiten naturgemäß wesentlich besser beherrschen läßt, hat die Chemiefaserindustrie ein naturgegebenes Interesse an der Erforschung des Faserfeinbaus und seiner Veränderungen unter den verschiedenen Behandlungs-, Verarbeitungs- und Beanspruchungsbedingungen. Die gegenseitigen Abhängigkeiten – Faserstruktur, Herstellungsbedingungen, technologische Eigenschaften, Verarbeitungs- und Veredlungseigenschaften, Eigenschaften der Fertigerzeugnisse – in zunehmendem Maße kennenzulernen und auch verfahrenstechnisch in die Hand zu bekommen, ist die Basis für die weitere Entwicklung in der Herstellung guter und gleichmäßiger Ware mit vorgegebenen Eigenschaften für vorbestimmte Verwendungszwecke.

Physikalische Methoden zur Untersuchung der Faserstruktur

Wir wissen, daß es nicht möglich ist, die Faserstruktur unmittelbar zu erkennen oder zu bestimmen. Wir erhalten mit Hilfe der einzelnen Untersuchungsverfahren lediglich charakteristische, durch die Struktur eindeutig bestimmte Kenndaten, die sich stets auf Bereiche beziehen, die bereits sehr viele Atome und Moleküle enthalten. Die erhaltenen Kenndaten stellen gleichsam statistische Mittelwerte über die Wechselwirkung zwischen Beobachtung und dem beobachteten, im Vergleich zu atomaren Abmessungen großen Substanzbereich dar.

Wir wollen hier – unter ausdrücklicher Beschränkung auf einige charakteristische Methoden – deutlich werden lassen, auf welche Weise die physikalische Messung die einzelnen Struktureigenschaften und -merkmale überhaupt festzustellen gestattet und inwieweit eine Aussage über die übermolekulare Anordnung aus den Meßergebnissen abgeleitet werden kann. Denn das Verständnis der Grundvorgänge der einzelnen Methoden ist die Basis dafür, wie zur Lösung

aktuell anstehender spezieller Probleme die einzelnen Untersuchungs- und Prüfmethode sinnvoll angesetzt werden.

Abbildung von Fasern und deren Feinbau

Alle ausgedehnten Körper, also auch die Fasern, werden dadurch wahrgenommen, daß auftreffendes Licht von ihrer Oberfläche zurückgestrahlt wird. Das menschliche Auge nimmt dann die geometrische Zuordnung dieses von ihm aufgenommenen Lichtes vor: das Auge bildet die Körper – genauer: ihre Oberfläche – ab. Das Auflösungsvermögen des Auges, also seine Fähigkeit, zwei Punkte noch als getrennt voneinander wahrzunehmen, ist beschränkt. In bekannter Weise dienen Lupe, Lichtmikroskop und Elektronenmikroskop dazu, ein vergrößertes Bild zu erzeugen und auf diese Weise kleinere Abstände sichtbar zu machen.

Die Grenze des lichtmikroskopischen Auflösungsvermögens liegt bei etwa 2/10 000 mm (0,2 μ). Wegen der gegenüber dem Licht geringeren Wellenlänge schnell bewegter Elektronen – bewegten Elementarteilchen wird nach der Quantentheorie eine Materiewelle mit

$$\text{der Wellenlänge } \lambda = \frac{h}{m \cdot v} \text{ (h = Plancksches Wir-}$$

kungsquantum, m = Masse und v = Geschwindigkeit des Teilchens) zugeordnet – besitzt das Elektronenmikroskop ein wesentlich gesteigertes Auflösungsvermögen gegenüber dem Lichtmikroskop. Seine äußerste Grenze liegt (wegen des hier notwendig sehr klein zu haltenden Strahlungsöffnungswinkels der abbildenden Elektronen) – unter allerdings schon sehr günstigen Bedingungen – bei etwa 1/1 000 000 mm (10⁻⁶ mm = 10 Å). Da der Durchmesser der Atome rund zehnmal kleiner ist (er beträgt größenordnungsmäßig 1 Å), so ist eine direkte Abbildung von Atomen und Molekülen also auch damit noch nicht möglich.

Das elektronenmikroskopische Bild entsteht durch die infolge der verschiedenen Dichte und Dicke des Präparates an den einzelnen Stellen unterschiedliche Absorption des Elektronenstrahles beim Durchgang durch das Präparat. Da die Struktur von Oberflächen im Elektronenmikroskop nicht unmittelbar beobachtet werden kann, bedient man sich zu ihrer Ermittlung des bekannten Abdruckverfahrens. Mit diesem kann man aber nicht nur die Faseroberflächen selbst, sondern auch die Innenstrukturen nach entsprechendem Freilegen elektronenmikroskopisch zugänglich und damit sichtbar machen.

Der Gedanke, vielleicht noch kurzwelligere Strahlung als die Materiewellen der Elektronen – beispiels-

weise die sehr kurzwelligen Röntgenstrahlen – für den Betrieb eines Mikroskopes mit noch höherem Auflösungsvermögen zu verwenden, scheidet daran, daß es keine entsprechenden Linsen gibt, mit denen man ein solches Mikroskop bauen könnte. Die Grenzen der Abbildungsmöglichkeit sind also mit dem Auflösungsvermögen des Elektronenmikroskopes zunächst erreicht.

Strukturbestimmung mit Hilfe von Strahlungsbeeinflussung

Neben der Abbildung von Oberflächen kennt die Physik aber noch eine weitere Möglichkeit, Kenntnis von der Struktur der Materie zu erhalten: Es werden geeignete Sonden verwendet und deren Wechselwirkung mit der zu untersuchenden Substanz festgestellt. Die makroskopische Sonde bis zur feinsten Nadel ist bekannt. Sie würde hier nichts hervorbringen, was nicht besser schon durch die Abbildung erfahren werden könnte. Als Sonden, die so fein sind, daß sie den Faserfeinbau praktisch nicht stören, kommen die schnell bewegten Elementarteilchen im Aufbau der Materie sowie vor allem die elektromagnetische Strahlung in Frage, das heißt also das Licht aller Wellenlängen, von der sehr kurzwelligen Gammastrahlung und der Röntgenstrahlung mit Wellenlängen in den Größenordnungen um 1 Å angefangen, über das sichtbare Licht mit den wesentlich längeren Wellen von etwas weniger als 1/1000 mm (im Bereich zwischen etwa 4000 und 8000 Å) bis zur Ultrarotstrahlung und darüber hinaus mit Wellenlängen in den Größenordnungen um 1 mm (Abb. 2).

Jede Strahlungs-Wechselwirkung mit der Materie beruht auf Einzelprozessen, deren adäquate Beschreibung im Rahmen der klassischen Physik nicht mehr vollständig möglich ist. Es ist hier nur wesentlich, anzumerken, daß die Beobachtung eines Einzelprozesses allein selbst dort, wo sie möglich wäre, nicht ausreichen würde, eine allgemeine Aussage über den Wechselwirkungsvorgang zu machen. Das entspricht grob, jedoch grundsätzlich, der Tatsache, daß beispielsweise aus der Kenntnis des momentanen Bewegungszustandes eines einzelnen Luftmoleküls noch nichts über Druck und Temperatur, also über die makroskopisch wahrnehmbaren Eigenschaften des untersuchten Luft-raumes ausgesagt werden kann. So muß jede Strukturbestimmung notwendig sehr viele Atome und Moleküle erfassen.

Die einfachste Wechselwirkung mit der Strahlung ist die Absorption, die in einem Schattenriß, gegebenenfalls mit unterschiedlicher Helligkeit, entsprechend der mehr oder weniger starken Absorption an

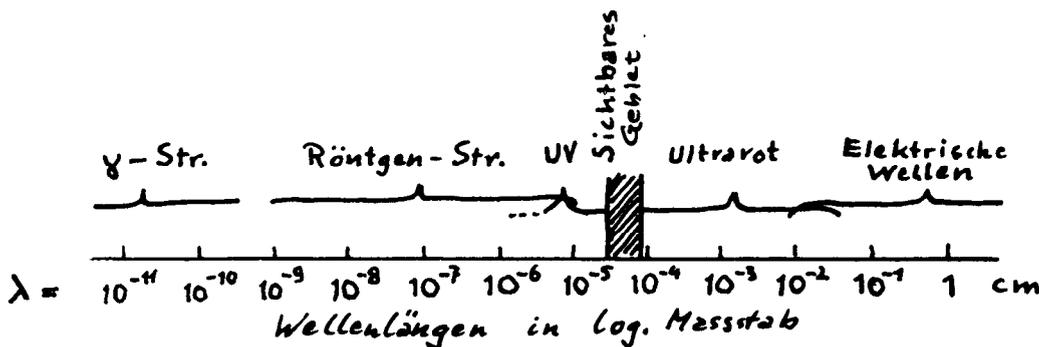


Abb. 2: Spektrum der elektromagnetischen Wellen.

verschiedenen Stellen der untersuchten Substanz, sichtbar wird. Die Wahrnehmung der Schattenrisse aber führt nur wieder zu einem Abbildungsvorgang. Eine weitergehende Aussage wird erhalten, wenn – wie wir beispielsweise bei der Ultrarotstrahlungs- und der Kernresonanzmethode sehen werden – nur Strahlung einer ganz bestimmten Wellenlänge in der durchstrahlten Substanz absorbiert wird. Eine solche Erscheinung deutet dann auf spezifische Wechselwirkungsprozesse hin. Schließlich kann die Strahlung hinsichtlich ihrer Ausbreitungs- und Schwingungs-, also Polarisationsrichtung beeinflusst werden, wie es beispielsweise beim sichtbaren und beim Röntgenlicht der Fall ist. –

Strukturuntersuchungen mit Hilfe von energiereicher **Gamma- und Teilchenstrahlung** gewinnen derzeit eine zunehmende Bedeutung. Ihre Ergebnisse treten jedoch, verglichen mit denen aus anderen Methoden, heute noch nicht so stark in Erscheinung. Die primären Wechselwirkungsprozesse bedeuten bei ihnen im allgemeinen Auftrennung von Bindungen. Sie führen einerseits zur Vernetzung von Molekülketten infolge Ermöglichung neuer Bindungsbrücken und andererseits zur Kettenaufspaltung. Beide Prozesse können in verschiedenen Formen der Überstruktur, beispielsweise bei regelmäßiger Anordnung der Kettenmoleküle (in den kristallinen Bereichen) und bei Wirrlage derselben, zu in unterschiedlicher Weise veränderten Strukturen und damit zu deren Nachweis führen.

Röntgenstrahlung versetzt die Elektronen der die Fasersubstanz aufbauenden Atome in entsprechende Resonanzschwingungen. Wenn Atome in regelmäßiger Folge und Lage in Ebenen – regelmäßig wie etwa die Knoten in einem Netz –, also in „Netzebenen“, angeordnet sind und wenn diese Netzebenen selbst in gleichen Abständen voneinander parallel zueinander liegen, also eine Netzebenenschar bilden, dann wirkt diese Netzebenenschar unter bestimmten Bedingungen gleichsam als Spiegel für die einfallende Röntgenstrahlung. Eine Spiegelung tritt ein, wenn die Wellenlänge (λ) der Röntgenstrahlung und der Netzebenenabstand (d) in einer bestimmten zahlenmäßigen Beziehung – entsprechend dem **B r a g g** schen Gesetz:

$$n \cdot \lambda = 2 d \cdot \sin a$$

(n = ganze Zahl, a = Ablenkungswinkel) –

zueinander stehen (Abb. 3). Auf einer Photoplatte oder mit einem geeigneten Zählrohr werden die Richtungen der Spiegelungen, das heißt also die Reflexe, aufgenommen, aus denen man dann umgekehrt die Lage der Netzebenenschar und ihre charakteristischen Abstände erschließen kann. – An dieser Stelle wird besonders deutlich, daß erst durch Erfassung eines größeren Substanzbereichs der Nachweiseffekt, hier: die Spiegelung der Röntgenstrahlung, möglich wird. Während die Röntgenogramme von Kristallen im allgemeinen recht scharfe, fast punktförmige Reflexe zeigen, weisen Faser-Röntgenogramme breitere, verschmierte Reflexe auf (Abb. 4). Die Spiegelung des primär einfallenden Röntgenstrahles wird nämlich naturgemäß umso unvollkommener und verwischter sein, je kleiner der reflektierende Spiegel in Form der Netzebenenschar ist und je mehr die regelmäßige Anordnung der Atome gestört vorliegt. – Die Verbreiterung der Reflexe zu Sicheln längs der um den Röntgenogrammmittelpunkt liegenden konzentrischen Kreise gibt einen

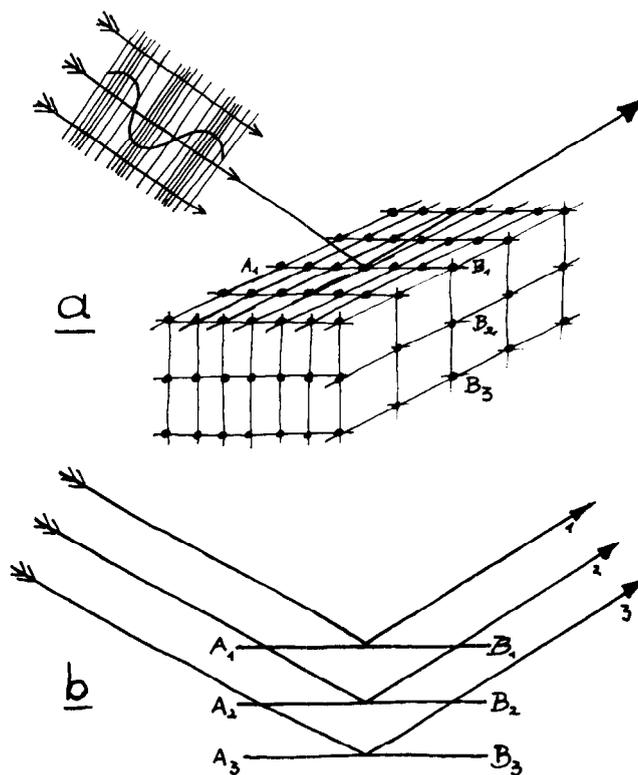


Abb. 3: Zur Röntgenbeugung: Die von links oben einfallende Röntgenstrahlung, dargestellt durch die Wellennormale in Fortpflanzungsrichtung mit dem Schema des Schwingungszustandes, wird an der oberen Netzebene der dargestellten Netzebenenschar reflektiert. Außerdem aber reflektieren auch die darunter liegenden Netzebenen (Teilbild b), und eine Spiegelung wird insgesamt nur dann beobachtet, wenn sich die von den einzelnen Netzebenen reflektierten Teilstrahlen (1, 2, 3, ...) im gleichen Schwingungszustand befinden (Bragg'sche Bedingung; Teilbild a).

Hinweis auf die Orientierung der Kristallite in bezug auf die Faserachse. – Der Röntgen-Kleinwinkelstreuung, durch deren Beobachtung periodische Abstände in der Größenordnung von 100 Atomdurchmessern bestimmt werden können, liegen Vorstellungen zugrunde, die auf einer komplizierten Berücksichtigung der miteinander interferierenden Streustrahlung beruhen.

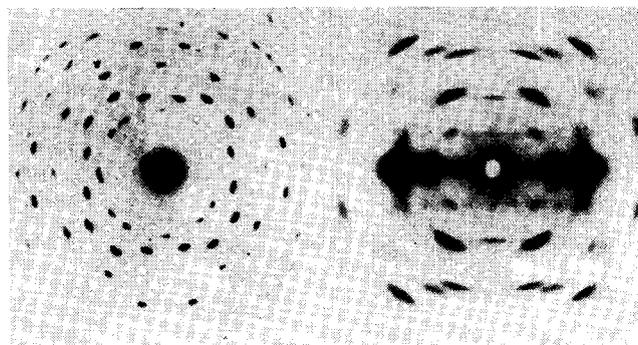


Abb. 4: Während das Röntgenogramm des Zinkblende-Einkristalls (links) weitgehend scharfe Reflexe zeigt, sind die Röntgenreflexe für die Ramiefaser (rechts) infolge der nur kleinen geordneten Molekülbereiche und der Unregelmäßigkeiten im Gitteraufbau verschmiert. Die sichelförmige Verbreiterung der Reflexe bedeutet eine Richtungsverteilung der Kristallitachsen um die Faserachse.

Die geometrischen Bedingungen für die Spiegelung der Röntgenstrahlung an Netzebenenscharen gelten auch für die den schnell bewegten Elektronen quantentheoretisch zugeordneten Materie-Wellenzüge. Sie führen zur **Elektronenbeugung**, die damit im Prinzip der Beugung von Röntgenlicht entspricht. Sie ist mit modernen Elektronenmikroskopen, bei denen oft eine entsprechende Einrichtung angekoppelt zur Verfügung steht, zu beobachten.

Von den Wechselwirkungen des **sichtbaren Lichtes** interessieren für struktur-physikalische Untersuchungen vor allem die Beeinflussungen des Lichtes auf seinem Wege durch die Fasersubstanz. Der Grundvorgang besteht darin, daß die Elektronen in den Atomen und Molekülen im Rhythmus der Lichtfrequenz zum Mitschwingen angeregt werden und die auf diese Weise entstehenden elektrischen Dipole strahlen. Die Überlagerung der ursprünglich einfallenden Lichtstrahlung und der angeregten Dipolstrahlung ergibt eine gegenüber der Vakuumlichtgeschwindigkeit veränderte Geschwindigkeit des Lichtes in der durchstrahlten Substanz und damit einen substanzcharakteristischen, von 1 verschiedenen Brechungsindex.

Wir sind nun nicht in der Lage, nur die von einem einzelnen Elektron stammende Strahlung allein zu messen und damit nur dessen Bindung zu analysieren. Ein meßbarer Effekt der Veränderung der Geschwindigkeit des Lichtes ist erst für eine Strahlung vorhanden, die mindestens aus der Gesamtheit der Strahlung eines Substanzbereichs stammt, dessen Abmessungen gleich oder größer als die Wellenlänge des Lichtes sind.

Die für die Strukturbestimmung der Fasersubstanz wesentlichen Gesichtspunkte kann man durch folgende Überlegung veranschaulichen: Abgesehen von einigen

Korrekturen wird das Licht, dessen Schwingungsrichtung parallel zur mittleren Molekülkettenrichtung liegt, in anderer Weise beeinflußt werden als dasjenige, dessen Schwingungsrichtung senkrecht dazu, also in der mittleren Richtung der wesentlich schwächeren zwischenmolekularen Bindungen, liegt. Daher wird Licht, das in verschiedenen Schwingungsrichtungen einfällt, zu unterschiedlichem Brechungsindex in den verschiedenen Schwingungsrichtungen führen: es tritt **Doppelbrechung** auf (Abb. 5). — Bei völliger Richtungsisotropie der Molekülketten, also bei mittlerer völliger Wirrlage der Moleküle, wäre keine Doppelbrechung vorhanden. Damit wird die Größe der Doppelbrechung, dargestellt im wesentlichen als die Differenz der Brechungsindizes in den charakteristischen aufeinander senkrecht stehenden Schwingungsrichtungen, ein Maß für die mittlere Orientierung der Fasermoleküle in der Fasersubstanz.

Zur Veranschaulichung der Absorption von **Ultraschall** soll uns eine vereinfachte modellmäßige Darstellung genügen. Die Atome im Molekül führen Schwingungen aus, deren Art und Intensität von der Masse der beteiligten Atome einerseits und von den bei den betreffenden Schwingungen beanspruchten Bindungen andererseits abhängen. Der Übergang von einem Schwingungszustand zu einem physikalisch möglichen anderen Zustand mit höherer Energie kann nur durch Aufnahme der gerade für diese Bindung ganz spezifischen Energiedifferenz geschehen. Die diesen Energiedifferenzen entsprechenden Strahlungsquanten besitzen nun gerade solche Frequenzen, die im wesentlichen im Ultrarotbereich liegen.

Die unmittelbare strenge Analyse der beobachteten Absorption bestimmter Frequenzen in bezug auf bestimmte Atomgruppierungen ist meist schwierig. In der

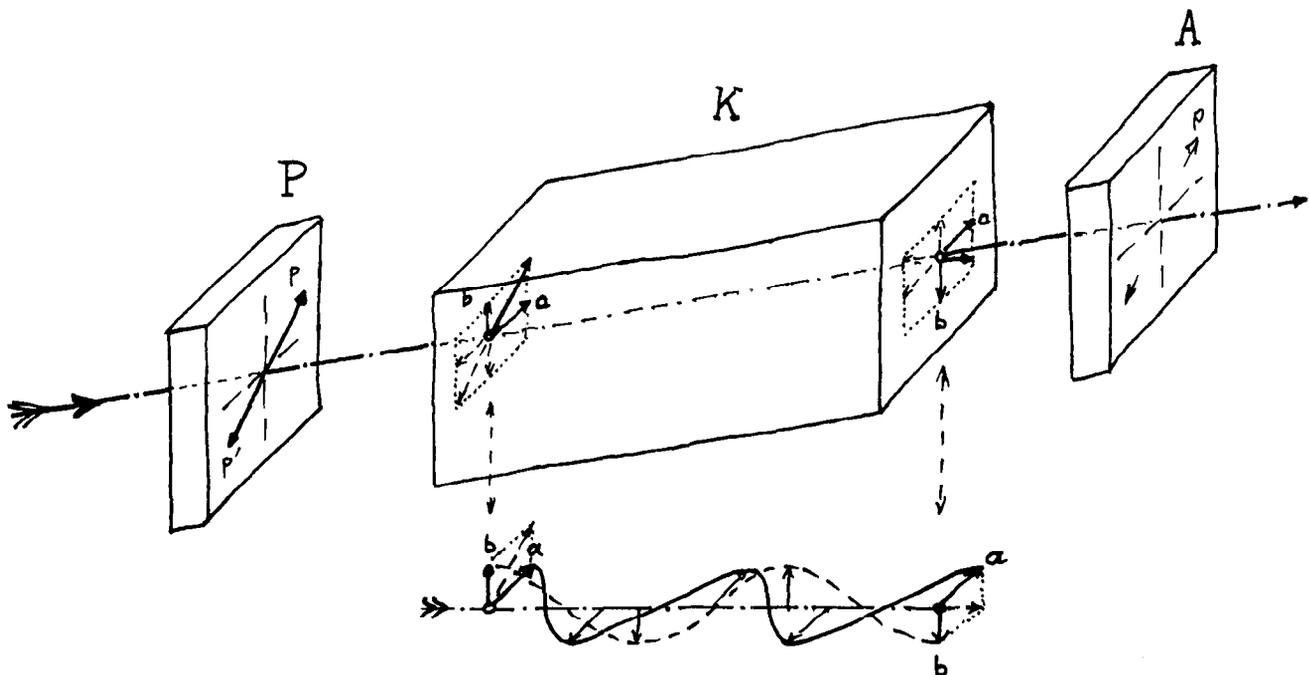


Abb. 5: Zur Doppelbrechung: Aus dem von links ankommenden natürlichen Licht wird durch den Polarisator P nur dasjenige Licht hindurchgelassen, das in Richtung $p-p'$ schwingt. Durch den doppelbrechenden Körper K, in welchem die charakteristischen Richtungen (beispielsweise parallel und senkrecht zu den Molekülketten) in Richtung der Kanten liegen, pflanzen sich die Komponenten des Lichtes in diesen Richtungen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit fort (siehe Schwingungsbild), sodaß das aus dem Körper austretende Licht (im Abbildungsbeispiel) senkrecht zur Richtung $p-p'$ schwingt. Ein Analysator A, der nur in Richtung $p-p'$ schwingendes Licht hindurchlassen würde, zeigt jetzt Dunkelheit.

Praxis wird die Zuordnung bestimmter Absorptionsbanden zu bestimmten Atomgruppierungen anhand ausgezeichneter, auf Grund umfangreicher Meßreihen gewonnener empirischer Daten vorgenommen, die systematisch tabelliert vorliegen. Dabei werden naturgemäß die bindungsmäßigen Wechselwirkungen bestimmter Atomgruppierungen mit den Nachbaratomen, mit dem Molekülrest und mit den Nachbarmolekülen sowie die Einfügung in ein geordnetes, kristallines Gefüge usw. entsprechende Verschiebungen im Absorptionsspektrum zur Folge haben. Ihrerseits lassen diese Verschiebungen aber wieder Schlüsse auf spezielle Überstrukturen zu.

Die in jüngster Zeit auch in die Faserforschung eingeführte **Kernresonanz-Methode** beruht im Grunde auf der Tatsache, daß die kleinen Atombauusteine ein eigenes kleines magnetisches Moment besitzen, das sich in bestimmter Weise zur Richtung eines äußeren Magnetfeldes einstellen kann. Wie sich nämlich eine magnetische Kompaßnadel im Magnetfeld der Erde in die Nord-Süd-Richtung einstellt und erst durch Energiezufuhr in die entgegengesetzte instabile Gleichgewichtslage gebracht werden kann, so ist für die kleinen Elementarmagnete durch Energiezufuhr in Form von elektromagnetischer Wellenstrahlung mit einer Wellenlänge in den Größenordnungen um 1 cm eine andere diskrete Richtungseinstellung in bezug auf das äußere Magnetfeld möglich. Infolge dieser Energieaufnahme tritt eine Absorption der gerade dieser Energie entsprechenden Frequenzen aus dem eingestrahlten Frequenzspektrum ein. Das absorbierte Frequenzband verbreitert sich, wenn zusätzlich zu dem von außen einwirkenden Magnetfeld noch die örtlichen Magnetfelder der Nachbaratome einen Beitrag zum Gesamtmagnetfeld liefern. Bei freier oder teilweise freier Beweglichkeit der Nachbaratome, also beispielsweise in der Flüssigkeit, mittelt sich dieser Betrag aber weitgehend heraus, sodaß die Breite des absorbierten Frequenzbandes dann geringer und damit nun seinerseits zum Merkmal für den thermischen Bewegungszustand der Atome oder Molekülabschnitte in der untersuchten Substanz wird.

Andere Strukturbestimmungsmethoden

Neben ihrer Art bestimmen Größe, Form und Anordnung der faseraufbauenden Moleküle in der Faser-substanz die physikalisch- und chemisch-technologischen Eigenschaften und Verhaltensweisen der Faser. Diese Eigenschaften und Verhaltensweisen werden daher ihrerseits bis zu einem gewissen Grad einen Rückschluß auf die Faserstruktur ermöglichen, insoweit nämlich, als diese Eigenschaften nicht durch statistische Mittelung über die Art und Anordnung der Moleküle in der Faser wieder unspezifisch werden. Zu diesen indirekten Strukturbestimmungsmethoden gehören unter anderem die Beobachtung und Messung der Dichte als integrales Maß für den Ordnungszustand der Moleküle, die Quell- und Löse-Erscheinungen, die mit diesen verbundenen kalorischen Effekte, das Wasseraufnahmevermögen, der Schmelzpunkt usw., dann aber auch wesentlich das technologische Verhalten, insbesondere das Verhalten bei ein- oder mehrmaliger Zugbeanspruchung. Auf diese Verfahren, deren Beitrag für

die Bestimmung von Faserstrukturen nicht unterschätzt werden darf, soll hier nur hingewiesen werden. —

Schlußbemerkung über strukturphysikalische Untersuchungen und Prüfungen

Die Skizzierung der Untersuchungsmethoden zur Strukturbestimmung sollte deutlich werden lassen, in welcher Weise die erhaltenen Meß- und Kennwerte sich stets auf die Messung und Beobachtung eines im Verhältnis zu den Ausdehnungen eines Einzelmoleküls großen Bereichs beziehen. Aus diesen Mittelwerten über die Struktur in großen Bereichen muß, wenn eine Aussage über die wirkliche Anordnung der Einzelmoleküle und Molekülgruppen getroffen werden soll, in sorgfältiger Analyse erschlossen werden, welche Modellvorstellungen über die Struktur zu den aus der Messung erhaltenen Ergebnissen führen würden. Es leuchtet unmittelbar ein, daß dieser Schluß meist mehrdeutig sein muß. Daß aber gerade die Zusammenschau der Ergebnisse aus den verschiedensten Methoden die Erklärungsmöglichkeiten mehr und mehr einengt, ist die Voraussetzung für die mit der Zeit immer bestimmter werdenden Vorstellungen von der Faserstruktur.

Der Wert der strukturphysikalischen Untersuchungen liegt also darin, daß, obwohl eine einzige Methode allein im allgemeinen nur spezifische Kenndaten liefert, die teilweise durchaus außerordentlich scharf definiert sind, bei sinnvoller Zusammenschau der Ergebnisse aus mehreren Untersuchungsmethoden auf dem Wege über eine zweckmäßige Auswertung eine wesentlich tiefere Einsicht über den übermolekularen Aufbau gewonnen werden kann. Die praktische Bedeutung der strukturphysikalischen Prüfungen ergibt sich hieraus unmittelbar.

2. Über neuere Vorstellungen von der Struktur synthetischer Fasern

Übermolekulare Ordnungszustände: Fransenkristalle und Sphärolithe

Vor vielen Jahren hat Stuart die Entstehung makromolekularer Substanzen aus Lösungen oder Schmelzen von Kettenmolekülen mit seinem bekannten Perlenketten-Modell anschaulich gemacht¹⁾. Lange Perlenketten stellen die Makromoleküle dar, die auf einem Schüttelsieb liegen. Die Schüttelbewegung des Siebes soll die Temperaturbewegung der Moleküle in diesem Modell bewirken. Bald hier, bald dort findet man Bereiche, in denen Molekülkettenabschnitte parallel zueinander geordnet zu liegen kommen: die Nahordnungsbereiche (Abb. 6a). Beim Verdampfen des Lösungsmittels oder beim Erkalten der Schmelze stellen diese eben infolge der Temperaturbewegung sonst nur sehr kurzlebigen Nahordnungsbereiche die Keime für weitere geordnete Anlagerung von Molekülketten, also für eine Kristallbildung, dar.

Die Existenz geordneter kristalliner Bereiche innerhalb der makromolekularen Substanz neben einer nichtgeordneten, oft als amorph bezeichneten Phase, in welcher die Moleküle mehr oder weniger wirr liegen, wurde schon frühzeitig bei röntgenographischen Untersuchungen erkannt^{2) 3)}. Das Röntgenogramm zeigt (historisch zunächst für Gelatine diskutiert³⁾) bei der

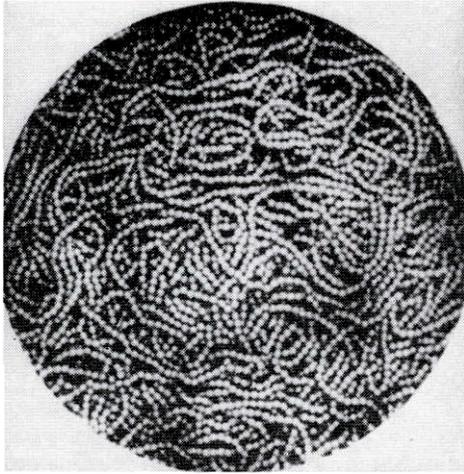


Abb. 6a: Ferlenkettenmodell zur Veranschaulichung der Anordnung von Kettenmolekülen in einer Schmelze (nach Stuart).

Verstreckung eine zunehmende Orientierung sowohl der zunächst wirt liegenden Moleküle bzw. Molekülabschnitte als aber auch der kleinen Kristallite in der Verstreckungs- bzw. Faserrichtung. Die aus den Kristalliten herausragenden Moleküle können daher nicht regellos und richtungslos über die Kristallitoberfläche verteilt sein, weil sonst die Kristallite bei der Verstreckung nicht ausgerichtet würden. Die Beobachtungen sind gut beschreibbar, wenn man ein Modell verwendet, bei welchem die Moleküle wie Fransen praktisch nur aus zwei einander gegenüberliegenden Grenzflächen der Kristallite austreten, die sich bei der Verstreckung in die Verstreckungsrichtung einstellen.

Die mittlere Moleküllänge beträgt nun aber ein Vielfaches der röntgenographisch erschlossenen Kristallitlänge. Es konnte daher **nur** angenommen werden, daß sich jedes Makromolekül durch mehrere kristalline und nicht-kristalline Bereiche hindurchzieht. Ohne auf die zahlreichen interessanten Abwandlungen der Modellvorstellungen über die Struktur, insbesondere der verstreuten Hochpolymeren, in den vergangenen rund 30 Jahren einzugehen, soll vor allem das bekannte, im wesentlichen von Kratky⁴⁾ diskutierte Modell genannt sein, das auch die Entstehung der festen makromolekularen Substanz darstellen konnte: die in den Nahordnungsbereichen des flüssigen Zustandes vorliegenden geordneten Keime führen zu den Kristalliten, die ihrerseits gleichsam als Knotenpunkte eines unregelmäßigen räumlichen Netzes durch die ungeordnet liegenden Molekülschlaufen miteinander verhängt sind (Abb. 6b).

Eine neue Lage entstand, als erkannt wurde, daß

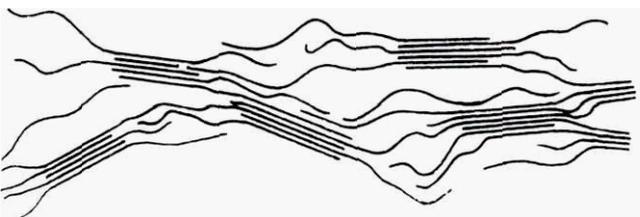


Abb. 6b: Schema der übermolekularen Struktur einer Faser-substanz mit Fransenkristalliten (nach Kratky).

die typische Form, in welcher übermolekulare Ordnungszustände in großen Bereichen auftreten können, auch bei synthetisch erzeugten makromolekularen Substanzen den – in der Mineralogie bereits gut bekannten – weitgehend kugelsymmetrischen Sphärolith-Strukturen entspricht. Sphärolithe sind im Polarisationsmikroskop zwischen gekreuzten Polarisatoren an einem in heller Kreisfläche erscheinenden dunklen Kreuz, dem Sphärolithkreuz, zu erkennen, dessen Arme parallel und senkrecht zur Polarisationsrichtung des einfallenden Lichtes liegen.

Die zahlreichen Erscheinungsformen der Sphärolithe sollen hier nicht besprochen werden. Innerhalb einer thermisch gleich behandelten Probe setzt die Sphärolithbildung an allen den Stellen, an denen sich geeignete Keime befinden, ein und schreitet mit gleicher Wachstumsgeschwindigkeit fort. Sind sehr viele Kristallisationskeime vorhanden, so tritt schließlich wegen der gegenseitigen Wachstumsbehinderung nur das Anfangsstadium der Sphärolithe noch ohne voll ausgeprägte Radialstruktur auf. Für eine weiter unten beschriebene Beobachtung ist auch die eingeschränkte Sphärolithbildung von Interesse, die beispielsweise dann auftritt, wenn die Kristallisationskeime vorwiegend an der zylindrischen Faseroberfläche vorhanden sind oder gebildet werden und die Kristallisation in das Faserrinnere hinein fortschreitet. Dann kommt es nicht mehr zur Ausbildung kugelförmiger, sondern nur noch tellerförmiger Individuen, wie man sie in ähnlicher Form beispielsweise auf Flüssigkeitsoberflächen⁵⁾ züchten kann. Auch bei diesem als Transkristallisation bezeichneten Vorgang liegen die Moleküle parallel zur Wachstumsfront wie beim kugelförmigen Sphärolithen.

Langperiode und Faltung der Molekülketten

Elektronenmikroskopische Aufnahmen lassen erkennen, daß Sphärolithe in makromolekularen Substanzen eine ausgeprägte Feinstruktur besitzen. Diese Feinstruktur ist vor allem dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberfläche der Sphärolithe lamellenartige Gebilde erkennbar sind. Die Lamellendicke beträgt im allgemeinen rund 100 Å. Aus Elektronenbeugungsaufnahmen mußte geschlossen werden, daß die Kettenmoleküle senkrecht zur Lamellenfläche angeordnet sind. Da die Molekülkettenlänge die Lamellendicke aber um ein Vielfaches übertrifft, war der Schluß naheliegend, daß die Molekülketten in den Lamellen gefaltet vorliegen⁶⁾.

Die charakteristische Lamellendicke von rund 100 Å für alle synthetischen hochpolymeren Substanzen, die bisher darauibin untersucht wurden, lenkt die Aufmerksamkeit auf frühere Untersuchungen von Hess und Kiessig⁷⁾. Mit Hilfe der Röntgen-Kleinwinkelstreuung wiesen sie zunächst bei verstreuten Polyamid- und Polyesterfasern Langperioden in der Größenordnung von 100 Å nach. Diese konnten inzwischen auch für viele andere Faserarten bestätigt werden. Allein mit der Struktur der Molekülketten waren nun aber Perioden dieser Länge nicht mehr in Verbindung zu bringen. Sie mußten daher anders gedeutet werden und wurden als Maß für den gegenseitigen Abstand der Schwerpunkte zweier in Faserrichtung hintereinander liegender Kristallite betrachtet (Abb. 6c).

Die Übereinstimmung der Größe der Langperiode

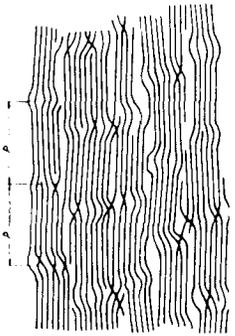


Abb. 6 c: Schema der übermolekularen Struktur von synthetischen Faserstoffen (nach Hess und Kiesig).

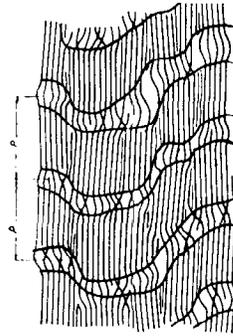


Abb. 6 e: Schema c, zum parakristallinen Schichtgitter abgewandelt (nach Bonart).

in verstreckten Fasern mit der Lamellendicke, also auch mit der Faltungsperiode der Kettenmoleküle in der Lamelle, läßt einen irgendwie gearteten Zusammenhang vermuten, und es erhebt sich die Frage, inwieweit die kristallinen Grundelemente in Form der Lamellen und Sphärolithe, die bei den aus Schmelzen und Lösungen erhaltenen unverstreckten Substanzen gefunden wurden, auch im verstreckten Material noch eine Rolle spielen. Obwohl die aufgeworfene Frage für die verschiedenen Faserarten durchaus unterschiedlich zu beantworten wäre, sind die Vorgänge im grundsätzlichen doch weitgehend ähnlich, sodaß im folgenden nur das gemeinsame Typische verdeutlicht werden soll. Als Modellbeispiele sollen vor allem Untersuchungen an der bequem zu handhabenden Modellschubstanz Polyäthylen⁸⁾ und an Polyamidfasern dienen, für die entsprechende Paralleluntersuchungen an anderen Fasersubstanzen teilweise auch schon durchgeführt wurden⁹⁾.

Vor einigen Jahren verschärfte Hess das Fibrillenbild weiter¹⁰⁾. In diesem Bild laufen die Moleküle in Faserlängsrichtung hintereinander durch blockförmig angeordnete Kristallite. Die Berechtigung eines solchen Fibrillenbildes wurde durch elektronenmikroskopische Aufnahmen nahegelegt, die bei verstreckten Fasern immer wieder eine Fibrillenstruktur zeigten. Da die blockförmige Anordnung der Kristallite in den Fibrillen aber nicht allgemein nachweisbar war, ersetzten Bonart und Hosemann¹¹⁾ das Hesssche Fibrillenbild zunächst durch eine Modellanordnung, bei welcher einige Ketten mit einer mittleren Faltungsperiode entsprechend der beobachteten Langperiode gefaltet sind. Weitere Untersuchungen lie-

ßen Hosemann¹²⁾ dann ein ebenes Schema möglicher Molekülanordnungen in der Faser entwerfen, das bei Wahrung der beobachteten Langperiode von rund 100 Å die verschiedenen Störungen regelmäßiger Anordnung darstellt (Abb. 6 d). Inzwischen hat Bonart¹³⁾ eine Erweiterung des Strukturmodells in Form eines parakristallinen Schichtgitters besprochen, in welchem die Kristallitschwerpunkte des Fibrillenbildes in statistisch gewellten und gekrümmten Schichten liegen (Abb. 6 e). — Eine Entscheidung über die Struktur der nicht-geordneten Bereiche ist auf Grund dieser Überlegungen und Untersuchungen aber noch nicht möglich.

Über einige Untersuchungen zur Aufklärung der Faser-Mikrostruktur

Zur Einstellung der Gleichgewichtsperiode

Es erscheint zunächst überraschend, daß eine Faltung der langen Kettenmoleküle auf eine so regelmäßige Länge von rund 100 Å überhaupt realisierbar ist. Peterlin, Fischer und Mitarbeiter¹⁴⁾ haben kürzlich gezeigt, daß, wenn die Moleküle längs einer Strecke der beobachteten Faltungsperiode in Parallel-lage zueinander zu liegen kommen, die Dichte der

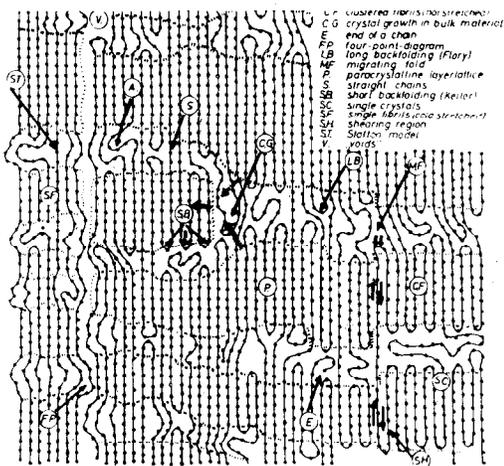


Abb. 6 d): Schema von verschiedenen Gitteranordnungen in verstrecktem Polyäthylen (nach Hosemann).

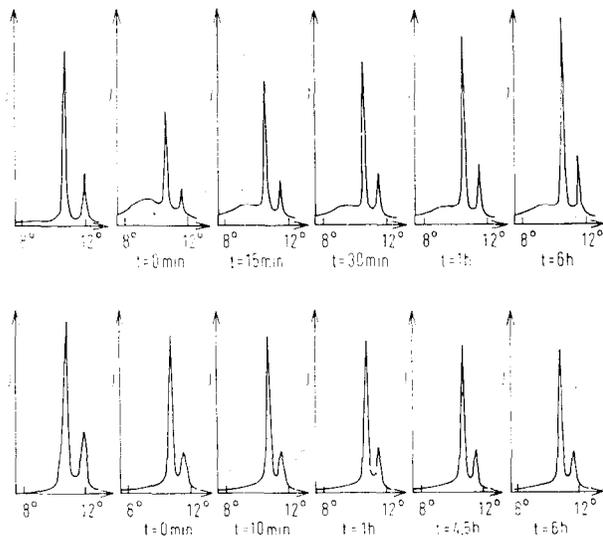


Abb. 7: Zeitabhängigkeit der Röntgenbeugungsdiagramme verschiedener Polyäthylenpräparate beim Tempern. Oben: aus der Schmelze abgeschrecktes Polyäthylen, bei 130° C getempert; unten: verstrecktes Polyäthylen, bei 132° C getempert. Ordinate = Intensität der Röntgenreflexe; Abszisse = Beugungswinkel; jeweils links: Reflexdiagramm der Ausgangsprobe bei Raumtemperatur; nach rechts: Abhängigkeit von der Temperzeit t (nach Fischer und Schmidt).

freien Energie tatsächlich ein Minimum besitzt – ein Zustand also, dem jedes stoffliche System nach Möglichkeit zustrebt. Die Langs- und Drehungsschwingungen der Molekulkettenteile würden nämlich für längere zueinander parallel liegende Abschnitte eine Störung des kristallinen Zusammenhanges bewirken.

Die theoretischen Überlegungen wurden fordern, daß für höhere Temperaturen die Faltungsperioden größer sind. Dieser Zusammenhang ist experimentell für die verschiedensten Substanzen aber schon seit langem durchaus bekannt und sichergestellt. Die – infolge der besprochenen Temperaturbeweglichkeit der Molekulkettenabschnitte mögliche – Einstellung eines neuen Gleichgewichtszustandes für eine andere Temperatur, also die Einstellung einer neuen Faltungsperiode, würde allerdings eine gewisse Zeit benötigen. Das wird nun auch tatsächlich beobachtet; Röntgenographisch ist der zeitliche Ablauf für das innere Aufschmelzen des alten Ordnungszustandes und das Entstehen des neuen Zustandes im unverstreckten Material gut verfolgbar (Abb. ?). Für das verstreckte Material wird im Gegensatz hierzu nur eine geringe Zunahme des nichtgeordneten Substanzanteils gefunden⁸⁾.

Trotz des auch für das verstreckte Material beobachteten, im Typverhalten gleichen Anwachsens der Langperiode mit der Temperatur muß also ein anderer Umordnungsmechanismus als für unverstrecktes Mate-

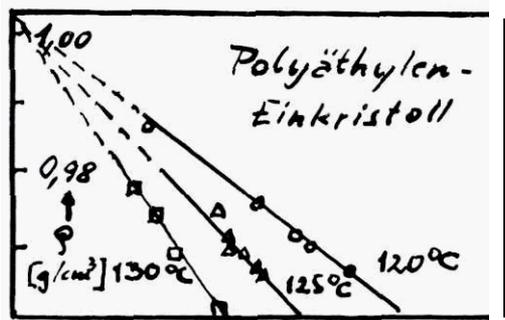
rial vermutet werden. Das weist auch die Abhängigkeit der Substanzdichte von der Langperiode während des Temperns aus (Abb. 8). Für unverstrecktes Material nimmt die Substanzdichte mit wachsender Langperiode dergestalt zu, daß für eine unendlich große Langperiode die Dichte des kristallinen Materials extrapoliert werden kann⁸⁾. – Trägt man die entsprechenden Meßergebnisse für verstrecktes Material in gleicher Weise wie für unverstrecktes Material auf, so deutet sich für die größeren Langperioden das gleiche Verhalten an. Für kleinere Langperioden aber steigt die Dichte unabhängig von der Temperatur mit wachsender Langperiode bis zu einem Knickpunkt wesentlich weniger als für größere Langperioden an.

Die Deutung des Befundes liegt nahe: Die infolge der Verstreckung höhere Orientierung der Molekulkettenabschnitte in den nicht-kristallinen Bereichen wird zunächst wieder aufgelöst werden. Erst von einer bestimmten mittleren Periodenlänge an entspricht dann der durch die Temperung eingeleitete Umordnungsprozeß demjenigen für das unverstreckte Material. Je höher die Temperatur und je größer damit die Gleichgewichtsperiodenlänge ist, umso größer wird auch jene mittlere Periodenlänge, bis zu welcher die Auflösung der durch die Verstreckung erfolgten höheren Orientierung vor sich geht und der Übergang zu der auch beim unverstreckten Material erfolgenden Umordnung geschieht.

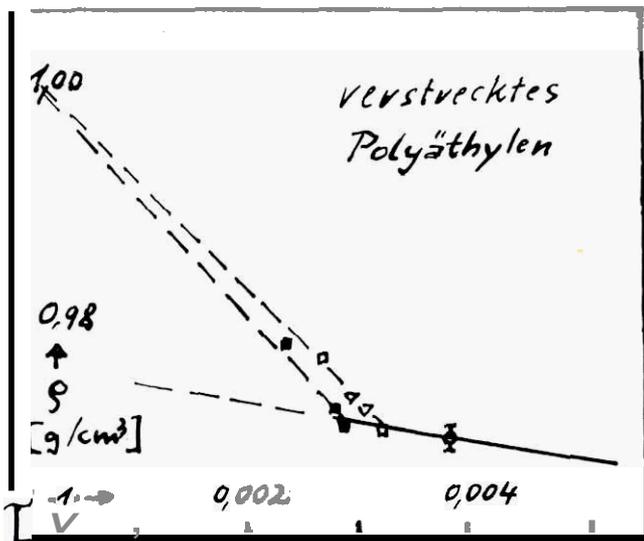
Da in der verstreckten Substanz offenbar eine andere Überordnung als in der unverstreckten Substanz vorliegt, muß auch der Übergangsmechanismus modellmäßig gedeutet werden können. Die sukzessive Abnahme des Wasseraufnahmevermögens mit dem Verstreckungsgrad weist auf eine zunehmende Orientierung der Molekulkettenabschnitte in den nicht-kristallinen Bereichen hin. Die neuerdings von Ingram und Peterlin¹⁵⁾ im polarisierten Licht aufgenommenen Deformationserscheinungen von Sphärolithen im Polyäthylen bei der Verstreckung stützen diese Vorstellung (Abb. 9).

Zur Umkristallisation verstreckten Materials

Die allmähliche Einstellung einer neuen Gleichgewichtsperiode bei der Temperung macht es wahrscheinlich, daß während des Temperns eine Umkristallisie-



a



b

Abb. 8: Zusammenhang zwischen Dichte und Langperiode: a) bei Polyäthylen-Einkristallen (nach Fischer und Schmidt), b) bei verstrecktem Polyäthylen (aufgezeichnet nach den Meßwerten von Fischer und Schmidt). Ordinate = Dichte [g/cm³], Abszisse = 1/Länge der Langperiode [1 Å].

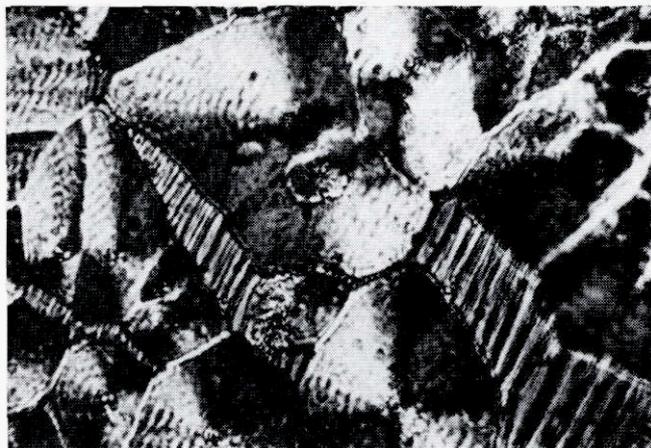


Abb. 9: Polarisationsmikroskopische Aufnahme von Sphärolithen in Polyäthylen, das um 30% verstreckt wurde (nach Ingram und Peterlin).

rung erfolgt. Es liegt daher nahe zu fragen, ob nicht auch bei vorsichtig durchgeführten Losevorgängen Um- bzw. Neuordnungsprozesse statthnden und beobachtet werden können.

Unter geeigneten Losebedingungen findet vom Fasermantel ausgehend eine Umkristallisation statt, die in der bekannten Frottee-Bildung¹⁶⁾ ihren sichtbaren Ausdruck findet. Nach anschließenden Quellungserscheinungen bilden sich schließlich aus der gequollenen Masse sphärolithartige Strukturen. Die Frottee-Bildung tritt weniger stark auf, wenn verstrecktes Material vorliegt, das bei höheren Temperaturen getempert wurde^{17) 18)}. Die Einwirkung höherer Temperaturen hat offenbar bereits in höherem Maße eine solche Um- bzw. Nachkristallisation ermöglicht, sodaß die kristallinen Grundelemente durch Einwirkung des Losungsmittels nicht mehr ungeordnet, sondern nur noch gequollen und schließlich aufgelöst werden.

Bei ungetempertem Material ist eine deutliche Abhängigkeit der Frottee-Bildung vom Verstreckungsgrad festzustellen. Unter sonst gleichen Bedingungen zeigt unverstrecktes Material praktisch nur eine Quellung,

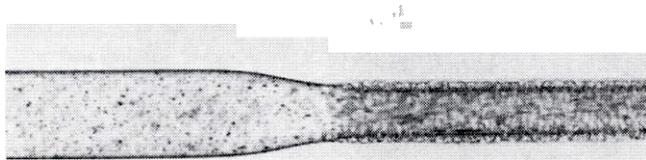


Abb. 10: Übergangsstelle vom unverstreckten zum verstreckten Bereich einer Perlonfaser nach Einbringen in ein geeignetes Quell- und Losemittel (nach Stratmann).

während nach der Kaltverstreckung eine mit dem Verstreckungsgrad zunehmende Frottee-Bildung beobachtet wird (Abb. 10)¹⁷⁾. Nimmt man an, daß im verstreckten Zustand eine durch die Verstreckung aufgezwungene Überordnung vorliegt, so sind die Befunde dadurch deutbar, daß die Um- bzw. Nachkristallisation umso geringer auftritt, je gestörter die ursprünglichen Strukturen im Material vorliegen.

Zur röntgenographischen Ermittlung der Überstruktur im verstreckten Zustand

Die bisher besprochenen Untersuchungsergebnisse legen nahe, daß nach der Verstreckung eines Materials vorher vorhandene Sphärolith- und Lamellenstrukturen nicht mehr ungestört vorliegen. Nun können — wenn man von der sicher vorhandenen parakristallinen Verwandlung des Kristallgitters absieht — aus der Analyse der radialen Reflexverbreiterungen bei röntgenographischen Untersuchungen die Teilchengrößenäquivalente als Kenngrößen für die Querdimensionen der Kristallite bzw. Fibrillen errechnet werden. Für zwei Serien von Polyamidfasern, die sich je unter sich bei möglichst gleichen Erzeugungsbedingungen nur im mittleren Polymerisationsgrad unterschieden, wurde ein mit dem mittleren Polymerisationsgrad des Materials ansteigendes Teilchengrößenäquivalent ermittelt¹⁹⁾.

Da die Faltungsperiode wohl abhängig von der Substanz, jedoch unabhängig von der Moleküllänge ist,

wäre die Breite des vollständig gefalteten Moleküls proportional seinem Polymerisationsgrad. Damit deutet die röntgenographische Beobachtung darauf hin, daß auch noch im verstreckten Material bis zu einem gewissen Grad Molekülfaltungen vorhanden sein können oder daß zumindest Überstrukturen vorhanden sind, deren Querausdehnung in irgendeiner Weise mit dem mittleren Polymerisationsgrad im Zusammenhang steht. Es kann daher angenommen werden, daß von den lamellaren Überstrukturen des unverstreckten Materials infolge der Verstreckung mindestens noch wesentliche Lamellenbruchstücke vorhanden sind. —

Eine interessante Bestätigung der erarbeiteten Vorstellungen liefert eine neuere kombinierte Röntgen-Weit- und Kleinwinkeluntersuchung an kaltverstrecktem Polyäthylen²⁰⁾. Ein 3 mm starker, unverstreckter Polyäthylendraht wird kalt verstreckt, und es wird aus der sich verjüngenden Zone eine 0,3 mm starke Scheibe herausgeschnitten, deren Röntgenogramme die Verstreckungsrichtung einstellen und die Eindrehung aus dem unverstreckten in den verstreckten Bereich vermessen lassen. Die Aufnahmen im Weitwinkelbereich zeigen die bekannte zunehmende Orientierung, bei der sich zunächst sehr rasch die Richtungen senkrecht zu den Kettenmolekülabschnitten (a-Achsen) senkrecht zur Verstreckungsrichtung einstellen und die Eindrehung der Molekülkettenrichtungen (c-Achsen) in die Verstreckungsrichtung praktisch erst im letzten Abschnitt des Verstreckungsprozesses erfolgt.

Die Röntgen-Kleinwinkeldiagramme zeigen mit zunehmender Verstreckung zunächst eine Zunahme der — mittleren — charakteristischen Langperiode in der Verstreckungsrichtung, bis sich nach vollendeter Verstreckung schließlich ein Vierpunktdiagramm einstellt. Aus der anfänglich richtungsisotropen Verteilung der charakteristischen Langperiode im unverstreckten Zustand entsteht also durch die Verstreckung letztlich eine durch die aus dem Vierpunktdiagramm ableitbare Langperiode, deren zugehörige Strukturelemente im Material in periodischer Folge überwiegend unter einem von 90° (bzw. 0°) verschiedenen mittleren Winkel gegen die Faserachse, gegebenenfalls also auch in einem parakristallinen Schichtgitter, angeordnet sind.

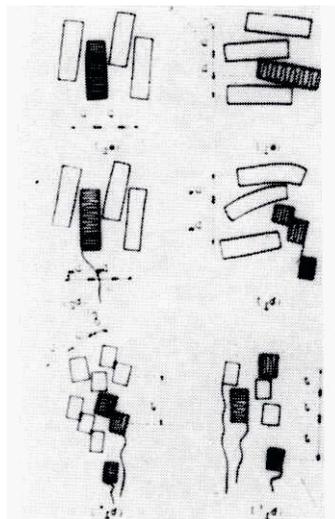


Abb. 11: Schema der Auflösung in Lamellenbruchstücke (nach Kasai und Kakudo).

Diese Beobachtungen sind leicht durch ein Modell zu deuten, nach welchem die vorher vorhandenen lamellaren Strukturen bei der Verstreckung gespalten und gegebenenfalls aufgelöst werden (Abb. 11). Mindestens teilweise aber bleiben noch wesentliche Lamellenbruchstücke erhalten.

Schlußbemerkung über die Vorstellungen von der Faserstruktur

In den Fasersubstanzen werden bei der ungeheuren statistischen Möglichkeit der Molekül-Anordnungen (durch den Faserquerschnitt gehen größenordnungsmäßig einige Milliarden Kettenmoleküle!) im Mittel diejenigen Über- bzw. Mikrostrukturen vorliegen, die in den auf Grund der physikalischen Strukturuntersuchungen erarbeiteten Modellen beschrieben werden. Die alten Fransenkristallite werden – der Weg führt über die besprochenen Zwischenstufen – heute teilweise wohl durch die Lamellenbruchstücke ersetzt, die ihrerseits durch das mehr oder weniger starke Gewirr der Molekülschlaufen miteinander im räumlichen Netzwerk verhängt sind.

Die durch den eigentlichen Spinnvorgang – also noch vor der Verstreckung – erzeugten Strukturen, die sich durchaus von denen des unverstreckten kompakten Materials unterscheiden können, sollten hier nicht besprochen werden. Es ist auch wichtig, anzumerken, daß bei den verschiedenen Faserarten infolge unterschiedlicher Eigenschaften der die Fasersubstanz aufbauenden Moleküle (vor allem: Symmetrie, Substituenden-Anordnung, Polymerisationsgrad-Verteilung, Durchschnittspolymerisationsgrad, Verzweigung, Gruppenfolge) naturgemäß auch eine breite Variation der Anordnungsmöglichkeiten und Verhaltensweisen des übermolekularen Aufbaues und damit der technologischen Eigenschaften vorhanden und möglich ist.

3. Gesichtspunkte zur Nutzenanwendung und Prüfung von Struktur und technologischen Eigenschaften

In den letzten Jahren sind zahlreiche recht konkrete Zusammenhänge zwischen den Maßzahlen aus physikalischen Untersuchungen und Prüfungen des übermolekularen Aufbaues der Fasern einerseits und den physikalisch- und chemisch-technologischen Eigenschaften und Verhaltensweisen der Fasern andererseits erarbeitet worden. Die Kenntnis dieser Zusammenhänge unterstützt bereits in entscheidendem Umfang die gezielte Entwicklung und eine angemessene Beurteilung von Eigenschaften und Verhaltensweisen des Fasermaterials bei der Verarbeitung und im Gebrauch.

Obwohl schon sehr weit präzierte Modellvorstellungen von der Anordnung der die Fasersubstanz aufbauenden Makromoleküle entwickelt werden konnten, reichen diese Ergebnisse noch nicht aus, die technologischen Eigenschaften der Fasern in allen Einheiten auf den strukturellen Aufbau zurückzuführen. Zahlreiche grundsätzliche Fragen konnten bereits geklärt werden; viele andere Fragen aber harren noch der eindeutigen Beantwortung. Es ist das Ziel der einschlägigen Faserforschung, die Grundstrukturen und die übermolekularen Ordnungszustände aufzuklären, ihre Zusammenhänge mit den technologischen Daten sicherzustellen und die Bedingungen anzugeben, unter denen bestimmte Strukturen erzeugt werden können.

Damit stellt sich die Frage nach der praktischen Bedeutung der strukturphysikalischen Prüfungen. Die in physikalischen Strukturuntersuchungen und -prüfungen erhaltenen Meß- und Prüfgrößen stellen Kenndaten dar, die als statistische Mittelwerte über größere, eben die durch die jeweilige Messung und Prüfung erfaßten Bereiche für das vorgelegte Prüfgerät charakteristisch sind. Ihren praktischen Wert erhalten sie durch die erarbeiteten und sichergestellten Korrelationen zu den entsprechenden Herstellungsbedingungen einerseits und den textiltechnologischen Eigenschaften andererseits, vor allem auch deshalb, weil die Strukturdaten erstens in einwandfrei definierter und reproduzierbarer Weise ohne mehr oder weniger zahlreiche Nebenfaktoren bestimmbar sind und weil sie zweitens weit empfindlichere und feinere Unterschiede aufzuzeigen gestatten als die meist sogar nur mit großer Variationsbreite und Toleranz feststellbaren technologischen Eigenschaften.

Über die Zusammenhänge der verschiedenen Meßgrößen zur Kennzeichnung der Struktur untereinander, dann auch mit den technischen Werten beim Spinnprozeß sowie in den verschiedenen Verarbeitungsstufen und mit den erzeugten technologischen Eigenschaften liegen zweifellos viele – oft leider nur betriebsinterne – Erfahrungen vor. Einige wertvolle Beiträge sind veröffentlicht worden. Sie lassen erkennen, wie empfindlich die Strukturkenndaten trotz ihres Mittelwertcharakters die untersuchte Substanz zu kennzeichnen gestatten. Sie lassen aber auch – um nur ein Beispiel zu nennen – erkennen, wie oft einige gleiche technologische Eigenschaften durch unterschiedliche Strukturen erzeugt werden können, wobei sich die Unterschiedlichkeit dann meist erst bei den Folgestufen, etwa in der Veredlung, bemerkbar macht.

Die Aussagekraft von Prüfungsergebnissen Information

Wir sind jetzt vorbereitet, uns bewußt werden zu lassen, daß auch die noch so einwandfrei definierbaren Meßgrößen zur Kennzeichnung der makroskopischen technologischen Eigenschaften von Fasern stets nur statistische Mittelwerte über die Verhaltensweisen und Zusammenhaltsmechanismen in vielen der kleinsten Strukturbereiche darstellen können. Sie werden also notwendig auch eine entsprechende Variationsbreite aufweisen.

Die Kennzeichnung einer Fasereigenschaft wird – abgesehen von der qualitativen Beschreibung oder der unmittelbaren Abbildung des Angeschauten – durch eine Zahl vorgenommen, die den Mittelwert aus mehreren Einzelwerten darstellt. Die gemessene Streuung der Einzelwerte beinhaltet dabei sowohl die reine Substanzstreuung, von der wir soeben sprachen, als auch die Streuung, die auf den Abmessungen der Probe beruht (wie Titterschwankungen und ähnliches), sowie die Streuung des Meßvorgangs und der Prüfbedingungen. Je komplexer die Beanspruchung bei der Prüfung ist, desto mehr Streuungskomponenten tragen zu der immer größer werdenden Gesamtstreuung bei. Die Aussagekraft der Prüfergebnisse, also die zu erzielende Information, wird damit notwendig immer geringer.

Die nationalen und internationalen Normen legen für die einzelnen Prüfverfahren geeignete und zweckmäßige

ge Prüfbedingungen fest und engen damit die Streuung infolge des Meßvorganges weitgehend ein. Die Verfeinerung praktisch aller Meßmethoden sowie auch der Begriffsbestimmungen für die zu messenden Eigenschaften ist aber noch laufend notwendig, um kennzeichnendere, gut differenzierende Meßgrößen zu erhalten.

Beispielsweise ist schon die klassische Bestimmung von Reißkraft und Reißdehnung beim Zugversuch mit einer Fülle noch nicht vollständig bewältigter Fragen behaftet (sofern man diese Werte überhaupt noch für das praktische Verhalten der Fasern als kennzeichnend ansehen will). Die Abhängigkeit des gesamten Kraft-Längen-Änderungsverhaltens sowie der Werte für die Reißkraft und — vor allem — für die Reißdehnung von der Größe der angelegten, an sich kleinen Vorspannkraft ist, wie erst kürzlich gezeigt werden konnte, erheblich. Die erste starke Belastungszunahme bei den Zugprüfgeräten, die nach dem Prinzip der konstanten Verformungsgeschwindigkeit arbeiten, muß praktisch ohne jeden Einschwingungsvorgang ablaufen, wenn reproduzierbare Werte erhalten werden sollen. Der Einfluß des Kraftzunahmeprogramms mit der Zeit ist hinlänglich bekannt. Die Klimaabhängigkeit der erhaltenen Meßgrößen wird in vielen Fällen noch immer stark unterschätzt.

Während Reißkraft und Reißdehnung gleichsam Mittelwerte über das gesamte Kraft-Längen-Änderungsverhalten bis zum Bruch der Faser darstellen, liefern die dynamischen Zugprüfungen Meßgrößen für das viskoelastische Verhalten in den einzelnen Dehnungsstufen, auch in Abhängigkeit von der Vorbeanspruchung. Damit ist die Bedeutung der Kennzeichnung der Zugbeanspruchung von Fasern durch die Kenngrößen bei der dynamischen Prüfung an sich schon gegeben, und die Bereitstellung entsprechender Prüfgeräte macht sich durch größere Information schnell bezahlt.

Während für die Faserherstellung die Meßgrößen zur Kennzeichnung von Struktur und technologischem Verhalten grundlegend sind, interessieren den Verarbeiter und Verbraucher naturgemäß mehr solcher Kenngrößen, die die Verhaltensweise der Fasern und der aus ihnen gefertigten Güter unmittelbar kennzeichnen. Die Faserstruktur, aber auch die reinen Fasereigenschaften sind für ihn praktisch nur dann von Bedeutung, wenn sie sich unmittelbar auf eine ihn angehende Verhaltensweise der Faser beziehen lassen. Zur Beurteilung neuer Entwicklungen und Einsatzmöglichkeiten aber ist die Kenntnis und richtige Einschätzung aller Fasereigenschaften, auch der grundlegenden Strukturen, wesentliches Erfordernis. Der Verarbeiter, der Handel und der Verbraucher werden hierin in zunehmendem Maße vom Chemiefaserhersteller umfassend beraten.

Die dem Verarbeiter und Verbraucher wichtigen Fragestellungen bei der textilen Prüfung sind also überwiegend durch den Verwendungszweck bestimmt. Da die Gebrauchstüchtigkeit eines Textilgutes einbezieht: die Eigenschaften bei Beanspruchung, die textilen Verarbeitungs- und Pflegemöglichkeiten, die modische Verwendbarkeit, den Verwendungszweck, um nur einige Gesichtspunkte zu nennen, und schließlich auch den Preis, wird eine sinnvolle Beurteilung des vorgelegten Textilgutes stets nur bei Berücksichtigung

aller dieser Komponenten möglich sein. Man muß — kurz gesagt — die Ware in allen Aspekten wirklich anschauen. Die rein zahlenmäßige Kennzeichnung einer einzigen Eigenschaft verliert hierbei oft ihren Sinn, weil eine einzige Zahlenangabe — vor allem — für eine komplexe Eigenschaft diese einerseits nicht eindeutig genug kennzeichnet und andererseits oft nur in sehr spezieller Weise in Beziehung zum praktischen Verhalten gebracht werden kann.

Ein Beispiel mag das anstehende Problem erläutern: Die Prüfpraxis ist darauf angewiesen, die Widerstandsfähigkeit von flächenhaften Textilien gegen Scheuern eindeutig und objektiv vergleichbar zu kennzeichnen. Eine allgemeine Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen ist jedoch allein schon wegen der unterschiedlichen Beanspruchung bei den einzelnen Scheuerprüfergerätetypen nicht zu erwarten. Es hat sich aber für einige Gewebegruppen gezeigt, daß die Ergebnisse mit jenen Prüfgerätetypen, bei denen ein vorwiegend flächenhafter Angriff des Scheuermittels auf die Probe bei etwa gleichem spezifischen Andruck des Scheuermittels auf die Probe erfolgt, unter gewissen Voraussetzungen aufeinander beziehbar gemacht werden können, wenn man die Verhältnisse aus Abrieb und zugehöriger Scheuer-Hub- oder Tourenzahle miteinander vergleicht. Man bestimmt dazu das Verhältnis Abrieb/Tourenzahle für jene Tonnenzahl, die der Hälfte der bis zur Lochbildung erforderlichen Tourenzahle entspricht. Wegen der unterschiedlichen Beanspruchungsarten kann naturgemäß nicht erwartet werden, daß die zahlenmäßigen Ergebnisse einfach einander proportional (verhältnismäßig) sind. Vielmehr ist, wenn die erhaltenen Prüfdaten aufeinander beziehbar sein sollen, auch nur erforderlich, daß vorgelegte Prüfmuster — bei hinreichender Differenzierungsmöglichkeit durch die Prüfung — die gleiche Rang- bzw. Güterreihenfolge hinsichtlich des gemessenen Wertes aufweisen. Die Übereinstimmung wäre allerdings wertlos, wenn nicht auch die Scheuerbeanspruchung in der Praxis im Mittel eine gleiche Rangreihenfolge für die untersuchten Muster aufweisen würde. Erst durch eine Sicherung des Zusammenhangs der Prüfergebnisse mit der praktischen Verhaltensweise erhalten die zahlenmäßig gefundenen Resultate ihre prüftechnische Bedeutung.

Zusammenfassende Bemerkung zur Prüfung von Chemiefaserstoffen

Betrachten wir die Chemiefasern als einen Werkstoff, aus dem Fertig- und Gebrauchsgüter, also Textilien mit Eigenschaften hergestellt werden, die dem jeweiligen Verwendungszweck optimal entsprechen, so ist es sinnvoll und notwendig, den Beitrag der Untersuchung und Prüfung der Faserstoffe in seiner inneren Bedeutung angemessen einzuordnen. Der Hersteller wird mit immer mehr verfeinerten Methoden die Struktur sowie die grundlegenden Kenndaten seines Werkstoffes Chemiefaser zu ergründen und verfahrenstechnisch in die Hand zu bekommen trachten. Die dem Verarbeiter nützlichen Kenndaten sind anderer, vor allem technologischer Art. Sie werden auch das wesentliche Verkaufsargument darstellen. Hinzu treten die stofflichen Eigenschaften. Der Verbraucher sieht notwendig die Ware in allen Aspekten der Gebrauchstüchtigkeit.

Schlußwort

Zielbewußte Faserforschung, exakte Prüfung bei Kenntnis des Umfangs und der Grenzen der Aussagekraft der Prüfergebnisse und gegenseitiges Verständnis der einzelnen Teilsparten in ihren Anliegen bieten in vertrauensvoller Zusammenarbeit in allen Stufen die Grundlage für die Erzeugung und Verarbeitung, Entwicklung und Beurteilung. Die Qualität der Erzeugnisse zeigt sich in der dem jeweiligen Verwendungszweck angepaßten Zusammenschau der Einzelkomponenten.

LITERATURHINWEISE

Zusammenfassende Darstellung vor allem: H. A. Stuart (Herausgeber), Physik der Hochpolymeren, Bd. I—IV; einschlägige deutschsprachige Fachzeitschriften vor allem: Fortschritte der Hochpolymeren-Forschung, Kolloid-Z. und Z.-Polymere, Makromolekulare Chemie; nächstehend ausgewählte Hinweise auf den Text:

- (1) H. Stuart, Naturwiss. 31 (1943), S. 123; Physik d. Hochpol. III, S. 16.
- (2) R. O. Herzog und W. Jancke, Z. Physik 3 (1920), S. 196.
- (3) O. Gerngroß und Mitarb., Z. physik. Chem. (B) 10 (1930), S. 371; Kolloid-Z. 60 (1932), S. 276.
- (4) z. B. O. Kratky, Angew. Chem. 53 (1940), S. 153.
- (5) K. Speier, Z. ges. Textilind. 65 (1963), S. 118.
- (6) A. Keller, Phil. Mag. 2 (1957), S. 1171.
- (7) K. Hess und H. Kiessig, Z. physik. Chem. (A) 193 (1944), S. 196; Kolloid-Z. 130 (1953), S. 10.
- (8) E. W. Fischer und G. F. Schmidt, Angew. Chem. 74 (1962), S. 551.
- (9) J. Juilfs, unveröffentlicht.
- (10) K. Hess, Verhandl. Ber. Kolloid-Ges. 18 (1958), S. 14.
- (11) R. Bonart und R. Hosemann, Makromol. Chem. 35 (1960), S. 105.
- (12) R. Hosemann, Polymer 3 (1962), S. 349.
- (13) R. Bonart und R. Hosemann, Kolloid-Z. und Z. Polymere 186 (1962), S. 16; R. Bonart, Kolloid-Z. und Z. Polymere 194 (1964), S. 97.
- (14) A. Peterlin und E. W. Fischer, Z. Physik 159 (1960), S. 272; A. Peterlin, E. W. Fischer und Chr. Reinhold, J. Chem. Phys. 37 (1962), S. 1403.
- (15) P. Ingram und A. Peterlin, Polymer Letters 2 (1964), S. 739.
- (16) P. A. Koch, Klepzig's Textil-Z. 43 (1940), S. 963.
- (17) M. Stratmann, Z. ges. Textilind. 65 (1963), S. 700.
- (18) H. Modlich, zitiert nach: Textil-Forschung 11 (1963), S. 48.
- (19) J. Juilfs und H. Berg, Kolloid-Z. 179 (1961), S. 29.
- (20) N. Kasai und M. Kakudo, J. Polymer Science (A) 2 (1964), S. 1955.

Der Einsatz von Polyesterfasern in der Wollindustrie

Drs. J. Andriessen, Zentrales Forschungsinstitut der A.K.U., Arnhem, Nederland

In der ersten Zeit nach ihrem Auftauchen auf dem Markt standen die Polyesterfasern gewissen Anfangsschwierigkeiten gegenüber, die durch die starke Pillingneigung und den ungewohnten, gegenüber Wolle härteren Griff verursacht worden waren. Inzwischen sind jedoch pillingarme Polyesterfasern entwickelt worden, und man hat auch gelernt, durch geeignete, vom Vortragenden im einzelnen beschriebene Ausrüstungsverfahren einen weicheren Griff zu erzielen. Bei Mischgeweben Polyester/Wolle bestehen insofern färberische Probleme, als man normalerweise Wolle nicht bei jenen hohen Temperaturen ohne Schädigung färben kann, die für Polyester günstig wären. Es gelingt jedoch mit Hilfe von Formaldehyd und ähnlichen Mitteln, ohne Verwendung eines Carriers bei 115 bis 120° C in geschlossenen Apparaten zu färben.

Polyesters, at the time of their advent, were confronted with certain incipient difficulties due to their high pilling tendency and strangely harsh handle, as compared to that of wool. In the meantime, however, pilling resistant polyesters have been developed and finishing processes found to obtain a softer handle, which are described in detail. Blended fabrics made of polyesters and wool will present dyeing problems in that elevated temperatures, as required in dyeing polyesters, will not normally be tolerated by wool. It has been found possible however, with the aid of formaldehyde and similar substances, to dye in closed dyeing machines at temperatures of between 115 and 120° C.

Polyester/Wolle in der Kammgarnspinnerei

Das klassische Einsatzgebiet der Polyesterfasern im Wolle-Sektor ist die Kammgarnspinnerei; bei Hosen- und Anzugstoffen für Herren, Uniformstoffen, in Röcken und Tailleurs für die Damen hat die bekannte 55/45-Mischung festen Fuß gefaßt.

Die Gründe dafür sind einfach und deutlich:

1. Richtig strapazierfähige Hosen für Männer und Knaben, die man selbst waschen kann, mit denen man im Regen gehen kann, ohne daß die Bügelfalten verschwinden, und die im Vergleich zu Wolle kaum verschleißeln, haben großen Erfolg gehabt.
2. Medium- und light-weight-Kostüme haben sich in den letzten Jahren immer stärker durchgesetzt. Hier bringt die Polyesterfaser die richtige Formbeständigkeit und Festigkeit.
3. Färberische Schwierigkeiten auf diesem Gebiet kann man umgehen, indem Wolle und Polyester getrennt gefärbt werden; für jede Faser wählt man die günstigsten Bedingungen, und nachher findet die Mischung statt.
4. Polyester-Feind Nr. 1 ist das Pilling; die Verarbeitung langer Fasern und ziemlich hoch gedrehter Garne und eine Ausrüstung, bei der alle losen Faserenden von der Tuchoberfläche entfernt werden, führen zu einwandfreien Stoffen; die an sich schon glatten Kammgarnstoffe eignen sich am besten für diesen Prozeß.

Weil diese Kahlausrüstung durch Bürsten, Scheren und in manchen Fällen auch durch Sengen erreicht wird, haben die Stoffe öfters einen ziemlich harten Griff, an den man sich aber allmählich gewöhnt hat und den man als ein charakteristisches Merkmal dieser Stoffe empfindet.

Auch in Streichgarnstoffen sind gute Resultate erreichbar, unter der Voraussetzung, daß man hochgedrehte zweifache Garne verwendet und für eine gute, zu glatten Geweben führende Kahlausrüstung Sorge trägt.

Vor zwei Jahren, auf der 1. Chemiefasertagung, ist schon von Manock¹⁾ darauf hingewiesen worden, daß es möglich ist, den harten Griff zu ändern; nach der Kahlausrüstung, wobei alle aus dem Gewebe hervorstechenden Fasern abgeschoren und abgesengt worden sind, kann man den Stoff walken, wobei ein Wollflor zustandekommt, der geschoren werden kann.

Voraussetzung für dieses Ausrüstungsverfahren ist eine sehr gute Wollqualität; der Titer soll höher sein als der des Polyesteranteils, und die Länge der Wollfasern soll nicht zu groß gewählt werden. Man bekommt auf diese Weise einen wesentlich weicheren Griff, ohne daß Pilling auftritt.

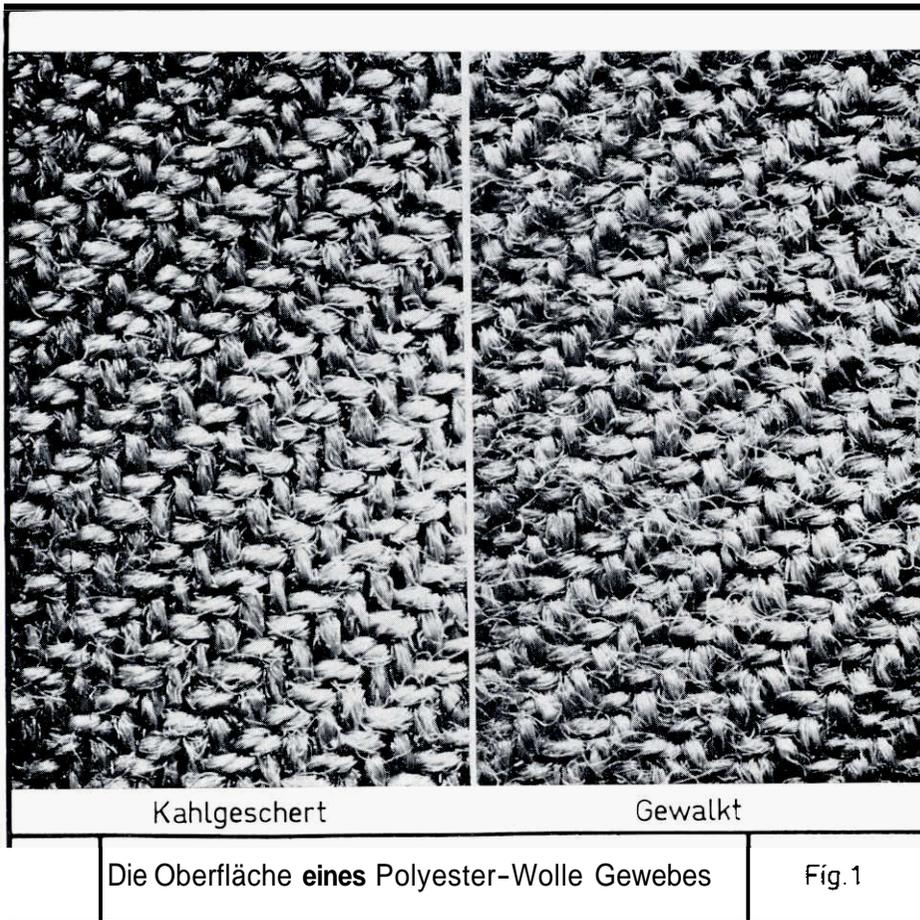
In Fig. 1 wird die Oberfläche zweier Gewebestücke gezeigt, von denen a) kahlausgerüstet und b) nachher noch gewalkt wurde; b) hat einen sehr leichten Wollflor. Der Unterschied im Griff ist schon sehr deutlich bemerkbar. Dieses Verfahren bedeutet zwar eine Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten, aber nur in beschränktem Sinne, und dabei ist die Ausrüstung ziemlich teuer.

Der Einsatz pillingarmer Polyesterfasern

Auf Grund dieser beschränkten Möglichkeiten sind in den letzten Jahren von verschiedenen Firmen die sogenannten pillingarmen Fasern hergestellt worden; wir nennen zum Beispiel:

AKU	Terlenka X
VGF	Diolen FL
ICI	Terylene W 14
Hoechst	Trevira WA

Diese Fasern unterscheiden sich von den normalen Typen in bezug auf Festigkeit und Knickbiegewiderstand; dadurch sind auch die Gewebefestigkeit und die Scheuerfestigkeit niedriger geworden, gehen aber noch weit über die von Wolle hinaus. Einige Eigenschaften sind in Tab. I dargestellt. Die Knittererholung ist genauso gut wie bei den normalen Fasern. Mit diesen Fasern hat sich das Einsatzgebiet für Polyester



kleidung werden Polyesterfasern und Wolle meist getrennt gefärbt, als Kammzug oder als loses Material. In diesem Fall gibt es kaum große Schwierigkeiten; das Färben von Wolle ist kein Problem, und obwohl sich die Polyesterfaser in färberischer Hinsicht schwieriger behandeln läßt, hat man sich schon längst darauf eingestellt. Das heißt, daß die für das Färben synthetischer Fasern notwendige moderne HT-Apparatur allgemein verbreitet ist; auf der anderen Seite sind seit der Geburt der Polyesterfasern viele neue Spezialfarbstoffe entwickelt worden, mit denen vorzügliche Echtheitseigenschaften erzielt werden können, die in vielen Fällen über diejenigen der Wolle hinausreichen. Das trifft besonders für die Naßechtheiten zu, die bei Polyesterfasern immer sehr hoch liegen. Diejenigen Eigenschaften, nach denen man die Farbstoffe auswählt, sind Licht- und Sublimationsechtheit. In dieser Hinsicht sind seit der Anfangszeit große Fortschritte gemacht worden, während auch die Dispergierbarkeit und Stabilität der Farbstoffe viel besser geworden sind.

stark erweitert. Es lassen sich schwerere und grifflich mehr erwünschte Gewebe, vor allem im Streichgarnsektor herstellen, die gute Eigenschaften zeigen. Eine Kahlausrüstung vor dem Walken ist nicht mehr notwendig; in den Fig. 2 u. 3 sind die Pillingeigenschaften einiger Gewebe aus normalen Fasern und aus Terlenka X dargestellt; alle diese Gewebe sind gewalkt, aber ohne vorherige Kahlausrüstung; die herausragenden Fasern sind also nicht nur Wollfasern, sondern auch Terlenkafasern.

In Figur 2 bleibt beim Terlenka X-Gewebe das Pilling praktisch Null; beim Gewebe aus normaler Faser ist das Pillingbild im Anfang gut, allmählich aber nimmt das Pilling zu.

In Figur 3 sind Gewebe aus Garnen mit wesentlich niedrigeren Drehungen dargestellt; bei Terlenka X ist dies möglich, aber bei der normalen Faser tritt ein sehr starkes Pilling auf. Man hat also die Möglichkeit, mit dieser pillingarmen Faser weichere Garne mit niedrigeren Drehungen für modische Stoffe wie Tweed, Velours, Bouclé, Loden usw., herzustellen.

Auch in der Wirkerei kann man mit Terlenka X/Wolle gute Stoffe für Oberbekleidung erzeugen, vornehmlich in der Wevenit-Konstruktion. Obwohl noch sehr wenig davon im Handel ist, sind an vielen Stellen interessante Entwicklungen im Gang, die gute Erfolge versprechen.

Färberische Probleme

In den genannten Einsatzgebieten der Kamm- oder Streichgarn-Gewebe für Herren- und Damen-Oberbe-

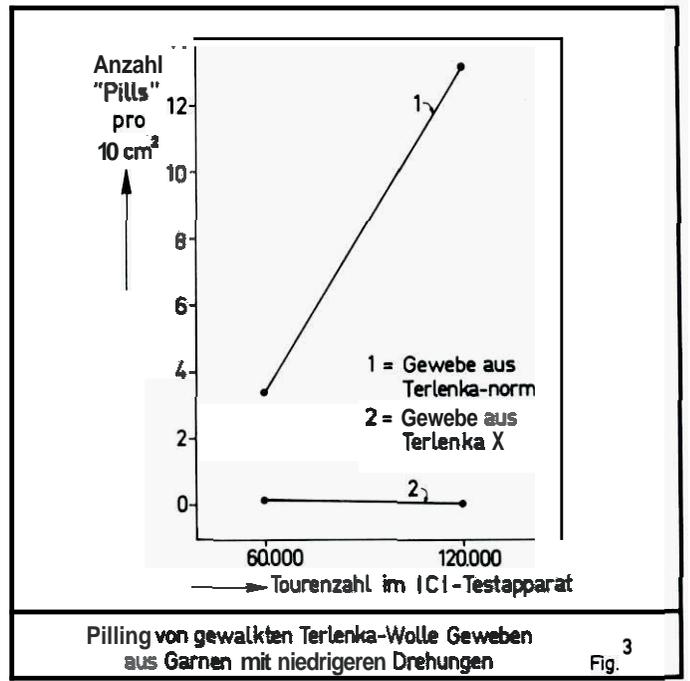
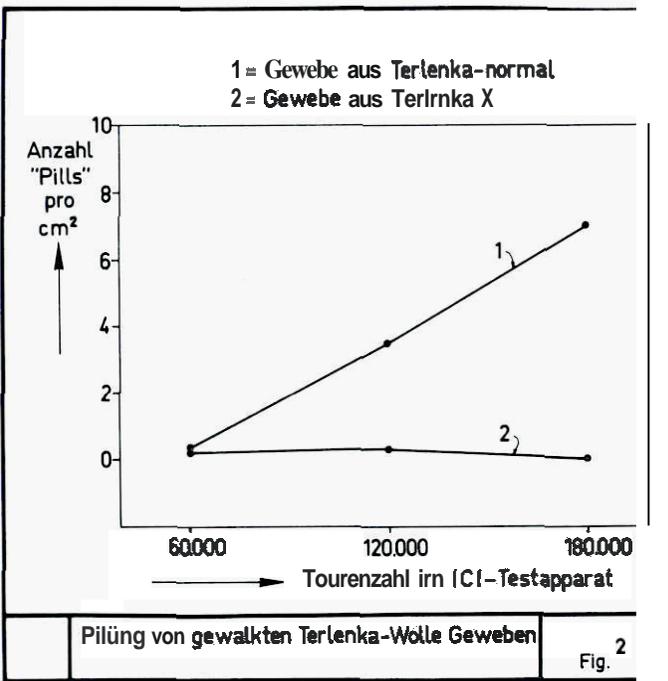
Sobald es sich um kleinere Partien oder auch Uni-Waren handelt, zeigt sich ein Interesse für Garn- und Stückfärberei. Beim Färben einer Polyester/Wolle-Mischung hat man aber mit zwei Phänomenen zu rechnen:

- 1. Die Dispersionsfarbstoffe, die man für Polyester

Tabelle I
EINIGE EIGENSCHAFTEN VON PILLINGARMEN TERLENKA-FASERN

Fasertyp	Terlenka X pillingarm	Terlenka normal
Reißfestigkeit g/tex (g/den)	27.4 (3,04)	44,0 (4,9)
Brudidehnung %	61	54
Young's Modul g/tex (g/den)	171 (19)	171 (19)
Scheuerbiegewert in Touren	340 (42 %)	805 (100 %)
In Mischung mit Wolle:		
relative Gewebefestigkeit	80	100
relative Scheuerfestigkeit	65	100
Knittererholung nach 5 Min. und nach 1 Stunde Knittern bei:		
20° C 65% rel. F.	6-7 (7-8))	5 (7-8)
35° C 85% rel. F.	1-2 (4-5)	1-2 (4-5)

*) Standardisierte Beurteilung, wobei 8 vollständige Knittererholung bedeutet.



braucht, färben Wolle oberflächlich an und geben dabei, weil es keine echten Färbungen sind, sehr schlechte Wasch-, Reib- und Lichtechtheiten: die Nuance ist stumpf, und es ist notwendig, diesen anhaftenden Farbstoff zu entfernen.

- Die für das Färben von Polyester optimalen Temperaturen von 115 bis 130° C können nicht realisiert werden, weil die Wolle unter diesen Verhältnissen stark geschädigt wird.

Beim Färben von Polyester/Wolle bat man also folgende Faktoren in Betracht zu ziehen:

1. Farbstoffauswahl in bezug auf Wollereservierung
2. Färbebeschleuniger oder Carrier
3. Nadireiniger des gefärbten Materials
4. Einbad- oder Zweibadmethoden
5. Farbeapparatur

Die Farbstoffauswahl. Jeder Farbstofflieferant hat aus seinem Sortiment diejenigen Farbstoffe herausgesucht, welche die Wolle am besten reservieren; es würde zu weit führen, hier einzelne Farbstoffe zu besprechen. Natürlich gibt es Spitzenprodukte, und es gibt andere, die fast nur auf Wolle ziehen und gar nicht brauchbar sind. Die große Mehrheit liegt aber in der Mitte, und die Frage, ob ein bestimmter Farbstoff brauchbar ist oder nicht, kann verschieden beantwortet werden, je nach Färbebedingungen, Konzentration, Hilfsmitteln usw. Zur Illustration zeigt die Fig. 4 Ausfärbungen auf 100% Terlenka und 100% Wolle, mit zwei verschiedenen Beschleunigern und zwei Temperaturen.

Es zeigt sich, daß ein Carrier vom Typ Chlorbenzol eine bessere Reservierung

der Wolle gibt als o-Phenyl-Phenol. Eine Temperaturerhöhung um zehn Grad Celsius gibt in diesem Fall eine stark erhöhte Ausbeute und dadurch eine relativ geringere Anschmutzung der Wolle.

Das Aussehen der Wolle nach Waschen und nach einer reduktiven Reinigung zeigt, wie stark der Farbstoff an der Wolle haftet. Das geht auch daraus hervor, daß die Sublimationsechtheiten der Dispersionsfarbstoffe auf Wolle höher sind als auf Polyester. Die Waschechtheiten und im allgemeinen die Naßechtheiten sind schlecht. Auch die Lichtechtheiten sind meistens niedrig, obwohl wir auch wiederholt relativ gute Lichtechtheiten festgestellt haben.

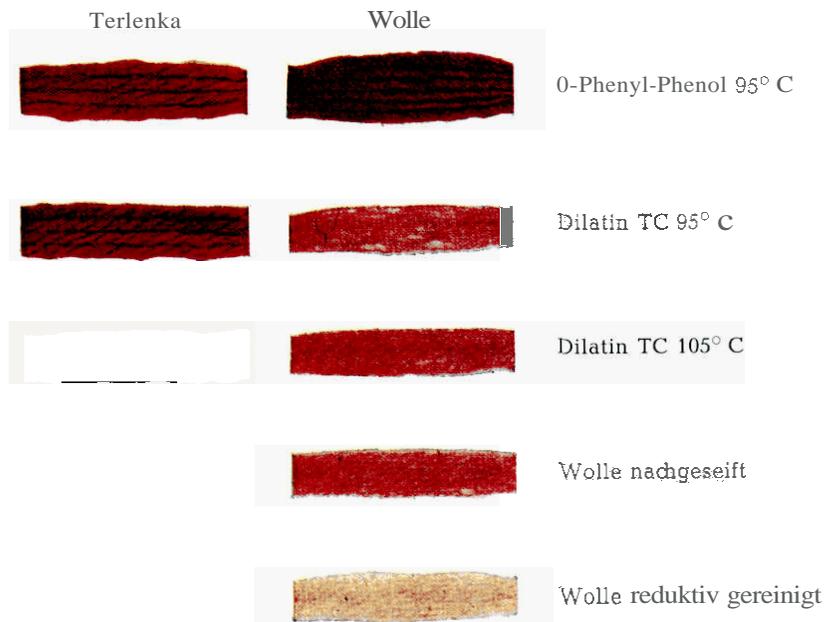


Fig. 4
Färbungen auf Terlenka und Wolle bei variierten Temperaturen und Hilfsmitteln

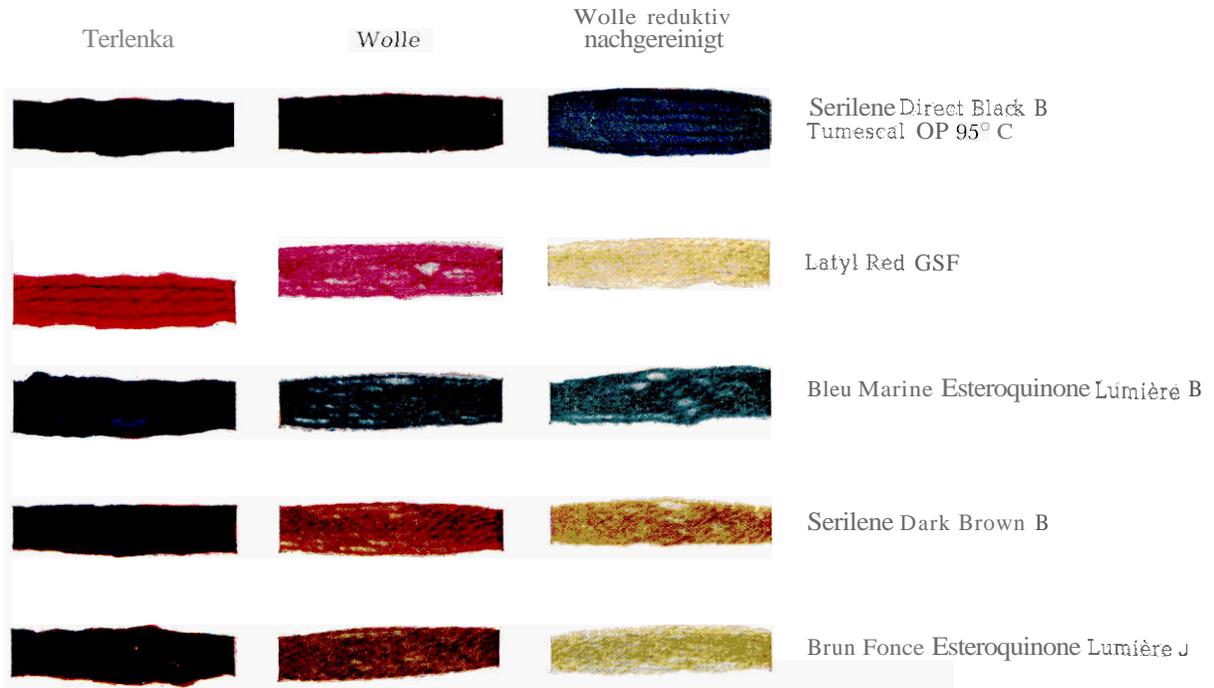


Fig 5
Farbtonunterschiede von Dispersionsfarbstoffen auf Polyester und auf Wolle

Ein wichtiger Punkt bei der Anschmutzung ist der Farbton auf Wolle; recht beträchtliche Tonverschiebungen kommen vor, sowohl bei Farbstoffmischungen als auch bei einheitlichen Farbstoffen. In Fig. 5 sind einige Beispiele gegeben.

Die **Färbebeschleuniger**, notwendig für eine Färbung bei Temperaturen bis 105° C, haben mehrere Nachteile, und man würde nach meiner Meinung die Möglichkeit, ohne Carrier zu färben, sehr begrüßen. In offenen Apparaten hat man die Flüchtigkeit zu berücksichtigen; eventuell kondensierter Carrier gibt, wenn er auf das Tuch tropft, Flecke, die man nicht mehr entfernen kann. In geschlossenen Apparaten gibt es keine Schwierigkeiten und man hat mehr Freiheit in der Auswahl. Bekanntlich haben Carrier manchmal einen verschlechternden Einfluß auf die Lichtechtheit. Man muß daher auf eine gute Entfernung von Carrierresten achten. Der unterschiedliche Einfluß auf die Anschmutzung wurde schon erwähnt.

Die Fragen der **Nachreinigung** und der **Einbad-** oder **Zweibadmethode** hängen eng miteinander zusammen und sind auch durch die Färbemaschine bedingt. Die sicherste aber auch teuerste Methode ist das Zweibadverfahren: Man färbt zuerst den Polyesteranteil, gibt dann eine reduktive Reinigung zur Entfernung der Dispersionsfarbstoffe aus der Wolle, und färbt anschließend die Wolle. Für tiefe Nuancen ist diese Arbeitsweise fast eine Notwendigkeit, um zu guten Echtheiten zu kommen.

Ein Bedenken muß dabei aber erwähnt werden: In vielen Fällen gibt die gefärbte

Polyesterfaser bei der Wollfärbung Farbstoff im Färbbad ab, wobei die Wolle von neuem angeschmutzt wird. Fig. 6 zeigt davon einige Beispiele. In manchen Fällen kommt man zum selben Resultat wie mittels Einbadfärbung und Nachseifen.

Verwendet man für den Wollanteil Farbstoffe, die eine reduktive Nachreinigung mit z. B. Hydrosulfit BLI vertragen, dann führt die Einbadmethode zu sehr guten Ergebnissen. Einige Farbstoffe, die für diese Methode geeignet sind, sind in Tab. II angeführt.



Fig. 6
Anschmutzen von Wolle mit Dispersionsfarbstoffen beim Überfärben von Polyesterfasern

Tabelle II

HYDROSULFITBESTÄNDIGE FARBSTOFFE FÜR WOLLE

Farbstoff	Hersteller	C. I. Nummer
Remalan Yellow 3 GL	Hoechst	—
Salicine Chrome Yellow 8 GL	Hoechst	Mordant Yellow 33
Neolan Yellow GR	Ciba	Acid Yellow 99
Xylene Acid Milling Orange 2 G	Sandoz	Acid Orange 65
Neolan Rosa BE	Ciba	Acid Red 195
Xylene Fast Red P	Sandoz	Acid Red 118
Eriochrome Red B	Geigy	Mordant Red 7
Palatin Fast Red GREN	BASF	Acid Red 183
Palatin Fast Red RN	BASF	Acid Red 180
Ortolan Red G	BASF	Acid Red 221
Carbolan Crimson 3 B	ICI	Acid Red 139
Cibalan Bordeaux RL	Ciba	Acid Violet 71
Cibalan Violet RL	Ciba	Acid Violet 68
Eriochrome Blue Black	Geigy	Mordant Black 17
Chrome Fast Navy Blue	Francolor	Mordant Blue 13
Xylene Fast Blue FF	Sandoz	Acid Blue 61
Eriochrome Brown 5 GL	Geigy	Mordant Brown 23
Cibalan Brown BL	Ciba	Acid Brown 19
Cibalan Black BGL	Ciba	Acid Black 107
Ortolan Black G spec.	BASF	—

Als **Färbeapparate** für Polyester/Wolle-Mischungen kommen fast nur Haspelkufen und Baumfärbeapparate für Stückware in Betracht. Garne werden auf Kreuzspulen in geschlossenen Apparaten gefärbt. Die geschlossenen Apparate eignen sich am besten, weil sie eine freie Carrier-Auswahl erlauben und weil man bei einer höheren Temperatur färben kann. Auch das Flottenverhältnis ist günstiger als in der Kufe. Man soll sich aber vor Moirébildung hüten, und eine Vorfärbung des Tuches wird in den meisten Fällen notwendig sein.

Die Baumfärbemethode gibt dem Tuch einen flachen und dünnen Ausfall. Den Griff kann man aber nachträglich mit einer Nachwäsche auf der Kufe oder durch Walken noch nach Wunsch beeinflussen.

Wenn man einmal auf geschlossenen Apparaten färbt, erhebt sich von selbst die Frage, inwieweit man bei höheren Temperaturen ohne Carrier färben kann.

Das Färben unter HT-Bedingungen

Schon vor einigen Jahren sind von Würz²⁾ (BASF) umfangreiche Artikel über die Schutzwirkung von Formaldehyd beim Färben von Wolle bei Temperaturen von 115 bis 120° C publiziert worden. Diese Schutzwirkung beruht auf Brückenbildung zwischen den Polypeptidketten, und es geht aus den Daten von Würz hervor, daß sie bei einer Temperatur von 120° C sehr effektiv ist, wenn die Behandlung nicht zu lange fortgesetzt wird. Reißfestigkeit, Dehnung, Alkalilöslichkeit und Cysteingehalt ändern sich nur wenig und bleiben innerhalb erträglicher Grenzen. Neuerdings wurden diese Tatsachen von neuem durch Arbeiten

von Ponchel, Mazingue und van Overbèke³⁾ bestätigt; diese Autoren haben das Färben von Polyester/Wolle-Mischungen unter Formalinschutz als eine logische Fortsetzung von Arbeiten über die Vernetzung von Wolle durch Aldehyde untersucht^{4) 5)}.

Auch von Fröhlich⁶⁾ wurden Experimente über das Färben von Polyester/Wolle-Mischungen bei einer Temperatur von 115° C beschrieben, und zwar unter Verwendung des Wollschuttmittels Wollfasyn[®] der Firma J. A. Beckers, Chemische Fabrik, Viersen, Rheinland. Dieser Stoff ist auf Basis von Formaldehyd aufgebaut und hat daneben eine dispergierende Wirkung.

Aus all diesen Arbeiten geht ohneweiters hervor, daß Polyester/Wolle-Mischungen bei Temperaturen von 115 bis 120° C ohne Schädigung des Wollanteils gefärbt werden können. Vielleicht können wir besser sagen: ohne mehr Wollschädigung, als bei den Carrier-Färbemethoden auftritt.

Es erscheint uns überflüssig, die Daten der genannten Autoren zu wiederholen. Wir möchten aber einige Beispiele eigener Experimente mit Terlenka/Wolle-Garnen und -Gewebe geben. Nun ist es aber so, daß die Reißfestigkeit in einer Terlenka/Wolle-Mischung hauptsächlich vom Polyesteranteil geliefert wird. Genau dasselbe trifft für den Scheuerwiderstand zu, weil die meisten Wollfasern im Inneren des Gewebes von den umringenden Polyesterfasern umhüllt und geschützt sind. Die in Tab. III gezeigten Festigkeits- und Dehnungswerte bestätigen dies.

Fig. 7 zeigt die Scheuerproben eines Terlenka/Wolle-Gewebes auf dem Empa-Gerät. Gefärbt war das Gewebe in zwei Farben, und zwar Polyester rot, Wolle gelb. Beim Scheuern zeigt eine Farbänderung, daß die eine Komponente, Wolle, selektiv abgescheuert wird. Nur in dem Falle, daß bei 120° C ohne Formalinschutz gefärbt worden ist, sieht man eine starke Farbänderung.

Welche sind nun die Vorteile dieser Färbemethode?

1. Der größte Vorteil ist natürlich, daß man ohne Carrier färben kann! Die Färbung ist also wirtschaftlicher, weil die benötigten Carrier-Mengen ziemlich groß sind.

Tabelle III

REISSFESTIGKEIT UND DEHNUNG VON WOLLGARN UND TERLENKA-WOLLGARN GEFÄRBT UNTER VERSCHIEDENEN BEDINGUNGEN

100 % Wolle	Reißfestigkeit	Dehnung
unbehandelt	444 g	15,4 %
Färbung bei 115° C ohne Schuttmittel	328 g	7,6 %
Färbung bei 115° C mit Wollfasyn-Schutz	399 g	13,0 %
Terlenka/Wolle 55/45		
unbehandelt	818 g	30,4 %
Carrier-Färbung 105° C, 1 1/2 Std.	830 g	33,9 %
Färbung bei 120° C mit Wollfasyn, 1 Std.	813 g	36,4 %

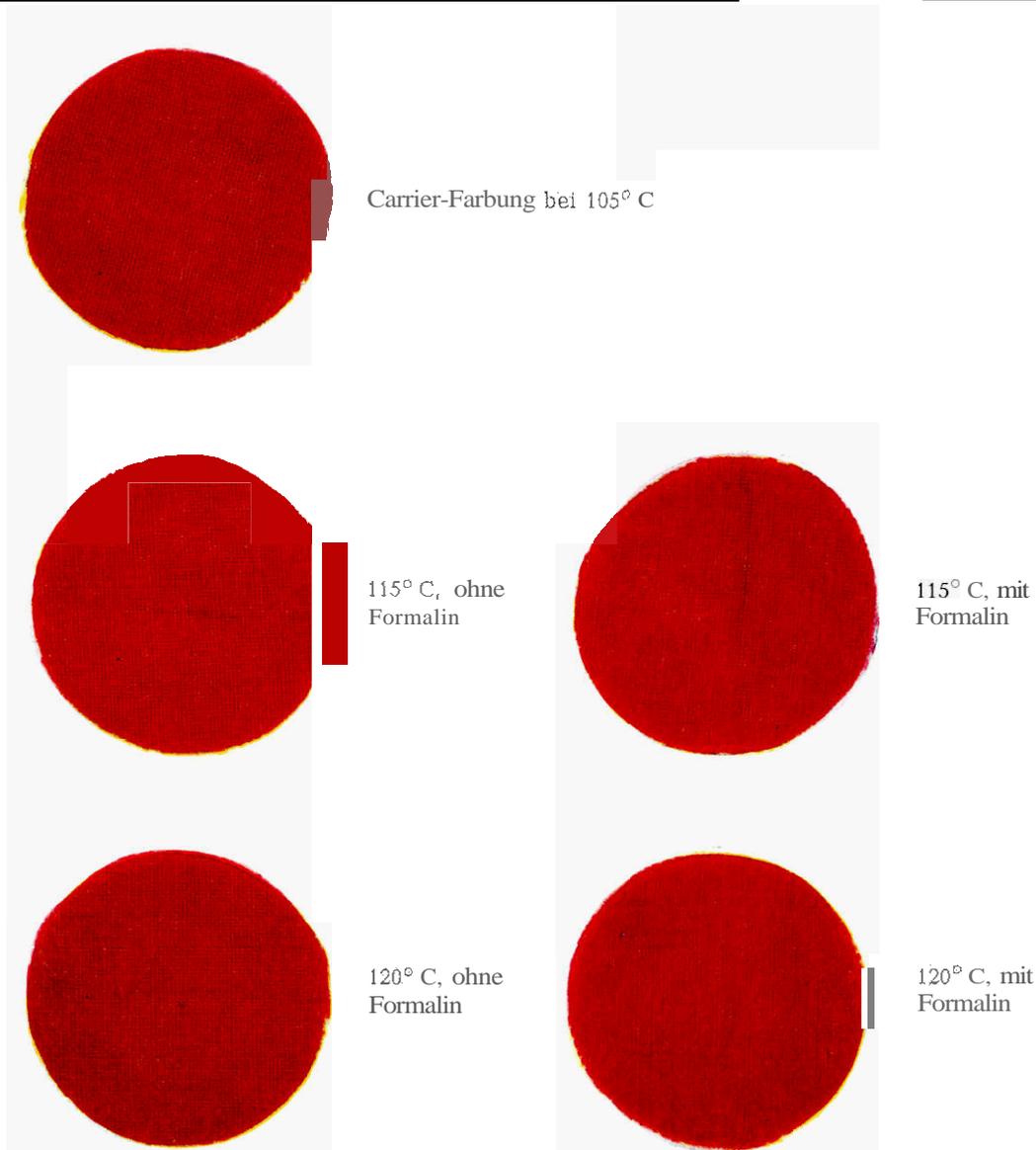


Fig. 7
Scheuerproben mit dem Empagerat auf Terlenka/Wolle-Geweben

Andererseits erreicht man ohne Carrier oft bessere Echtheiten und eine bessere Reproduzierbarkeit der Rezepturen. Weil viele Carrier einen schlechten Einfluß auf die Lichtechntheit der Färbung haben, soll auf deren Entfernung immer genau Rücksicht genommen werden.

- Die Farbstoffausbeute ist, bei ausgesuchten Farbstoffen, höher und die Färbezeit kann verkürzt werden.
- Beim Arbeiten mit Formaldehyd wird vorzugsweise bei $\text{pH} = 5$ gefärbt. Wird die Wolle im gleichen Bad mit Metallkomplexfarbstoffen gefärbt, dann wird die Aufziehgeschwindigkeit dieser Farbstoffe vom Formaldehyd gehemmt. Man kann also bei einem für die Wolle sehr günstigen pH färben, ohne Gefahr, daß ein bunter Ausfall auftritt.

Als Nachteile, oder vielleicht besser gesagt Schwierigkeiten, die eine weitere Forschung notwendig machen, wollen wir nennen:

- Bei der Farbstoffauswahl soll einem möglichen Einfluß von Formaldehyd auf die Farbstoffe, ent-

weder auf die Ausbeute, auf die Wollereservierung oder auf die Nuancen, Rechnung getragen werden.

Einen Einfluß auf die Wollereservierung im günstigen Sinne haben wir bis jetzt bei unseren Versuchen nicht feststellen können. Die Neigung zum Anschmutzen auf Wolle scheint vielmehr eine charakteristische Eigenschaft der Dispersionsfarbstoffe zu sein.

- Die für die Wolle gebrauchten Farbstoffe sollen formaldehydbeständig sein; von Ponchel c.s.⁷⁾ wurden schon mehrere dieser Farbstoffe genannt. Auf Grund anderer Interessen hat z. B. die Firma Sandoz neuerdings eine Liste formaldehydechter Farbstoffe publiziert.
- Wie bei allen Färbungen unter HT-Bedingungen ist das Nuancieren schwierig und soll soweit wie möglich vermieden werden, weil die Färbezeit bei höheren Temperaturen nicht zu lange sein darf. Wir wissen, daß es schwer ist, dieser Anforderung in der Praxis zu genügen. Andererseits

aber sind wir der Meinung, daß die Reproduzierbarkeit des Farbprozesses eben in geschlossenen Apparaten viel größer ist als bei Jiggern und Haspelkufen.

Ein konstantes Flottenverhältnis und ein automatisch gesteuerter Farbprozeß gewährleisten ein einwandfreies Nachfärben von im Labor vorbereiteten Rezepturen. Diese Vorarbeit im Labor wird immer wichtiger, und in vielen Forschungsanstalten wird an der wissenschaftlichen und praktischen Rezepturberechnung gearbeitet.

Wir besprechen noch einige Beispiele von HT-Färbungen auf Terlenka/Wolle-Geweben. Die Fig. 8 zeigt einen Vergleich von Färbungen mit o-Phenyl-Phenol als Carrier bei 95° C in einem offenen Apparat mit Färbungen bei 120° C unter Formaldehydschutz. Die Rezepturen waren die gleichen; es wurde nur der Polyesteranteil gefärbt; nach der Färbung wurde eine reduktive Nachreinigung durchgeführt.

Bei diesen Carrier-Färbungen verursachte die Reinigung eine starke Farbtonänderung. Es deutet dies

auf eine starke Wollanschmutzung und ein ungleichmäßiges Aufziehen der verschiedenen Komponenten hin.

Bei Rot ist die Wolle auch nach der Reinigung noch ziemlich stark angefärbt.

Bei der HT-Färbung sehen die Nuancen reiner aus, und nach der Reinigung ist die Farbe nur heller geworden; der Farbton aber hat sich kaum geändert.

Einige Ton-in-Ton-Färbungen sind auf größeren Stücken nach dem Einbadverfahren durchgeführt worden.

Ein Weiß wurde mit Uvitex ERN und einem optischen Aufheller für Wolle bei 105° C ohne Carrier erzeugt.

Zwei belle Nuancen, Gelb und Blau, und ein schwereres Rot wurden bei 120° C während einer Stunde mit Wollfasyn als Schutzmittel mit Dispersions- und Metallokomplexfarbstoffen gefärbt. Muster dieser Färbungen werden in Fig. 9 gezeigt, wobei die oberen Stückchen 100 Prozent Terlenka darstellen. Die Wolle ist durch Kochen mit 6prozentiger Natronlauge her-

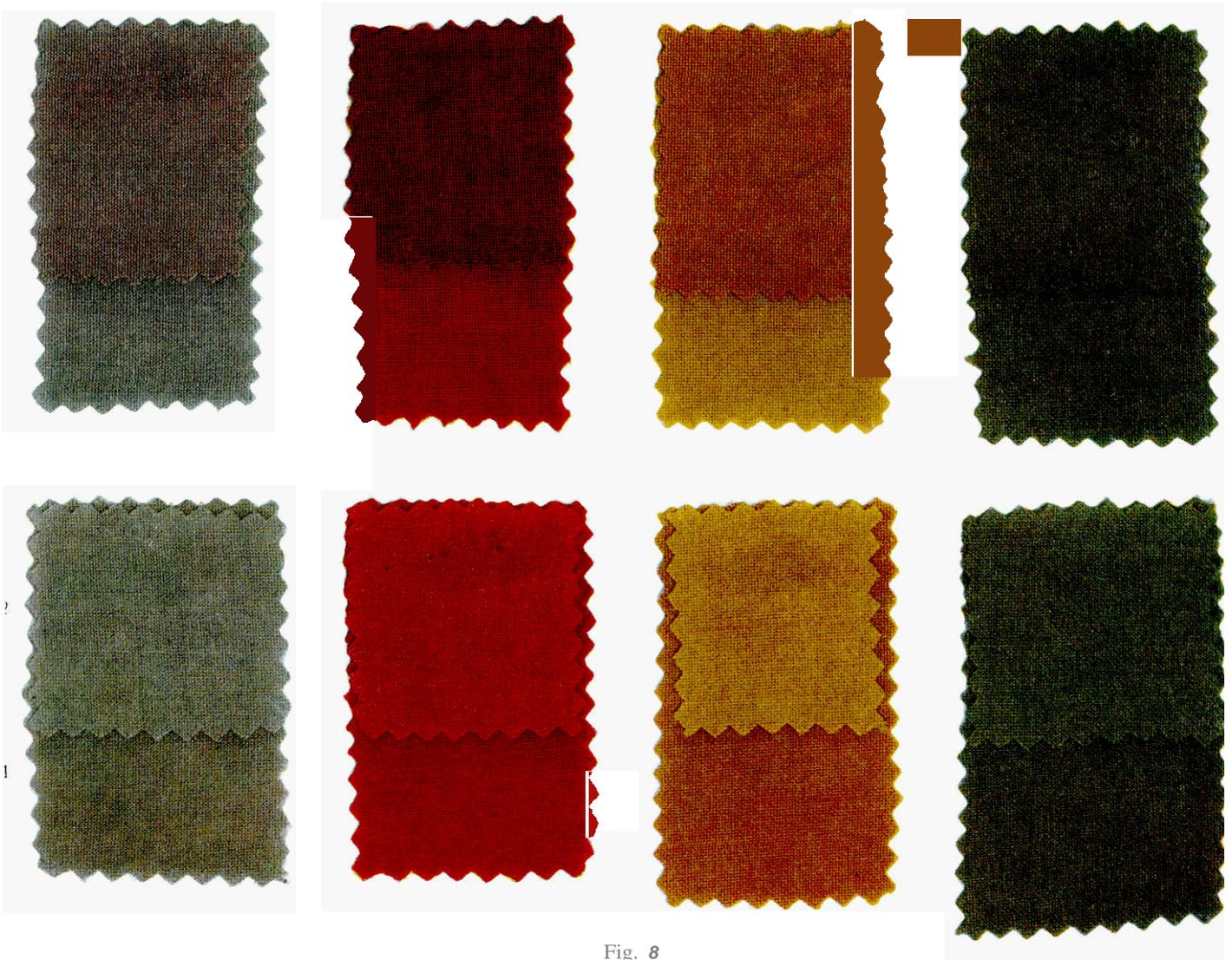


Fig. 8

Farbungen auf einem Terlenka/Wolle-Gewebe

A mit o-Phenyl-Phenol bei 95° C

B mit Formalin ohne Carrier bei 120° C

1 nach der Färbung

2 nach einer reduktiven Reinigung

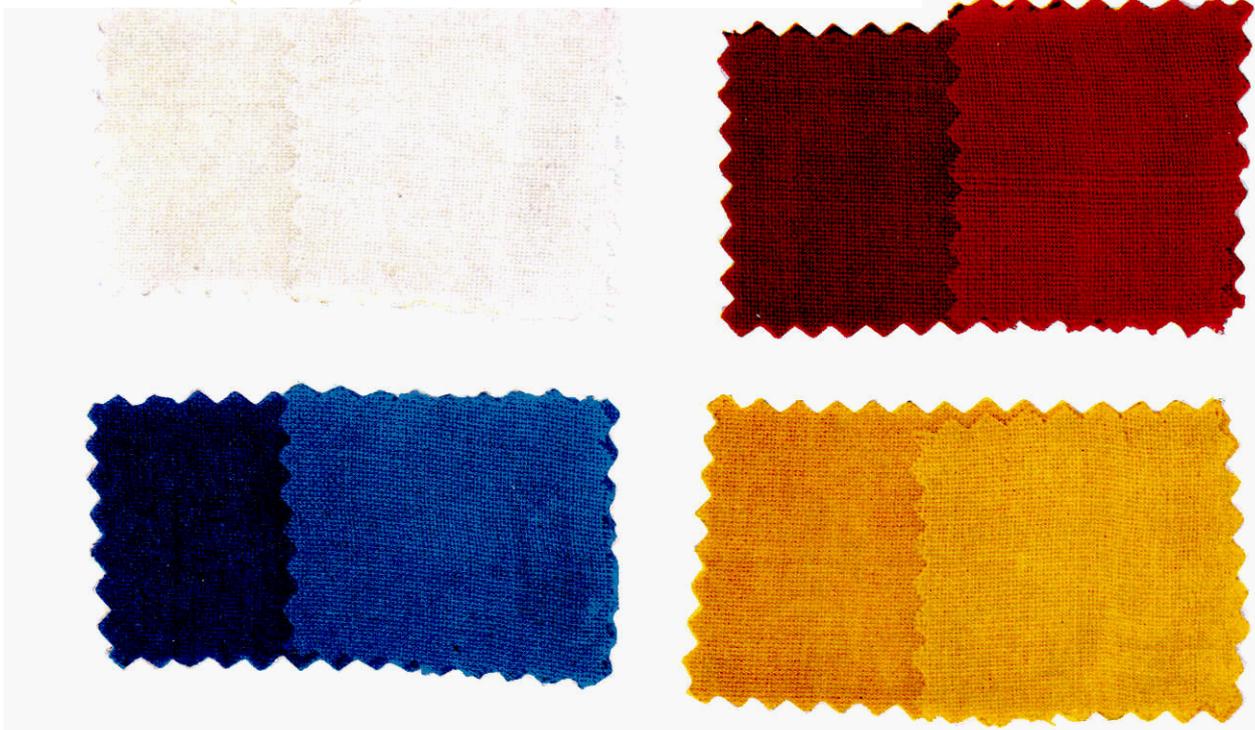


Fig. 9
HT-Farben auf Terlenka/Wolle 55/45

ausgelost worden. Nach dem Färben wurden die Stücke auf der Haspelkufe mit einem nichtionogenen Waschmittel gewaschen. Für die Endausrüstung wurde folgende Behandlung gewählt: die Stücke wurden gebürstet und geschoren, danach gewalkt, gewaschen und zum Schluß dekatiiert.

In Tab. IV sind die technologischen Daten dieser Gewebe gegeben. Resultate von Scheuerprüfungen sind nicht angegeben, weil wir bei diesen Geweben keine Unterschiede in der Scheuerfestigkeit haben feststellen können.

Tab. V zeigt die Echtheiten; es geht daraus hervor, daß für Pastelltöne die Einbadmethode zu einwandfreien Resultaten führt. Bei Rot aber reichen die Echtheiten nicht aus. In Tab. VI haben wir noch einmal die Echtheiten für Rot aufgeführt; in der 1. Spalte die Werte aus Tab. V, in der 2. Spalte die Werte, die nach einer reduktiven Reinigung erhalten wurden und drit-

tens die Echtheiten des Endgewebes, nachdem es gewalkt und gewaschen worden war. Die mit Hydro-sulfit BL I und Ultravon JU bei 50° C durchgeführte reduktive Reinigung ist für den verwendeten Wollfarbstoff nicht schädlich und bringt die Echtheiten auf gutes Niveau. Auch die intensive Walkbehandlung hat einen guten Einfluß.

Mit diesen Beispielen haben wir das Thema der HT-Farbuug auf Polyester-Wolle nicht erschöpfend behandelt. Es gibt noch viele offene Fragen, und auch diese Methode ist nicht universell brauchbar. Trotzdem glauben wir, daß es wertvoll ist, diese Methode weiter eingehend zu studieren, weil sie in manchen Fällen deutlich Verbesserungen und Einsparungen geben kann.

Tabelle V

DIE ECHTHEITEN EINIGER EINBADFARBUNGEN
BEI 120° C AUF TERLENKA/WOLLE

	Gelb	Blau	Rot	optisch aufgehellt
Wasche a 40° C	5 5/5	3-4 5/5	3-4 5/4-5	—
sauer	5 5/5	5 5/5	4-5 2-3/3	—
alkalisch	5 5/5	5 5/5	4-5 2/2-3	—
Reibechtheit trocken	4	4	2-3	—
naß	4	4-5	2-3	—
Lichtechtheit Xenotest	4	5-6	5	6

Tabelle IV

TECHNOLOGISCHE DATEN EINIGER BEI 120° C
GEFÄRBTEN TERLENKA/WOLLE-GEWEBE

	Ge- wicht, pro m ² in g	Fadenzahl pro cm		Reißfestig- keit in kg		Brüchdeh- nung in %	
		Kette	Schuß	Kette	Schuß	Kette	Schuß
Rohweiß							
vorge- waschen	193	98	87	91,7	83,2	43,3	39,2
optisch auf- geheilt	201	102	87	93,3	78,9	44,5	46,5
gelb	197	102	86	93,3	75,0	34,0	36,8
blau	200	102	86	93,1	75,2	41,5	43,0
rot	201	103	86	93,6	71,8	41,6	45,2

Tabelle VI
DIE ECHTHEITEN EINES BEI 120° C IN EINEM BAD
GEFÄRBTEN GEWEBES
NACH VERSCHIEDENEN BEHANDLUNGEN

	nach dem Färben	nach einer reduktiven Reinigung	nach Walken und Waschen
Wäsche a 40° C	3-4 5/4-5	4-5 5/4-5	4-5 5/4-5
Schweißechtheit sauer	4-5 2-3/3	4-5 2-3/3-4	4-5 5/5
alkalisch	4-5 2/2-3	4-5 2/3-4	4 4-5/4-5
Reibechtheit trocken	2-3	4	4-5
naß	2-3	4-5	5

Bei der Garnfärbung bleibt die Reinigung des Wollanteils schwierig, weil eine Kreuzspule sich sehr schwer waschen läßt und wie ein Filter wirkt. Diese Schwierigkeit trifft für Stückware, die man auf der Kufe nachbehandelt, nicht zu.

Das Thermosolfärben von Polyester/Wolle

Das Thermosolverfahren, das für Polyester/Baumwolle oder Polyester/Zellwolle schon viele Jahre durchgeführt wird, kann auch für Polyester/Wolle verwendet werden. Diese Methode, welche aus Foulardieren-Trocknen-Heißluftfixieren besteht, hat merkwürdigerweise den großen Vorteil, daß die Wolle viel weniger stark angeschmutzt wird, als bei einer Färbung in wässriger Flotte. Vielleicht kann man dies daraus erklären, daß die mit Verdickungsmittel aufgeklotteten Farbstoffteilchen behindert werden, an der

Faseroberfläche zu haften. Beim Thermosolieren sind es die sublimierten Einzelmoleküle, die für die Polyesterfaser eine hohe Affinität haben und deshalb diese Faser bevorzugen. Nachher kann das Tuch auf der Kufe reduktiv gereinigt und die Wolle gefärbt werden. Auch hier soll man den Farbton des Polyesteranteils genau durch Laborversuche einstellen, weil eine Nuancierung nur im Wollanteil möglich ist.

Zum Schluß möchte ich mir noch einige Bemerkungen erlauben:

Die Allgemeine Kunstzijde Unie N.V., in deren Textilforschung ich arbeite, stellt Fasern her, aber keine Textilien oder Farbstoffe; ein richtiger Färbereifachmann bin ich also nicht.

Trotzdem glaube ich, daß es sinnvoll war, die genannten Probleme mit Ihnen zu besprechen. In unserer Lage, in der wir uns zwischen Faserproduktion und Verarbeitung, neben Farbstoff- und Hilfsmittellieferanten befinden, versuchen wir in engem Kontakt mit all diesen Interessenten die Lösung der Probleme zu fördern und diejenigen Fragen hervorzuheben, die noch weiter studiert werden müssen.

Literatur:

- 1) Melliand **43** (1962), 1006
Lenzinger Berichte **13/1963**, 23
- 2) Würz A., Melliand **42** (1961), 439
- 3) Ponchel P., Mazingue G., van Overbèke M.
Bull. I. T. F., 1962, **103**, 1155
Bull. I. T. F., 1963, **104**, 35
- 4) Wibaux G., Mazingue G., van Overbèke M.
Bull. I. T. F., 1959, **79**, 25
- 5) Decroix G., Mazingue G., van Overbèke M.
Bull. I. T. F., 1959, **84**, 33
- 6) Fröhlich G. H., Melliand **44** (1963), 725

Fragen der Verspinnung von Chemiefasern zu Chemiefasergarnen

Prof. Dr. Walther Wegener, Technische Hochschule, Aachen

Im ersten Teil des Vortrags wird die Verarbeitung von Chemiefasern zu Garn unter besonderer Berücksichtigung der Kurzspinnverfahren behandelt. Es wird über die technischen Voraussetzungen dieser Verfahren berichtet. Man teilt diese Verfahren in zwei Gruppen ein: Das Spinnbandverfahren und das Direktspinnverfahren. Die Merkmale, die Vor- und Nachteile beider Verfahren werden erörtert. Der Vortragende bespricht in diesem Zusammenhang auch im einzelnen die im Handel befindlichen Maschinenkonstruktionen für die Kurzspinnverfahren.

Im zweiten Teil wird über die Ergebnisse von vergleichenden Versuchen mit den Kurzspinnverfahren gegenüber dem klassischen Verfahren berichtet, die von der Technischen Hochschule Aachen gemeinsam mit verschiedenen Spinnereien durchgeführt wurden, und das Ergebnis ausgewertet. Es läßt sich demnach ein kausaler Zusammenhang zwischen der Längenvariationscharakteristik des Garns, der Flächenvariationscharakteristik des Gewebes und dem Warenbild nachweisen.

Part one of this paper concerned with fiber-to-yarn processing of man-mades, with special emphasis on contracted spinning processes. Processes are discussed in the light of their practical requirements and divided into two general categories, i. e., tow-to-top, and direct spinning. Typical characteristics, and advantages and disadvantages of both methods are described. In this connection, lecturer also goes into details of commercial machine designs used in these processes.

Part two deals with results obtained during comparative trials with contracted spinning processes, on the one hand, and conventional spinning, on the other hand, conducted in cooperation between Technische Hochschule Aachen and various spinning mills, and said results are evaluated. Causal relationships between linear variation characteristics in yarns, surface variation characteristics in fabrics, and appearance of finished products are evidenced.

In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts hat sich die Bevölkerung der Erde nahezu verdoppelt. In dem gleichen Zeitraum steigerte sich der Lebensstandard eines Großteils der Menschen. Beide Tatsachen haben die Nachfrage nach Textilien bedeutend erhöht. Um diese Nachfrage zu befriedigen, reichten die vorhandenen natürlichen Faserstoffe nicht aus. Noch weniger wird in Zukunft Land zur Verfügung stehen, um den ständig steigenden Faserbedarf allein mit Hilfe natürlicher Fasern zu decken.

So ist es zu verstehen, daß der Marktanteil der Chemiefasern erst zu Beginn dieses Jahrhunderts begann und ständig wächst. Im Jahre 1939 wurden etwa 1 250 000 t Zellwolle und etwas mehr als 5000 t synthetische Fasern erzeugt. Das waren 15 % der Gesamtfaserproduktion. Im Jahre 1960 wurden 2,6 Millionen t Zellwollfasern sowie 710 000 t synthetische Fasern hergestellt. Der Anteil an der Gesamtfaserproduktion betrug bereits 22 %. Die rapide Zunahme an Chemiefasern hält an. So wurden 1963 11 % mehr Chemiefasern hergestellt als 1962. Seit 1960 ist die jährliche Chemiefaserproduktion um 32 % gestiegen. Wenn dieser enorme Anstieg richtig bewertet werden soll, muß berücksichtigt werden, daß die Produktion an Baumwolle und Schafwolle keineswegs zurückgegangen ist.

In den Anfängen der Chemiefasererzeugung wurde versucht, die natürlichen Fasern nachzuahmen. Mit dem Aufkommen der synthetischen Fasern zeigte es sich jedoch, daß diese Fasern wertvolle Eigenschaften besitzen, welche teilweise die Eigenschaften der natürlichen Fasern übertreffen. So sind die Erzeuger von Chemiefasern heute bestrebt, Fasern mit besonderen Eigenschaften für bestimmte Verwendungszwecke zu entwickeln. Für den Verbraucher ist es von Vorteil, daß manche Produkte aus synthetischen Fasern eine gute Halt-

barkeit haben und leicht zu pflegen sind. Die Qualität der Fasern ist stets gleichbleibend. Außerdem sind die Preise — vor allem für Zellwollfasern — niedriger als für vergleichbare natürliche Fasern. Hand in Hand mit der Entwicklung neuer Fasertypen geht die Entwicklung neuartiger Faserverarbeitungsmethoden. Im Rahmen dieses Vortrages soll die Verspinnung der Chemiefasern zu Chemiefasergarnen behandelt werden. Die Elementarfäden werden in endloser Form hergestellt. Um daraus Garne aus Stapelfasern spinnen zu können, müssen die Elementarfäden in entsprechende Stapellängen geschnitten werden. Die Verarbeitung des geschnittenen Fasermaterials kann nach den bekannten klassischen Spinnverfahren erfolgen. Je nach der Feinheit und der Länge der Fasern läßt sich das Baumwoll-, Kammgarn- oder Streichgarnverfahren anwenden. Bei Chemiefasern kann andererseits die bereits vorhandene Parallellage der Fasern ausgenutzt werden und nach einem Schneiden oder Zerreißen durch die Verwendung besonderer Maschinen weitgehend erhalten bleiben. Darüber hinaus kann das Kämmen, das zur Erzielung hochwertiger Garne notwendig ist, entfallen, wenn durch die Verwendung geeigneter Maschinen keine kurzen Fasern entstehen.

Derartige Arbeitsmethoden, die auf die Chemiefasern zugeschnitten sind, werden als Kurzspinnverfahren bezeichnet. Die Chemiefaserhersteller bezeichnen die Vorlage als Kabel; unter Spinnband wird im allgemeinen das fertige, verspinnbare Converterband verstanden.

Der Vorteil der Kurzspinnverfahren liegt hauptsächlich in der einfacheren Herstellung der Garne. Es werden an das Kabel, das nach der Zerteilung im Kurzspinnverfahren verarbeitet werden soll, höhere Qualitätsansprüche als sonst gestellt. Dadurch entstehen höhere Kosten. Daneben könnten Kurzspinnverfahren

große Bedeutung in Kammgarnspinnereien finden. Ein Converter ermöglicht z. B. die Herstellung von Spinnbändern mit besonderen Stapeln, die zu Mischungen verwendet werden können. Weitere Vorteile der Kurzspinnverfahren sind die erzielbare hohe Garngleichmäßigkeit sowie besondere Festigkeits-Dehnungs-Eigenschaften und besondere Schrumpfeffekte.

Die Bestrebungen, das Kabel in endliche Faserlängen aufzuteilen, ohne dabei die Parallellage der Elementarfasern zu ändern, sind für die weiterverarbeitende Textilindustrie von großem Interesse. Die Verfahren der Spinnbandherstellung und die des Direktspinnens – unter weitgehender Ausschaltung der Maschinen der klassischen Spinnerei – finden bisher nur deswegen wenig Verwendung, weil in den meisten Textilbetrieben Erfahrungen mit den Convertern und mit dem Direktspinnen fehlen. In der Praxis ist es üblich, die durch das Schneiden oder Reißen gestörte Parallellage der einzelnen Fasern durch die anschließende Verwendung von zwei bis drei Streckenpassagen zu beheben und das Spinnband in dieser Form der Spinnerei anzuliefern. Im Gegensatz dazu beschäftigen sich die verschiedenen Chemiefaserwerke laufend mit den Problemen der Erzeugung der Spinnbänder aus Kabeln unter Verwendung des Rieter-Converters oder des Pacific-Converters, der Seydel-Reißmaschine bzw. des Turbo-Staplers, sodaß hier Erfahrungen in ausreichendem Maße vorliegen.

Aus Gründen der Rationalisierung bevorzugen die Chemiefaserhersteller Kabel mit gleichem Gesamttiter. So ist es zu verstehen, daß beispielsweise bei der Seydel-Reißmaschine das Kabel einzeln vorgelegt wird, während dem Rieter-Converter vier bis zehn Kabel vorgelegt werden können, wodurch eine Vorlage mit einem Gesamttiter von zwei bis drei Millionen den (220 ktex bis 340 ktex) zu erreichen ist. Während der Viskosekunstseidenhersteller im allgemeinen für die Converter-Kabel einen Gesamttiter von 300 000 den bis 350 000 den (34 ktex bis 38 ktex) verwendet, der – bedingt durch die Vorlage – noch vervielfacht werden kann, ist es bei vollsynthetischem Material kaum möglich, über einen Gesamttiter von 200 000 den (22 ktex) zu gehen.

Der Weiterverarbeiter nimmt im allgemeinen an, daß ohneweiters das von dem Chemiefaserhersteller erzeugte Kabel versponnen werden kann und berücksichtigt dabei nicht, daß das Kabel zunächst nach seiner Fertigstellung noch durch verschiedene nachgeschaltete Veredlungsstufen geschleust werden muß. Diese Veredlungsstufen verursachen erhebliche Kosten. Außerdem lassen sich die Kabel im allgemeinen nicht so gut nachbehandeln, wie es bei den geschnittenen, flockigen Fasern möglich ist. Es kommt im wesentlichen darauf an, daß die Elementarfäden des Kabels völlig offen und verklebungsfrei nebeneinander liegen. Das Kabel darf keine Drehung haben und soll keine Einschlüsse enthalten. Die Präparation des Kabels ist auf das Verfahren abzustimmen. Weiter darf die Eigenfeuchtigkeit der Elementarfäden nicht zu hoch sein, damit ein Verkleben der Faserenden beim Zerschneiden vermieden wird. Um eine gute Haftfähigkeit der Fasern in den nachfolgenden Arbeitsgängen zu gewährleisten, sollte nach dem Zerteilen eine permanente Kräuselung von vier bis sechs Wellen je Zentimeter vorhanden sein. Diese Forderungen gelten in erhöhtem Maße für die

Kabel, die für das Direktspinnen vorgesehen sind. Die diesbezüglichen Ansprüche werden umso höher, je feiner der Gesamttiter des Kabels ist.

Während die Converter-Kabel im allgemeinen noch nach dem bekannten, in der Zellwollindustrie üblichen Verfahren nachbehandelt werden können und nur einige besondere Bedingungen an den Wasch- und Trockenmaschinen zu berücksichtigen sind, ist es erforderlich, die für das Direktspinnverfahren hergestellten Kabel an die Methode der Veredlung des Reyon-Spinnverfahrens bzw. des Trockenspinnverfahrens anzulehnen, wodurch das Preisniveau der Zellwolle auf das von Endlos-Material ansteigt. Bedingt durch diese Tatsache, wird der Preis der Zellwolle um etwa das Doppelte für das Kabel angehoben. Hinzu kommen noch die Kosten für die Chemiespinnverfahren, die – je nach den Gegebenheiten – eine nochmalige Verdoppelung des Preises für Kabel zum Direktspinnverfahren ergeben können. Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, daß hinsichtlich des Preises unterschieden werden muß zwischen Converter-Kabel aus vollsynthetischem Material mit einem Gesamttiter von 100 000 den bis 200 000 den (11 ktex bis 22 ktex) und Converter-Kabel aus regenerierter Zellulose mit einem Gesamttiter von 300 000 den (34 ktex) sowie einem Direktspinn-Kabel mit einem Gesamttiter von höchstens 20 000 den (2,2 ktex). Das geschnittene oder gerissene Kabel für das Direktspinnen unterscheidet sich von dem Converter-Kabel lediglich durch den feineren Gesamttiter; abgesehen davon sind beide Arten in vielen Fällen unmittelbar miteinander vergleichbar.

Die Spinnbandverfahren umfassen die Herstellung von Faserbändern, die in der weiteren Verarbeitung verstreckt oder gekämmt werden können. Als Vorlage dient endloses Kabel, aus dem sich das Faserband durch Zerreißen oder Zerschneiden gewinnen läßt. Beim Reißverfahren hat das vorgelegte Kabel eine Stärke von 4 g/m (4 ktex) bis 33 g/m (34 ktex), bei den Schneidverfahren kann es eine Stärke von 200 g/m (200 ktex) erreichen.

Das Kabel kann mit oder ohne Lokalisierung der Bruchstelle gerissen werden. Das Reißen ohne Lokalisierung der Bruchstelle wird bei dem I. G.-Reißverfahren auf der Halle-Seydel-Maschine angewendet. Dem Verfahren liegt ein deutsches Patent aus dem Jahre 1933 zugrunde. Es stellt das älteste Kurzspinnverfahren dar. Der schematische Aufbau der Halle-Seydel-Maschine geht aus der Abb. 1 hervor. Das Kabel kann mit

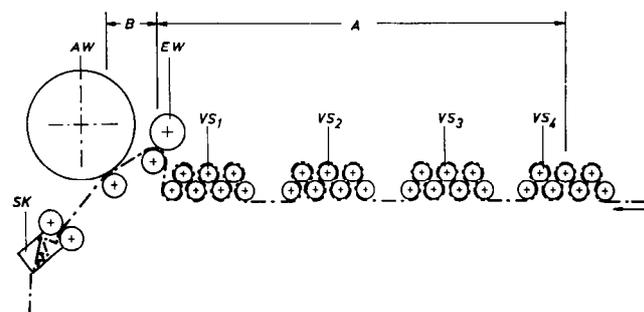


Abb. 1: Die Halle-Seydel-Maschine

A = Streckzone, B = Reißzone, VS₁, VS₂, VS₃, VS₄ = Vorstreckköpfe, EW = Eingangswalze, AW = Ausgangswalze, SK = Stauchkammer

einer Stärke von 4 g/m (4 ktex) bis 30 g/m (30 ktex) und einem Einzeltiter von 1,2 den (130 mtex) bis 6 den (680 mtex) vorgelegt werden. Es soll möglichst verdrehungsfrei und verwindungsfrei eingeführt werden und durchläuft zunächst vier oder bei neueren Maschinen sogar sechs Vorstreckköpfe VS. Diese haben die Aufgabe, das Material so vorzudehnen, daß es parallel liegt und nahezu die Reißdehnung erreicht. Die Geschwindigkeit der einzelnen Walzen eines Vorstreckkopfes ist konstant. Von Vorstreckkopf zu Vorstreckkopf wächst jedoch die Geschwindigkeit und damit die Dehnung des Kabels. Sie liegt bei synthetischen Kabeln höher als bei Zellulosekabeln. Die Reißzone weist eine Länge von 90 mm bis 300 mm auf. Die stählernen Unterwalzen sind geriffelt, die Oberwalzen haben eine Lauffläche aus Leder oder Gummi. Am Ausgang der Maschine ist eine Stauchkammer SK zur Kräuselung angebracht. Die Kräuselung erhöht die Haftung der einzelnen Fasern aneinander. Auf der Halle-Seydel-Maschine können Viskose- sowie Polyester- und Polyacrylnitril-Kabel verarbeitet werden. Regenerierte Zellulose ermöglicht bei einer Kabelvorlage von 22,2 g/m (22 ktex) eine Liefergeschwindigkeit von 60 m/min und eine Liefermenge von 94 kg/h während synthetische Fasern bei einer Kabelvorlage von 12 g/m (12 ktex) eine Liefergeschwindigkeit von 40 m/min und eine Liefermenge von 28 kg/h ergeben. Der Wirkungsgrad der Halle-Seydel-Maschine beträgt im allgemeinen 85%. Im Vergleich zu entsprechenden Baumwoll- oder Kammgarnbändern weisen die hergestellten Faserbänder eine gute Gleichmäßigkeit auf. Fasern von 1,4 den (160 mtex) können beispielsweise nach zwei oder drei Passagen auf einer Hochleistungsstrecke und einer Passage auf einem Kammgarnflyer auf einer Kammgarnringspinnmaschine zu einem Garn mit der metrischen Nummer Nm 140 (7,2 tex) versponnen werden. Für gröbere Fasern sind weniger Passagen erforderlich. Wenn zwischen den Vorspannköpfen VS₁ bis VS₄ eine Heißverstreckung eingebaut wird, lassen sich besondere Schrumpfeffekte erzielen.

Die Firma La Duranitre S. A. entwickelte ebenfalls eine Reißmaschine (Abb. 2), in die auf Wunsch eine Heizvorrichtung eingebaut werden kann. Bei einer Liefergeschwindigkeit bis zu 80 m/min beträgt die stündliche Produktion etwa 65 kg. Das Faserband durchläuft im Anschluß an den Reißvorgang eine sogenannte Nachbrechstrecke (Abb. 3), die einen 8- bis 12fachen Ver-

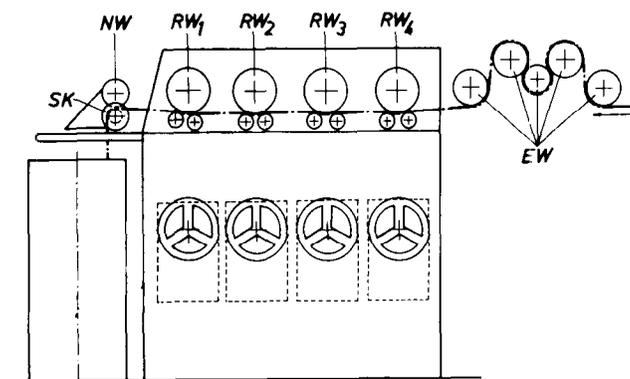


Abb. 2: Reißmaschine der Firma La Duranitre S. A.

EW = Eingangswalzen, NW = Nutenwalzenpaar, RW₁, RW₂, RW₃, RW₄ = Reißwalzen, SK = Stauchkammer

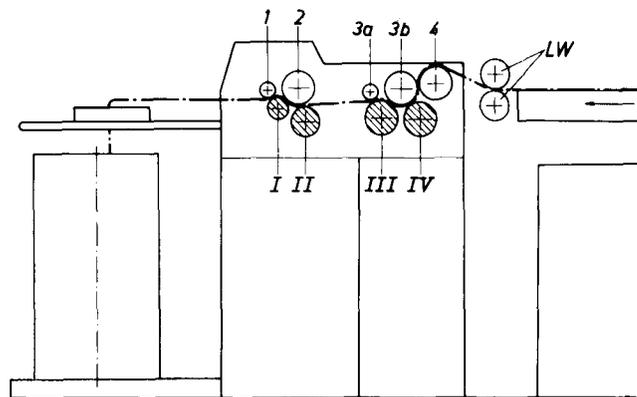


Abb. 3: Nachbrechstrecke der Firma La Duranitre S. A.
LW = Lieferwalze

zug gestattet und eine maximale Liefergeschwindigkeit von 120 m/min hat.

Das Perlok-Verfahren arbeitet nach der Methode des Zerreißens mit Lokalisierung der Bruchstelle. Es ist bereits seit dem Jahre 1930 bekannt, jedoch erst im Jahre 1940 durch Lohrke (USA-Patent) in Verbindung mit der Firma Garth Mfg. Co. wirtschaftlich anwendbar geworden. Für das Perlok-Verfahren ist der Perlok-Tow-Stapler, der in der Abb. 4 dargestellt ist, entwickelt worden. Er ist in eine Streckzone A und in eine Reiß-

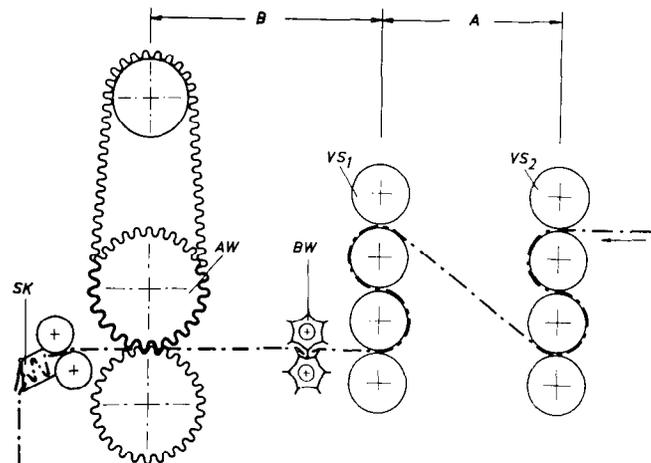


Abb. 4: Der Perlok-Tow-Stapler der Firma Garth Mfg. Co.
A = Streckzone, B = Reißzone, VS₁, VS₂ = Vorstreckköpfe, BW = Brechwalze, AW = Ausgangswalze, SK = Stauchkammer.

zone B aufgeteilt. Die beiden Vorstreckköpfe VS₁ und VS₂ bestehen aus je vier Walzen, die übereinander angeordnet sind. Der Perlok-Tow-Stapler besitzt im Gegensatz zur Halle-Seydel-Maschine in der Reißzone Brechwalzen BW. Die Faserlängenverteilung und die mittlere Stapellänge werden durch den Abstand der Brechwalzen voneinander und von den Ausgangswalzen AW bestimmt.

Der Turbo-Stapler der Firma Turbo-Maschine Co., der in der Abb. 5 wiedergegeben ist, stellt eine Weiterentwicklung des Perlok-Verfahrens dar. Er unterscheidet sich vom Perlok-Tow-Stapler hauptsächlich durch die bessere Bandführung, die für eine große Anzahl von Walzen vorgesehen ist. Der Turbo-Stapler enthält

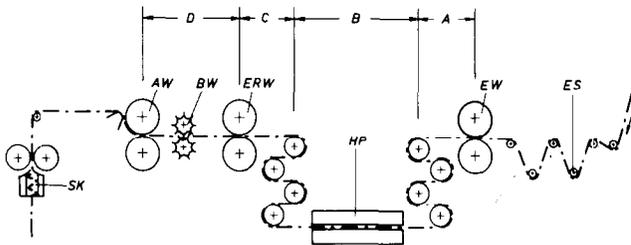


Abb. 5: Der Turbo-Stapler der Firma Turbo Machine Co. A = Einlaufstab vor der Streckzone B, B = Streckzone, C = Auslaufstab hinter der Streckzone B, D = Reißzone, ES = Einlaufstab, EW = Eingangswalze, HP = Heizplatte, ERW = Eingangswalze, BW = Brechwalze, AW = Ausgangswalze, SK = Stauchkammer

ferner die Heizplatten HP in der Streckzone. Dadurch wird es möglich, hochschrumpfende Garne herzustellen. Am Auslauf sowohl des Perlok-Tow-Staplers als auch des Turbo-Staplers ist jeweils eine Stauchkammer SK zur Kräuselung angebracht, um die Haftung der Fasern aneinander zu erhöhen. Auf dem Turbo-Stapler werden vor allem Polyacrylnitrilfasern verarbeitet.

Ein Kurzspinnverfahren nach dem Patentvorschlag von Virgil weicht von dem Turbo-Stapler-Verfahren nur wenig ab.

Mihira entwickelte ein zweistufiges Kurzspinnverfahren. In der ersten Stufe wird das Kabel einer lokalen Heißbehandlung unterworfen (Abb. 6). Es durchläuft eine Zweiwalzenzone, deren Ausgangswalze als Heizwalze HW ausgebildet ist und mit Heizspiralen HS versehen ist. Die Heiztemperatur liegt je nach dem Material zwischen 130° C und 160° C. Das Kabel verliert an den erhitzten Stellen einen Teil seiner Reißfestigkeit. Dies erleichtert einmal den Reißvorgang der zweiten Stufe und ergibt zum anderen eine bestimmte Stapellänge. Die zweite Stufe besteht aus einer Reißzone A, der zwei Verzugzonen und eine Stauchkammer SK folgen. Das Zerreißen des Kabels schafft eine besondere Faserlängenverteilung. Wenn nach der Methode des Zerreißen ohne Bruchlokalisierung gearbeitet wird, kann das Kabel an jeder beliebigen Stelle in der Reißzone reißen. Theoretisch wird jede Faserlänge

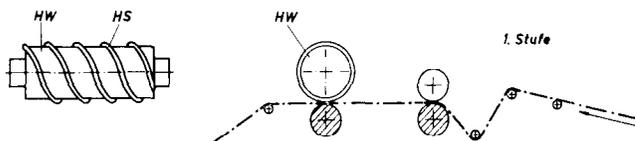


Abb. 6: Kurzspinnverfahren nach K. Mihira

A = Reißzone, B, C = Verzugzonen, HS = Heizspirale, HW = Heizwalze, SK = Stauchkammer

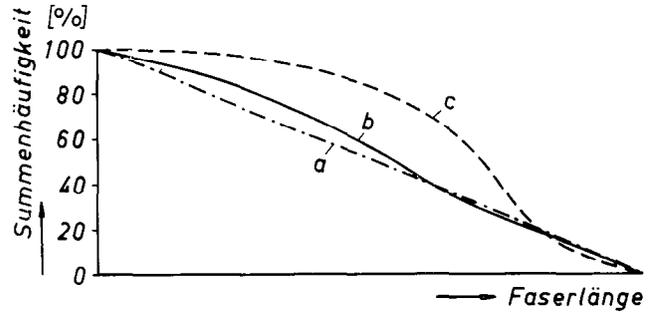


Abb. 7: Stapeldiagramme, die durch Reißen und Schneiden entstehen

- a) theoretischer Verlauf beim Reißvorgang
- b) Stapeldiagramm beim Reißen
- c) Stapeldiagramm beim Schneiden

von der Faserlänge Null bis zur Reißzonenlänge gleich häufig vorkommen. Das Stapeldiagramm hat dann die Form eines Dreiecks. Praktisch entstehen jedoch mehr kurze als lange Fasern. Die entsprechenden Stapeldiagramme sind in der Abb. 7 dargestellt. Bei der Methode des Zerreißen mit Bruchlokalisierung, bei der in der Reißzone Brechwalzen angeordnet sind, reißt das Kabel vorwiegend an den scharfen Kanten der Brechwalzen. Dabei entsteht eine mittlere Stapellänge, die etwa dem Abstand der Brechwalzen von den Ausgangswalzen entspricht. Das sich ergebende Stapeldiagramm bildet den Übergang zu dem Stapeldiagramm, das beim Schneiden des Kabels entsteht. Durch das Zerreißen des Kabels ändern sich auch die Festigkeits- und Dehnungseigenschaften. Der Einfluß des Reißens geht aus der Abb. 8 hervor. Das Material wird elastischer (härter). Die Festigkeit nimmt zu und die Dehnung sinkt. Die Garne schrumpfen.

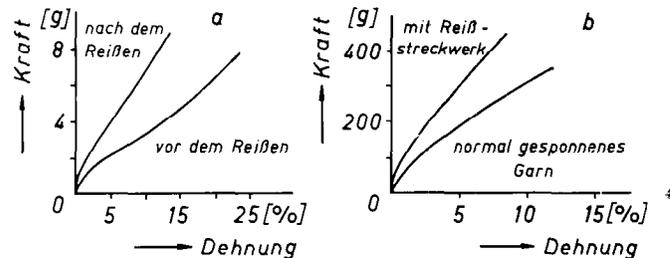


Abb. 8: Kraft-Dehnungsdiagramme

a = der Einzelfasern, b = der Garne

Das Zerteilen des Kabels zwischen einer Spiralschneidwalze und einer Gegenwalze stellt einen Abquetschvorgang dar, der jedoch als Zerschneiden bezeichnet wird. Infolge der Spiralförmigkeit der Schneidwalze wird das Kabel schräg zu seiner Laufrichtung geteilt. Der Schrägschnitt ermöglicht es, das Faserband gleichmäßig zu verziehen. Die Maschinen, die nach dem Schneidprinzip arbeiten, werden als Converter bezeichnet.

Die Firma Phrix AG entwickelte im Jahre 1937 einen Converter, der in der Abb. 9 schematisch dargestellt ist (DRP 730 044 von 1943). Die Eingangswalzen EW führen das Kabel über einen Tisch dem Schneidwerk zu. Auf einer glatten Unterwalze UW läuft eine Schneid-

walze SW, deren Messer schraubengangförmig gewunden sind. Die Schneiden können auch von der Mitte aus gegenläufig sein. Vor der Schneidwalze SW ist eine Walze PW angebracht, die das Kabel auf die Unterwalze UW pressen soll. Dem Schneidwerk folgt ein Dreiwalzen-Streckwerk. Der Abstand zwischen diesen beiden Converter-Elementen ist geringer als die Faserlänge.

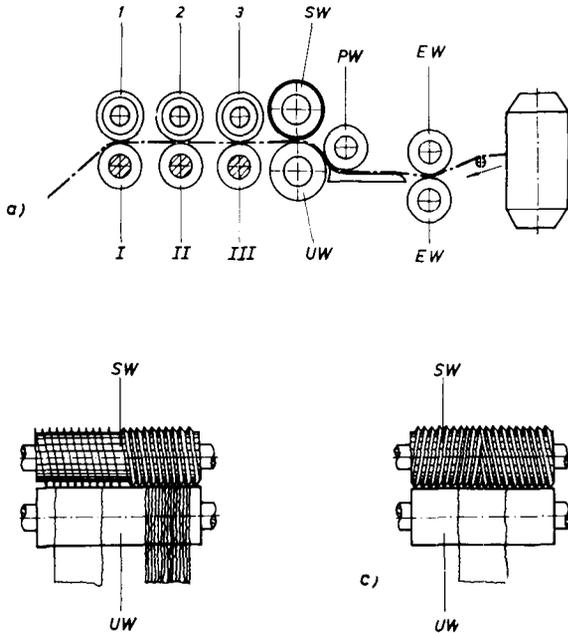


Abb. 9: Phrix-Converter, DRP 730 044 von 1943

Fig. a) Seitenansicht
 Fig. b) Schneidwalze mit gleichlaufenden Schneiden
 Fig. c) Schneidwalze mit gegenläufigen Schneiden
 EW = Eingangswalzen, PW = Preßwalze, SW = Schneidwalze, UW = Unterwalze

Von der Firma The Warner & Swasey Co. wird der Pacific-Converter, dessen Aufbau aus der Abb. 10 hervorgeht, hergestellt. Hinter einer Anzahl von Vorstreckköpfen VS₁ bis VS₃ ist die Schneidvorrichtung, die aus einer Spiralschneidwalze SW mit einer Gegenwalze besteht, angeordnet. Der Raum zwischen den Spiralen der Schneidwalze ist mit Gummi ausgefüllt. Es folgen in der Laufrichtung zwei Brechwalzenpaare BW₂, BW₁. Ihre Aufgabe besteht darin, die Fasern voneinander zu lösen. Dies führt zu einer Verbesserung der Verzugsbedingungen. Anschließend durchlaufen die Fasern zwei Verzugszonen, die jeweils mit einem Unterriemchen UR₁ bzw. UR₂ versehen sind. Über den Fasern befinden sich in den Verzugszonen kleine Riffelwalzen RF₁ und RF₂. Sie besitzen eine höhere Umfangsgeschwindigkeit als die Laufleder. Dadurch verschieben sich die Schnittstellen, was die Gleichmäßigkeit des Spinnbandes erhöht. Es können 20fache Verzüge erreicht werden. Nach dem Verzug wird das Faservlies mit Hilfe einer Diagonalrolle DR zu einem Band geformt. Am Ausgang des Converters ist eine Stauchkammer SK zur Kräuselung angebracht. Dem Faserband können Stapelfasern beigemischt werden. Zwischen den beiden Vorstreckköpfen VS₃ und VS₂ läßt sich eine Heizplatte HP einfügen. Ein besonderer Mechanismus gestattet es, zwei verschiedene Stapellängen zu er-

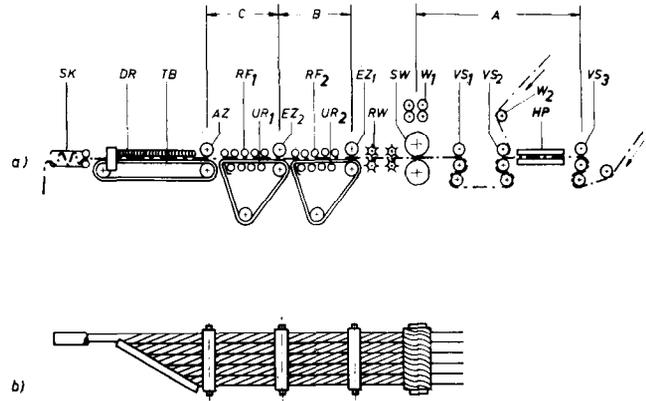


Abb. 10: Der Pacific-Converter der Firma The Warner & Swasey Co.

Fig. a) Schematische Darstellung des Converters
 Fig. b) Schneidvorrichtung und Diagonalrolle
 A = Streckzone, B, C = Verzugszonen, VS₁, VS₂, VS₃ = Vorstreckköpfe, HP = Heizplatte, W₂ = Führungswalze für die Beimischung von nicht heiß-verstrecktem Material, W₁ = Walzenpaare für die Beimischung von Stapelfasern, SW = Spiralschneidwalze mit Gegenwalze, BW₁, BW₂ = Brechwalzen, EW₁, EW₂ = Eingangswalzen, UR₁, UR₂ = Unterriemchen, RF₁, RF₂ = Riffelwalzen, AW = Ausgangswalze, TB = Transportband, DR = Diagonalrolle, SK = Stauchkammer

zeugen. Auf dem Pacific-Converter können Fasern von 3 den bis 6 den (340 mtex bis 680 mtex) verarbeitet werden. Der Converter liefert etwa 60 kg/h und, wenn andere Fasern beigemischt werden, etwa 90 kg/h.

Seit dem Jahre 1956 stellt die Firma Maschinenfabrik Rieter AG den Rieter-Converter her (Abb. 11). Die Kabel werden am Auslauf der Maschine aufgestellt und über die Maschine hinweg den Zuführwalzen ZW zugeleitet. Hierdurch soll Platz gespart und die Kontrolle erleichtert werden. Das Kabel wird von der Spiralschneidwalze SW zerteilt, die im Aufbau der Schneidwalze des Pacific-Converters gleicht. Die Fasern gelangen über ein Transportband in eine Doppelnadelstrecke. Der Verzug kann zwischen 5,5fach und 16fach eingestellt werden. Den Abschluß der Maschine

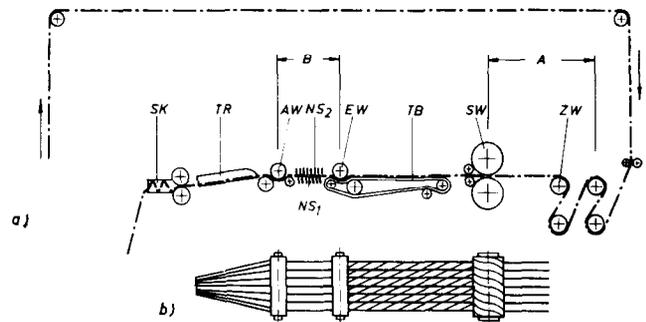


Abb. 11: Der Rieter-Converter

Fig. a) Seitenansicht
 Fig. b) Schneidwalze
 A = Streckzone, B = Verzugszone, ZW = Zuführwalze, SW = Schneidwalze mit Gegenwalze, TB = Transportband, EW = Eingangswalzen der Verzugszone B, AW = Ausgangswalzen der Verzugszone B, TR = Trichter, SK = Stauchkammer, NS₁, NS₂ = Nadelstabfelder

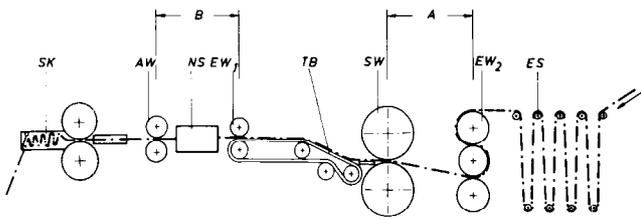


Abb. 12: Der Greenfield-Converter der Firma Courtaulds Ltd. A = Verzugszone, AW = Ausgangswalzen der Verzugszone B, B = Verzugszone, EW₁, EW₂ = Eingangswalzen, ES = Einlaufstab, NS = Doppelnadelstabstrecke, SK = Stauchkammer, SW = Spiralschneidwalze, TB = Transportband

bildet wiederum eine Stauchkammer SK zum Kräuseln. Der Rieter-Converter ist einfacher aufgebaut als entsprechende andere Maschinen. Von der Herstellerfirma werden folgende Produktionsangaben gemacht: Vorlage bis 200 g/m (200 ktex), Faserband 10 g/m (10 ktex) bis 20 g/m (20 ktex), Liefergeschwindigkeit 20 m/min bis 90 m/min, Liefermenge 30 kg/h bis 60 kg/h.

Der Greenfield-Converter (Abb. 12) ist nicht so bekannt wie der Pacific- und der Rieter-Converter. Die Firma Courtaulds Ltd. hat ihn im Jahre 1938 herausgebracht. Im Aufbau ähnelt er dem Rieter-Converter.

In der Abb. 13 wird das Schema des Bycesa-Converters der tschechischen Firma VUTT Liberec gezeigt.

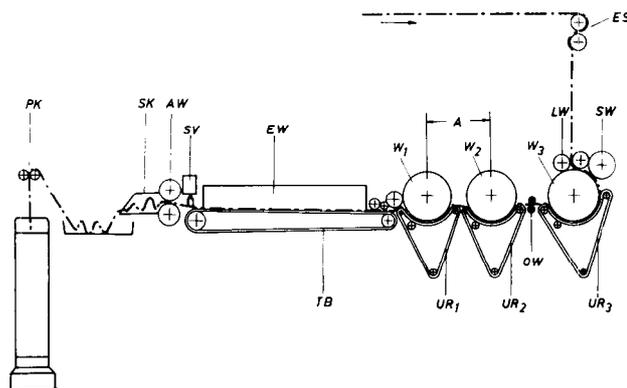


Abb. 13: Der Vycesa-Converter der Firma VUTT Liberec

A = Verzugszone, ES = Einlaufstäbe, EW = Einrollwalze, LW = Lieferwalzen, AW = Ausgangswalzen, OW = Öffnerwalze, PK = Preßkopf, SW = Schneidwalze, SV = Schmelzvorrichtung, SK = Stauchkammer, TB = Transportband, UR₁, UR₂, UR₃ = Unterriemchen, W₁, W₂, W₃ = Stahlwalzen

Das Kabel wird über die Einlaufstäbe ES, die mit einer Knotenabstellvorrichtung versehen sind, von den Lieferwalzen LW in den Converter eingezogen. Die Lieferwalzen lagern auf einer großdimensionierten Stahlwalze S, die gleichzeitig als Gegenwalze für die Spiralschneidwalze SW dient. Die Fasern des zerschnittenen Kabels werden von einem Unterriemchen UR₃, das die Walze W₃ auf der unteren Hälfte umschlingt, dem Öffnerwalzenpaar OW zugeführt. Daran schließt sich eine Verzugszone A an. Sie besteht aus zwei Walzen großen Durchmessers W₂ und W₁, die mit Unterriemchen UR₂ bzw. UR₁ ausgestattet sind. Über ein Transportband TB gelangt das verstreckte Faserband nach den Ausgangswalzen AW. Eine Einrollwalze EW

formt dabei die ausgebreiteten Fasern zu einem Band. Vor den Ausgangswalzen AW ist eine Schmelzvorrichtung SV angebracht. Am Auslauf des Converters erhalten die Fasern in der Stauchkammer SK eine Kräuselung.

Von der Firma Tematex wird ein Converter hergestellt, der speziell zur Herstellung von Stapelfasern für Hochbauschgarne gedacht ist (Abb. 14). 40 % der Elementarfäden werden über ein Einlaufgestell dem Vorstreckkopf VS₂ zugeführt. Zwischen den Vorstreckköpfen VS₂ und VS₁ werden die Fäden mit Hilfe der Heizplatten HP erhitzt und um etwa 80 % gedehnt. Die restlichen 60 % der Elementarfäden werden in der Zone B mit den gestreckten Fäden zusammengeführt. Das vereinigte Band wird anschließend in der Schneidzone C zerschnitten. Die Schneidwalze SW hat eine gewindeförmige Klinge. Das zerschnittene Faserband wird direkt einer Doppelnadelstabstrecke zugeführt. Dem sog. Tematex-Tow-Transformer können Kabel mit einem Ge-

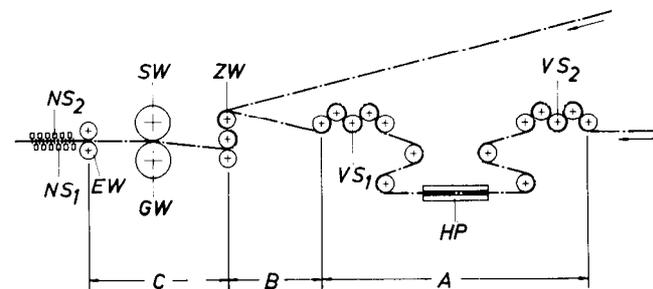


Abb. 14: Tematex Tow-Transformer

A = Streckzone, B = Mischzone, C = Schneidzone, EW = Eingangswalzen für die Doppelnadelabstrecke, GW = Gegenwalze, HP = Heizplatten, NS₁, NS₂ = Nadelstabfelder, SW = Schneidwalze, ZW = Zuführwalzen, VS₁, VS₂ = Vorstreckköpfe

wicht bis zu 220 g/m vorgelegt werden. Bei einer Hitze-Dampf-Behandlung schrumpfen die gestreckten Fasern und geben dem Garn einen bauschigen Charakter.

Einige weitere Verfahren, die keine eigentlichen Kurzspinnverfahren mehr darstellen, erfordern ein Krepeln der Fasern. Hierzu gehört das Mackie-Verfahren, das in der Flachindustrie Verwendung findet. Das Kabel wird zerschnitten und anschließend einer Wergkrepel zugeführt. Ferner gibt es das Nordhorn-Verfahren. Danach wird das Chemiefaserkabel am Kardeneingang auf eine Baumwollstapellänge geschnitten. Bekannt geworden ist weiter das Wegener-Verfahren. Es gestattet die Verarbeitung von Seidenabfällen nach einem abgewandelten französischen Kammgarnspinnverfahren. Die Seidenabfälle werden geöffnet, anschließend auf eine vorbestimmte Stapellänge geschnitten und dann gekrepelt.

Nach den Direktspinnverfahren werden Garne direkt aus endlosen Kabeln hergestellt. Es entfallen nicht nur die Karde, sondern auch die Strecken und die Kammmaschinen. Das Kabel, das der Direktspinnmaschine vorgelegt wird, hat ein Gewicht von 0,1 g/m (0,1 ktex) bis 1 g/m (1 ktex). Es wird ohne Lokalisierung der Bruchstelle oder mit Lokalisierung der Bruchstelle zerrissen.

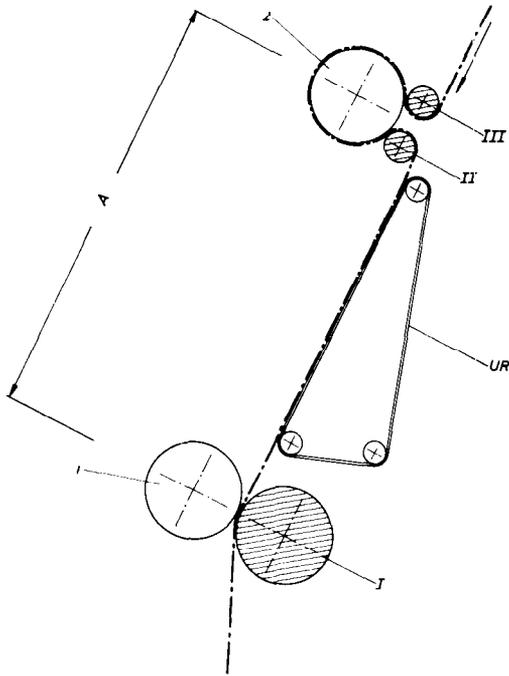


Abb. 15: Das Direktspinnverfahren nach Saco Lowell I
A = Reißzone, UR = Unterriemchen

Das Direktspinnverfahren nach Saco Lowell I (erste Ausführung) arbeitet nach dem Prinzip des Zerreißen ohne Bruchlokalisierung. Es wurde um das Jahr 1946 entwickelt und ist sehr einfach aufgebaut (Abb. 15). Die Einzugsvorrichtung besteht aus einer großen Druckwalze 2, die auf relativ dünnen Unterwalzen läuft. Die Elementarfäden können an einer beliebigen Stelle der Reißzone A zerreißen. Sie werden von unten her durch ein endloses Unterriemchen UR, das die Eingangsgeschwindigkeit des Kabels besitzt, geführt. Das Vorlagegewicht beträgt 0,5 g/m (0,5 ktex). Der Verzug beträgt maximal 50fach. Die günstigste Reißzonenlänge von 300 mm ergibt eine durchschnittliche Faserlänge von 170 mm.

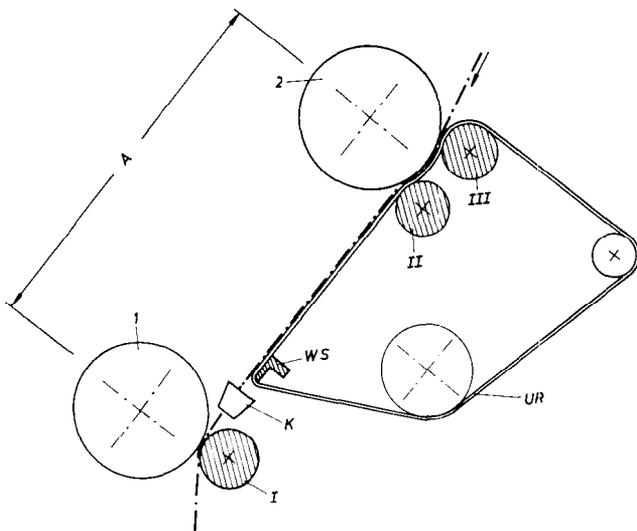


Abb. 16: Das Direktspinnverfahren nach Zinser
A = Reißzone, UR = Unterriemchen, WS = Wendeschiene, K = Verdichter

Das Direktspinnverfahren nach Zinser, das von der Firma Zinser Textilmaschinen GmbH gemeinsam mit der Firma Süddeutsche Zellwolle AG entwickelt wurde, ist in der Abb. 16 dargestellt. Es enthält in der Reißzone vor den Ausgangswalzen zusätzlich einen Verdichter K, der eine gute Faserführung gewährleistet. Das Kabel umschlingt die Druckwalze 2 nicht. Es wird zwischen den Unterwalzen II und III von dem Riemen UR geführt. Das Vorlagegewicht beträgt 0,6 g/m (0,6 ktex). Die Reißzonenlänge läßt sich von 160 mm bis 500 mm verstellen.

In der Konstruktion ist das japanische Direktspinnverfahren nach Toho I (erste Ausführung), das in der Abb. 17 wiedergegeben ist, nicht so einfach wie die Verfahren nach Saco Lowell I und nach Zinser. Das

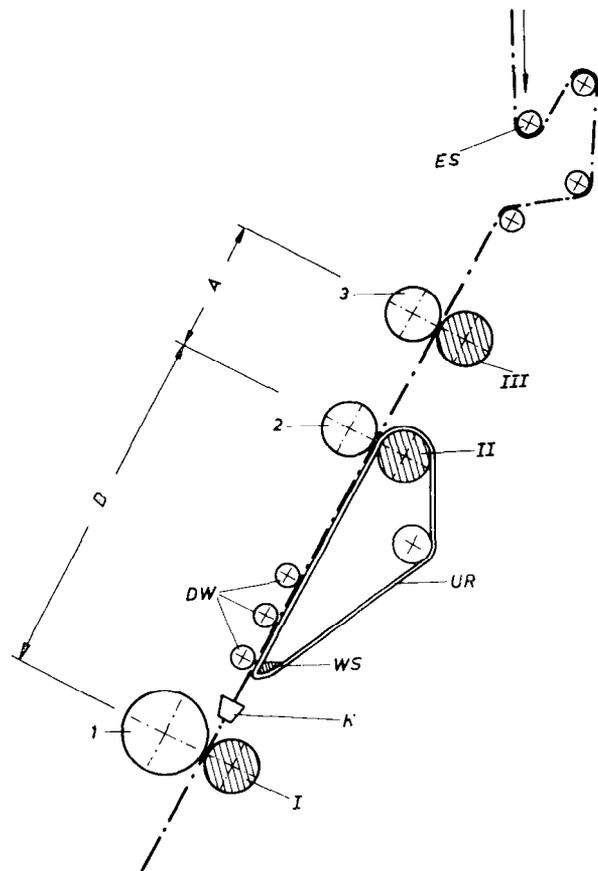


Abb. 17: Das Direktspinnverfahren nach Toho I
A = Reißzone, B = Verzugszone, ES = Einlaufstab, K = Verdichter, DW = Durchzugswalze, UR = Unterriemchen

Streckwerk ist in eine Reißzone A und in eine Verzugszone B aufgeteilt. Vor der Reißzone A sind mehrere Einlaufstäbe ES angeordnet. Die Reißzone A selbst enthält keine Führungselemente. Die Verzugszone B ist mit einem Unterriemchen UR ausgestattet, das von der Walze II angetrieben wird. Auf dem Unterriemchen UR laufen drei Durchzugswalzen DW. Zwischen dem Unterriemchen UR und den Ausgangswalzen I/1 befindet sich ein Verdichter K. Die Aufteilung des Streckwerkes in eine Reißzone und in eine Verzugszone ist vorteilhaft. In der Reißzone kann für alle Kabelgewichte mit optimalen Bedingungen gearbeitet werden. Die gewünschten Garnnummern lassen sich durch eine Verzugsänderung in der Verzugszone erzielen. Das Vor-

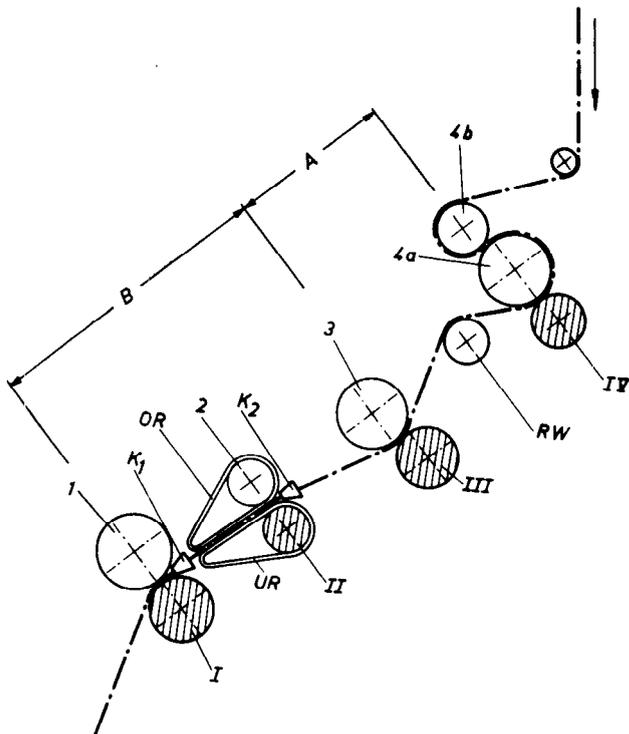


Abb. 18: Das Direktspinnverfahren nach Toho II

A = Reißzone, B = Verzugszone, K_1, K_2 = Verdichter, OR = Oberriemchen, RW = Reibwalze, UR = Unterriemchen

lagegewicht beträgt 0,3 g/m (0,30 ktex) bis 0,7 g/m (0,72 ktex). Die Länge der Reißzone ist von 63,5 mm bis 127 mm einstellbar. Die Verzugszone ist 165 mm lang. Der Reißverzug beträgt nur 2- bis 4fach. Es ist ein 50facher Gesamtverzug möglich.

Die Bruchstelle kann auf verschiedene Weise lokali-

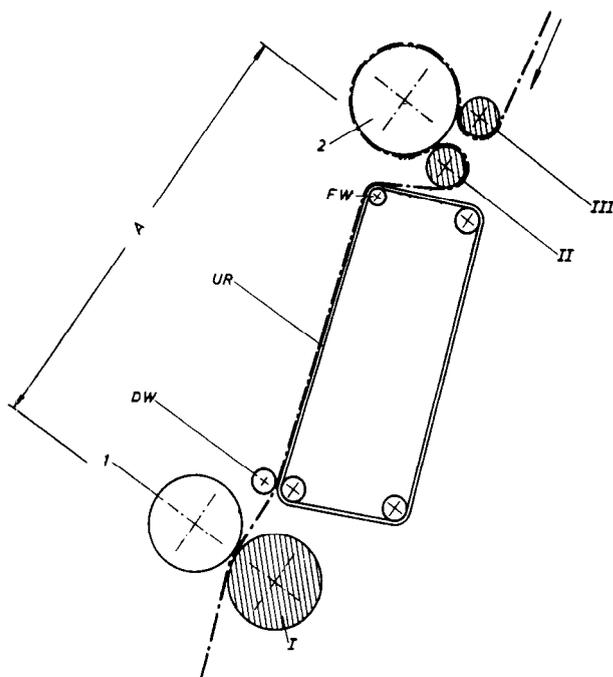


Abb. 19: Das Direktspinnverfahren nach Saco-Lowell II

A = Verzugszone, DW = Durchzugswalze, FW = Führungswalze, UR = Unterriemchen

siert werden. Das einfachste Direktspinnverfahren, das mit einer Lokalisierung der Bruchstelle arbeitet, ist das japanische Verfahren nach Toho II (zweite Ausführung) (Abb. 18). In der Reißzone A wird das Kabel über eine Reibwalze RW geführt. Die Fäden reißen bevorzugt an der Reibstelle. An die Reißzone A schließt sich eine Verzugszone B an. Sie ist mit einem Riemenpaar OR und UR sowie mit zwei Verdichtern K_1 und K_2 zur Führung der Fasern ausgestattet.

Ähnlich aufgebaut ist das Direktspinnverfahren nach Takagi (BP 759 939 von 1954).

Auch bei dem Verfahren nach Saco Lowell II (zweite Ausführung) (Abb. 19) wird die Lokalisierung der Bruchstelle auf einfache Weise erreicht. Das Kabel wird zwischen den Eingangswalzen und den Ausgangswalzen von dem Unterriemchen UR, das um die Führungswalze FW läuft, nach oben ausgelenkt. Das Unterriemchen UR bewegt sich bei dem Verfahren nach Saco Lowell II nicht mit der Umfangsgeschwindigkeit der Eingangswalzen, sondern nahezu mit der Umfangsgeschwindigkeit der Ausgangswalzen. Daher zerreißen die Fäden des Kabels in erster Linie auf der kurzen Strecke zwischen den Eingangswalzen und dem Knickpunkt des Unterriemchens UR. Die mittlere Faserlänge entspricht etwa der Strecke von diesem Knickpunkt bis zu den Ausgangswalzen. Mit dem Verfahren nach Saco Lowell II lassen sich gegenüber dem Verfahren nach Saco Lowell I nicht nur größere Stapellängen, sondern auch höhere Reißfestigkeiten und Dehnungen erreichen. Der maximal anwendbare Verzug beträgt 75fach. Es können Garne bis zur metrischen Nummer Nm 150 (6,80 tex) gesponnen werden.

Das Direktspinnverfahren der Firma Du Pont (BP 681 171 von 1949) weicht nur geringfügig von dem zweiten Verfahren der Firma Saco Lowell Shops Ltd. ab.

Die Firma Soc. de Constructions Mécaniques de Stains entwickelte ein Direktspinnverfahren mit einem Prisma P in der Reißzone A (Abb. 20). Mehrere Stäbe

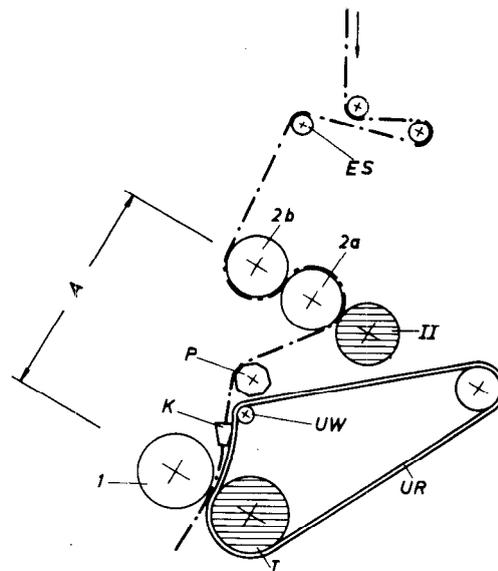


Abb. 20: Das Direktspinnverfahren der Firma Soc. de Constructions Mécaniques de Stains

A = Reißzone, ES = Einlaufstäbe, K = Verdichter, P = Prisma, UR = Unterriemchen, UW = Umlenkwalze

ES und ein Eingangswalzen-Trio bilden die Einzugs-
 vorrichtung. Das Kernstück des Verfahrens ist das
 rotierende Prisma P, welches das Kabel auslenkt. Die
 Fäden reißen vorzugsweise an den scharfen Kanten
 des Prismas. Die Ecken des Prismas bewirken ein Vi-
 brieren des Kabels. Dadurch lösen sich leichte Faser-
 verklebungen. Zwischen dem Prisma und den Ausgangs-
 walzen werden die Fasern durch ein Unterriemchen
 UR geführt, das um die Ausgangswalze geschlungen
 ist. Vor den Ausgangswalzen ist ein Verdichter K an-
 gebracht. Nach dem Stains-Verfahren werden Fäden
 mit einem Einzeltiter zwischen 0,5 den (56 mtex) und
 6 den (560 mtex) verarbeitet. Der Verzug ist zwischen
 5- und 50fach einstellbar. Bei den metrischen Garn-
 nummern Nm 180 (5,6 tex) und Nm 24 (42 tex) betra-
 gen die Liefergeschwindigkeiten 10,5 m/min bzw. 22 m/
 min.

In der Abb. 21 ist ein in der Tschechoslowakei ent-
 wickeltes Direktspinnverfahren veranschaulicht. Das

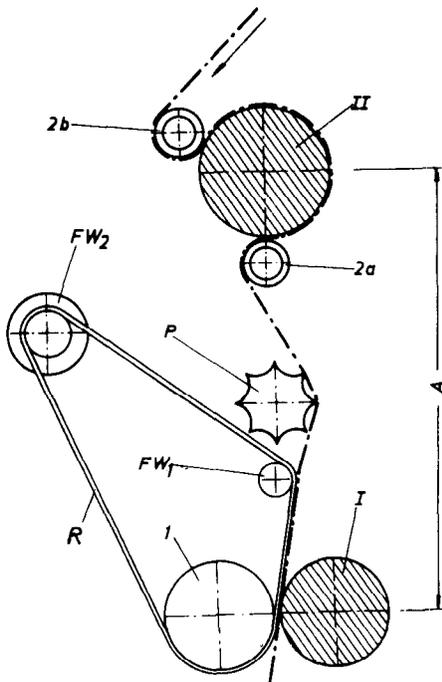


Abb. 21: Tschechisches Direktspinnverfahren

A = Reißzone, FW_1 , FW_2 = Führungswalzen, P = Prisma,
 R = Riemchen

Verfahren wird bei der Verarbeitung von Viskose-
 spinnband verwendet. Ein Eingangswalzen-Trio II, 2a,
 2b zieht das Spinnkabel in das Streckwerk. In der
 Reißzone ist ein scharfkantiges, rotierendes Prisma P
 angebracht, über welches das Kabel geleitet wird. Zwi-
 schen dem Prisma P und den Ausgangswalzen werden
 die Fasern von einem Riemchen R, das um die
 Führungswalzen FW_1 , FW_2 und um die Walze 1
 läuft, geführt.

Seit dem Jahre 1953 baut die Firma Maschinenfabrik
 Rieter AG die Cutdrafil-Ringspinnmaschine. Das Direkt-
 spinn-Streckwerk, das in der Abb. 22 im Schema ver-
 anschaulicht ist, besitzt in der Reißzone A eine spi-
 ralförmige Schneidwalze SW. Diese arbeitet ohne Ge-
 genlage. Der Zerteilungsvorgang gleicht daher mehr
 einem Reißen als einem Schneiden. Es werden diejeni-

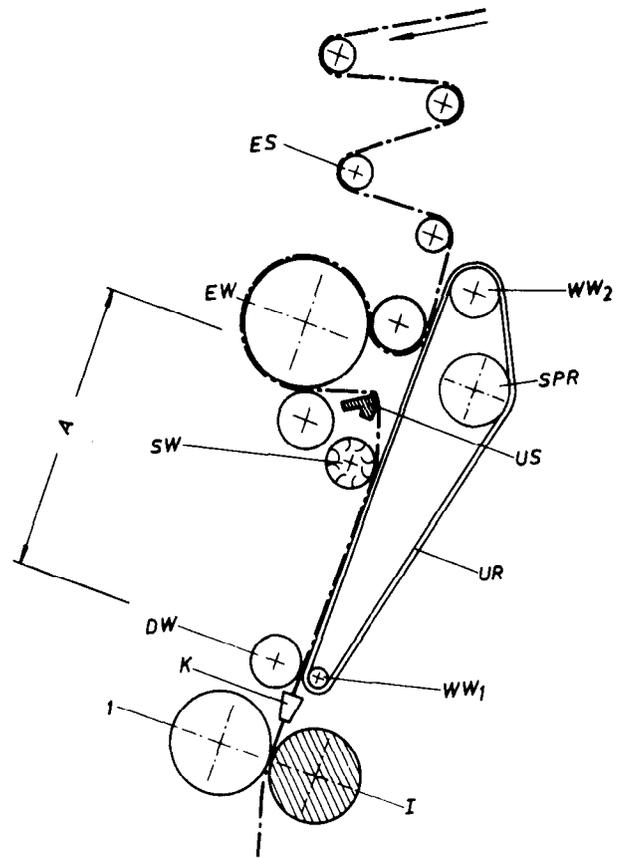


Abb. 22: Das Direktspinnverfahren der Firma Maschi-
 nfabrik Rieter AG (Cutdrafil-Ringspinnmaschine)

A = Reißzone, ES = Einlaufstäbe, EW = Eingangswalze,
 DW = Durchzugswalze, K = Verdichter, US = Umlenkschi-
 ne, UR = Unterriemchen, SW = Spiralschneidwalze, SPR =
 Spannrolle, WW_1 , WW_2 = Wendewalzen

gen Fäden zerrissen, die von den Ausgangswalzen er-
 faßt und gegen die Schneidwalze SW gezogen wer-
 den. Das Kabel wird von einer Umlenkschiene US
 ausgelenkt. Der Auslenkwinkel des Kabels beeinflusst die
 Schärfe des Schneidwalzeneingriffs. Er läßt sich durch
 Verstellung der Umlenkschiene US verändern. Auf der
 Cutdrafil-Ringspinnmaschine können Fäden bis zu
 einem Einzelfadentiter von 5 den (560 mtex) verarbei-
 tet werden. Es kann eine mittlere Faserlänge von
 50 mm bis 150 mm erzeugt werden. Der Verzug be-
 trägt 4- bis 60fach. Die Liefergeschwindigkeit wird mit
 10 m/min bis 20 m/min angegeben. Bei dem Direkt-
 spinnverfahren nach Rieter ist von Vorteil, daß die

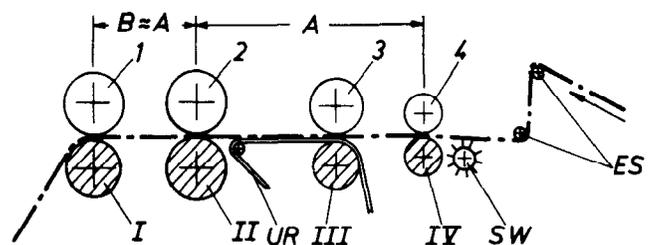


Abb. 23: Direktspinnverfahren der Firma T. T. M. (Research)
 BP 843 283 von 1958

A = Reißzone, B = Verzugszone, ES = Einlaufstäbe, SW =
 Schlagwalze, UR = Unterriemchen

Fäden durch das Reißen an den scharfen Schneiden keiner hohen Beanspruchung ausgesetzt sind. Daher verändern sich die Festigkeits- und Dehnungseigenschaften nur unwesentlich.

Das Direktspinnverfahren der Firma T. M. M. (Research) sieht eine Schlagwalze vor der eigentlichen Reißzone vor (Abb. 23). Das Kabel wird über zwei Einlaufstäbe ES geführt, welche die Kabeleinstellung zur scharfkantigen Schlagwalze SW bestimmen und gleichzeitig das Kabel ausbreiten sollen. Der Reißvorgang findet in der Zone A statt. Zwischen den Eingangs- und den Ausgangsreißwalzen ist ein Blindwalzenpaar III/3 mit einem Unterriemchen UR angebracht. Die Walze III bewegt sich mit einer Geschwindigkeit, die etwas größer als die Geschwindigkeit der Eingangswalze IV ist. Auf die Reißzone A folgt eine Verzugszone B, über deren Ausführung keine näheren Angaben gemacht werden können.

Direktgesponnene Garne werden bislang nur für Sonderforderungen verwendet. So läßt sich beispielsweise das Meryl-Garn direkt bis zur metrischen Nummer Nm 200 (5 tex) und sogar darüber ausspinnen. Das hergestellte Garn soll bedeutend gleichmäßiger sein als die bislang nach den üblichen klassischen Verfahren hergestellten Stapelfasergarne; es hat allerdings den Nachteil eines sehr geringen Volumens und kommt damit dem Endlos-Garn erheblich näher als den nach den klassischen Verfahren gesponnenen Garnen. Neben der Kostenfrage haben die Direktgarne einen großen Schrumpf, wenn die Einzelfäden – verfahrensbedingt – überstreckt wurden und dadurch einen hohen Prozentsatz an Dehnung verloren. Die Folge davon ist, daß sie bei einer Naßbehandlung stärker schrumpfen als normal gesponnene Garne. Diese Tatsache ergibt Schwierigkeiten, wenn Direktgarne in Verbindung mit anderen Garnen Verwendung finden, wobei unterstellt wird, daß ein Schrumpfen – den Gegebenheiten entsprechend, auch für besondere Effekte vorteilhaft sein kann. Es ist jedoch zu erwarten, daß auch das Direktspinnverfahren im Laufe der Zeit weiterentwickelt wird und sich einen Platz – besonders für die Herstellung feiner Garne – sichert. Vor allem bereitet die Herstellung kurzstapeliger Fasern, die nach dem Baumwollspinnverfahren verarbeitet werden, erhebliche Schwierigkeiten. Das Reißen scheidet aus konstruktiven Gründen aus. Bei Verwendung von Schneid-Convertern ist es jedoch möglich, Fasern von 40 mm bis 50 mm Länge herzustellen. Nach Überwindung der noch bestehenden Schwierigkeiten ist zu vermuten, daß sich die höheren Kosten für die Herstellung der Kabel durch die niedrigen Investitions- und Verarbeitungskosten in der Spinnerei aufheben. Im Direktspinnverfahren werden unmittelbar sehr feine und relativ gleichmäßige Garne ohne jegliche Vorbereitung und bei relativ niedrigen Maschinenkosten hergestellt werden können.

Zur Zeit werden die Chemiefasern überwiegend nach dem Kammgarn- bzw. nach dem Baumwollverfahren verarbeitet. Seit einiger Zeit häufen sich die Bestrebungen, besonders in der Baumwollspinnerei den Verarbeitungsprozeß weitgehend zu automatisieren. Für eine vollständige Automation ist es erforderlich, den Flyer aus dem Spinnprozeß auszuschalten. Das Garn wird direkt aus dem Faserband gesponnen. Dieses Faserband kann als Kannenband oder als Kreuzwickelband, das mit Falschdraht versehen ist, vorliegen.

Vom Institut für Textiltechnik der Technischen Hochschule Aachen wurden daher Versuche durchgeführt, inwieweit das Faserbandspinnen bei der Herstellung von Zellwollgarnen angewendet werden kann.

Aus einer Zellwolle (Titer 1,5 den), deren Schnittlänge 38 mm betrug, wurden Garne der metrischen Nummern Nm 40 und Nm 50 hergestellt. Die Garne wurden sowohl aus einem Wickelband als auch aus einem Kannenband gesponnen. Als Vergleichsgarn diente ein Garn, das nach dem klassischen Dreizylinder-Verfahren gefertigt wurde. Die Spinnpläne für die drei Garne sind aus der Abb. 24 ersichtlich.

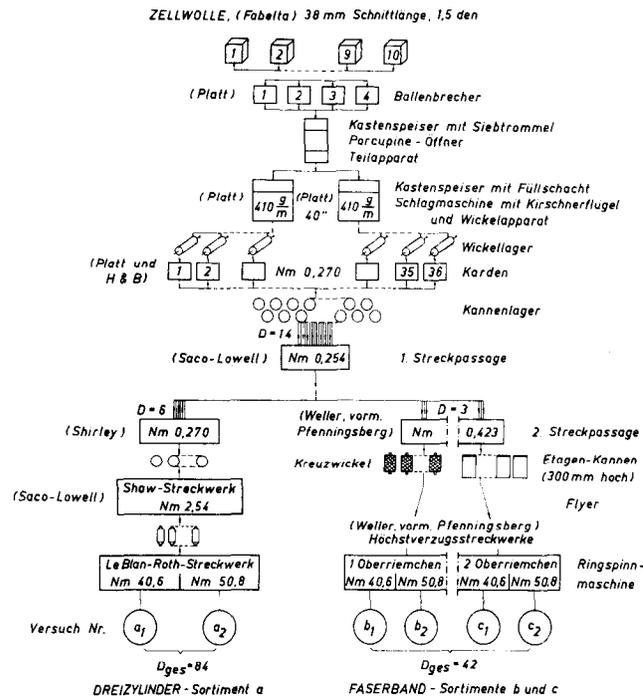


Abb. 24: Spinnplan der Zellwoll-Spinnversuche bei der Dreizylinder- und Faserbandspinnerei C. A.

Das Öffnen der Zellwolle muß möglichst faserschonend und abfallfrei erfolgen. Der Auflösevorgang soll nicht zu intensiv geschehen. Deshalb wird kein Crigh-tonöffner verwendet. Die Zellwoll-Ballen sind hart gepreßt. Deswegen wird ein Kastenspeiser mit Porcupine-Voröffner benutzt. Der Kirschnerflügel löst im Vergleich zu einem Schienenschläger die Zellwolle weit-aus schonender und nissenfreier auf. Er soll an der Schlagmaschine ca. 700 Umdrehungen je Minute, bei kleinen Faserschnittlängen höchstens 850 Umdrehungen je Minute haben. Eine Reinigungswirkung ist nicht erforderlich. Damit die Luft Einlaß findet, jedoch kein Fasergut nach außen gelangt, werden die Roststäbe entweder umgedreht, d. h. es wird die Schlagfläche vom Rückstreicher abgekehrt, oder der Rost wird mit einem perforierten Blech abgedeckt.

An den Karden bedarf es nur geringer Abänderungen. Der Vorreißer, dessen Sägezahngarnitur einwandfrei beschaffen sein muß, soll im Durchschnitt 30% langsamer laufen. Die Körner- bzw. Schalenmesser sind zurückzusetzen oder zu entfernen, der Vorreiß- und der Trommelrost sind abzudecken. Damit möglichst wenig Deckelstrips anfällt, kann die Deckelgeschwindigkeit auf ca. die Hälfte verringert werden.

Bei den Streckenpassagen sind die Walzenabstände der Faserschnittlänge anzupassen. Im allgemeinen bedeutet dies, daß Verzugsverhältnisse geschaffen werden müssen, wie sie etwa bei einer entsprechend langstapeligen Baumwolle üblich sind. Beispielsweise wurde bei der zweiten Streckenpassage (Shirley, Vierzylinder-Streckwerk) das Eingangsstreckfeld um 1,7 mm, das mittlere Streckfeld um 6,5 mm und das des Ausganges um 10,4 mm weiter als die vorliegende Nominal-Schnittlänge von 38 mm gestellt.

Auch am Saco-Lowell-Flyer mit Shaw-Streckwerk wurden die Verzugsverhältnisse (Walzenabstände, Teilverzüge und Luntennummer) der 38-mm-Schnittlänge angepaßt. Infolge der bei Zellwolle erforderlichen wesentlich niedrigeren Lunten-Drehungskoeffizienten liegt hier, trotz herabgesetzter Spindendrehzahlen, eine größere Liefergeschwindigkeit vor. Die voluminösere Zellwolle erfordert vielfach einen etwas größeren Wagenwechsel. Bei den für Baumwolle üblichen kurzen Windungskegeln rutschen die glatten Zellwoll-Lunten leicht ab. In diesem Falle ist die Herstellung längerer Spulenkegel notwendig.

An der Ringspinnmaschine kann wegen der relativ einheitlichen Stapellänge der Zellwolle im allgemeinen mit höheren Verzügen als bei Baumwolle gearbeitet werden. Beim Le Blan-Roth-Streckwerk muß das Gewicht der Durchzugswalze mitunter beträchtlich verringert werden. Die Belastungen der Druckwalzen hingegen sind bei Zellwolle in der Regel größer als bei Baumwolle. Einwandfreie Unter- und Oberwalzen sind für Zellwolle noch wichtiger als für Baumwolle. Ihre Abnutzung, Beschädigung, Unsauberkeit und ihre eventuell vorhandene Exzentrizität wirken sich bei der empfindlicheren Zellwolle besonders ungünstig aus. Die Drehungskoeffizienten der Zellwollgarne sind weitaus kleiner als die der entsprechenden Baumwollgarne. Auch hier neigen die Fadenlagen zum Abrutschen. In einem solchen Falle sind sowohl der Cop-Ansatz als auch die Cop-Spitze zu verlängern und die Hubfrequenz der Ringbank zu erhöhen, so daß der Grad der Verkreuzung der Garnwindung vergrößert wird.

Bei einer kurzgeschnittenen Zellwolle erhöht sich die Reißfestigkeit mit zunehmender Drehung langsamer als bei einer langgeschnittenen. Aus diesem Grunde sind bei der Herstellung reiner Zellwollgarne so große Schnittlängen auszuwählen, wie es die maximal einstellbaren Walzenabstände (Streckfeldweiten) der jeweils vorliegenden Maschinentypen gestatten. Die Grenze liegt bei vielen Baumwoll-Streckwerken bei 40 mm. Eine höhere Reißfestigkeit läßt sich auch mit einer größeren Feinheit der Einzelfasern erzielen. Der Steigerung der Faserfeinheit sind jedoch infolge der zunehmenden Noppenbildung im Bereich feinerer Fasertiter (1,1 den bis 1,2 den) Grenzen gesetzt. Für die Herstellung von Zellwollgarnen mittlerer Feinheit und sehr guter Festigkeit ist die Wahl eines Fasertiters von 1,5 den und einer Schnittlänge von 38 mm bis 40 mm vorteilhaft. Soll die Reißkraft dieser Garne erhöht werden, so ist, falls die vorhandenen Streckfeldweiten es gestatten, bei derselben Faserfeinheit zunächst die Schnittlänge zu vergrößern. Erst wenn diese Maßnahme nicht genügt, ist eine größere Faserfeinheit in Erwägung zu ziehen.

Für alle Versuche stand das gleiche Faserband mit der Nummer Nm 0,254 (3,94 ktex) zur Verfügung. Es

wurde mit D = 14 Doublierungen und einem 13,7fachen Verzug auf einer Fünfzylinder-Streckenpassage (I. Streckenpassage, Saco-Lowell) gefertigt. Anschließend erfolgt die Weiterverarbeitung auf den drei verschiedenen Sortimenten a, b und c.

Dreizylinder-Sortiment a:

Endstrecke (Shirley) mit Vierzylinderstreckwerk, Flyer (Saco-Lowell) mit Shaw-Hochverzugsstreckwerk und Ringspinnmaschine mit Le Blan-Roth-Streckwerk. Gesamtdoublierung D_{ges} = Streckendoublierung = 84.

Faserband-Sortiment b:

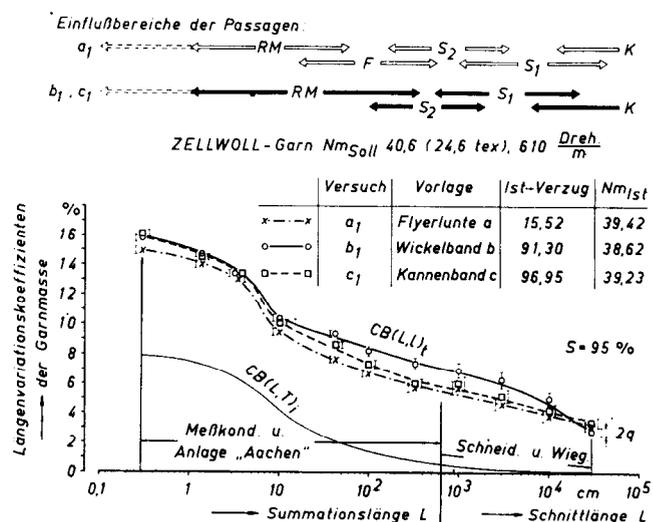
Endstrecke mit Drei- über Vierzylinderstreckwerk und Kreuzwickelbildung (Weller, vorm. Pfenningsberg) sowie Ringspinnmaschine mit Vierzylinder-Höchstverzugsstreckwerk, das ein Oberriemchen hat (Weller, vorm. Pfenningsberg). Gesamtdoublierung D_{ges} = Streckendoublierung = 42.

Faserband-Sortiment c:

Endstrecke mit Drei- über Vierzylinderstreckwerk und Bandablage in Etagenkannten (Weller, vorm. Pfenningsberg) sowie Ringspinnmaschine mit Vierzylinder-Höchstverzugsstreckwerk, das zwei Oberriemchen hat (Weller, vorm. Pfenningsberg). Gesamtdoublierung D_{ges} = Streckendoublierung = 42.

Zur Beurteilung der Garne wurden Längenvariationskurven und Spektrogramme herangezogen. Die Längenvariationskurven für die Garne Nm 40 sind in der Abb. 25 dargestellt.

Das mit einer Hochverzugs-Flyerpassage (Dreizylinder-Sortiment a) hergestellte Garn a_1 hat im Bereich



L (cm)	0,3	1,38	3,54	10,1	42,8	99,4	325,7	10 ³	3 · 10 ³	10 ⁴	3 · 10 ⁴
N_{ges}	bis 12 000	8 900	7 500	4 500	2 900	2 100	800	300	250	200	150
l (m)	= 1000			= 5000			= 75 700				
N_C	50 Cops (20 m je Cop)						50 Cops		50 Cops		
Messen	Meßkondensator, Summations- u. Klassieranlage „Aachen“							Schneiden u. Wiegen			

Abb. 25: Zellwollgarn Nm 40,6 (24,6 tex): Tatsächliche und ideale Längenvariationskurven CB (L, l)_t und CB (L, T)_i des Merkmals Materialdichte (Garnmasse, -gewicht)

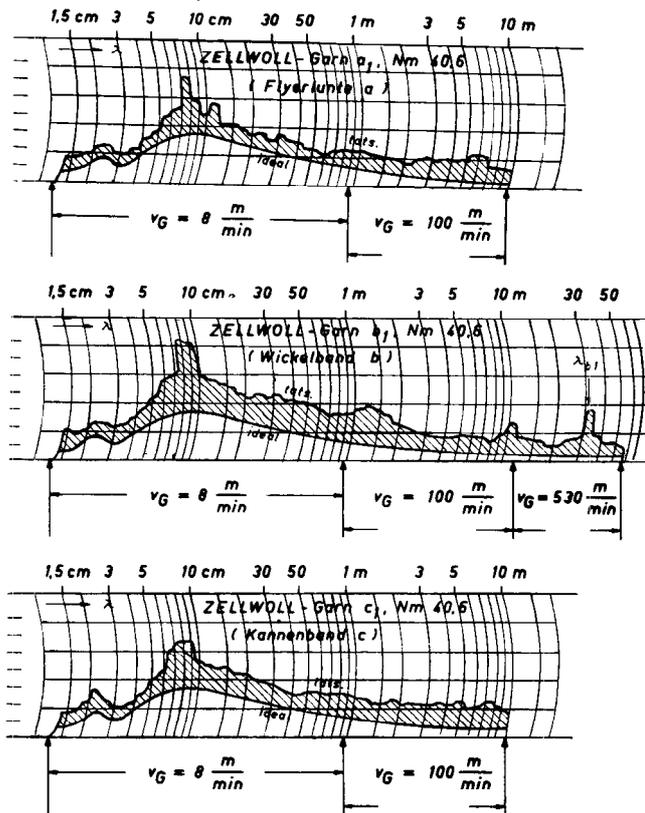


Abb. 26: Zellwollgarn Nm 40,6 (24,6 tex): Tatsächliche und ideale Spektrogramme des Merkmals Materialdichte

kleiner Garnlängen L , dem Einflußbereich des RM-Verzuges, und im Bereich mittlerer Längen L , dem Einflußbereich des Flyers, die niedrigsten Längenvariationskoeffizienten $CB(L, 1)_t$. Es ist folglich von den hergestellten Garnen am gleichmäßigsten.

Die Spektrogramme der drei Garne sind aus der Abb. 26 ersichtlich. Das Spektrogramm des Dreizylindergarnes a_1 hat gegenüber den Spektrogrammen der nach dem Faserband-Spinnverfahren hergestellten Garne b_1 und c_1 im kurz- und mittelwelligen Schwankungsbereich (Wellenlängenbereich) einen kleineren, durch Schraffur gekennzeichneten „Störungs“-Anteil. Das Garn b_1 des „Kreuzwickelfeinspinnens (RM-Streckwerk mit einem Oberriemchen)“ hat im Bereich mittlerer Garnlängen L größere $CB(L, 1)_t$ -Werte und im mittelwelligen λ -Bereich des Spektrogramms einen größeren, durch Schraffur gekennzeichneten Störungs-Anteil als das Garn c_1 des „Kreuzwickelfeinspinnens (RM-Streckwerk mit zwei Oberriemchen)“. Die Neigung des Garnes c_1 zur Bildung ausgeprägter Verzugswellen ist geringer als die des Garnes b_1 . Bei dem Sortiment b traten an den Umkehrpunkten des Kreuzwickelaufbaues streng periodische Bandspannungs-Fehlerzüge auf. Die im Bereich großer Garnlängen L (= Nummernschwankungsbereich der $CB(L, 1)_t$ -Kurven) erkennbaren zu großen $CB(L, 1)_t$ -Werte und die im Bereich großer Schwankungslängen (langwelliger λ -Bereich der Spektrogramme) wahrnehmbare schmale, hohe Spektrogramm-Spitze erlauben eine entsprechende Lokalisierung der Periode des Garnes b_1 . Mit Ausnahme des mit einer langwelligen Periode behafteten Garnes b_1 lassen die beiden übrigen Garne a_1 und

c_1 im $CB(L, 1)_t$ -Bereich großer Garnlängen L , d. h. im Nummernschwankungsbereich bzw. im Einflußbereich Unterschiede erkennen.

Aus den Garnen wurden Gewebe hergestellt. Die Beurteilung der Gewebeungleichmäßigkeit erfolgte mit Hilfe von Flächenvariationskurven (Abb. 27). Die tatsächliche Flächenvariationskurve $CB(F, f)_{t,t}$ des mit dem flyerlos hergestellten Garn b_1 gefertigten Gewebes liegt, der Rangfolge des $CB(L, 1)_t$ -Verhaltens entsprechend, höher. Die $CB(F, f)_{t,t}$ -Kurve des mit dem Dreizylindergarn a_1 hergestellten Gewebes liegt tiefer und somit günstiger.

Die bei den größeren Garnen a_1 , b_1 und c_1 der Nummer Nm 40,6 gemachten Feststellungen gelten ausnahmslos auch für das Längenvariationsverhalten, für die Spektrogramme und für das Flächenvariationsverhalten der feineren Garne Nm 50 (a_2 , b_2 und c_2). Das unterschiedliche Längenvariationsverhalten im Bereich kleiner Garnlängen L war bei der Garntafelbeschau wiederzufinden. Die Dreizylindergarne konnten von den Garnen, die nach dem Faserband-Spinnverfahren hergestellt wurden, eindeutig getrennt werden. Nicht so leicht und eindeutig war eine Trennung derjenigen Garne, die innerhalb des Faserband-Spinnverfahrens einmal vom Kreuzwickel- und ein anderes Mal vom Kannenband feingesponnen wurden. Im Durchschnitt erschienen die Garntafeln der Garne des „Kannenbandfeinspinnens (RM-Streckwerk mit zwei Oberriemchen)“ etwas gleichmäßiger als die des „Kreuzwickelfeinspinnens (RM-Streckwerk mit einem Oberriemchen)“.

Die Beschau der kleinen, mittleren und großen Flächen der Testgewebe (Abb. 28 und Abb. 29) ergibt folgende Aussagen:

1. Das günstigere Ungleichmäßigkeitsverhalten der Dreizylindergarne a_1 und a_2 ist bei den mittelflächigen Gewebebildern wiederzufinden (Abb. 28, Fig. a, sowie Abb. 29, Fig. a). Diese Gewebeflächen wirken im Aussehen ruhig.
2. Demgegenüber wirken die Gewebe, die nach dem Faserband-Spinnverfahren erzeugte Schußgarne enthalten, im Aussehen etwas schnittig und streifig,

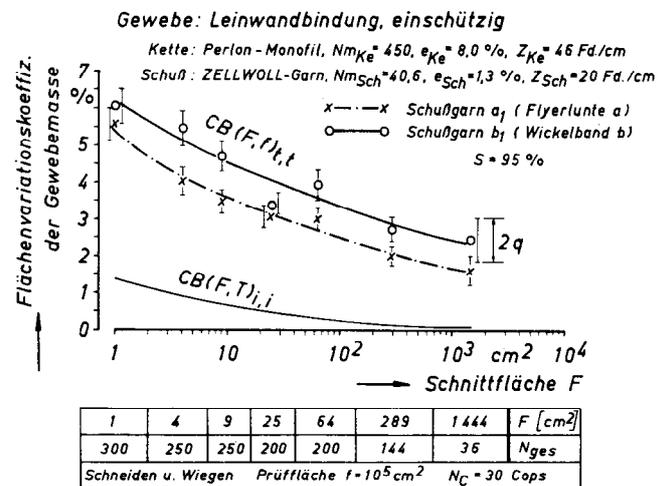


Abb. 27: Zellwoll-Schußgarn Nm 40,6 (24,6 tex): Tatsächliche und ideale Flächenvariationskurven $CB(F, f)_{t,t}$ und $CB(F, T)_{i,i}$ des Merkmals Materialdichte (Gewebemasse, -gewicht)

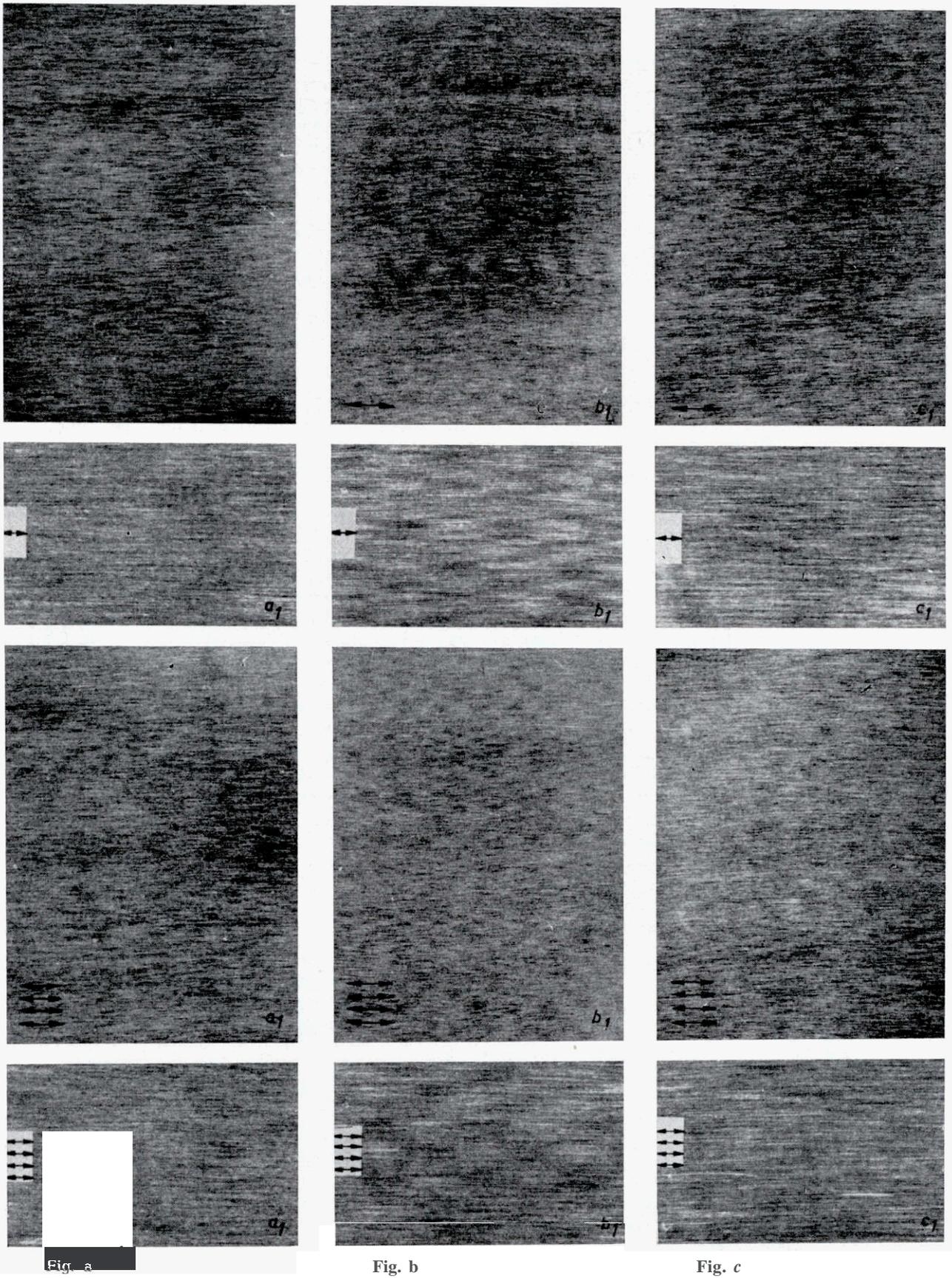


Fig. a

Fig. b

Fig. c

Abb. 28: Zellwoll-Schußgarn Nm 40,6 (24,6 tex), 610 Drehg./m: Aussehen mittel- und großflächiger Test-Gewebe

Originalgröße der mittleren Flächen 25 × 15 cm,
der großen Fläden 88 × 115 cm,
ein- bzw. vierschützig Webart

Fig. a) Schußgarn a₁ (Dreizylinder-Sortiment a,
Feinspinnen von Flyeriunte)

Fig. b) Sdiußgarn b₁ (Faserband-Sortiment b,
Feinspinnen vom Kreuzwickelband)

Fig. c) Schußgarn c₁ [Faserband-Sortiment c,
Feinspinnen vom Kannenband)

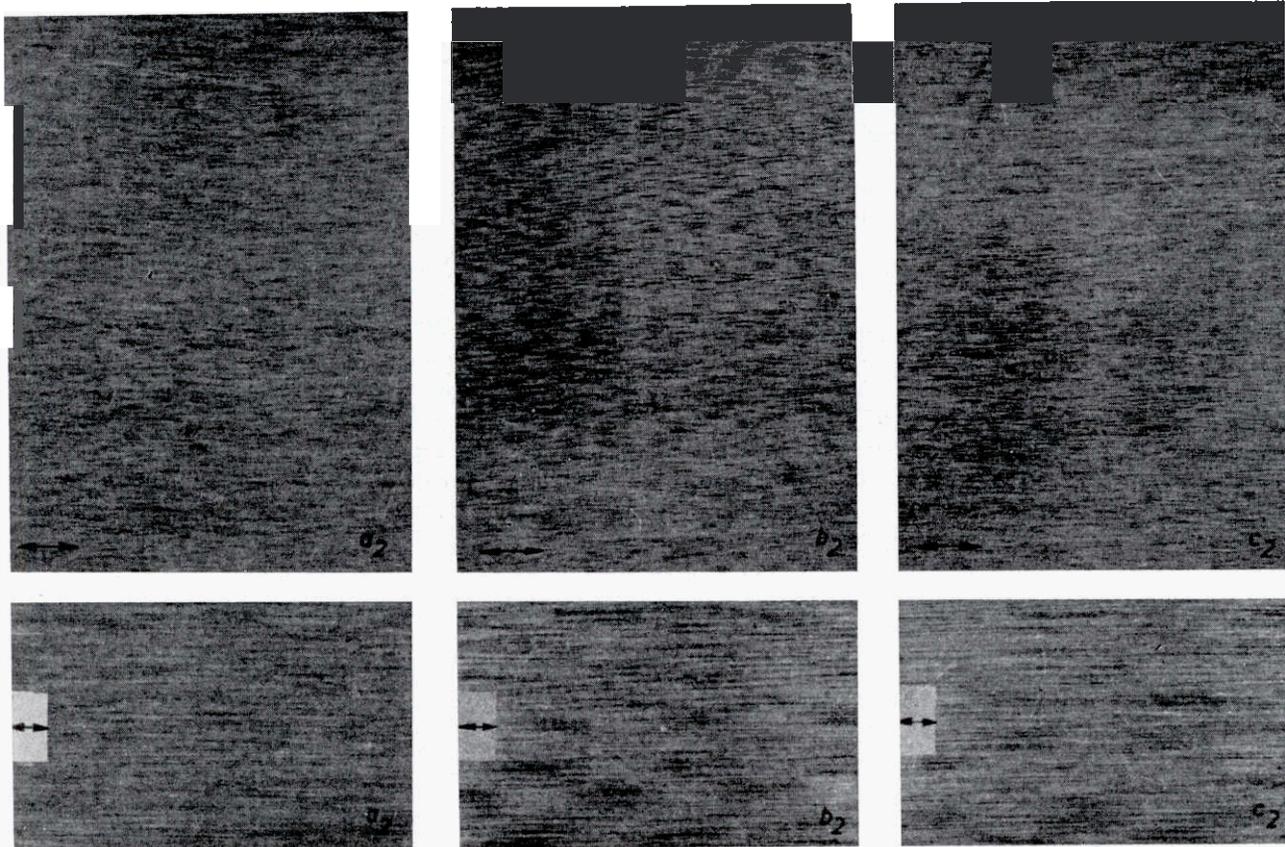


Fig. a

Fig. b

Fig. c

Abb. 29: Zellwoll-Sdiußgarn Nm 50,8 (19,7 tex), 695 Drehg./m: Aussehen mittel- und großflächiger Test-Gewebe

Fig. a) Schußgarn a_2 (Dreizylinder-Sortiment a, Feinspinnen von Flyerlunte)

Fig. c) Schußgarn c_2 (Faserband-Sortiment c, Feinspinnen vom Kannenband)

Fig. b) Sdiußgarn b_2 (Faserband-Sortiment b, Feinspinnen vom Kreuzwickelband)

also weniger ruhig (Abb. 28, b und c, Abb. 29, b und c).

3. Diejenigen Gewebe, deren Schußgame dem „Kannenfeinspinnen (RM-Streckwerk mit zwei Oberriemdiem)“ entstammen, haben gegenüber den Geweben, deren Schußgame vom „Kreuzwickelbandfeinspinnen (RM-Streckwerk mit einem Oberriemdiem)“ herrühren, ein etwas ruhigeres Aussehen (Abb. 28, Fig. b und c, sowie Abb. 29, Fig. b und c).
4. Die Sdnittigkeiten und Streiigkeiten bestimmen weitgehend auch das großflächige Aussehen derjenigen Gewebe, die nach dem **Faserband-Spinnverfahren** hergestellte Sdiußgarne enthalten (Abb. 28, Fig. b und c, sowie Abb. 29, Fig. b und c).
5. **Durch** eine mehrsdüztige, z. B. vierschüztige Webart konnte sowohl das mittel- als auch das großflächige, ungleichmäßigere Aussehen derjenigen Gewebe, die nach dem **Faserband-Spinnverfahren** hergestellte Game enthalten, verbessert werden. Der Untersdiied zum gleichmäßigeren Aussehen der mit Dreizylindergarnen hergestellten Gewebe ist dann nur noch gering und relativ schwer erkennbar (Abb. 28, Fig. a, b und c).
6. Die den vom Kreuzwickelband feingesponnenen Garnen anhaftende langweilige Periode bewirkt im

großflächigen Gewebebild ein bandiges Aussehen. Diese Banden werden von den Schnittigkeiten und von den kurzen Streifigkeiten teilweise überdeckt und somit in ihrer visuellen Wirkung abgeschwächt (Abb. 28, Fig. b, und Abb. 29, Fig. b). Durch eine vierschüztige Webart wird das Hervortreten der Banden nochmals gemildert (Abb. 28, Fig. b).

Die Gewebebilder derjenigen Gewebe, die mit einem RM-Höchstverzug feingesponnene Garne enthalten, haben eine schwache, jedoch gut erkennbare rautenähnliche Musterung. Dieser unerwünschte Mustereffekt ist sehr kurzwelligeu Garn-Perioden zuzuschreiben, die im vorliegenden Fall auf den nicht hinreichend guten Rundlauf der Ablieferwalzen der RM-Streckwerke zurückzuführen sind. Dieser kleinflächige Mustereffekt tritt bei den Zellwoll-Geweben relativ stark in Erscheinung. Unerwünschte Mustereffekte lassen sich durch einen einwandfreien Rundlauf aller Streckwerkswalzen vermeiden.

Im allgemeinen treten bei der Beschau der Zellwoll-Test-Gewebe selbst kleinere Ungleichmäßigkeitsuntersdiiede stärker, d. h. ausgeprägter, in Erscheinung als bei Baumwoll-Testgeweben. Das gilt besonders für glänzende Zellwolle.

Erwähnenswerte Untersdiiede der mittleren Reißkraft,

der mittleren Reißlänge und der mittleren Bruchdehnung waren weder bei den gröberen noch bei den feineren Zellwollgarnen feststellbar.

Hinsichtlich des Faserband-Spinnverfahrens war es weder mit einem Kreuzwickel- noch mit einem Kanenband-Sortiment möglich, aus der vorliegenden Zellwolle die Garne der Nummern Nm 40,6 (24,6 tex) und Nm 50,8 (19,7 tex) so zu erzeugen, daß das Ungleichmäßigkeitsverhalten der Merkmale Garnmasse und Aussehen dem auf einem Dreizylinder-Sortiment hergestellten Garn in allen Längen- und Flächenbereichen ebenbürtig ist. Im Gegensatz zum Bereich kleiner und mittlerer Garnlängen traten im Bereich großer Längen keine Längenvariations-Unterschiede auf. Das Längenvariationsverhalten des Bereiches großer Längen könnte mit einer dritten Streckenpassage oder mit einer Verzugsregelung bzw. -steuerung der zweiten Passage noch verbessert werden.

Die mit einem RM-Höchstverzug feingesponnenen Zellwollgarne haben keine zu ausgeprägten Verzugswellen. Im allgemeinen erwies sich die Zellwolle für die Verarbeitung nach dem Faserband-Spinnverfahren

gegenüber der Baumwolle als geeigneter, sodaß auch Garne größerer Feinheit risikolos hergestellt werden können. Allerdings ist zu beachten, daß bei Zellwoll-Flächengebilden im allgemeinen Ungleichmäßigkeitsunterschiede (visuell) stärker auffallen als bei entsprechenden Baumwoll-Flächengebilden.

Die hier als weniger gleichmäßig ausgewiesenen Garne sind den Gegebenheiten entsprechend für die Weiterverarbeitung brauchbar; sie genügen noch den üblichen Ungleichmäßigkeitsansprüchen und haben einen befriedigenden Verkaufswert.

In einer weiteren Untersuchung wurden Baumwollgarne nach dem Faserbandspinnverfahren hergestellt. Hierbei zeigte es sich, daß unter bestimmten Voraussetzungen – geeignete Aufmachung der Vorlage und richtige Verzugsaufteilung – mit Hilfe des Faserbandspinnens zumindest genauso gute Garne hergestellt werden können wie nach dem klassischen Spinnverfahren. Es ist zu vermuten, daß diese Feststellungen sinngemäß auch für das flyerlose Spinnen von Zellwolle gelten.

Einfluß der Chemiefasern auf die Struktur des Gewebes

Prof. Dipl.-Ing. Wilhelm Herzog, Höhere Bundeslehr- und Versuchsanstalt für Textilindustrie, Wien

Die Möglichkeit, aus der Vielzahl der vorhandenen Textilfaserarten und deren Kombinationen untereinander die für einen vorbestimmten Verwendungszweck bestgeeigneten Rohstoffe zu wählen, hängt davon ab, wieweit aus den textiltechnologischen Eigenschaften der Fasern die Eigenschaften der Fertigware prognostiziert werden können. Dies war bisher nur sehr begrenzt möglich. Erst der Einsatz moderner elektronischer Prüfgeräte hat dazu geführt, daß die Faserstoffe bei jenen Beanspruchungen geprüft werden können, die am fertigen Kleidungsstück beim Tragen oder beim Gebrauchstextil in der täglichen Verwendung tatsächlich in Erscheinung treten. Die Zusammenhänge zwischen den Fasereigenschaften einerseits und der Strapazierbarkeit und den bekleidungsphysiologischen Eigenschaften von Geweben andererseits werden eingehend besprochen.

Proper selection of optimum starting materials for given end uses from the wide variety of textile fibers and blends available will depend on the ability to forecast properties of finished products from technological fiber characteristics. Such ability has, until recently, been very limited. It is the use of newly developed electronic test instruments which now permits testing fibers under conditions identical to those imposed on wearing apparel and other textiles during everyday use. Interrelations between fiber properties, on the one hand, and both resistance to wear and physiological properties of fabrics, on the other hand, are discussed in detail.

Die Triebfeder des menschlichen Genies steckt in dem Drang, Erscheinungen und Ereignisse nicht nur zu registrieren, sondern auch ihre Ursachen zu erforschen und deren Zusammenwirken zu ergründen. Die Erkenntnisse dieser analytischen Forschung stellen die Grundlagen der vom Menschen vollbrachten Leistungen dar. Alle Zweige der Naturwissenschaften sind analytisch forschend und konstruktiv schaffend tätig. Die Forschungsergebnisse und die hieraus resultierenden Leistungen und Konstruktionen befruchten die einzelnen Zweige der Wissenschaften gegenseitig, sodaß es möglich ist, immer mehr zu den Wurzeln der Naturerscheinungen, welche in den Grundbaustoffen und ihrem Zusammenwirken liegen, vorzudringen und grundlegend Neues zu schaffen und zu formen.

Als unsere Urahnen in der Natur Faserstoffe gefunden hatten und hieraus Garne spannen und Stoffe webten, erkannten sie sehr bald, daß sich diese oder jene Flachs- oder Baumwollsorte besser verarbeiten ließ oder einen besseren und schöneren Stoff ergab als andere Sorten. Sobald sie die Zusammenhänge erkannt hatten, so zum Beispiel, daß die feineren und längeren Flachsfasern bessere Gewebe ergaben als die gröberen und kürzeren Fasern, werteten sie diese Erkenntnisse konstruktiv aus und züchteten Flachsarten, welche die gewünschten Eigenschaften weitgehend besaßen. Sie erforschten weiters den Einfluß, den die Verarbeitungsweise auf den Ausfall der erzeugten Ware hatte und verbesserten laufend nach diesen Erkenntnissen die Herstellungsverfahren.

Sicherlich ist im Laufe der tausendjährigen Entwicklung manche Erkenntnis, manche Konstruktion und manche Erfindung zum Teil einem glücklichen Zufall zu verdanken oder durch ein mehr oder weniger zufälliges Probieren begünstigt worden, aber es waren immer der menschliche Geist und der Drang zu forschen und zu ergründen, welche schließlich die Grundlagen für eine Erfindung erbrachten und eine neue Entwicklung einleiteten.

Durch die Leistungen der Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker ist es immer mehr gelungen, die Erscheinungen und Wirkungen auf dem Gebiet der Textiltechnik zu erforschen und zu ergründen. Auf diese Forschungsergebnisse aufbauend und befruchtet durch die Erfolge auf anderen Wissensgebieten, war es möglich, den heutigen Stand der textilen Entwicklung zu erreichen. Es ist gelungen, Faserstoffe künstlich zu erzeugen, neue Verarbeitungsverfahren zu schaffen und Stoffe mit vorher nie gekannten Eigenschaften zu produzieren. Viele Erkenntnisse wurden auf allen Gebieten der Textiltechnik durch die Forschung erarbeitet, vieles und Großes wurde geschaffen und geleistet. Die stürmische Entwicklung in der Textiltechnik sieht trotzdem keiner Beruhigung entgegen. Die textile Forschung hat uns noch sehr viele Erkenntnisse zu bringen, durch die neue Entwicklungen eingeleitet werden können.

Speziell auf dem Gebiet der Erforschung der Zusammenhänge zwischen den physikalischen Eigenschaften der Textilrohstoffe und den Eigenschaften der daraus erzeugten Fertigprodukte stecken wir noch in den Kinderschuhen. Wenn heute noch vereinzelt die Meinung vertreten wird, daß es genügt, Faserlänge und Faserfeinheit eines Rohstoffes durch Augenschein und Befühlen zu beurteilen, um zu wissen, wie die Eigenschaften des Fertigproduktes aussehen werden, so stellt diese Meinung den Entwicklungszustand unserer Urahnen dar, welche diese Zusammenhänge bereits an ihrer Flachsfaser erkannten. Hätten unsere Chemiker eine ähnliche Meinung vertreten, so gäbe es heute sicher noch keine Chemiefasern und keine hochentwickelte Textilchemie.

Die Schwierigkeiten, welche sich der Erforschung der Zusammenhänge zwischen den physikalischen Eigenschaften der Textilfaserstoffe und denen der daraus erzeugten Produkte entgegenstellen, erscheinen fast unüberwindlich. Aber gerade dies sollte uns anspornen, diesen scheinbar unüberwindlichen Urwald

zu erforschen und ihn zu roden. Sollte eine weitgehende Klärung der Zusammenhänge gelingen, so kann schon jetzt vorausgesehen werden, daß diese Ergebnisse Grundlagen für neue Entwicklungen sein werden. Die besondere Aktualität dieser Forschungsaufgabe, an der man schon seit langer Zeit arbeitet, erklärt sich aus folgendem:

Die Entwicklung in der Textilindustrie hat sich nach einer Zeit, welche vor allem durch die Erfindung neuer Chemiefaserstoffe gekennzeichnet war, nunmehr in Richtung des Ausbaues der Anwendungstechnik bereits vorhandener Faserstoffe bewegt.

Hiebei spielt besonders die Kombination von verschiedenen Faserstoffarten durch die Mischung in der Spinnerei eine bevorzugte Rolle. Eine solche Mischung von verschiedenen Faserstoffarten wird jedoch immer unter dem Blickwinkel vorgenommen, im Fertigprodukt bestimmte Eigenschaften zu erreichen, welche aus den Eigenschaften der Faserstoffkomponenten resultieren.

Ein gewisser Optimismus, nämlich die Hoffnung, zu einer rascheren Lösung der Probleme zu kommen, ist dadurch berechtigt, daß der textilen Forschung seit neuester Zeit elektronische Prüfgeräte zur Messung der mechanisch-physikalischen Eigenschaften zur Verfügung stehen, welche die bisherigen Prüfgeräte an Präzision und Anwendungsmöglichkeiten weit übertreffen. Diese elektronischen Prüfgeräte gestatten uns, zum Teil neuartige Messungen an den Textilfaserstoffen und den hieraus erzeugten Produkten in einer Art und in einem Bereich vorzunehmen, die den wahren Beanspruchungen im Einsatz sehr nahekommen.

Warum ist nun der Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der Faserstoffe und denen der daraus gefertigten Produkte so kompliziert und so schwierig zu erfassen?

Die textilen Produkte sind mehr oder weniger inhomogene Gebilde mit sehr unregelmäßigen Strukturen und Formen. Neben den Eigenschaften der Faserelemente üben diese inhomogenen Strukturen und die stark unregelmäßigen Formen einen sehr starken und oft entscheidenden Einfluß auf die Eigenschaften des Fertigproduktes aus.

Die Parameter für die Eigenschaften der Fertigwaren können in groben Umrissen wie folgt aufgegliedert werden:

- Eigenschaften der Faserelemente,
- makroskopische Struktur der Faserelemente,
- Struktur, die beim Spinnen, und Form, die bei der Herstellung des Fertigproduktes geschaffen wird,
- Einfluß der bei der Verarbeitung entstandenen Veränderung der Faser- und Garnstruktur,
- Einfluß der bei der Verarbeitung entstandenen Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Faserelemente.

Handelt es sich um eine Kombination von verschiedenartigen Faserstoffen, so hat man es mit den gleichen Parametern zu tun, nur wird hier die resultierende Wirkung in der Kombination von besonderem Interesse sein. Sind jedoch einmal die Zusammenhänge zwischen den Fasereigenschaften und den Eigenschaften des Fertigproduktes bei einheitlichen Faserstoffen weitgehend bekannt, so wird es auch gelingen,

die resultierende Wirkung bei Faserkombinationen aus den Eigenschaften der Faserstoffe zu erkennen.

Es widerspricht der modernen Auffassung, wenn beim heutigen Stand der Technik Fasermischungen mehr oder weniger empirisch aufgestellt und ihre Auswirkungen durch Tragversuche geprüft werden müssen. Sicherlich stellt der Tragversuch eine endgültige Bewährungsprobe dar, aber es sollte doch möglich sein, zumindest die engere Auswahl der in Frage kommenden Mischungen konstruktiv zu treffen. Sind einmal die Zusammenhänge weitgehend bekannt, so wäre der nächste Schritt, die Eigenschaften der Mischungspartner durch die Auswahl der Partner oder durch Modifikation, gezielt auf eine bestimmte Mischung, abzustimmen. Der Wirkungsgrad im Effekt einer solchen Mischung wird auf jeden Fall höher liegen als bei einer rein empirischen Mischung.

Ein aussichtsreicher Weg, die Zusammenhänge zwischen den Fasereigenschaften und den Eigenschaften des Fertigproduktes zu klären, wird in vielen Fällen in der stufenweisen Erarbeitung der Zusammenhänge liegen. Die erste und wichtigste Stufe umfaßt hiebei die Klärung der Zusammenhänge zwischen den Fasereigenschaften und den Garneigenschaften, wobei als Parameter die Garndaten, wie die Verspinnungsart, die Garnstärke und die Garndrehung, auftreten.

Für die Erforschung der Zusammenhänge erscheint es notwendig, neben den altbekannten Fasermerkmalen neue Fasereigenschaften festzustellen, welche das Verhalten der Faser im Fertigprodukt eingehender charakterisieren.

Die wichtigsten Fasereigenschaften sind nachfolgend zusammengestellt:

Fasereigenschaften:

- 1 Faserfeinheit
- 2 Faserlänge
- 3 Oberflächenstruktur
- 4 Makroskopische Faserstruktur (Kräuselung, Windung)
- 5 Spezifisches Gewicht
- 6 Wasserabsorptionsvermögen
- 7 Netzbarkeit (Wasserrückhaltevermögen)
- 8 Thermische Eigenschaften
- 9 Chemische Eigenschaften
- 10 Kraft-Dehnungs-Verhalten im Anfangsbereich
- 11 Elastische Eigenschaften (Relaxation, Retardation)
- 12 Faserfestigkeit, Reißdehnung, Arbeitsaufnahmevermögen
- 13 Fasersprödigkeit (Schlingenfestigkeit, Torsionsfestigkeit, Biegefestigkeit)
- 14 Dauerstandfestigkeit, Ermüdungsverhalten
- 15 Färbereigenschaften
- 16 Elektrostatisches Verhalten

Die mit □ bezeichneten Eigenschaften sind bei Chemiefasern in weiten Grenzen wählbar.

Die mit ○ bezeichneten Eigenschaften können in einem gewissen Rahmen durch Modifizierung bei der Erzeugung verändert werden.

Neben den Fasereigenschaften üben die Garndaten einen sehr wesentlichen Einfluß auf das Verhalten des Fertigproduktes aus.

Garndaten:

- A Verspinnungsart
- B Drehungsintensität
- C Garnstärke

In der Tabelle 1 wurde der Versuch unternommen, die wichtigsten Fasereigenschaften und Garndaten gegenüberzustellen und anzugeben, wo ein mehr oder weniger intensiver Zusammenhang besteht.

Die endgültigen Eigenschaften der Fertigware werden schließlich durch die Konstruktion des Gewebes geformt. Hierbei ist der Einfluß der Verarbeitung, vor allem der Ausrüstung, auf die Struktur des Gewebes und auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften zu beachten.

Der Einfluß der Gewebekonstruktion sowie der Einfluß der Ausrüstung auf die Eigenschaften der Fertigware können von entscheidender Bedeutung sein.

Der Einfluß der Ausrüstung ist durch einen Vergleich mit der nichtausgerüsteten Ware leicht zu erfassen.

Der Einfluß der Gewebekonstruktion ist im großen gesehen unabhängig vom verwendeten Faserstoff, er ist daher aus Erfahrung weitgehend bekannt.

Somit verbleibt als wichtigster Zusammenhang jener der Fasereigenschaften mit den Eigenschaften des Fertigproduktes.

Je nach Art und Verwendungszweck des Bekleidungsgewebes wird man den in der Tabelle 1 aufgezählten Eigenschaften mehr oder weniger Bedeutung zuordnen. Bei der Betrachtung der Tabelle 1 fällt auf, daß bei sehr vielen Eigenschaften ein Einfluß der

Merkmale 10 und 11 besteht. Es sind dies die Merkmale:

Kraft-Dehnungs-Verhalten im Anfangsbereich und Elastische Eigenschaften (Relaxation und Retardation).

Es erscheint daher berechtigt, sich prüftechnisch mit diesen beiden Merkmalen besonders intensiv zu befassen und zu versuchen, ihren Zusammenhang mit den Gewebeeigenschaften zu klären.

Bereits bei der Verarbeitung, beim Spinnen, Spulen, Schären, Weben und schließlich in der Ausrüstung erleidet eine Stapelfaser eine mechanische Beanspruchung, welche zum großen Teil als statische Zugbeanspruchung auftritt. Diese Beanspruchung sowie jene normalen mechanischen Beanspruchungen beim Tragen, welche sich als statische Zugbeanspruchungen repräsentieren lassen, liegen im Anfangsbereich der Kraft-Dehnungs-Charakteristik der Faserstoffe. Das Verhalten der Faserstoffe in diesem Anfangsbereich wird daher von entscheidender Bedeutung für viele Eigenschaften des Fertigproduktes sein, von denen hier nur die Formbeständigkeit, die Knittereigenschaften und die Repräsentationseigenschaften genannt seien.

Es lohnt sich daher, diesem Anfangsbereich ein besonderes Augenmerk zu schenken und die Verhältnisse in diesem Anfangsbereich eingehend zu untersuchen. Solche Untersuchungen wurden bisher nur sehr wenige vorgenommen, da die hierfür notwendigen Prüfgeräte nur selten zur Verfügung standen. Da es jedoch heute vor allem auf die genannten Eigenschaften der Fertigwaren ankommt, erscheint es erst zweitrangig angebracht, sich mit dem Verhalten der Faserstoffe in einem Beanspruchungsbereich zu befassen, in dem sich die Fasern schon sehr weitgehend bleibend verformt haben.

So wie bei der Prüfung der metallischen Werkstoffe wird man sich also in Zukunft auch bei den Faserstoffen besonders mit den Verhältnissen in der Gegend der Elastizitätsgrenze befassen müssen. Dort, wo die Beanspruchungen über die Elastizitätsgrenze hinausgehen, das heißt, wo die Fasern durch die Beanspruchung bereits bleibend verformt werden, sind dann die

Tabelle 1

Eigenschaften von Bekleidungsgeweben:

Zusammenhang mit Fasereigenschaften:

	enger Zusammenhang:	weiterer Zusammenhang: (Einflußnahme)
Repräsentationseigenschaften (Aussehen, Griff, Fall)	⑩ ⑪ 15 <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> ③ <input type="checkbox"/> 4
Knittereigenschaften	⑩ ⑪ <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 4
Pflegeeigenschaften (Waschen, Trocknen, Bügeln)	③ 6 ⑦ 8 9	
Physiologische Eigenschaften (Feuchtetransport, Wärmehaltung)	3 ⑦ ⑪	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> ③ <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C
Strapazeigenschaften (Festigkeit, Scheuerung etc.)	⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C
Formbeständigkeit (Beim Tragen, beim Waschen)	⑩ ⑪	6 ⑭
Pillingverhalten	⑩ ⑪ ⑫ ⑬	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C

durch die bleibende Verformung geänderten Verhältnisse zu untersuchen.

Die Prüftechnik wird sich auf die Untersuchungen im Anfangsbereich der Kraft-Dehnungs-Charakteristik einstellen müssen. Kraftmeßbereiche bei Zugprüfmaschinen von maximal 2 p und eine Genauigkeit der Anzeige bis zu 0,01 p stellen das Mindeste dar, was von den Prüfgeräten verlangt werden muß. Besonders bei der Messung der Dehnung werden Prüfeinrichtungen und Einspannvorrichtungen notwendig sein, welche eine Genauigkeit von 0,05 Prozent Dehnung ermöglichen.

Ein Problem bildet bei derart empfindlichen Kraftmessungen die Festlegung des Ausgangspunktes der Kraft-Dehnungs-Charakteristik. Die geringen Streckungs- und Entkräuselungskräfte, welche bei den bisher üblichen Prüfungen einfach vernachlässigt oder durch entsprechende Vorspanngewichte unterdrückt wurden, treten nun stark in Erscheinung. Man wird aus diesem Grund vielfach nicht mehr mit konstanter Einspannlänge bei Versuchsreihen arbeiten können, sondern die Dehnung vom jeweils festgelegten Ausgangspunkt weg zählen müssen (Abb. 1).

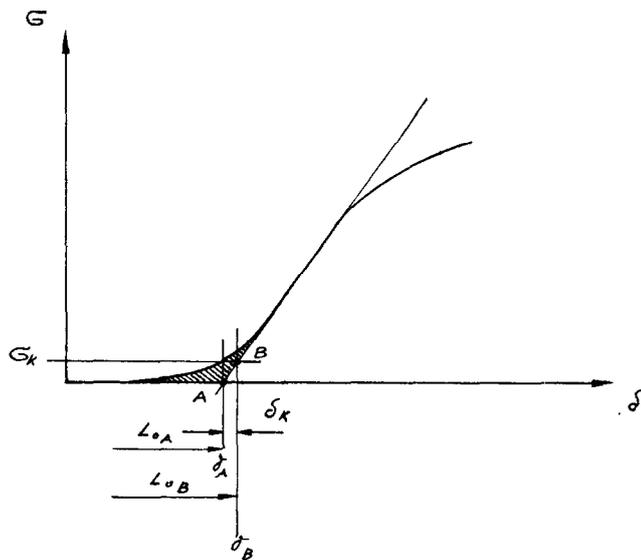


Abb. 1

- A . . . Ausgangspunkt für $\delta = 0, \sigma = 0$
- B . . . Ausgangspunkt für $\delta = \delta_k, \sigma = \sigma_k$

Um Prüfungsergebnisse verschiedener Prüfstellen vergleichen zu können, ist es notwendig, die Prüfbedingungen und die Kenngrößen zu definieren. Neben den theoretischen Überlegungen spielen bei diesen Definitionen auch die praktischen Prüfverhältnisse eine Rolle. So wird man, zum Beispiel bei der Festlegung der elastischen Dehnung und damit der Elastizitätsgrenze, auf einen großen Teil der verzögerten elastischen Erholung verzichten müssen, um die Prüfzeit in einem erträglichen Maß zu halten.

Für die Eigenschaften des Fertigproduktes stellt die Energie, die ein Faserstoff einer Deformation bis zur Elastizitätsgrenze oder bis zu einer bestimmten bleibenden Deformation entgegengesetzt werden kann, ein wichtiges Merkmal dar. Je größer diese Energie ist, umso besser wird vor allem die Formbeständigkeit und das

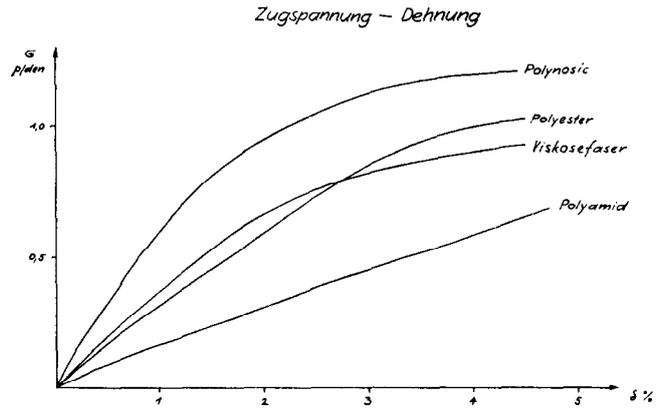


Abb. 2

Knitterverhalten sein. In den Abb. 2 bis 6 wurde die Abhängigkeit:

Zugkraft – bleibende Dehnung

an vier Faserstoffarten, und zwar:

- an einer normalen Viskosefaser,
- an einer Polynosicfaser,
- an einer Polyesterfaser und
- an einer Polyamidfaser

entwickelt.

Die Abb. 2 zeigt die vier Zugspannungs-Dehnungs-Diagramme. Die Energie, welche einer Deformation entgegengesetzt werden kann, erscheint hierbei als Fläche unter der Zugspannungs-Dehnungs-Kurve. In der Abb. 3 sind die Integralkurven der Zugspannungs-Dehnungs-Kurven aufgezeichnet. Man erkennt deutlich,

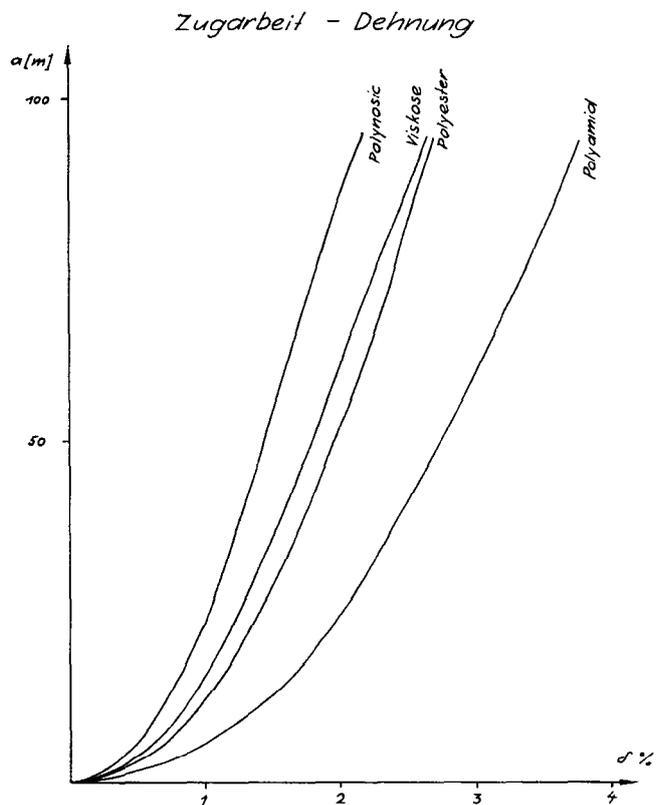


Abb. 3

daß die polynosische Viskosefaser durch ihren steilen Verlauf im Kraft-Dehnungs-Diagramm eine höhere Zugarbeit im Anfangsbereich aufbringen kann als die anderen Fasern. Der Zusammenhang mit den Eigenschaften in der Fertigware ist jedoch erst zu erkennen, wenn man die elastischen Eigenschaften mit einbezieht.

Elastisches Dehnungsverhältnis - Dehnung

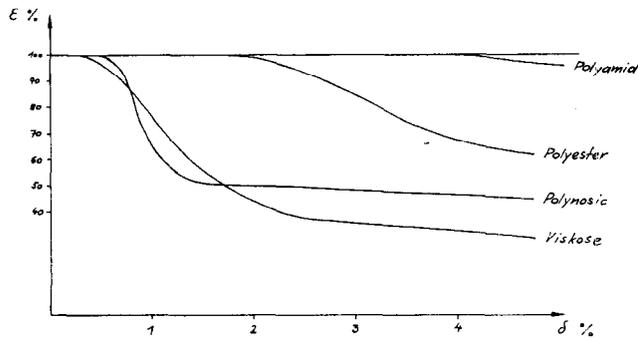


Abb. 4

In der Abb. 4 sind das elastische Dehnungsverhältnis über der Gesamtdehnung und in der Abb. 5 die bleibende Dehnung über der Gesamtdehnung aufgetragen. Interessant ist hierbei, daß das elastische Verhalten der polynosischen Fasern und der normalen Viskosefasern, von der Gesamtdehnung her betrachtet, sehr ähnlich sind. Die vermehrten intermolekularen Bindungen und die Verlängerung der Moleküle haben daher der Faser vorwiegend eine Verfestigung, aber weniger eine elastische Bindung der Moleküle gegeben.

Bleibende Dehnung - Gesamtdehnung

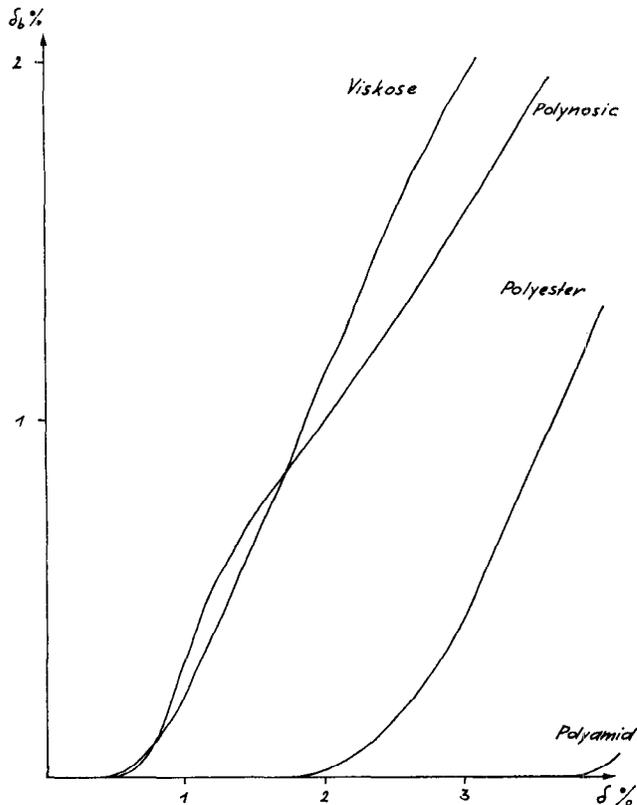


Abb. 5

In der Abb. 6 ist schließlich die Zugarbeit als Funktion der bleibenden Dehnung aufgetragen.

$$A = f(\delta_{bl}) \text{ oder die Umkehrfunktion}$$

$$\delta_{bl} = f'(A)$$

Die Darstellung zeigt deutlich, daß die synthetischen Polyester- und Polyamidfasern der Deformation schon an der Elastizitätsgrenze eine wesentliche Energie entgegenseetzen können. Bei den Zellulosefasern ist die Energie an der Elastizitätsgrenze noch unbedeutend.

Zugarbeit - Bleibende Dehnung

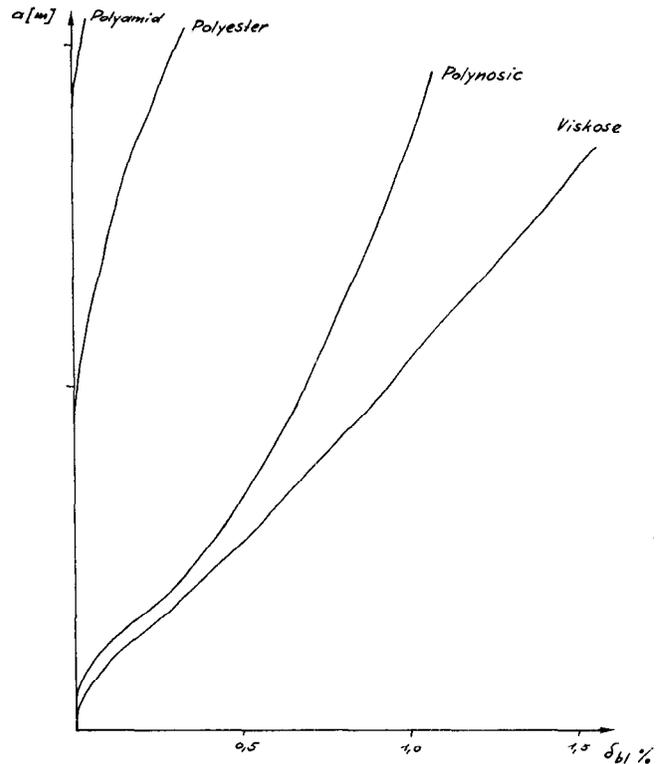


Abb. 6

Einer Verformung von 1 Prozent bleibender Dehnung kann jedoch die Polynosicfaser bereits ca. 60 Prozent mehr Energie entgegenseetzen als die normale Viskosefaser. Eine Deformationsenergie, welche die Polyesterfaser im elastischen Bereich gerade noch aufnehmen kann, gibt der normalen Viskosefaser eine bleibende Dehnung von ca. 0,75 Prozent, der Polynosicfaser jedoch eine solche von nur ca. 0,58 Prozent.

Der Zusammenhang dieser Funktion mit den Knittereigenschaften und mit der Formbeständigkeit der Fertigware scheint sehr klar auf. Um die tatsächlichen Verhältnisse in der Fertigware zu erfassen, empfiehlt es sich, die Fasern auch nach ihrer Beeinflussung durch die Ausrüstung zu prüfen. Ein großer Teil der bei der Verarbeitung auftretenden Deformation ist kohäsiv bzw. temporär fixiert und bildet sich entweder in der Ausrüstung oder in einer nachfolgenden Behandlung zurück. Ein Teil bleibt jedoch permanent fixiert und verändert damit die Kraft-Dehnungs-Eigenschaften und das elastische Verhalten der Faser.

Um das Verhalten der Fasern bei den verschiedenen Naßbehandlungen und Trockenvorgängen in der Aus-

rüstung und im Gebrauch der Fertigwaren studieren zu können, erweist es sich als notwendig, die Zugversuche nicht nur im konditionierten und im nassen Zustand vorzunehmen. Besonders an Zellulosefasern sind die Verhältnisse interessant, die sich ergeben, wenn die belastete Faser im deformierten Zustand durchnäßt oder die naßgeprüfte Faser getrocknet wird. Ebenso ist die Quellwirkung nach der Entlastung für das Kraft-Dehnungs-Verhalten der Faser von Interesse. In dem Schema auf Tabelle 2 sind einige Varianten für derartige Versuche angegeben.

Tabelle 2

Belastung		Entlastung	
<u>Deformation:</u>		<u>Erholung</u>	
konditioniert —	nässen	—	n a B
konditioniert —	nässen - trocknen	—	konditioniert
konditioniert —	—	—	konditioniert nässen
n a B —	trocknen	—	konditioniert
n a B —	trocknen	—	konditioniert nässen

Wesentlich schwieriger, als den Zusammenhang zwischen den Fasereigenschaften und dem Verhalten der Fertigware gegen Knitterung und Formveränderung zu erfassen, ist es, den Zusammenhang mit den Strapazeigenschaften zu klären. Hier ist besonders zwischen den verschiedenen Arten der Strapazierung zu unterscheiden.

Auf dem wichtigsten Sektor der Wäschestoffe spielt hierbei vor allem die Verminderung der mechanischen Fasereigenschaften durch die chemische Einwirkung bei der Wäsche eine Rolle. Für die Strapazeigenschaften werden heute noch immer die Reißfestigkeit und die Reißdehnung der Faser als repräsentativ angesehen. Daneben spielen aber bei vielen Beanspruchungsarten auch die Fasersprödigkeit und oft auch die Dauerstandfestigkeit eine erhebliche Rolle. Den dynamischen Beanspruchungen sollte jedoch für den Einsatz als Bekleidungsfaser kein zu großes Gewicht zugeordnet werden, da auch hier die Beanspruchungen im Anfangsbereich, also im Bereich niedriger Deformationsenergie liegen und ihre Auswirkungen daher nicht zu groß sind. Wichtiger für die Strapazeigenschaften erscheint es, die Fasersprödigkeit genau zu untersuchen.

Aus anderen Sparten der Werkstoffprüfung weiß man, daß ein Werkstoff nicht allein durch seine Zugfestigkeit charakterisiert ist, sondern daß daneben die Druck- und Schubspannungen eine nicht minder wichtige Rolle spielen. Eine direkte Prüfung der Druck- und Schubfestigkeitseigenschaften ist jedoch an Fasern nicht möglich. Besonders an Fasern mit fibrillärem Aufbau läßt sich vermuten, daß ihre Zerstörung im Gebrauch zum großen Teil durch Druck- und Schubspannungen erfolgt.

Das Verhalten der Fasern gegen diese Schub- und Druckspannungen bezeichnet man üblicherweise als Sprödigkeit. Man versucht durch bestimmte Prüfarrangements die Fasern einer Beanspruchung zu unterziehen, welche neben den Zugbeanspruchungen Schub- und Druckbeanspruchungen hervorruft. Ein Teil dieser Prüfmethode, wie z. B. die Prüfung der Schlingenfestigkeit oder der Torsionsfestigkeit, stellt eine sta-

tische Beanspruchung dar, ein anderer Teil, wie z. B. die Knickscheuerung, die Dauerbiegeprüfung, stellt eine dynamische Beanspruchung dar. Obwohl alle diese Prüfmethode sehr unterschiedliche Spannungsverhältnisse in der Faser hervorrufen, welche zum Teil noch durch Scheuereinflüsse und thermische Einwirkungen überlagert werden, ist trotzdem in den meisten Fällen eine gute Korrelation zwischen den Ergebnissen der einzelnen Prüfmethode zu finden, während beim Ergebnis des Zugversuches eine solche Korrelation nicht besteht.

Diese Tatsache kann als Beweis dafür angesehen werden, daß der entscheidende Faktor bei all diesen Fasersprödigkeitsprüfungen die Schub- und Druckbeanspruchung der Faser ist. Es ist anzunehmen, daß man mit den Sprödigkeitsuntersuchungen und den Einzelfaserscheuerprüfungen den wahren Beanspruchungen im Gebrauch viel näher kommt als mit der sehr problematischen Scheuerprüfung an Geweben.

Es liegt also auch bei den Strapazeigenschaften der Zusammenhang zwischen den Fasereigenschaften und den Eigenschaften des Fertigprodukts relativ nahe.

Als wichtige Eigenschaft von Bekleidungsgeweben ist in der anfangs aufgestellten Übersicht noch das physiologische Verhalten angeführt. Das Kapitel über die bekleidungsphysiologischen Eigenschaften stellt ein sehr diskussionsanregendes Thema dar, da hier die Interessen und die Meinungen der Synthefasernerzeuger und jene der Vertreter der Naturfaserproduzenten hart aufeinandertreffen. Bis jetzt war der größte Teil der Konsumenten immer eher bereit, ungünstige bekleidungsphysiologische Eigenschaften für leichte Pflegeeigenschaften und gute Strapazeigenschaften in Kauf zu nehmen. Es läßt sich heute noch nicht voraussehen, ob sich der Konsument in Zukunft an diese Eigenschaften gewöhnen wird, oder ob er, vor allem bei seiner Leibwäsche, mehr Behaglichkeit suchen wird. Dieser Tendenz könnte die Chemiefaserindustrie durch eine geeignete Mischung von Chemiefasern entgegenkommen.

Bei den physiologischen Eigenschaften gilt das gleiche wie bei den Knittereigenschaften und den Strapazeigenschaften einer Fertigware. Durch bestimmte Garn- und Gewebestrukturen lassen sich Eigenschaften zum Teil erheblich verbessern, doch bleibt die Verbesserung in einem beschränkten Rahmen, da das grundlegende Verhalten der Fertigware durch die Eigenschaften des verarbeiteten Rohstoffes bestimmt wird.

Bei der Betrachtung der Zusammenhänge zwischen den physiologischen Eigenschaften der Fertigware und den Fasereigenschaften erscheint es unbedingt angebracht, die Überlegungen an zwei großen Gruppen von Bekleidungsgeweben anzustellen.

- Gewebe, welche fast überall direkt mit der Haut in Berührung kommen (Unterwäsche, Hemden etc.), und
- Gewebe, welche nicht oder nur an wenigen Stellen mit der Haut direkt in Berührung kommen (Herrenanzüge, Damenkostüme, Mäntel etc.)

Durch den chemischen Abbau der Nahrungsmittel erhält der menschliche Organismus seine Energie. Die

durch diese Energie frei werdende Wärmeenergie gibt dem menschlichen Körper eine Temperatur von ca. 37° C. Diese Temperatur, welche für das harmonische Zusammenspiel aller Lebensfunktionen wichtig ist, wird durch ein Regelsystem im menschlichen Körper konstant gehalten. Dabei schwanken sowohl die erzeugte Wärmeenergie durch die Leistungsabgabe des Körpers wie auch die Wärmeabgabe des Körpers durch die Haut infolge der Schwankungen der Außentemperatur sehr beträchtlich. Die Haut bildet eine gewisse Wärmeisolationsschicht, wobei der Isolationswert durch verschieden starke Durchblutung der Haut oder durch verschieden ausgiebige Schweißausscheidung entsprechend der Außentemperatur verändert werden kann. Alle diese Regulationsvorgänge verlangen dem menschlichen Organismus Leistung ab und beanspruchen ihn, den Organismus, somit. Es ist daher Aufgabe der Bekleidung, die Regulationsvorgänge des Organismus nicht zu stören, sondern im Gegenteil, sie wirksam zu unterstützen.

Das Regulationssystem hat eine größere Wirksamkeit gegen Wärme als gegen Kälte zur Verfügung. Dem Rechnung tragend, stimmt man üblicherweise die gewählte Bekleidung auf einen Wert ab, der nahe dem zu erwartenden Extremwert in der Kältezone liegt. Durch kurzzeitig auftretende höhere Außentemperatur oder durch erhöhte Leistungsabgabe entsteht zusätzliche Wärme, welche der Körper durch erhöhte Hautwasserausscheidung reguliert. Die Verdampfung und die Abführung der ausgeschiedenen Hautwassermenge müssen hierbei so rasch wie möglich vor sich gehen, da der Körper die Kühlung im Augenblick der erhöhten Hautwasserausscheidung braucht. Im nächsten Augenblick kann nämlich wieder die Außentemperatur sinken und die abgegebene Arbeitsleistung gering sein, und der Körper braucht keine Kühlung mehr. Ist daher die Verdampfung oder die Abführung der Hautwasserausscheidung stark verzögert, so wird jetzt, da der Körper keine Kühlung mehr braucht, der Körper gekühlt, die Wärmeisolation verringert, man friert und fühlt sich unbehaglich.

Aus diesen Überlegungen können die physiologischen Forderungen, die an eine Kleidung zu stellen sind, erkannt werden.

Gewebe, welche mit der Haut direkt in Berührung kommen, haben somit immer die Aufgabe, die Hautwasserausscheidung des Körpers so rasch wie möglich abzuführen, ohne daß hiedurch ihr Wärmeisolationwert wesentlich verändert wird. Gewebe, welche mit der Haut nicht direkt in Berührung kommen, haben vorwiegend die Aufgabe der Wärmehaltung und sollen die Funktion der Leibwäsche nicht behindern. Beide Gewebe müssen schon aus hygienischen Gründen eine Lüftung der Haut zulassen. Bei Wäschestoffen sind also die Abführung des Hautwassers und die Wärmehaltung eng miteinander verbunden. Als Maß für den Wärmeaustausch kann die Wärmeleitfähigkeit angeführt werden.

Im nachfolgenden sind die Wärmeleitfähigkeiten von Luft, von Wasser und einigen wichtigen Textilfasern angeführt. Bei den Textilfasern verstehen sich diese Zahlen für die trockene Substanz.

	Wärmeleitfähigkeit in kcal/m h °C	Relationszahl bezogen auf Luft
Luft 20° C	0,021	1
Naturseide	0,043	2,0
Schafwolle	0,047	2,2
Viskosefaser	0,054	2,6
Baumwolle	0,061	2,9
Polyester	0,072	3,4
Wasser 20° C	0,506	24,1

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß Luft eine geringe Wärmeleitfähigkeit, also eine gute Wärmeisolation, aufweist. Die einzelnen Textilrohstoffe unterscheiden sich in der Wärmeleitfähigkeit nicht besonders stark. Eine wesentlich höhere Wärmeleitfähigkeit hat dagegen Wasser. Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Wassers hat zur Folge, daß ein feuchter oder gar ein nasser Stoff in der Bekleidung eine bedeutend höhere Wärmeleitfähigkeit aufweist als ein trockener Stoff. Dies gilt sowohl für den Wärmedurchgang durch die mehr oder weniger feuchte Fasersubstanz als auch für die Wärmeübertragung durch die mehr oder weniger feuchte Luft in den Poren des Stoffes. Im extremen Fall wird die Wärme durch das an der Faser haftende Wasser oder das in den Poren befindliche Wasser abgeleitet.

Stoffe, welche für Bekleidungszwecke verwendet werden, haben je nach Art und Konstruktion ein Porenvolumen von 50 bis 90 Prozent. Durch abgehende Fasern, z. B. bei Rohwaren, oder durch besondere Bauscheffekte kann dieser Luftgehalt noch stark vergrößert werden. Außerdem befinden sich zwischen den Bekleidungsschichten (Unter- und Oberbekleidung, Futter etc.) und zwischen der Haut und der Bekleidung noch Luftschichten. Der Anteil der Fasersubstanz an der Wärmeisolationsschicht fällt daher gegenüber der Luftmenge für die Wärmeleitung kaum ins Gewicht. Dagegen werden sich der Wassergehalt, der in der Faser absorbiert ist, der Wasserdampf, der durch die Poren hindurchgeht, und das an der Faser von der Hautwasserausscheidung kondensierte oder in den Poren befindliche Wasser für den Wärmedurchgang sehr stark auswirken.

Die Wärmehaltung unserer Kleidung ist daher im wesentlichen von der absoluten Größe des Luftgehalts in und zwischen den Bekleidungsschichten abhängig und kann durch Feuchtigkeit und Wasser beträchtlich vermindert werden. Wird ein Bekleidungsstoff so gestaltet, daß er viel Luft einschließt, so erscheint es wichtig, daß dieser Stoff nicht nur im neuen Zustand eine gute Wärmehaltung aufweist, sondern auch nach längerem Gebrauch von dieser Wärmehaltung, also vom Luftgehalt, möglichst wenig einbüßt. Je besser die elastischen Erholungseigenschaften des Faserstoffes sind, umso beständiger wird die Wärmehaltung sein.

Der Körper des Menschen scheidet auch dann, wenn er keine erhöhte Arbeitsleistung vollbringt, ca. 20 cm³ Wasser pro Stunde aus. Diese Hautwasserabscheidung kann sich bei erhöhter Arbeitsleistung oder bei hohen Außentemperaturen bis über das 50fache steigern. Für den Transport des Hautwassers durch die Kleidungsstoffe kommen drei Arten in Frage:

1. Das Hautwasser wird von der Fasersubstanz absorbiert, es diffundiert durch die Substanz und desorbiert wieder an der Außenluft.

2. Durch die Kapillarkräfte bei hydrophilen Faserstoffen wird das Hautwasser angesaugt, an andere Kapillaren weitergegeben, von dem Faserstoff aus den Kapillaren absorbiert oder an die Außenluft verdampft.
3. Das verdampfte Hautwasser diffundiert durch die Kapillarräume zwischen den Fasern bzw. zwischen den Garnen.

Für eine Bekleidung, welche intensiv mit der Haut in direkte Berührung kommt, wie Leibwäsche, Strümpfe, Damenkleider etc., wird der Hautwassertransport immer nach allen drei aufgezeigten Arten erfolgen. Für Kleidungsstücke, welche mit der Haut nur wenig in Berührung kommen, wird vorwiegend der Fall der Wasserdampfdiffusion durch die Poren von Bedeutung sein.

Die von einem Faserstoff durch Absorption maximal aufnehmbare Wassermenge läßt sich durch die Wasserabsorption bei 100 Prozent relativer Luftfeuchtigkeit für eine bestimmte Temperatur bestimmen. Für die effektive Wasseraufnahme steht allerdings nur die Differenz zwischen der Aufnahmefähigkeit bei 100 Prozent relativer Luftfeuchte und bei der Luftfeuchte des jeweiligen Klimas zur Verfügung. In der nachfolgenden Aufstellung sind hierfür Zahlenwerte angegeben, die jedoch bei den einzelnen Faserstoffen je nach ihrem Zustand und ihrer Vorbehandlung schwanken.

Wasseraufnahme in % des Trockengewichtes bei 20° C:

Faserstoff	Relative Luftfeuchte		
	100 %	40 %	65 %
Schafwolle	25—40 %	8—12 %	13—17 %
Baumwolle	20—30 %	ca. 6 %	ca. 8,5 %
Viskosefaser	ca. 35 %	ca. 7,5 %	12—13 %
Naturseide	ca. 25 %	ca. 7 %	ca. 11 %
Polyamid	ca. 9 %	ca. 3 %	ca. 4 %
Polyester	ca. 0,5 %	ca. 0,3 %	ca. 0,4 %

Wasseraufnahme bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit in % des Feuchtgewichtes bei 40% und 65% relativer Luftfeuchtigkeit:

Faserstoff	Bezogen auf Luftfeuchtigkeit (Richtwerte)	
	40 %	65 %
Schafwolle	20,5 %	15,2 %
Baumwolle	17,9 %	15,2 %
Viskosefaser	25,6 %	20,0 %
Naturseide	16,8 %	12,6 %
Polyamid	5,8 %	4,8 %
Polyester	0,2 %	0,1 %

Zur besseren Veranschaulichung ist im nachfolgenden errechnet, welche Mengen Wasser z. B. ein Gewebe mit 400 g, ausgehend von einem Klima mit 20° C und 40% bzw. 65% relativer Luftfeuchte, absorbieren kann.

Faserstoff	Bezogen auf Luftfeuchtigkeit	
	40 %	65 %
Schafwolle	82 cm ³	61 cm ³
Baumwolle	72 cm ³	61 cm ³
Viskosefaser	102 cm ³	80 cm ³
Naturseide	67 cm ³	50 cm ³
Polyamid	23 cm ³	19 cm ³
Polyester	1 cm ³	0 cm ³

Die Bedeutung des Absorptionsvermögens eines Faserstoffes für die physiologischen Eigenschaften wird vielfach unterschätzt. Man darf nicht den Fehler machen und extreme Bedingungen betrachten. Wenn Gewebe vom Schweiß vollkommen durchtränkt sind, dann ist überhaupt kein Unterschied mehr in ihrem physiologischen Verhalten, da die Gewebe nun kein Wasser mehr aufnehmen können und der Wärmeisolationwert gleich jenem von Wasser ist. Bei den normalen kurzzeitigen Schwankungen der Außentemperatur und den damit verbundenen Schwankungen der Menge der Hautwasserausscheidungen und durch das wechselnde Anliegen und Abheben des Kleidungsstoffes von der Haut werden die Wasserabsorption und -desorption teils gleichzeitig, teils abwechselnd stattfinden.

Für den kapillaren Wassertransport ist die Saugkraft der Kapillaren maßgebend, welche neben ihrem Querschnitt von der Grenzflächenspannung zwischen dem Faserstoff und dem Wasser abhängt. Leicht netzbare oder hydrophile Faserstoffe ergeben als Kapillare eine große Saugwirkung, während schwer netzbare oder hydrophobe Faserstoffe keine Saugwirkung, sondern einen gegenteiligen Effekt zeigen. Bei Faserstoffen mit hoher Netzbarkeit wird durch die Saugwirkung das meist nur über kleinere Flächen (z. B. Achselhöhlen) in erhöhten Mengen ausgeschiedene Hautwasser rasch über eine große Fläche des Stoffes ausgebreitet. Es gelangt so zu vielen Fasern, welche einen großen Teil des Wassers absorbieren. Die große Fläche bewirkt eine rasche Verdampfung des nicht absorbierten Wassers.

Ein Teil des von der Haut ausgeschiedenen Wassers wird in Form von Wasserdampf entweder direkt von der Haut durch Unter- oder Oberbekleidung oder von der Unterbekleidung weg durch die Oberbekleidung diffundieren. Damit der Wasserdampf frei und rasch durch die Poren zwischen den Fasern und den Garnen diffundieren kann, ist es notwendig, daß einerseits die Poren frei von Wasser sind und andererseits das Dampfdruckgefälle nicht durch abgelagertes Wasser an den Fasern verringert wird. Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit des Wassers besteht die Gefahr, daß an der Faseroberfläche haftendes Wasser mit geringerer Temperatur eine Kondensation des diffundierenden Wasserdampfes bewirkt. Je größer die Fläche ist, auf die sich das ausgeschiedene Hautwasser verbreitet, und je höher das Absorptionsvermögen des Faserstoffes ist, umso weniger wird eine Behinderung der Wasserdampfdiffusion erfolgen. Bei einer Bekleidung, welche mit der Haut nur wenig in Berührung kommt und unter der eine Leibwäsche aus hydrophilen Faserstoffen mit hohem Absorptionsvermögen getragen wird, sind die Gefahren für eine Behinderung der Wasserdampfdiffusion geringer, und es werden sich daher auch Kleidungsstücke aus Faserstoffen mit geringerem Absorptionsvermögen, aus physiologischer Sicht gesehen, bewahren.

Durch die Herstellung sehr poröser und weitmaschiger Wäschestoffe kann die Möglichkeit für eine Behinderung der Hautwasserverdampfung weitgehend ausgeschaltet werden. Solche Stoffe besitzen dann praktisch keine Wärmehaltung mehr, da die in ihnen eingeschlossene Luft rasch ausgetauscht wird. Sie könnten daher als Wäschestoffe nur an heißen Tagen getragen

werden. Hier reicht aber die Verdampfung allein zur geforderten raschen Abführung des Hautwassers nicht aus, sodaß sie sich auch physiologisch hierfür nicht bewähren.

Der Zusammenhang zwischen den bekleidungsphysiologischen Eigenschaften der Fertigware und den Fasereigenschaften ist somit sehr klar.

Für die dauerhafte Wärmehaltung sind in erster Linie die elastischen Erholungseigenschaften der Faser wichtig.

Für die physiologischen Eigenschaften von Wäschestoffen sind das Absorptionsvermögen und die Netzbarkeit von entscheidendem Einfluß.

Ein typisches Beispiel für die Erforschung der Zusammenhänge zwischen den Fasereigenschaften und den Eigenschaften der Fertigprodukte und für die Ausnutzung dieser Erkenntnisse stellen der bei Fertigwaren aus synthetischen Fasern aufgetretene Pillingeffekt

und die Entwicklung von pillingarmen Polyesterfasern dar. Nachdem man erkannt hatte, daß die Pillingneigung mit der hohen Dauerbiegefestigkeit der Fasern in Zusammenhang steht, hat man durch eine Modifizierung bei der Erzeugung die Dauerbiegefestigkeit der Fasern herabgesetzt und damit diese nachteilige Erscheinung in den Fertigwaren vermieden.

Die Klärung der Zusammenhänge zwischen den Fasereigenschaften und den Eigenschaften der textilen Fertigprodukte ist eine große Aufgabe, welche nur in Form eines Mosaiks aus vielen Einzelforschungsergebnissen, Überlegungen und Versuchen zusammengesetzt werden kann. Wenn wir alle zu dieser Aufgabe beitragen, so werden viele Steinchen dieses Mosaiks geschaffen. Es ist zu wünschen, daß die erarbeiteten Steinchen allgemein zugänglich gemacht werden, damit so in gemeinsamer Arbeit das Große geschaffen wird.

Marktforschung als Instrument der Unternehmensführung

unter besonderer Berücksichtigung des textilen Bereichs

Prof. Dr. M. Rembeck, Technische Hochschule, Stuttgart

Die moderne Wirtschaft hat ein lebenswichtiges Interesse daran, strukturelle Wandlungen, Änderungen des Publikumsbedarfs, der Mode, der Wettbewerbsverhältnisse, das Auftauchen neuer Werkstoffe, die Umstellungen notwendig machen können, Änderungen der Qualitätsansprüche, Änderungen der Marktlage und der Konjunkturverhältnisse im allgemeinen, so rechtzeitig erkennen zu können, daß sie Zeit findet, geeignete Maßnahmen durchzuführen. Hiefür verläßliche Unterlagen zu liefern, ist die Aufgabe der Marktforschung, die die Frage „Was ist“ (statistische Methode), aber auch die Frage „Was wird“ (dynamische Methode) möglichst exakt beantworten soll. Gerade im textilen Bereich ist die Zahl der Marktprobleme durch die sich überstürzenden Erfindungen auf dem Chemiefasergebiet besonders groß und deren Lösung nicht immer einfach. Für die Textilindustrie ist deshalb eine verläßliche Forschung der Marktlage von gesteigerter Wichtigkeit.

Timely recognition of such factors as structural evolutions; changes in consumer requirement; fashion trends; competitive relations; development of new materials requiring reorganization; changes in quality standards; changes in the market situation; and changes in general economic conditions, is of vital importance to modern economy so as to be able to take prompt measures. Market research should be able not only to supply reliable data for the purpose, but answer with maximum accuracy questions pertaining to both existing conditions (statistical method) and future developments (dynamic method). The textile industry, in view of the many evolutionary inventions being made in the man-made fiber field, is confronted with a host of market problems the solution of which is not always easy. Reliable research into the market situation, for this reason, is of utmost importance to that industry.

Vorbemerkung

Die intensiven Beobachter des heutigen Wirtschaftsgeschehens sind sich der allgemeinen Tatsachen bewußt, daß sie Teilnehmer und Teilhaber an Erlebnissen und Fakten sind, die auf Ursachen und Entwicklungen der Vergangenheit beruhen, in der Gegenwart ihre besondere Prägung erfahren und damit Grundlagen und Ausgangspunkt für die zukünftige Entfaltung darstellen.

Dies bedeutet, daß im besonderen sich die Wirtschaft mit den bestehenden Verhältnissen und Regeln auseinandersetzen muß, sie übernehmen kann und, soweit sie sich nicht brauchbar erweisen, dafür andere gestalten muß. Das letztere gilt im übrigen auch für die Bewältigung der Gegenwart und des Erstrebenswerten in der mehr oder weniger überschaubaren Zukunft.

Der Drang der Beschäftigung mit der „unbewältigten“ Vergangenheit und Gegenwart sowie die Sorge um die kaum vorausschaubare Zukunft lassen nach Instrumenten für die Qualifizierbarkeit und Quantifizierbarkeit der charakterisierenden und beeinflussenden Erscheinungen suchen. Bei diesem Bemühen wird man auch auf die Marktforschung stoßen, welche die ersten Proben ihrer Verwendungsfähigkeit zur Aufhellung von Marktproblemen der Unternehmungen und der Verbände längst gegeben hat. Auffallenderweise werden jedoch ihre Möglichkeiten und Grenzen, ihre Ansatzpunkte und Aussagen sowie der Umfang und die Bedeutung ihres Einsatzes als Instrument der Unternehmungsführung nicht richtig beurteilt, auch weil ein so vielseitiges und daher nicht immer einfach manipulierbares und gelegentlich auch sehr kompliziertes

Instrument hinsichtlich der Anwendung und bezüglich der Verwertung der gewonnenen Ergebnisse gewisse Kenntnisse voraussetzt.

A. Die strukturellen Wandlungen in Markt und Unternehmung

I. Im weltweiten Bereich

Die heute erkennbaren Strukturwandlungen zeigen eine Reihe von beachtenswerten Merkmalen. So ist in überstaatlichen Bereichen z. B. festzustellen, daß der Export der westlichen Welt im Vergleich zum Weltexport ständig abnimmt, obwohl die Exporterlöse der einzelnen Staaten unserer westlichen Welt dauernd ansteigen. Auch ist bekannt, daß die Bevölkerung vor allem der östlichen Nationen ein Wachstum aufweist, das schon in wenigen Jahrzehnten eine entscheidende prozentuale Verschiebung zugunsten der östlichen Völker auslösen wird. So werden die Einwohner der Bundesrepublik Deutschland, die heute rund 2 Prozent der Weltbevölkerung ausmachen, im Jahre 2000 bei vorsichtiger Vorausberechnung nur noch 1 Prozent darstellen.

In einem anderen Zusammenhang muß auf die rasche Zunahme der geistigen Potenz in den entwicklungs-fähigen Staaten hingewiesen werden, die ihrerseits auch zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit dieser Wirtschaftsbereiche beiträgt.

II. In der westlichen Welt

1. In wenigen Jahren werden die wesentlichen Teile des EWG-Vertragswerkes vollzogen sein. Bereits Ende 1966 wird die Freizügigkeit der Arbeitskräfte

im EWG-Raum möglich sein. Die in der EFTA verbundenen Staaten werden sich einem europäischen Wirtschaftssystem anlehnen müssen. Der so konzipierte und sich gestaltende europäische Wirtschaftsraum wird sich mit seiner auf vielen Gebieten immer mehr entwickelnden Eigengesetzlichkeit zu einer noch stärkeren und betonten partnerschaftlichen Zusammenarbeit mit den amerikanischen Wirtschaftsräumen entschließen müssen und Methoden und Regeln zu schaffen haben, die diesem Teil der Welt nicht nur Bestand im gegenwärtigen Sinne sichern, sondern bewußt Chancen für eine zukünftige Entwicklung bieten.

2. Der Wettbewerb wird in einer vorher nicht bekannten Weise auf die nationalen Wirtschaften einwirken, auch weil nun in breitem Maße nicht nur Erzeugnisse und Preise, Produktgestalt und Verfahren, Verwendung und Service im heimischen und auswärtigen Markt miteinander konkurrieren, sondern weil auch neue Formen der Wirtschaftspolitik, z. B. auf dem Gebiet der Forschung, der Kooperation, der Verbändearbeit, Standorte, Sozialleistungen und -lasten, Löhne, Arbeitszeiten, Feiertage, Organisationsformen, aber ebenso Kapitalverflechtung, Bildungs- und Kenntnisstand, Fortbildungsmöglichkeiten und -bereitschaft (in diesem Zusammenhang kann auf die Qualifizierung der englischen und französischen Einkäufer hingewiesen werden!) und anderes im Ringen um den Käufer maßgeblich mitwirken.

III. Im nationalen Bereich

Die Entfaltung der Wirtschaft, insbesondere der industriellen, in den letzten rund 150 Jahren war unter anderem auch dadurch gekennzeichnet, daß sie ständig Veränderungen der einzelnen Wirtschaftszweige untereinander zeigte. Während nun viele dieser Veränderungen in der Vergangenheit konjunktureller Natur waren, so sind seit wenigen Jahren endgültige Umstellungen zu erkennen, die zum Teil auch übernational wirksam sind. So sind in zahlreichen Wirtschaftszweigen Konzentrationserscheinungen mit dem Zug zum größeren Betrieb, so auch im Handwerk und Handel festzustellen. Trotz — oder wegen — dieser Vergrößerungen der einzelnen Unternehmungen werden immer mehr Leistungen ausgegliedert und zu Lieferanten verlagert.

Die neuen Werkstoffe haben tiefreichende Umstellungen ausgelöst. Auf vielen Sektoren der Wirtschaft und der Technik verdrängen sie die konventionellen Stoffe und veranlassen zur Aufgabe seitheriger Herstellungsverfahren bzw. zum Aufbau neuer Fabrikationsstätten. Dieser Hinweis gilt analog ebenso für den Energiebereich, wo z. B. die Kohle in ernsten und da und dort aussichtslosen Wettbewerb mit anderen Energieträgern getreten ist.

Das Sortiment hat in vielen Stufen einschneidende Veränderungen erfahren, die auch die Zahl der potentiellen Abnehmer erhöht haben. In einer Reihe von Fällen trug die Sortimentsausweitung zur Typenverminderung, aber auch zur Typenvermehrung bei. Das veränderte Sortiment veranlaßte manche Unternehmung, bei einzelnen Erzeugnissen die Produktionsstückzahlen wesentlich zu erhöhen.

Besonders bedeutungsvoll ist der ständige prozentuale Rückgang der Beschäftigten im Fertigungsbereich und die Zunahme der Tätigen im absatzwirtschaftlichen Bereich, an der sich ebenfalls zunehmend die technisch versierten Mitarbeiter besonders beteiligen. Die letztere Erscheinung wird dort hervorragend deutlich, wo Produkt oder Dienst erklärungsbedürftig sind oder werden. Der konsumtive Bereich ist in diesem Sinne immer anspruchsvoller geworden.

Auf die Veränderungen der Absatzwege und der Verbrauchsgewohnheiten wird ausdrücklich hingewiesen.

IV. Im Unternehmungsbereich

1. War bislang z. B. der Fertigungsbereich innerhalb der Unternehmung wegen der Herstellung dominierend problematisch, so ist mit zunehmender Bewältigung der dort anhängigen Probleme insofern eine neue Situation entstanden, als nun die Frage des gesicherten Absatzes der Erzeugnisse ebenso bedeutsam wurde. Größere Stückzahlen, höhere Qualitätsansprüche und Produktgestaltung, Produktivitätssteigerung, Lohnsteigerungen, Verlagerung der Schwerpunkte der Gemeinkosten, Zunahme der Investitionen und Kapitalbindungen, neue Produktionsverfahren und anderes, aber auch höhere Anforderungen an Unternehmungsführung und leitende Mitarbeiter, das unabweisbare Bedürfnis nach mehr Koordination und Kommunikation, nach Aus- und ständiger Weiterbildung, der Zwang zur raschen Reaktion auf Marktveränderungen und die Notwendigkeit zur bewußten Marktformung, die Überlegungen des Selbermachens oder Beschaffens, die Erwägungen zusätzlicher Finanzierung und der Kapazitätserweiterung, der Einsatz von Reisenden an Stelle von Vertretern, die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmungen auf verschiedenen Gebieten, z. B. der Beschaffung, der Fertigung und Entwicklung, der Sortimentierung, der Werbung, des Absatzes usw. kennzeichnen irreversible Wandlungen, die Grundlagen für die Zukunft und Schicksal der Unternehmung sind.

2. Die Unternehmungsführung konnte es sich bisher leisten, dem einen oder anderen Funktionsbereich innerhalb der Unternehmung einen gewissen Vorrang vor anderen zu gewähren; in nicht seltenen Fällen wurden solche Situationen durch den Unternehmer oder verantwortlichen Leiter selbst ausgelöst oder zumindest bestätigt. Ein derartiges Verhalten, das zum ungleichmäßigen Einsatz, zur einseitigen Betreuung und Überwachung so vernachlässigter anderer Funktionen führt, muß letztlich für die ganze Unternehmung nachteilig sein.

Der Strukturwandel fordert eine ganzheitliche Führung der Unternehmung, in der jede Funktion — als integrierender Teil des Ganzen — die ihr gebührende richtige Bewertung und die daraus resultierende Einordnung in den gesamten Aufgabenbereich erfährt. Diese Forderung ist nicht leicht zu erfüllen: keinesfalls kann sie bei ihrer Erfüllung auf eine gute Kenntnis der die Unternehmung umgebenden Märkte sowie deren Entwicklungsbedingungen und -tendenzen verzichten, die nur durch eine

qualifizierte Markterkundung und deren entsprechende Auswertung zu erhalten ist.

B. Die marktgebundenen Aufgaben für Unternehmung und Unternehmungsführung

1. Im Vordergrund der marktgebundenen Aufgaben der Unternehmung und der Unternehmungsführung stehen Marktentnahme und Marktversorgung. Für die Unternehmungsführung kommen die Unternehmungsführungspolitik, die Unternehmungsführungstaktik und die Bereitstellung und Anwendung der Instrumente für die Führung der Unternehmung hinzu. Von den letzteren soll im Rahmen dieser Betrachtung nur die Markterkundung dargestellt werden.
2. Die Marktentnahme der Unternehmung ist vor allem auf Güter und Dienste (Leistungen), Kapital und Arbeitskraft sowie auf Inanspruchnahme von Rechten gerichtet. Die Beschaffung rückt auch deshalb innerhalb der Funktionsbereiche in der Unternehmung stetig nach vorne. Die Unternehmungsführung erhält von dieser Funktion maßgebliche Hinweise für die Aufstellung von Maximen der Unternehmungsführungspolitik und -taktik. Wertvolle Instrumente der Marktbeeinflussung kommen aus diesem Bereich (Statistiken, Informationen, Berichte).
3. Die Marktversorgung mit dem Zweck der Gewinnerzielung ist dominierende Aufgabe. Dem Markt zur richtigen Zeit, zu einem marktorientierten Preis, in einer marktgerechten Güte, in ausreichender Menge und mit einem zweckmäßigen Service moderne Leistungen auf bestgeeignetem Absatzwege anzubieten, bestimmt den entsprechenden Teil der Unternehmungsführungstätigkeit und setzt dort eingehende Kenntnisse der bestehenden Tatbestände und Entwicklungen sowie der Wettbewerbsverhältnisse voraus. Die dafür erforderlichen Unterlagen kann die Markterkundung bereitstellen.
4. Die systematische Marktformung als zielbewußte Beeinflussung des Marktes kann ohne eine Durchdringung des Marktgeschehens mit Hilfe der Markterkundung nicht mit Aussicht auf sicheren und guten Erfolg in Angriff genommen werden.
5. Eine ganzheitliche Unternehmungsführung verlangt umfassende Einsichten in die eine Unternehmung umgebenden Märkte, deren Gewichte und deren Formbarkeit im Hinblick auf die bestehenden Möglichkeiten für die Unternehmung.

C. Das Instrument Marktforschung

1. Der Markterkundung ist die Aufgabe gestellt, Tatbestände, Beziehungen und Veränderungen der die einzelne Unternehmung umgebenden Märkte festzustellen und ihre Wirksamkeit so zu erläutern, daß die Unternehmungsführung daraus wesentliche Erkenntnisse für ihre Planungen und Entschlüsse entnehmen kann. Auch für die Politik der Verbände vermag die Markterkundung wertvolle Einsichten in Marktzusammenhänge zu vermitteln.

Die Markterkundung bedient sich bei ihren Arbeiten der wissenschaftlichen Ergebnisse der Marktforschung, die Grundlagen des Marktgeschehens zu untersuchen, Methoden und Techniken zu entwickeln und deren Anwendung und Aussagefähigkeit zu prüfen hat.

2. Bei der Erkundung der Märkte gibt es zwei grundlegende Betrachtungsweisen. Die Marktanalyse stellt die Struktur der Märkte fest, beantwortet die Frage nach dem „Was ist?“ und wird daher auch die statistische Methode genannt. Die Marktbeobachtung will Auskünfte über die Marktentwicklung und -entwicklungsrichtung geben, beantwortet die Frage nach dem „Was wird?“ und wird auch als dynamische Methode bezeichnet. In beiden Fällen können die Untersuchungen zu quantitativen und qualitativen Ergebnissen führen. Die Markterkundung kann sich bei ihren Erhebungen auf primäre – nur zum Zwecke der in Betracht stehenden Untersuchung erhoben! – und sekundäre – zu anderen Zwecken erfaßt! – Daten stützen und sich ihrer bedienen.
3. Die wesentlichen Bereiche der Markterkundung sind
 - Nachfrage – Bedarf
 - Angebot – Konkurrenz
 - Verteilung – Absatzwege

Je nachdem sie statisch oder dynamisch betrachtet werden, ergibt sich nachstehende Übersicht *)

Bereich	Analyse	Beobachtung
Bedarf	Bedarfsanalyse	Bedarfsbeobachtung
Konkurrenz	Konkurrenzanalyse	Konkurrenzbeobachtung
Absatzwege	Analyse der Absatzwege	Beobachtung der Absatzwege

*) Schäfer, Grundlagen der Marktforschung

D. Markterkundung für die Unternehmung

Die Veranlassung, Markterkundung für die einzelne Unternehmung zu betreiben, ist ursächlich dadurch gegeben, daß die Unternehmung sich über ihre derzeitige Situation und über die Entwicklung bis heute unterrichten will und bzw. oder daß sie Kenntnisse über die zukünftige Situation zu erhalten wünscht. Dies gilt in sinnfälligem Maße für bestehende wie für neu zu errichtende Unternehmungen, für konventionelle Güter und Dienste und für geplante wirtschaftliche und technische Leistungen. Im besonderen ist die Unternehmung für derartige Marktauskünfte und -einsichten bedürftig, hauptsächlich soweit es sich um die verschiedenen Märkte, mit denen es die Unternehmung vor allem zu tun hat, handelt. Man kann daher feststellen, daß von folgenden Märkten derartige Daten erwünscht sind:

I. Der Finanzmarkt

Die Unternehmung sollte mit dem Finanzmarkt in ständiger Fühlung sein, ihn in Einzelfällen systematisch durchleuchten und erkunden, nicht nur welche finanziellen Möglichkeiten er etwa für eine einmalige

oder laufende Entnahme bietet und zu welchen Bedingungen, sondern insbesondere auch zu erfahren, unter welchem Aspekt funktionsabhängige Finanzleistungen zur Verfügung stehen, beispielsweise für Kredite im Beschaffungs-, Fertigungs- oder absatzwirtschaftlichen Bereich oder für finanzielle Engagements, etwa im Bereich der Kooperation usw. Da ein derartiges Verhalten des Finanzmarktes nur in verhältnismäßig seltenen Fällen sich abrupt ändert, ermöglichen Kenntnisse auf diesem Gebiet die Lösung unternehmungspolitischer Probleme, je nachdem auch der Einsatz eigener finanzieller Mittel in Erwägung gezogen wird.

Eine Analysierung und ein Vergleich der Bilanz, der Gewinn- und Verlustrechnung der eigenen Unternehmung mit der anderer Unternehmungen der Branche, aber auch der Lieferantenkreise und der Abnehmer unter marktwirtschaftlichen Aspekten gestattet weitere Einblicke in das finanzielle Marktverhalten der eigenen und fremder Unternehmungen und erlaubt so eine marktmäßige Überprüfung der eigenen finanzmarktpolitischen Steuerung und deren Erkenntnisse.

II. Der Arbeitskraftmarkt

Je mehr sich der Schwerpunkt der Leistungen der einzelnen Unternehmung auf den Einsatz von qualifizierten Mitarbeitern ausrichtet — und dies kann für die gesamte industrielle Wirtschaft mit mehr oder weniger Schwerpunktsbildung festgestellt werden —, umso mehr wird die Beschäftigung mit dem Arbeitskraftmarkt von Bedeutung sein. Beispielsweise lassen sich zukünftige Projekte und Entwicklungspläne nur dann verwirklichen, wenn die entsprechenden Arbeitskräfte in ausreichendem Umfange zu dem bestimmten Zeitpunkt ihrer Verwendung zur Verfügung stehen. So kann man feststellen, daß Unternehmungen technische Kapazitäten der verschiedensten Art planen und dafür hervorragende Unterlagen erarbeiten lassen. In den seltensten Fällen wird jedoch darauf Rücksicht genommen, daß diese technischen Einrichtungen zur Erfüllung ihrer Funktion Menschen der verschiedensten Vorbildung, Kenntnisse und Eigenschaften benötigen. Auch führt oft eine systematische Durchleuchtung des Arbeitskraftmarktes zur frühzeitigen Einrichtung von Aus- und Weiterbildungsstätten, wenn auf anderem Wege keine entsprechenden Fachkräfte gewonnen werden können.

III. Der Markt für Güter und Dienste (Leistungsmarkt)

1. Der Beschaffungsmarkt rückt in seiner Bedeutung immer mehr in den Vordergrund. Wenn die einzelne Unternehmung sich hier ausreichend informieren will, ist sie sofort gezwungen, Markterkundung bis an die Rohstoffquellen zu betreiben, weil verschiedene Marktprobleme dort schwerwiegenden Charakter zeigen. In diesem Zusammenhang soll insbesondere auf die Kenntnis der Konkurrenten in der Beschaffung hingewiesen werden, auch etwa darauf, ob die Unternehmung marktbeeinflussend ist und in welchem Umfang, wieviele Marktpartner sich um ein und dasselbe oder um konkurrierende Produkte im Liefermarkt bemühen, wel-

ches Gewicht der Unternehmung bei Lieferanten bekommt, ob die Standorte, die Verkehrsbedingungen, die Kapazitäten der Lieferer und die Qualität der Erzeugnisse den Maximen für die jeweilige Marktentnahme entsprechen, unter welchem Aspekt die Beschaffung von Rohstoffen, Halbzeugen, Zubehör und Fertigungshilfsmitteln stattfindet, wenn man beispielsweise weiß, daß die Wettbewerber im Absatzmarkt für die gleiche Ware bei den gleichen Lieferanten bestellen. Ebenso führen derartige Einsichten in den Beschaffungsmarkt zu einer klaren Beschaffungsplanung, die ihrerseits wieder für die Unternehmungsführungspolitik von nicht unschätzbare Bedeutung ist.

2. Der Absatzmarkt.

Der Markt für die Abnahme der Leistungen einer Unternehmung ist verständlicherweise immer wieder im Vordergrund der Bemühungen um die Erkenntnisse für die Steuerung der Gesamtunternehmung. Bedarf, Bedarfsträger, Bedarfsgebiete, Bedarfsarten, Konkurrenz, Absatzwege, Absatzmittler, Werbung usw. sind einige wenige der vielen Begriffe, die dieses tiefgegliederte Gebiet des Marktwissens um die Absatzseite der Unternehmung kennzeichnen. Nicht nur die Frage, ob das Marktverhalten in der bisherigen Vergangenheit richtig war und welche Fehler es unter der heutigen Erkenntnis aufzeigt, nicht nur die Frage der Richtigkeit der Maßnahmen von heute im absatzwirtschaftlichen Bereich, sondern auch die Problematik der richtigen Planung und ihrer Übertragung bezüglich der Formulierung unternehmerischer Aspekte und Gesichtspunkte sollten Aufgaben für die Markterkundung im Dienste der Unternehmung sein.

IV. Der Markt der Rechte

In besonderem Maße beginnen Patente, Lizenzen, Konzessionen und ähnliche Rechte Bestandteil der Marktbeeinflussung durch die Unternehmung zu werden. Diesem Markt der Rechte ist daher ein immer größeres Augenmerk zu widmen, nicht zuletzt auch im Hinblick auf eine etwaige Kooperation oder Aufgabenteilung zwischen Unternehmungen.

E. Marktprobleme der textilen Unternehmung

Die Zahl der Marktprobleme der textilen Unternehmung ist groß. Geht man von den Entwicklungen aus, die durch die Erfindungen der letzten Jahre ausgelöst wurden, so stellt man vor allem fest, daß die einzelnen gravierenden und viele textile Unternehmungen der verschiedensten Art umfassenden und berührenden Patente in immer kürzeren Abständen durch Zusatzpatente eine Erweiterung oder Ablösung seitheriger Fertigungsverfahren oder Bearbeitungsmethoden erfahren, sodaß die Forderung nach einer systematischen und methodischen Überprüfung der Marktbedeutung solcher Erfindungen verständlich wird. Sind diese Rechte doch in vielen Fällen Ausgangspunkt für Investitionspläne verschiedenen Umfangs und binden auf diese Weise unter Umständen Kapitalmengen, die an die Grenzen der Leistungsfähigkeit der einzel-

nen Unternehmung gehen, insbesondere dann, wenn konkurrierende und bessere Verfahren, Stoffe oder technische Einrichtungen in Kürze auf den Markt gelangen.

Echte Marktprobleme entstehen im textilen Bereich, wenn sich Verbrauchsgewohnheiten ändern oder neue Bedarfe auftreten. In besonders starkem Maße gilt das im modischen Bereich, aber auch durch die Veränderung der Lebensgewohnheiten der Menschen. Soweit es sich dabei um den technischen Einsatz von Textilien handelt, ist aufmerksam zu beobachten, ob die seitherigen Bedarfsträger Veränderungen ihrer technischen oder absatzwirtschaftlichen Gegebenheiten erwarten müssen. Ein weites Feld von Marktproblemen zeichnet sich für die Textilwirtschaft auf der absatzwirtschaftlichen Seite ab. Nicht nur die Tatsache, daß

bestehende Absatzwege sich immer mehr verbreiten (Versandhäuser), daß neue Absatzwege noch keineswegs ihre Marktfähigkeit bewiesen haben, daß darüber hinaus dem Service im textilen Bereich noch viel mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muß, sondern auch, daß die Werbung auch für textile Erzeugnisse marktkonformere Wege gehen kann, zeigt die Vielseitigkeit der hier vorliegenden Probleme. Vor allem muß die Textilwirtschaft der Marktformung in zäher Kleinarbeit ihr Augenmerk zuwenden, um durch gewollte und gezielte, vom ganzheitlichen Wollen und Willen der Unternehmung getragene systematische und methodische Marktbeeinflussung alle Chancen des textilen Marktbereiches auszunützen.

Auch hier vermag die Markterkundung erhebliche Beiträge zu leisten.

Ergebnisse der 3. Internationalen Chemiefasertagung

Generaldirektor KR. Rudolf Hans Seidl, Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts, Wien

Zum Abschluß der Chemiefasertagung 1964 in Dornbirn umreißt der Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts in seinem Vortrag die allgemeinen Ziele dieser alljährlichen Veranstaltung und faßt die wesentlichsten neuen Erkenntnisse aus der Fülle der Ergebnisse der einzelnen Vorträge nochmals zusammen.

The President of the Austrian Man-Made Fiber Institute, in his lecture closing the 1964 Man-Made Fiber Congress held at Dornbirn, outlined the general objectives aimed at during these annual events.

Meine Damen und Herren!

Mit 350 Teilnehmern aus zwölf Staaten hat die diesjährige Chemiefasertagung die beiden vorangegangenen Tagungen weit übertroffen. Das überaus große Interesse im In- und Ausland ist ein Beweis dafür, daß sich diese Tagungen zu einer durchaus eigenständigen Veranstaltung entwickelt haben.

Ursprünglich hatten wir Dornbirn wegen seiner zentralen Bedeutung für die Vorarlberger Textilindustrie als Tagungsort gewählt und die Tagungen des Österreichischen Chemiefaser-Instituts in die Zeit der Dornbirner Messe verlegt, die alljährlich eine große Zahl von Ausstellern aus allen Kreisen der Textilindustrie und der Chemiefaserindustrie vereinigt. Eines unserer Hauptziele ist es bekanntlich, zwischen den Vertretern dieser beiden Industriezweige direkte und persönliche Kontakte herzustellen, die einen freimütigen Meinungsaustausch ermöglichen sollen, in dem beide Partner — Erzeuger und Verarbeiter von Chemiefasern — ihre Probleme erörtern und in beiderseitigem Verstehen der Lösung zuführen können.

Viele der Teilnehmer an der diesjährigen Tagung waren schon bei den früheren Tagungen anwesend gewesen und äußerten diesmal die Absicht, auch künftig gern wiederzukommen. So entsteht hier ein Zirkel von interessierten Fachleuten, die im intimen Kreis wie in einer Familie offen die gemeinsamen Sorgen und Probleme besprechen. Sehr bemerkenswert war auch diesmal wieder das außerordentlich hohe Niveau der Vorträge, aber auch das Niveau der Diskussionen, die sich darüber hinaus durch rege Beteiligung der Zuhörer auszeichneten. Mit ihrem wissenschaftlichen und praktischen Wert boten die Referate den Hörern fruchtbare Erkenntnisse für ihre eigene Arbeit.

Auch diesmal wieder war der Nachmittag des zweiten Tages nicht den textiltechnologischen Themen, sondern einem ganz anderen, nämlich dem marktwirtschaftlichen Problemkreis gewidmet, der insbesondere für die Führungskräfte der Textilindustrie von höchstem Wert gewesen war, wie das lebhafteste Interesse aller Teilnehmer erkennen ließ.

Lassen Sie mich bitte nun die wichtigsten neugewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Fülle von Informationen, die uns die vortragenden Herren vermittelt haben, nochmals ganz kurz resümieren.

Herr Professor Dr. Mark, New York, bestätigte uns erneut seine schon im Vorjahr geäußerte Ansicht, daß in nächster Zeit keine sensationellen neuen Fasern für den textilen Sektor zu erwarten sein werden. Wichtig ist aber die Mitteilung, daß an den bereits

bekanntesten Chemiefasern ständig und mit Erfolg weitergearbeitet wird, mit dem Ziel, diese Fasern den textilen Bedürfnissen immer genauer anzupassen. Durch solche Modifikationen kann schon heute die Feuchtigkeitsabsorption synthetischer Fasern ebenso wie ihre Anfärbbarkeit, und bei zellulosischen Fasern der Elastizitätsmodul wunschgemäß beeinflusst werden. Mit größtem Interesse haben wir alle den experimentellen Beweis mitverfolgen können, daß die Chemie der Hochpolymeren bereits technische Gewebe zu schaffen imstande ist, die in der Flamme eines Schweißbrenners Temperaturen bis über 1000° C hinaus ohne Schädigung überdauern. Wenngleich derart hitzefeste Gewebe für unsere textilen Zwecke keine Bedeutung haben, so sind sie doch ein Beweis dafür, welche Möglichkeiten die Chemie der künstlichen Fasern bisher schon geschaffen hat.

Herr Dr. Herrbach, Paris, gab uns einen umfassenden Überblick über das derzeit so hochaktuelle Gebiet der neuen Hochmodul-Viskosefasern, die eine völlig eigenständige neue Entwicklung auf dem Gebiet der Zellulosechemiefasern darstellen.

Herr Professor Dr. Juilfs, Hannover, berichtete uns als Physiker über die neuesten Forschungen bezüglich des Feinbaues der Fasersubstanz und erklärte die Ursachen von Festigkeit und Biegsamkeit. Nach den letzten Erkenntnissen tritt zur Vorstellung gestreckt geordneter Molekülketten das Vorhandensein regelmäßig gefalteter Bereiche hinzu. Die gewonnenen Einsichten werden der Chemiefaserindustrie weitere Verbesserungen ihrer Produkte ermöglichen.

Herr Dr. Andriessen, Arnhem, berichtete, daß man bei Polyesterfasern durch Modifikation und geeignete Verarbeitung das früher in Mischgeweben Polyester/Wolle so störende Pilling praktisch beseitigt hat. Durch Auswahl bestimmter Polyesterfarbstoffe und Hilfsmittel kann man das Anschmutzen des Wollanteils erheblich einschränken und durch Zusatz von Formaldehyd Schädigungen der Wolle infolge der notwendigen hohen Temperaturen vermeiden.

Herr Professor Dr. Wegener, Aachen, besprach den Entwicklungsstand der abgekürzten Verspinnungsverfahren, die nur bei den Chemiefasern möglich sind. Er wies an Hand von Versuchsergebnissen nach, daß mit diesen modernen Verfahren zumindest ebenso gute Ergebnisse wie mittels der klassischen Spinnverfahren möglich sind.

Herr Professor Dipl.-Ing. Herzog, Wien, stellte mit wissenschaftlicher Gründlichkeit die Zusammen-

hänge zwischen den Eigenschaften der Faser und denen der daraus hergestellten Textilien klar und schnitt damit ein Kapitel an, welches in erster Linie der Zusammenarbeit zwischen Erzeuger, Verarbeiter und Verbraucher von Chemiefasern bedarf. Aus seinem Bericht ging jedoch hervor, daß die heute in Verwendung stehenden Prüfverfahren und -apparaturen nicht ausreichen, um die Trageigenschaften auf Grund der Fasereigenschaften genügend exakt vorausbestimmen zu können. Damit ist die Wichtigkeit aufgezeigt, zunächst den Anforderungen entsprechende Testverfahren und -apparate hierzu zu entwickeln.

Herr Professor Dr. Ing. Rembeck, Stuttgart, zeigte auf, daß man Marktprobleme nicht nur auf Seite des Absatzes sehen darf. Die Beschaffung von Roh- und Hilfsstoffen einschließlich der Maschinen erfordert ebensolche Beachtung. In einer wachsenden Wirtschaft stellt, wie wir alle wissen, aber auch die Frage insbesondere nach höher qualifizierten Mitarbeitern immer ernster werdende Probleme. Ins einzelne übergehend, berichtete uns Professor Dr. Rembeck über Methoden der Absatzforschung und zeigte uns, wie durch sorgfältige Marktanalysen die Gefahren zu wenig informativer Werbung oder ungenügender Kundenbetreuung vermieden werden können.

Herr Professor Dr. Ing. Köb, München, unser bewährter Diskussionsleiter, verstand es auch diesmal wieder, die Teilnehmer der Tagung zu einer außerordentlich lebhaften Diskussion anzuregen, die sich durch ihr hohes wissenschaftliches und fachliches Ni-

veau auszeichnete, wobei noch wesentliche Ergänzungen und Erfahrungen zum jeweiligen Thema gewonnen werden konnten.

Ich möchte zum Abschluß allen angeführten Herren nochmals für ihre Mitwirkung danken. Sowohl die Teilnehmer an unserer Tagung wie auch die vortragenden Herren haben mir ihre Genugtuung darüber ausgesprochen, daß eine derartige offene und auch heikle Themen berührende Aussprache zwischen Herstellern und Verarbeitern von Chemiefasern, und zwischen diesen beiden Gruppen und den Maschinenlieferanten im gemeinsamen Interesse aller möglich wurde, wie sie bisher nur auf diesen Dornbirner Tagungen zustande gekommen sind. Damit darf ich gleichzeitig feststellen, daß die diesjährige Chemiefasertagung ihr Ziel voll erreicht hat und daß sie sichtlich ein echtes Bedürfnis der interessierten Fachkreise befriedigt.

Wir wollen auch die 4. Internationale Chemiefasertagung im Sommer 1965 wieder hier in Dornbirn*) abhalten. Sie soll, soweit eine Steigerung überhaupt noch möglich sein sollte, ein noch vielseitigeres und anregenderes Programm bieten als die eben abgeschlossene 3. Tagung. Ich möchte nicht verfehlen, dem internationalen Verband der Chemiefaser-Erzeuger, dem CIRFS in Paris, dafür zu danken, daß er diese Tagung unter seine Patronanz gestellt und damit ihre internationale Bedeutung besonders unterstrichen hat.

*) Am 14. und 15. Juli. Arbeitstitel: Der Wandel des textilen Qualitätsbegriffs im Zeichen der Chemiefaser. Anmerkung der Redaktion.