

LENZINGER BERICHTE

Folge 26

November 1968

**Vorträge, gehalten auf der 7. Internationalen Chemiefasertagung vom 24. bis 27. Juni 1968 in Dornbirn,
sowie die im Anschluß daran geführten Diskussionen**

	Seite
Eröffnungsansprache	
Generaldirektor Komm.-Rat Rudolf H. Seidl, Lenzing	5
Makromolekulare Chemie als Grundlage der Chemiefasernerzeugung	
Professor Dr. Heinrich Hopff, Zürich	7
Die chemische Modifizierung von Viskosefasern	
Professor Dr. Z. A. Rogovin, Moskau	21
Chemische Vernetzung von Kapronfasern und Untersuchung ihrer Eigenschaften	
Professor Alexander A. Konkin, Mytishchi bei Moskau	33
Zusammenhang zwischen Fasereigenschaften und Eigenschaften der Fertigprodukte	
Dipl.-Ing. Wilhelm Herzog, Wien	44
Rationelle Prüfung elastischer Eigenschaften von Fäden und textilen Flächengebilden	
Dr.-Ing. Friedrich Winkler, Teltow-Seehof/Berlin	61
Chemiefasern für textile Bodenbeläge	
Dipl.-Ing. Heinz Graf, Dormagen	76
Laborprüfung der Pilleigung von textilen Flächengebilden	
Dr.-Ing. Karl H. Grünwald, Frankfurt (M.)-Hoechst	90
Spezielle Probleme bei der Prüfung texturierter Garne	
Dipl.-Phys. Hans-Peter Weidner, Wuppertal	110
Der Verlauf der Fadenbildung beim Schmelzspinnen	
Dipl.-Ing. Isawo Hamana, Iwakuni	118
Herstellung, Weiterverarbeitung und Verwendung, sowie einige Entwicklungstendenzen von Flach- und Splittfäden auf Polyolefinbasis	
Dr.-Ing. Hans Peuker, Backnang	133
Vliesstoffe auf trockenem Weg - ihre Herstellung und Anwendung, ergänzt durch Spun-bondeds	
Dr. Carl L. Nottebohm, Weinheim-Bergstraße	150
Vliesstoffe nach dem nassen Verfahren	
Professor Dr. Theodor Ploetz, Viersen	165
Weltwirtschaftliche Probleme in der Chemiefaserindustrie	
Generaldirektor Komm.-Rat Rudolf H. Seidl, Lenzing	173
Rückblick und Ausblick	
Generaldirektor Komm.-Rat Rudolf H. Seidl, Lenzing	180

Eröffnungsansprache

anlässlich der 7. Internationalen Chemiefasertagung vom 24. bis 27. Juni 1968 in Dornbirn durch den Präsidenten des Österreichischen Chemiefaserinstituts, Generaldirektor K.R. Rudolf H. Seidl

Der Präsident des Österreichischen Chemiefaserinstituts begrüßt die aus- und inländischen Gäste, stellt die Vortragenden vor und gibt das Grundthema der diesjährigen Tagung bekannt.

The President of the Austrian Man-Made Fiber Institute welcomed the international and Austrian guests. He went on to introduce lecturers and to announce basic subjects of this year's congress.

Ich freue mich, daß Sie so zahlreich unserer Einladung gefolgt sind und begrüße Sie aufs herzlichste. Mein Gruß gilt den Teilnehmern aus dem Ausland und aus Österreich.

Das Generalthema dieser Tagung lautet:

Bessere Textilien durch moderne Chemiefasern - Konstruktion, Prüfung und Anwendung.

Ich möchte nun die Herren Vortragenden, die sich liebenswürdigerweise für diese Tagung zur Verfügung gestellt haben, im besonderen begrüßen und sie Ihnen in der Reihenfolge des Vortragsprogramms vorstellen:

Dr. Leo Landsman, Generalsekretär des C.I.R.F.S., Paris: „*Grußbotschaft der Internationalen Chemiefaservereinigung*“

Professor Dr. Heinrich Hopff, Professor für organische Technologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich: „*Die makromolekulare Chemie als Grundlage der Chemiefasererzeugung*“.

Professor Dr. S.A. Rogowin, Leiter der Lehrkanzel für Chemiefasern am Moskauer Textilinstitut: „*Die chemische Modifizierung von Viskosefasern*“.

Professor Dr. Alexander A. Konkin, Direktor am Allunion-Forschungsinstitut für Kunstfasern, Mytishitshi bei Moskau: „*Chemische Vernetzung von Kapronfasern und Untersuchung ihrer Eigenschaften*“.

Dipl.Ing. Wilhelm Herzog, Professor an der Höheren Bundeslehr- und Versuchsanstalt für Textilindustrie, Wien: „*Zusammenhang zwischen Fasereigenschaften und Eigenschaften der Fertigprodukte*“.

Dr.-Ing. Friedrich Winkler, Leiter der Abteilung Textilprüfung im Institut für Faserstoff-Forschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Teltow-Seehof: „*Rationelle Prüfung elastischer Eigenschaften von Fäden und textilen Flächengebilden*“.

Dipl.Ing. Heinz Graf, Leiter der Anwendungstechnischen Abteilung Textil der Farbenfabriken Bayer AG., Dormagen: „*Chemiefasern für textile Bodenbeläge*“.

Dr.-Ing. Karl Heinrich Grünewald, Anwendungstechnische Abteilung Textil der Farbwerke Hoechst AG., Frankfurt-Hoechst: „*Laborprüfung der Pilleigung von textilen Flächengebilden*“.

Dipl.Phys. Hans-Peter Weidner, Leiter der Laborabteilung des Textiltechnischen Instituts der Glanzstoff-AG., Wuppertal: „*Spezielle Probleme bei der Prüfung texturierter Garne*“.

Dipl.Ing. Isawo Hamana, Products Development Institute of Teijin Limited, Iwakuni (Japan): „*Der Verlauf der Fadenbildung beim Schmelzspinnen*“.

Dr.-Ing. Hans Peuker, Prokurist, Abteilung Entwicklung und Planung in der Firma J.F. Adolff AG., Backnang: „*Herstellung, Weiterverarbeitung, Verwendung und einige Entwicklungstendenzen von Flach- und Splitfäden auf Polyolefinbasis*“.

Dr. Carl Ludwig Nottebohm, Prokurist und technischer Direktor der Vliesstoff-Fabrik und Leiter der Entwicklung auf dem Vliesstoffsektor der Firma Carl Freudenberg, Weinheim-Bergstraße: „*Vliesstoffe auf trockenem Weg - ihre Herstellung und Anwendung, ergänzt durch Spunbonded*“.

Professor Dr. Theodor Ploetz, Professor an den Universitäten Heidelberg und Köln: „*Vliesstoffe nach dem nassen Verfahren*“.

Wenn von Jahr zu Jahr die Zahl der Teilnehmer an unseren internationalen Chemiefasertagungen zunimmt, wenn wir zu unseren alljährlich wiederkehrenden Gästen stets neue Zuhörer aus zahlreichen Ländern begrüßen dürfen, so ist dies für uns ein Beweis, daß diese Veranstaltungen einem echten Bedürfnis der Textilwirtschaft und der mit ihr verbundenen Textilindustrie entsprechen.

Als wir vor sieben Jahren zum ersten Mal den Versuch machten, Vertreter von Wirtschaft und Forschung mit Männern aus der Praxis der Betriebe und der Wirtschaft in Dornbirn, im Herzen des Textillandes Vorarlberg, zu einem für alle Teilnehmer fruchtbringenden Gedankenaustausch zu vereinen, hatten wir kaum zu hoffen gewagt, daß dieser Gedanke ein so lebhaftes Echo finden würde. Mittlerweile hat diese Tagung schon Tradition gewonnen und ihre Idee immer mehr Anerkennung gefunden - nicht nur wegen der interessanten Vortragsthemen und der profilierten Persönlichkeit der Referenten, sondern auch wegen der freien Diskussion, die hier - wie selten bei anderen wissenschaftlichen Tagungen - eine echte Brücke zwischen den Teilnehmern

schlägt. Daß dabei die gastliche Stadt Dornbirn mit ihrer angenehmen Atmosphäre und die Schönheit der Landschaft Vorarlbergs ihren besonderen Beitrag leisten, wissen alle Besucher zu schätzen.

So möchte ich also Vortragende und Teilnehmer aus dem In- und Ausland anlässlich der 7. Internationalen Chemiefasertagung in der Hoffnung herzlich willkommen heißen, daß sie der Verlauf der Veranstaltung befriedigt, zugleich mit dem Wunsche, sie auch im kommenden Jahr wieder bei uns begrüßen zu dürfen.

Grußbotschaft der Internationalen Chemiefaservereinigung

Dr. Leo L a n d s m a n
Generalsekretär des C.I.R.F.S., Paris

Herr Präsident, meine Damen und Herren!

Ich freue mich, der heutigen Tagung die Grüße der Internationalen Chemiefaservereinigung und deren Wünsche für einen großen Erfolg Ihrer Besprechungen überbringen zu dürfen.

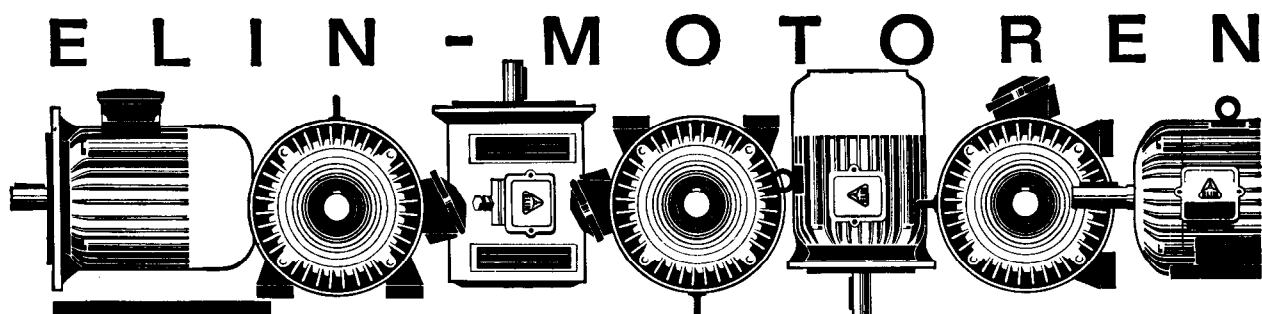
Ich freue mich umso mehr, als ich Ihnen gleichzeitig auch noch mitteilen kann, daß die Internationale Chemiefaservereinigung beschlossen hat, einen neuerlichen Weltkongreß der Chemiefasern abzuhalten. Wie Sie wissen, finden solche Weltkongresse nur etwa alle acht Jahre statt. Ihre Dornbirner Tagungen sind daher die Pfeiler der Brücke, die uns von einem Weltkongreß zum anderen bringt. Dieser neue Weltkongreß wird diesmal vom 2. bis 4. Juni 1971 in München stattfinden.

Und warum ein neuer Weltkongreß der Chemiefasern?

Unsere Zeit kennt ungewöhnlich rasche und tiefgreifende Veränderungen. Jeder fragt sich, wie er den nächsten Tag einschätzen soll. Wir wünschen alle, unsere heutigen Probleme in der Voraussicht für morgen betrachten zu können; darum wird der Weltkongreß bestrebt sein, in dieser Hinsicht zu helfen. Experten von internationalem Ruf und hervorragende Manager werden sich bemühen, die Formen der künftigen Textilindustrie zu skizzieren. Der Präsident des Vorbereitungskomitees ist Herr Dr. Reimann, der hier anwesend ist und den Sie alle gut kennen.

Wir hoffen, daß die Fachleute mit ebensoviel Begeisterung zu diesem Weltkongreß kommen werden, wie Sie, meine Damen und Herren, zu den Dornbirner Tagungen. Wir hoffen auch, daß unsere Teilnehmer bei den Besprechungen ebenso wertvolle Informationen erhalten werden, wie Sie sie Jahr um Jahr hier in Dornbirn finden.

Mit diesen beiden egoistischen Wünschen für den C.I.R.F.S.-Kongreß beende ich, Herr Präsident, meine Begrüßung und diese kurze Mitteilung. Ich danke Ihnen sehr.



**In den verschiedensten Bauformen und Schutzarten
Verlangen Sie Informationsmaterial!**

ELIN-UNION AKTIENGESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE INDUSTRIE
Zentrale: Wien I, Volksgartenstraße 3 Verkaufsbüros in Bregenz, Graz, Innsbruck, Klagenfurt, Linz, Salzburg

Die Entwicklung der Chemiefasern - Rückblick und Ausblick

Professor Dr. Heinrich H o p f f
Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

Nach einem kurzen historischen Überblick über die Geschichte der Chemiefasern wird der heutige Stand dieses Gebietes vom chemischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkt behandelt und anhand der neuesten Fortschritte die voraussichtliche Entwicklung in der nächsten Zukunft diskutiert. Es werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Fasertypen vergleichend gegenübergestellt und die noch möglichen Variationen aufgezeigt.

Nach einem kurzen Streifzug durch die verschiedenen Anwendungsgebiete wird die Rohstofflage für die weitere Entwicklung besprochen und die Situation in den einzelnen Industrieländern dargestellt. Auf die enge Verbundenheit der Chemiefaserentwicklung mit der Entwicklung der Kunststoffchemie wird besonders hingewiesen.

Following a brief historical review of the past history of man-made fibers, the present status of the art is viewed from the chemical and economic angles, and prospective future developments are discussed on the basis of the latest accomplishments. Comparison is made of the advantages and disadvantages attached to the individual types of fibers and attention is drawn to additional possibilities of variation.

A brief survey of the various fields of application is succeeded by a discussion of raw material resources for future developments and of the situations existing in the individual industrialized countries. Special emphasis is placed on the close interrelation existing between the developments in the man-made fiber sector and those in the field of plastic materials.

Mit den einzigartigen Fortschritten der makromolekularen Chemie, die in den hohen Zuwachsraten der Kunststoffe ihren Niederschlag findet, hat sich auch auf dem Gebiet der Chemiefasern eine Entwicklung angebahnt, die man als revolutionär bezeichnen kann. Waren bis in die Dreißigerjahre alle wichtigen Faserstoffe natürlicher Herkunft, so hat sich dieses Bild heute grundlegend geändert. Wie Sie aus Abbildung 1 ersehen können, hat die Weltproduktion an Chemiefasern ca. 30 % des Gesamtverbrauchs von 18 Millionen Tonnen Textilfasern erreicht. Die Produktion an vollsynthetischen Fasern hat daran einen erheblichen und rasch steigenden Anteil, wie Abbildung 2 zeigt.

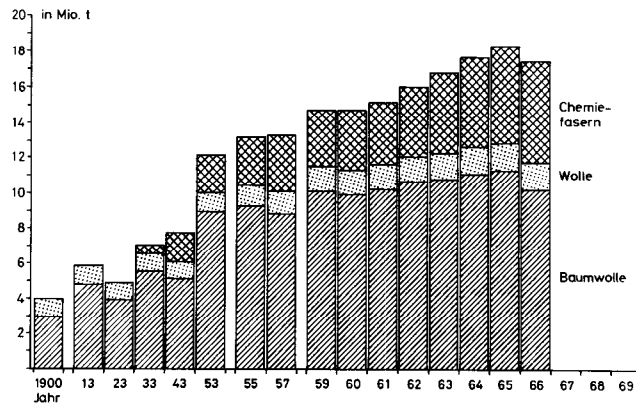
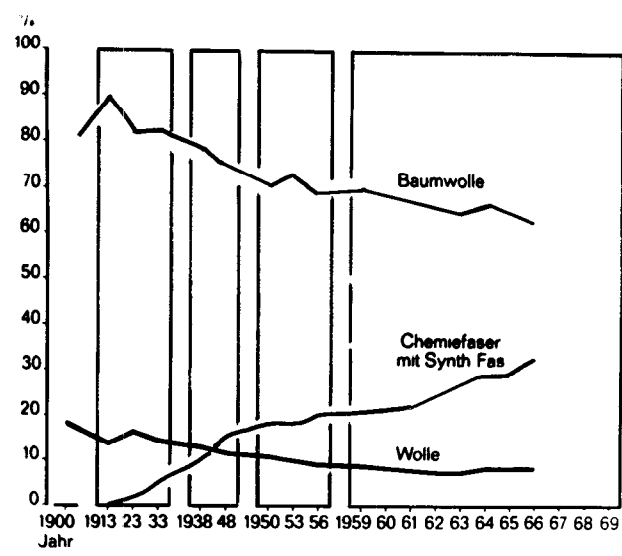


Abb. 1

Die Ursachen für die allmähliche Verdrängung der natürlichen durch synthetische Faserstoffe sind in erster Linie in den großen Fortschritten bei der Veredlung von halbsynthetischen Zellulosefasern und in der Entwicklung neuer spinnbarer Kunststoffe zu suchen. Aus jedem unzersetzt schmelzbaren oder löslichen Kunststoff kann eine Faser gesponnen werden. Bei der großen Anzahl von billigen Rohstoffen der Kunststoffchemie kann man sich leicht vorstellen, daß in Zukunft der Entwicklung neuer Spinnfasern kaum Schranken gesetzt sind. Die vollsynthetischen Fasern werden dabei die größte Rolle spielen. Die Synthese erlaubt durch ihre vielseitige Variierbarkeit die Züchtung erwünschter Faser-eigenschaften, die den Naturprodukten fehlen. Die Erkenntnisse der makromolekularen Chemie, die sich zu einem erheblichen Teil auf die Pionierarbeiten Hermann S t a u d i n g e r s gründen und uns heute schon klare Vorstellungen



Welt-Produktion von Textilfasern
(prozentual)

Abb. 2

gen über den Feinbau der faserbildenden Polymeren liefern, ermöglichen gezielte Synthesen, die für weitere Fortschritte den Weg ebnen.

Wenn ich Ihnen im folgenden einen Überblick über das große Gebiet der Chemiefasern geben werde, muß ich mich auf gewisse Schwerpunkte beschränken. Die Chemie der Faserstoffe steht jedoch dabei im Vordergrund.

Über die molekulare Feinstruktur der faserbildenden Polymeren sind durch die Arbeiten von Keller¹⁾ mit Polyäthylen-Einkristallen Zweifel an der bisher angenommenen Fransenmizelle aufgetaucht. Von verschiedenen Forschern wird die bei Polyäthylen gefundene Kettenfaltung als allgemeines Bauprinzip aller faserbildenden Polymeren angesehen. Mir scheinen jedoch die bisher vorliegenden experimentellen Ergebnisse für eine solche Verallgemeinerung nicht hinreichend zu sein. Es ist schwer zu verstehen, daß ein aus einer Lösung mit einer Geschwindigkeit von mehr als 100 m in der Minute oder aus einer Schmelze mit mehr als 1000 m pro Minute gezogener Faden sich senkrecht zur Zugrichtung orientieren soll. Jedenfalls steht das bisherige Modell der Fransenmizelle mit dem Verhalten der Zellulosefasern und den röntgenographischen Ergebnissen in Einklang.

Unter den Chemiefasern nehmen die Zelluloseregenerate immer noch die erste Stelle ein. In den letzten Jahren ist es gelungen, ihre Eigenschaften durch Fortschritte im Spinnprozeß, in der Nachbehandlung und in der Ausrüstung so zu verbessern, daß sie heute ein sehr hohes Qualitätsniveau erreicht haben. Dies betrifft besonders die Erhöhung der Naßfestigkeit, der Knittererholung und der Schmutzabweisung. So ist die Trockenreißfestigkeit von 3,4 g/den (1937) auf 6 g/den (1965) und die Naßreißfestigkeit im gleichen Zeitraum von 2,2 g/den auf 5 g/den gestiegen. Es besteht kein Zweifel, daß auf diesem Gebiet noch weitere Fortschritte möglich sind. Trotzdem wird die Situation für die Zellulosefasern in Zukunft schwieriger werden. In Abbildung 3 ist die Lage bis zum Jahre 1967 dargestellt.

Der Besprechung der Synthesefasern wollen wir die übliche Einteilung in Polymerisations-, Polykondensations- und Polyadditionsfasern zugrundelegen und diese jeweils gesondert behandeln. Dabei sollen Handelsnamen nur in wichtigen Fällen genannt werden.

Polymerisationsprodukte

Zu dieser Gruppe zählen die Polyolefin-, die Vinylchlorid- und Acrylnitrilpolymerisate. Historisch ist interessant, daß Klatté schon 1913 im DRP 281 977 die Verwendung des Polyvinylchlorids (PVC) zur Faserherstellung erwähnte. Die technische Herstellung der PeCe-Faser war aber erst nach der Erfindung der Nachchlorierung, jene der PCU-Faser nach der Entdeckung geeigneter Lösungsmittel möglich (DRP 666 264, 1931). Es war dies die erste vollsynthetische Faser für textile Zwecke mit ungewöhnlichen Eigenschaften: Beständigkeit gegen Säuren und Alkalien, Unbrennbarkeit, ausgezeichnetes Wärmerückhaltevermögen, ho-

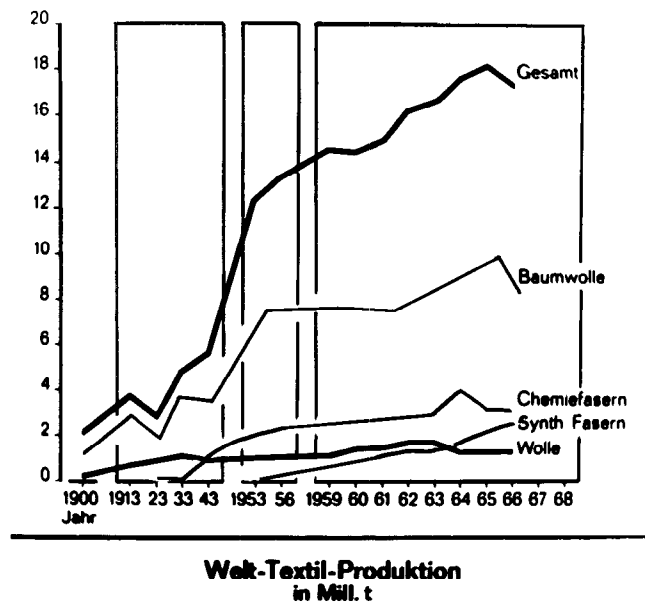
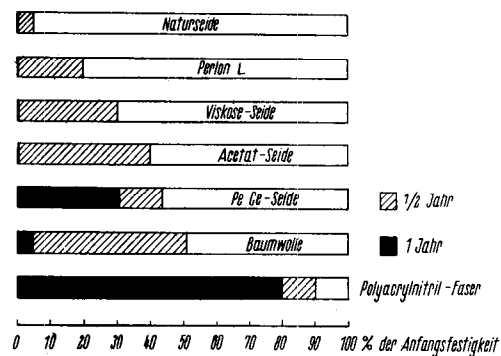


Abb. 3

he Licht- und Wetterbeständigkeit, sowie Insektenfestigkeit. Der niedrige Erweichungspunkt der PVC-Fasern von 75° bis 100°C wurde in der Folgezeit durch Copolymerisation mit Acrylnitril auf ca. 120°C gesteigert.

Die Entwicklung der reinen Polyacrylnitrilfaser war wiederum an die Entdeckung eines geeigneten Lösungsmittels gebunden, unter denen sich das Dimethylformamid am besten eingeführt hat. Die erste Polyacrylnitrilfaser wurde von DuPont in den Handel gebracht (Orlon), doch waren deutsche Arbeiten vorgängig. Heute haben sich diese Fasern auf Grund ihrer vorzüglichen Eigenschaften einen festen Platz auf dem Fasermarkt erobert. Bei guter Dauerwärmebeständigkeit, Naß- und Trockenfestigkeit erweichen sie erst bei ca. 180°C und haben die höchste Wetterbeständigkeit aller bekannten Fasern, wie Abbildung 4 zeigt. Die hervorragende Bauschelastizität und das gute Wärmerückhaltevermögen



Festigkeit von Polyacrylnitril-Faser im Vergleich zu anderen Fasern nach 1/2- und 1jähriger Bewitterung

Abb. 4

Tabelle 1: Eigenschaften einiger Polyäthylenfasern

<i>Eigenschaft</i>	<i>Alathon</i>	<i>Marlex 5000</i>	<i>Hifax</i>	<i>Faser T</i>
Denier	6,1	6,2	6,6	6,3
Spezifische Dichte	0,925	0,965	0,956	0,963
Schmelzpunkt °C	114	132	130	132
Erweichungspunkt °C	108	130	127	129
Modul g/den	23	75	48	88
Kristallinität %	40 - 50	55 - 65	55 - 65	60 - 70
Reißfestigkeit g/den	4,3	6,3	4,8	6,7
Bruchdehnung %	36	18	18	20
Naßreißfestigkeit g/den	4,3	6,3	4,8	6,7
Knotenfestigkeit g/den	4,0	5,4	3,7	5,7
Erholung bei 2 % Dehnung	94	98	96	99
Erholung bei 5 % Dehnung	90	94	92	96
Schrumpfung %				
in siedendem Wasser	sehr groß	8	10	7
in Luft bei 80°C	20	3	4	3
in Luft bei 115°C	schmilzt	12	14	10
Wasserabsorption	0,03	0,03	0,08	0,05

haben den Polyacrylnitrilfasern einen Einbruch in Gebiete ermöglicht, die vorher der Wolle reserviert waren (Teppiche, Schlafdecken, Pullover etc.).

Als relativ junge Glieder der vollsynthetischen Fasern sind die Polyolefinfasern zu betrachten, deren einfachsten Vertreter die Polyäthylenfaser darstellt, die sowohl aus Hochdruck- als auch aus Niederdruckpolyäthylen nach dem Strangpreßverfahren hergestellt werden kann. Die beiden Typen unterscheiden sich durch den Erweichungspunkt, der bei Hochdruckpolyäthylen bei 110° bis 114°C, bei Niederdruckpolyäthylen bei 130° bis 132°C liegt. Durch die Kohlenwasserstoffnatur dieser Fasern sind einige Eigenschaften vorgezeichnet: Wasserabstoßung, Beständigkeit gegen Säuren und Laugen, gute elektrische Eigenschaften, Brennbarkeit.

In Tabelle 1 sind die mechanischen Werte einiger Handelsprodukte zusammengestellt. Der niedrige Erweichungspunkt schränkt natürlich die Verwendung der Polyäthylenfaser auf einige Sondergebiete ein.

Wesentlich aussichtsreicher erscheinen die auf der Basis des isotaktischen Polypropylens und Polystyrols erhältlichen Fasern, von denen sich einige Vertreter bereits einen Markt erobert haben. Die erste Faser dieser Art war das von *N a t t a* und Mitarbeitern entwickelte Meraklon, dessen Reißfestigkeit dem Nylon ebenbürtig ist.

Aus Tabelle 2 sind die mechanischen Werte einiger Polyolefinfasern ersichtlich, und in den Tabellen 3 und 4 sind der Temperatureinfluß auf den Modul und auf die Reißfestigkeit bzw. die Dehnungserholung bei verschiedenen Tempera-

Tabelle 2: Eigenschaften einiger Polyolefinfasern

<i>Eigenschaft</i>	<i>Profax</i>	<i>PT-Faser</i>	<i>Sty-Faser</i>	<i>MP-Faser</i>
Denier	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
Spezifische Dichte	0,921	0,926	1,08	—
Schmelzpunkt in °C	161	163	235	226
Schmelzindex	2,6	1,4	0,8	1,6
Erweichungspunkt in °C	154	157	228	218
Modul in g/den	55	64	102	50
Kristallinität in %	50 - 60	60 - 70	55	50 - 60
Reißfestigkeit in g/den	5,6	7,6	6,4	6,2
Bruchdehnung in %	25	28	6,0	11,5
Naßreißfestigkeit in g/den	5,5	7,4	6,4	6,1
Knotenfestigkeit in g/den	4,7	6,3	2,8	5,1
Erholung bei 2 % Dehnung	98	100	94	98
Erholung bei 5 % Dehnung	92	94	83	95
Schrumpfung in %				
in siedendem Wasser	5	3	4	2
in Luft bei 80°C	—	—	—	—
in Luft bei 115°C	2	1,5	2	1
Wasserabsorption	bei allen vier Fasern sehr gering			

Tabelle 3: Temperatureinfluß auf Modul und Reißfestigkeit

Faser	Modul in g/den				Reißfestigkeit in g/den			
	20°C	50°C	100°C	150°C	20°C	50°C	100°C	150°C
Alathon	28	19	—	—	4,4	3,2	—	—
Marlex 5000	78	51	7	—	6,6	5,3	1,7	—
Hifax	72	48	6	—	6,4	5,0	1,4	—
Profax	60	56	35	5	5,8	5,8	5,4	1,1
Sty-Faser	105	98	51	42	4,6	4,6	4,4	3,8
MP-Faser	65	60	55	44	4,4	4,5	4,3	3,4
Nylon	40	41	38	38	6,5	6,5	6,5	4,8
Dacron	80	80	80	72	6,8	6,8	6,8	5,1
Baumwolle	65	60	60	55	3,4	3,4	3,2	3,2

Tabelle 4: Dehnungserholung in Minuten

Faser	20°C			50°C			100°C		
	+175 %	50 %	25 %	75 %	50 %	25 %	75 %	50 %	25 %
Baumwolle	3000	00	00	2700	00	00	1800	00	00
Dacron	2600	00	00	1900	00	00	1400	00	00
Nylon	180	3000	00	110	2400	00	40	1900	00
Alathon	1,5	65	1100	—	22	600	—	—	—
Marlex 5000	4,2	550	2200	2,1	480	1900	—	—	2,4
Hifax	3,8	460	2000	1,8	390	1800	—	—	2,0
Profax	15	1300	00	12	1300	00	6	600	00
Sty-Faser	30	1500	00	19	1100	00	16	800	00
MP-Faser	20	1400	00	18	1100	00	12	600	00

¹⁾Prozent der Bruchdehnung

turen dargestellt. Bei dem niedrigen spezifischen Gewicht dieser Fasern (0,92) und dem günstigen Preis für Propylen kann diesen Fasern eine gute Zukunft vorausgesagt werden. Seile für die Schifffahrt, Fischernetze, Polsterbezüge und Teppiche werden bereits in erheblichem Umfang aus diesen Produkten hergestellt.

Die Zukunftsaussichten der Polyolefine sind auch deshalb als günstig zu betrachten, weil es gelungen ist, aus verzweigten höheren Olefinen Polymerisate mit Erweichungspunkten über 200°C mit isotaktischer Struktur herzustellen. Abbildung 5 gibt Ihnen eine kleine Übersicht über die bisher untersuchten Olefine.

Lineares Monomeres	Schmelztemp. des Polymeren (°C)	Verzweigtes Monomeres	Schmelztemp. des Polymeren (°C)
CH ₂ -CH=CH ₂	165 °	CH ₂ -CH-CH=CH ₂	245 °
CH ₂ -CH ₂ -CH=CH ₂ . . .	128 °	CH ₂ -CH-CH ₂ -CH=CH ₂	205 °
CH ₂ -(CH ₂) ₂ -CH=CH ₂ . .	80 °	CH ₂ -CH-CH ₂ -CH ₂ -CH=CH ₂	188 °
CH ₂ -(CH ₂) ₃ -CH=CH ₂ . .	nicht bestimmt*)	CH ₂ -CH-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH=CH ₂	130 °

Abb. 5

Die Überlegenheit der Polymerisatfasern in bezug auf chemische Beständigkeit findet ihren Höhepunkt in der Teflonfaser von DuPont. Diese erweicht erst gegen 300°C, ist gegen alle Chemikalien beständig, selbst gegen konzentrierte Salpetersäure, hat hohe biologische Resistenz, gute elektrische Eigenschaften, einen sehr geringen Reibungskoeffizienten und ist nicht brennbar. Ihrer ausgedehnten Verwendung steht jedoch der hohe Preis und die schwierige Verarbeitbarkeit entgegen. Das gleiche trifft auch für die Vinylfluoridpolymeren zu.

Obwohl die faserbildenden Eigenschaften des Polyformaldehyds schon 1924 von Staudinger erkannt und als Modell für die Zellulose betrachtet wurden, ist bis heute noch keine synthetische Faser aus diesem Polymeren im Handel. Der Grund dafür dürfte in der thermischen Instabilität des Produktes liegen, obwohl diese fortlaufend verbessert wurde. Bei dem günstigen Preis des Formaldehyds könnte aber dieser Faser noch eine aussichtsreiche Entwicklung beschieden sein. Nach unseren eigenen Versuchen läßt sich Polyformaldehyd leicht aus der Schmelze verspinnen. Ein wasserlöslicher Fasertyp wurde in Polyvinylalkohol gefunden, der speziell für chirurgische Nähfäden Interesse erregte, weil die Fäden resorbierbar sind. Die Wasserlöslichkeit läßt sich durch Kondensation mit Formaldehyd in saurer Lösung beseitigen. Die dabei entstehenden Polyvinylacetale leiten zu den Polykondensationsfasern über, die ich nun besprechen will.

Polykondensationsprodukte

Die erwähnten Kondensationsprodukte des Polyvinylalkohols mit Formaldehyd liefern Fasern, die bezüglich Wasseraufnahme der Wolle ähnlich sind und außerdem hohe Scheuerfestigkeit, gute Alkali- und Säurebeständigkeit und biologische Resistenz zeigen. Sie haben aber bisher nur in Japan und in den USA einen beschränkten Markt gefunden, was wohl auf den hohen Preis und die geringe Knittererholung zurückgeführt werden kann.

Als wichtigste Polykondensate für die Faserherstellung müssen die Polyamide betrachtet werden, deren ersten Vertreter das Nylon 66 aus Adipinsäure und Hexamethyldiamin darstellt. Es war das Ergebnis der Pionierarbeiten von W.H. Carothers und hat eine Revolution auf dem Fasergebiet eingeleitet. Es war die erste Faser, die nach dem Schmelzspinnprozeß hergestellt werden konnte. Sie hat durch ihre überlegenen Eigenschaften die Naturseide fast völlig verdrängt und eine neue Epoche auf dem Gebiet der vollsynthetischen Fasern eingeleitet. Ihre Bedeutung liegt in der hohen Reiß-, Biege- und Scheuerfestigkeit. Die große Variierbarkeit der Struktur bezüglich anderer Diamine und Dicarbonsäuren ergibt Nylontypen mit verschiedenen Eigenschaften.

Neuerdings wurden Fasern aus aromatischen Bausteinen mit höheren Erweichungstemperaturen (Nomex etc.) entwickelt. Durch das Verhältnis der Länge der Paraffinkette zur CO-NH-Gruppe kann man den Erweichungspunkt in weiten Grenzen einstellen, wobei geradzahlige Ketten jeweils den höheren Schmelzpunkt zeigen. Für die guten mechanischen Eigenschaften der Polyamidfasern sind die Wasserstoffbrücken zwischen den CO-NH-Gruppen verantwortlich.

Der zweite bedeutende Polyamidtyp ist das Polycaprolactam, das durch Polykondensation der ω -Aminocapronsäure entsteht, wie schon 1906 durch J. von Braun beobachtet wurde. Manasse hatte bereits 1902 ein Polyamid aus ω -Aminoheptylsäure beschrieben, das neuerdings in Rußland stärkere Beachtung findet. Die Polykondensation des Caprolactams in Gegenwart von Wasser und Katalysatoren verdanken wir P. Schläck. Die Entwicklung des Verfahrens zur Herstellung des Caprolactams ist in meinem Laboratorium in der BASF in Zusammenarbeit mit meinem Mitarbeiter Wiest durchgeführt worden. Ebenso ist die für die Verarbeitung wesentliche Entfernung der Monomeren und Oligomeren durch Extraktion mit heißem Wasser in meinem Laboratorium, zusammen mit Ufer, entwickelt worden (DRP 766 120).

Seither sind noch mehrere neue Verfahren bekannt geworden. Von diesen scheinen die von Cyclohexan ausgehenden besonders wirtschaftlich zu sein, sei es durch katalytische Oxydation zu einem Cyclohexanol-Cyclohexanon-Gemisch, durch Photonitrosierung zu Cyclohexanonoxim oder über Caprolacton. Durch die Erfindung der katalytischen NO-Reduktion zu Hydroxylamin und die katalytische Umlagerung von Cyclohexanonoxim zu Caprolactam sind große

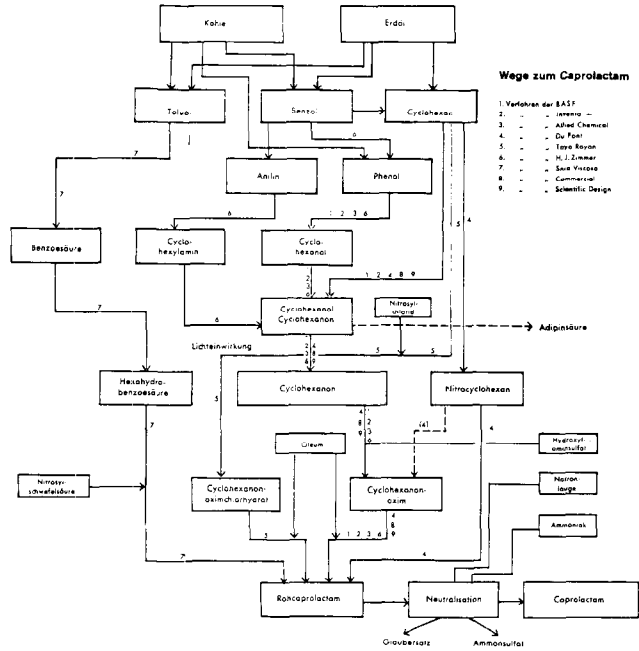


Abb. 6

Fortschritte erzielt worden. Polycaprolactam ist zur Zeit das billigste Polyamid. Seine Produktion hat 1967 die von Nylon 66 (800 000 Tonnen pro Jahr) erreicht und dürfte sie in den nächsten Jahren übertreffen.

Eine Übersicht über die verschiedenen Verfahren zur Caprolactamherstellung gibt Abbildung 6. Die Eigenschaften von Nylon 66 und Perlon (Nylon 6) sind sehr ähnlich, wie Sie den nachfolgenden Tabellen 5, 6 und 7 entnehmen können. Nylon 66 hat einen um 30°C höheren Schmelzpunkt.

Tabelle 5: Spezifisches Gewicht einiger Fasern

	Spez. Gew.		Spez. Gew.
Bobina-Perlon	1,13	Leinen	1,50
Nylon	1,13 - 1,24	Ramie	1,51
Naturseide, entbastet	1,22 - 1,25	Viskosekunstseide	1,52 - 1,54
Tussah-Seide	1,27	Kupferkunstseide	1,52 - 1,55
Azetatseide	1,30 - 1,33	Baumwolle	1,54 - 1,55
Wolle	1,30 - 1,32	Asbest	2,0 - 2,6
Hanf, Jute	1,48 - 1,50	Glasfaser	2,4 - 2,6

Tabelle 6: Feuchtigkeitsaufnahme einiger Fasern

	etwa %		%
Bobina-Perlon	4	Ramie	12
Nylon	3,5 - 4	Hanf	12
Azetatseide	6,0 - 6,5	Jute	12 - 13
Baumwolle	8,5	Lanital	17,5
Naturseide	10 - 11	Wolle	17 - 18

Werden Faserproben tropfnaß gemacht und dann geschleudert, so nehmen Bobina-Perlon 14 %, Wolle 28 %, Seide 54 %, Baumwolle 75 % Feuchtigkeit auf.

Ebenso wie beim Nylon 66-Typ kann auch die Struktur der Polylactame variiert werden. Eine Übersicht über die wichtigsten Nylonarten gibt Tabelle 8, doch sind auch die niedrigeren Lactame bekannt.

Tabelle 7: Vergleich der textilen Eigenschaften einiger Fasern

	Bobina-Perlon	Wolle	Baumwolle	Zellwolle
Festigkeit - Rkm	40 - 45	12 - 16	30 - 40	20 - 25
Bruchdehnung	35 - 45	40 - 50	8 - 15	15 - 25
rel. Naßfestigkeit	90	80	105	50
Quellwert	10 - 14	50 - 70	50 - 80	100 - 120
Elastizitätsgrad				
bei 10 kg/mm	98 - 100	80 - 85	60 - 65	40 - 50
bei 20 kg/mm	90 - 96	60 - 65	50 - 55	30 - 40
bei 30 kg/mm	65 - 88	55 - 58	42 - 47	
Schlingenfestigkeit	95 %	85 %	95 %	40 %
Biegebeständigkeit	300 000	25 000	35 000	3000
Scheuerfestigkeit	200 000	10 000	18 000	3000

Neuerdings findet Nylon 4 verstärktes Interesse. Jedenfalls ist die Entwicklung neuer Polyamidtypen in vollem Gang. Eine neue Synthesefaser (Fiber Y) von DuPont mit außergewöhnlichen Eigenschaften scheint ebenfalls eine Polyamidfaser zu sein. Bei Verwendung aromatischer Bausteine dürften noch neue Typen zu erwarten sein.

In die Gruppe der Polyamide gehören auch die Polyalkylenharnstoffe, die in Japan entwickelt wurden und in „Urylon“ aus Nonamethylen und Harnstoff den ersten Vertreter gefunden haben. Diese Faser ist in den meisten Eigenschaften Nylon 66 sehr ähnlich, übertrifft es aber in der Abriebfestigkeit um das Mehrfache. Den Polyaminotriazolen, die ebenfalls mit Nylon vergleichbar sind, kommt wegen des hohen Hydrazinpreises vorläufig keine technische Bedeutung zu.

Eine weitere bedeutende Gruppe der Synthesefasern sind die Polyester, deren wichtigsten Vertreter „Terylene“ darstellt. Seine Erfindung geht auf *Whinfield* und *Dickson* zurück. Die Faser zeichnet sich durch hohe Reißfestigkeit, hohen Erweichungspunkt, gute Chemikalien- und Hitzebeständigkeit aus. Die Wasseraufnahme ist (ihrer

Esternatur entsprechend) geringer als bei Nylon. Demgemäß ist auch das Färben schwieriger. Die Einsatzgebiete sind dieselben wie bei den Polyamidfasern.

Polyester wie Polyamide zeigen viele Abwandlungsmöglichkeiten. Verwendet man an Stelle des Äthylenglykols 1,4-Dimethylolcyclohexan, so erhält man die Kodelfaser von Kodak, die von den Chemischen Werken Hüls unter dem Namen „Vestan“ in den Handel gebracht wird. Einen anderen interessanten Typ stellen die Polycarbonate von *Schneid* dar, die wieder eine ganze Palette von Fasern liefern können, aber bis jetzt praktisch noch keinen Vertreter haben.

Polyaddukte

Innerhalb der dritten Klasse von Polymeren, den Polyadditionsprodukten, haben sich einige Vertreter neuerdings einen Markt erobern können. Die bedeutendste Gruppe stellen die Polyurethane dar, von denen einige interessante Eigenschaften, vor allem eine ungewöhnlich hohe Elastizität, besitzen. Sie sind unter dem Sammelnamen „Spandex-Fasern“ bekannt und dürften noch eine große Entwicklung vor sich haben. Im Gegensatz zu den elastischen Garnen, deren Elastizität auf ihrem hohen Zwirgrad beruht, ist bei den Spandex-Fasern die Elastizität in der chemischen Struktur verankert und erlaubt reversible Dehnungen bis über 1000 %.

Durch Kombination harter und weicher Segmente längs der Fadenmoleküle, die durch Wasserstoffbrücken mit der Nachbarkette schwach vernetzt sind, entstehen Produkte, die aus Lösungen versponnen werden können. Auch hiebei bestehen die bei anderen Synthesefasern ebenfalls möglichen Abwandlungen der Struktur, sodaß man auf diesem Gebiet noch interessante Neuentwicklungen erwarten kann.

Dank dem heute schon sehr hohen Stand der Kenntnis des Bildungsmechanismus der Polymerisations- und Polykondensationsprodukte, der Zusammenhänge zwischen chemischer Struktur und Eigenschaften sowie des Einflusses des Molekulargewichts auf das physikalische Verhalten in Substanz und in Lösung verfügt die Forschung auf dem Chemiefasergebiet bereits über wertvolle Grundlagen für weitere Fortschritte. Dadurch ist eine gezielte Forschung möglich, die der synthetischen Chemie stets neue Probleme stellt.

Tabelle 8: Eigenschaften der wichtigsten Polyamide

Typ	Ausgangsmaterial				Faser			
	spez. Dichte	Schmelztemperatur in °C	Molekulargewicht	Wasseraufnahme in %	Wasserextraktion in %	Reißfestigkeit in g/den	Naßreißfestigkeit in g/den	Bruchdehnung in %
Nylon 5	1.13	240 - 250	14- 16 000	4.1	5 - 15	4.8	4.4	28
Nylon 6	1.12	210 - 215	16- 22 000	3.6	5 - 10	4.5	4.3	35
Nylon 7	1.10	225 - 230	16- 25 000	2.9	1 - 3	4.2	4.0	35
Nylon 8	1.09	200 - 205	16- 22 000	2.9	0.5 - 2.5	4.2	4.1	38
Nylon 9	1.09	210 - 215	18- 25 000	2.5	0.5 - 1.5	4.2	4.1	40
Nylon 11	1.08	190 - 200	20- 25 000	2.3	0.5 - 1.2	3.8	3.7	38
Nylon 12	1.08	180 - 190	22 000	2.2	0.75	3.8	3.8	40
Nylon 6,6	1.13	250 - 260	14- 18 000	3.4	0.5 - 0.9	4.5	4.2	22
Nylon 6,10	1.10	190 - 195	16- 22 000	2.6	0.5 - 0.8	4.2	4.1	30

Sie hat die Aufgabe, immer wieder neue verspinnbare Polymere zu entwickeln, die Eigenschaften der bekannten zu verbessern und durch neue Verfahren die Herstellung wirtschaftlicher zu gestalten. Der Verarbeiter muß sich dieser stürmischen Entwicklung anpassen, obwohl diese ein hohes Maß an Umstellungsfähigkeit verlangt. Die makromolekulare Chemie hat sich nur dadurch so schnell entfalten können, weil ihr die Synthese eine so große Palette von reaktionsfähigen Substanzen zur Verfügung stellen konnte.

Angesichts der rasch steigenden Produktionszahlen für Kunststoffe und die daraus herstellbaren Chemiefasern sind Betrachtungen über die Rohstofflage am Platz. Die Erzeugung vollsynthetischer Fasern absorbiert heute ca. 20 % der Kunststoffproduktion. Als Rohstoff für letztere kommt überwiegend Rohöl in Frage. Da dieses nur zu ca. 3 % für chemische Produkte verbraucht wird, dürfte der Bedarf für die Faserherstellung für absehbare Zeit gesichert sein. Es ist im Gegenteil zu erwarten, daß der Anteil des Erdöls für die Gewinnung so hoch veredelter Produkte, wie es Chemiefasern und Kunststoffe sind, gegenüber dem großen Verbrauch für Heizzwecke zurückgehen wird.

Wenn wir an Hand der bisherigen Entwicklung eine Vorausschau für die Zukunft wagen wollen, so darf als sicher gelten, daß die vollsynthetischen Fasern die Hauptrolle spielen werden. Die Naturfasern können angesichts der steigenden Löhne kaum billiger werden, während bei den vollsynthetischen Fasern hierzu noch große Möglichkeiten bestehen. Manche Polymere (wie z.B. Polypropylen) können schon heute preisgünstiger als Baumwolle erzeugt werden. Die Entwicklung auf dem Fasergebiet wird die gleiche sein wie bei anderen natürlichen Produkten (z.B. bei Farbstoffen, Kautschuk, Arzneimitteln usw.). Der Siegeslauf der Synthese gegen die Naturprodukte ist einfach nicht aufzuhalten, da sie der Menschheit Erzeugnisse mit derart überlegenen Eigenschaften beschert: Fabrikate mit niedrigeren spezifischen Gewichten, höherer Reiß- und Scheuerfestigkeit, höherer biologischer Resistenz und Wetterfestigkeit. Der Hauptvorteil des Syntheseproduktes wird aber immer die Variierbarkeit seiner Eigenschaften und die dadurch mögliche Anpassung an den Verwendungszweck bleiben. In vielen Fällen wird eine Kombination von Natur- und Synthesefasern Vorteile bieten. Auf der letzten internationalen Wollkonferenz in Amsterdam wurde gerade auf diese Möglichkeit zur Veredlung von Wollgeweben hingewiesen.

Literatur:

- 1) A. Keller, Phil. Mag. 2, 1171 (1957)
Fiber Structure, The Textile Institute,
Manchester 1963, Chapter 10

Diskussion

Dr. Albrecht: Sie haben uns schlaglichtartig in Fragen eingeführt, die uns heute immer wieder berühren. Es geht ja nicht nur darum, daß Sie uns in chemischer Hinsicht einen Überblick geben, sondern daß dieser auch in Zusammenhang mit der praktischen Wirtschaft steht. Ich nehme an, daß sich daraus eine Reihe von Fragen ergeben wird.

Dr. Studt: Sie haben in Ihrem Vortrag einige Zahlen über die Eigenschaften verschiedener Fasern genannt. Dabei fiel mir auf, daß das Perlon recht schlecht wegkam. Sie erwähnten, daß infolge Bewitterung die Festigkeit nach einem Jahr um mehr als 50 % zurückgeht. Das ist heute nicht mehr der Fall. Wir können durch Einlagerungen diesen Festigkeitsabfall weitgehend stoppen, sodaß er noch höchstens 10 bis 20 % beträgt. Im anderen Falle könnten die Farbfabriken BAYER ihre Dorvivan-Faser kaum für die Erzeugung von Gardinen verkaufen.

Auch der Abfall der Dauerwärmebeständigkeit bei 120°C stimmt heute nicht mehr. Denken Sie an die Verwendung von Perlon als Reifenkord, wobei im Reifen Temperaturen von 100 bis 120°C durchaus keine Seltenheit sind. Die Polyamide werden außerdem vorzugsweise für Lastwagenreifen verwendet.

Sind Ihrer Meinung nach heute die Polyamide und Polyester die wichtigsten Chemiefasern? Oder sehen Sie eine weitere Synthesefaser am Horizont, die ebensolche Bedeutung erlangen könnte?

Prof. Hopff: Zu Ihren ersten beiden Korrekturen möchte ich bemerken, daß die angeführten Zahlen aus den Textillabors der IG stammen. Allerdings liegen sie schon einige Jahre zurück und sind unter extremen Verhältnissen ermittelt worden. In den letzten Jahren wurden durch Zugabe von Stabilisatoren (z.B. Mangan- oder Chromsalze) die Eigenschaften verbessert. Im Vergleich zur Polyacrylnitrilfaser ist Perlon gegenüber Bewitterung anfälliger. Ich wäre dankbar, wenn Sie mir Ihre Zahlen zur Verfügung stellen könnten.

Dr. Studt: Den Festigkeitsabbau bei 120°C und 12 Stunden kann man auf 5 bis 10 % beschränken. Ein Lastwagenreifen wird bei dieser Temperatur unter Umständen 300 000 km gefahren und hält dies ohne weiteres aus. Man weiß aus Versuchen am Reifenprüfstand und auf der Straße, daß nicht nur die Außenschichten, sondern auch die Faser selbst Temperaturen dieser Höhe annimmt.

Dr. Albrecht: Herr Professor Hopff hat ja im wesentlichen über die Polyamidsubstanz gesprochen, die man durch Zusatz von Stabilisatoren abwandeln kann. Gerade das ist wahrscheinlich das größte Forschungsgebiet bei allen Chemiefasern. Hierbei wurden schon große Fortschritte erzielt, besondere Eigenschaften entwickelt und etwaige Mängel ausgeglichen. Schmelzen und Flammenfestigkeit sind Themen, die immer aktueller werden und eher von seiten der Stabilisatoren als von der Substanz her gelöst werden können.

Prof. Hopff: Herr Dr. Studt, Sie haben vorhin nach der Entwicklung einer neuen Faser gefragt. Ich bin sehr optimistisch und glaube, daß es wohl möglich sein wird, neue Fasern mit wesentlich verbesserten Eigenschaften zu schaffen. Die Frage ist nur: Werden sie billiger sein?

Der Preis gibt den Ausschlag, denn sonst würde man heute schon viele Artikel aus Teflon herstellen. Diese Faser hat eine unerreichte chemische und thermische Beständigkeit sowie hohe Reißfestigkeit, aber sie kostet zu viel.

Für manche Verwendungszwecke spielt die Reißfestigkeit die Hauptrolle, für andere wieder nur die Hitzebeständigkeit. In Amerika hat man mir eine Polypropylenfaser gezeigt, die eine Reißfestigkeit von 15 g/den aufwies.

Dir. Thimm: Sie sagten vorhin etwas global, daß die Einsatzgebiete der Polyamid- und Polyesterfasern die gleichen sind. Bedenken Sie jedoch, daß die Polyesterfasern sehr stark auf dem Oberbekleidungssektor eingesetzt werden, zum Beispiel in Mischung mit Baumwolle oder mit Viskosefasern! Denken Sie auch an die vielen Dinge, die wegen der größeren Formstabilität aus Polyesterfäden gemacht werden?

Sie geben den Polyolefinfasern große Chancen. Sie nannten im speziellen das 2-Methylbuten, erwähnten aber auch die große Wirtschaftlichkeit von Caprolactam. Wie sehen Sie die Preisrelation zwischen diesen beiden Grundstoffen, die ja etwa den gleichen Schmelzbereich aufweisen?

Prof. Hopff: Äthylen und Propylen sind nur deshalb so billig, weil sie in riesigen Mengen fabriziert werden. Dabei fallen Fraktionen an, die 2-Methylbuten, -penten oder -hexen enthalten. Alle diese Stoffe haben in Form der isotaktischen Polymerisate höhere Erweichungspunkte als Polypropylen. Ihre übrigen Eigenschaften sind aber von denen des Polycaprolactams verschieden.

Von einer Polyolefinfaser können Sie nie Schweißabsorption verlangen, weil sie völlig wasserabstoßend ist. Für die Verwendung in Teppichen hat sich dagegen die Meraklon-Faser sehr gut eingeführt (z.B. in der Schweiz, in den USA und in England). Der Preis ist hier sehr attraktiv: 1 kg Propylen kostet 0,30 DM, 1 kg Polypropylen wenig über 1 DM. Bei Caprolactam liegt der niedrigste Preis bei DM 1,80 per kg.

Dr. Riggert: Herr Professor Hopff erwähnte die Y-Faser und nannte als Herstellungsmöglichkeit ihre Synthese aus Diamino-dicyclohexylmethan und einer C₁₂-Säure. Auch eine Kombination mit einer C₉-Säure (Azelaensäure) ist im Gespräch. Diese wird im betreffenden DuPont-Patent besonders hervorgehoben.

Ich habe noch eine Frage zu Ihrer Tabelle der Eigenschaften von Polyolefinfasern (d.h. zu Tabelle 2). Der Hitzeschumpf bei 115°C in Heißluft war geringer als jener bei 100°C in Wasser. Das wundert mich, da doch die weichmachende Wirkung des Wassers bei Polyolefinfasern weitgehend entfällt.

Prof. Hopff: Das fiel mir auch auf, aber ich erhielt diese Zahlen von einer Herstellerfirma für Polyolefinfasern.

Dr. Riggert: Ich kann mir höchstens vorstellen, daß bei einer Behandlung mit Heißluft die Faser sehr langsam aufgeheizt wurde, so daß eine Art Vorthermofixierung zustande kam, die die Schrumpfung reduzierte. Bei einer Schrumpfbestimmung in Wasser dagegen wird die Faser immer schockartig der Temperatur ausgesetzt.

Prof. Hopff: Das kann möglich sein; die Vorgeschichte der geprüften Fäden ist mir nicht bekannt.

Prof. Klare: Die Polyoxymethylenfaser soll wegen ihrer mangelnden Thermostabilität noch nicht einmal im Handel sein. Wie steht es mit ihrer Brennbarkeit? Auch diese Eigenschaft scheint noch Sorge zu bereiten, da doch die Kettenbausteine Sauerstoff enthalten.

Prof. Hopff: Dies trifft zu, doch Sie wissen aus der Praxis, daß man die Brennbarkeit aller Stoffe durch Zusätze stark variieren kann. Man kann selbst Nitrozellulose völlig unbrennbar machen, wenn man 50 % Gips inkorporiert. Die Brennbarkeit ist auch bei Polypropylen- und Polyamidfasern gegeben, man kann sie jedoch durch Beimengung von Antimonoxyd bzw. von anderen Stoffen beachtlich herabsetzen. Ich weiß, daß bei mehreren Firmen an diesem Problem gearbeitet wird.

Prof. Klare: Sie haben sich sehr eindeutig gegen die Kettenfaltung in Fasern ausgesprochen. Sie schränkten das auf Zellulosefasern ein, indem Sie auf Versuche in Zürich hinwiesen. Aber bei Polyamid und Polyester bin ich nicht so überzeugt, daß keine Kettenfaltung existiert. Es gibt Anhaltspunkte dafür, daß diese nach dem Spinnen erstaunlicherweise recht schnell erfolgen kann.

Prof. Hopff: Keller hat an Polyäthylen-Einkristallen bewiesen, daß die Kettenlänge größer ist als die Dicke des Kristalls. Ebenso ist aber jetzt bewiesen, daß dies bei Zellulose nicht der Fall ist. Von Botanikern wird betont, daß es biologisch unverstänlich sei, daß beim Wachstum von einer gewissen Kettenlänge an die Glukoseeinheiten plötzlich die Richtung ändern sollen. Ich möchte nur jede Verallgemeinerung ablehnen.

Keller behauptet ferner, daß man das bisherige Bild der Fransennizelle zugunsten der Kettenfaltung aufgeben müsse. In Boston fand im vorigen Jahr eine Tagung zu diesem Thema statt. Als Quintessenz formulierte der Vorsitzende, daß - trotz vieler Argumente für die Kettenfaltung - die Fransennizelle immer noch das beste Modell für die Zellulosefaser sei. Durch Untersuchungen im Züricher Botanischen Institut wurde dies gleichfalls bewiesen.

Ich bin überzeugt, daß man bei einer Kettenfaltung die strukturellen Einflüsse erst näher studieren muß. Glauben Sie, daß sich in einer Polyamidschmelze, die mit ca. 1000 m per Minute zu Fäden gezogen wird, plötzlich die Ketten senkrecht zur Zugrichtung orientieren werden? Mir geht das gegen den Strich, außer wenn ich annehme, daß die Kettenfaltung bereits in der Schmelze durch die van der Waalschen Kräfte zwischen den CONH-Gruppen vorgebildet ist.

Prof. Klare: Es gibt aber nach unseren Untersuchungen Anhaltspunkte, daß in der fertig abgekühlten Faser doch gewisse Kettenfaltungen auftreten können. Dies gilt für Polyamide und Polyester, selbst bei hoher Abzugsgeschwindigkeit.

Prof. Hopff: Wenn Sie mir den Beweis erbringen können, bin ich sofort überzeugt. Eine Helix erscheint wahrscheinlicher.

Dr. Krässig: Ich möchte in diesem Zusammenhang darauf hinweisen, daß Keller in dem Buch von Hearle "Fibre Structure" am Schluß seines Artikels dasselbe sagt, was Professor Hopff meint. Man soll doch nicht verallgemeinern, bevor noch jemand den Modellversuch gemacht hat, bei einer smektisch ersponnenen Faser den Einfluß der Verstreckung auf die Röntgenorientierung nachzuweisen. Die Orientierung quer zur Faserachse müßte dann - wenigstens andeutungsweise - einer solchen parallel zur Faserachse weichen (wie auch Kobayashi meint). Solange das nicht nachgewiesen werden kann, ist der Anteil solcher Strukturen in der Faser fraglich oder höchstens äußerst gering.

Hämmerle: Wir alle kennen die guten Eigenschaften der Synthesefasern. Ihre geringe Feuchtigkeitsaufnahme ist aber sowohl für Nachbehandlung und Ausrüstung als auch für Bekleidungs zwecke von Nachteil. Herr Professor Hopff, Sie sagten, daß allein durch Variation der Herstellungsbedingungen keine Änderung der Feuchtigkeitsaufnahme von Polyolefinfasern erreicht werden könne. Ist dies auch für Polyamid- und Polyesterfasern gültig, oder wird noch daran gearbeitet?

Prof. Hopff: Sie wissen, daß Polyamide mit kürzeren Kettengliedern (z.B. Polypyrrolidon) schon wesentlich mehr Feuchtigkeit aufnehmen können. Man kann die Fähigkeit zur Wasseraufnahme durch die Länge der Paraffinketten zwischen den CONH-Brücken regulieren. Je kürzer diese sind, umso mehr Wasser wird gebunden. Den Idealfall böte das Nylon 1 (polymere Cyansäure). Die Möglichkeit besteht durchaus, durch den Einbau hydrophiler Gruppen das Wasseraufnahmevermögen zu erhöhen. Der Einbau einer solchen Gruppe bedeutet aber einen zusätzlichen Schritt bei der Synthese der Ausgangsprodukte. Die Herstellung derartiger Stoffe (z.B. Caprolactam mit einer zusätzlichen OH-Gruppe) ist derzeit technisch nicht möglich. Es hängt dies von der Entwicklung der Rohstoffsituation ab. Aus Erdöl lassen sich Produkte viel billiger herstellen als aus Steinkohle.

Dr. Albräch: Unsere Kleidung wurde auf der Grundlage von Wolle und Baumwolle konstruiert. Wir müssen aber nun die Eigenschaften der Synthesefasern als neues Konstruktionselement ausnützen. Wir wissen aus zahlreichen Versuchen, daß es ohneweiters möglich, ja sogar wünschenswert ist, zwischen Feuchtigkeitsabgeber und -aufnehmer eine hydrophobe Schicht zu haben. Dadurch bleibt ein kleiner Zwischenraum, der kapillaraktiv wirkt und die Feuchtigkeit abtransportiert. Mit der Feuchtigkeitsaufnahme allein ist uns ja nicht gedient. Nehmen wir als Beispiel Socken aus Baumwolle bzw. Wolle: Bei gleicher Menge absorbierten Wassers wird sich der Baumwollsocken naß, der Wollsocken dagegen noch immer trocken anfühlen.

Wir sollten daher dieses Problem nicht allein von seiten der Chemie, sondern auch von der Bekleidungskonstruktion her ansehen.

Huy: Man muß bei Betrachtung der bekleidungsphysiologischen Aspekte nicht nur den Feuchtigkeitstransport, sondern auch die Wärmeisolationseigenschaft der verschiedenen Fasern berücksichtigen. Welche Bedeutung messen Sie - im Hinblick auf diesen Gesichtspunkt - den texturierten Fasern bei?

Prof. Hopff: Die Texturierung erlaubt es, das Wasserabsorptionsverhalten der Faser zu beeinflussen. Die Verwendung von Nyltest für Herrenhemden ist auf die Strukturierung der Polyamidfaser zurückzuführen.

Dr. Buxbaum: Sie haben über ein neues Verfahren zur Herstellung von Caprolactam über ϵ -Caprolacton gesprochen. Können Sie uns dazu Näheres sagen?

Prof. Hopff: Das Verfahren muß sehr günstig sein, weil die BASF sogar erwägen soll, ihre Produktion darauf umzustellen. Auch in Amerika hat man es technisch entwickelt und angewendet. Cyclohexanon ist als Keton sehr befähigt, Peroxyde zu bilden. Durch Luftoxydation erhält man in Gegenwart eines Katalysators Caprolacton. Heute ist die Umwandlung von Lacton in Lactam mit einer Ausbeute von über 95 % möglich. Vor zwanzig Jahren hatten wir bei der BASF dieses Problem noch nicht gelöst. Wir erhielten nur 60 % Ausbeute und viele Nebenprodukte. Auch bei der Herstellung von Caprolactam gibt es also noch Möglichkeiten zur Verbilligung.

Prof. Schlack: Sie haben ein Verfahren nicht erwähnt, das aus der amerikanischen Literatur bekannt ist. Das ist die Nitrierung des Cyclohexanons in α -Stellung, Aufspaltung zur Nitrocarbonsäure, Hydrierung der letzteren zu Aminocapronsäure und Destillation im Vakuum. In sämtlichen Stufen erhält man vorzügliche Ausbeuten. Problematisch ist nur der Einsatz von Nitriersäure, denn für das großtechnische Verfahren stellt dies eine Novität dar.

Prof. Hopff: Ich habe einige Verfahren nicht erwähnt, weil sie mit den bekannten nicht konkurrieren können. Das Snia-Viscosa-Verfahren, das ich auch auf dem Schaubild gezeigt habe, sieht bestechend einfach aus. Trotzdem kam die Versuchsanlage aber nie richtig in Gang, weil zu viele Nebenreaktionen auftraten. Nach fünf Stufen mit je 90 % Ausbeute erhält man am Ende ja doch nur ca. 50 %.

Dr. Studt: Der Preisvorteil des Polypropylen liegt zwar für Kunststoffprodukte auf der Hand, auf dem Fasersektor verliert es aber seine wirtschaftliche Überlegenheit. Im Hinblick auf den Einsatz für Teppiche möchte ich bemerken, daß das Färben von Polypropylenfasern auch heute noch immer ein Problem darstellt. Ein Experte der amerikanischen Chemiefaserindustrie meinte hiezu, daß den größten Verbrauchsanstieg die Polyamid- und Polyesterfasern haben werden, obwohl die Polyesterfasern in puncto Scheuerbeständigkeit nicht einmal optimal für diesen Einsatzzweck geeignet sind.

Die erwähnte Polypropylenfaser mit einer Festigkeit von 15 p/den ist auch nicht mehr ganz einfach zu verspinnen und weist gleichzeitig hohen Schrumpf auf. Deswegen fällt sie für technische Einsatzgebiete aus, ganz abgesehen von ihrem niedrigen Schmelzpunkt.

In der ganzen Welt haben sich Hunderte von Firmen Extruder gekauft, um Polypropylenbändchen herzustellen. Wegen der Schwierigkeit, eine niedrig schrumpfende Faser zu erhalten, konnte man aber noch keine großen Mengen erzeugen.

Prof. Hopff: Von Shell in Amsterdam erhielt ich andere Informationen. Diese Firma spinnst Bändchen für Säcke, die die Jute ersetzen sollen. Im letzten Jahr wurden angeblich bereits 400 Millionen Säcke für den Versand von Düngemitteln etc. verwendet. Diese Säcke sind bei den Bauern sehr beliebt, weil sie nach dem Auswaschen wieder verwendet werden können. Polypropylen Säcke haben nicht den üb-

len Geruch der Jute und schimmeln außerdem nicht. Die Festigkeit ist ebenfalls besser.

Auch der Teppich aus Polypropylenfasern hat eine große Zukunft. Ich sprach mit Herren von Kodak, die bedauerten, daß sie dieses Gebiet nicht stärker forciert haben. Das Färben von Polypropylen stelle kein Problem mehr dar, da sie spezielle Dispersionsfarbstoffe entwickelt hätten. Diese erlaubten es sogar, einen Anzugstoff aus Wolle/Polypropylen uni anzufärben.

Dir. Thimm: Man muß bei Polypropylen unterscheiden, ob die Fasern daraus für Bekleidung, für Heimtextilien oder für Bändchengewebe dienen sollen. Herr Dr. Studt und ich meinten vor allem die beiden erstgenannten Einsatzgebiete. In Amerika verwendet man für Teppiche Herculon, eine texturierte Polypropylenfaser. Herculon-Fasern sind zu 80 bis 90 % spinngefärbt; es gibt aber auch eine Type, die mit Dispersionsfarbstoffen anfärbbar ist, doch treten immer wieder Schwierigkeiten auf, wenn man Kombinationen von Farbstoffen anwenden will.

Auch Montecatini erzeugt eine derartige Type, gibt aber der spinngefärbten Faser den Vorzug. In Deutschland werden vor allem Stapelfasern auf dem Nadelfloresektor eingesetzt. Im Frühjahr 1967 stagnierte in Amerika der Absatz von Herculon, weil texturierte Polyamidfasern zu sehr niedrigem Preis angeboten wurden. Als sich aber im Juli 1967 die Situation änderte und texturierte Polyamidfasern knapp wurden, kam Polypropylen wieder ins Geschäft, weil es zu 90 Cents per Kilogramm (spinngefärbt) angeboten wurde. Polyamidfasern kosteten dagegen 107 bis 117 Cents per Kilogramm.

Prof. Hopff: Wir dürfen die Möglichkeiten der Copolymerisation nicht vergessen. Wenn Sie 2 bis 3 % Acrylsäure in Polypropylen einbauen, dann bekommen Sie eine gewisse Farbstoffaffinität. Acrylsäure ist eine billige Komponente, da sie unter anderem aus Propylen einfach hergestellt werden kann. Wir wollen aber die Preisfrage nicht in den Vordergrund stellen, da sich diese von Jahr zu Jahr ändert.

Bei technischen Artikeln (z.B. Seile oder Fischernetze) werden die Polypropylenfäden eine große Zukunft haben. Auch die Hausfrau wird Tischtücher aus Polypropylen schätzen, denen selbst Rotweinflecken nichts anhaben können.

Dr. Stephan: Ich möchte noch einiges zum Thema Polyvinylchloridfasern hinzufügen. In Italien ist es der Firma ACSA und in Frankreich der Société Rhovyl gelungen, eine Faser mit besserer Beständigkeit gegen Hitze und Lösungsmittel herzustellen. Dabei polymerisiert man Polyvinylchlorid (PVC) in der Kälte und erhält ein stereoreguläres Produkt, welches naß versponnen wird. Man ist aber noch nicht sicher, ob diese Faser wirtschaftlich interessant sein wird, weil die anderen Fasern dauernd billiger werden. Man kann Gewebe aus PVC bügeln und mit chlorierten Lösungsmitteln reinigen.

Dir. Singer: In welcher Größenordnung wird die Preistendenz für Rohstoffe und Chemiefasern in den nächsten Jahren verlaufen? Gibt es bestimmte Bewertungsmerkmale, die es erlauben, die wichtige Relation zwischen Qualität und Preis einzuschätzen bzw. zu berechnen?

Prof. Hopff: Das hängt vom jeweiligen Artikel und von der Mode ab. Berücksichtigen Sie bitte, daß vor zwanzig Jahren das Caprolactam um 11 DM per Kilogramm, heute dagegen um DM 1,80 per Kilogramm verkauft wird. Je nach Produktionsgröße und Wirtschaftlichkeit des Verfahrens kann man die Kosten noch senken. Die Grenze dürfte allerdings für diesen Rohstoff bei DM 1,50 per Kilogramm liegen.

Gen. Dir. Seidl: Wenn wir von Bändchen sprechen, meinen wir zu meist solche aus Polypropylen. Wir müssen uns aber darüber klar sein, daß hier auch Polyäthylen eine große Rolle spielt. Auf dem Gebiet der einfachen Verpackungsmaterialien, das heißt der Säcke, werden die Bändchen eine große Zukunft haben. Wir haben unsererseits ein Verfahren entwickelt, das die rein textiltechnischen Vorgänge sehr verbilligt. In dieser Diskussion wurde vor allem der textile Be-

reich des Polypropylen behandelt. Hat einer der Herren im Auditorium schon bezüglich des Aufsplitters von Folien zu Fäden mit einer gewissen Orientierung Erfahrungen gesammelt? Man könnte diese Verfahren wahrscheinlich auch auf Polyester anwenden. Solche Fäden werden zwar den textilen nicht gleichwertig sein, man umgeht aber dadurch den Spinnprozeß. Es besteht weiters die Frage, ob man solche Bändchen auch texturieren kann. Es wäre interessant, einiges über solche Versuche zu hören.

Auf den letzten Tagungen wurde immer wieder festgestellt, daß es bei den vier Hauptgruppen der Synthesefasern bleiben werde. Die Textilindustrie solle doch nicht durch eine Unzahl von Faserarten in Verwirrung gestürzt werden. Theoretisch könnte man zwar mit Hilfe der Synthese eine optimale Faser für jedes Einsatzgebiet erzeugen. Auf dem textilen Sektor wird es aber die Mischung verschiedener Fasern sein, die alle Ansprüche erfüllen kann. Die Spinnereien würden es natürlich begrüßen, wenn eine einzige Faser alle optimalen Eigenschaften aufwiese. Die Industrie ist bei der Erzeugung von Massenartikeln gezwungen, rationell und billig zu wirtschaften. Das würde aber durch die ungeheure Palette an Faserrohstoffen zunichte gemacht, weil für jedes kleine Einsatzgebiet andere Fasern herangezogen werden müßten. Die Chemiefaserindustrie sollte sich daher das Ziel setzen, Fasern zu schaffen, die zwar nicht für einen bestimmten Verwendungszweck optimal sind, aber weit gestreut in größeren Sektoren eingesetzt werden können. Im Sinne der Textilindustrie läge daher folgendes: eine einzige Art von Fasern für viele Sektoren, für technische Gebiete aber Spezialitäten.

Prof. Hopff: Ich gehe zuvor auf Ihre erste Frage ein. Die Aufsplitterung ist natürlich eine sehr einfache Art der Faserherstellung. Sie hängt von deren Orientierungsgrad ab, weil dabei die zwischenmolekularen Kräfte verringert werden. Wir haben in der Frühzeit des Polyvinylchlorids aus maximal gereckten Folien durch Schlagen mit einer Bürste ein Faserbündel erzeugen können. Meiner Meinung nach läßt sich die neue Herstellungstechnik des Aufsplitters auch auf andere Polymere übertragen.

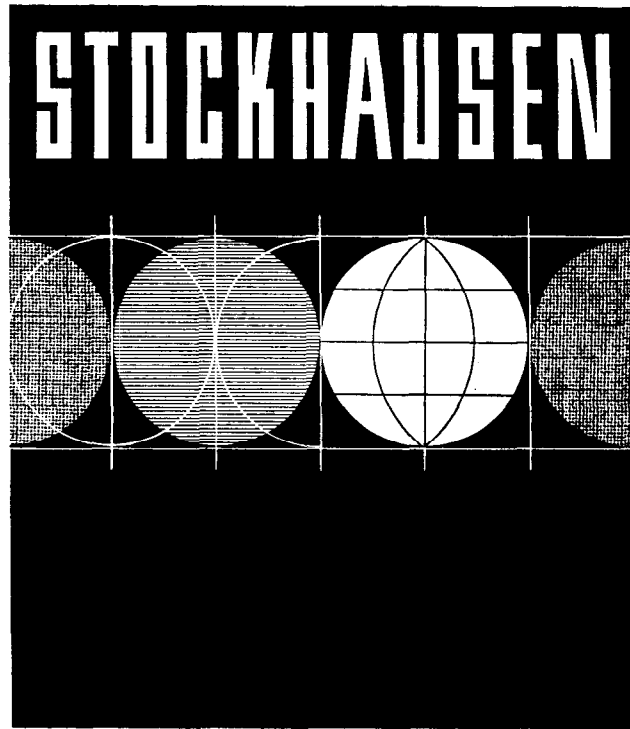
Selbstverständlich ist es für die Textilindustrie beängstigend, daß jeder unzerstört schmelzende oder lösliche Kunststoff theoretisch eine neue Faser ergeben könnte. Man wird natürlich in den Labors jeden neuen Kunststoff auf seine Verspinnbarkeit prüfen, doch wird nur ein ganz geringer Prozentsatz davon ausgedehnter Untersuchungen würdig sein, weil er entweder zu teuer ist, oder weil die Gesamtheit seiner Eigenschaften keine Vorteile gegenüber den bereits bekannten Fasern bringt. Wenn aber eine Eigenschaft besonders hervorsteicht (z.B. die Reißfestigkeit der Polypropylenfaser), dann nimmt man zwangsläufig andere Eigenschaften, wie geringe Wasseraufnahmefähigkeit bzw. Anfärbbarkeit, in Kauf.

Die klassischen Natur- und Synthesefasern werden weiterhin den Markt behaupten. Es könnte aber trotzdem überraschend eine völlig neue Faser auftauchen, wie zum Beispiel die Y-Faser von DuPont (wenn diese nicht sogar eine Nylonart ist). Den Chemikern kann man nämlich nicht verbieten, immer wieder neue Polymere zu entdecken.

Dr. Daimler: Ich habe gehört, daß man sich in Japan bereits mit der Texturierung von Splitterfasern befaßt, ich weiß aber nicht, in welchem Umfang.

Die Vielzahl der Faserarten läßt sich eben nicht reglementieren. Vergleichen Sie doch das beinahe unübersehbare Angebot bei Metallen oder bei Kunststoffen. Das einzige Auswahlsystem ist dafür der freie Markt. Natürlich wird es immer nur einigen wenigen Fasern gelingen, den Hauptanteil des Marktes zu bestreiten, trotzdem wird sich aber auch die Herstellung von Spezialitäten auf Grund ihres hohen Preises lohnen.

Dr. Studt: Wir sprechen weniger von ganz neuen Polymeren, als davon, daß bei Polyamid, Polyester und Polyacrylnitril die Aufsplitterung in eine kaum zu bewältigende Anzahl von Typen erfolgt. Diese unterscheiden sich zwar nicht im Titer, sondern darin, daß sie glän-



... ein Name, der die Pflege traditioneller Erkenntnisse mit moderner Forschung und Entwicklung verbindet.

Wählen Sie als Ihren Berater:
STOCKHAUSEN

ein Begriff
für die Qualität
bewährter

TEXTIL-HILFSMITTEL

moderner Prägung



Wir beraten Sie gerne

CHEMISCHE FABRIK STOCKHAUSEN S. CIE.
KREFELD - GERMANY

zend, spinngefärbt, hochfest, ausgeschumpft, lichtstabilisiert, profiliert oder nicht sind. Außerdem gibt es diverse Aufmachungsarten, zum Beispiel auf Kopse oder auf Teilkettbäume. In einer Polyamidfabrik werden daher vielleicht tausend Arten nebeneinander erzeugt. Das ist für jeden Hersteller ein Problem, und wir wären froh, wenn wir das Erzeugungsprogramm beschränken könnten. Würde aber - wie bisher - ein Produkt gestrichen, dann entstanden im nächsten Jahr dafür sechs neue, weil die Kunden dies selber forderten.

Die Spinnfärbung der Polypropylenfasern bringt auch noch keine Lösung des Problems, denn die Textilindustrie verlangt ja nicht nur ein einziges Grün, sondern tausenderlei Grünnuancen. Die Spinnfärbung bewährt sich aber für Teppiche, wo die Farben nicht so oft gewechselt werden müssen. Trotzdem bleibt das große Problem der gleichmäßigen Anfärbung bestehen. Bei Fasern mit reaktiven Gruppen (z.B. Polyamid) läßt sich dies viel leichter beherrschen.

Prof. Schlack: Während des Krieges erkannte man bei der IG, daß Nylon 7 das Optimum dieser Klasse darstelle. Herr Professor Hopff bemühte sich damals sehr, das Suberon-isoxim, welches eine CH₂-Gruppe mehr enthält als das Caprolactam, technisch herzustellen. Es gelang aber nicht, eine wirtschaftliche Synthese zu finden. Auch heute kann man es nur auf dem teuren Wege über die Aminoheptansäure erhalten.

Ing. Pajgrt: Wir haben in der CSSR eine Methode entwickelt, nach der wir Polypropylenfäden texturieren können. Bei uns - ebenso wie in Ungarn - wurde auf dem Gebiet der Pfropfung von Polyolefinfasern viel gearbeitet. Durch Initiierung mit verschiedenen Peroxydverbindungen zerstört man aber teilweise die Zentren. Licht- und Thermostabilität nehmen dabei ab. Glauben Sie, hat die Pfropfung Aussicht, die Anfärbbarkeit und den Griff zu verbessern?

Prof. Hopff: Die Pfropfung hat leider den Nachteil, daß man immer mit einer Polymerisation des aufzupfropfenden Produktes rechnen muß. In der Pfropfreaktion als solcher liegen aber große Chancen. Einige der japanischen Fasern sind gepfropft und bereits im Handel erhältlich.

Das Pfropfen von Polypropylenfasern ist schwieriger, weil durch die radikalische Initiierung die Länge der Paraffinketten gestört wird. Das C-Atom, an dem die CH₃-Gruppe sitzt, ist sehr oxydationsempfindlich. Man darf daher von der Pfropfung nur bescheidene

Erfolge erwarten, solange man nicht neue, verbesserte Methoden dafür findet.

Ing. Pajgrt: Könnte man eine Synthesefaser durch Pfropfung derart verändern, daß man eine universale Faser für die Textilindustrie erhalten könnte?

Prof. Hopff: Das ist vorläufig noch ein Wunschbild. Es dürfte aber wohl unmöglich sein, eine Faser zu finden, die sämtliche Ansprüche der Verarbeiter erfüllt.

Prof. Mark: Ich möchte eine Methode besonders hervorheben, und zwar das Verspinnen von Polymermischungen. Wenn man Polypropylen und 10 bis 15 % Polyäthylen in der Schmelze miteinander mischt, dann splintern die daraus hergestellten Bändchen beim Verzwirnen viel besser auf. Die Garne werden feiner und homogener und sehen fast wie Kammgarn aus.

Die Allied Chemical Corporation brachte eine Faser auf den Markt, die neben Nylon 6 etwa 20 % Terylene enthält. Diese beiden Stoffe werden schon in der Schmelze miteinander vermischt. Der Elastizitätsmodul dieser Faser liegt höher als bei gewöhnlichem Nylon. Man sieht in der Faser feine, auskristallisierte Polyäthylenterephthalatfäden. Dadurch ergeben sich Zwischenräume, die das Wasseraufnahmevermögen einfach durch Kapillarkondensation und nicht durch neue Polymergruppen vergrößern. Ähnliche Untersuchungen laufen auch bei Polypropylen.

Aus ökonomischen Gründen sollte das Anfärben während des Spinnens und Streckens geschehen, die Geschwindigkeiten sind aber sehr hoch (120 km/h). Eine Reaktion müßte also sehr schnell erfolgen. Wenn man nun ein Konzentrat eines anfärbaren Mischpolymeren (wie z.B. Maleinsäureanhydrid mit Äthylen oder Propylen bzw. Acrylsäure mit Äthylen) zu 1 bis 2 % der Schmelze zusetzt, dann verändert sich die textile Verarbeitbarkeit nicht. Außerdem erhält man eine bessere Kontrolle über die Menge der sich in der Faser befindlichen farbstoffaufnehmenden reaktiven Gruppen.

Ing. Ruzek: Außer den chemischen Wegen zu neuen Fasern gibt es schließlich immer noch die Möglichkeiten des Spinnens und des Verstreckens. Diese sind viel billiger als die Herstellung neuer Polymerer. Die markt gängigen Polymeren sind ja so billig, daß ein neues Produkt stets - zumindest um das Zwei- bis Zehnfache - teurer wäre.



30 Jahre Klimatechnik im Dienste der Textilindustrie befähigen zur Lösung aller Klimatechnischen Aufgaben.

In **10** Jahren mehr als **400** Klimonapparate ausgeliefert.



ING. R. HIEBEL

KOMMANDITGESELLSCHAFT FÜR HYDRO- UND KLIMATECHNIK

1140 WIEN, LINZER STRASSE 221
Telefon 94 21 06

Die chemische Modifizierung von Viskosefasern

Professor Dr. S.A. Rogowin
Leiter der Lehrkanzel für Chemiefasern
am Moskauer Textilinstitut

1. Hauptrichtungen der chemischen Modifizierung künstlicher Zellulosefasern. Synthese der Zellulosepfropfcopolymeren - eine der aussichtsreichsten Methoden.
2. Verschiedene Methoden der Synthese von Zellulosepfropfcopolymeren. Anwendung der Polykondensationsreaktion, Öffnung der Ringverbindungen zu linearen Polymeren und Kettenpolymerisation.
Vor- und Nachteile einzelner Methoden.
Grundlegende Forderungen, die an die im industriellen Maßstab anzuwendenden Methoden der Synthese von Zellulosepfropfcopolymeren gestellt werden.
3. Radikalische Polymerisation - die reellste und wirtschaftlichste Methode der Pfropfcopolymerensynthese.
Verschiedene Varianten der Verwirklichung dieser Methode.
4. Methoden der Untersuchung von Zellulosepfropfcopolymeren: Bestimmung von Zusammensetzung und Länge der aufgepfropften Ketten, der Polydispersität, der Strukturveränderung der Viskosefasern und der mechanischen Eigenschaften. Ergebnisse durchgeführter Arbeiten.
5. Verschiedene technologische Varianten der Synthese aufgepfropfter Ketten.
Zwei wichtige Aufgaben, die durch die Pfropfung gelöst werden:
 - a) Senkung des Preises der Viskosefasern,
 - b) Verbesserung der Fasereigenschaften und Erweiterung der Einsatzgebiete.
6. Grundtypen der in unserem Laboratorium ausgearbeiteten modifizierten Zellulosefasern:
 - a) für den Konsum,
 - b) für die Technik,
 - c) für die Medizin.
 Eigenschaften dieser Materialien und ihre Anwendung.
Weitere Forschungsziele.

- 1) The principal trends followed by the chemical modification of man-made cellulose. The synthesis of cellulose graft copolymers - one of the most promising methods.
- 2) Various methods of synthesizing cellulose graft copolymers. The use of the polycondensation reaction, conversion of ring compounds into linear polymers, and chain polymerization.
The merits and shortcomings of the individual methods.
Basic requirements made of the methods employed in synthesizing cellulose graft copolymers on an industrial scale.

- 3) Radical polymerization - the most rewarding and most economical method of synthesizing graft copolymers. Different ways of applying this method.
- 4) Methods of testing cellulose graft copolymers:
Determination of the composition and length of engrafted chains, of polydispersity, of the changes occurring in the structure and the mechanical properties of viscose fibers. Results of past studies.
- 5) Various technological versions of the synthesis of engrafted chains.
Two important requirements which are met by grafting:
 - a) lower price of viscose fibers
 - b) improved fiber properties and expanded fields of application.
- 6) Fundamental types of modified cellulose fibers developed in our laboratory:
 - a) fibers for general consumption
 - b) fibers for industrial uses
 - c) fibers for medical applications.
 The properties of these materials and their uses.
Additional research goals.

In den nächsten Jahren ist das Auftauchen neuer Chemiefasertypen kaum zu erwarten, denn im großen und ganzen entsprechen sie so, wie sie jetzt im Großbetrieb erzeugt werden, den an dieses Material gestellten Forderungen. Zweifellos werden neue Spezialtypen entwickelt und in der Produktion eingesetzt werden, aber nur in verhältnismäßig geringem Umfang. (Dazu gehören zum Beispiel unbrennbare, wärmebeständige Fasern, biologisch aktive und solche mit Halbleitereigenschaften.)

Der wissenschaftlich-technische Fortschritt bei der Herstellung von Chemiefasern und bei der Erweiterung ihrer Einsatzgebiete wird in Zukunft kaum weniger intensiv sein als heute. Auch die technische Entwicklung wird weniger auf die Gewinnung neuer Grundstoffe hiefür (außer für die oben erwähnten Spezialtypen) ausgerichtet sein, als vielmehr auf die Modifizierung und Verbesserung der Eigenschaften der bereits vorhandenen Typen sowie auf eine Erhöhung der Wirksamkeit ihres Einsatzes.

Die strukturelle und chemische Modifizierung ist eine der Hauptrichtungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, und zwar nicht nur bei der Entwicklung von Chemiefasern allein, sondern auch bei der der Polymertypen, wie Kunststoffe, Kautschuk, Lacke etc.

Die Verfahren zur Strukturmodifizierung, das heißt einer Veränderung der molekularen bzw. übermolekularen Struktur und des Orientierungsgrades der Chemiefasern beim Spinnen oder bei der Nachbehandlung (Verstreckung, Thermorelaxation), haben im Prinzip zu neuen Ergebnissen hinsichtlich der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften dieser Fasern, insbesondere der Viskosefasern, geführt. Die Herstellung hochfester Kordfäden und fester Viskosefasern hat eine weitere Steigerung ihrer Anwendbarkeit erleichtert und ihre Konkurrenzfähigkeit gegenüber den Na-

turfasern (z.B. Baumwolle) und synthetischen Fasern erhöht. Die Ergebnisse sind allen Fachleuten gut bekannt, darum werde ich diese Frage nicht berühren.

Die Methoden der strukturellen Modifizierung ermöglichen eine Verbesserung der Gesamtheit der für einen gegebenen Fasertyp charakteristischen Eigenschaften (Reißfestigkeit, Dauerbiegefestigkeit, Anfangsmodul usw.), aber sie geben keine Möglichkeit, wirklich neue, technisch wertvolle Eigenschaften zu erhalten. Diese komplizierte und wichtige Aufgabe kann nur durch chemische Modifizierung von Fasern oder der daraus hergestellten Erzeugnisse gelöst werden.

Beide Methoden - die strukturelle wie die chemische Modifizierung - widersprechen einander nicht, sondern fördern wesentlich die Lösung der gemeinsamen Aufgabe, das heißt die Herstellung von Fasern mit neuen, wertvolleren Eigenschaften, die eine Möglichkeit zur Erhöhung der Wirksamkeit und der Zweckmäßigkeit ihres ausgedehnten Einsatzes bieten.

Bis heute wurde eine Reihe von Verfahren zur chemischen Modifizierung ausgearbeitet und in die Produktion umgesetzt. Zum Beispiel wurde eine Methode zur Gewinnung „vernetzter“ Zellulosematerialien aus Natur- und Kunstfasern realisiert, die die Herstellung von knitterechten Geweben gewährleistet.

Japanische Forscher haben interessante Ergebnisse bei der Oberflächenacetylierung von Viskosefasern (Alon-Fasern) erhalten. Es ist aber erst die Anfangsstufe einer großen Arbeit.

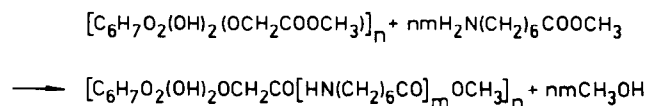
Systematische Untersuchungen, die in den letzten Jahren in verschiedenen Ländern, insbesondere in der Sowjetunion, durchgeführt wurden, haben weitere Möglichkeiten für eine weitgehende Modifizierung der Zusammensetzung sowie der Eigenschaften von Zellulosefasern, in erster Linie der Viskosefasern, aufgezeigt. Eine der aussichtsreichsten Methoden zur Lösung dieser Aufgabe ist die Synthese von Pfcopolymeren der Zellulose, das heißt die Erzeugung einer „chemischen Legierung“ aus Zellulosefasern und synthetischen Polymeren.

Verändert man die Zusammensetzung des für die Pfcopfung an Zellulose verwendeten Monomeren, die Lokalisierung der Pfcopfzweige in der Faser (an deren molekularem oder übermolekularem Bereich, an der Faseroberfläche oder über die ganze Fasersubstanz hinweg), aber auch Länge und Zahl der gepfropften Ketten, so kann man die Eigenschaften der Mischpolymeren von Zellulose ebenfalls weitgehend variieren und dadurch direkt zur Lösung einer der verlockendsten und aussichtsreichsten Aufgaben der wissenschaftlichen Forschung schreiten, nämlich zur Herstellung von Produkten mit neuen, im voraus bestimmbareren Eigenschaften.

Zum Unterschied von den meisten synthetischen Polymeren enthält das Zellulosemolekül reaktionsfähige funktionelle Gruppen (Hydroxygruppen), was zu einer neuerlichen Vermehrung der Methoden führt, die für die Synthese gepfropfter Mischpolymerer von Zellulose angewandt werden können.

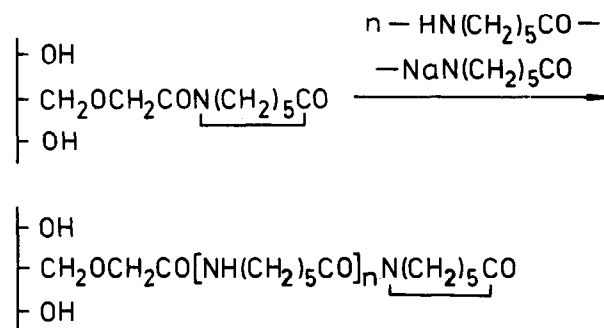
Zu diesem Zweck können prinzipiell alle Verfahren eingesetzt werden, die auch in der synthetischen Polymerchemie benutzt werden, nämlich Polykondensation, Umwandlung von Ringverbindungen in Linearpolymere, Kettenpolymerisation (Ionen- oder Radikalpolymerisation). Sie alle wurden in unserem Laboratorium überprüft und haben zu positiven Ergebnissen geführt.

Zum Beispiel die sehr interessante Variante einer Synthese des gepfropften Mischpolymeren von Zellulose und Polyamid durch Polykondensation, das heißt durch Umsetzung des Methylresters der Carboxymethylzellulose mit dem Methylrest der Aminoönanthensäure, nach folgendem Schema:



Aber diese Methode hat keine Aussicht auf praktische Auswertung. Die notwendige Durchführung einer Reaktion in organischen Lösungsmitteln, die verhältnismäßig komplizierte Gewinnung der Ausgangsstoffe, die Bildung einer großen Menge an Nebenprodukt (das Homopolymere von Polyamid) erschweren und verteuern sie zu sehr, obwohl diese Synthese einer chemischen Verbindung der Zellulose mit Polyamid an sich zur Erzeugung eines Materials mit interessanten und wertvollen Eigenschaften führen könnte.

Ebenso wenig geeignet für die Praxis ist eine weitere Variante der Synthese eines Pfcopcopolymeren der Zellulose und des Polyamids, die durch Reaktion der Umwandlung von Heterozyklen in Linearpolymere unter Öffnung der gespannten Ringe durchgeführt wird. Diese Reaktion wurde in unserem Laboratorium durch Umsetzung eines Carboxymethylzelluloseimids und einer Lösung von Natriumcaprolactam in ε-Caprolactam durchgeführt.



Die Synthese gepfropfter Zellulosemischpolymerer unter Verwendung vorgenannter oder einiger analoger Methoden kann wohl ein gewisses wissenschaftliches Interesse erregen, aber nicht zur Gewinnung neuer, modifizierter Viskosefasertypen dienen, weil sie im Betrieb noch nicht ökonomisch genug erzeugt werden können.

Die Methode der Synthese der Pflropfungscopolymeren von Zellulose, die weite praktische Verwendung finden könnte, sollte folgende Forderungen befriedigen:

- Die Pflropfung soll nicht unter Verwendung organischer Lösungsmittel durchgeführt werden, sondern aus wäßrigen Lösungen bzw. Emulsionen der Monomeren.
- Bei der Pflropfung soll keine wesentliche Menge an Homopolymeren entstehen, da dies zur verlustreichen Steigerung des Verbrauchs an Monomeren führt und zusätzlich eine Extraktion der modifizierten Fasern durch organische Lösungsmittel zur Entfernung des an die Faser adsorbierten Homopolymeren notwendig macht.
- Bei der Pflropfung soll kein wesentlicher Abbau der Zellulosefasern eintreten, die zu einer Erniedrigung der gesamten mechanischen Eigenschaften führen würde.
- Die Apparatur für die Durchführung der Pflropfung soll nicht kompliziert sein. Es ist höchst erwünscht, diesen Vorgang in Geräten, die die Viskosefaserwerke bzw. die Färberei- und Ausrüstungsbetriebe ohnehin besitzen, durchführen zu können.

Für die Durchführung der Pflropfung ist die Methode der Radikalkettenpolymerisation am besten geeignet. Unter ihrer Verwendung wurde in den letzten Jahren in unserem Laboratorium eine Reihe von Synthesen gepflropfter Zellulosecopolymerer mit fast allen Vinylmonomeren und mit einigen Dienen (Chloropren und Isopren) durchgeführt.

Eine Hauptfrage bei der praktischen Verwendung dieses Verfahrens ist die Auswahl einer Methode zur Initiierung der Reaktion der Radikalpolymerisation. Für die Bildung eines Radikals bzw. des in den meisten Fällen zweckmäßigeren Makroradikals am Zellulosemolekül kann man verschiedene Verfahren anwenden:

- chemische;
- strahlenchemische (d.h. Bestrahlung mit Strahlen hoher Intensität);
- UV-Bestrahlung;
- Ozonisierung.

Die beiden letztgenannten Methoden sind für die Praxis allerdings wenig geeignet, da sie verhältnismäßig kompliziert sind und die vorhin angeführten Bedingungen nicht erfüllen. Das Verfahren der Strahlungspflropfung ist jedoch ziemlich universell und gibt die Möglichkeit zur Pflropfung fast aller Monomeren, einschließlich jener, die mit chemischen Methoden nicht gepflropft werden können.

Wir kennen zwei mögliche Varianten der Strahlungspolymerisation:

- gleichzeitige Bestrahlung der Zellulose und des Monomeren;
- vorhergehende Bestrahlung der Zellulose mit nachfolgender Pflropfung, das heißt die Verwendung des sogenannten „Posteffekts“. (Die Verwirklichung dieser Variante, bei der sich die Menge des sich bildenden Homopolymeren wesentlich erniedrigt, wird nur dank der langen Le-

bensdauer des Makroradikals, welches bei der Bestrahlung der Zellulose entstand, möglich.)

Aber die Methode der Strahleninitiierung der Pflropfreaktion, die in der Forschungsarbeit häufig verwendet wird, ist nicht einfach genug und für die praktische Benutzung noch nicht geeignet. Sie kann nur dort gerechtfertigt und zweckmäßig sein, wo eine Bildung des Radikals bzw. die Synthese des gepflropften Polymeren nicht mit chemischen Methoden verwirklicht werden kann. In allen anderen Fällen ist die chemische Pflropfung einfacher und für die Praxis besser geeignet. Sie wird auch - in der Regel - mit Hilfe des Redoxsystems durchgeführt. Ebenso wie bei der gewöhnlichen Radikalpolymerisation kann man zu diesem Zweck Redoxsysteme verschiedener Zusammensetzung verwenden, von denen jedes einzelne seine Vor- und Nachteile hat.

Beispielsweise ist die Methode der Bildung von Zellulosemakroradikalen unter Verwendung von Ce^{4+} -Ionen (ein Redoxsystem, in dem die Hydroxylgruppen der Zellulosemakromoleküle die Rolle des Reduktionsmittels spielen) gut bekannt und wird für Laboratoriumsuntersuchungen weitgehend angewandt. Bei der Pflropfreaktion in Gegenwart dieses Redoxsystems gelingt es unter gewissen Bedingungen, ein gepflropftes Zellulosemischpolymer zu erhalten, ohne daß sich gleichzeitig auch Homopolymere bilden. Da man aber die Ce^{4+} -Salze - eine teure Mangelware - dazu als Initiator benötigt, verringert sich der Vorteil dieser Methode beträchtlich.

In unserem Laboratorium hat man andere, einfachere Verfahren entwickelt, um das Zellulosemakroradikal bilden und die Reaktion der Pflropfmischpolymerisation durchführen zu können, ohne daß gleichzeitig ein Homopolymer auftritt. Wir verwendeten Redoxsysteme, in denen die OH-Gruppen der Zellulose die Rolle des Reduktionsmittels und die Mn^{3+} -Salze (z.B. Pyrophosphat³⁾) bzw. die V^{5+} -Salze die Rolle des Oxydationsmittels unter Beifügung eines niedrigsubstituierten Zelluloseäthers, der aromatische Aminogruppen⁴⁾ enthält, übernehmen. Die Einführung einer geringen Menge aromatischer Aminogruppen in das Zellulosemolekül mittels einer günstigen Methode bietet die Möglichkeit, durch Diazotierung und nachfolgende Abspaltung der Diazogruppen bei erhöhter Temperatur ein Makroradikal zu bilden und die Pflropfung der synthetischen Polymeren so vorzunehmen, daß sich gleichzeitig kein Homopolymeres mehr bilden kann⁵⁾.

Abbildung 1 enthält einige Varianten der Bildung von Makroradikalen der Zellulose, welche von großem praktischen Interesse sind.

Auf dieser Stufe der Ausarbeitung einer chemischen Methode zur Zellulosepflropfcopolymerisation ist das von *B r i d g e f o r d*⁶⁾ vorgeschlagene und von sowjetischen Forschern⁷⁾ weiterentwickelte Verfahren am besten geeignet. Das Prinzip besteht in der Verwendung des Redoxsystems $Fe^{2+} + H_2O_2$.

Wenn die Fe^{2+} -Ionen mit dem Zellulosemolekül (z.B. durch Salzbindungen an im Zellulosemakromolekül in geringer

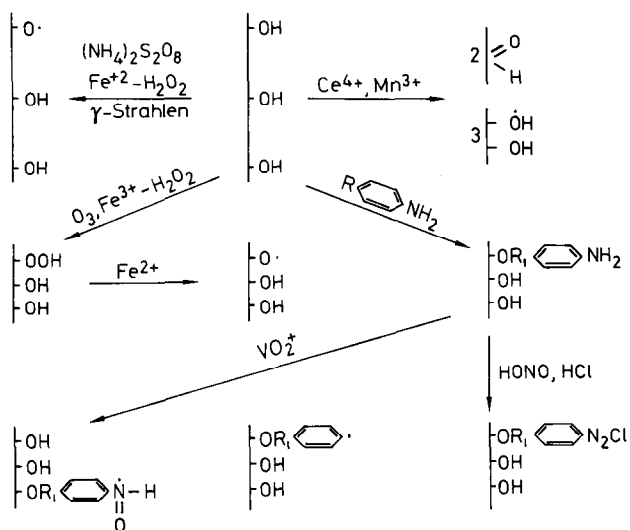


Abb. 1: Verschiedene Varianten der Bildung eines Zellulosemakroradikals

Menge vorhandene Carboxylgruppen) fest verbunden sind, dann verringert sich die Möglichkeit eines Übergangs von OH-Radikalen in der Lösung sehr. In Zusammenhang damit verkleinert sich auch die Menge des dabei entstehenden Homopolymeren. Wie die Versuche zeigten, ist bei dieser Methode zur Synthese der verschiedenen Zellulosepfropfcopolymeren die Menge an Homopolymerem sehr gering (nicht mehr als 4 bis 5 % vom Gewicht des gepfropften Polymeren). Die wachsenden gepfropften Ketten werden durch Wechselwirkung mit dem OH-Radikal, welches beim Zerfall des Wasserstoffperoxyds entsteht, abgebrochen.

Diese Art der Synthese von Pfropfcopolymeren der Zellulose erfüllt die vorhin genannten Forderungen am ehesten, und zwar findet die Reaktion im wässrigen Medium statt, und die Monomeren werden als wässrige Lösung oder als Emulsion eingesetzt. Der Anteil des entstehenden Homopolymeren ist sehr gering. Es werden billige, leicht erhältliche Initiatoren verwendet. Während der Pfropfung tritt kein wesentlicher Abbau der Zellulose ein.

Für die Modifizierung von Viskosefasern durch Pfropfung ist diese Methode schon deshalb sehr gut geeignet, weil in den einzelnen Stufen des Herstellungsprozesses von Viskose-seide (insbesondere bei der Vorreife von Alkalizellulose) infolge der teilweisen Oxydation von Hydroxylgruppen im Zellulosemolekül eine geringe Menge an Carboxylgruppen entsteht, die für die Addition des notwendigen Quantum an Fe^{2+} -Ionen genügt.

Auf diese Weise haben wir im Laboratorium in letzter Zeit bereits auch unter halbtechnischen Bedingungen verschiedene Typen von Zellulosepfropfcopolymeren erhalten, von denen einige kurz beschrieben werden sollen.

Das erhaltene Pfropfcopolymere der Zellulose (insbesondere der Viskosefaser) muß genau charakterisiert werden, um herauszufinden, für welchen Zweck es sich am besten eignet. Hiefür sind folgende Kennwerte⁸⁾ maßgebend:

- die Zusammensetzung des Pfropfcopolymeren,
- die durchschnittliche Länge der gepfropften Ketten,
- die Polydispersität der gepfropften Ketten,
- die Veränderung der Struktur der Viskosefaser und
- der ganze Komplex der mechanischen Eigenschaften modifizierter Fasern.

Die Zusammensetzung des Pfropfcopolymeren

Beim Pfropfcopolymeren der Zellulose, wie man es gewöhnlich erhält, unterscheiden wir drei Komponenten:

- das Pfropfcopolymere der Zellulose,
- das Homopolymere eines synthetischen Polymeren und
- die Ausgangszellulose, die sich an der Pfropfreaktion nicht beteiligt hatte.

In jenen Fällen, wo eine Pfropfcopolymerisation stattfindet, ohne daß sich auch Homopolymer bildet, stellt das erhaltene Produkt eine Mischung zweier Produkte, nämlich der Ausgangszellulose mit dem Zellulosepfropfcopolymer, dar.

In Abhängigkeit von den Reaktionsbedingungen verändert sich die Menge der Zellulose, speziell im Falle der Viskosefaser, welche sich nicht an der Reaktion beteiligte, zwischen 20 und 80 % (bezogen auf das Gewicht der Ausgangszellulose). Je kürzer die gepfropfte Kette ist bei gleicher Menge an gepfropften Polymeren, desto größer ist die Konversion der Zellulose und desto kleiner ist jene Menge, die sich nicht an der Pfropfpolymerisation beteiligt. Der Anteil an nicht-reagierter Zellulose wird mittels der Methode der fraktionierten Lösung ermittelt oder - was genauere Resultate liefert - nach Nitrierung bzw. Acetylierung der Reaktionsprodukte unter schonenden Bedingungen durch nachfolgende Auflösung des Zellulosenitrats bzw. -acetats bestimmt, welches keine gepfropften Ketten enthält.

Die Länge der gepfropften Kette hat anscheinend großen Einfluß auf die Eigenschaften des modifizierten Zellulosematerials. Diese für die Praxis sehr wichtige Frage ist bis heute noch nicht systematisch untersucht worden. Es ist aber ganz offensichtlich, daß - bei gleicher Menge an Pfropfcopolymeren - die Anwesenheit von zehn langen oder hundert kürzeren Ketten einen ungleichen Einfluß auf die Eigenschaften der auf diese Weise erhaltenen Fasern bzw. Gewebe haben wird.

In der Regel wird bei der Synthese der Zellulosepfropfcopolymeren durch radikalische Polymerisation unter Verwendung der oben genannten Methoden an das Zellulosemolekül eine verhältnismäßig geringe Zahl langer Moleküle eines synthetischen Polymeren angehängt.

Das Molekulargewicht der gepfropften Kette ist infolge des erschwerten Abbruchs der wachsenden Kette um das Fünf- bis Zehnfache höher als jenes der Homopolymermoleküle, welche unter denselben Bedingungen entstanden waren, und erreicht $2 \cdot 10^5$ bis 10^7 in Abhängigkeit von der Art des gepfropften Polymeren und den Reaktionsbedingungen.

Tabelle I enthält einige Daten über den Konversionsgrad der Zellulose sowie über das Molekulargewicht der gepfropften

Tabelle I: Einfluß der Pflropfbedingungen auf den Umsetzungsgrad der Zellulose und auf das Molekulargewicht (den Polymerisationsgrad) der gepfropften Ketten

<i>Pflropfpolymerisat</i>	<i>Pflropfungsmethode</i>	<i>Umwandlungsgrad der Zellulose in %</i>	<i>Polymerisationsgrad der gepfropften Ketten</i>	<i>Zahl der gepfropften Ketten pro Zellulosemolekül</i>
1. Polyacrylnitril	Fe ²⁺ + H ₂ O ₂ (wässrige Lösung von Monomeren)	80	1250 – 5000	0,6 – 1,8
2. Polyacrylnitril	Fe ²⁺ + H ₂ O ₂ (Pflropfung in der Gasphase)	65	1000 – 1500	0,7 – 2,0
3. Polyacrylnitril	Mn ³⁺	35	1200 – 3600	0,8 – 2,5
4. Polyacrylnitril	(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	60	2000 – 4000	0,8 – 2,5
5. Polymethylacrylat	Fe ²⁺ + H ₂ O ₂	–	6000 – 30 000	
6. Polymethylacrylat	Fe ²⁺ + H ₂ O ₂	–	4000 – 7000	
7. Polymethylacrylat	Ce ⁴⁺	–	3000	

Anmerkung: Die Menge des entstehenden Homopolymeren (bezogen auf das Gewicht der Zellulose) beträgt 0,5 bis 4 %. Setzt man (NH₄)₂S₂O₈ als Initiator zu, so erhöht sich der Homopolymeranteil auf 15 bis 20 %.

Ketten, wie sie in unserem Laboratorium bei der Pflropfpolymerisation unter verschiedenen Bedingungen erhalten wurden.

Das Molekulargewicht der aufgepfropften Kette kann durch Zugabe einer mehr oder weniger großen Menge geeigneter Regler (halogenhaltige Kohlenwasserstoffe, Merkapthane und andere Reagenzien) zum Reaktionsgemisch stark herabgesetzt werden, was zwangsläufig zum Abbruch der wachsenden Kette führt. Das Beifügen von Reglern schafft eine Möglichkeit, die Länge der gepfropften Kette um das Zehn- bis Hundertfache zu erhöhen.

Die Polydispersität der gepfropften Ketten ist zwar niedriger als die des Homopolymeren, das unter denselben Verhältnissen synthetisiert wurde, aber trotzdem immer noch ziemlich hoch.

Abbildung 2 gibt einige Kenndaten zur Polydispersität der Ketten des auf die Viskosefaser gepfropften Polyacrylnitrils. Die Polydispersität wurde mit Hilfe der Ultrazentrifugemethode⁹⁾ bestimmt.

Durch die Pflropfungen kann die Struktur der Viskosefaser verändert werden. Da sich dabei lange Seitenketten bilden, lockert sich bei gleichzeitiger Erniedrigung der Dichte die Struktur der Ausgangsfaser. In Abhängigkeit von den Reaktionsbedingungen kann die Pflropfung im molekularen wie im übermolekularen Bereich (und zwar an der Oberfläche der Kristalle bzw. der Molekülaggregate) durchgeführt werden. Um die gewünschten Eigenschaften (z.B. wasser- und ölstoßendes Verhalten, erhöhte Scheuerfestigkeit, Bakterienbeständigkeit etc.) zu erhalten, genügt es zumeist, wenn man die Pflropfung im übermolekularen Bereich bzw. direkt auf der Faseroberfläche vornimmt.

Diese Forderung kann am leichtesten bei der Pflropfung in Gasphase erfüllt werden. Die Bestimmung der Topochemie des Pflropfprozesses (im molekularen wie im übermolekularen Bereich) kann nach dem Charakter der Zellulose oder ihrer Ester nach der stattgefundenen Pflropfung¹⁰⁾ erfolgen.

Die Veränderung der Gesamtheit der mechanischen Eigenschaften von Viskosefasern durch Pflropfung ist eines der wichtigsten Merkmale, die die Zweckmäßigkeit der Durchführung dieses Prozesses rechtfertigen. Die Veränderung der einzelnen Kennziffern ist aber vom Charakter des zu pflropfenden Polymeren abhängig, und es gibt eine Reihe von all-

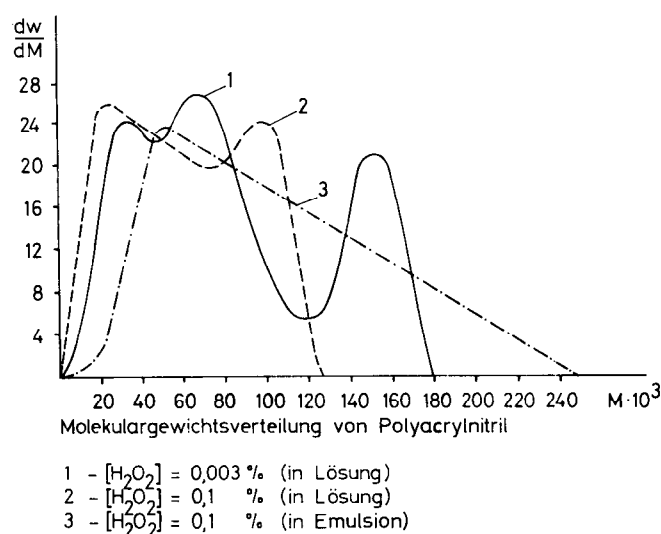


Abb. 2: Kettenlängenverteilung des gepfropften Polyacrylnitrils

gemein gültigen Gesetzmäßigkeiten, die die Richtung dieser Vorgänge festlegen. Als Beispiel hierfür wollen wir die Veränderung der Faserfestigkeit besprechen.

Die absolute Festigkeit kann sich nach der Pfropfung entweder vergrößern oder etwas verringern. Pfropft man polare Polymere auf, dann nimmt die Festigkeit zu. Je höher dabei der Orientierungsgrad der gepfropften Ketten ist, umso größer ist auch die absolute Erhöhung der Festigkeit. Der Orientierungsgrad dieser Ketten hängt von der Struktur der Ausgangszellulosefaser ab. Je höher der Ordnungsgrad der Faser - desto höher die Orientierung der gepfropften Ketten und desto größer die Faserfestigkeit.

Die absolute Erhöhung der Faserfestigkeit bei der Pfropfung polarer Polymerer (z.B. von Polyacrylnitril) beträgt 10 bis 20 %. Dadurch erniedrigt sich aber die Fasernummer bzw. die des Garns bedeutend. Um den gewünschten Effekt zu erzielen, pfropft man gewöhnlich auf die Viskosefaser 30 bis 40 % synthetisches Polymer (bezogen auf Zellulose). Dementsprechend erniedrigen sich dann auch die Fasernummern und die Festigkeit um 10 bis 20 % (bezogen auf die Einheit des Faserquerschnittes; Reißlänge in km, Festigkeit in g/den).

Die chemische Modifizierung von Zellulosematerialien durch Pfropfung kann sowohl an natürlichen als auch an künstlichen Zellulosefasern vorgenommen werden. In unserem La-

boratorium sind die Methoden der chemischen Modifizierung sowohl für Naturzellulosefasern (Baumwolle, Flachs) als auch für Viskose- und Azetatfasern ausgearbeitet worden. Die ausführliche Besprechung dieser Ergebnisse soll später Gegenstand eines speziellen Berichtes sein. In diesem Vortrag behandeln wir nur die chemische Modifizierung von Viskosefaserstoffen durch Synthese von Pfropfpolymeren. Prinzipiell kann eine Aufpfropfung synthetischer Monomere auf dreierlei Art erfolgen, und zwar entweder

- a) auf den Ausgangszellstoff, aus dem durch anschließende Weiterverarbeitung die Viskosefaser erhalten wird,
- b) auf die Viskosefaser oder
- c) auf Fertigprodukte, wie Gewebe oder Gewirke.

Die erste Variante kann man zur Modifizierung von Viskosefasern leider nicht brauchen. Zellulosepfropfpolymeren mit verschiedenen synthetischen Polymeren sowie das aus ihnen gewonnene Zellulosexanthogenat sind in keinem der üblichen Lösungsmittel löslich. Darum kann man solche Polymere auch nicht nach dem Naßspinnverfahren zu Fasern verarbeiten. Eine Pfropfung auf die Fertigprodukte ist in den meisten Fällen auch nicht gerade günstig. Wie bereits oben erwähnt, nimmt die Fasernummer nach der Pfropfung ab. Stark vermindert sich auch die Einreißfestigkeit, während sich die Dichte im gleichen Ausmaß erhöht. Darum ist



ASBESTZEMENT-ERZEUGNISSE

65 JAHRE

IM DIENSTE DER

ÖSTERREICHISCHEN WIRTSCHAFT

ETERNIT-WERKE LUDWIG HATSCHEK

VOCKLABRUCK - WIEN

es auch besser, wenn man die Pflropfung direkt auf der Faser bzw. auf dem Garn vornimmt.

Im Hinblick auf eine chemische Modifizierung ist die in großen Mengen hergestellte Viskosestapelfaser am interessantesten, und nur für einzelne Verwendungszwecke ist es günstig, die Pflropfung auch auf Filamente (z.B. auf Viskose-seide) vorzunehmen. Die Menge des auf die Viskosefaser aufzupflropfenden synthetischen Polymeren ist verschieden groß und hängt von den Anforderungen ab, die später an die modifizierte Faser gestellt werden, sowie von den Pflropfbedingungen überhaupt (an der Faseroberfläche oder über die gesamte Faser).

Im weiteren Verlauf dieses Vortrags wird ausführlich gezeigt, daß der gewünschte Effekt in einigen Fällen bereits durch chemische Anlagerung von 3 bis 5 % eines synthetischen Polymeren erreicht wird. Die Menge des aufzupflropfenden Polymeren ist bei der Herstellung von Viskosefasern bzw. -geweben mit neuen Eigenschaften in der Regel nicht höher als 40 bis 60 %. Im Prinzip ist es möglich - und das wurde auch schon in einer Reihe von Untersuchungen gezeigt -, einen wesentlich größeren Anteil an synthetischen Polymeren (300 bis 1000 % des Zellulosegewichts) aufzupflropfen. Dabei ist interessant, daß sogar in diesem Fall die Form der Ausgangsfaser erhalten bleibt. Selbstverständlich ist jedoch die Pflropfung einer derart großen Menge an synthetischem Polymeren, die bereits ein Vielfaches des Gewichts der Ausgangszellulosefaser beträgt, mehr als Modifizierung des entsprechenden synthetischen Polymeren (z.B. Polyacrylnitril, Polystyrol) anzusehen als eine solche der Zellulose-, insbesondere der Viskosefaser.

Eine weitere Methode, die in letzter Zeit in unserem Laboratorium ausgearbeitet wurde, stellt die Synthese von Zellulosepflropfpolymeren, die eine Reihe wertvoller Eigenschaften aufweisen, unter Verwendung eines Monomeren-gemisches dar. Sie bietet folgende Vorteile:

- a) Wenn man die entsprechenden Monomeren in Mischung anwendet, dann kann man der modifizierten Viskosefaser eine Reihe neuer Eigenschaften verleihen, wie sie bei der Pflropfung mit nur einem Monomeren nicht erzielt werden können. So erhält man zum Beispiel durch den Einsatz eines Monomeren-gemisches modifizierte Viskosefasern mit erhöhter Lichtbeständigkeit, Unbrennbarkeit, Hydrophobie und Bakterienbeständigkeit, die außerdem noch die Eigenschaften eines Kationen- und Anionenaustauschers besitzen.
- b) Bei der Pflropfung eines Monomeren-gemisches kann man sehr häufig einen synergetischen Effekt beobachten, das heißt eine erhebliche Beschleunigung des Pflropfvorgangs sowie eine Vergrößerung der Menge eines jeden einzelnen der aufgepflropften Polymeren, im Vergleich zur Pflropfung mit nur einem Monomeren.

Im selben Ausmaß kann man aber auch die Konzentration des Monomeren in der Lösung oder in der Emulsion vermindern oder die Pflropfung unter schonenderen Bedingungen hinsichtlich Zeit, Temperatur etc. durchführen. Abbil-

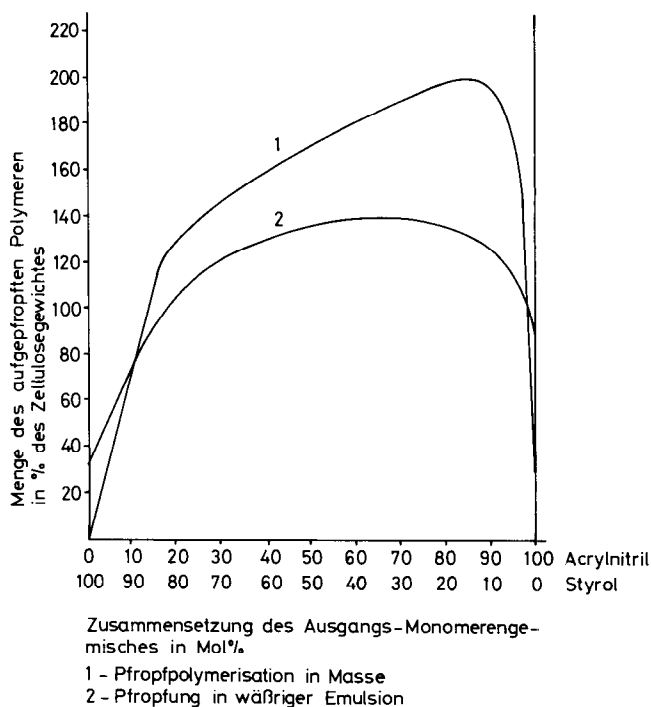


Abb. 3: Polyacrylnitril- und Polystyrolmenge, die auf eine Viskosefaser unter Verwendung von Monomerenbinärmischungen (bei unterschiedlichem Mischkomponentenverhältnis) gepflropft wurde.

dung 3 enthält Werte über die Menge Polyacrylnitril und Polystyrol, die allein oder in Mischung auf die Zellulosefaser gepflropft wurde.

Wahrscheinlich wird die Synthese von Zellulosepflropfpolymeren mit Hilfe eines Monomeren-gemisches (bei richtiger Auswahl der Komponenten) in Zukunft in die Praxis umgesetzt werden. Mittels Pflropfpolymerisation hat man eine ganze Reihe neuer Typen modifizierter Viskosefasern erhalten. Die Ergebnisse sind in zweifacher Hinsicht wichtig. Sie zeigen nämlich, daß sich

- a) die Herstellungskosten der Viskosefasern dadurch weiterhin senken lassen, sowie daß
- b) den Viskosefasern zusätzlich neue, wertvolle Eigenschaften verliehen werden können, die ihre Einsatzgebiete sowohl für die Erzeugung von Konsumgütern als auch für andere Zwecke erweitern.

In einigen Fällen werden beide Vorteile zugleich erreicht. Um die Richtung der weiteren Forschung festzulegen, ist eine derartige Einteilung ausgesprochen zweckmäßig. Die Kostensenkung des billigsten Typs der Chemiefasern, der Viskosestapelfaser, bei gleichzeitiger Erhöhung ihrer Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Stapelfasertypen kann durch das Aufpflropfen der billigsten Monomeren (vor allem von Vinylchlorid oder Styrol) ermöglicht werden. Das Preisverhältnis dieser Monomeren ist hinsichtlich der Zellwolle in den verschiedenen Ländern zwar nicht gleich hoch, doch liegt der Preis von Vinylchlorid durchschnittlich drei- bis viermal und der von Styrol zwei- bis dreimal niedriger als der der Viskosefaser.

Die Polymerisation dieser Monomeren ist aus wässrigen Emulsionen direkt auf der Viskosefaser möglich (allerdings unter Bedingungen, bei denen nicht viele Homopolymeren entstehen), sodaß sich deswegen der Preis nicht wesentlich erhöht. Doch erhält man infolge einer solchen Behandlung „chemische Legierungen“, die 60 bis 70 % Viskosefaser und 40 bis 30 % Polyvinylchlorid bzw. Polystyrol aufweisen. Diese Herstellungsart einer „Hybridfaser“ kommt viel billiger als eine Mischung der Fasern (z.B. Viskose- mit Polyvinylchloridfasern), weil in diesem Fall alle mit der Erzeugung einer Polyvinylchloridfaser aus dem Polymeren verbundenen Ausgaben wegfallen.

Zur Orientierung durchgeführte Versuche zur Gewinnung derartig modifizierter Viskosefasern, deren Preis um 20 bis 25 % niedriger liegen sollte als der einer normalen Zellwolle, haben gezeigt, daß deren Eigenschaften denjenigen einer gewöhnlichen Viskosefaser hinsichtlich ihrer Hauptkennwerte nicht nur nicht nachstehen, sondern diese sogar übertreffen (ausgenommen die Reißfestigkeit in g/den, die sich infolge der Abnahme der Fasernummer allerdings etwas erniedrigt).

Von größtem Interesse sind jedoch modifizierte Viskosefasern, die neue, wertvolle Eigenschaften aufweisen. Sie kommen in einigen für die Praxis wichtigen Kennwerten nicht nur an diejenigen der Haupttypen der Synthetics heran, sondern haben sie darin bereits entweder eingeholt oder überrundet. Man gliedert sie je nach Verwendungszweck in drei Gruppen:

I. Für die Erzeugung von Konsumgütern:

Wollartige Textilien mit erhöhter Lichtbeständigkeit, Bakterienbeständigkeit und Scheuerfestigkeit.

II. Für den technischen Sektor:

- a) Nichtbrennbare Fasern.
- b) Fäulnisfeste Fasern.
- c) Fasern und Gewebe mit wasserabstoßenden Eigenschaften.
- d) Fasern und Gewebe mit ölstoßenden Eigenschaften.
- e) Fasern mit Eigenschaften von Ionenaustauschern (Kationen- und Anionenaustauscher, Elektronenaustauscher).

III. Für medizinische Zwecke:

- a) Mull aus Viskosefasern bzw. aus einer Mischung von Viskose- und Baumwollfasern mit blutstillender Wirkung.
- b) Verschiedene Stofftypen mit bakteriziden Eigenschaften.

Von den durch Pfropfung modifizierten Viskosefasern besitzt das Copolymere aus Polyacrylnitril und Zellulose beim augenblicklichen Stand der Untersuchungen für die Herstellung von Konsumgütern das größte Interesse. Diese Faser, die in der Sowjetunion den Markennamen MTILON-V erhalten hat, enthält 60 bis 70 % Zellwolle und 40 bis 30 % Polyacrylnitril.

Die Einführung des Polyacrylnitrils verleiht der modifizierten Faser neue wertvolle Eigenschaften, wie zum Beispiel erhöhte Licht- und Bakterienbeständigkeit und deutlich ausgeprägten wollartigen Charakter, was späterhin für die Festlegung der Einsatzgebiete besonders große Bedeutung hat. Dank der Anwesenheit einer großen Menge freier, nicht substituierter Hydroxylgruppen im Faserinneren kann man MTILON-V mit verschiedenen Farbstoffklassen gut anfärben, die sowohl zur Färbung von Zellulose- als auch von Polyacrylnitrilfasern geeignet sind.

Ausführliche Versuche über den Einsatz von MTILON-V in verschiedenen Zweigen der Textilindustrie haben gezeigt, daß es zweckmäßiger ist, diese Faser insbesondere zur Herstellung von Teppichen zu verwenden, die hinsichtlich ihrer Hauptkennwerte Wollteppiche völlig ersetzen können. In diesem Jahr hat man bereits mit dem Aufbau einer großen Versuchsanlage zur Herstellung der MTILON-V-Faser für die Teppichindustrie begonnen. Man kann diesen Typ modifizierter Stapelfasern aber nicht nur für Teppiche, sondern auch für ein umfangreiches Sortiment an textilen Geweben verwenden, die im Vergleich mit ähnlichen Geweben aus gewöhnlicher Zellwolle hinsichtlich geringerer Knittereigenschaften, höherer Scheuerbeständigkeit und einem bedeutend verbesserten Aussehen der Fertigware wesentliche Vorteile aufweisen.

Im Hinblick auf die Verwendungsgebiete modifizierter Viskosefasern im technischen Sektor muß man berücksichtigen, daß ein und dieselbe Aufgabe, zum Beispiel die Herstellung nichtbrennbarer Zellulosematerialien bzw. von Geweben mit wasserabstoßenden Eigenschaften, sowohl durch den Einsatz von Fasern aus Zellulosepfropfpolymeren als auch durch Imprägnierung gelöst werden kann. Die bis heute in der Textilindustrie in großem Umfang verwendeten Imprägniermethoden haben - unserer Meinung nach - eine Reihe großer Nachteile gegenüber der Methode zur Herstellung von Viskosefasern mit ähnlichen Eigenschaften. Die Hauptnachteile der ersten Methode sind folgende:

1. unzureichende Stabilität der erzielten Materialien bei Behandlung mit Wasser;
2. verhältnismäßig komplizierte Durchführung der Imprägnierung sowie deren Fixierung auf den Geweben;
3. Abnahme der mechanischen Eigenschaften des Materials;
4. erhebliche Reduzierung der Luftdurchlässigkeit infolge der Auflagerung von Filmen auf die Gewebeoberfläche zur Fixierung des aufgetragenen Imprägniermittels, was für eine Reihe von Einsatzgebieten besonders große Bedeutung hat.

Die meisten dieser Nachteile treten an chemisch modifizierten Fasern und Geweben nicht auf, weil diese gegenüber verschiedenen Naßbehandlungen völlig beständig sind und auch keinerlei Nachbehandlung bedürfen, um den erzielten Effekt zu fixieren.

Wenn man bestimmte Typen synthetischer Polymerer verwendet, erhält man nichtbrennbare Zellulose- insbesondere Viskosegewebe, die gegen Naßbehandlungen ausreichend be-

ständig sind und keinerlei Festigkeitsabnahme beim Herstellungsprozeß zeigen.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei Fasern und Geweben diverser Sortimente erzielt, für die deutlich ausgeprägte wasserabstoßende Eigenschaften unter gleichzeitiger Erhaltung der Luftdurchlässigkeit charakteristisch sind. Die häufigsten Einsatzgebiete von wasserdichten Geweben benötigen ausreichend feste Strukturen, und die Viskosefaser ist hierfür ungeeignet. Aber die Herstellung leichter Mäntel mit wasserabstoßenden Eigenschaften bei gleichzeitiger Luftdurchlässigkeit ist sehr interessant und aussichtsreich. Man kann diese Eigenschaften dadurch erreichen, indem man verschiedene Polymere, wie Polydiene, insbesondere Polyisopren, Polybutylacrylate, Silikone oder fluorhaltige Polymere, direkt auf die Viskosefasern bzw. -gewebe pfprompt. Die Ergebnisse unserer Versuche ließen darauf schließen, daß die Pfpromptung mit einigen Typen fluorhaltiger Polymerer den größten Erfolg verspricht. Bei dieser Variante werden nämlich stabile wasserabstoßende Eigenschaften durch chemische Addition von 1 bis 2 % fluorhaltigem Polymeren an die Zellulose (Stapelfasern oder Gewebe) erzielt. Noch interessanter ist die in letzter Zeit in unserem Laboratorium ausgearbeitete Methode zur Herstellung von Viskosefasern bzw. -geweben, die sich durch Ölbeständigkeit auszeichnen.

In einigen Ländern werden auch schon Gewebe mit dieser wichtigen Eigenschaft erzeugt, und der gewünschte Effekt wird ebenfalls durch Imprägnierung mit verschiedenen fluorhaltigen Oligomeren oder Polymeren erreicht. Er ist aber noch zu wenig widerstandsfähig gegen Naßbehandlungen, das heißt, er verschwindet schnell bei wiederholtem Waschen.

Die Synthese von Zellulosepfpromptpolymeren mit fluorhaltigen Verbindungen ermöglicht bei Anwesenheit von 1 bis 2 % Fluor die Gewinnung eines Materials mit dem vorhin erwähnten ölabweisenden Effekt, der auch nach vielen Wäschen (20 bis 30!) völlig erhalten bleibt. Die Schaffung von Geweben bzw. Stoffen, die einen derartigen Vorteil besitzen (z.B. für die Berufskleidung der Schlosser, Schmierer, Eisenbahner, Mechaniker usw.), erweitert die Einsatzgebiete modifizierter Zellulosematerialien für Zwecke, bei denen aus anderen Synthesefasern erzeugte Textilien nicht verwendet werden können.

Ionenaustauschendes Material, welches auf der Basis chemisch modifizierter Zellwolle bzw. daraus gewonnener Vliesstoffe hergestellt wird, bedeutet einen weiteren aussichtsreichen Sektor zur Anwendung dieser Faser. Es sieht so aus, als ob in Zukunft gerade die Zellulosefasern (sowohl natürliche als auch künstliche), weil sie hohe Hydrophilie besitzen und darum eine hohe Diffusionsgeschwindigkeit wässriger Lösungen ins Faserinnere gewährleisten, für die verschiedensten Zwecke bevorzugt eingesetzt werden würden.

In jüngster Zeit hat man in unserem Laboratorium auch verschiedene ionenaustauschende Zellulose Typen (und zwar starke wie schwache Kationen- bzw. Anionenaustauscher)

sowie Fasern, Gewebe und Vliesstoffe mit elektronenaustauschenden und komplexbildenden Eigenschaften synthetisiert. Sie wurden vorerst einer längeren Gebrauchswertprüfung unterzogen, zuerst im Laboratorium, später unter versuchsbetrieblichen Bedingungen, für verschiedene Zwecke und in verschiedenen Industriezweigen, zum Beispiel für die Absorption von Ionen der Edelmetalle (Platin, Gold, Silber) aus verdünnten Lösungen, von Schwermetallen, insbesondere Quecksilber, aus Abwässern, für die Reinigung des Abwassers von Phenol, für die Eliminierung von Farbstoffen, beispielsweise aus gelösten Nahrungsmitteln, bzw. von Eiweißfremdstoffen aus Agar-Agar-Lösungen.

Für die meisten (nicht für alle!) der oben genannten Zwecke können auch Austauscherharze verwendet werden, die ebenfalls bereits in großem Umfang Einsatz finden. Eingehendere Versuche mit Austauscherfasern - insbesondere mit den daraus gewonnenen Vliesstoffen - haben bewiesen, daß diese Fasern gegenüber den Austauscherharzen eine Reihe von Vorteilen besitzen. Diese bestehen in der größeren Sorptions- und Desorptionsgeschwindigkeit bei den Ionenaustauschvorgängen, in der höheren Festigkeit bei dementsprechend kleinerem Verschleiß infolge mechanischer Verluste (z.B. durch Zerplatzen und Bildung von Krümeln und Staub), sowie in einem einfacheren, dafür aber umso wirksameren apparativen Prozeßablauf.

Die industrielle Auswertung der Austauscherfaserstoffe steckt heute zwar noch im Anfangsstadium, es dürften jedoch diese modifizierten Typen in den nächsten Jahren rasch an Boden gewinnen.

Auch die Medizin ist ein wichtiges Einsatzgebiet für modifiziertes Zellulosematerial, das größtenteils auf der Basis gepfprompter Zellwolle hergestellt wird. Breite Versuche in Klinik und Betrieb ließen zwei Hauptanwendungsbereiche hervortreten: blutstillender Mull und verschiedene bakterizide Typen.

Ein Baumwollmull, der die Fähigkeit hat, bedeutend schneller als gewöhnlicher Mull Blut zu stillen, wurde vor ungefähr 20 oder 25 Jahren in den USA auf der Grundlage von Monocarboxylzellulose (d.i. ein Produkt selektiver Oxydation der Zellulose mit Stickstoffdioxyd) ausgearbeitet. Dieser Mull ist aber unbeständig gegen Heißwasser und zerfällt beim Sterilisieren mit Dampf in Pulver. Der in unserem Labor auf Pfpromptpolymerbasis entwickelte Mull stillt Blut dreibis viermal so schnell wie gewöhnlicher Mull und verändert außerdem weder nach Heißwasserbehandlung noch nach Dampfsterilisation seine Eigenschaften bzw. seine Festigkeit. Die Produktion dieses Mulls wird in der Sowjetunion noch heuer aufgenommen.

Nicht weniger bedeutungsvoll ist die Verwendung modifizierter Viskosefasern zur Gewinnung diverser bakterienbeständiger Textilien^{1,2)}.

Es ist bekannt, daß die niedrige Bakterienbeständigkeit einen der wesentlichen Nachteile der Zellulose gegenüber den Synthesefasern darstellt, das heißt, sie ist die Ursache ihres raschen Zerfalls bzw. Faulens. Synthesefasern sind im Ge-

Tabelle II: Eigenschaften verschiedener Typen der Zellulosepfropfpolymeren

Polymereigenschaften	Acryl- nitril	Vinyl- chlorid	Vinyliden- chlorid	Methacryl- säure	Methylvinyl- pyridin	Styrol	Tetrafluor- äthylen	Chloro- pren
Biologische Resistenz	++	+	+	+	+	+	+	+
Lichtbeständigkeit	++	--	--	?	-	?	?	-
Wasserabweisende Eigenschaften	+ -	+ -	+	--	+ -	+	++	++
Ölbeständigkeit	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	+ -	++	+ -
Flammfestigkeit	+ -	+	+	+ -	+ -	+ -	+ -	+
Scheuerfestigkeit	+	+	+	++	?	+ -	?	+
Garnfestigkeit	+	+ -	+	?	+ -	-	+	+
Ionenaustausch-Eigenschaften	+ -	+ -	+ -	++	++	+ -	+ -	+ -
Säurebeständigkeit	+	+	+	-	+ -	+	++	+

Anmerkung: + = verbessert
 ++ = bedeutend verbessert
 + - = unverändert
 - = verschlechtert
 -- = bedeutend verschlechtert
 ? = nicht geklärt

gensatz dazu zwar bakterienbeständig, hemmen bzw. vernichten aber nicht die Lebenstätigkeit der Mikroorganismen, sodaß auch sie keine bakteriziden Eigenschaften besitzen. Modifizierte Zellulosefasern hingegen entwickeln nach chemischer Addition verschiedener bakterizider Reagenzien in dieser Beziehung eine geradezu deutlich ausgeprägte Aktivität.

Diese Eigenschaft, die weder die natürlichen Zellulosefasern noch die synthetischen Polymere aufweisen, ermöglicht heute die Anwendung modifizierter Zellulosematerialien für die verschiedensten Aufgaben, wie zum Beispiel zur Herstellung bakterizider Filter aus Vliesstoffen auf Viskosestapelfaserbasis für die Filtration von Luft in Betrieben, in denen man sterilisierte Luft benötigt (z.B. bei der Herstellung von Antibiotika zur Filtration bzw. Sterilisation von Luft oder Säften, die nach einer derartigen Behandlung längere Zeit bei normaler, ja sogar bei erhöhter Temperatur aufbewahrt werden können).

Keine geringere Bedeutung hat der Einsatz solcher Fasern für die Fertigung von bakterizider Wäsche für Krankenhäuser, Kliniken, Entbindungsheime und ähnlichen Institutionen, wo die Gefahr einer Infektion besonders groß ist. Derzeit wird bei uns in verschiedenen Kliniken und medizinischen Instituten die Prüfung dieser neuen Materialien abgeschlossen, sodaß sie wahrscheinlich schon zu Beginn des nächsten Jahres in großem Umfang der Allgemeinheit zugute kommen.

Die angeführten Beispiele schließen natürlich nicht alle Gebiete der tatsächlichen Verwendung der modifizierten Zellulose-, insbesondere der Viskosefasern, ein. Es entstehen ununterbrochen neue Anforderungen an die daraus gefertigten Materialien und dementsprechend erweitern sich auch ständig ihre Einsatzbereiche. Deswegen kann man die gezielte chemische Modifizierung auch als eine der Hauptrichtungen zur Erhöhung der Wirksamkeit und zur weiteren Steigerung der Produktion von Zellulosekunstfasern bezeichnen.

Zur Herstellung von Materialien mit neuen, vorgegebenen Eigenschaften auf Basis von Zellulosepfropfpolymeren können verschiedene Monomeren herangezogen werden, die sich für bestimmte Anwendungsgebiete gegenseitig ersetzen bzw. austauschen lassen.

Tabelle II enthält die wichtigsten Kenngrößen von Ergebnissen, die bei der Pfropfung verschiedener Polymerer auf Zellulose erhalten wurden.

Ob der Einsatz dieser oder jener Monomertypen für die Pfropfung auf Zellulosefasern (im Falle einer gegenseitigen Austauschbarkeit) zweckmäßig ist, wird von einer Reihe von Faktoren bestimmt, und zwar


- a) von der Zugänglichkeit,
- b) von der Toxizität und
- c) von der Einfachheit der verfahrenstechnischen und apparativen Gestaltung.

In jedem einzelnen Fall wird diese Frage in Abhängigkeit von den Anforderungen, die an die modifizierten Zellulosematerialien sowie an die technisch-ökonomischen Produktionsbedingungen bzw. an ihre Anwendbarkeit gestellt werden, zu lösen sein.

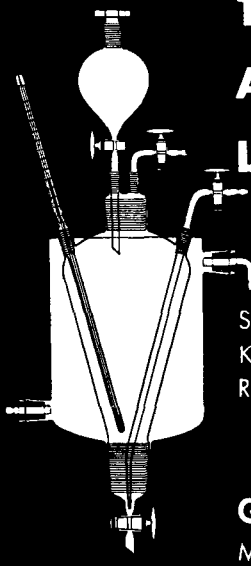
Literatur:

- 1) Sun Tun, W.A. Derewizkaja, S.A. Rogowin: Wyssokomolekuljarnyje ssojed. 1, 162 (1959)
- 2) S.A. Rogowin, U. Zun-zui: Wyssokomolekuljarnyje ssojed. 1, 1131 (1959)
- 3) R.M. Liwschiz, R. Marupow, R.G. Zbankow, S.A. Rogowin: „Zellulosa i ejo proiswodnye“, Bericht der Akademie der Wissenschaften der UdSSR., S. 65 (1963)
- 4) R.M. Liwschiz, D.A. Predwoditelew, S.A. Rogowin: „Zellulosa i ejo proiswodnye“, Verlag der Akademie der Wissenschaften der UdSSR., S. 60 (1963)

Wir liefern für alle Industriezweige



**THERMOMETER
ARÄOMETER
LABORGERÄTE**



Spezialität:
KONTAKTHERMOMETER
RELAIS

**GLAS-TRIEBEL
MANNHEIM-KÄFERTAL**

- 5) S.A. Rogowin, Sun Tun, A.D. Wirnik, N.M. Chwostenko: *Wysokomolekuljarnyje ssojed.* 4, 571 (1962)
- 6) J. Bridgeford: *Ind. Eng. Chem., Res. Devel.* 2, 45 (1962)
- 7) A.A. Gulina, R.M. Liwschiz, S.A. Rogowin: *Chim. Vol.* 3, 29 (1962)
- 8) S.A. Rogowin: „Chemische Umwandlung und Modifikation der Zellulose“; Verlag Chemie, 68-77 (1967)
- 9) A.A. Gulina, W.G. Aldoschin, A.F. Smirnov, R.M. Liwschiz, S.A. Rogowin, S.J. Frenkel: *Wysokomolekuljarnyje ssojed.* 2A, 390 (1968)
- 10) A. Mowsun-sade, A.A. Kusnezowa, R.M. Liwschiz, A.A. Konkin, S.A. Rogowin: *Wysokomolekuljarnyje ssojed.* 7, 1297 (1965)
- 11) L.S. Sletkina, S.A. Rogowin: *Text. Prom.* 2, 42 (1968)
- 12) S.A. Rogowin: „Neuartiges Zellulosematerial“, Verlag „Snanie“, 1967

Diskussion

Dr. Albrecht: Wir danken Herrn Dr. Katorshnow, daß er den Vortrag von Herrn Professor Rogowin vorgelesen hat. Herr Professor Konkin wird nun so liebenswürdig sein und die sich aus der Diskussion ergebenden Fragen beantworten.

Dr. Knopp: Durch eine topochemische Reaktion wie die Pfropfung wird die Anfärbbarkeit maßgeblich beeinflußt. Wie haben Sie dieses Problem der gleichmäßigen Anfärbbarkeit, insbesondere für den textilen Einsatz, gelöst?

Prof. Konkin: Durch die Modifizierung der Fasern verändert sich auch deren Affinität für Farbstoffe. Am leichtesten ist dieses Problem bei den Stapelfasern zu lösen. Die Gleichmäßigkeit hängt von der Menge des aufgepfropften Polymeren ab. Bei einem geringen Anteil an aufgepfropfter Komponente ist es wesentlich schwieriger, eine gleichmäßige Anfärbbarkeit zu erzielen. Bei relativ großen Mengen dagegen ist diese Aufgabe leichter zu lösen.

Dr. Krässig: Aus eigener Erfahrung weiß ich, daß eine Gleichmäßigkeit bei niedriger Aufpfropfrate sehr schwer zu erreichen ist. Bei Stapelfasern läßt sich das leichter durchführen, da man diese mit anderen mischen kann. Bei der Behandlung irgendwelcher Garne oder Gewebe ist das schon schwieriger.

Haben Sie bei der Wollmodifizierung auch die Beobachtung gemacht, daß durch diese topochemische Veränderung die gepfropften Fasern zum Filzen gebracht werden können?

Prof. Konkin: Die beste Synthesefaser ist die Wolle. Die Aufpfropfung sehr großer Polyacrylnitrilmengen gibt der Zellulosefaser zwar wollähnlichen Charakter, dieser ist aber noch weit entfernt von dem reiner Wolle.

Dr. Herion: Ist die Blockierung der OH-Gruppen nicht so stark, daß durch die Pfropfung auch die guten hydrophilen Eigenschaften der Zellulose ungünstig beeinflußt werden?

Prof. Konkin: Trotz der Aufpfropfung hydrophober Gruppen bleibt die Zellulose noch in genügendem Ausmaß hydrophil.

Dr. Herion: Heute gehen doch alle Anstrengungen dahin, die Knittereigenschaften durch Vernetzung und Versteifung der Aggregate zu verbessern. Hier wird aber durch eine Weichmachung das Gegenteil erreicht. Bedeutet das nicht, daß eine modifizierte Faser einen schlechteren Knittereffekt bei gleichzeitiger Verbesserung anderer Eigenschaften zeigt?

Dr. Albrecht: Ich habe solche Produkte persönlich in der Hand gehabt und konnte feststellen, daß dies nicht der Fall war.

Prof. Konkin: Ich habe diese Frage so verstanden, daß die aufgepfropften Ketten einen Einfluß auf die Knitterechtheit des Zellulosematerials haben sollen. Ich kann am Beispiel des Polyacrylnitrilpfropfpolymeren der Zellulose sagen, daß die Knitterechtheit dadurch sogar noch verbessert wird.

Prof. Mark: Ich habe durch häufige Besuche in Moskau und durch meine Beziehungen zu Professor Rogowin die Entwicklung auf diesem Arbeitsgebiet nun schon zehn bis zwölf Jahre hindurch verfolgt. Dabei imponiert mir, daß sich zwar in derselben Zeit viele andere Labors in aller Welt mit dieser Frage beschäftigten, es aber wieder aufgegeben haben, hauptsächlich deswegen, weil immer zu viel Homopolymer als Nebenprodukt entsteht. Durch besonders systematische Untersuchungen scheint dies aber in Rußland vermieden worden zu sein. Wieviel Homopolymer erhalten Sie, wenn Sie zum Beispiel 15 % Acrylnitril auf Zellulose pfropfen?

Prof. Konkin: Wie Herr Professor Mark sehr gut weiß, ist die Menge des Homopolymeren eine Funktion der Konzentration des eingesetzten Monomeren und des angewandten Verfahrens. Wenn man nur 15 % aufpfropft (nach der Methode von Bridgeford), dann bilden sich praktisch keine Homopolymere, wohl aber durch Kettenübertragung bei großen Mengen an Monomeren.

Chemische Vernetzung von Kapronfasern und Untersuchung ihrer Eigenschaften

Direktor Professor Dr. Alexander A. Konkin
Allunion-Forschungsinstitut für Kunstfasern,
Mytishchi - Moskau

Diese Untersuchungen sollen zeigen, daß die Ausbildung intermolekularer chemischer Bindungen einen der aussichtsreichsten Wege zur Modifikation der Eigenschaften von Polyamidfasern darstellt. Es ist auf diesem Wege möglich, eine Reihe der Nachteile dieser Fasern zu beseitigen, was von wesentlicher Bedeutung für ihren Einsatz auf dem technischen Sektor ist.

Folgende Probleme wurden eingehend untersucht:

- Verwendung von Dicarbonsäuredichloriden, Diisocyanaten oder Dischwefeldichlorid zur Vernetzung von Fasern aus Polycapromamid.
- Bedingungen für die Synthese neuer N-Acetoacetyl-derivate von Polyamiden, die anschließend die Herstellung vernetzter Kapronfasern durch Umsetzung mit Hexamethyldiamin und mit Metallkationen veränderlicher Wertigkeit ermöglichen.
- Physikalische und thermomechanische Eigenschaften der vernetzten Fasern.

These studies are intended to show that the development of intermolecular bonds represents one of the most promising approaches towards modifying the properties of polyamide fibers. It serves to eliminate some of the disadvantages attached to these fibers, which is of essential importance to their use in the industrial field.

The following problems have been subjected to careful investigation:

- The use of dicarbonic acid dichlorides, diisocyanates and disulphur dichloride for linking polycapromamide fibers;
- the conditions to be employed in synthesizing new N-acetoacetyl derivatives of polyamides, which will then permit the production of linked caproic fibers by the addition of hexamethylene diamine and of metal cations of variable valency;
- the physical and thermomechanical properties of the cross-linked fibers.

Einer der aussichtsreichsten Wege zur zielgerichteten Veränderung der Eigenschaften von Chemie- und Naturfasern ist die Schaffung intermolekularer chemischer Bindungen. Die Vernetzung linearer und nur in geringem Ausmaß verzweigter Polymerer bildet die Grundlage vieler technologischer Prozesse, zum Beispiel der Vulkanisierung des Kautschuks, der Hydroxymethylierung des Polyvinylalkohols

durch Formaldehyd mit anschließender Kondensation der entstandenen Produkte. Im Gegensatz zu den beim Altern und bei der Thermooxydation eintretenden Vorgängen ist die durch chemische Agenzien bewirkte Vernetzung lenkbar und spielt eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Kunststoffen mit vorbestimmter Struktur und vorbestimmten Eigenschaften.

Die Anwendung einer chemischen Methode zur Vernetzung von Fasern aus linearen Polyamiden eröffnet ausgedehnte Möglichkeiten zur Beseitigung einer Reihe typischer Mängel, wie beispielsweise der verhältnismäßig geringen Thermostabilität, dem niedrigen Elastizitätsmodul und der Neigung zum Fließen unter Spannung.

Das Studium der Mechanismen und der Gesetzmäßigkeiten bei der chemischen Vernetzung sowie die Untersuchung von Struktur und Eigenschaften der so modifizierten Polyamidfasern ist zweifellos von großem theoretischen Interesse, aber auch von praktischer Bedeutung.

Infolge der geringen Reaktionsfähigkeit der Amidgruppen in den Polyamidmakromolekülen sind die Möglichkeiten zur Einführung einer größeren Zahl von intermolekularen Bindungen begrenzt. Als Vernetzungsmittel verwendet man Substanzen, die wenigstens zwei funktionelle Gruppen mit hoher Reaktionsfähigkeit enthalten. Meistens wird die Vernetzung an modifizierten Polyamiden durchgeführt, in denen bereits eine geringe Anzahl von Elementargliedern mit reaktionsfähigen Gruppen vorhanden ist¹⁾. Die Zahl der diesem Thema gewidmeten Arbeiten ist verhältnismäßig gering. Es wurden vorwiegend die Bedingungen für die Synthese vernetzter Polyamide studiert, aber fast keine systematischen Untersuchungen ihrer Eigenschaften durchgeführt.

Vorliegende Arbeit ist der Untersuchung der Vernetzung von Kapronfasern (Nylon 6) und speziell der Suche nach Wegen gewidmet, die die Herstellung von Fasern mit verbesserten mechanischen Kennwerten und höherer thermischer Beständigkeit ermöglichen.

Weiters werden Ergebnisse zur Klärung folgender Fragen dargelegt:

- Verwendung von Dicarbonsäuredichloriden und Diisocyanaten sowie Cyanurchlorid und Dischwefeldichlorid (S_2Cl_2) für die Vernetzung von Fasern aus Polycapromamid (PCA).
- Bedingungen für die Synthese neuer N-Acetoacetyl-derivate von Polyamiden, die anschließend die Herstellung vernetzter Kapronfasern durch Umsetzung mit Hexamethyldiamin und mit mehrwertigen Metallkationen veränderlicher Wertigkeit ermöglichen.
- Physikalische und thermomechanische Eigenschaften der vernetzten Fasern.

1. Vernetzung von Kapronfasern mit Dicarbonsäuredichloriden (DDC)

Als Vernetzungsmittel wurden Adipinsäuredichlorid (ADC) und Sebacinsäuredichlorid (SDC) verwendet. Die Vernetzung der Fasern erfolgte in einer Lösung der Säuredichloride

in absolutem Xylol in Gegenwart von trockenem Pyridin, dessen Menge 2 Mol pro Mol DDC betrug.

Es besteht die begründete Annahme²⁾, daß gleich zu Beginn (infolge der Umsetzung des DDC mit Pyridin) eine HCl-Abspaltung stattfindet und sich dadurch reaktionsfähige zweiwertige Ketene (I) als Zwischenprodukte bilden, die anschließend mit Amidgruppen reagieren. Dabei wandert der mit dem Stickstoff verbundene Wasserstoff zum α -Kohlenstoffatom der Ketengruppe und leitet so die Vernetzung ein (III). Auch die Möglichkeit der Ausbildung intramolekularer Ringe ist nicht auszuschließen (Abb. 1).

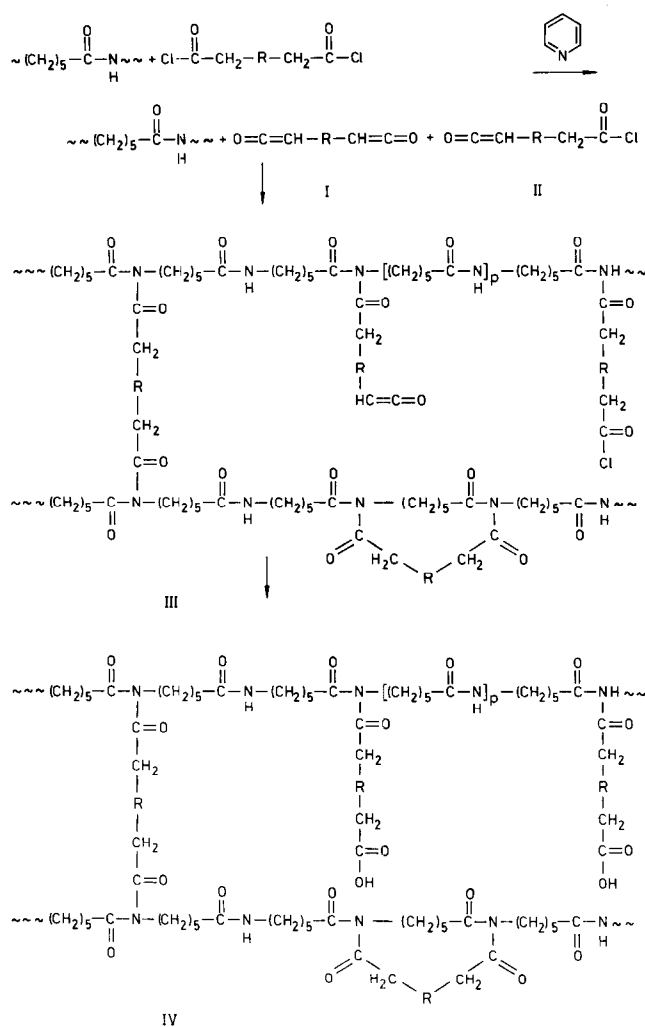


Abb. 1: Umsetzung von Polycapromid mit Dichloriden aliphatischer Dicarbonsäuren

Wenn nur eine einzige Säurechloridgruppe des DDC mit dem Pyridin reagiert, so bildet sich ein Monoketen (II). Sowohl in diesem Falle, als auch dann, wenn mit den Amidgruppen nur eine Ketengruppe des Diketen reagiert, entstehen keine zwischenmolekularen chemischen Bindungen. Als Ergebnis bleiben in den modifizierten Fasern freie Säurechlorid- bzw. Ketengruppen übrig, die schließlich bei Einwirkung von Wasser in Carboxylgruppen übergehen (IV).

Der erörterte Reaktionsmechanismus wird durch die Anwesenheit von Chlor (ca. 0,05 %) in den vernetzten Fasern und durch die im Vergleich zur Ausgangskapronfaser bedeutende Erhöhung des Carboxylgruppengehaltes bestätigt.

Es besteht kein Zweifel, daß zunächst die Endaminogruppen mit den Acylierungsmitteln in Reaktion treten. Davon zeugt die völlige Abwesenheit von Aminogruppen in den modifizierten Proben. Da die Zahl der Aminoendgruppen nur gering ist, wurde diese Reaktion in das angeführte Schema nicht miteinbezogen.

Den Umsetzungsgrad beurteilten wir an Hand der Gewichtszunahme, der Veränderung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften, sowie der Löslichkeit der Fasern in 85 %iger Ameisensäure. Die Erhöhung der Konzentration an DDC im Reaktionsgemisch (von 20 auf 50 %) sowie der Reaktionsdauer bewirken eine Erhöhung der Gewichtszunahme der Fasern (bei Behandlung mit SDC von 1,8 auf 5,1 %, mit ADC von 2,8 auf 6,5 %). Es gelang uns jedoch nicht, eine vollkommen unlösliche Faser zu erhalten. Offensichtlich findet neben der Ausbildung intermolekularer Bindungen auch ein teilweiser Abbau der modifizierten Fasern statt.

2. Vernetzung von Kapronfasern mit Diisocyanaten³⁾

Der Einsatz von Diisocyanaten (DIC) als Vernetzungsmittel ist bedingt durch deren hohe Reaktionsfähigkeit sowie der Abwesenheit von Gruppen, die während des Reaktionsablaufes zu einem Abbau der Faser führen könnten. Wir verwendeten hiezu Hexamethyldiisocyanat und Toluylen-2,4-diisocyanat.

Die Vernetzung erfolgte mit einer Lösung von DIC in absolutem Xylol in Gegenwart katalytischer Mengen Pyridin bei 120°C. Bei Verwendung von Hexamethyldiisocyanat (MCIC) hat die Reaktionstemperatur einen entscheidenden Einfluß. Bei einer Temperaturerhöhung von 100 auf 160°C (die Konzentration an DIC in der Lösung betrug 20 %) steigt die Gewichtszunahme von 2 auf 24 bis 26 % an. Bei Verwendung von Toluylendiisocyanat (TDIC) ist die Umsetzungsgeschwindigkeit infolge der erhöhten Reaktionsfähigkeit der mit dem Benzolkern konjugierten Isocyanatgruppen merklich größer.

Die Gegenwart eines Katalysators (Pyridin) spielt beim Vernetzungsprozeß der Fasern mit DIC eine besonders wichtige Rolle. Bei Abwesenheit eines solchen und bei einer Reaktionstemperatur unter 120°C reagiert, ungeachtet einer verhältnismäßig hohen Gewichtszunahme (etwa 4 bis 6 %), nur eine Isocyanatgruppe des DIC mit den Amidbindungen. Darauf deuten die Löslichkeit dieser Fasern in Ameisensäure sowie die Tatsache hin, daß man bei einer nachträglichen Behandlung mit Hexamethyldiamin eine unlösliche Faser erhält.

Die Anwesenheit einer geringen Menge an Pyridin erhöht nicht nur merklich die Umsetzungsgeschwindigkeit des DIC mit dem Polycapromid (Abb. 2), sondern beeinflusst auch wesentlich die Richtung des Reaktionsablaufes im Sinne der Ausbildung intermolekularer Querbindungen (Abb. 3, V)

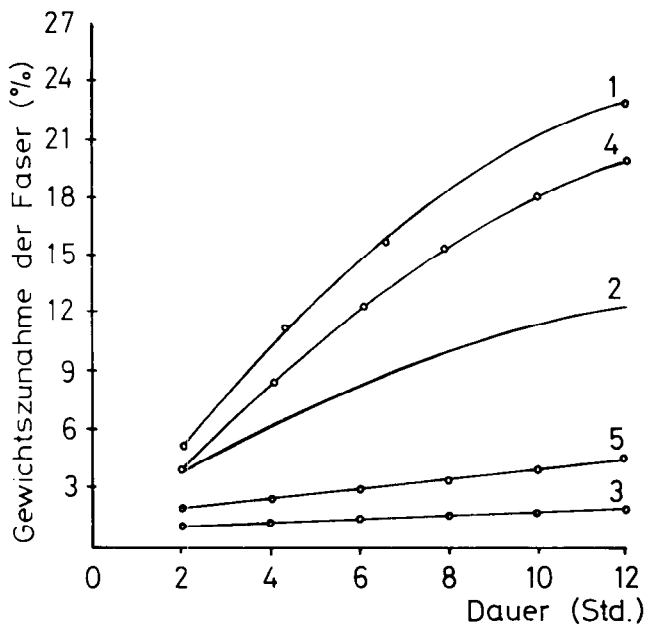


Abb. 2: Einfluß von Temperatur, Katalysator und Reaktionsdauer auf die Gewichtszunahme der Fasern

- 1) bei 160°C mit Pyridin
- 2) bei 120°C mit Pyridin
- 3) bei 100°C mit Pyridin
- 4) bei 160°C ohne Pyridin
- 5) bei 100°C ohne Pyridin

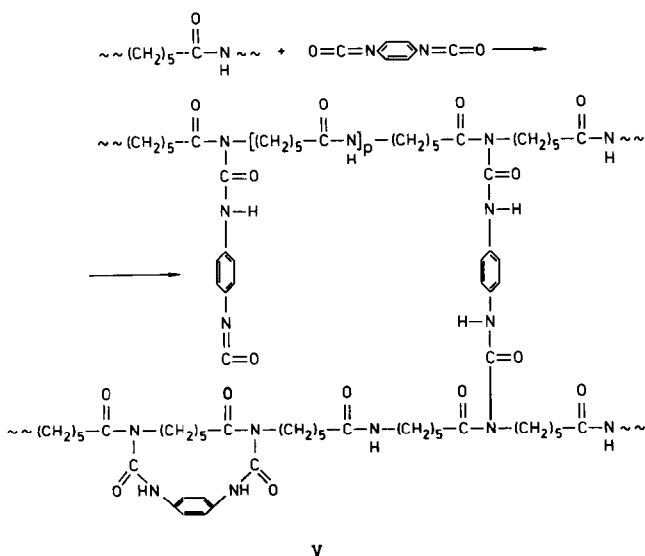


Abb. 3: Umsetzung von Toluylendiisocyanat mit Polycaproatamid

hin. Außerdem ist es in Gegenwart von Pyridin möglich, modifizierte Fasern mit der erforderlichen Gewichtszunahme schon unter milderen Reaktionsbedingungen zu erhalten. Das ist von großer Bedeutung, da bei hohen Temperaturen (120°C) außer den inter- und intramolekularen auch Nebenreaktionen ablaufen können, was die Klärung der Zusammenhänge zwischen Vernetzungsgrad und Eigenschaften der modifizierten Fasern erschwert oder unmöglich macht. Als Beweis dafür, daß die Unlöslichkeit der durch Umsetzung mit DIC erhaltenen Fasern auf die inter-

molekularen Bindungen und nicht auf die Anwesenheit von Phenylseitengruppen zurückzuführen ist, gilt die Tatsache, daß sich die mit Monoisocyanaten (Phenylisocyanat, Dichlorphenylisocyanat) unter Gewichtszunahme bis zu 15 % umgesetzten Polyamidfasern noch vollständig in Ameisensäure lösen.

3. Vernetzung von Kapronfasern mit Cyanurchlorid (CC)

Außer den oben angeführten Reagenzien war auch die Verwendung von Cyanurchlorid (2,4,6-Trichlor-1,3,5-triazin) für die Struktur der Kapronfasern von großem Interesse⁴⁾.

Bei verhältnismäßig niedriger Temperatur (bis 90°C) reagiert nur ein Chloratom des CC mit einer Amidbindung des PCA (Abb. 4). Dadurch entsteht ein monosubstituiertes Derivat des CC mit Polycaproatamid, das keine intermolekularen Bindungen enthält (VI).

Die nachfolgende Behandlung dieses Produktes mit wässrigem Natriumhydroxyd führt zur Bildung von hydroxylhaltigen Derivaten (VII). Beim Einsatz von CC als Vernetzungsmittel muß man unbedingt dessen spezifische Eigenschaften berücksichtigen und solche Bedingungen schaffen, daß zwei von den drei Chloratomen reagieren, damit es zur Ausbildung intermolekularer Bindungen kommt. Ein Vernetzungseffekt wird erst ab 120°C beobachtet. Infolge der Beteiligung von zwei Chloratomen an der Reaktion entstehen durch zwei Polyamidmakromoleküle disubstituierte Derivate des CC (Abb. 5, VIII).

Bei Behandlung dieser Produkte mit Natriumhydroxyd wurden bereits disubstituierte Derivate der Cyanursäure erhalten (IX).

Die bei unterschiedlichen Temperaturen modifizierten Fasern unterscheiden sich stark in ihrer Löslichkeit. Am Triazinkern monosubstituierte Derivate lösen sich noch in Ameisensäure, disubstituierte dagegen nicht, was als Beweis für die Ausbildung intermolekularer Bindungen gilt.

Die Reaktionsweise bei der Umsetzung von PCA mit CC hängt auch von der Anwesenheit eines Katalysators (Pyridin) ab. In dessen Gegenwart reagieren bevorzugt zwei Chloratome des CC unter Bildung eines vernetzten Polymeren, und zwar werden unter sonst gleichen Reaktionsbedingungen sogar schon bei 90°C in Ameisensäure unlösliche Präparate erhalten, die - wie aus ihrem Chlorgehalt zu entnehmen ist - die in Abbildung 5 gezeigte Struktur besitzen.

4. Vernetzung von Kapronfasern mit Lösungen von Dischwefeldichlorid

Die große Reaktionsfähigkeit des Dischwefeldichlorids sowie die Leichtigkeit, mit der die Vernetzung der diversen Kautschukarten und des Polyvinylalkohols⁵⁾ erfolgt, waren der Grund für seine Wahl als Reagens.

Die Reaktion wurde bei 60°C in Xylol (Molverhältnis 1:30) in Gegenwart von 2 Mol Pyridin pro Mol Dischwefeldichlorid durchgeführt. Vernetzte Fasern mit zufriedenstellenden

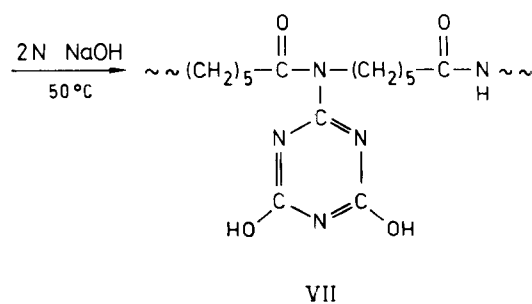
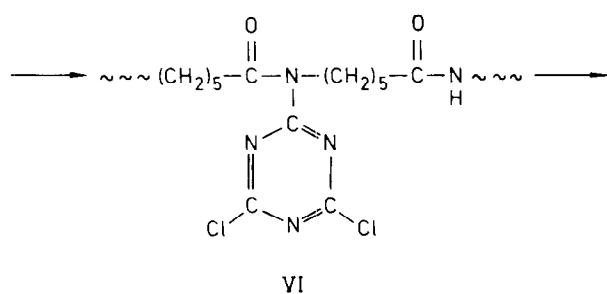
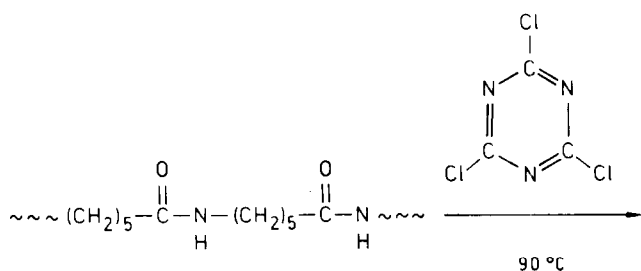


Abb. 4: Schema der Reaktion von Cyanurchlorid mit Polycaproylamid

physikalisch-mechanischen Kennwerten erhält man nach Behandlung mit einer 5 %igen Lösung von S_2Cl_2 in Xylol.

Aus den IR-Spektren der modifizierten Kapronfasern geht hervor, daß in diesen Präparaten Sulfid- und Disulfidbindungen fehlen und in geringer Menge Thiocarbonylsäureamidgruppen (1117 und 630 cm^{-1}) auftreten. Man kann zwar annehmen, daß sich auch Polysulfidbindungen - $(S)_n$ ausbilden, jedoch ist deren Nachweis in den IR-Spektren wegen der außerordentlich schwachen Absorption sehr schwierig.

Im Verlauf dieser Untersuchungen⁶⁾ wurde festgestellt, daß sich bei Behandlung der mit Dischwefeldichlorid vernetzten Kapronfasern (KS) mit heißem Wasser der Gehalt an gebundenem Schwefel sehr stark vermindert, daß aber dann seine Menge der Faser konstant blieb. Uns scheint, daß hierbei der weniger fest gebundene Schwefel aus den labilen Polysulfidbindungen sowie aus den möglicherweise gebildeten Thioamidgruppen der KS-Fasern entfernt wird, wobei sich aber die Zahl der Brückenbindungen in der KS-Faser nicht ändert.

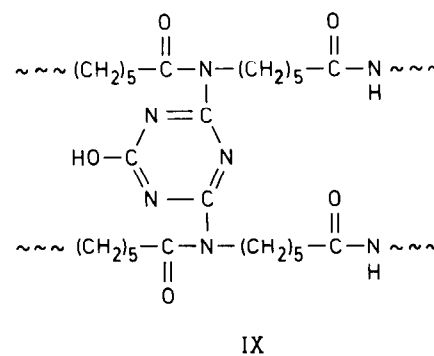
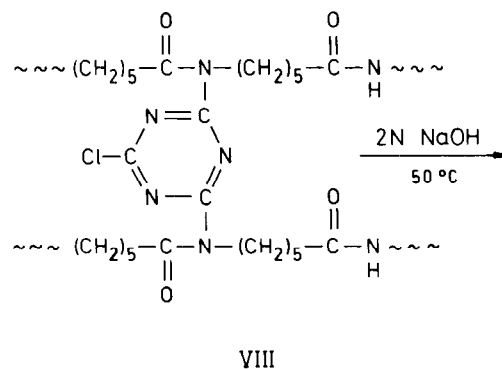
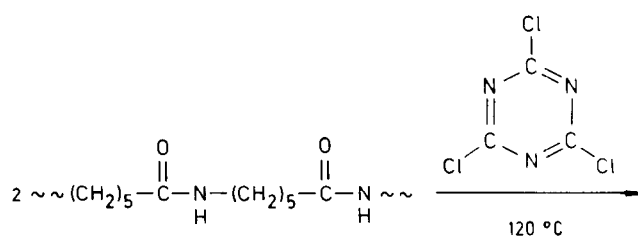


Abb. 5: Schema der Vernetzung von Polycaproylamid mit Cyanurchlorid

Anhand der obigen Ergebnisse kann der Vernetzungsprozeß durch folgendes Schema veranschaulicht werden (Abb. 6).

Kocht man die vernetzten Fasern in einer 10 %igen KOH-Lösung, so führt dies zu einem steilen Abfall des Gehaltes an gebundenem Schwefel, und die Faser wird in Ameisensäure wieder löslich.

Die Polysulfidbindungen in den KS-Fasern werden auch bei Einwirkung von 6n Salzsäure bei 125°C unter H_2S - und S -Abspaltung, ferner bei der Oxydation mit $KMnO_4$ bei 50°C im sauren Medium zerstört. Nach letzterer Behandlung ist die Faser in Ameisensäure löslich.

5. Synthese von N-Acetoacetylderivaten des PCA und deren Vernetzung⁷⁾

Für die Ausbildung intermolekularer chemischer Bindungen werden in das Polycaproylamid vorher reaktionsfähige Gruppen eingeführt. Von diesem Gesichtspunkt aus besitzen die N-Acetoacetylderivate der Polyamide, die sich durch hohe

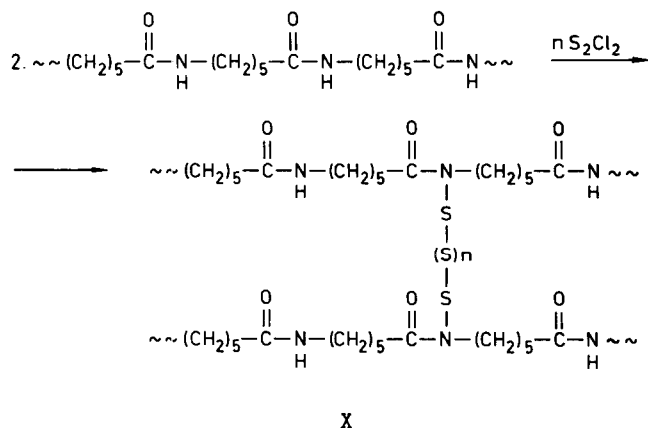


Abb. 6: Vernetzung von Polycapramid mit Dischwefeldichlorid

Reaktionsfähigkeit auszeichnen, ein gewisses Interesse. Die Acetoacetyl-derivate des PCA sind durch Einwirkung von Diketen auf Polycapramid leicht zu erhalten. Vor kurzem wurde von uns auch die Möglichkeit aufgezeigt, derartige Derivate auch durch Copolymerisation von Caprolactam mit dem Natriumsalz des N-Acetoacetylcaprolactams darzustellen⁸).

Modifizierte Kapronfasern mit einer verhältnismäßig geringen Zahl von Elementargliedern, die Acetoacetylgruppen enthalten, wurden durch Behandlung der fertigen Fasern mit Lösungen von Diketen in Xylol oder mit reinem Diketen erhalten. Die N-Acetoacetylgruppen bilden sich im Makromolekül der Fasern durch Umsetzung der Amidgruppen mit Diketen nach folgendem Schema (Abb. 7, XI). Der Substitutionsgrad beträgt 12 Molprozent.

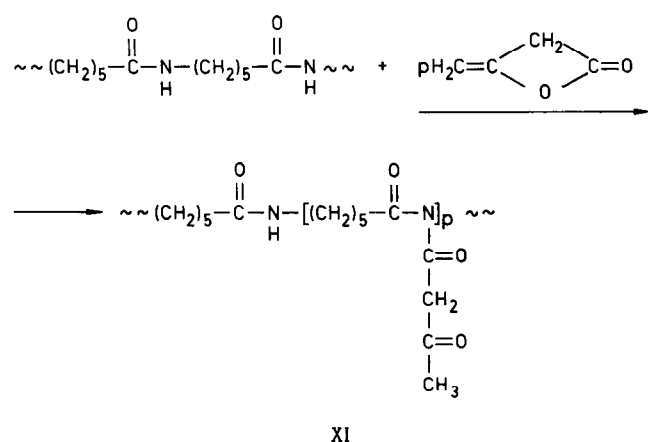


Abb. 7: Reaktion von Diketen mit Polycapramid

Noch höhere Umsetzungsgrade werden erreicht, wenn man die Reaktion in Gegenwart eines Katalysators durchführt. Setzt man dem Reaktionsgemisch katalytische Mengen (2 bis 3 Tropfen) Pyridin zu, so gelingt es unter milderen Be-

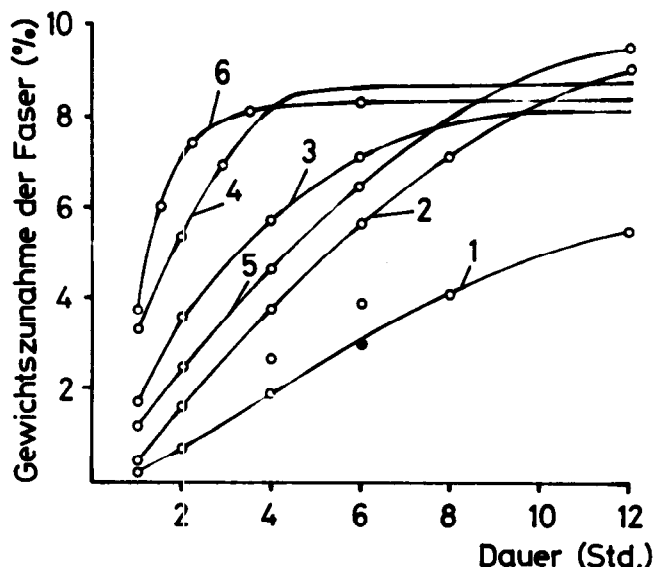


Abb. 8: Einfluß der Reaktionsbedingungen auf die Menge des mit Polycapramid umgesetzten Diketen

- 1) bei 80°C
- 2) bei 100°C
- 3) bei 80°C in Gegenwart von Pyridin
- 4) bei 100°C in Gegenwart von Pyridin
- 5) bei 90°C in 50%iger Diketenlösung
- 6) 100% Diketen

dingungen eine relativ große Zahl von Acetoacetylgruppen in das Makromolekül der Kapronfaser einzuführen (Abb. 8).

Die in der modifizierten Kapronfaser vorhandenen Acetoacetyl- und Keto-Gruppen gestatten durch Umsetzung mit Hexamethylen-diamin oder mit Kationen von Metallen veränderlicher Wertigkeit die Herstellung vernetzter Fasern.

Im ersten Fall (Abb. 9) reduziert sich die Ausbildung intermolekularer chemischer Bindungen durch eine Reaktion der Keto- bzw. Enolgruppen mit den Aminogruppen des Hexamethylen-diamins. Darauf deutet der Umstand hin, daß die modifizierten PCA-Präparate nach der Behandlung mit Hexamethylen-diamin ihre Löslichkeit in Ameisensäure eingebüßt haben. Neben den intermolekularen können auch intramolekulare chemische Bindungen gebildet werden. Es ist wahrscheinlich, daß teilweise auch nur eine Aminogruppe des Hexamethylen-diamins mit den Keto-Gruppen reagiert und die zweite ungebunden bleibt.

Im anderen Fall (Abb. 10) erfolgt die Vernetzung durch Chelatbildung der N-Acetoacetylgruppen in den Fasern.

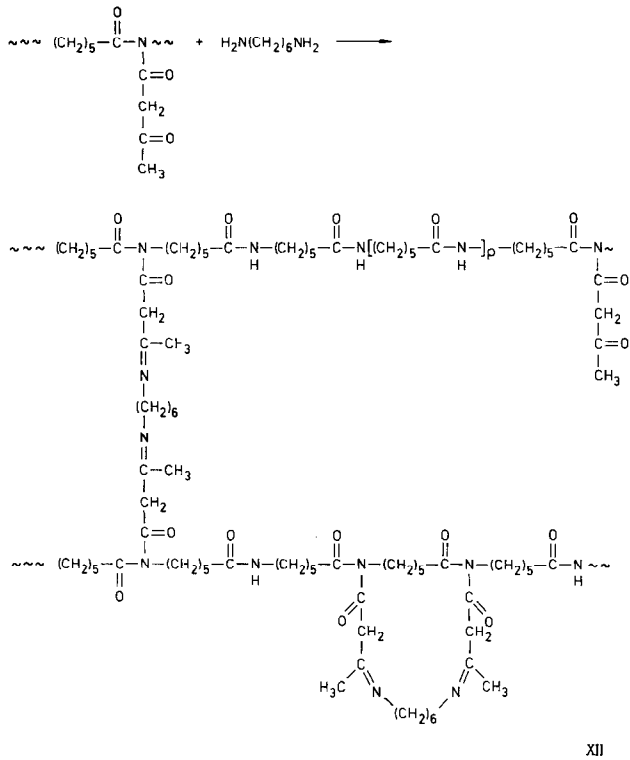


Abb. 9: Umsetzung von N-Acetoacetyl-Polycaproamid mit Hexamethylenediamin

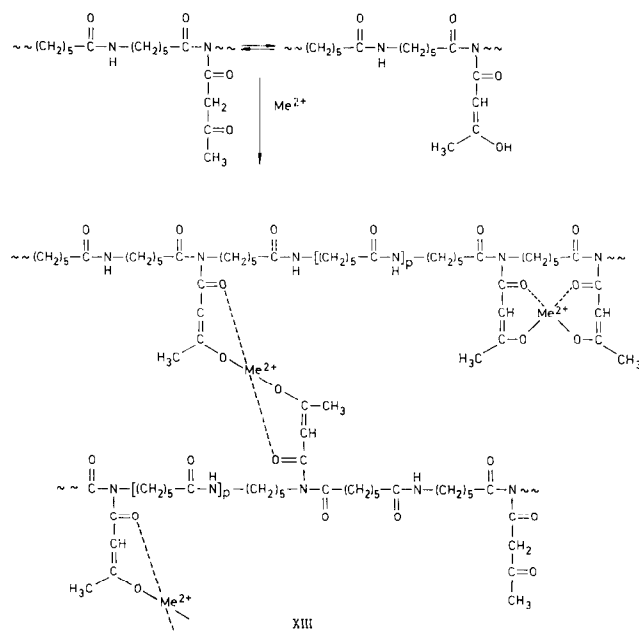


Abb. 10: Schema der Chelatisierung von N-Acetoacetylderivaten des Polycaproamids

Chelate der Acetoacetyl-derivate des PCA mit Metallkationen (wie Cu^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} und Cr^{3+}) wurden bei Behandlung von Präparaten mit 12 bis 15 % N-Acetoacetylverbindungen mit Lösungen von Acetaten der entsprechenden Metalle in Wasser/Methanol (1:4) erhalten. Die Reak-

tion hängt wesentlich vom pH-Wert des Mediums ab. Es wurden die optimalen pH-Werte ermittelt, die einen möglichst vollständigen Reaktionsablauf der Chelatbildung gewährleisten.

6. Eigenschaften vernetzter Kapronfasern

Gegenwärtig fehlen Methoden, die es ermöglichen, die Gleichmäßigkeit der Verteilung intermolekularer Bindungen zu ermitteln sowie das Verhältnis der intra- zu den intermolekularen Bindungen einzuschätzen. Dies wäre für die Betrachtung der Eigenschaftsänderungen vernetzter Fasern in Abhängigkeit von Zahl und Verteilung intermolekularer chemischer Bindungen von Bedeutung.

Zur Charakterisierung des Vernetzungsgrades wählten wir die Gewichtszunahme der Faser, deren Größe der Zahl der Brückenbindungen ungefähr proportional ist.

Bekanntlich spiegeln die Änderungen der mechanischen und thermischen Eigenschaften der Polymeren (Festigkeit, Dehnung, Modul, Thermostabilität) die Strukturumwandlungen der Makromoleküle wieder, die unter Einwirkung der verschiedenen Faktoren stattfinden. Zudem sind diese Eigenschaften die wichtigsten Parameter für die Kennzeichnung des Gebrauchswerts der Polymerprodukte. Darum ist die Untersuchung des Einflusses der intermolekularen chemischen Bindungen auf die mechanischen Eigenschaften der Kapronfasern eine Aufgabe von besonderer Wichtigkeit.

Infolge der Vernetzung der linearen Polymeren vermindert sich gewöhnlich die Dehnung. Die Ausbildung einer räumlichen Struktur führt in der Regel zu einer Zunahme der Festigkeit⁹⁾. In einigen Fällen nimmt jedoch bei erhöhter Dichte des Raumnetzes die Festigkeit auch ab¹⁰⁾. Das Ausmaß der Eigenschaftsänderungen hängt von der Dichte des Netzwerkes, der Gleichmäßigkeit der Verteilung der Querverbindungen, der Art der Brückenbindungen und natürlich auch von den Eigenschaften des Ausgangspolymeren ab.

Die Gesamtheit der physikalisch-mechanischen Eigenschaften kristalliner Polymerer wird vom Verhältnis der kristallinen zur praktisch amorphen Phase bestimmt, weshalb bei der Bildung von Brückenbindungen die Veränderung des Kristallinitätsgrades einen großen Einfluß auf die Eigenschaften der vernetzten Polymeren ausübt.

Bei der Vernetzung der Kapronfasern interessiert es, den Einfluß der Art der chemischen Brückenbindungen auf die Änderungen der mechanischen Eigenschaften aufzuklären. Zum Vergleich wurden unter analogen Bedingungen die mechanischen und thermischen Eigenschaften der Ausgangsfaser ermittelt.

Der Vernetzungsprozeß der Fasern mit di- oder polyfunktionellen Verbindungen verläuft sehr kompliziert. Wie oben dargelegt, bilden sich gleichzeitig inter- und intramolekulare chemische Bindungen aus. Es kann aber auch nur eine Gruppe der polyfunktionellen Verbindung reagieren, was keine Vernetzung bewirkt. Darum können sich bei ein und derselben Gewichtszunahme in Abhängigkeit von der Richtung des Reaktionsablaufes die physikalisch-mechanischen

Eigenschaften der modifizierten Fasern in verschiedener Weise ändern. Diese sind in Tabelle I zusammengefaßt.

Tabelle 1: Physikalische Eigenschaften vernetzter PCA-Fasern

Faser	Löslichkeit in 85 %iger HCOOH	Schmelztemperatur in °C	Elastizitätsmodul in kg/mm ²	Temp. des Deformationsbeginns in °C
1	2	3	4	5
Ausgangsfaser	+++	215	300	60
DDC-4,5 ^{*)}	++	223	—	150
DDC-5,7	+	227	—	—
MDIC-3,5	+	—	—	—
MDIC-12	—	—	—	—
TDIC-8	—	230	—	120
TDIC-15	—	250	—	150
CC-4,6	—	230	360	150
CC-5,6	—	260	230	140
KS-5,3	—	240	480	125
KS-8,0	—	265	500	115
ChK::Cu ²⁺	+++	184–203 444	460	125
ChK::Cr ³⁺	+++	184–203 460	490	127

^{*)} Die Zahlen bedeuten die Höhe der Gewichtszunahme der Faser.

- +++ = gut löslich
- ++ = zu 50 % löslich
- + = schlecht löslich
- = unlöslich

- DDC = Dicarbonsäuredichlorid
- MDIC = Hexamethylen-diisocyanat
- TDIC = Toluylen-2,4-diisocyanat
- CC = Cyanurchlorid
- KS = mit S₂Cl₂ vernetzte Kapronfasern
- ChK = durch Chelatbildung vernetzte Kapronfasern

Bei einem Einsatz von DDC als Vernetzungsmittel findet gleichzeitig ein teilweiser Abbau des PCA statt. Die Zahl der entstandenen Brückenbindungen reicht aber hier zur Bildung einer völlig unlöslichen Faser nicht aus. Verwendet man DIC oder CC oder setzt man mit S₂Cl₂ um, so vermindert sich die Löslichkeit des modifizierten Fasermaterials mit steigender Gewichtszunahme, und man erhält bereits bei verhältnismäßig geringer Gewichtszunahme (5 bis 6 %) praktisch unlösliche Fasern. Die mit Salzen von Metallen veränderlicher Wertigkeit gebildeten N-Acetoacetyl-derivate lösen sich - trotz der zweifellos vorhandenen intermolekularen Bindungen - in Ameisensäure. Darum kann die Verminderung der Löslichkeit immer dann als sicherer Beweis für die Ausbildung einer räumlichen Vernetzung im PCA dienen, wenn eine gegen Einwirkung stark saurer Lösungsmittel, wie Ameisen- und Schwefelsäure, beständige kovalente Bindung entstanden ist.

Die Ausbildung intermolekularer chemischer Bindungen führt in der Regel zu einer Erhöhung der Schmelztemperatur des PCA, die bekanntlich von der Art der Bindungen abhängt. Interessant ist, daß die chelatisierten Fasern zwei Schmelztemperaturbereiche aufweisen, nämlich 184 bzw. 203°C (charakteristisch für das Acetoacetyl-derivat) und 444 sowie 460°C (charakteristisch für die Chelate des Cu²⁺ bzw. Cr³⁺).

Die Gegenwart der Brückenbindungen im modifizierten PCA stört die Kristallisation bei der Abkühlung nach dem Schmelzen. Eine Ausnahme bilden die mit TDIC modifizierten Fasern, die einen gut ausgeprägten Kristallisationsbereich aufweisen.

Bei der Modifizierung der PCA nimmt der Elastizitätsmodul unabhängig vom Vernetzungsmittel zu, wobei natürlich die Zahl der Brückenbindungen einen wesentlichen Einfluß hat.

Der Anfangsmodul verändert sich bei den vernetzten Fasern recht eigenartig. Zu Beginn fällt er - unabhängig von der Temperatur - in einem bestimmten Deformationsintervall (2 bis 5 %) auf ein Minimum ab, um danach bei weiterer Steigerung der Belastung wieder zuzunehmen. Dank der Gegenwart chemischer Brückenbindungen beginnt die Deformation der modifizierten Fasern bei höherer Temperatur. Bei Erreichen einer dem Fließbeginn der Faser entsprechenden Temperatur steigt die Deformation steil bis zum Bruch an. Obwohl sie bei der PCA-Faser bei niedriger Temperatur beginnt, ist sie bei 110 bis 180°C im Vergleich zu jener der vernetzten Fasern bedeutend geringer.

Die vernetzten PCA-Fasern haben - unabhängig von der Art des verwendeten Vernetzungsmittels - eine gegenüber der Ausgangsfaser erhöhte Thermostabilität (Tabelle II).

In Abhängigkeit von der Art des Vernetzungsmittels können sich die thermomechanischen Eigenschaften der Fasern in weiten Grenzen ändern. Ein Vergleich der in Tabelle II angeführten Werte bestätigt den Einfluß des Typs der Brückenbindungen auf die Eigenschaften der vernetzten Fasern und zeigt, daß bereits eine geringe Gewichtszunahme und eine dementsprechend niedrige Anzahl von Vernetzungsbrücken ausreichen, um die Thermostabilität beträchtlich zu erhöhen.

Von den verwendeten Reagenzien besitzt das DIC das größte praktische Interesse. In diesem Fall, und das verdient besondere Aufmerksamkeit, bleibt die Festigkeit der Ausgangsfaser nach der Vernetzung erhalten oder steigt sogar noch an. Die höchste Festigkeit in der Wärme haben die mit DIC vernetzten PCA-Fasern.

Hinsichtlich der Thermostabilität übertrifft die KS-Faser alle anderen hier diskutierten vernetzten Fasern. Dieser Befund läßt sich damit erklären, daß der gebundene Schwefel den oxydativen Abbau des Polymeren inhibiert und auf diese Weise eine Erhöhung der Resistenz gegen Thermoxydation der Faser bewirkt.

Die von uns durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, daß die Ausbildung intermolekularer chemischer Bindungen einen aussichtsreichen Weg zur Modifikation der Eigenschaften von Polyamidfasern darstellt. Er bietet die Möglichkeit, eine Reihe von Nachteilen dieser Fasern zu mildern, was von wesentlicher Bedeutung für ihren Einsatz auf dem technischen Sektor sein wird.

Tabelle 2: Thermodynamische Eigenschaften von vernetzten Polycapramidfasern

Faser	Thermostabilität *)						Wärmebeständigkeit **)							
	20°C		150°C		24 Stunden		200°C		150°C		200°C			
	Festigkeit in g/den	Dehnung in %	Festigkeit in g/den	Dehnung in %	Festigkeitsverlust in %	Festigkeit in g/den	Dehnung in %	Festigkeitsverlust in %	Festigkeit in g/den	Dehnung in %	Festigkeitsverlust in %	Festigkeit in g/den	Dehnung in %	Festigkeitsverlust in %
Ausgangsfaser	7,10	18,0	2,6	12,0	59,0	—	—	—	3,0	26,0	60,1	0,3	6,0	95,5
MDIC - 12,3	4,70	18,3	—	—	—	—	—	—	3,5	21,8	23,0	—	—	—
TDIC - 11,8	5,80	18,2	—	—	—	—	—	—	4,7	19,4	18,9	—	—	—
CC - 6,3	6,0	12,0	3,3	11,0	43,0	3,6	10,0	38,0	2,9	25,5	50,5	2,6	17,0	73,5
CC - vernetzt mit HMD	6,3	17,0	4,0	12,5	40,5	4,0	12,0	37,0	3,5	38,0	43,9	2,1	23,0	66,2
KS - 3,7	5,8	15,0	5,4	19,0	5,2	4,4	15,0	23,8	3,3	31,0	39,2	1,7	14,0	70,0
DK - 8	6,5	24,0	5,8	28,0	11,1	3,9	39,0	40,7	3,2	29,0	51,0	1,1	26,0	79,0
ChK::Cu ²⁺	5,5	20,0	3,2	24,0	39,8	3,0	30,0	44,0	3,1	32,0	43,0	2,1	20,0	60,0
ChK::Cr ³⁺	5,1	19,0	3,9	24,0	23,0	3,3	28,0	33,8	3,2	32,0	36,2	2,6	23,0	47,5

*) Die Festigkeit wurde bei 20°C nach einer thermischen Behandlung bestimmt.

**) Die Festigkeit wurde bei Erwärmung, die Wärmebeständigkeit der Fasern MDIC-12,3 und TDIC-11,8 bei 120°C bestimmt. Die Festigkeitsverluste der modifizierten Fasern betragen 30 %.

Literatur:

- 1) G. Champetier, J. Despas, J. Khaladje; Bull. Soc. chim. France 1955, 427
- 2) A. Frazer, J. Shivers; J. Amer. chem. Soc. 77, 5595 (1955)
- 3) L. Smol'nikova, A. Konkin; Chim. Volokna 1, 41 (1965)
- 4) L. Smol'nikova, A. Konkin; Chim. Volokna 3, 20 (1965)
- 5) I. Inojatev; Dissertation, Taschkent (1964)
- 6) L. Smol'nikova, A. Konkin, N. Makarevič; Chim. Volokna 1, 26 (1965)
- 7) L. Smol'nikova, G. Gabrieljan, A. Konkin; Vysokomol. Soed. 9(1), 153 (1967)
- 8) G. Stančenko, G. Gabrieljan, A. Konkin; Vysokomol. Soed. 9(7), (1967)
- 9) R. Steel, J. Gardon; Text. Res. J. 26, 116 (1956)
- 10) R. Barrer, J. Skurow; J. Polymer Sci. 4, 549 (1948)

Diskussion

Prof. Schlack: Die Vernetzung mit Säurechloriden, Diketenen oder Diisocyanaten liefert in der Regel Strukturen, die man als Imide bezeichnet. Diese sind im allgemeinen recht unbeständig und hydrolytisch leicht spaltbar. Deshalb befürchte ich, daß derartige Verfahren hinsichtlich einer Verbesserung der Polyamide für den textilen Sektor wenig Erfolg versprechen, da bei Einwirkung alkalischer Mittel (z.B. Seifenlösung) unter Umständen eine Rückspaltung eintreten kann, vor allem wenn man mit hohen Temperaturen arbeitet.

Prof. Konkin: Damit bin ich nicht ganz einverstanden, denn das hängt vom Vernetzungsmittel ab. Selbst bei Verwendung von Diisocyanat ist die Bindung ziemlich stabil. Die Wärmebeständigkeit der Faser ist bei höherer Temperatur wesentlich größer als die des Ausgangspolycapramids. Man kann auch Schwefel als Vernetzungsreagens nehmen, denn es ist bekannt, daß Schwefel ein wunderbarer Inhibitor für Thermooxydationsprozesse ist. In diesem Fall steigt die Thermostabilität der Polyamidfaser sogar noch an.

Ich bin gerne zu einem privaten Gespräch mit Herrn Professor Schlack bereit und verweise ansonsten auf sechs Arbeiten, die wir bereits zu diesem Thema veröffentlicht haben.

Dr. Riggert: Es ist bekannt, daß Nylon 6 nur einen beschränkten Einsatz für Reifenkord finden konnte, da der Erweichungspunkt in bezug auf die heute angewandten vulkanisiertemperaturen relativ niedrig liegt, sodaß dabei Festigkeitsverluste in Kauf genommen werden müssen. Es besteht ja die Tendenz, in immer kürzeren Zeiten und infolgedessen auch bei höheren Temperaturen zu vulkanisieren. In diesem Fall kann eine Schädigung des Nylon 6-Kords eintreten. Aus diesem Grund wird allgemein in den USA Nylon 66 für Pkw-Reifen vorgezogen.

Gibt es eine Vernetzungsreaktion, die diese Nachteile beseitigen kann, ohne daß der Preisvorteil des Nylon 6 gegenüber Nylon 66 in Frage gestellt wird?

Prof. Konkin: Nylon 6 und Nylon 66 haben sehr breite Anwendungsgebiete auf dem Sektor des Reifenkords: in den USA bei 50 %, in Japan auch 50 % und in Europa 15 %. Die Erhöhung der Thermostabilität von Nylon 6 hat daher große Bedeutung. Gerade das war ja das Ziel unserer Arbeit. Gewöhnliches und vernetztes Nylon unterscheiden sich wesentlich im Elastizitätsmodul.

Dr. Angerer: Ist auch schon geprüft worden, ob die angewandten Vernetzungsmittel den Kristallinitätsgrad der Nylonfaser beeinflussen?

Prof. Konkin: Für einige Fasern wurde der Kristallinitätsgrad qualitativ und quantitativ mittels der Röntgenmethode geprüft. Er hatte sich nicht wesentlich verändert.

Dir. Thimm: Wie hoch kommen Sie mit der Schmelz- bzw. Zersetzungstemperatur? Sie nannten einmal 450°C für Chelate, sagten aber zum Schluß, daß die Vernetzung mit Diisocyanat die beste Thermostabilität ergäbe. Wie hoch ist die Schmelztemperatur der isocyanatvernetzten Polycaprolactamfaser?

Prof. Konkin: Am interessantesten sind auf diesem Gebiet die Temperaturen der chelatmodifizierten Verbindungen. Sie finden zwei Temperaturen, eine ist charakteristisch für Nylon 6; die andere liegt in der Größenordnung von 450°C. Für diisocyanatvernetzte Fasern liegt sie bei 250°C, also nicht wesentlich von der der Ausgangsprodukte entfernt.

Prof. Schlack: Es steht außer Zweifel, daß die Behandlung mit Diisocyanat die meisten Aussichten hat, technologisch angewandt zu werden. Es gibt auch amerikanische Arbeiten auf diesem Gebiet. Ich erinnere an die Patentschriften der Allied Chemical Corporation, die die Diisocyanatbehandlung von Nylon 6-Kord im Hinblick auf das sogenannte Flat-spotting verbessert haben. Bei den Diisocyanaten ist aber noch folgendes zu bedenken:

Wenn man eine mit Diisocyanat vernetzte Faser beinahe auf die Temperatur der Wärmefixierung erhitzt, dann sind diese Vernetzungen nicht absolut stabil, sondern die entstandenen Brücken verhalten sich auch als Diisocyanatabspalter, das heißt, es tritt eine Rückspaltung oder Crackung auf. Das hat zur Folge, daß die Reaktion bei der Abkühlung wieder eintreten kann. Weiß man, wie sich diese Faser bei wiederholter thermischer Beanspruchung verhält, bzw. ob sie physikalisch gleich bleibt oder ob sie sich verändert? Ist dies schädlich, oder kann sie sich (ohne die Gegenwart des Pyridins als Katalysator) nach Abkühlung wieder regenerieren? Oder muß man mit dauernden Veränderungen rechnen?

Prof. Konkin: Die Befürchtungen von Herrn Professor Schlack sind nicht ganz unberechtigt, wenn man von den Eigenschaften der Bindung ausgeht. Aber ich kann nur wiederholen, was ich schon vorhin sagte. Wir haben diese Faser auf Wärmebeständigkeit geprüft, das heißt die Gesamtheit der mechanischen Eigenschaften bei hoher Temperatur, bei langandauernder Erwärmung und nach Abkühlung. Dieser Zyklus wurde zwei- bis dreimal wiederholt, die maximale Temperatur betrug 200°C, wie die Tabelle zeigt. Bei dieser Temperatur ist die Festigkeit des nichtmodifizierten Kapronfadens gleich Null, bei Chelatfasern sind noch 45 % der ursprünglichen Festigkeit erhalten. Mit Diisocyanat vernetzte Fasern verlieren 18 % ihrer Festigkeit, nichtbehandelte jedoch 60 %.

Dr. Welfers: Wie sieht das bei hohen Temperaturen in Verbindung mit Feuchtigkeit aus?

Prof. Konkin: Wir haben diese Frage nicht speziell geprüft. Unsere Untersuchungen der Thermostabilität wurden in Luft durchgeführt, wobei die Luftfeuchtigkeit keinen wesentlichen Einfluß ausübte. Dihydroxycyanurderivate des Kapronfadens weisen eine Feuchtigkeitsaufnahme von 10 % auf.

Dr. Weber: Wie stellen Sie sicher, daß die Vernetzungsreaktion und der Vernetzungsmechanismus an der Faseroberfläche die gleichen sind wie im Faserinnern?

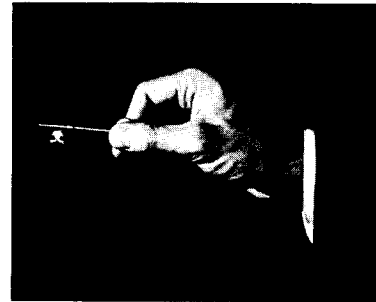
Prof. Konkin: Ich kann diese Frage nicht direkt beantworten, sondern nur einige Annahmen äußern. Wenn man einen frisch gesponnenen Kapronfaden schon vor der Verstreckung vernetzt, so kann die vernetzte Faser sodann ebensogut verstreckt werden wie die nichtmodifizierte Ausgangsfaser. Die Vernetzung kann im ganzen Umfang an der Grenze der übermolekularen Strukturbildungen erfolgen.

Dr. Riggert: Von seiten der Verfahrenstechnik wäre es interessant, ob man diesen Vernetzungsprozeß kontinuierlich, das heißt am laufenden Faden ausführen könnte.

Prof. Konkin: Für meinen Vortrag verfüge ich nur über Daten unserer eigenen Laborversuche. Was die technische Verwirklichung des Verfahrens anlangt, treten allerdings noch einige Schwierigkeiten auf, besonders weil man ein organisches Lösungsmittel als Medium verwendet. Vielleicht werde ich bei einer der nächsten Chemiefasertagungen berichten können, wie man ohne Lösungsmittel vernetzt. Wir haben in diesem Zusammenhang schon Vorarbeiten geleistet, die einigens versprechen.

Dr. Riggert: Es spielt nicht nur die Reaktions-, sondern auch die Diffusionszeit eine Rolle, da die Monomeren ja in die Faser eindringen müssen, damit eine möglichst gleichmäßige Verteilung über den ganzen Faserquerschnitt erfolgen kann.

Geheime Rezepturen...



...kontinuierlich
gemischt -
vollautomatisch
hergestellt.

Sie haben schöne Rezepturen. Sehr schön! Sie haben gute Rohstoffe. Sehr gut! Aber wer garantiert Ihnen die gleichbleibende Qualität Ihrer Endprodukte? Und wer kümmert sich um die kostengünstigste Herstellung? – Wir!

Bran & Lübbe-Dosierpumpen geben Ihnen die Möglichkeit, Ihre (Geheim-)Rezepte auf Programmkarten zu speichern. Ein Steuergerät überträgt sie fehlerfrei auf das Dosierpumpenaggregat. Ganz gleich, ob Sie kontinuierlich oder in Chargen arbeiten möchten. Und wenn Sie das Mischverhältnis stufenlos variieren wollen, brauchen Sie nur die Programmkarten auszutauschen. Also: Zeitgewinn bei jedem Rezepturwechsel. Zeitgewinn aber auch durch das leichte Überwachen, Bedienen und Reinigen der B & L-Anlage. Und noch eins: Bei einfachen Anlagen können Sie alle Komponenten auch manuell einstellen.

Den Schlüssel zum Geheimnis, wie man Flüssigkeitsströme kontinuierlich zuteilt, finden Sie bei Bran & Lübbe.

Wir beraten Sie gern im persönlichen Gespräch. Rufen Sie bitte an, oder schreiben Sie uns.

BRAN & LÜBBE

Bran & Lübbe
2 Hamburg 39
Mühlenkamp 59
Telefon (0411) 2 71 41

Zusammenhang zwischen Fasereigenschaften und Eigenschaften der Fertigprodukte

Dipl.Ing. Wilhelm Herzog
Professor an der Höheren Bundeslehr- und
Versuchsanstalt für Textilindustrie, Wien

Das große Angebot an Chemiefasern auf dem Weltmarkt und die ständige Zunahme ihres Anteils am Gesamtverbrauch von Textilrohstoffen bringt eine Vertiefung und Verbreiterung deren Anwendung mit sich und führt so zu einer immer stärker werdenden Spezialisierung von Chemiefasertypen. Man ist längst davon abgekommen, für eine bestimmte Chemiefaser ein Einsatzgebiet zu suchen, sondern konstruiert heute die für ein bestimmtes Einsatzgebiet geeignete Chemiefasertypen.

Dieses Konstruieren von Chemiefasern setzt aber voraus, daß man auch in der Lage ist, die Anforderungen, die von einem bestimmten textilen Produkt verlangt werden, auf die einzelne Faser zu übertragen und deren Eigenschaften so zu modifizieren, daß sie den Anforderungen gerecht werden.

In der textilen Forschung stellt die Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen dem Verhalten des textilen Fertigproduktes und der Faser nur ein Glied einer Kette dar, an dem aber noch viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu leisten ist.

Es wird - speziell für Spinnfasern - an einigen Beispielen aufgezeigt, wie wichtig die Klärung dieser Zusammenhänge ist und welche Erkenntnisse daraus abgeleitet werden können.

The wide variety of man-made fibers available on the international market, combined with the steady increase of their share in the total consumption of textile raw materials, has resulted in the considerable expansion and diversification of uses, and hence in the progressively increasing specialization of fiber types. The practice of finding suitable applications for certain types of man-made fibers has long been abandoned and replaced by that of tailoring fibers to meet individual applications.

Designing man-made fibers for any given purpose, however, necessitates that the qualities required of a given textile product be developed in each individual fiber, and that its properties be modified in such a way as to meet the requirements involved.

In textile research, clarification of the interrelations existing between the behaviour of the finished textile product and that of the fiber represents but a link within a chain which, however, calls for much additional research and development work.

The importance of elucidating these interrelations, and the findings to be derived therefrom are explained on the basis of several examples, with special attention being devoted to staple fibres.

Die statistischen Zahlen über den Verbrauch an Textilrohstoffen zeigen uns, daß der Anteil an Chemiefasern in der gesamten Welt bereits mehr als 30 % beträgt und in den Industrieländern bereits 40 bis 50 % erreicht hat. Die Zuwachsrate der Produktion von Textilfaserstoffen besteht fast ausschließlich aus Chemiefasern.

Die zufriedenstellende Bewährung der Chemiefasern in den längst konventionell gewordenen Einsatzgebieten und die verstärkte Anwendung in immer neuen Einsatzgebieten ist - neben den grundlegenden Eigenschaften - vor allem darauf zurückzuführen, daß es bei Chemiefasern, im Gegensatz zu den Naturfasern, möglich ist, die Gestalt und die Eigenschaften der Faser in einem weiten Bereich gezielt abzuwandeln und den jeweiligen Anforderungen anzupassen.

Dieses Anpassen setzt voraus, daß die Anforderungen klar erkannt und in konkrete Forderungen an die technische Herstellung umgesetzt werden. Richten sich die Forderungen an das fertige Produkt, so müssen die Bedingungen erkannt werden, die sich hieraus für die Faserherstellung ergeben.

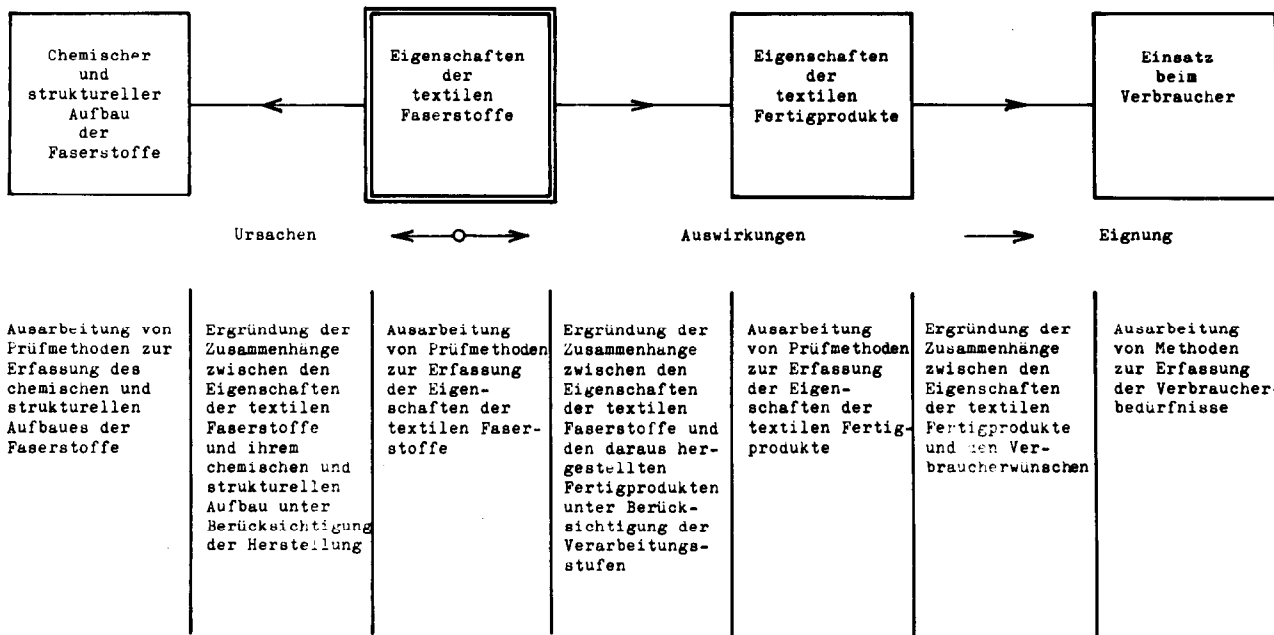
Dr. T i p p e t t s ¹⁾ prägte in seinem Vortrag in Dornbirn vor zwei Jahren hierfür den Ausdruck "Fiber Engineering". Dieses Konstruieren einer Faser mit dem Ziel, einen neuen Artikel zu schaffen, einen vorhandenen zu verbessern oder wirtschaftlicher herstellen zu können, verlangt eine sehr umfangreiche Entwicklungsarbeit. Diese Entwicklungsarbeit liegt auf einer Linie, auf der der Chemiefaserhersteller mit dem Verarbeiter und bei gewissen, vor allem technischen Artikeln, auch mit dem Verbraucher zusammenarbeitet.

Der verstärkte Ausbau der textil- und anwendungstechnischen Abteilungen zeigt, daß sich die Chemiefaserindustrie darauf einstellt, den überwiegenden Anteil an dieser Entwicklungsarbeit zu übernehmen. Die Anregungen - und zum Teil auch die Erfahrungen hierfür - müssen sich die Anwendungstechniker beim Weiterverarbeiter in der Textilindustrie holen.

Die Anwendungstechnik ist das Bindeglied zwischen dem Konstrukteur der Faser und dem Weiterverarbeiter bzw. dem Verbraucher. Sie setzt dem Konstrukteur die Ziele und gibt ihm die Ergebnisse der ersten Einsatzprüfungen.

Neben der aufgezeigten Linie - Konstruktion, erste Erprobung, Verarbeitung und Einsatz - ist noch eine zweite Linie notwendig, die zum Gebiet der Forschung gerechnet werden kann. Aufgabe dieser Linie ist es, dem Anwendungstechniker und dem Konstrukteur die Grundlagen für ihre Arbeit in die Hand zu geben. Der Anwendungstechniker soll hiedurch in die Lage versetzt werden, die Forderungen an den Konstrukteur klar zu formulieren, und der Konstrukteur soll hiedurch imstande sein, die entsprechenden Maßnahmen im Hinblick auf das gestellte Konstruktionsziel zu treffen.

Bei der Entwicklung neuer Fasertypen wird die Forderung gestellt, in kurzer Zeit ausgereifte Produkte zu schaffen. Ein langsames Herantasten an das Ziel durch den Gewinn von Erfahrungen und ein allmähliches Verbessern der Produkte



durch Erkenntnisse im Einsatz sind bei der gestellten Forderung nicht möglich. Die Aufgabe der Forschung ist es, den Weg zu weisen, um von der Empirie weg zu einer gezielten Konstruktion auf Grund analytischer Überlegungen zu kommen. Das Endziel der Faserkonstruktion ist immer das fertige Produkt, sei es ein Kleidungsstück, ein Teppich oder ein technischer Artikel, für den die Fasertypen der Bausteine sein soll.

In der ersten Abbildung möchte ich Ihnen schematisch die Aufgaben der Forschung, ausgehend von den Eigenschaften des Faserstoffes, aufzeigen. Im Zentrum der Betrachtungen stehen bei dieser Gliederung die Eigenschaften der textilen Faserstoffe. Der Forschung obliegt die Aufgabe, Prüfmethoden auszuarbeiten, um die Eigenschaften der textilen Faserstoffe so weitgehend wie möglich zu erfassen.

Von den Eigenschaften der textilen Faserstoffe weg führt der Weg nach links dazu, die Ursachen der Eigenschaften zu ergründen. Ein eigener Zweig der Forschung hat sich in den letzten Jahren sehr bemüht, Prüfverfahren zu entwickeln, um den chemischen und strukturellen Aufbau der Faserstoffe zu analysieren. Besonders viele Arbeiten befassen sich damit, die Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der textilen Faserstoffe und ihrem strukturellen Feinbau zu ergründen. Ich möchte hier vor allem auf die neuen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Rheologie hinweisen.

Betrachten wir aber den Weg, der von den Eigenschaften der textilen Faserstoffe weg nach rechts führt. An seinem Ende finden wir die Aufgaben der Forschung zur Erfassung der Verbraucherbedürfnisse und deren technische Auswertung. Auf diesem Gebiet ist die Forschung in den letzten Jahren mit Arbeiten an der Bedarfsforschung im Rahmen des Marketings stark engagiert gewesen.

Die Erfassung der Eigenschaften von textilen Fertigprodukten und die Entwicklung von Prüfverfahren hierzu ist schon

seit längerer Zeit eine Aufgabe, welche sich das textile Prüfwesen gestellt hat. Obwohl auf diesem Gebiet noch sehr viel Arbeit zu leisten sein wird, erscheint es doch befriedigend, daß viele Forschungslaboratorien in aller Welt sich damit beschäftigen. Bei diesen Arbeiten besteht die Problematik meist darin, Prüfverfahren zu finden, die bei geringem Aufwand und kurzer Prüfdauer einen guten Rückschluß auf das Verhalten des Produktes im Einsatz zulassen.

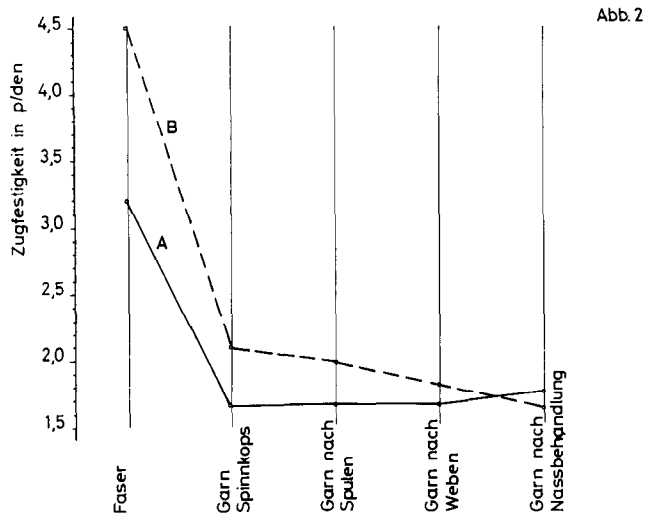
Betrachten wir nunmehr die aufgezeigte Gliederung, so bleibt ein einziges Glied übrig, das die Ergründung der Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der textilen Faserstoffe und denen der daraus hergestellten Produkte zum Thema hat. Dieses Glied scheint mir die schwächste Stelle der Kette zu sein. Es ist, man könnte fast sagen, das Stiefkind unter den Gebieten der textilen Forschung. Dieser Teil der Forschung liegt sowohl im Interessengebiet des Faserstoffproduzenten als auch im Interessengebiet der Textilindustrie. In ihm treffen die Wissensgebiete der Textilphysik und der Textiltechnologie zusammen. Vielleicht ist gerade das Überschneiden dieser Wissensgebiete der Grund dafür, daß sich außerhalb der Firmenforschung nur sehr wenige Forschungsstätten mit diesem Gebiet befassen.

Um den Weg einer gezielten Konstruktion bei der Entwicklung von Faserstoffen erfolgreich gehen zu können, sollten auch auf diesem Gebiet entsprechende Erkenntnisse vorliegen. Manche Verbesserungen der Fasereigenschaften, welche durch mühsame Entwicklungsarbeit erreicht wurden, verflachten im Laufe der Verarbeitung und verliefen ihren Effekt im Fertigprodukt.

Ein krasses Beispiel hierfür stellt die, wenn auch meist zu Unrecht, in den Vordergrund gestellte Zugfestigkeit von Spinnfasern dar. Mit großem Aufwand an Forschungs- und Entwicklungsarbeit hat man durch strukturelle Modifikationen eine Erhöhung bei gewissen Spinnfasern erreicht. Stolz wird

verkündet, daß es bei dieser oder jener Fasertypen gelungen sei, die Zugfestigkeit um 10 oder 20 % zu erhöhen. Als selbstverständlich nimmt man es andererseits hin, daß im Laufe der Verarbeitung zum Beispiel 50 % der Zugfestigkeit wieder verloren gehen.

Abbildung 2 zeigt Ihnen einen Fall aus der Praxis auf. Bei der Faser B ist es gelungen, die Zugfestigkeit gegenüber der Faser A um beinahe 50 % zu steigern. Im gesponnenen Garn am Spinnkops beträgt die Differenz bereits nur mehr weniger als 30 %. Durch den Spul- und Webvorgang verringert sich die Differenz weiter und kehrt sich nach einer Naßbehandlung im aufgezeigten Fall sogar um.



Der Erfolg des Faserkonstruktors, der eine Faser mit höherer Zugfestigkeit herstellen konnte, hat im fertigen Produkt keine Auswirkung mehr gezeigt. Es erscheint daher für das aufgezeigte Beispiel naheliegend, sich zumindest ebenso intensiv mit der Ursache des Festigkeitsabfalls wie mit der Möglichkeit einer Festigkeitserhöhung der Faser zu befassen. Das Beispiel zeigt sehr eindrucksvoll, wie wichtig die Klärung der Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der Faser und denen der daraus hergestellten Fertigware ist.

Die Entwicklungsabteilungen der Chemiefaserindustrie sind bei ihren Arbeiten bemüht, eine Faser zu konstruieren, welche für den vorgesehenen Einsatzzweck den bestmöglichen Eigenschaften nahe kommt. Die Frage ist hierbei nur, ob die bestmöglichen Eigenschaften einer Faser überhaupt bekannt sind.

Sind wir zum Beispiel in der Lage, durch eine Prüfung an der Faser eine Aussage zu machen, welche Faser in einem Bekleidungsweben den besten Trocken- und Naßknitterwinkel ergeben wird?

Sind wir in der Lage, durch Prüfungen an der Faser eine Aussage zu machen, welche Faser das Gewebe mit der höchsten Scheuerfestigkeit ergeben wird?

Können wir auf Grund der Fasereigenschaften voraussagen, welche Faser in einem Teppich die beste Flordruckerholung ergeben oder welche im Naßfilz einer Papiermaschine den geringsten Abfall der Filterleistung bringen wird?

Wenn wir uns solche Fragen vorlegen, so sehen wir erst, wie wenig wir die Zusammenhänge kennen und wieviele Grundlagen uns noch für ein gezieltes Konstruieren einer Fasertypen fehlen. Durch dieses Fehlen der Grundlagen sind wir bei Faserentwicklungen gezwungen, den empirischen Weg der Erprobung über das Fertigprodukt zu gehen. Dieser Weg ist jedoch langwierig und bringt infolge der Überlagerung des Einflusses der Struktur der Fertigware vielfach eine unklare Aussage. Feinere Differenzen gehen hierbei verloren, und nicht immer gelingt es, sich auf diesem Weg an das Optimum heranzutasten.

Die Klärung der Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften von Fasern und den daraus hergestellten Produkten ist aus den aufgezeigten Gründen auch eine dankbare Aufgabe für die Forschung außerhalb der Chemiefaserindustrie. Leider sind in Europa nur sehr wenige Ansätze zu derartigen Forschungen zu erkennen. In den USA, wo nach meinen Eindrücken die Forschung auch außerhalb der Industrie im allgemeinen etwas realistischer betrieben wird, haben sich etliche namhafte Wissenschaftler mit diesen Problemen beschäftigt. Ich möchte hier nur auf die Arbeiten von Hamburger, Platt, Peirce, Hearle, Gupta, Merchant, Morton und vielen anderen hinweisen, welche die wesentlichen Fundamente für diese Forschungsarbeit darstellen.

Die genannten Wissenschaftler haben sich auch nicht geschaut, mit ihren Arbeiten in das Gebiet der Spinnfaser zu gehen. Etwa 80 % aller Natur- und Chemiefaserstoffe, welche derzeit in der ganzen Welt produziert werden, sind Spinnfasern. Auch bei den Chemiefasern allein überwiegt bei weitem der Anteil der Spinnfasern gegenüber dem der Endlosfäden. Der Anteil an Spinnfasern, der für technische Zwecke eingesetzt wird, ist gegenüber jenen Faserstoffen, welche für Bekleidung und Heimtextilien verwendet werden, minimal. Es ist deshalb - von der verbrauchten Menge her gesehen - naheliegend, sich in erster Linie mit Spinnfasern zu befassen, welche für Bekleidung und Heimtextilien verwendet werden.

Natürlich darf man die Schwierigkeiten, die sich einer Erfassung der Zusammenhänge in den Weg stellen, nicht übersehen. Bei den aus Spinnfasern aufgebauten Gebilden hat man es immer mit statistischen Größen zu tun. Die Dimensionen der Fasern bewegen sich im mikroskopischen Bereich; die auftretenden mechanischen Einwirkungen und Reaktionen sind komplex und liegen bei der Einzelfaser in einem Größenbereich, der prüftechnisch schwer zu erfassen ist. Aber all das sind keine unüberbrückbaren Hindernisse. Die gleichen Schwierigkeiten treten bei der Klärung der strukturellen und rheologischen Zusammenhänge in weit größerem Maß auf, und hier liegen die Größenordnungen der Dimensionen wie der Kräfte in einem um einige Zehnerpotenzen kleineren Bereich.

Das schwierigste Problem bei der Klärung der Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der Spinnfasern und dem Verhalten der daraus hergestellten Produkte scheint die Erkennung der Einflüsse der Verarbeitungsprozesse, das heißt des Spinnens, Zwirnsens, Webens, und die Ausrüstung zu sein. Man wird daher stufenweise vorgehen müssen und zuerst einmal die Zusammenhänge zwischen Spinnfasern und Garn aufklären und in weiterer Folge die Einflüsse der Gewebestruktur und die Auswirkungen der Ausrüstung studieren.

Das Ziel meines Referates ist es, die Notwendigkeit dieser Arbeiten zu demonstrieren und ihre Bedeutung für den technischen Fortschritt aufzuzeigen. An Hand einiger Beispiele sollen Anregungen für derartige Arbeiten gegeben werden.

Die am häufigsten vorgenommenen Prüfungen an Spinnfasern dienen zur Erfassung der Zugeigenschaften. Da Spinnfasern linienförmige Gebilde sind, die einen sehr hohen Schlankheitsgrad besitzen, werden sie bei der Verarbeitung und im Gebrauch vorwiegend Zugbeanspruchungen ausgesetzt sein.

Prüfung wie Auswertung der Zugeigenschaften ist keinesfalls so einfach, wie es oft angenommen wird. Textile Fasern zeigen ein viskoelastisches Verhalten, und ihre Eigenschaften sind in starkem Maß von Temperatur, Feuchtigkeit und anderen Einflüssen abhängig. Bei den Zugeigenschaften haben wir es daher nicht nur mit einem Zusammenhang zwischen einer Verformung in Zugrichtung und der dadurch hervorgerufenen Zugspannung zu tun, sondern es kommt die Zeit als wesentliche Einflußgröße hinzu.

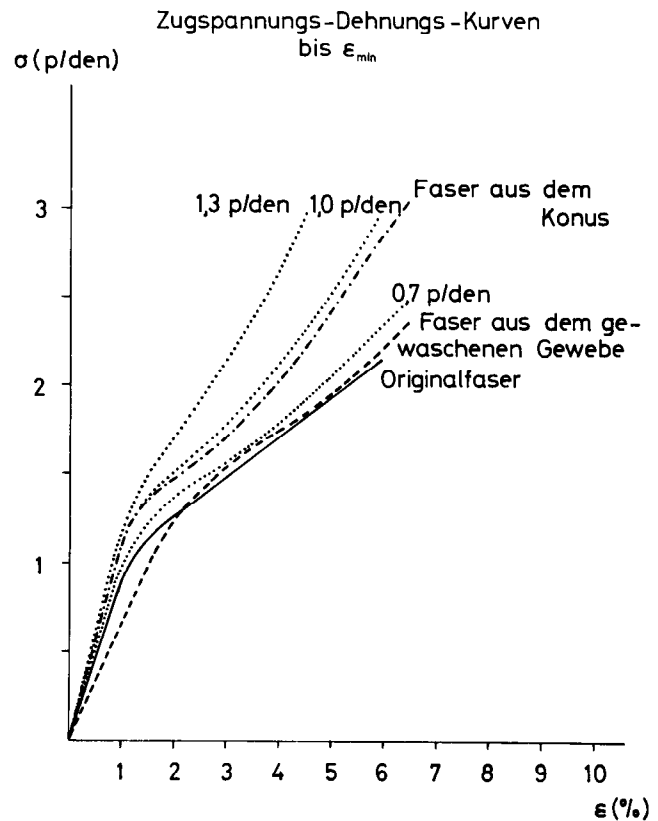
Jede Verformung der Faser bewirkt eine innere Gefügeveränderung, welche im praktisch meßbaren Bereich fast nie vollkommen reversibel ist. Ein stationärer Zustand stellt sich erst nach längerer Zeit ein. Dieser stationäre Zustand ist meist nur quasipermanent und kann durch Änderung von Temperatur oder Feuchtigkeit aufgehoben werden. Für die praktische Prüfung folgt daraus, daß man durch entsprechende Probenvorbereitung zwar einen weitgehend stationären Zustand der Fasern erreichen kann, daß sich aber dieser bei jeder Behandlung oder durch äußere Einflüsse ändert.

Die Bedeutung der Zugeigenschaften von Fasern ist unbestritten. Man muß sich jedoch im klaren sein, daß bei der Prüfung nur jeweils ein bestimmter Zustand erfaßt werden kann und daß man aus dem großen Spektrum der möglichen Einflußgrößen und Bedingungen nur eine sehr beschränkte Auswahl treffen kann. Die Auswahl der Bedingungen wird sich nach dem Aussageziel der Prüfungen richten.

Abbildung 3 zeigt die Mittelwertskurven des Zugspannungs-Dehnungsverhaltens an einer Originalfaser, an Fasern, welche nach dem Verspinnen aus der Kreuzspule bzw. aus dem gewaschenen Gewebe entnommen wurden. Weiters sind die Zugspannungs-Dehnungslinien von Fasern aus der gleichen Probe aufgetragen, welche vor der Prüfung eine Stunde lang mit der Zugspannung von 0,7, 1,0 und 1,3 p/den belastet wurden und sich anschließend eine Stunde lang erholen konnten. Das unterschiedliche Zugspannungs-Dehnungsverhalten ist deutlich zu erkennen. Die Zugspannungs-Deh-

nungslinien sind jeweils nur so weit gezeichnet, wie eine Mittelwertbestimmung der Kurven sinnvoll erscheint. Sie schließen daher die Reißfestigkeit und die Reißdehnung nicht ein.

Abb. 3



Am häufigsten werden Zugversuche zur Erfassung der Endwerte, das heißt der Reißfestigkeit und der Reißdehnung, vorgenommen. Man erwartet sich hieraus eine Aussage über die Festigkeit des aus den Spinnfasern hergestellten Garnes und nicht selten auch eine Aussage über die Strapaziereigenschaften der aus dem Garn erzeugten Ware.

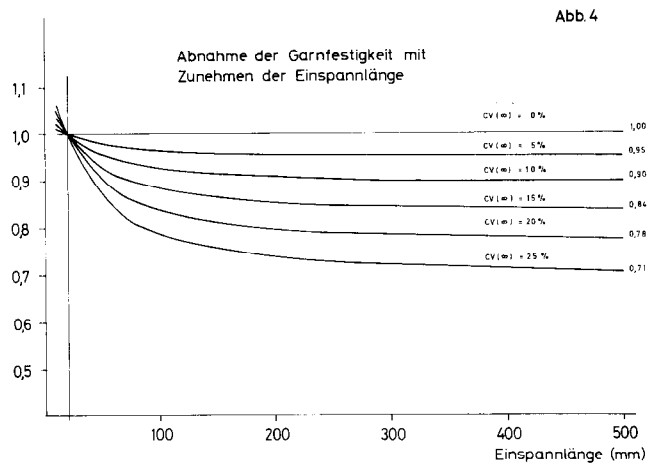
Das am Beginn meiner Ausführungen gebrachte Beispiel hat gezeigt, daß der Zusammenhang zwischen Faser- und Garnfestigkeit keinesfalls so einfach ist, wie man annehmen möchte, und daß verschiedene andere Fasereigenschaften einen sehr wesentlichen Einfluß ausüben. Eine fast völlige Überdeckung durch andere Einflußgrößen kann sich bei der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Faserfestigkeit und Fadenbruchzahl bei der Verarbeitung ergeben.

Die Zugspannung, die sich im Garn durch eine Längenänderung einstellt, setzt sich aus den Zugspannungen zusammen, welche in den Fasern durch ihre Längenänderung hervorgerufen werden. Der Summeneffekt der Spannungen ist davon abhängig, wie gleichmäßig die Längenänderung des Garnes auf die Längenänderung der Faser übertragen wird und mit welcher Zugspannung die Fasern darauf reagieren.

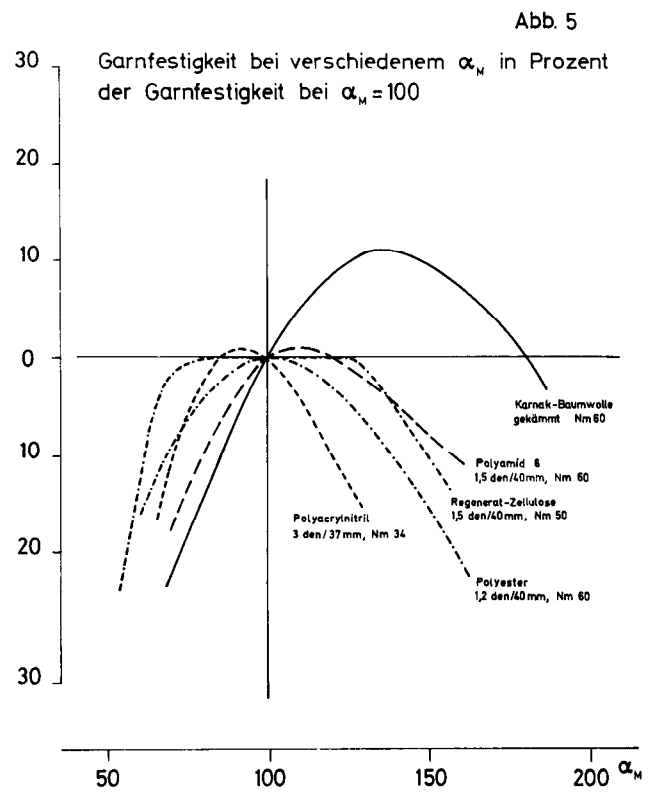
Die Übertragung der Längenänderung des Garnes auf die Längenänderung der Faser ist eine Frage der Garnstruktur. Von der Struktur eines Spinnfasergarnes wissen wir relativ wenig. Mit der vereinfachten Modellvorstellung, daß die Fasern in regelmäßigen Schraubenlinien mit konstantem Durchmesser im Garn liegen, können wir nur sehr wenig anfangen. Die Arbeiten von Morton²⁾, Hearle und Gupta³⁾ über die Faser-Migration im Garn helfen uns da schon etwas weiter. Wie stark sich die beim Feinspinnprozeß entstehende Garnstruktur auf die Garnfestigkeit auswirkt, konnte man an den Garnen erkennen, die in letzter Zeit nach einem unkonventionellen Spinnverfahren hergestellt wurden.

Der sehr wesentliche Einfluß der Garnleichmäßigkeit auf die Garnfestigkeit und in weiterer Folge zum Teil auch auf die Fadenbruchzahl wurde vor kurzem in einer von mir veröffentlichten Arbeit⁴⁾ aufgezeigt. Vorher hat bereits Winkel⁵⁾, ebenfalls aufbauend auf die statistische Bruchtheorie von Weibull⁶⁾, eine grundlegende Arbeit in dieser Richtung veröffentlicht.

Abbildung 4 zeigt die Abnahme der Garnfestigkeit in Abhängigkeit von der Einspannlänge bei verschiedenen Ungleichmäßigkeiten des Garnes. Die Garnfestigkeit ist hiebei auf den Wert bei der Einspannlänge 20 mm bezogen. Der große Einfluß der Garnungleichmäßigkeit ist zu erkennen.



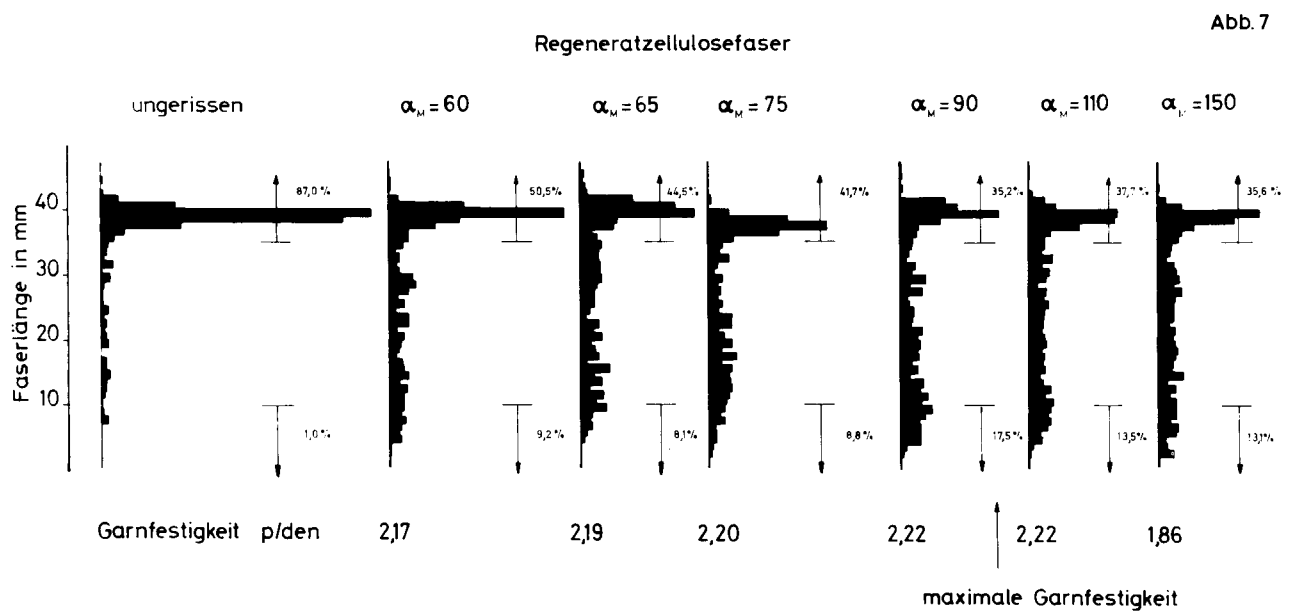
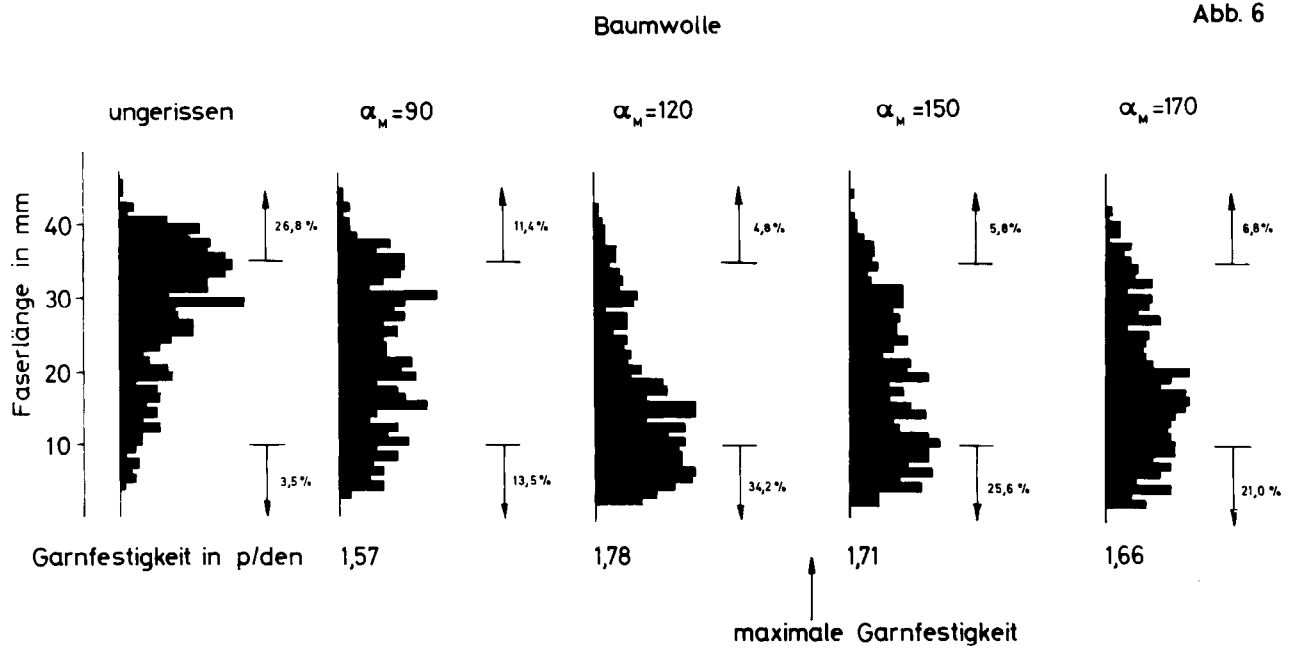
Interessant ist es in diesem Zusammenhang auch, den Einfluß der Garn Drehung auf die Festigkeit einmal näher zu betrachten. In Abbildung 5 ist die Garnfestigkeit in Abhängigkeit vom Drehungskoeffizienten aufgetragen, wobei die Werte auf die Garnfestigkeit für $\alpha_M = 100$ bezogen sind. Das besondere Verhalten der Baumwolle gegenüber den Chemiefasern fällt hierbei auf. Aber auch innerhalb der verschiedenen Chemiefasern ist ein sehr unterschiedlicher Verlauf zu erkennen. Betrachtet man die Kurve für das Garn aus Regeneratzellulosefasern, so taucht die Frage nach der Ursache ihres gegenüber den anderen Fasern abweichenden Verlaufes auf.



Um die Frage näher zu untersuchen, wurden Faserlängenmessungen an den Bruchstellen der Garne vorgenommen. Abbildung 6 zeigt die Faserlängenverteilung in den Baumwollgarnen bei verschiedenen Drehungen. Links ist die Faserlängenverteilung im Querschnitt des Garnes vor dem Bruch dargestellt. Der Anteil an Fasern über 35 mm und unter 10 mm ist jeweils angeschrieben. Mit zunehmender Garn Drehung nimmt der Anteil an langen Fasern an der Bruchstelle stark ab. Von der Drehung ab, welche die maximale Garnfestigkeit ergibt, bleiben die Anteile an langen und kurzen Fasern etwa gleich, die Faserlängenverteilung an der Bruchstelle ändert sich nicht mehr.

Abbildung 7 zeigt die Faserlängenverteilung im Garnquerschnitt und an der Bruchstelle eines Spinnfasergarnes aus Regeneratzellulose. Hier wird die maximale Zugfestigkeit bereits bei einem Drehungskoeffizienten von etwa $\alpha_M = 90$ erreicht. Bei einer weiteren Steigerung der Drehung bleibt die Faserlängenverteilung an der Bruchstelle etwa gleich.

Die Erkenntnis aus diesen Prüfungen ist, daß bei Spinnfasergarnen der radiale Druck im Garn durch eine höhere Drehung gesteigert wird, sodaß weniger Fasern aneinander vorbeigleiten und immer mehr bis zum Bruch mittragend beansprucht werden. Ab einer gewissen Höhe der Drehung läßt sich der radiale Druck nicht mehr wirksam weiter steigern, und der Anteil an tragenden Fasern wird nicht mehr erhöht. Interessant erscheint hierbei herauszufinden, welche Fasereigenschaften dafür verantwortlich sind, daß die Höhe dieser kritischen Drehung bei den einzelnen Faserarten so verschieden ist.



Wir beschäftigen uns mit der Erfassung der molekularen Struktur und der Morphologie und ihren Auswirkungen auf die Eigenschaften der Faser. Wollen wir die Zusammenhänge zwischen Faser- und Garneigenschaften klären, so müssen wir uns auch mit der Struktur des Spinnfasergarnes und ihren Auswirkungen befassen.

Die Lage einer Faser im Garn ergibt sich bei der Herstellung des Garnes dadurch, daß die Faser beim Spinnen auf der Ringspinnmaschine an zwei Punkten geklemmt wird. An einem Ende wird die Faser durch die Haftung im bereits gedrehten Garn festgehalten, am anderen Ende hält die Klemmung im Vorderzylinder die Faser fest. Durch die Drehung nimmt das Garn eine zylindrische Form an, und die an der Außenzone des Zylinders liegenden Fasern werden gedehnt,

reagieren hierauf mit einer Zugspannung und drängen ins Innere des Garnes. Die dort liegenden Fasern werden gestaucht und dringen nach außen. Es kommt zu einem Wechsel der Faserlage, zu einer Faser-Migration, wie sie Hearle, Gupta, Merchant und Morton²⁾³⁾⁷⁾ beschrieben haben. Die Periode der Migration liegt etwa bei der vierfachen Ganghöhe der Drehung.

Idealisiert läßt sich die Lage einer Faser im Garn als eine Schraubenlinie mit stetig zu- und abnehmendem Durchmesser darstellen, wie dies in Abbildung 8 gemacht wurde. Bei einer auf das Garn einwirkenden Zugkraft kann man sich die Punkte A und B als Klemmpunkte vorstellen. Bewegt man die Punkte A und B voneinander weg, so hat die Faser das Bestreben, die Form einer geraden Linie einzunehmen, das

heißt die Faser übt dort, wo sie an den äußeren Lagen des Zylinders zu liegen kommt, einen radialen Druck aus und bewirkt dadurch die Klemmung der Fasern im Garninneren. Die Fasern im Inneren des Garnes liegen jedoch nicht glatt oder dicht aneinander, und sie reagieren infolge ihrer Bau- schigkeit mit einem mehr oder weniger elastischen Gegen- druck.

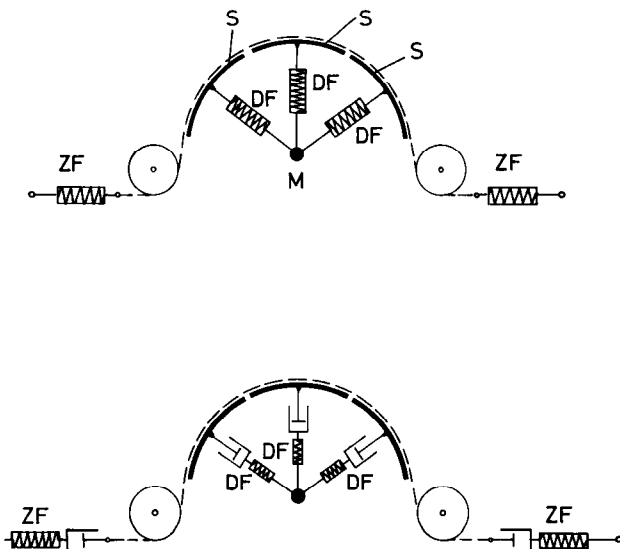
Abb. 8



Abbildung 9 zeigt in einer sehr vereinfachten Modelldarstellung den radialen Druck der Fasern an der Außenzone und den Gegendruck der Fasern im Inneren. Im oberen Teil der Abbildung sind die Verhältnisse für ein ideal elastisches Material gezeichnet. Der Garnkörper wird durch drei Segmente S dargestellt. Über den Segmenten liegt die Faser, welche durch die Zugfedern ZF einen ideal elastischen radialen Druck auf die Segmente ausübt. Der elastische Gegendruck wird durch das Zusammendrücken der Druckfedern DF erreicht. Im unteren Teil der Abbildung sind die Federn durch eine Kombination von Federn und Dämpföpfen ersetzt, wodurch wir dem viskoelastischen Verhalten der Fasern näherkommen.

Abb. 9

Modell



Der gleichmäßige Druck, der von den außenliegenden Fasern auf das Garninnere ausgeübt wird, hängt nun sehr wesentlich von der Geschwindigkeit der Verformung und von dem Verhalten der Kombination Dämpfopf - Federn ab.

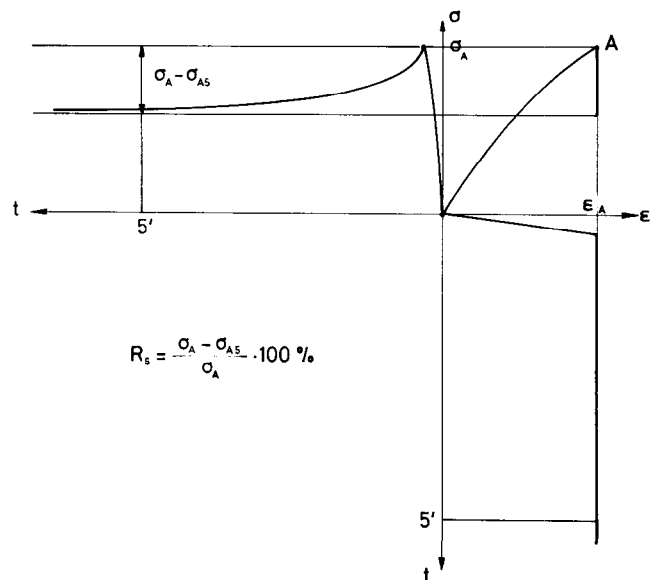
Wir sehen also, daß die Reibungskräfte der Fasern im Garn und damit die Garnfestigkeit vom Zugkraft-Längenänderungsverhalten, von ihrem elastischen Verhalten und von jenem gegenüber Querbeanspruchungen abhängig sind. Somit spielt auch bei der Garnfestigkeit - wie bei allen anderen Garn- und Gewebeeigenschaften - das Formänderungs- Spannungsverhalten der Fasern weit vor dem Bruch eine ausschlaggebende Rolle.

Die Prüfung der kleinen Verformungen und der dadurch ausgelösten Spannungen steckt noch sehr in den Kinderschuhen. Wollen wir jedoch Eigenschaften unserer Textilien, wie Griff, Fall, Knittererholung, Weichheit und Wiedererholungsfähigkeit des Pols eines Teppichs und all diese für die Qualität von Textilien ausschlaggebenden Eigenschaften, auf ihren ursächlichen Zusammenhang mit den Fasereigenschaften untersuchen, so müssen wir uns noch mehr als bisher mit den kleinen Verformungen an der Faser befassen. Hierbei ist nicht nur an die Verformung unter Zugeinwirkung, sondern auch an die Verformung durch Biegung, Druck und Torsion gedacht.

Mit den quasistatischen Kurzzeitversuchen werden wir hierbei allein nicht auskommen, sondern vor allem statische und dynamische Langzeitversuche vornehmen müssen. Ob wir statische oder dynamische Prüfungen vorziehen, welches Prüfprogramm wir wählen, ob wir von der Verformung oder von der Spannung als Bezugsgröße ausgehen, all das läßt sich von vornherein nicht festlegen, sondern hängt davon ab, bei welcher Prüfung wir glauben, einen Zusammenhang aufspüren zu können.

Als Beispiel für die Prüfung nach einem vorgewählten Programm möchte ich die Bestimmung der Spannungsrelaxation von verschiedenen Spinnfasern aufzeigen. Die Prüfun-

Abb. 10



gen wurden bei gleichbleibendem Normalklima (65 % relative Luftfeuchtigkeit und 20°C) ausgeführt. Das Prüfprogramm ist in Abbildung 10 angegeben. Infolge der Zeitabhängigkeit ist ein dreidimensionales Diagramm notwendig, das hier entsprechend aufgelöst wurde.

Gemessen wurde der Spannungsabfall nach 5 Minuten Relaxationszeit. Dieser Spannungsabfall, bezogen auf die Ausgangsspannung, wurde einmal über der Zugspannung und einmal über der Dehnung aufgetragen.

Abbildung 11 zeigt die Spannungsrelaxation über der Zugspannung.

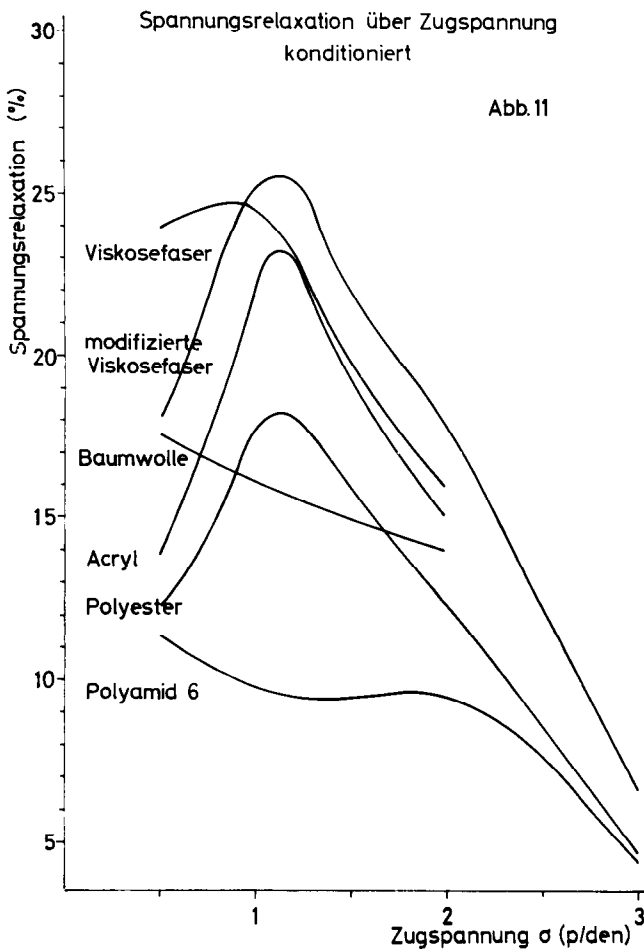
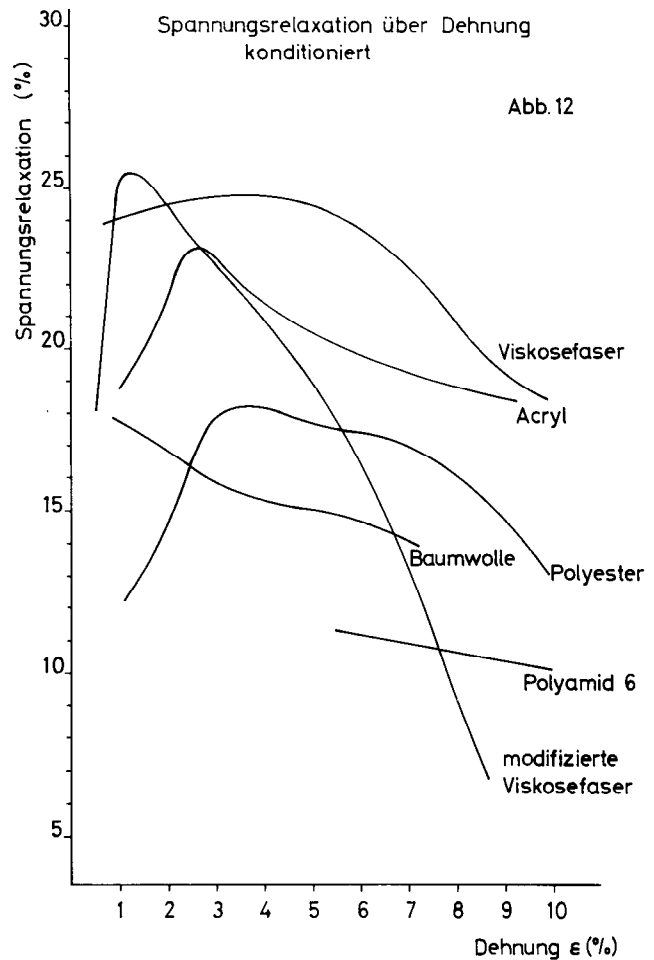


Abbildung 12 zeigt die Spannungsrelaxation über der Dehnung.

Interessant sind die großen Unterschiede, die sich hierbei zwischen den einzelnen Faserarten ergeben. Das Zugspannungs-Relaxationsverhalten steht mit vielen Garn- und Gewebeeigenschaften in einem ursächlichen Zusammenhang, wobei dieser jedoch manchmal durch andere Einflüsse überdeckt wird.

Die elastischen Eigenschaften von Fasern, ob sie durch Kurzzeitversuche oder durch statische oder dynamische Langzeitversuche zur Erfassung der Spannungsrelaxation oder zur Erfassung der Dehnungsretardation geprüft werden, stellen



eine der wichtigsten Charakteristiken einer Faser dar, und Herr Dr. Winkler wird Ihnen anschließend sicher sehr Interessantes hierüber berichten.

Um den realen Verhältnissen näherzukommen, ist es notwendig, auch Versuche vorzunehmen, bei denen das Prüfklima programmatisch verändert wird. Kombiniert man die zwei Varianten „konditioniert“, das heißt angeglichen im Normalklima, und „genäßt“ mit dem Belastungs- und Entlastungsvorgang beim Zugversuch, so lassen sich die in Abbildung 13 dargestellten Möglichkeiten aufzeigen. Diese Fälle stellen nur die wichtigsten Kombinationen dar.

Durch derartige Versuche läßt sich unter anderem erkennen, wie weit Verformungen kohäsiv oder temporär permanent sind.

Der Fall 1 ist die Belastung-Entlastung und Erholung, wobei während des ganzen Vorgangs die Faser im konditionierten Zustand verbleibt.

In Fall 2 wird der Prüfling vor der Zugeinwirkung genäßt, belastet, entlastet und während der Erholungszeit getrocknet und konditioniert.

Der Fall 3 stellt eine Naßfixierung dar. Die Faser wird genäßt, im nassen Zustand belastet und im belasteten, also im verformten Zustand, getrocknet. Erst nach dem Trocknen und Konditionieren wird die Faser entlastet.

Der Fall 4 zeigt den Relaxationsschrumpf von hygroskopischen Fasern auf. Die Faser wird im konditionierten Zustand verformt und entlastet. Durch Nassen im entlasteten Zustand findet bei hygroskopischen Fasern eine weitgehende Erholung der Verformung statt.

Der Fall 5 ist dem Fall 3 sehr ähnlich.

Nach diesen fünf Varianten wurden an einer Regeneratzellulosefaser Prüfungen vorgenommen, wobei folgendes Prüfprogramm eingehalten wurde:

- Längenänderung bis zu einer Belastung von 1 p/den;
- 3 Minuten Konstanthalten der Längenänderung;
- Rückführen der Klemmen in den Ausgangszustand;
- 3 Minuten Erholung und neuerliche Längenänderung.

Ausgewertet wurden die bleibende Dehnung und das elastische Dehnungsverhältnis.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 13 zu sehen. Man erhält extrem verschiedene Werte, die nun in einen Zusammenhang mit den Eigenschaften der aus den Fasern hergestellten Ware gebracht werden müssen. So kann zum Beispiel der Unterschied in der bleibenden Dehnung zwischen den Fällen 3 und 4 in einen engen Zusammenhang mit dem Relaxationsschrumpf von Geweben bei der Wäsche gebracht werden.

Fall	vor dem Belasten	während der Belastung	Belastet	Entlastung	Erholung
1	konditioniert	konditioniert	konditioniert	konditioniert	konditioniert
2	kond.-nassen	nass	nass	nass	nass-trocknen-konditionieren
3	kond.-nassen	nass	nass-trocknen-konditionieren	konditioniert	konditioniert
4	konditioniert	konditioniert	konditioniert	konditioniert	nassen-trocknen-konditionieren
5	konditioniert	konditioniert	nassen-trocknen-konditionieren	konditioniert	konditioniert

Regeneratzellulosefaser
Bezugsspannung: 1 p/den

Fall	Elastisches Dehnungsverhältnis	bleibende Dehnung
1	60 %	0,6 %
2	65 %	2,3 %
3	17 %	5,5 %
4	97 %	0,03 %
5	29 %	0,75 %

Abb. 13

Um an einer Faser die ursächlichen Eigenschaften zu finden, die für das Verhalten der Fertigware entscheidend sind, ist es notwendig, die konventionellen Prüfprogramme zu erweitern und das Verhalten der Faser bei kleinen Verformungen und kleinen Kräften zu untersuchen. Bei den Garnen, welche wir heute vorwiegend verarbeiten, liegen meist einige hundert Fasern im Garnquerschnitt. Auf die einzelne Faser kommt daher immer nur ein kleiner Bruchteil der Beanspruchung.

Neben den Zugeigenschaften sollen aber auch die Prüfungen unter anderen Beanspruchungsarten nicht vernachlässigt werden. Insbesondere die Querverformung der Faser und deren Auswirkung scheinen eine aufschlußreiche Prüfung zu sein.

Nehmen Sie zum Beispiel die textilen Fußbodenbeläge. Die Teppichindustrie ist eine Sparte der Textilindustrie, in der eine starke Expansion herrscht. Erst in den letzten Jahren aber hat man in größerem Umfang begonnen, Prüfmethode auszuarbeiten, welche labormäßig die Beanspruchung im Gebrauch nachahmen sollen. Wenn dies einmal weitgehend gelungen ist, so ist zwangsläufig der nächste Schritt, die Ursache des Verhaltens der textilen Fußbodenbeläge zu studieren, das heißt jene Fasereigenschaften aufzufinden, die für das Erholungsvermögen nach Druckbeanspruchung, für die Strapazierfähigkeit und für all die anderen Eigenschaften des Belages verantwortlich sind. Das Endziel wäre, aus einer Prüfung an der Faser unter Berücksichtigung der Konstruktion eine Voraussage über das Verhalten des Teppichs machen zu können.

Mit der Strapazierfähigkeit befassen sich auch Arbeiten, bei denen wir uns bemüht haben, die Scheuerfestigkeit eines Leichtgewebes bereits durch eine Prüfung an der Faser voraussagen zu können. Die Frage der Scheuerfestigkeit von Leichtgeweben wird immer wieder im Zusammenhang mit der Kunstharzausrüstung von Zellulosegeweben, aber auch im Zusammenhang mit der sogenannten „Sprödigkeit“ bestimmter Regeneratzellulosefaserarten und Acrylfasern aktuell.

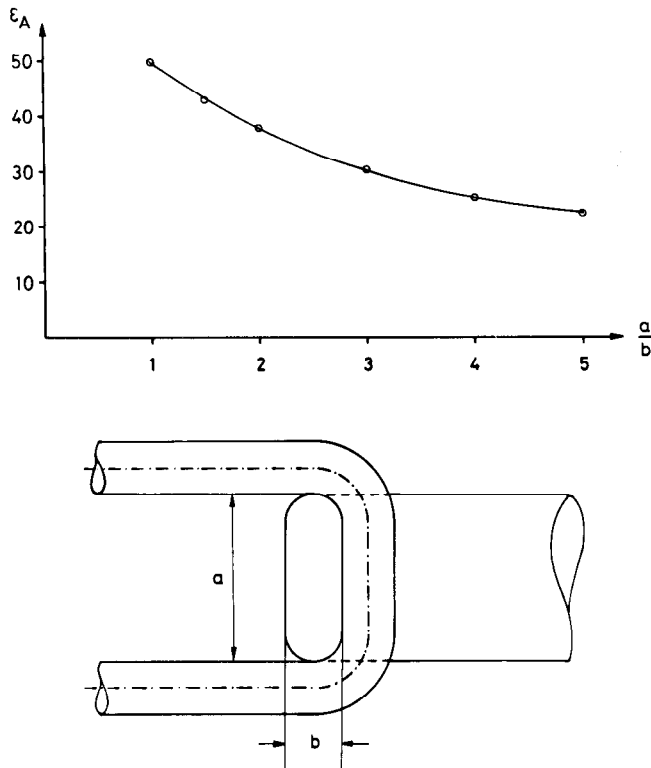
Ein Wert, der gerne mit der Sprödigkeit von Fasern in Zusammenhang gebracht wird, ist die Schlingenfestigkeit der Faser. Bei deren Prüfung werden üblicherweise zwei Fasern aus der gleichen Prüfprobe miteinander verschlungen, wobei die beiden Enden der einen Faser in das eine Klemmenpaar des Zugprüfgerätes und die beiden Enden der anderen Faser in das andere Klemmenpaar eingespannt werden. Mit zunehmender Zugkraft wird nun der Krümmungsradius in der Faserschlinge immer kleiner, bis er schließlich einen bestimmten Minimalwert erreicht. Die an der Krümmung der Faser auftretenden Spannungen sind sehr vielseitig und werden sich vornehmlich aus axialen Zugspannungen, axialen und radialen Druckspannungen und Scherspannungen zusammensetzen.

Die höchsten Spannungsspitzen, die letztlich den Bruch der Faser bei einer bestimmten Zugkraft auslösen, werden zweifellos die Zugspannungen durch die Verformung an der äußeren Zone der Faserschlinge sein, da sich dort die Zugspannungen, die von der Faserbiegung herrühren, mit den axialen Zugkräften summieren. Die Größe der Verformung an der Außenzone ist von der Form des Faserquerschnittes im Scheitelpunkt der Schlinge abhängig.

In Abbildung 14 ist das Modell einer Faserschlinge dargestellt, wobei der abgeflachte Faserquerschnitt das Längenverhältnis $\frac{a}{b}$ hat. Unter der Voraussetzung, daß die Biegeachse mit der Schwerpunktlinie zusammenfällt, ist in Abbil-

Abbildung 14 zeigt die Verlängerung an der Außenzone im prozentualen Verhältnis zur ursprünglichen Länge in Abhängigkeit vom Längenverhältnis $\frac{a}{b}$ dargestellt.

Abb. 14



Die Dehnung an der Außenzone der Faser beträgt somit bei kreisrundem Querschnitt in der Schlinge 50 % und nimmt mit flacher werdendem Querschnitt rasch ab. Verhalten sich Breite und Länge im Querschnitt wie 1 : 4, so ist die Dehnung an der Außenseite nur noch etwa die Hälfte der Dehnung bei kreisrundem Querschnitt. Wird jedoch das Verhältnis der Länge zur Breite des Querschnittes noch größer, so kommt es zu einem Einrollen des Querschnittes, wie dies das Modell in Abbildung 15 zeigt. Hiedurch entstehen extreme Spannungen an den Faserrändern, welche zum Aufreißen der Faser an den Rändern führen.

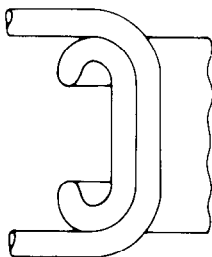


Abb. 15

Die günstigste Faserform für die Schlingenfestigkeit, das heißt jene Faserform, bei der die durch die Schlingenbildung auftretenden Spannungen am kleinsten sind, wird bei einem flachen Querschnitt liegen, bei dem die Länge zur

Breite etwa im Verhältnis 3 : 1 bis 4 : 1 steht. Eine solche flache Querschnittsform kann die Faser entweder von vornherein haben, wie zum Beispiel eine Acrylfaser mit hantelförmigem Querschnitt, oder es kann sich die günstigste Querschnittsform während der Bildung und Belastung der Schlinge formen, wenn die Faser über ein entsprechendes Querverformungsvermögen verfügt.

Abbildung 16 zeigt die Bildung einer Schlinge an einer Faser mit geringem Formänderungsvermögen. Der runde Querschnitt flacht sich bei der Schlingenbildung nicht ab. Dadurch entsteht schon bei der Bildung der Schlinge eine große Verformung an der Außenseite der Faser, die bei dieser Faser zum Einreißen an der Außenzone führt, bevor noch die Schlinge ganz gebildet ist.



Abb. 16

Abbildung 17 zeigt die Faserschlinge an einer gleichen Faser wie in der vorherigen Abbildung, jedoch im nassen Zustand. Im nassen Zustand hat die Faser ein höheres Formänderungsvermögen sowohl in Richtung der Faserachse als auch in Querrichtung. Durch dieses Formänderungsvermögen stellt sich in der Faserschlinge eine günstige Querschnittsform ein, die Spannungen an der Außenzone sind wesentlich geringer. Die Schlingenfestigkeit der Faser im nassen Zustand ist dadurch etwa doppelt so hoch wie im trockenen Zustand.

Abbildung 18 zeigt die Schlingenbildung an einer Baumwollfaser. Die Baumwollfaser verdankt ihre hohe Schlingenfestigkeit der Tatsache, daß sie infolge ihres morphologischen Aufbaues eine hohe Querverformbarkeit aufweist und sich dadurch, wie die Abbildung zeigt, in der Schlinge die günstigste Querschnittsform einstellen kann. Je stärker die Sekundärwand der Baumwollfaser ausgebildet ist, das heißt

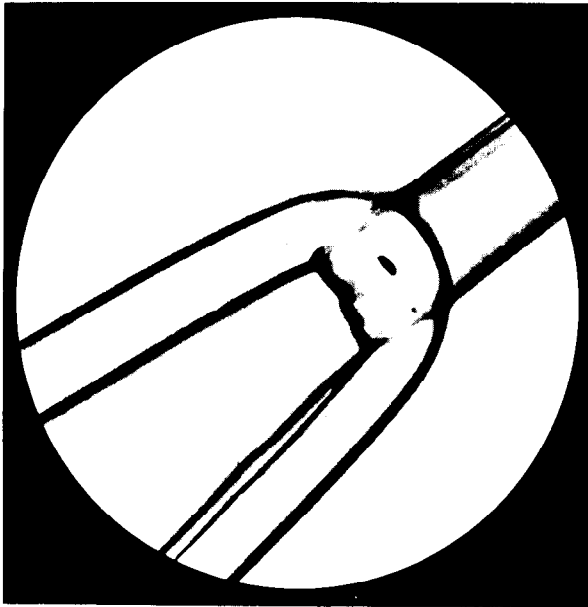


Abb. 17

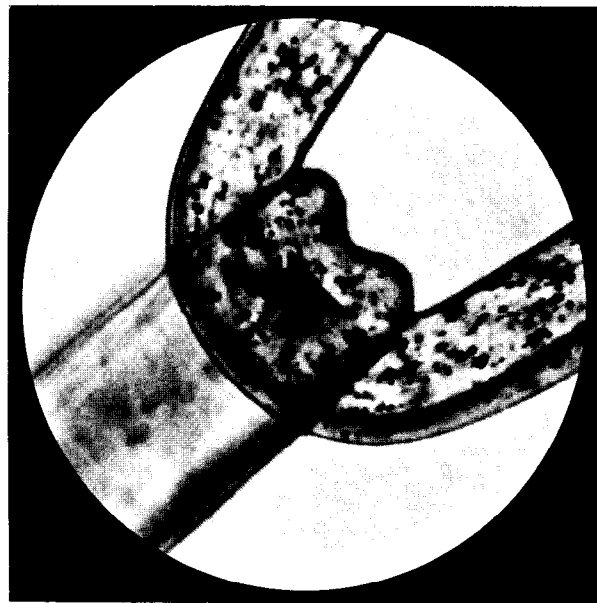


Abb. 19

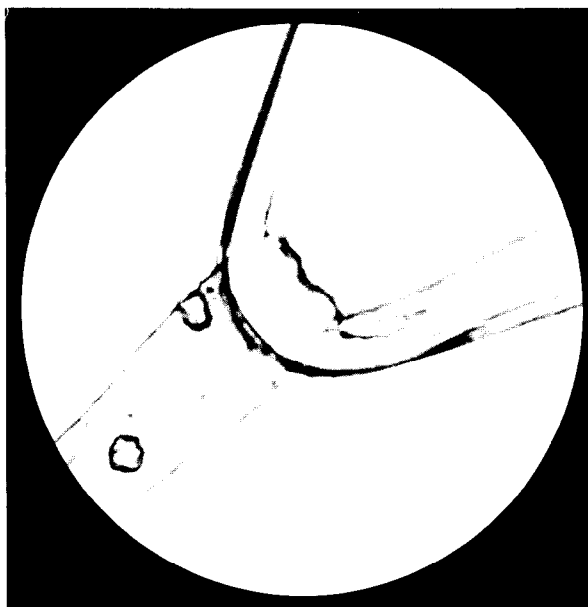


Abb. 18

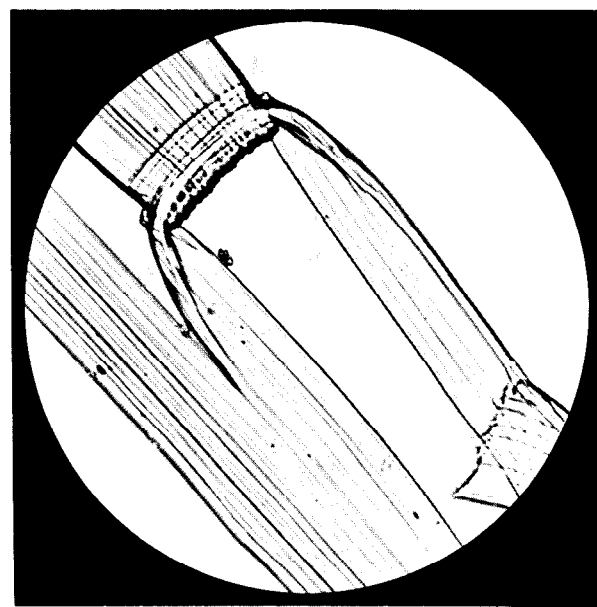


Abb. 20

je höher ihr Reifegrad ist, umso geringer ist ihre Querverformbarkeit und damit ihre Schlingenfestigkeit.

Abbildung 19 zeigt die Schlingenbildung an einer Acrylfaser mit hantelförmigem Querschnitt. Bei dieser von vornherein günstigen Querschnittsform sind die durch die Schlingenbildung an der Außenzone der Faser hervorgerufenen Zugspannungen entsprechend geringer.

Abbildung 20 zeigt die Schlingenbildung an einer Bändchenfaser, bei der der Querschnitt ein Verhältnis der Länge zur Breite von etwa 15 : 1 aufweist. Die Seiten der Bändchen

beginnen sich einzurollen, sind dadurch zusätzlichen Spannungen ausgesetzt und reißen schließlich ein.

Abbildung 21 zeigt die Schlingenbildung an einer Polyesterfaser. Infolge der hohen Querverformbarkeit der Polyesterfaser ist der Querschnitt in der Schlinge ellipsenförmig (mit einem Achsenverhältnis von etwa 3 : 1), wodurch die Zugspannungen an der Außenseite relativ gering sind.

Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß das Schlingenreißkraftverhältnis einer Faser umso größer ist, je größer das Formänderungsvermögen der Faser in der Faserachse und im



Abb. 21

Faserquerschnitt ist. Bei der Baumwolle ist das Deformationsvermögen infolge ihres morphologischen Aufbaues besonders groß. Fasern, welche einen flachen Querschnitt haben, bei dem das Achsenverhältnis etwa 1 : 3 bis 1 : 4 beträgt, werden unter sonst gleichen Parametern ein höheres Schlingenreißkraftverhältnis aufweisen als Fasern mit kreisrundem Querschnitt.

In einem gewissen eingegrenzten Bereich liegt ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Sprödigkeit und dem Schlingenreißkraftverhältnis vor. Allgemein gültig ist jedoch dieser Zusammenhang nicht.

Die Querverformbarkeit - insbesondere jene der Baumwolle - wird durch die Schlingenfestigkeit überbewertet. Das Schlingenreißkraftverhältnis stellt daher keinen Wert dar, von dem man auf das Ausmaß der Sprödigkeit und in weiterer Folge auf die Scheuerfestigkeit eines Gewebes schließen kann.

Stellt man die Zeit bis zur Lochbildung bei der Scheuerung von Geweben auf dem Accelerotor der absoluten oder der relativen Schlingenfestigkeit der Faser gegenüber, so ergibt sich keine aussagefähige Korrelation. Auch mit den anderen üblichen Faserprüfungen, wie zum Beispiel mit der Prüfung des Bruchverdrehungswinkels, der Knickscheuerung oder der Faserlängsscheuerung, konnten wir keinen Zusammenhang mit der Gewebescheuerung finden, der für verschiedene Faserarten und -typen gelten würde.

Dagegen zeigte die Prüfung der Querscheuerung an Fasern einen guten Zusammenhang mit der Scheuerfestigkeit der aus den Fasern bestehenden Gewebe. Bei der Gegenüberstellung wurde auch die Naßscheuerung und die Scheuerung an kunstharzausgerüsteten Geweben miteinbezogen.

Es ist also mit der Prüfung der Querscheuerfestigkeit an Fasern gelungen, eine sehr gute Korrelation zwischen einer Fasereigenschaft und einer wichtigen Gewebeeigenschaft zu

erhalten. Durch die Erarbeitung dieses Zusammenhanges ergibt sich nicht nur die Möglichkeit, bereits an der Faser das Verhalten eines daraus hergestellten Gewebes prinzipiell zu erkennen, sondern auch die Grundlage für eine konstruktive Modifizierung der Fasereigenschaften zu finden.

In meinen Ausführungen konnte ich Ihnen keine perfekten Lösung für die Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen den Faser- und Gewebeeigenschaften präsentieren. Ich hoffe jedoch, durch die Behandlung der Problematik und durch Beispiele aufgezeigt zu haben, daß die Arbeiten auf diesem Gebiet der Forschung notwendig sind, um eine Lücke in der Linie der gezielten Konstruktion von textilen Produkten zu schließen. Der Entwicklungsstand der Technik verlangt, den Weg der Empirie zu verlassen, sich von überholten eingebürgerten Vorstellungen und Begriffen zu trennen und konstruktiv an die Lösung der Aufgaben heranzugehen.

Die Erarbeitung der Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der Faser und des Gewebes, die durch die Einflüsse der Gewebestruktur, der Verarbeitung und der Ausrüstung überdeckt sind, kann nicht allein von den Chemiefaserherstellern bewältigt werden. Es bietet sich hier vielmehr die Gelegenheit einer fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen dem Faserhersteller, dem Verarbeiter und der wissenschaftlichen Forschung an.

Literatur:

- 1) E.A. Tippetts: Faser-"Engineering" zum Erreichen bestimmter Endeneigenschaften; Lenzinger Berichte 22, 7-20 (1966)
- 2) W.E. Morton: The Arrangement of Fibers in Single Yarns; Textile Research Journal 26, 325 (1956)
- 3) I.W.S. Hearle, B.S. Gupta: Migration of Fibers in Yarn; Textile Research Journal 35, 788-795 (1965)
- 4) W. Herzog: Der Zusammenhang zwischen der Zugfestigkeit und der Gangleichmäßigkeit bei Garnen aus Spinnfasern; Lenzinger Berichte 23, 39-44 (1967)
- 5) F. Winkler: Über die Zusammenhänge zwischen der Bündelfestigkeit und der Festigkeit von einzelnen Fasern bzw. Fäden; Faserforschung und Textiltechnik 5, 398 (1954)
- 6) W.A. Weibull: A Statistical Theory of the Strength of Materials; Ingeniors Velenskaps Akademiens, Handlingar Nr. 151, Stockholm (1939)
- 7) I.W.S. Hearle, B.S. Gupta, V.B. Merchant: Characterization and Idealization of Migration Behaviour; Textile Research Journal 35, 329-334 (1965)

Diskussion

Prof. Köb: Wir haben jetzt zwei Vorträge gehört, die trotz gleichem Randthema ganz verschiedene Betrachtungsweisen zeigen. Wir wollen diese nun nacheinander in der Diskussion besprechen. Wir wissen ja wirklich noch nicht, wie wir zwischen Fasern und Fertigwaren eine Beziehung aufstellen sollen, die über alle Fasertypen und Herstellungsarten hinweg funktionieren soll. Aus einer gewissen Kenntnis der Relationen können wir bereits ein wenig von den Eigenschaften der Fasern auf die der Fertigwaren schließen. Wenn ein Gewebe mit hoher Scheuerfestigkeit erzeugt wurde, dann dürfte sich diese schon vorher bei der Scheuerprüfung der Faser gezeigt haben. Wenn wir eine Antipillingwirkung haben wollen, dann dürfen wir keine hochbiegefesten Faser einsetzen.

Über einzelne Komponenten besitzen wir also schon einiges Wissen. Wenn wir aber ein Gewebe aus einzelnen Bausteinen zusammensetzen wollten, dann benötigten wir dazu einen Computer, den wir aber noch nicht einmal programmieren könnten.

Ing. Pajgrt: Ich möchte noch einige Bemerkungen über die Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Fasern mit denen der Garne und Gewebe machen. Diese Frage ist aber so kompliziert, daß ich sie mittels einiger Bilder erläutern möchte.

Die vom Wollforschungsinstitut in Brünn (CSSR) durchgeführten Arbeiten hinsichtlich der Prüfung von strukturellen Veränderungen verschiedener Polyester-Stapelfaserarten und der aus diesen Fasern gewonnenen Gewebe sollen zur Klärung und Begründung deren zweckmäßigster Verarbeitung beitragen.

So wurde zum Beispiel bewiesen, daß die Löslichkeit in einer Phenol/Chloroform-Mischung (1:4) eine empfindlichere Methode für die Bestimmung der lockeren Struktur von Polyesterfasern (verursacht durch den Spinnprozeß) als die Jodsorption darstellt. Nach einer Wärmefixation bei 190°C während 20 Sekunden sinkt die Löslichkeit beinahe auf Null. Die Veränderungen der Löslichkeit sind bei mittels Carrier (Methylsalicylat) gefärbten Stapelfasern in größerem Ausmaß zu beobachten als bei unter Druck gefärbten Stapelfasern (Abb. 1).

Bei Geweben aus Polyesterstapelfasern mittlerer Orientierung (halber Schwärzungswinkel = 12,3; Doppelbrechung $d = 0,153$; mittlere Fixation; spezifisches Gewicht $h = 1,380$; hohe Grenzviskosität

$$\eta = 61,9 \quad d = 0,154$$

$$h = 1,391 \quad \text{HSchW} = 10,4$$

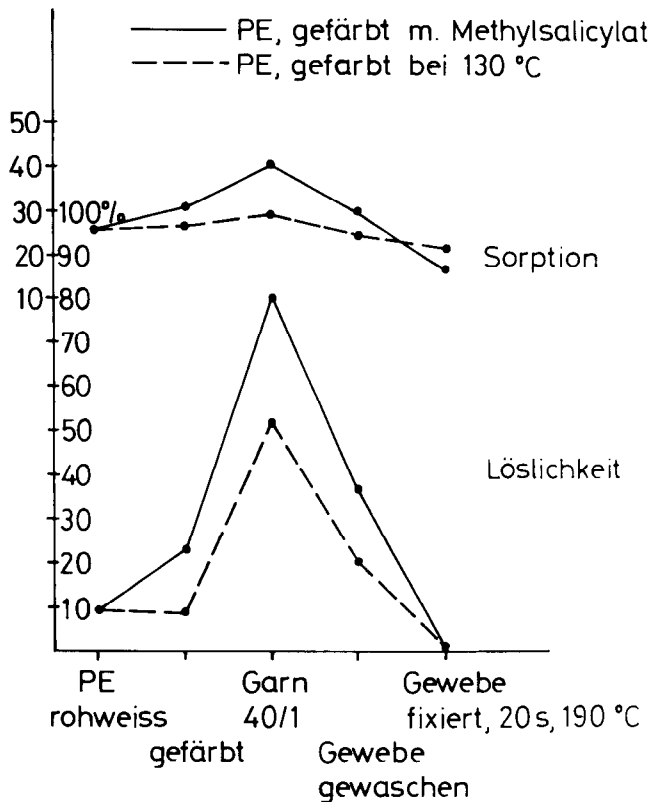


Abb. 1: Veränderungen der Jodsorption und der Löslichkeit von Polyesterstapelfasern während der textilen Verarbeitungsprozesse

$$\eta = 73,7 \quad d = 0,153$$

$$h = 1,380 \quad \text{HSchW} = 12,3$$

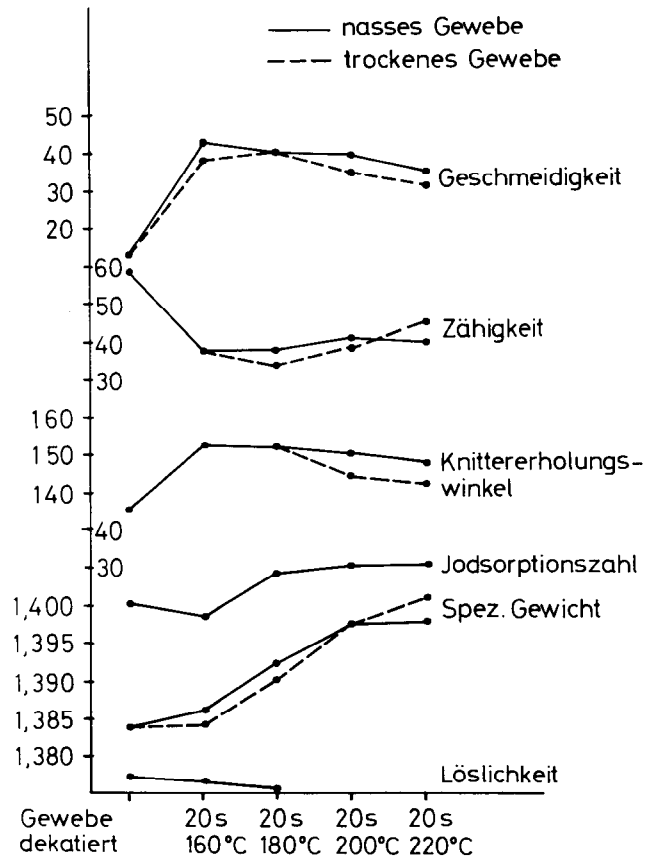


Abb. 2: Einfluß der Fixiertemperatur auf die Veränderungen der Eigenschaften von Geweben aus Polyesterfasern

($\eta = 73,7$) kommt es zu einer maximalen Verbesserung der qualitativen Werte, die durch den Knittererholungswinkel sowie durch Zähigkeit und Geschmeidigkeit bereits nach kurzer Einwirkung (20 Sekunden) einer Temperatur von 160°C zum Ausdruck gebracht wird. Hierbei steigt das spezifische Gewicht ein wenig, während die Löslichkeit und die Sorption sinken. Erst bei einer Temperatur von 180°C kann eine Erhöhung des spezifischen Gewichtes, ein Ansteigen der Sorption und ein weiteres Absinken der Löslichkeit beobachtet werden (Abb. 2).

Die Verminderung des Knittererholungswinkels bei Temperaturen von 200°C und 220°C, eine kleine Erhöhung der Zähigkeit und ein Nachlassen der Geschmeidigkeit beweisen, daß die Grenze des optimalen Bereichs der Fixationstemperaturen überstiegen wurde. Das im nassen Zustand (gestrichelte Linie) in die Fixiermaschine eingeführte Gewebe neigt weniger zu einer Überfixierung als die trocken fixierten Gewebe.

Bei einem Gewebe aus Polyesterstapelfasern mit niedriger Orientierung des kristallinen Anteils (halber Schwärzungswinkel = 14,8; Doppelbrechung $d = 0,157$; niedrige Fixation; spezifisches Gewicht $h = 1,372$; mittlere Grenzviskosität $\eta = 65,2$) beobachteten wir eher die Neigung zu übermäßiger Fixation bei einer Temperatur von 200°C insbesondere dann, wenn in die Fixiermaschine trockene Gewebe eingeführt wurden (gestrichelte Linie). Bei einem ständigen, fast linearen Anwachsen des spezifischen Gewichtes kommt es in einer Mischung aus Phenol/Chloroform erst bei einer Temperatur von 180°C zu einem markanten Absinken der Löslichkeit. Bei diesem Punkt wird auch die minimale Jodsorption und der maximale Knittererholungswinkel verzeichnet (Abb. 3).

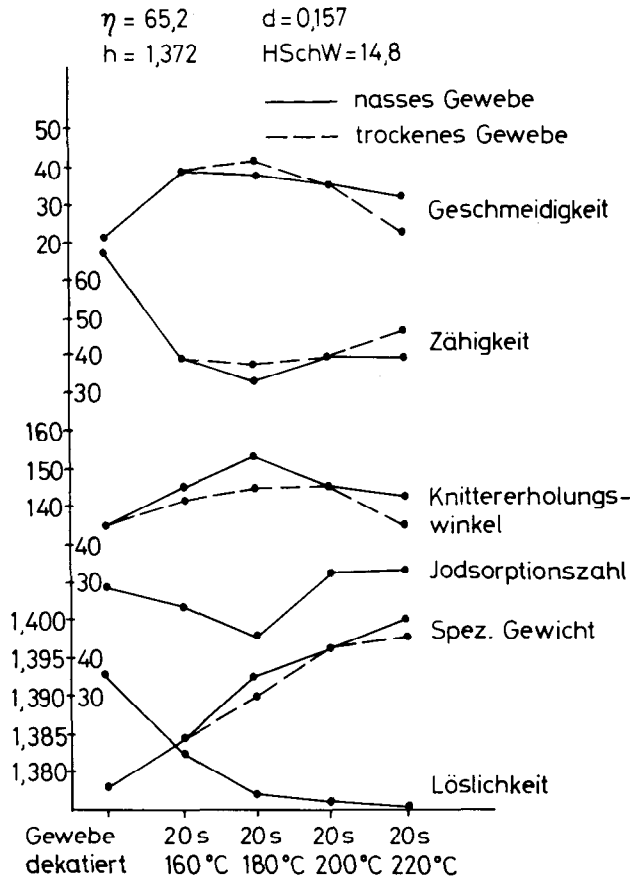


Abb. 3: Einfluß der Fixiertemperatur auf die Veränderungen der Eigenschaften von Geweben aus Polyesterfasern

Gewebe aus Stapelfasern mit hoher Orientierung (halber Schwärzungswinkel = 10,4; Doppelbrechung $d = 0,154$; verhältnismäßig hoher Fixationsgrad; spezifisches Gewicht $h = 1,391$; niedrige Grenzviskosität $\eta = 61,9$) weisen einen optimalen Bereich der Fixiertemperaturen zwischen 180 bis 200°C auf. Eine übermäßige Fixierung wird bei einem im Trockenzustand in die Fixiermaschine eingeführten Gewebe erst bei einer Temperatur von 220°C beobachtet. Während des ständigen Anwachsens des spezifischen Gewichtes, welches in unserem Fall ein Maß für den Kristallisationsgrad darstellt, und bei verminderter Löslichkeit tritt bei einer Fixiertemperatur von 180°C ein Maximum der Jodsorption ein (Abb. 4).

In der Praxis kann es dann vorkommen, daß bei Anwendung einer Fixiertemperatur, die sich im Bereich der optimalen Temperaturen für alle drei verschiedenen Polyesterfaserarten befindet, alle drei Gewebearten einigermaßen gleiche qualitative und physikalisch-mechanische Werte aufweisen, zum Beispiel gleiches spezifisches Gewicht, gleiche Geschmeidigkeit, Knittererholung und Zähigkeit (Abb. 5).

Diese Anomalie kommt in den Werten der Scheuerfestigkeit zum Ausdruck; letztere steigt wesentlich bei Geweben aus Polyesterfasern mit niedrigem Polymerisationsgrad, verändert sich jedoch nicht bei Geweben aus Polyesterstapelfasern mit ursprünglich hoher Grenzviskosität.

Dir. Thimm: Sie sagten, Sie hätten eine gute Relation zwischen Faserquerschnitt und Gewebescheuerfestigkeit festgestellt. Könnten Sie uns einige Angaben machen, mit welchen Geräten Sie diese ge-

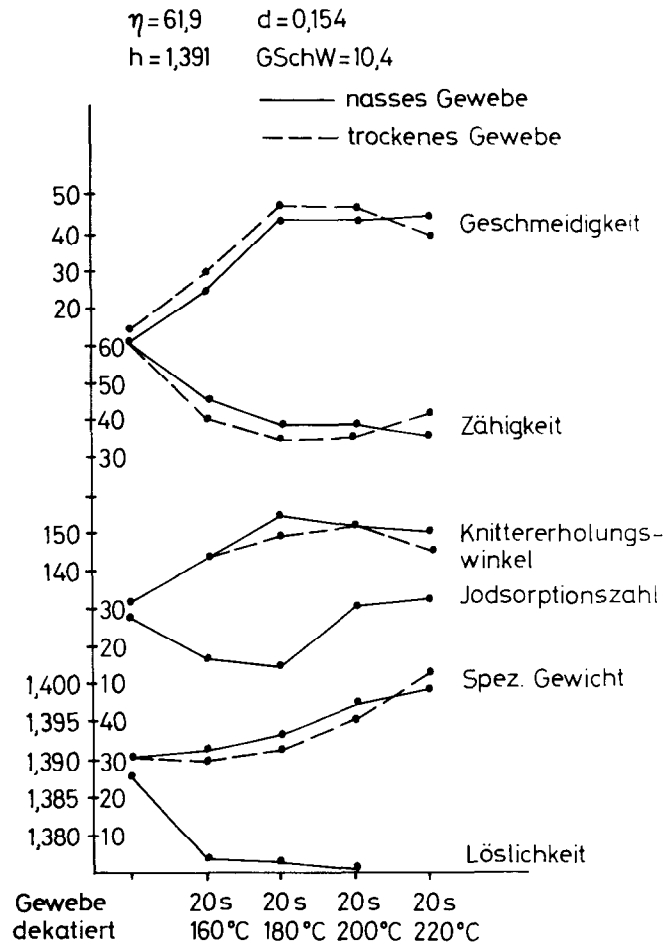


Abb. 4: Einfluß der Fixiertemperatur auf die Veränderungen der Eigenschaften von Geweben aus Polyesterfasern

messen und für welche Faser- und Gewebekonstruktionen Sie diesen Zusammenhang gefunden haben?

Dipl.Ing. Herzog: Diese Untersuchungen wurden an Standardgeweben mit gleicher Einstellung vorgenommen. Es handelte sich um Leichtgewebe in Leinwandbindung. Es wurden die verschiedensten Fasern, einschließlich Baumwolle und Polyester, geprüft. Die Scheuerprüfung der Gewebe erfolgte auf dem Accelerotor, wobei die Zeit bis zur Lochbildung (nicht die Gewichtsabnahme!) gemessen wurde. Die Faserquerscheuerung wurde nach verschiedenen Vorversuchen folgendermaßen bestimmt:

Über eine rotierende Degussitzwalze wird eine Faser über zwei Haken gelegt und mit Gewichten belastet. Eine andere Faser liegt darüber und preßt die erste elastisch an die Walze. (Es findet also eine Querscheuerung statt.) Die Ergebnisse streuen zwar sehr, da sie aber einer logarithmischen Normalverteilung gehorchen, kann man einen geometrischen Mittelwert finden. - Ein Zusammenhang mit der Längsscheuerung ist nicht gegeben.

Dr. Albrecht: Haben Sie diese Versuche an Fasern und Geweben auch im trockenen Zustand durchgeführt? Hat sich die Degussitzwalze im Laufe der Prüfung von Synthefasern irgendwie verändert?

Dipl.Ing. Herzog: Wir haben diese Versuche sowohl naß als auch trocken ausgeführt und konnten eine gute Korrelation zum Scheuerverhalten der Gewebe feststellen. Wir haben die Walzen mehrmals ausgewechselt. Zwischen den gleichartigen Walzen waren keine markanten Unterschiede festzustellen.

Technische Großhandlung
und Gummihaus

**KONRAD
ROSENBAUER KG.**

LINZ/DONAU
SPITTELWIESE 11

Telefon: 2-36-51, 2-36-52

Dr. Knopp: Ich möchte auf das auffallende Verhalten bei Baumwolle während der Untersuchung der Garnfestigkeit bei zunehmender Dehnung zurückkommen. Hier sind zwei Faktoren von entscheidender Bedeutung, nämlich die Oberflächen- bzw. Längsstruktur der Baumwolle und ihr nicht kreisförmiger Faserquerschnitt (der sich flach deformieren läßt, wodurch sich die Packungsdichte bei Verdrehung des Garns erhöht).

Ich möchte weiters auf das auffällige Verhalten der Baumwolle bei den von Ihnen gezeigten Relaxationsversuchen eingehen. 10 % Dehnung grenzt hier schon fast an den Reißbereich, bei Polyamid dagegen noch nicht.

Dir. Bürger: Wäre es nicht interessant, die von Ihnen verwendeten Walzen mit dem zu prüfenden Gewebe zu überziehen und damit die Scheuerung durchzuführen? Haben Sie derartige Untersuchungen im nassen oder im trockenen Zustand vorgenommen?

Dipl.Ing. Herzog: Wir haben nur Degussitwalzen verwendet. Eine Gewebebespannung wäre nicht zweckmäßig, da deren Struktur für die feine Faser zu unregelmäßig wäre. Man könnte selbstverständlich auch andere Beläge ausprobieren, aber der Versuch soll ja mit einem Minimum an Zeit vor sich gehen, obwohl man natürlich mit möglichst wenig Druck scheuern möchte. Ein Einzelversuch dauert etwa drei bis vier Stunden, und Sie brauchen etwa dreihundert Experimente, um einigermaßen sichere Werte zu erhalten.

Dir. Bürger: Auf Grund eigener Erfahrung bezweifle ich aber die Reproduzierbarkeit dieser Scheuerversuche auf Degussitwalzen.

Dipl.Ing. Herzog: Vielleicht macht sich das bei Fasern mit sehr hoher Scheuerfestigkeit bemerkbar (z.B. bei Polyamid- oder Polyesterfasern). Bei den Fasern, die wir gescheuert haben, ließen sich die Meßergebnisse gut reproduzieren.

Dr. Albrecht: In Abbildung 13 zeigten Sie eine Zusammenstellung der Bedingungen, unter denen Be- und Entlastung erfolgt. Die Ergebnisse für die Einzelfasern unterscheiden sich stark voneinander. Wie würden sich diese bei Garnen auswirken, wenn bei diesen die bleibende Dehnung nach derselben Vorgeschichte ermittelt würde? Würden hier ebenso hohe Differenzen auftreten wie in Fall 1, wo die bleibende Dehnung 0,6 %, in Fall 3 dagegen 5,5 % beträgt?

Dipl.Ing. Herzog: Das Gewebe wird die gleiche Tendenz zeigen, selbstverständlich aber in einem anderen Größenbereich. Außerdem überlagern sich andere Effekte. Zum Relaxationsschrumpf kommt der Quellschrumpf, zur Naßfixierung die Dehnbarkeit bzw. die Schrumpfung usw.

Dr. Albrecht: Sie haben an der Polyacrylnitrilfaser gezeigt, welche Wirkung ein hantelförmiger Querschnitt hat. Kann man also sagen, daß die Polyacrylnitrilfaser - wenn Sie keinen solchen Querschnitt hätte - weniger pillen würde?

Dipl.Ing. Herzog: Eine Polyacrylnitrilfaser mit hantelförmigem Querschnitt besitzt eine bessere Schlingenfestigkeit als eine gleichartige mit kreisrundem. Das führt die Schlingenfestigkeit als Bewertungsmaß ad absurdum, denn wenn es vom Querschnitt abhängt, zeigt die Schlingenfestigkeit keine Korrelation mit der Sprödigkeit. Noch auffällender erscheint es mir, daß die reifere Baumwolle die schlechtere Schlingenfestigkeit aufweist, obwohl jeder weiß, daß reife Baumwolle eine bessere Strapazierfähigkeit hat.

Beim Pillen treten keine derart extremen Beanspruchungen auf wie bei der Schlingenfestigkeit. Beim Biegen der Faser ergeben sich größere Krümmungsradien an ihrer Oberfläche. Daher dürfte der Einfluß der Querschnittsform nicht so groß sein, obwohl er sicher in gewissem Ausmaß vorhanden ist.

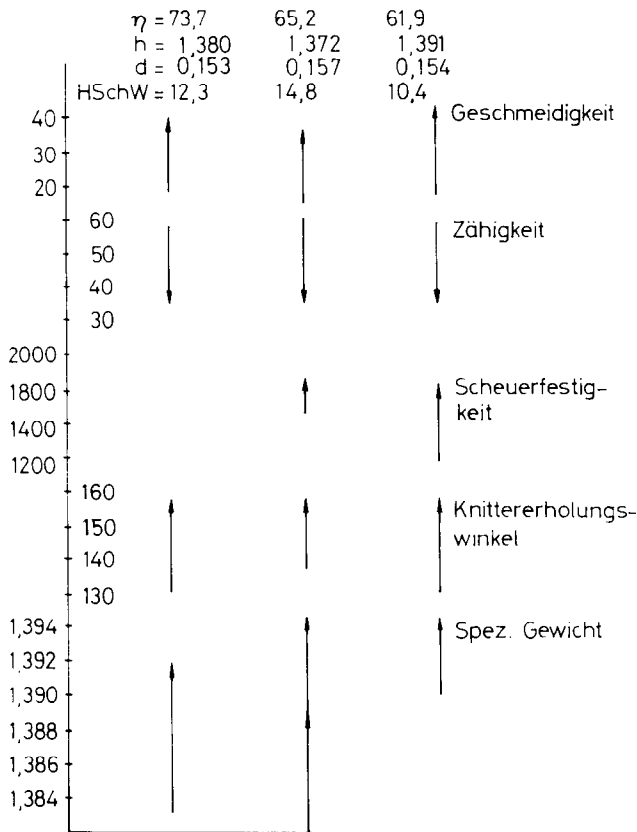


Abb. 5: Gewebe aus 100 % Polyesterfasern vor und nach einer Fixierung bei 190°C während 20 Sekunden

Rationelle Prüfung elastischer Eigenschaften von Fäden und textilen Flächengebilden

Dr.-Ing. Friedrich W i n k l e r
Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin,
Institut für Faserstoff-Forschung, Teltow-Seehof

Von Jahr zu Jahr werden immer höhere Anforderungen an die Elastizität textiler Flächengebilde und an die zu ihrer Herstellung dienenden Fäden gestellt. Daher gewinnt auch die rationelle Prüfung der elastischen Eigenschaften von Fäden und textilen Flächengebilden immer größere Bedeutung. Im Vortrag sollen eine Vielzahl von Prüfmöglichkeiten dieser Art sowie die Auswertungsverfahren daraufhin kritisch beleuchtet werden, ob der Aufwand für ihre Durchführung in einem annehmbaren Verhältnis zu ihrer Aussagekraft steht. Zu diesem Zweck wird auf Relaxations- und Retardationsversuche eingegangen, die zwar einfach durchzuführen sind, aber doch einen großen rechnerischen Aufwand für eine physikalisch sinnvolle Auswertung erfordern. Möglichkeiten, diese zu vereinfachen, werden angegeben. Als praxisnahe haben sich Verfahren mit wiederholten Be- und Entlastungen für die Bestimmung der elastischen Eigenschaften erwiesen. Sie sind besonders rationell, wenn auf die Angabe einzelner Kennwerte verzichtet und stattdessen mit graphischen Darstellungen gearbeitet wird. Auch die Abgrenzungen zwischen der Bestimmung des zugelastischen Verhaltens und der dynamischen Zugprüfung werden angegeben.

Ever increasing demands are made in regard to the elastic properties of textile fabrics and of the yarns used in their production. Hence the economy of testing the elastic properties of yarns and textile fabrics is gaining importance. The lecture provides a critical investigation of numerous tests of this kind as well as of the processes used in their evaluation with a view to determining whether or not their conclusiveness warrants the cost of their performance. With this in view, relaxation and retardation experiments are discussed which, while simple to perform, require extensive calculation for physically adequate evaluation. Possibilities of simplification are listed. Procedures involving repeated alternation of stress and relaxation for the determination of the elastic properties have been found practical. Their use is particularly economical where specification of individual characteristics is replaced by plotting of diagrams. In addition, limits are drawn between the determination of elastic properties and dynamic tensile tests.

1. Einleitung

Im Rahmen der gesamten Textilprüfung tritt die Gebrauchswertbeurteilung immer stärker in den Vordergrund. Durch die Entwicklung moderner Bekleidungstextilien nimmt auch die Beurteilung der elastischen Eigenschaften einen bevorzugten Platz ein. Neben die Forderung nach hoher Dehnbarkeit der Erzeugnisse bei bereits geringfügig einwirkenden

Kräften tritt der Wunsch nach möglichst rascher und vollkommener elastischer Erholung, um deren Formbeständigkeit während ihrer Gebrauchsdauer zu sichern.

Die Textilprüfungstechnik muß sich den Gegebenheiten der Praxis immer wieder anpassen und versuchen, aussagekräftige Meßmethoden zu entwickeln. Für die Beurteilung der elastischen Eigenschaften von Fäden und textilen Flächengebilden gilt es also Verfahren zu finden, die möglichst universell anwendbar sind. Es darf dabei keine Rolle spielen, welcher Art die zu prüfenden Fäden oder Flächengebilde sind. Auch sollten die ermittelten Kenngrößen nicht nur einen Vergleich untereinander, sondern auch zwischen den Fäden und den daraus hergestellten Flächengebilden zulassen. Eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt aber heutzutage der Aufwand an Zeit und Kosten für die Prüfung. Dieser Gesichtspunkt soll bei den weiteren Ausführungen stets im Auge behalten werden.

In seinem Vortrag zur VI. Internationalen Chemiefasertagung 1967 in Dornbirn hat R ö h r i g ¹⁶⁾ bereits darauf hingewiesen, daß die Bestimmung des elastischen Verhaltens mit den herkömmlichen Verfahren nicht durchführbar ist, weil sie einen hohen meßtechnischen Aufwand und langandauernde Prüfungen erfordern. Im Interesse einer möglichst weitgehenden Aussage sollte man den Prüfaufwand so umfangreich wie möglich gestalten, obwohl diesem das Streben nach wirtschaftlicher bzw. rationaler Laborarbeit entgegensteht. Zwischen diesen beiden Forderungen müssen (insbesondere bei der Prüfung elastischer Artikel) stets neue Kompromisse geschlossen werden.

2. Kraft-Längenänderungs-Verhalten und Elastizität

Das Kraft-Längenänderungs-Verhalten kann nur dann zur Beurteilung der elastischen Eigenschaften von Fäden und textilen Flächengebilden herangezogen werden, wenn bestimmte Meßwerte nicht nur während der Belastung, sondern auch während der Entlastung festgehalten und entsprechend ausgewertet werden. Für weitergehende Aussagen ist dabei sogar eine wiederholte Be- und Entlastung vorzunehmen, wie später gezeigt werden wird.

Wird die Kraft-Längenänderungs-Kurve nur bei einmaliger Belastung aufgenommen, dann kann sie über das elastische Verhalten des geprüften Materials nichts aussagen. Während Metalle im allgemeinen bis zu relativ hohen Zugspannungen elastisch bleiben und dabei auch die Spannungen den Dehnungen proportional sind, ist dies bei Fasern bzw. bei Geweben nicht der Fall. Der Elastizitätsmodul als Spannungs-Dehnungs-Quotient ist daher bei Metallen durchaus ein aus der Kraft-Längenänderungs-Kurve bei einmaliger Belastung zu entnehmender Kennwert. Bei Fasern bzw. bei Geweben sollte man dagegen überhaupt nicht von einem Elastizitätsmodul sprechen, weil dieser gar nichts über deren Elastizität aussagen kann. Wir haben an anderer Stelle deshalb vorgeschlagen, statt vom Elastizitätsmodul nur von einem „Modul“ zu sprechen, die Gründe dafür angegeben und die verschiedenen Berechnungsweisen der Moduli erläutert²⁷⁾.

Der für den „Anfangsmodul“ maßgebliche Spannungs-Dehnungs-Quotient im „Nullpunkt“ der Kraft-Längenänderungs-Kurve kann bei elastischen Fäden und textilen Flächengebilden stark von der Vorspannkraft beim Einspannen des Prüflings abhängig sein. Die „freie Einspannlänge“ selbst und die Dehnung sind oft nur schwer zu bestimmen. In neuerer Zeit wurden von vielen Autoren (z.B. von Elia und Drouges⁵), Lünenschloß und Busch¹⁰), Wegener und Wulforth¹⁹), Röhrig¹⁶) und Winkler²⁶) Vorschläge für die Beseitigung dieser Schwierigkeiten gemacht.

Aus der Kraft-Längenänderungs-Kurve leitet Röhrig¹⁶) für elastische textile Flächengebilde bei erstmaliger Belastung lediglich einen Kennwert ab, den er mit „Dehnbarkeit“ bezeichnet. Man versteht darunter die Dehnung durch eine auf die Prüflingsbreite bezogene Zugkraft von 1 kp/cm bei einer Dehnungsgeschwindigkeit von 150 % per Minute. Unter diesen Bedingungen stimmen die Meßwerte gut mit den Ergebnissen eines einfachen Handversuches überein. Für Raschelmiederstoffe fand er eine noch bessere Übereinstimmung bei 0,5 kp/cm und 400 % per Minute. Röhrig ordnete die textilen Flächengebilde in neun Klassen mit drei Dehnbarkeits- und drei Kraftaufnahmegruppen ein.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß - bei nur einmaliger Belastung - aus der Kraft-Längenänderungs-Kurve keine Aussagen über das elastische Verhalten der geprüften Fäden oder textilen Flächengebilde abgeleitet werden können. Es sind daher andere Möglichkeiten auf ihre Eignung zur Beurteilung der Elastizität zu überprüfen.

3. Retardation und Elastizität

Am einfachsten ist der Retardationsversuch durchzuführen, weil hierfür nicht einmal ein Zugprüfgerät benötigt wird. Man legt an den Prüfling in vorgeschriebener Weise eine bestimmte Zugspannung oder Dehnung an und hält dann die erstere konstant. Nach und nach nimmt die Dehnung des Prüflings zu. Üblicherweise wird auch die auf den Ausgangsquerschnitt des Prüflings bezogene Zug-Nennspannung konstant gehalten, was man am einfachsten durch Anhängen eines Massestückes erreicht.

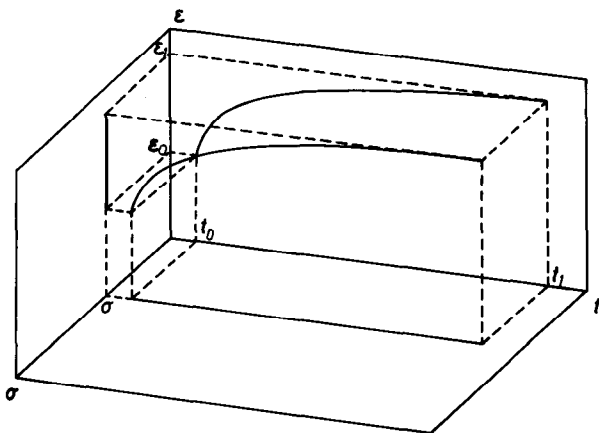


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Spannung, Dehnung und Zeit bei der Retardation (räumliche Darstellung)

Abbildung 1 zeigt in räumlicher Darstellung das Schema des Spannungs-Dehnungs-Zeit-Verhaltens des Prüflings bei der Retardation. Neben der Raumkurve sind deren Projektionen auf die σ, ϵ -, die σ, t - und die ϵ, t -Ebene angegeben.

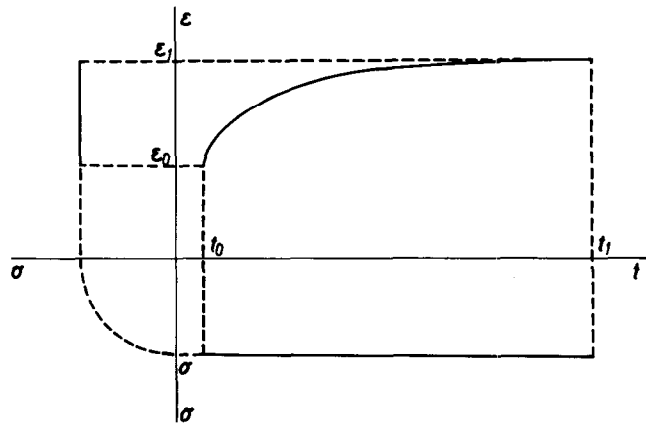


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Spannung, Dehnung und Zeit bei der Retardation (ebene Darstellung)

In Abbildung 2 ist die Raumecke längs der σ -Achse aufgeschnitten, und die drei Ebenen sind in eine einzige zurückgeklappt worden. Es ist klar zu erkennen, daß die Zugnennspannung σ mit wachsender Beanspruchungszeit t bzw. zunehmender Dehnung ϵ konstant bleibt, während die Dehnung ϵ mit der Beanspruchungszeit t etwa exponentionell zunimmt. Bereits früher konnten wir zeigen²²), daß Retardationskurven sehr gut mit dem verallgemeinerten Kelvin-Voigt-Modell (wie es z.B. von Dahlquist und Hatfield¹) angegeben wurde) ausgewertet werden können.

Die formelmäßigen Zusammenhänge zwischen der Zugnennspannung σ , der Dehnung ϵ und der Zeit t demonstriert Abbildung 3. Dabei ist die Dehnung ϵ die Summe der mathematischen Funktionen dreier Kelvin-Voigt-Modelle. Das läßt noch eine physikalisch sinnvolle Deutung zu, denn je eine dieser Funktionen kann als Darstellung des sofort-elastischen, des verzögert-elastischen und des plastischen Verhaltens angenommen werden. Aus den sieben zu ermittelnden Konstanten $a_0, a_1, a_2, a_3, b_1, b_2$ und b_3 lassen sich dann nämlich die drei Retardationsmoduli E_1, E_2 und E_3 , sowie die drei Retardationszeiten τ_1, τ_2 und τ_3 errechnen.

$$\epsilon = \sigma \sum_i \frac{1}{E_i} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}})$$

[nach C. A. Dahlquist u. M. R. Hatfield, J. Coll. Sci. 7 (1952), S. 253]

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E_1} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}}) + \frac{\sigma}{E_2} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_2}}) + \frac{\sigma}{E_3} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_3}})$$

$$\epsilon = a_0 - a_1 e^{-b_1 t} - a_2 e^{-b_2 t} - a_3 e^{-b_3 t}$$

[nach F. Winkler, Faserforsch. u. Textiltechn. 9 (1958), S. 30]

Abb. 3: Gleichungen für die Auswertung von Retardationsversuchen mit dem Kelvin-Voigt-Modell

Die Konstanten können nach einem graphisch-analytischen Verfahren ermittelt werden, das von uns bereits früher beschrieben worden ist²²⁾. An Hand von Abbildung 4 soll dieses kurz erläutert werden.

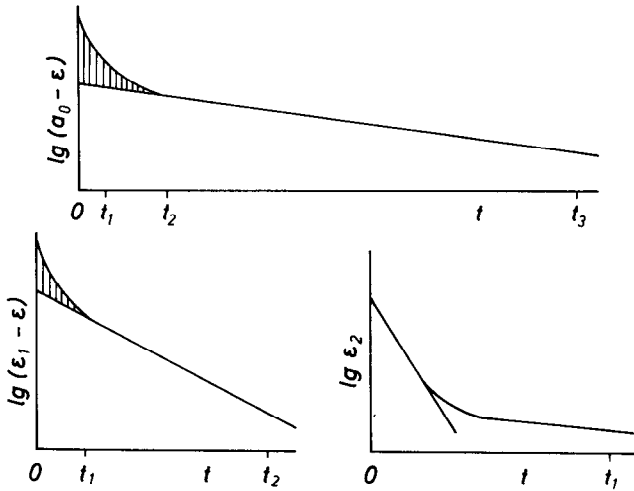


Abb. 4: Schema der graphisch-analytischen Auswertung von Retardationsversuchen

Zunächst wird a_0 beliebig gewählt. Da es der Dehnung ϵ zur Zeit $t = \infty$ entspricht, muß a_0 etwas größer als die höchste der gemessenen Dehnungen sein. Trägt man $\lg(a_0 - \epsilon)$ über den jeweils zur Dehnung ϵ gehörenden Zeiten t auf, so erhält man die in Abbildung 4 oben gezeigte Darstellung. Bei „richtiger“ Wahl von a_0 streckt sich die Kurve oberhalb einer bestimmten Zeit t_2 zu einer Geraden. Der beste Wert für a_0 kann dabei durch Korrelationsrechnung ermittelt werden. Aus der abfallenden Geraden ergeben sich die Konstanten a_3 und b_3 . Die für kürzere Versuchszeiten verbleibenden (in Abbildung 4 oben senkrecht schraffierten) Dehnungsdifferenzen werden nun logarithmisch über der Zeit aufgetragen. Die dadurch erhaltene Kurve erweist sich zwischen t_1 und t_2 wiederum als abfallende Gerade, aus der dann a_2 und b_2 berechnet werden können (siehe Abbildung 4, links unten). In derselben Abbildung rechts unten ist dann der senkrecht schraffierte Dehnungsrest des zuletzt erwähnten Diagramms logarithmisch über der Zeit aufgetragen. Legt man nun durch den Punkt $\lg \epsilon_2$ bei $t = 0$ eine dem Kurvenlauf möglichst gut folgende abfallende Gerade, so sind aus dieser a_1 und b_1 bestimmbar.

Die nach diesem Verfahren berechneten Näherungswerte für die drei Retardationsmoduli bzw. -zeiten sind schon recht genau. Sie lassen sich aber noch weiter verbessern, wie von uns ebenfalls gezeigt wurde²³⁾.

Schon aus der Erläuterung des Auswerteverfahrens ist zu erkennen, daß der Rechenaufwand hierfür sehr hoch ist. Obwohl dieser zwar heute durch den Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung auch ökonomisch zu beherrschen ist, dürfte ein derartiges Verfahren für eine Betriebskontroll-

prüfung wohl kaum in Betracht kommen. Darum ist bisher auch noch nicht untersucht worden, ob die drei Retardationsmoduli bzw. -zeiten zur Beurteilung elastischer Fäden und textiler Flächengebilde eine genügend gute Differenzierung ermöglichen. Von uns wurde das Verfahren nur auf Messungen von K u k i n und S o l o v e v⁹⁾ an Garnen aus Baumwolle, Wolle und Leinen sowie an Viskoseseiden angewandt.

Ein einfacheres Auswerteverfahren für die Retardationskurven wurde von W e g e n e r^{17, 18)} entwickelt. Die von ihm vorgeschlagenen Formeln sind in Bild 5 wiedergegeben. Durch Addieren einer Transformationskonstanten a zur Beanspruchungszeit t und durch doppeltlogarithmische Darstellung der Dehnung ϵ über der transformierten Zeit $(t + a)$ erreicht er ansteigende Geraden. Teilweise ergab auch das Auftragen der Dehnung ϵ über dem Logarithmus der transformierten Zeit $(t + a)$ ansteigende Geraden. Aus diesen können dann die Konstanten C und n bzw. A und B berechnet werden, deren physikalische Deutung allerdings schwierig ist.

Gesamtdehnung

$$\begin{aligned} \epsilon_{ges} &= C_{ges} (t + a_{1, ges})^{n_{ges}} \\ \text{oder} \quad \lg \epsilon_{ges} &= \lg C_{ges} + n_{ges} \lg(t + a_{1, ges}) \\ \text{daneben auch} \quad \epsilon_{ges} &= A_{ges} + B_{ges} \lg(t + a_{2, ges}) \end{aligned}$$

Restdehnung

$$\begin{aligned} \epsilon_r &= C_r (t + a_{1, r})^{-n_r} \\ \text{oder} \quad \lg \epsilon_r &= \lg C_r - n_r \lg(t + a_{1, r}) \\ \text{daneben auch} \quad \epsilon_r &= A_r - B_r \lg(t + a_{2, r}) \end{aligned}$$

Elastische Dehnung

$$\begin{aligned} \epsilon_{el} &= \epsilon_{r,0} - \epsilon_r \\ \text{oder} \quad \epsilon_{el} &= \epsilon_{r,0} - C_r (t + a_{1, r})^{-n_r} \\ \text{daneben auch} \quad \epsilon_{el} &= \epsilon_{r,0} - [A_r - B_r \lg(t + a_{2, r})] \end{aligned}$$

Abb. 5: Gleichungen für den experimentell ermittelten Retardationsverlauf (nach Wegener)

Wegener^{17, 18)} versuchte auch nach diesem Verfahren Aussagen über die Elastizität zu machen, indem er zunächst ähnliche Formeln für die „Restdehnung“ einsetzte. Als solche wird hierbei die Dehnung ϵ_r nach Entlastung der Probe in Abhängigkeit von der Erholungszeit definiert. Unter „elastischer Dehnung“ versteht Wegener schließlich die Differenz aus der Gesamtdehnung im Augenblick der Entlastung des Prüflings (welche der Restdehnung $\epsilon_{r,0}$ zur Entlastungszeit Null entspricht) und der Restdehnung. Die berechnete elastische Dehnung ist also sowohl von der Belastungsdauer bis zum Zeitpunkt der Entlastung, als auch von der Entlastungszeit abhängig. Ob die elastischen Fäden und textilen Flächengebilde nach diesem Verfahren genügend gut differenziert werden können, erscheint sehr fraglich.

4. Relaxation und Elastizität

Einen größeren Prüfaufwand erfordert der Relaxationsversuch. Hier muß ein Zugprüfgerät mit wegarmer Kraftmessung zur Verfügung stehen. Zwingt man einem Prüfling in vorgeschriebener Weise eine bestimmte Zugspannung oder Dehnung auf und hält anschließend letztere konstant, so nimmt die Zugspannung nach und nach ab. In Abbildung 6 ist der Zusammenhang zwischen Spannung σ , Dehnung ϵ und Zeit t als Raumkurve und in den Projektionen auf die σ, ϵ -, die σ, t - und die ϵ, t -Ebene dargestellt. Die längs der σ -Achse aufgeschnittene Raumecke zeigt nach Zurückklappen der drei Ebenen in eine einzige (Abb. 7), daß die Dehnung ϵ bei wachsender Beanspruchungszeit t bzw. abnehmender Spannung σ konstant bleibt, während die Spannung σ mit der Beanspruchungszeit t etwa exponentiell abnimmt.

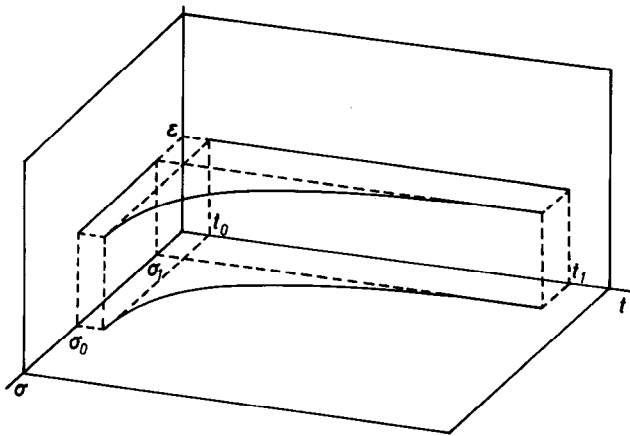


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Spannung, Dehnung und Zeit bei der Relaxation (räumliche Darstellung)

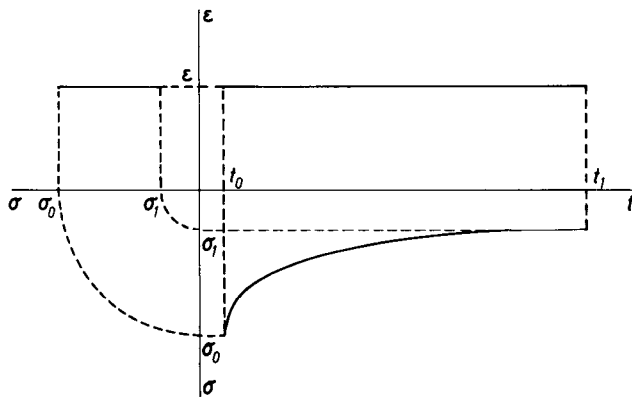


Abb. 7: Zusammenhang zwischen Spannung, Dehnung und Zeit bei der Relaxation (ebene Darstellung)

Von Meskat und Hoffmann¹³⁾ wurde bereits früher die in Abbildung 8 unten angegebene Funktion für den Relaxationsverlauf verwendet. Diese läßt sich in die darüber angeschriebene Funktion überführen. Es ist deutlich zu erkennen, daß sich die Spannung σ bei der Relaxation als Summe der mathematischen Funktionen dreier Maxwell-Modelle darstellen läßt. Aus den sieben Konstanten $K_0, K_1, K_2, K_3,$

T_1, T_2 und T_3 der von Meskat und Hoffmann gefundenen Beziehung lassen sich also drei Relaxationsmoduli (E_1, E_2 und E_3), sowie drei Relaxationszeiten (τ_1, τ_2 und τ_3) errechnen, die als Aussagen für das sofort-elastische, das verzögert-elastische und das plastische Verhalten gedeutet werden können.

$$\sigma = \epsilon \sum_i E_i e^{-\frac{t}{\tau_i}}$$

$$\sigma = \epsilon (E_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}} + E_2 e^{-\frac{t}{\tau_2}} + E_3 e^{-\frac{t}{\tau_3}})$$

[nach Winkler]

$$K(t) = K_0 + K_1 e^{-\frac{t}{T_1}} + K_2 e^{-\frac{t}{T_2}} + K_3 e^{-\frac{t}{T_3}}$$

[nach W. Meskat u. W. Hoffmann, Rheol. Acta 1 (1958), S. 77]

Abb. 8: Gleichungen für die Auswertung von Relaxationsversuchen mit dem Maxwell-Modell

Das in Abbildung 9 schematisch dargestellte Verfahren wurde ebenfalls von Meskat und Hoffmann erarbeitet und dürfte an Hand der zu Abbildung 4 gegebenen Erläuterungen verständlich sein. Obwohl diese beiden Autoren eine vereinfachte rechnerische Auswertung der K_i - und T_i -Werte vorschlagen, für die sie die Reproduzierbarkeit mit 5 bzw. 10% angeben, ist der Rechenaufwand noch immer hoch. Außerdem ist unklar, ob sich aus den drei Relaxationsmoduli bzw. -zeiten überhaupt eine genügend sichere Differenzierung für die Beurteilung elastischer Fäden und Flächengebilde finden läßt. Daher dürfte auch dieses Auswerteverfahren - schon aus ökonomischen Gründen - für eine Betriebskontrollprüfung nicht in Betracht kommen.

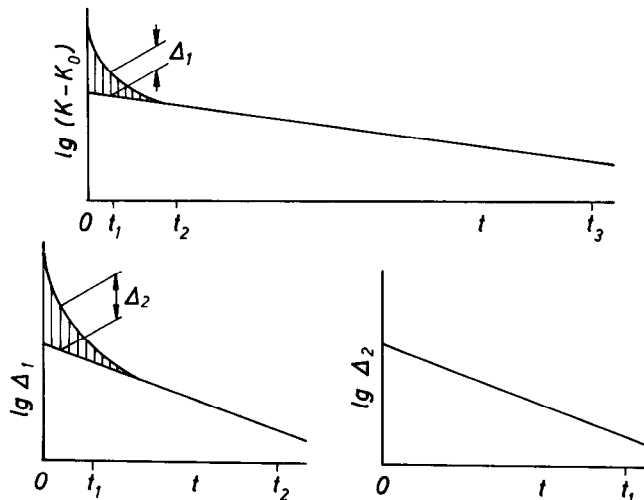


Abb. 9: Schema der graphischen Auswertung von Relaxationsversuchen

Wegener¹⁸⁾ konnte schließlich die für die Restdehnung gefundene Potenzfunktion (siehe Abb. 5) auch für die Spannungsrelaxation sinngemäß anwenden. Anstelle der Rest-

dehnung ϵ_r setzte er die Zugkraft P bzw. die Zug-Nennspannung σ ein. In neuerer Zeit haben die Reutlinger Forschungsinstitute umfangreiche Relaxationsuntersuchungen durchgeführt, die zum Beispiel von Iyer und Dentler⁸⁾ bzw. Lünenschloß und Busch^{10, 11)} veröffentlicht worden sind. Dabei werden die Prüflinge nach einer festgelegten Relaxationsdauer auf die Zugkraft P = 0 entlastet, und man mißt die „Nachwirkung“, das heißt die allmähliche Zunahme der Zugkraft bei konstanter Dehnung. Leider ist dieser Teil des Versuchs nicht als Nachwirkung (wie z.B. von Meskat und Hoffmann¹³⁾, der Niederländischen Rheologischen Vereinigung¹⁴⁾ und Oberst¹⁵⁾) bezeichnet worden, sondern als Retardation. Dadurch sind aber bedauerlicherweise Mißverständnisse zwischen der Nachwirkung bei der Relaxation und der tatsächlichen Retardation sehr leicht möglich.

Bei der Suche nach einer vereinfachten Auswertung der Relaxationsprüfungen an elastischen Fäden und textilen Flächengebilden fanden wir, daß die zwischen 0,01 und 6 Minuten aufgenommenen Spannungen σ recht gut einer Potenzfunktion gehorchen. Der formelmäßige Zusammenhang wird in Abbildung 10 oben dargestellt.

$$\sigma = A \cdot t^{-B} \quad \text{oder}$$

$$\lg \sigma = \lg A - B \cdot \lg t \quad \text{wobei}$$

$$\sigma = \frac{P_0 \cdot Nm \cdot \rho}{10} \cdot \frac{100\% + \epsilon\%}{100\%}$$

Abb. 10: Gleichungen für den experimentell ermittelten Relaxationsverlauf (nach Winkler)

Für die Spannung haben wir dabei die Wirkspannung σ eingesetzt, das heißt die auf den jeweiligen Probenquerschnitt bezogene Kraft P_0 . Die Wirkspannung wurde nach der in Abbildung 10 unten angegebenen Gleichung errechnet. Setzt man die Zugkraft P_0 in Pond, die metrische Nummer Nm in m/g, die Dichte in g/cm^3 und die Zeit t (gemessen in Minuten) dimensionslos ein, so ergeben sich die Wirkspannung σ und die Konstante A in kp/cm^2 .

In Abbildung 11 soll versucht werden, für vier verschiedene Miederwarengestricke die Differenzierungsmöglichkeiten der nach dieser vereinfachten Auswertung gefundenen Konstanten A und B zu veranschaulichen. Es wird dabei in vier Diagrammen, die in einem Punkt zusammenstoßen, die Abhängigkeit dieser Konstanten von Dehnung und Spannung dargestellt. Zu Beginn des Relaxationsversuches wählten wir allerdings hierfür anstelle der Wirkspannung σ die in der Textilprüfung gebräuchlichere, auf die Feinheit bezogene Kraft P_0 (ausgedrückt in p/tex). Bei den untersuchten Flächengebilden handelt es sich um Gestricke aus Polyamidseide (PAS) oder Viskoseseide (VIS), welche elastische Fäden aus

Gummi (Gum.), Dorlastan (Dor.) bzw. Lastralene (Las.) enthalten.

Das A- P_0 -Diagramm zeigt keinerlei Differenzierung zwischen diesen vier Materialien. Infolge des nahezu linearen Zusammenhangs zwischen A und P_0 bietet auch das A, ϵ -Diagramm nicht mehr Informationen als ein normales Kraft-Längenänderungs-Diagramm. Die Konstante B kann als „Relaxationsgeschwindigkeit“ angesehen werden, denn sie stellt eine Änderung der Logarithmen der Wirkspannung σ bei einer Verzehnfachung der Zeit t dar. Sowohl das -B, ϵ - als auch das -B, P_0 -Diagramm bringt daher zwar eine zusätzliche Information, doch ist der Unterschied der -B-Werte, welche etwa zwischen -0,025 und -0,050 liegen, nicht sehr deutlich. Lediglich das PAS/Dorlastan-Gestrick zeigt eindeutig den höchsten -B-Wert, während die übrigen drei Gestricke -B-wertmäßig eng nebeneinander liegen.

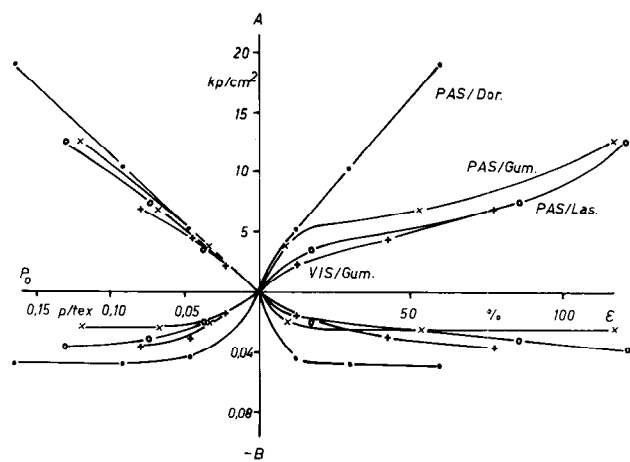


Abb. 11: Abhängigkeit der Konstanten A und -B von Spannung und Dehnung verschiedener Miederwaren-Gestricke bei der Relaxation

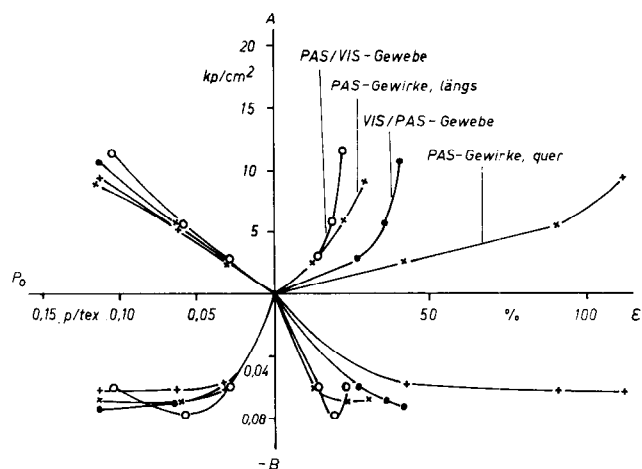


Abb. 12: Abhängigkeit der Konstanten A und -B von Spannung und Dehnung verschiedener Flächengebilde aus Texturfäden bei der Relaxation

Abbildung 12 zeigt die der Abbildung 11 entsprechenden Diagramme für drei textile Flächengebilde aus Texturfäden. Es sind hier die Ergebnisse eines längselastischen PAS/VIS- und eines querelastischen VIS/PAS-Gewebes (jeweils in der elastischen Richtung), sowie eines PAS-Gewirkes in beiden Richtungen dargestellt. Für das A, P_0 - bzw. A, ϵ -Diagramm gilt das bei Abbildung 11 Gesagte. Die $-B$ -Werte liegen zwar mit $-0,06$ bis $-0,08$ merklich höher als die der Gestricke in Abbildung 11, doch sind sie kaum differenziert. Es kann also nur gesagt werden, daß die Relaxationsgeschwindigkeit höher ist.

Alle Auswertungsarten von Relaxationsversuchen weisen gewisse Schwierigkeiten bei ihrer Deutung auf. Wenn auch die Prüfmethode an sich relativ einfach ist, es bleibt doch unklar, ob eine Beurteilung der elastischen Eigenschaften überhaupt möglich ist. Auch die „Nachwirkungskurve“ kann kaum für Aussagen über das elastische Verhalten herangezogen werden, weil sie stark von Höhe und Dauer der vorangehenden Relaxationsbeanspruchung sowie von der Dehnung, bis zu welcher die Probe entlastet wurde, abhängig ist. Wegen all dieser Unsicherheiten dürfte - aus ökonomischer Sicht - der Relaxationsversuch in allen seinen Formen für die Elastizitätsbeurteilung nicht brauchbar sein.

5. Zugelastisches Verhalten

Alle Verfahren zur Bestimmung der zugelastischen Eigenschaften haben das Ziel, Merkmale zu finden, deren Zahlenwerte sich durch die Beanspruchung und die anschließende Entspannung des zu prüfenden Materials so verändern, daß sie als Maß für die Beurteilung der Elastizität dienen können.

Bisher hat sich immer wieder gezeigt, daß dazu Beziehungen zwischen Längenänderung oder Dehnung am geeignetsten sind. Man kann sie nicht nur leicht messen, sondern auch mit den immer stärker werdenden Forderungen nach Repräsentationsgüte vereinbaren. Bleibende Längenänderungen an bestimmten Stellen eines textilen Erzeugnisses führen zu Ausbeulungen (z.B. am Knie) und setzen zumindest die Repräsentationsgüte herab. Auf diese Gesichtspunkte hat auch Röhrig¹⁶⁾ bereits hingewiesen.

Grundsätzlich wäre es wohl möglich, die Arbeitsflächen unter der Kraft-Längenänderungs-Kurve bei Belastung und Entlastung in bestimmter Weise zueinander in Beziehung zu setzen. Der Aufwand für das Ausplanimetrieren der Flächen stünde aber in keinem ökonomisch vertretbar günstigen Verhältnis zum Nutzen, selbst wenn ein Zugprüfgerät mit Integrator (wie z.B. ein ZT-Gerät der VEB Thüringer Industriewerke Rauenstein, oder ein Instron-Gerät) verfügbar wäre. Die Ergebnisse müßten auch in einer anderen Relation zur Repräsentationsgüte stehen als die Dehnungsverhältnisse und sind vermutlich nicht so einfach zu deuten.

5.1 Grundsätzliche Möglichkeiten

Bereits früher wurden von uns die grundsätzlichen Möglichkeiten zur Bestimmung des zugelastischen Verhaltens systematisch zusammengestellt^{24, 25)}. Hier sei nur so viel gesagt, daß das zu prüfende Material bei gleichbleibenden un-

teren Kraft- bzw. Dehnungsgrenzen mit konstanten oder steigenden Wechselkräften bzw. -dehnungen wiederholt beansprucht werden kann. Es ist dabei möglich, jeweils an der unteren und/oder oberen Kraft- bzw. Dehnungsgrenze eine bestimmte Einwirkungsdauer festzulegender Größe vorzusehen. Mit Rücksicht auf eine ökonomische Durchführung sollte aber auf diese Zeitspannen verzichtet werden, denn sie stellen im Prinzip nur zwischengeschaltete Relaxations- bzw. Retardationsversuche dar. Ihr zusätzlicher Informationswert ist im Vergleich zu dem insgesamt hohen Zeitaufwand gering. Verzichtet man jedoch auf lange Einwirkungszeiten, dann ist es auch leichter möglich, automatisierte Apparate zur Bestimmung des zugelastischen Verhaltens einzusetzen, sodaß sich dadurch die Wirtschaftlichkeit der Prüfverfahren erhöhen würde.

5.2 Verfahren mit steigenden Kraftstufen

Das älteste standardisierte Verfahren dürfte das nach DIN 53 801, Bl. 3²⁾ bzw. DIN 53 835, Bl. 1³⁾ sein. Abbildung 13 zeigt das Beanspruchungsprinzip. Für die Beurteilung elastischer Fäden und textiler Flächengebilde ist dieses aber bisher kaum eingesetzt worden, weil sich hier die von uns früher²⁴⁾ herausgestellten Mängel besonders ausgeprägt zeigen. In jüngster Zeit haben sich Marvin und Jhangiana¹²⁾ bei der Prüfung von Gewirken aus Polyamid-Texturfäden auf oben erwähntes Verfahren gestützt. Das elastische Dehnungsverhältnis (Quotient aus der elastischen und der gesamten Dehnung jeder Stufe) ist in den angegebenen Diagrammen als Funktion der oberen Dehnungsgrenze für den ersten und vierten Beanspruchungszyklus dargestellt worden. Es nimmt in den meisten Fällen mit steigender oberer Dehnungsgrenze ab und erreicht Werte zwischen 100 und 60 % (bei oberen Dehnungsgrenzen bis zu etwa 50 %). Weder die Elementarfadenfeinheit bzw. die Kräuselungsintensität, noch die Art der Kräuselung (Falschdraht, Stauchung) bzw. der Ausrüstungszustand der Gewirke (Rohware, 2 Minuten in Dampf von 105°C, 20 Minuten in Wasser von 45°C relaxiert; 15 Minuten in der Trockentrommel bei 90°C behandelt) waren auf das elastische Dehnungsverhältnis von entscheidendem Einfluß.

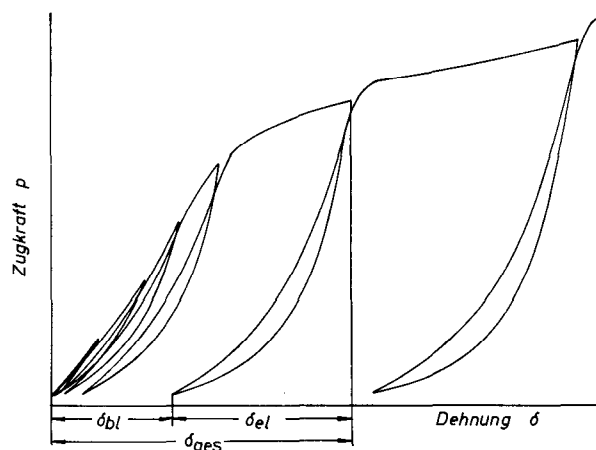


Abb. 13: Schema des Kraft-Dehnungs-Diagramms bei der Bestimmung des zugelastischen Verhaltens mit steigenden Kraftstufen

Für eine ökonomische Prüfung der zugelastischen Eigenschaften kommt dieses langwierige Verfahren kaum in Betracht.

5.3 Verfahren mit konstanten Dehnungsstufen

Das bekannteste Verfahren zur Bestimmung des zugelastischen Verhaltens mit konstanter Wechseldehnung ist die speziell für Elastomeraseiden vorgesehene Methode nach DIN 53 835, Bl. 2⁴). Im Prinzip wird der Prüfling dabei zwischen den beiden Dehnungsgrenzen 0 % und 300 % fünfmal hintereinander be- bzw. entlastet. Dabei werden folgende Meßwerte aufgenommen:

- $P_{max. 1}$ = die Zugkraft der 1. Belastungskurve bei 300 % Dehnung,
- $P_{max. 5}$ = die Zugkraft der 5. Belastungskurve bei 300 % Dehnung,
- $P_{150/Bel./1}$ = die Zugkraft der 1. Belastungskurve bei 150 % Dehnung,
- $P_{150/Ent./1}$ = die Zugkraft der 1. Entlastungskurve bei 150 % Dehnung,
- $P_{150/Bel./5}$ = die Zugkraft der 5. Belastungskurve bei 150 % Dehnung,
- $P_{150/Ent./5}$ = die Zugkraft der 5. Entlastungskurve bei 150 % Dehnung,
- ΔL_{R1} = die Restlängenänderung vor der 2. Belastungskurve,
- ΔL_{R5} = die Restlängenänderung vor der 6. Belastungskurve.

Ein Schema des 1. und 5. Dehnungsspiels des nach diesem Verfahren entstehenden Kraft-Längenänderungs-Diagramms und die Lage der zu entnehmenden Meßwerte sind in Abbildung 14 dargestellt.

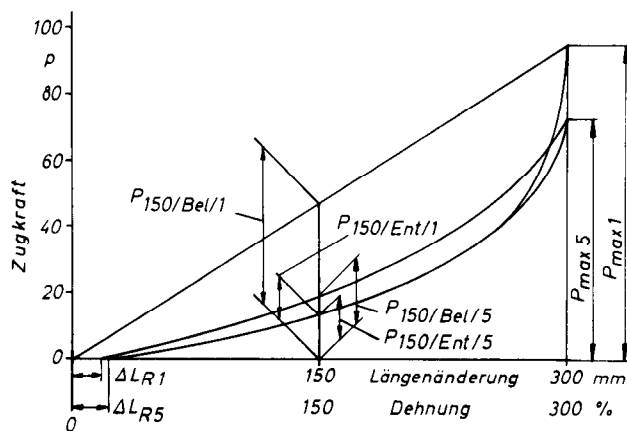


Abb. 14: Schema des Kraft-Längenänderungs-Diagramms bei der Bestimmung des zugelastischen Verhaltens mit konstanten Dehnungsstufen (mit Angabe der nach DIN 53 835, Bl. 2, aufzunehmenden Meßwerte)

Als weiteres Beispiel sind in Abbildung 15 die Meßwerte für zwei verschiedene Elastomeraseidentypen angeführt. Die eine der Seiden lag für den Versuch in zwei unterschiedlichen

Feinheiten vor. Die eingerahmten Daten werden zwar nach DIN 53 835, Bl. 2⁴) noch verlangt, aber nicht mehr ausgewertet. Das war lediglich in der ersten Vorlage dieser Norm vorgesehen. Aus den übrigen Meßwerten sollen für jeden einzelnen Prüfling folgende Merkmale errechnet werden:

$$\epsilon_R = \frac{\Delta L_R}{L_0} = \text{die Restdehnung (für das 1. und 5. Dehnungsspiel),}$$

$$\epsilon_{el} = \epsilon_{ges} - \epsilon_R = \text{die elastische Dehnung (für das 1. und 5. Dehnungsspiel),}$$

$$B_5 = \frac{P_{max1} - P_{max5}}{P_{max1}} = \text{der relative Kraftabfall für das 5. Dehnungsspiel,}$$

$$C_5 = \frac{P_{150/Ent./5}}{P_{150/Bel./5}} = \text{das Kraftverlustverhältnis bei 150 % Dehnung für das 5. Dehnungsspiel,}$$

$$H = \frac{P_{150/Bel./5}}{P_{max5}} = \text{die Zugbeanspruchungszahl.}$$

	<i>Lycra</i> 560 den	<i>A K U</i> 420 den	<i>A K U</i> 700 den
<i>Z u g k r ä f f t e</i>			
P_{max1}	95,5 p	29,2 p	49,3 p
P_{max5}	73,4 p	14,2 p	20,0 p
$P_{150/Bel./1}$	40,1 p	13,5 p	25,3 p
$P_{150/Ent./1}$	13,0 p	4,4 p	9,9 p
$P_{150/Bel./5}$	10,9 p	5,7 p	11,9 p
$P_{150/Ent./5}$	13,1 p	4,3 p	9,0 p
<i>R e s t - L ä n g e n ä n d e r u n g e n</i>			
ΔL_{R1}	10,0 mm	11,4 mm	11,9 mm
ΔL_{R5}	22,4 mm	16,4 mm	14,9 mm

Abb. 15: Aufgenommene Meßwerte nach DIN 53 835, Bl. 2, für verschiedene Elastomeraseiden

Die arithmetischen Mittelwerte daraus charakterisieren die Merkmale der Elastomeraseide. Die drei für das Beispiel gewählten Proben sind in Abbildung 16 zusammengestellt. Die Restdehnung und die elastischen Dehnungen sind trotz der geringen Differenzierung noch leicht deutbar. Schwieriger dagegen ist eine Diskussion der drei übrigen Werte.

Es sind zwar sowohl für den relativen Kraftabfall B_5 als auch für das Kraftverlustverhältnis C_5 und die Zugbeanspruchung H Werte zwischen Null und Eins zu erwarten, doch gilt B_5 als umso günstiger, je niedriger sich sein Zahlenwert ergibt, C_5 und H dagegen, je höher deren Zahlenwerte liegen. Warum selbst durch eine Änderung des Titers bei völlig gleichem Typ der Proben zum Teil derart große Unterschiede in diesen Daten auftreten, kann anhand dieser wenigen Beispiele nicht geklärt werden. Auf alle Fälle scheint die Aussagekraft in bezug auf das zugelastische Verhalten nicht immer eindeutig zu sein.

Ein ähnliches Verfahren, das noch durch eine daran anschließende Entlastung, einen Relaxationsversuch, eine weitere Entlastung und eine Dehnung bis zum Auftreten einer

	Lycra 560 den	AKU 420 den	AKU 700 den
<i>Rest-Dehnungen</i>			
ϵ_{R1}	18,0 %	11,4 %	11,9 %
ϵ_{R5}	22,4 %	16,4 %	14,9 %
<i>Elastische Dehnungen</i>			
ϵ_{el1}	282 %	289 %	288 %
ϵ_{el5}	278 %	284 %	285 %
<i>Relativer Kraftabfall</i>			
$B_5 = \frac{P_{max1} - P_{max5}}{P_{max1}}$	0,231	0,514	0,432
<i>Kraftverlustverhältnis</i>			
$C_5 = \frac{P_{150/Ent/5}}{P_{150/Bel/5}}$	0,693	0,754	0,824
<i>Zugbeanspruchungszahl</i>			
$H = \frac{P_{150/Bel/5}}{P_{max5}}$	0,257	0,401	0,425

Abb. 16: Berechnete Merkmalswerte nach DIN 53 835, Bl. 2, für verschiedene Elastomerseiden

geringen Zugkraft erweitert wurde, ist von Röhrig¹⁶⁾ für Elastomerefäden und elastische Flächengebilde angegeben worden. Die obere Dehnungsgrenze und die Relaxationsdauer werden in Abhängigkeit von der Art des Prüflings jeweils festgelegt. Röhrig weist darauf hin, daß die Auswertung der erhaltenen Meßergebnisse noch ein großes Problem darstellt. Als einfachste Methode schlägt er vor, durchsichtige Schablonen mit der Sollkurve und den Toleranzgrenzen auf die ermittelten Kurven aufzulegen und derart die Güte der geprüften Materialien zu beurteilen. Diese Methode eignet sich zwar für innerbetriebliche Prüfungen, jedoch nicht für ein zu standardisierendes Prüfverfahren. So können also weder das Verfahren nach DIN, noch das nach Röhrig für sich in Anspruch nehmen, physikalisch einfach durchschaubar zu sein und zu einem ökonomisch günstigen Verhältnis zwischen Prüfaufwand und Aussagewert der Ergebnisse zu führen.

Verfahren mit konstanten Dehnungsgrenzen sind in neuerer Zeit auch von anderen Autoren angegeben worden, so zum Beispiel von Wegener und Wulfhorst^{19, 21)}, sowie von Lünenschloß und Busch¹⁰⁾. Wegener und Wulfhorst verwendeten untere Dehnungsgrenzen von 10, 80 und 180 % bei konstanten Differenzen von 20 %. Sie geben für den Zusammenhang zwischen der Zugspannung σ und der Lastwechselanzahl L bzw. der Versuchsdauer t die gleiche Beziehung an, wie sie von uns früher für die Auswertung des zugelastischen Verhaltens bei konstanten Kraftstufen^{24, 25)} gefunden und neuerdings auch für jene von Relaxationsversuchen (Abb. 10) verwendet wurde.

Lünenschloß und Busch beanspruchten Fadensharfen aus Elastomerseiden mit konstanten Dehnungsstufen zwischen 0 % als unterer und 10, 50 oder 100 % als oberer Dehnungsgrenze auf dem DeMattia-Gerät (bis zu 100 000 Dehnungswechsel bei 5 Hz). Dieser Versuch gehört also schon zu den dynamischen Prüfungen. Gemessen wird die Zugkraft an der oberen Dehnungsgrenze nach jeweils unterschiedlicher Lastwechselanzahl. Eine Darstellung des Verhältnisses dieser

Zugkraft zu jener beim ersten Dehnungszyklus gegen den Logarithmus der Lastwechselanzahl ergibt eine geknickte Gerade. Trägt man dagegen dieses „Höchstkraftverhältnis p“, wie es früher von uns²⁵⁾ genannt wurde, über der Anzahl der Dehnungswechsel im doppeltlogarithmischen Netz (Abb. 17) auf, so erhält man in guter Näherung Gerade der Gleichung

$$\lg p = \lg p_{ex} - k \lg L$$

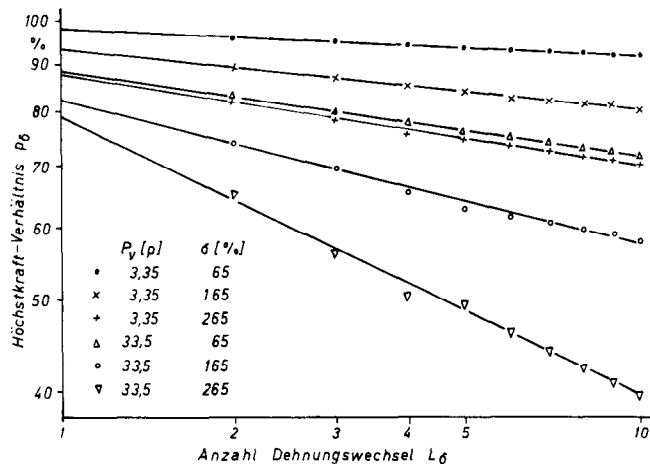


Abb. 17: Abhängigkeit des Höchstkraftverhältnisses von der Anzahl der Dehnungswechsel beim zugelastischen Verhalten mit konstanten Dehnungsstufen

Obwohl wir früher²⁵⁾ mit zum Teil höheren oberen Dehnungsgrenzen (65, 165 und 265 %) und nur zehn Dehnungswechseln, sowie mit einer viel geringeren Frequenz an einem statischen Zugprüfgerät arbeiteten, sind die aus den Ergebnissen von Lünenschloß und Busch berechenbaren „extrapolierten Höchstkraftverhältnisse p_{ex} “ und „Steigungen - k“ ebenfalls linear von der oberen Dehnungsgrenze abhängig, wie dies von uns für eine Elastomerseide gezeigt werden konnte (Abb. 18).

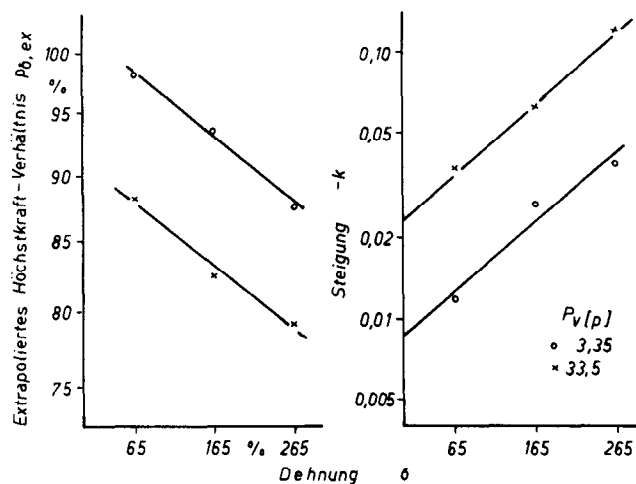


Abb. 18: Abhängigkeit des extrapolierten Höchstkraftverhältnisses und der Steigung der Geraden nach Abbildung 17 von der oberen Dehnungsgrenze beim zugelastischen Verhalten mit konstanten Dehnungsstufen

Zur Beurteilung des elastischen Verhaltens von Materialien müßte es also genügen, die Prüfungen bei zwei möglichst weit auseinanderliegenden oberen Dehnungsgrenzen durchzuführen, um das Verfahren im Hinblick auf Prüfaufwand und Ökonomie zu verbessern. Ob dann die den linearen Zusammenhang kennzeichnenden Konstanten A_p , B_p , A_k und B_k der beiden Geradengleichungen

$$p_{ex} = A_p - B_p \epsilon_0$$

$$\lg(-k) = A_k + B_k \epsilon_0$$

als Materialkonstanten zu deuten sind, müßte noch geklärt werden. Wie aus Abbildung 18 hervorgeht, erwiesen sich bei unseren Untersuchungen A_p und A_k als abhängig von der Vorspannkraft, B_p und B_k dagegen als davon unabhängig.

Eine solche Auswertung kann unter Umständen große Einsparungen in der Prüfdauer ermöglichen. Die Anwendung auf die von Lünenschloß und Busch¹⁰⁾ bis zu 100 000 Dehnungswechsel durchgeführten Untersuchungen zeigt, daß sich gegenüber einer Beanspruchung bis zu 100 oder 1000 Dehnungswechsel kaum zusätzliche Informationen erzielen lassen. Die Laufdauer des verwendeten DeMattia-Gerätes ließe sich also von 5 1/2 Stunden auf 20 Sekunden oder 3 1/3 Minuten ohne merklichen Informationsverlust herabsetzen.

Trotz dieses ökonomisch beachtlichen Gewinns bleibt aber die Tatsache der Kompliziertheit dieses Auswerteverfahrens bestehen. Die sich schließlich daraus ergebenden Konstanten sind dem Beanspruchungsvorgang auch nicht mehr einfach und verständlich zuzuordnen. Berücksichtigt man alle diese Fakten, dann kann man also auch das Verfahren mit konstanten Dehnungsgrenzen nicht zur allgemeinen Anwendung empfehlen.

5.4 Verfahren mit konstanten Kraftstufen

Dieses Verfahren, welches zur Bestimmung des zugelastischen Verhaltens dient, ist von uns schon wiederholt beschrieben worden^{24, 25)}, sodaß auf Einzelheiten verzichtet werden kann. Im Prinzip wird ein unter einer feinheitsbezogenen Vorspannkraft P_v eingespannter Prüfling zehnmal hintereinander bis zu einer oberen Kraftgrenze P_o belastet und bis zu einer unteren Kraftgrenze P_u entlastet. Zwei dabei aufgezeichnete Kraft-Längenänderungs-Kurven eines Elastomeraseidenfadens sind in Abbildung 19 wiedergegeben.

Man erkennt daraus deutlich, wie stark das „elastische Dehnungsverhältnis D “ (als Quotient aus elastischer und gesamter Dehnung bei jeweils bestimmtem Lastwechsel) von der unteren Kraftgrenze P_u abhängig ist. Trägt man nun dieses über der Lastwechselanzahl L im doppeltlogarithmischen Netz auf, so erhält man abfallende Geraden. Der Zusammenhang läßt sich durch die Gleichung

$$\lg D = \lg C - m \lg L$$

oder durch die Exponentialfunktionen

$$D = C \cdot L^{-m}$$

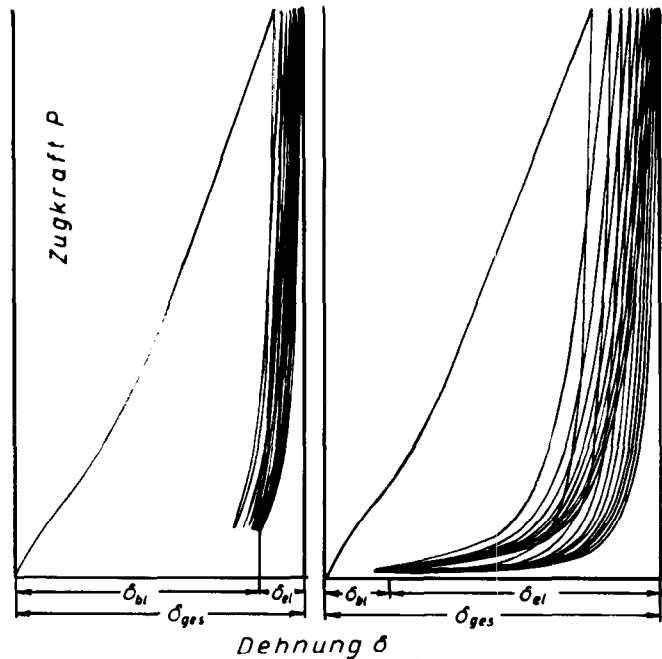


Abb. 19: Kraft-Dehnungs-Diagramme von Elastomeraseiden bei der Bestimmung des zugelastischen Verhaltens mit konstanten Kraftstufen (unterschiedliche untere Kraftgrenzen)

ausdrücken. C und $-m$ erweisen sich nunmehr als kennzeichnend für das elastische Verhalten eines Materials. Während C die anfängliche Elastizität charakterisiert, ist $-m$ ein Maß für die Neigung der Geraden und somit auch für die verbleibende Elastizität bei wiederholter Beanspruchung. Für eine gute Elastizität muß C also möglichst groß sein (bei vollständiger anfänglicher Elastizität = 100 %) und $-m$ möglichst klein (bei vollständiger verbleibender Elastizität = Null). Im Laufe unserer umfangreichen Untersuchungen zur Verbesserung und Vereinfachung des Verfahrens konnten wir folgendes feststellen:

- Die beste Übereinstimmung mit dem Verhalten im Gebrauch ergibt sich, wenn die Vorspannkraft P_v gleich der unteren Kraftgrenze P_u gewählt wird.
- Für elastische Fäden erwies sich aus verfahrenstechnischen Gründen $P_v = P_u = 0,05$ p/tex am vorteilhaftesten. Auch die Übereinstimmung mit dem Verhalten im Gebrauch ist dann gut.
- Für textile Flächengebilde ergab sich bei 5 cm Streifenbreite jene Vorspannkraft P_v bzw. untere Kraftgrenze P_u als die günstigste, die zahlenmäßig (in Pond) dem 0,1-fachen der Masse pro Flächeneinheit m_F (in g/m²) entspricht.
- Die oberen Kraftgrenzen sind entweder in Anlehnung an die im Gebrauch zu erwartenden Zugkräfte bzw. Zugspannungen oder anhand des Kraft-Längenänderungs-Diagramms im Hinblick auf die voraussichtlichen Dehnungen festzulegen.
- Am günstigsten ist es, mit möglichst vielen Kraftstufen und möglichst wenigen Einzelwerten je Kraftstufe (im Grenzfall nur ein Einzelwert pro Kraftstufe) zu arbeiten und die Ausarbeitung graphisch vorzunehmen.

- Es genügt, die elastischen Dehnungsverhältnisse D für den 1. und den 10. Lastwechsel zu berechnen; daher sind die bleibenden bzw. die gesamten Längenänderungen nur bei diesen beiden Lastwechselzahlen abzulesen.
- In guter Näherung kann für die Konstante C das elastische Dehnungsverhältnis D_1 beim 1. Lastwechsel als Maß für die anfängliche Elastizität gesetzt werden.
- Für die Steigung $-m$ kann in guter Näherung die Differenz der Logarithmen der elastischen Dehnungsverhältnisse D_1 und D_{10} beim 1. und 10. Lastwechsel, also

$$-m = \lg D_1 - \lg D_{10}$$

gesetzt werden.

- Der Einfluß der Dehnungsgeschwindigkeit auf die Konstante C und auf die Steigung $-m$ ist gering; erstere ist daher so zu wählen, daß die Laborantin die erforderlichen Längenänderungswerte gut und sicher ablesen kann.

Bisher wurden von uns vorzugsweise nur Fäden nach diesem Verfahren geprüft. An den folgenden Bildern soll aber gezeigt werden, wie gut danach auch elastische textile Flächengebilde differenziert werden können. Es wurden dazu die gleichen Fabrikate verwendet wie für die Relaxationsversuche in den Abbildungen 11 und 12. Abbildung 20 stellt zunächst die Ergebnisse für Miederwaren-Gestricke dar.

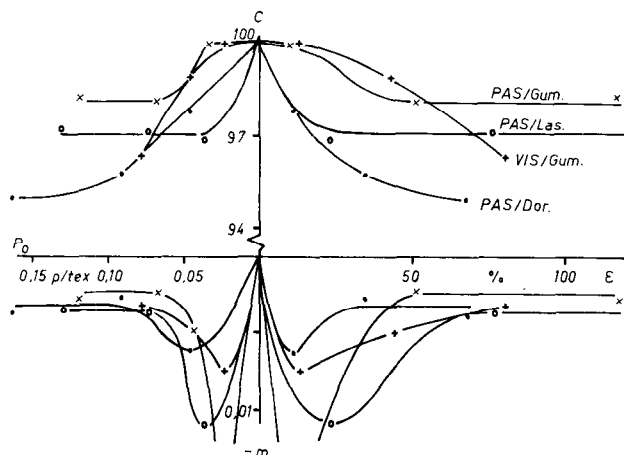


Abb. 20: Abhängigkeit der Konstanten C und der Steigung $-m$ von Spannung und Dehnung verschiedener Miederwaren-Gestricke beim zugelastischen Verhalten mit konstanten Kraftstufen

Auch hier sind wieder vier Diagramme in einem Punkt zusammenstoßend aufgetragen. Für die anfängliche Elastizität C mußte der Nullpunkt stark unterdrückt werden, um die Ergebnisse graphisch darstellen zu können. Es zeigt sich, daß die C -Werte - selbst bei relativ hohen Dehnungen - nicht unter 95 % absinken. Bei den $-m$ -Werten für die verbleibende Elastizität ist auffallend, daß bei geringen Dehnungen von etwa 10 bis 25 % (bzw. bei feinheitsbezogenen Zugkräften von etwa 0,02 bis 0,04 p/tex, oder bei Zugkräften von 100 p/cm Streifenbreite) ein Maximum auftritt. Dieses liegt

für die verschiedenen Artikel zwischen 0,006 und 0,019. Bei höheren Dehnungen oder Kräften sinkt $-m$ wieder auf etwa 0,002 bis 0,004 ab.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß die gekennzeichneten Werte jeweils nur Einzelergebnisse sind. Sehr gut ist zu erkennen, daß diese auf einer Kurve liegen und sich so gegenseitig absichern. In vielen Untersuchungen fanden wir es immer wieder für bedeutend zweckmäßiger, nur je einen Einzelwert zu bestimmen, dafür aber möglichst viele unterschiedliche obere Kraftgrenzen P_0 zu wählen.

Ferner ist darauf hinzuweisen, daß jeweils nur Prüflinge von neuen, also noch unbehandelten Flächengebilden eingesetzt wurden. Es handelt sich ja um eine Eignungsprüfung. Falls die „Beständigkeit“ der textilen Flächengebilde beurteilt werden soll, sind vorerst verschiedene Behandlungen nötig (z.B. Waschen, Trockenreinigen, Bügeln, künstliches Altern usw.). Anschließend kann dann ebenfalls ein Elastizitätsversuch durchgeführt werden. Aus dem Unterschied zwischen den beiden Bestimmungen sind Schlüsse auf die Beständigkeit der elastischen Eigenschaften möglich.

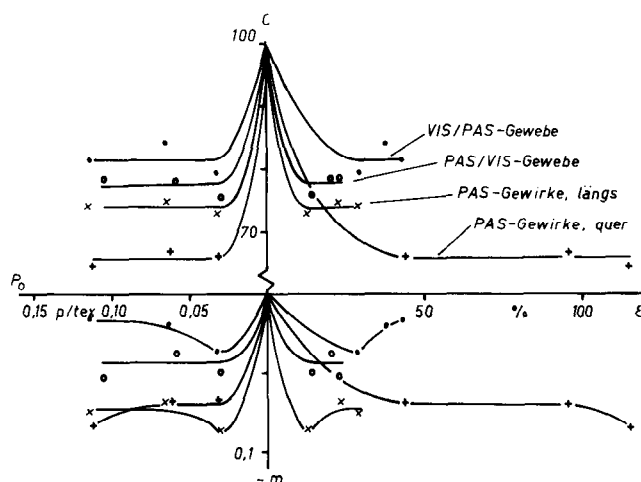


Abb. 21: Abhängigkeit der Konstanten C und der Steigung $-m$ von Spannung und Dehnung verschiedener Flächengebilde aus Texturfäden beim zugelastischen Verhalten mit konstanten Kraftstufen

Abbildung 21 zeigt die Ergebnisse für kett- bzw. schußelastische Gewebe und Gewirke. Auffällig ist, daß bei Geweben die C -Werte bei geringerer Dehnbarkeit bis auf etwa 75 %, bei Gewirken dagegen bis auf etwa 65 % absinken. Die $-m$ -Werte liegen aber bedeutend höher als die der Miederwaren-Gestricke. Sie weisen auch kein so ausgeprägtes Maximum bei niedrigen Dehnungen auf. Für Gewebe liegen die $-m$ -Werte bei etwa 0,02 bis 0,05, also fast zehnmal so hoch wie für Miederwaren-Gestricke. Der $-m$ -Wert der Gewirke liegt mit 0,07 bis 0,09 sogar noch höher.

Das von uns vorgeschlagene Verfahren ist bereits von verschiedenen anderen Autoren ebenfalls angewandt worden, so zum Beispiel von Herzog⁷⁾, Hempel⁶⁾, sowie von Lünenschloß und Busch¹¹⁾. Hempel vertritt dabei die Meinung, daß das elastische Dehnungsverhältnis zu falschen

Schlüssen führe. Für die Praxis sei die Kenntnis wichtiger, wie schnell die bleibende Dehnung anwächst.

Ob diese Forderung für alle textilen Erzeugnisse oder nur für solche mit hohen bleibenden Dehnungen zutrifft, muß noch geklärt werden. Zur Illustration bringt Abbildung 22 eine Darstellung der Konstanten C sowie der Steigung $-m$ über der bleibenden Dehnung ϵ_{bl} . Es ist daraus zu erkennen, daß die Miederwaren-Gestricke eine bedeutend geringere bleibende Dehnung aufweisen als die Flächengebilde aus Texturfäden. Dabei ist zu beachten, daß die „bleibenden Dehnungen“ zwischen dem 1. und 2. Lastwechsel gemessen worden sind. Berücksichtigt man den Einfluß der Erholungs-dauer auf die Dehnung, so ist ohneweiters klar, daß die bleibenden Dehnungen hier als zu hoch erscheinen. Da die Abweichungen aber auf der „sicheren Seite“ liegen, dürfte das kein Nachteil dieser Darstellungsweise sein.

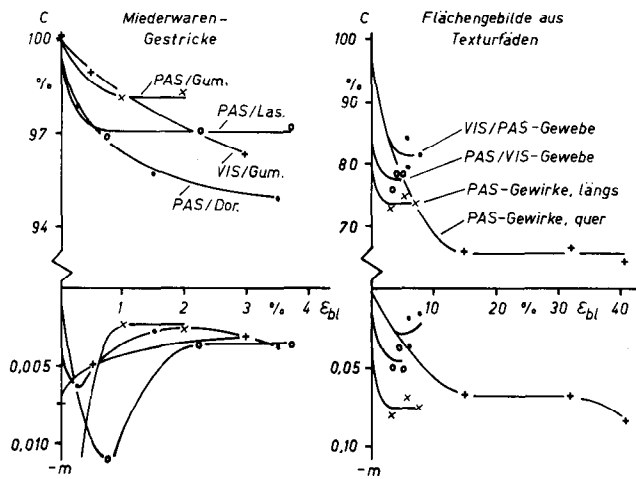


Abb. 22: Abhängigkeit der Konstanten C bzw. der Steigung $-m$ von der bleibenden Dehnung verschiedener Flächengebilde beim zugelastischen Verhalten mit konstanten Kraftstufen

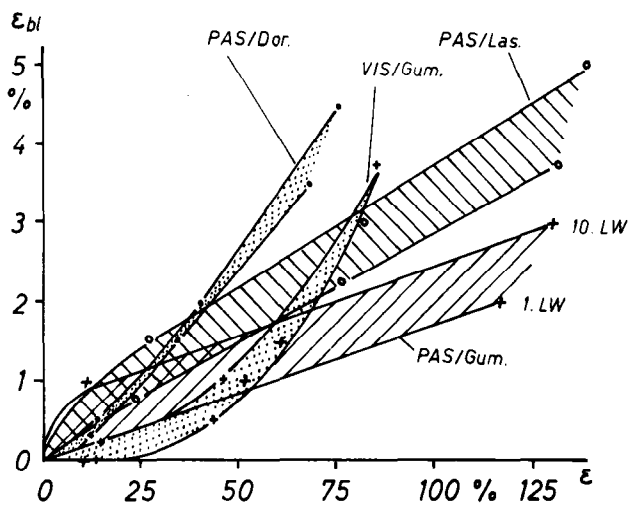


Abb. 23: Zusammenhang zwischen bleibenden und Gesamtdehnungen verschiedener Miederwaren-Gestricke beim zugelastischen Verhalten mit konstanten Kraftstufen

In Abbildung 23 sind für die Miederwaren-Gestricke die bleibenden über den Gesamtdehnungen dargestellt. Dabei sind erstere sowohl nach dem 1. als auch nach dem 10. Lastwechsel aufgetragen. Je breiter die zwischen diesen beiden Kurven entstehenden „Bänder“ sind, umso stärker ändert sich mit der Lastwechselanzahl auch die bleibende Dehnung. Obwohl die Bänder nicht nur unterschiedliche Breite, sondern auch unterschiedliche Richtung zeigen, dürfte dies für den Gebrauch von geringer Bedeutung sein, weil die bleibenden Dehnungen sehr niedrig sind.

Die entsprechende Darstellung für Flächengebilde aus Texturfäden ist in Abbildung 24 enthalten. Die Gewebe erweisen sich in bezug auf die bleibende Dehnung etwas günstiger als die Gewirke, dafür ist aber ihre Gesamtdehnung viel geringer. Dies zeigt auch ein Vergleich mit Abbildung 23, wo die bleibenden Dehnungen sowohl der Gewebe als auch der Gewirke bedeutend höher sind als die der Miederwaren-Gestricke.

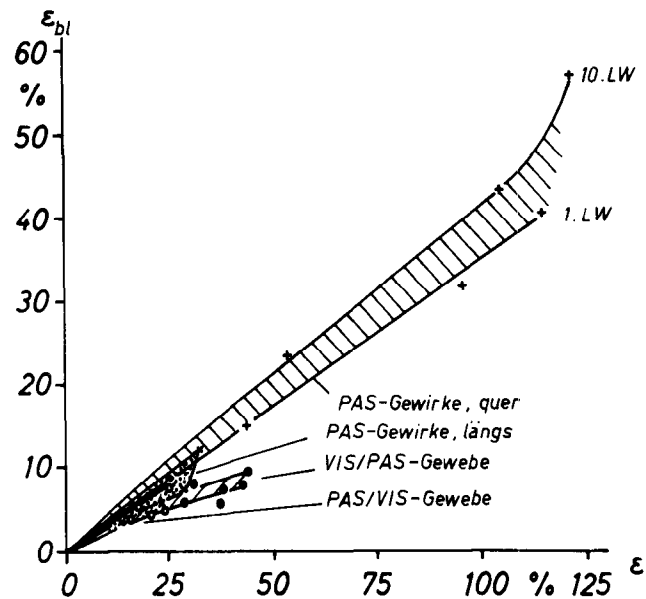


Abb. 24: Zusammenhang zwischen bleibenden und Gesamtdehnungen von Flächengebilden aus Texturfäden beim zugelastischen Verhalten mit konstanten Kraftstufen

Eine Gesamtübersicht über die Bereiche der Elastizitätskennwerte elastischer textiler Flächengebilde ist schließlich in Abbildung 25 festgehalten. Daran ist leicht zu erkennen, daß eine gute Differenzierung der verschiedenen Arten elastischer Flächengebilde möglich ist. Aus der Vielzahl der Materialien konnte von uns jedoch nur ein kleiner Teil berücksichtigt werden. Deshalb können die eingezeichneten Bereiche auch nur annäherungsweise gelten.

Zusammenfassend geht aus den durchgeführten Untersuchungen hervor, daß sich das Verfahren mit konstanten Kraftstufen nicht nur für die Prüfung elastischer Fäden, sondern auch für die Prüfung elastischer textiler Flächengebilde sehr rationell einsetzen läßt. Wird die graphische Darstellung gewählt, dann kann die Prüfung auf einen einzigen Prüfling

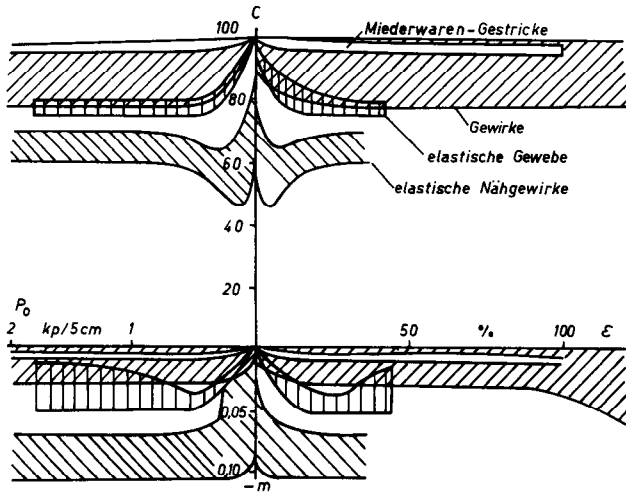


Abb. 25: Angenäherte Bereiche der Konstanten C und der Steigung $-m$ in Abhängigkeit von Spannung und Dehnung verschiedener Flächengebilde beim zugelastischen Verhalten mit konstanten Kraftstufen

je Kraftstufe beschränkt werden. Dadurch ist es möglich, besonders interessierende Kraft- bzw. Dehnungsbereiche in engen Abstufungen zu untersuchen, ohne den Prüfaufwand zu stark anwachsen zu lassen. Weiters spricht für dieses Verfahren die leichte Deutungsmöglichkeit der Konstanten C als „anfängliche Elastizität“ und der Steigung $-m$ als Maß für die „verbleibende Elastizität“.

Danksagung

Für die Unterstützung bei der Durchführung der erforderlichen Arbeiten zu diesem Vortrag möchte ich allen meinen Mitarbeitern recht herzlich danken. Insbesondere gilt mein Dank Fräulein K. P u h l e für die Durchführung der vielen experimentellen Untersuchungen.

Literatur:

- 1) C.A. Dahlquist und M.R. Hatfield: „Constant Stress Elongation of Soft Polymers: Time and Temperature Studies“; J. Colloid Sci. 7, 253-267 (1952)
- 2) DIN 53 801, Bl. 3, Nachdruck Sept. 1947 von DIN DVM 3801, Bl. 3: „Prüfung von Fasern, Gespinsten und Geweben; mechanisch-technologische Verfahren. IV. Messungen an Garnen und Zwirnen“
- 3) DIN 53 835, Bl. 1, Februar 1963: „Prüfungen des zugelastischen Verhaltens von Garnen und Zwirnen bei steigenden Kraftstufen im Zugversuch“
- 4) DIN 53 835, Bl. 2, 2. Vorlage Mai 1967: „Prüfung des zugelastischen Verhaltens von Elastomer-Endgarnen zwischen konstanten Dehnungsgrenzen“
- 5) R.J. Elia und J. Drouges: „Untersuchungen der Kraft- und Dehnungsanforderungen an Lycra und andere Elastomergarne“ Chemiefasern 15(11), 876-879 (1965); Man-Made Textiles 42, Nr.491, 30-33 (1965).
- 6) P. Hempel: „Bestimmung der textilphysikalischen Eigenschaften von Falschdraht-Texturseiden. Bestimmung der Kräuselungsbeständigkeit.“ Deutsche Textiltechnik 16(11), 682-687, 16(12), 736-742 (1966)
- 7) W. Herzog: „Zusammenhang zwischen den Fasereigenschaften und den Eigenschaften der Fertigware“ Melliand Textilber. 46(8), 819-826 (1965)
- 8) B.V. Iyer und M. Dentler: „Das elastische Verhalten von Natur- und Chemiefasern bei geringen Belastungen“ Textil-Praxis 22(10), 677-680; 22(11), 755-759 (1967)
- 9) G.N. Kukin und A.N. Solovev: „Untersuchungen der Relaxation der Zugdeformation in textilen Fäden“ Faserforsch. u. Textiltech. 9(1), 21-30 (1958)
- 10) J. Lünenschloß und F. Busch: „Einige Verfahren zur Prüfung von Elastomorfäden und elastischen Stoffen“ Textil-Praxis 21(1), 54-58, 21(2), 128-131 (1966)
- 11) J. Lünenschloß und F. Busch: „Die Prüfung des statischen und dynamischen Festigkeits-Dehnungs- sowie des Längen-Temperaturverhaltens von verschiedenen Elastomer- und Gummifäden bei thermischer bzw. hydrothermischer Einwirkung“ Textil-Praxis 22(12), 823-824 (1967); 23(1), 18-20; 23(2), 71-72; 23(3), 137-142; 23(4), 209-214 (1968)
- 12) A.W. Marvin und S.B. Jhangiani: „Elastic Recovery Properties of some Rib Fabrics“ Textile Inst. and Ind. 6(3), 74-75 (1968)
- 13) W. Meskat und W. Hoffmann: „Relaxationsvorgänge bei Monofilen unter gleichzeitiger überlagerter Zugwechselbeanspruchung“ Rheologica Acta 1(1), 77-86 (1958)
- 14) Nederlandse Reologische Vereniging: „Proposals on Rheological Nomenclature and Definitions“; Delft and Heerlen 1956
- 15) H. Oberst: „Elastische und viskose Eigenschaften von Werkstoffen. Grundlagen und Begriffe.“ Berlin/Köln/Frankfurt (Main), Beuth-Vertrieb 1963
- 16) W. Röhrig: „Eigenschaften, Verarbeitung und Anwendungsgebiete von Elastomorfäden“, Vortrag bei der VI. Internationalen Chemiefasertagung in Dornbirn 1967. Lenzinger Berichte 24, 26-50 (1967); Melliand Textilber. 49(3), 254-259; 49(4), 383-390 (1968)
- 17) W. Wegener: „Dehnung und Elastizität von Kunstseiden in Abhängigkeit von Zeit und Belastung“ Zellwolle, Kunstseide, Seide 46(8), 298-303; 46(9), 342-349 (1941)
- 18) W. Wegener: „Festigkeits- und Formänderungseigenschaften“, Kapitel IX im Handbuch der Werkstoffprüfung, Band V: „Prüfung der Textilien“ Herausgegeben von H. Sommer, Berlin/Göttingen/Heidelberg; Springer-Verlag 1960, S. 448-450
- 19) W. Wegener und B. Wulforst: „Die Eigenschaften von thermisch und hydrothermisch vorbehandeltem Lycra“; Z.f.d.ges. Textilind. 68(10), 738-742; 68(11), 835-842 (1966)
- 20) W. Wegener und B. Wulforst: „Dynamometrische Eigenschaften von Elastomer- und Gummifäden“ Z.f.d.ges. Textilind. 69(8), 533-539 (1967)
- 21) W. Wegener und B. Wulforst: „Dynamometrische Eigenschaften von Elastomeren“ Chemiefasern 17(9), 736-744 (1967)

- 22) F. Winkler: „Die Auswertung von Retardations- (Kriech-) Versuchen mit Hilfe des verallgemeinerten Kelvin-Voigt-Modells: I. Die Belastungskurven.“ Faserforsch. u. Textiltechn. 9(1), 30-36 (1958)
- 23) F. Winkler: „Die Auswertung von Retardations- (Kriech-) Versuchen mit Hilfe des verallgemeinerten Kelvin-Voigt-Modells: II. Die Verbesserung der Näherungswerte.“ Faserforsch. u. Textiltechn. 12(10), 480-487 (1961)
- 24) F. Winkler: „Zur Bestimmung des zugelastischen Verhaltens von Textilien“; Faserforsch. u. Textiltechn. 13(5), 211-223 (1962)
- 25) F. Winkler: „Der Einsatz moderner Zugprüfgeräte für die Bestimmung der zugelastischen und dynamischen Eigenschaften von Textilien“ Chemiefasern 15(9), 675-684 (1965)
- 26) F. Winkler: „Möglichkeiten zur Prüfung elastischer Fäden“ Deutsche Textiltechnik 18(6), 371-375; 18(7), 445-451 (1968)
- 27) F. Winkler und A. Bauer: „Dynamische Zugprüfung von Fäden. X. Kritische Betrachtungen zum Begriff Sekantenmodul.“ Faserforsch. u. Textiltechn. 19(6), 278-284 (1968)

Diskussion:

Prof. Köb: Darf ich nun bitten, zum Vortrag von Herrn Dr. Winkler Stellung zu nehmen? Dessen Arbeit ist ein Beispiel dafür, wie sehr man sich mit mathematischen Methoden auseinandersetzen muß, um einigermaßen die Elastizität der Fasern beschreiben zu können.

Dr. Riggert: Bei dem von Ihnen vorgeschlagenen Test wird die Dehnung nach einer konstanten Belastung bestimmt. Nach der DIN-Norm wird aber die Belastung auf die konstante Dehnung bezogen. Das ist im Prinzip ein großer Unterschied. Es könnte daher - je nachdem, welche Methode man anwendet - ein und dasselbe Material einmal besser, das andere Mal schlechter abschneiden.

Wenn Sie einen Elastomorfaden mit 350 % Dehnung und 1 g/den Festigkeit haben, dann wird dieser - im Vergleich zu einer Faser, die bei gleicher Reißfestigkeit eine höhere Dehnung besitzt - durch den DIN-Test stärker beansprucht, als wenn Sie ihn nur mit 0,5 g/den belasten. In diesem Zusammenhang ergibt sich die Frage, was nun wirklich praxisnäher sei, das elastische Verhalten bei konstanter Dehnung oder bei konstanter Belastung zu vergleichen.

Dr. Winkler: So prinzipiell sind diese Unterschiede gar nicht, denn wir können natürlich bei der Bestimmung der Zugelastizität die obere Kraftgrenze so wählen, daß sie beispielsweise bei 300 % Dehnung liegt. Der größte Unterschied besteht meiner Meinung nach im Auswerteverfahren, das bei Bestimmung des zugelastischen Verhaltens mit konstanten Kraftstufen darum viel klarer wird, weil man dabei die Dehnungen zueinander ins Verhältnis setzt (d.h. das Verhältnis der elastischen zur gesamten Dehnung). Auf diese Weise bekomme ich einen begrifflich besser durchschaubaren Wert, der mir auch verstandesmäßig eine Aussage über die verschiedenen Elastizitäten macht. Wenn ich ein elastisches Dehnungsverhältnis von 100 % bekomme, dann bedeutet das, daß die Elastizität eben wirklich 100 % beträgt. Bei einem Verhältnis von Kräften dagegen - seien es nun jene bei 150 % Dehnung, bezogen auf 300 %, oder jene vom fünften Lastwechsel, bezogen auf die beim ersten Lastwechsel, oder gar eine Differenz, bezogen auf den ersten Lastwechsel - ist es für den Anwendungstechniker schon schwieriger, ein Maß für die Elastizität heraus-

zulesen. Ansonsten können wir die Kraftgrenze frei wählen, und zwar so, daß wir in einen für die Praxis interessanten Dehnungsbereich kommen. Wir können also ohneweiters anhand des Kraft-Dehnungs-Diagramms feststellen: Bei 300 % Dehnung haben wir zum Beispiel eine Zugkraft von 1,5 p/den; diese nehmen wir dann einfach als obere Kraftgrenze an.

Dr. Riggert: Wenn Sie Fasern verschiedener Provenienz miteinander vergleichen, dann prüfen Sie ja auch nicht alle bei 0,5 p/den, sondern passen jeweils die Belastung der Dehnung an.

Dr. Winkler: Wir passen uns den Forderungen des Auftraggebers, des Verbrauchers oder des Herstellers an. Je nach der Größenordnung, in der wir prüfen sollen, wählen wir die Kraftgrenze. Wir können zum Beispiel bei Flächengebilden eine konstante Kraft als obere Grenze festsetzen, oder aber bei Fasern und Fäden eine konstante feinheitsbezogene Kraft.

Dr. Riggert: Eine ähnliche Frage ergab sich bei einer Diskussion über den Hystereseverlust des Reifenkords, ob man nämlich auf konstante Belastung oder auf konstante Dehnung beziehen sollte. Dieses Problem ergibt sich ebenfalls. Dabei können Unterschiede entstehen, wenn wir verschiedene Materialien miteinander vergleichen.

Dr. Winkler: Wenn Sie speziell vom Reifenkord sprechen, dann wäre auch ich mit unserem Prüfverfahren vorsichtig. In diesem Falle interessiert uns nämlich nicht die Elastizität, sondern das Dauerverhalten. An dieses Problem müßte man mit dynamischen Untersuchungen herangehen, wobei wir zum Beispiel die Eigenschaften nach 10, 100, 1000 oder 10 000 Lastwechseln beurteilen. Es ist jedoch einfacher, mit einer konstanten Dehnung zu arbeiten. An einer Prüfmaschine läßt sich auch eine Dehnungsamplitude leichter einstellen als eine Kraftamplitude. Der Modul ändert sich ja im Laufe der Beanspruchung, daher ändert sich die Kraftamplitude, selbst wenn man die Dehnungsamplitude konstant hält.

Dr. Riggert: Was entspricht mehr dem praktischen Gebrauch - wenn Sie an ein Kleidungsstück denken -, daß Sie die Dehnung oder die Belastung vorgeben?

Dr. Winkler: Auch das kann man nicht allgemein beurteilen. Denken Sie beispielsweise an die Weberei, wo die größte Beanspruchung des Materials schon während des Webens erfolgt. Dort haben Sie eine mittlere Zugkraft (Kettspannung) und dieser wird eine Wechseldehnung überlagert (Öffnen des Faches). In diesem Falle müßte man also dynamisch prüfen, nämlich bei konstanter mittlerer Kraft und bei konstanter Wechseldehnung.

Beim Reifenkord liegen die Dinge jedoch etwas anders. Wenn der Reifen aufgepumpt wird, müssen die Fäden eine mittlere Kraft aufnehmen und dem Luftdruck entgegenwirken. Durch das Rollen des Reifens überlagert sich eine Dehnung; diese ist aber nicht sinusförmig, sondern bleibt jeweils solange konstant, bis sie durch den Impuls bei der Bodenberührung kurzzeitig verändert wird. Das sind Probleme, die - jenseits der Elastizitätsprüfung - im Gebiet der dynamischen Untersuchungen liegen.

Dipl. Ing. Herzog: Die Frage, ob die Dehnung oder die Spannung als Bezugsgröße zu wählen ist, kann man eben nicht so einfach beantworten. Eine Prüfung wird ja nicht um der Prüfung willen gemacht, sondern um eine Korrelation zwischen den Eigenschaften des Fertigproduktes mit denen der Faser herzustellen. Hierbei muß man überlegen, mit welcher Meßgröße man einen besseren Zusammenhang erhält. Man kann immer neue Argumente für und wider bringen. Hier wurde aber ein Prüfverfahren aufgezeigt, und die Frage ist, ob man es zum Auffinden von Korrelationen verwenden kann oder nicht.

Herr Dr. Winkler hat nur von elastischen Fäden und Geweben gesprochen. Wir haben sein Verfahren auch für nichtelastisches Material, wie zum Beispiel Spinnfasern, übernommen und damit sehr gute Erfahrungen gemacht.

Dr. Winkler: Wir haben ebenfalls auch noch andere Materialien (Seiden, Garne, Gewebe usw.) untersucht, aber aus Zeitmangel habe ich diese Versuche nicht erwähnt.

Einsatz von Chemiefasern in textilen Bodenbelägen

Dipl.-Ing. Heinz Graf

Leiter der Anwendungstechnischen Abteilung,
Farbenfabriken Bayer AG., Werk Dormagen

Ausgehend von der stetig wachsenden Bedeutung der Chemiefasern für textile Bodenbeläge wird ein Überblick über die Einsatzmöglichkeiten, die verschiedenen Herstellungstechniken und die Anforderungen in den unterschiedlichen Einsatzgebieten gegeben.

Aus der Vielfalt der Herstellungsmöglichkeiten wird als Beispiel für Entwicklungen aus jüngster Zeit die Konstruktion von gewirkten Teppichböden, ihre Eigenschaften und ihre Verwendung beschrieben.

Die unterschiedlichen Anforderungen beim Einsatz von Bodenbelägen einerseits und die enorme Spannweite der Konstruktionsmöglichkeiten andererseits erfordern eine der Praxis gerecht werdende Prüfmethode. Die vorhandenen Verfahren werden kritisch betrachtet. Anhand eines Beispiels aus der Praxis, bei dem der Einfluß des Einzeltiters, der Garnkonstruktion und der Anzahl der Fasern im Garnquerschnitt auf die Eindringtiefe, Wiedererholung und Verschleißbeständigkeit untersucht wird, wird die Anwendung der Prüfmethoden gezeigt.

Departing from the constantly growing inroads man-made fibers are making into the field of textile floor coverings, a survey is given of possible uses, different production techniques, and the requirements of various end uses.

The construction of knitted carpetings, their properties and uses, are discussed to illustrate the most recent ones of a wide variety of possible production procedures.

Test methods closely approximating practical conditions are needed in view of the varying requirements posed by the use of floorings on the one hand, and by the tremendous range of possible constructions on the other. Available test procedures are critically evaluated. Application of test methods is illustrated by a practical example, where the effects of fiber denier, yarn construction, and number of fibers in the yarn cross section on depth of compression, resilience and resistance to wear are investigated.

Der Verbrauch an Teppichen und textilen Bodenbelägen im weitesten Sinne hat seit Beginn der Fünfzigerjahre fast sprunghaft zugenommen. Ebenfalls in ständiger Expansion war seit ca. fünfzehn Jahren der die Textilbodenbeläge herstellende Teil der Textilindustrie, und dieser starke Aufwärtstrend hält nach wie vor unvermindert an.

Wo liegen die Ursachen für diese stürmische Entwicklung?

Sicherlich lag ein Grund in den Begleiterscheinungen des oft zitierten „Wirtschaftswunders“ in den meisten Industrie-

ländern: steigender Lebensstandard, Nachholbedarf, rege Bautätigkeit und Bevölkerungszunahme. Vor allem aber dürfte wohl dieser Aufschwung im Textilbodenbelag-Sektor auf zwei wesentliche Faktoren zurückzuführen sein:

1. *Einsatz von Chemiefasern.* Sie sind durch ihre vielfältigen Eigenschaften und durch die Möglichkeit, diese Eigenschaften im Hinblick auf die Erfordernisse bei Bodenbelägen modifizieren zu können, geradezu prädestiniert für dieses Gebiet. So ist es durchaus verständlich, daß, wie Bild 1 zeigt, der Anteil der verschiedenen Chemiefasertypen ständig wächst, während der Anteil der Naturfasern prozentual und absolut stetig zurückgeht. Es besteht heute gar kein Zweifel mehr darüber, daß erst die Chemiefasern das Eindringen von textilen Bodenbelägen in viele Einsatzgebiete möglich machten.

Egserverbrauch in USA für Breiteppiche
(Broadloom)

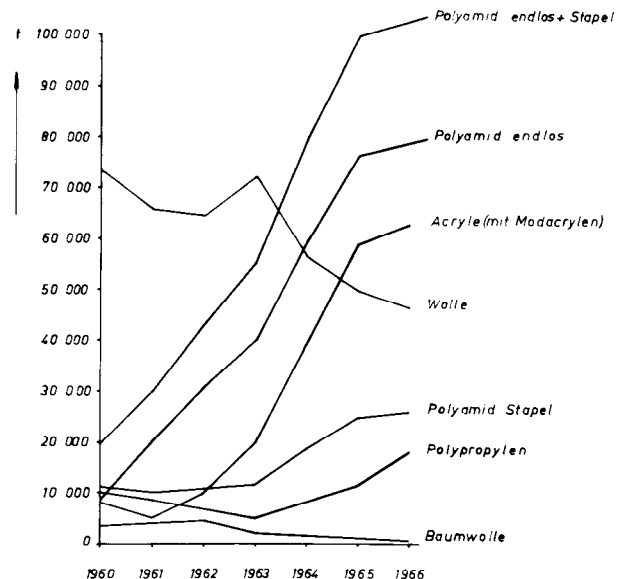


Abb. 1

2. *Neue Technologien* zur Herstellung neuartiger Bodenbeläge brachten eine zusätzliche Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten bei unter Umständen sogar niedrigeren Produktionskosten, obwohl hier nicht verschwiegen werden soll, daß auch der konventionelle gewebte Teppich seinen Markt - absolut gesehen - vergrößert hat.

Mit den neuartigen Bodenbelägen sind im wesentlichen folgende gemeint:

Nadelvelours (Tufting-Teppiche)

Nadelvliese, und als neueste Entwicklung

Polyamid-Kettstuhlvelours (gewirkt) mit Nadelvliesrücken.

Bei allen drei Bodenbelagtypen liegt eine außerordentlich glückliche Kombination von Chemiefasern und Hilfsmitteln der chemischen Industrie - wie zum Beispiel Klebern - vor, wodurch die Gebrauchseigenschaften ganz bewußt optimiert werden konnten.

Trotz der Vielfalt des Angebotes und der Markterfolge der letzten Jahre sind die Prognosen für Textilbodenbeläge nach wie vor günstig. Interessant sind in diesem Zusammenhang die Schaubilder 2 und 3, die zeigen, wie gering der Anteil an Ausgaben für Teppiche am Durchschnittseinkommen in der Bundesrepublik Deutschland 1966 war, wobei, wie in Bild 3 dargestellt, die Bundesrepublik im Mittelfeld liegt, wenn man die Zahlen verschiedener Länder miteinander vergleicht. Hieraus lassen sich ganz deutlich enorme Expansionsmöglichkeiten ableiten.

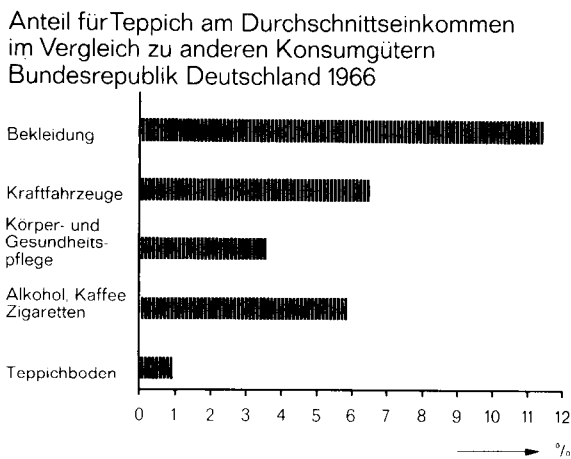


Abb. 2

Teppichverbrauch/Kopf der Bevölkerung, Stand 1965

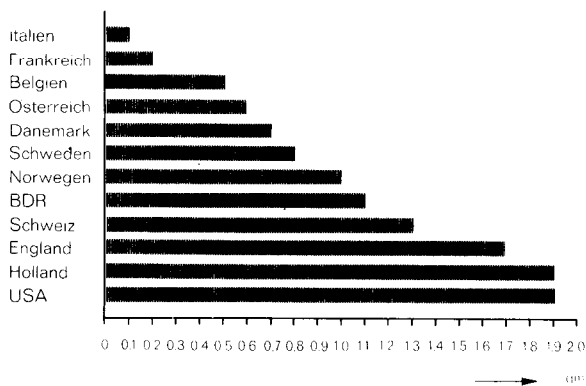


Abb. 3

Welche Vorzüge machen denn nun die Chemiefasern für den Bodenbelag so geeignet?

Um das deutlich werden zu lassen, muß man sich vergegenwärtigen, welche Anforderungen an einen Teppich bzw. an einen textilen Bodenbelag gestellt werden:

1. Steigerung der Wohnlichkeit („Wohnkultur“) durch gutes Aussehen in Struktur und Farbe.
2. Lange Lebensdauer bei gutem Aussehen.
3. Pflegeleichtigkeit.
4. Leichte Verlegbarkeit.

5. Ausreichende Verschleißfähigkeit für den jeweiligen Verwendungszweck.
6. Trittschallminderung.
7. Wärmeisolierung.
8. Günstige und konstante Preisgestaltung.

Je nach Einsatzgebiet steht die eine oder die andere Eigenschaft im Vordergrund. Das erkennt man sehr gut, wenn man zum Beispiel die Verschleißfähigkeit einmal genauer betrachtet und versucht, die unterschiedlichen Beanspruchungsarten etwas zu ordnen. Man kann die Ansprüche, die in dieser Hinsicht an Bodenbeläge gestellt werden, in vier Gruppen einteilen:

1. Leichte Beanspruchung (z.B. Schlafzimmer).
2. Mittlere Beanspruchung (z.B. Wohnzimmer).
3. Starke Beanspruchung (z.B. normale Büroräume).
5. Sehr starke Beanspruchung (z.B. Großraumbüros mit Rollstühlen).

Während für die ersten beiden Gruppen praktisch alle Faserarten in Frage kommen, wird der Einsatz von Natur- und Zelluloseregeneratfasern in der dritten Gruppe problematisch, und in der vierten Gruppe haben sich eigentlich nur die gegen mechanische Beanspruchung widerstandsfähigsten synthetischen Fasern, die Polyamide, durchgesetzt. Es ist keine Übertreibung zu sagen, daß eine zweckentsprechende Ausstattung von Großraumbüros erst durch die Entwicklung von Bodenbelägen aus synthetischen Fasern möglich wurde, die als einzige Fasergruppe den enormen Verschleißbeanspruchungen durch den modernen Bürobetrieb gewachsen sind.

Während Trittschallminderung und Wärmeisolierung bei geeigneter Verarbeitung mit allen Faserarten erreicht werden können, weisen die Chemiefasern bei der farblichen Gestaltung der Bodenbeläge wieder wesentliche Vorteile auf, vor allem bei den Verarbeitungsarten, die keine oder nur beschränkte Musterungsmöglichkeiten haben.

Hier schließt der Einsatz sowohl von spinngefärbten Fasern als auch von unterschiedlich tief anfärbenden oder auch mit verschiedenen Farbstoffklassen anfärbbaren Fasern eine Lücke. Besonderes Interesse finden spinngefärbte und unterschiedlich anfärbbare Fasern für die Stückfärbung von farblich gemusterten Teppichen. Es ist so dem Verarbeiter möglich, zum Beispiel rohweiße Ware auf Lager zu nehmen und je nach Bedarf im Stück anzufärben. Die enormen kommerziellen Vorteile dieser Verfahrensweise durch kleineres Lager und einfachere Disposition liegen klar auf der Hand.

Interessant ist die Mischverarbeitung unterschiedlich gefärbter Fasern übrigens nicht nur wegen des koloristischen Effekts, sondern auch wegen der geringen Schmutzbarkeit.

Auch bei dem Punkt „leichte Pflegbarkeit“ zeichnen sich die Chemiefasern und insbesondere die synthetischen Fasern aus. Vor allem die Hausfrauen wissen es sehr zu schätzen, wenn sie ohne großen Arbeitsaufwand Flecken, die ja vor allem, wenn Kinder im Hause sind - durchaus nicht nur aus Staub und Sand bestehen, beseitigen können und dann

nicht **auch** noch lange auf das Trocknen dieser Stelle warten müssen. Bodenbeläge mit vollsynthetischer Oberschicht lassen sich **zur** Generalreinigung zudem **shamponieren**.

Im Zeichen der Do-it-yourself-Methode wird die leichte Verlegbarkeit des Bodenbelags sowohl für das Verlegen in Bahnen **als** auch für **das** Verlegen von Teppichfliesen zu einer wichtigen Voraussetzung.

Neben der Auswahl des richtigen Klebers werden vor allem bei Nadelvliesbodenbelägen **große** Anforderungen an die Maßbeständigkeit gestellt. Richtige Auswahl der Unterschicht, ausreichende Maßbeständigkeit der Oberschicht, Fixierung sowie gute Verklebung aller Schichten können zu einem Optimum führen.

Betrachtet man nun einerseits die unterschiedlichen Anforderungen, die **an** die Bodenbeläge gestellt werden und **an** dererseits die große Auswahl an Faserarten und Herstellungsbedingungen, **so** erhält man einen Eindruck von der ungeheuren Vielfalt dieses Sektors.

Einen Überblick über das, was heute unter dem Begriff „textiler Bodenbelag“ zusammengefaßt wird, gibt das Normblatt DIN 61 151. Naturgemäß kann dieses Blatt nichts Endgültiges darstellen und wird in bestimmten Zeitabständen sicherlich immer wieder ergänzt und überarbeitet werden müssen. Die Aufstellung spricht eigentlich für sich. **Es** ist dabei **zu** bedenken, daß sich die einzelnen Ordnungsgruppen größtenteils beliebig miteinander kombinieren lassen. Erst dann **gewinnt** man einen Eindruck von der Vielfalt der möglichen Erzeugnisse.

Aus diesem umfassenden Angebot an Bodenbelägen sollen einige typische Beispiele herausgegriffen, sowie Herstellungsverfahren, eingesetzte Fasern und Verwendungsgebiete **kurz** beschrieben werden.

Die nach konventionellen Verfahren gewebten Bodenbeläge zeigen - nicht zuletzt deshalb, weil sie nach der ältesten Methode hergestellt sind - die größte Variationsbreite, sowohl was die **Musterungsmöglichkeit** **als** auch was den Materialeinsatz angeht. Eingesetzt werden alle Arten von Faserstoffen in unterschiedlichen Feinheiten und Garnarten. Man findet dort neben den klassischen Wollgarnen ebenso Acrylfasern oder das texturierte Teppichbandchen aus Polyamid, wie auch etwa Sisalgarne aus der Hartfaserspinnerei.

Ebenso breit gestreut sind die Einsatzgebiete; sie reichen von der strapazierfähigen Auslegeware für **Großbüros** bis zum **Luxusteppich**, dessen eigentliche Aufgabe das schöne, dekorative Aussehen ist. Allen gewebten Teppichen ist gemeinsam, daß die florbildende Schicht durch Kette und Schuß eingebunden ist.

Die Tufted-Teppiche zeigen **zwar** nicht die vielfältigen Musterungen wie die Webwaren, haben aber auf Grund der einfachen Herstellungsweise einen enormen Mengenanteil im Markt erreicht (Abb. 4 und 4a).

Der Flor wird in Nadelstichteknik **als** Schlingen- oder Schnittpelours auf ein Gewebe oder Wies aufgebracht und anschließend durch Verkleben mit dem Grundmaterial fest verbunden (Abb. 5). Farbliche Musterungen werden außer

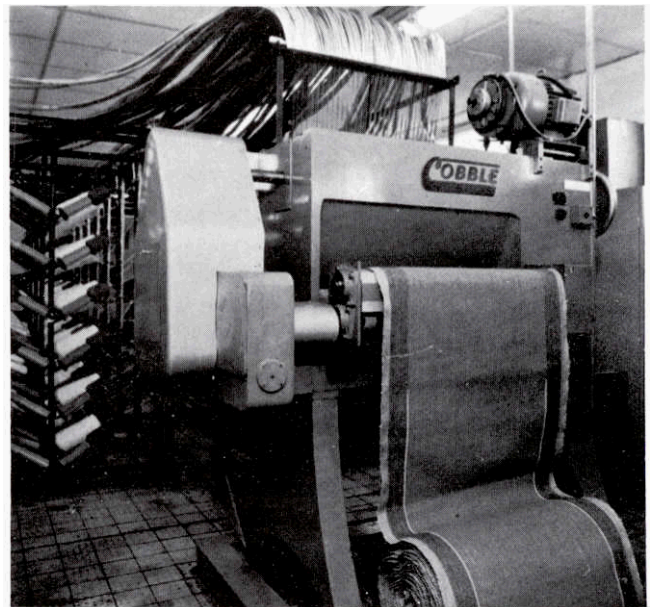


Abb. 4: Tufting-Maschine

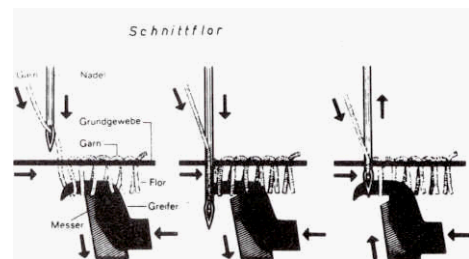
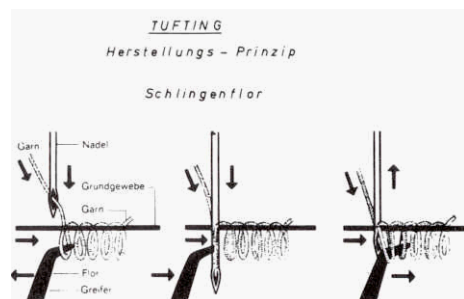


Abb. 4a

durch die Verwendung von vorgefärbten Garnen für bestimmte Einsatzgebiete zunehmend durch unterschiedlich anfarbende synthetische Fasern (**"differential dyeing"**) erzielt. Bei letzterem Verfahren können die Vorteile der Stückfärbung ausgenützt werden. Maschinelle Musterungsmöglichkeiten entstehen durch Kombination von Schlingen- und Schnittware durch Hoch-Tief- oder Zickzackmusterung.

Schon **diese** wenigen Andeutungen zeigen, daß die Chemiefasern für diese Verarbeitungstechnik **sehr** gut geeignet sind, bringen **sie** doch höchste Strapazierfähigkeit und neuartige Musterungsmöglichkeiten mit sich.

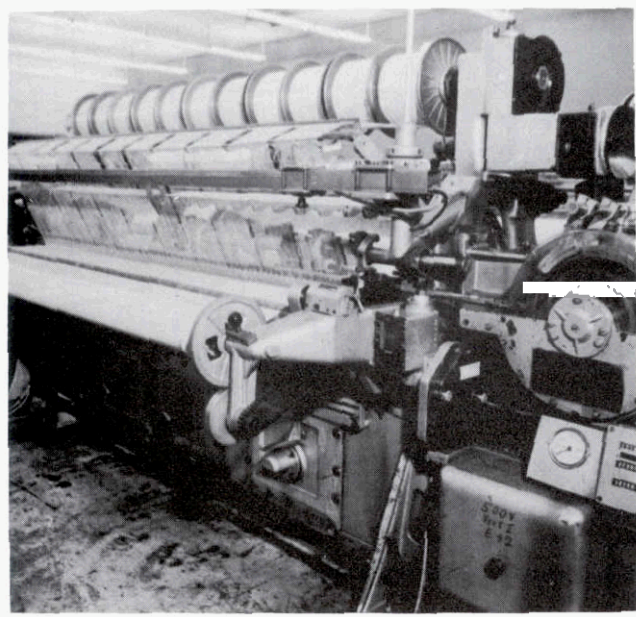


Abb. 5: Kettwirkstuhl

Während Tufted- und Nadelvliesbodenbeläge bereits allgemein bekannt sind, traten solche aus Kettstuhlgewirken erst in letzter Zeit auf. Deshalb sei dieser neuartige Bodenbelag etwas ausführlicher beschrieben.

Auf vielen Gebieten (z.B. bei Oberbekleidung, Autositzbezügen, Möbelstoffen) haben sich in den letzten Jahren Wirkveloursstoffe aus Polyamid-Endlos Garnen ausgezeichnet bewährt. Diese Waren werden auf Kettwirkstühlen mit Bindungen, die mehr oder weniger große Fadenflottierungen aufweisen, hergestellt, anschließend geraut und zum Teil auch noch geschoren (Abb. 6 und 7).

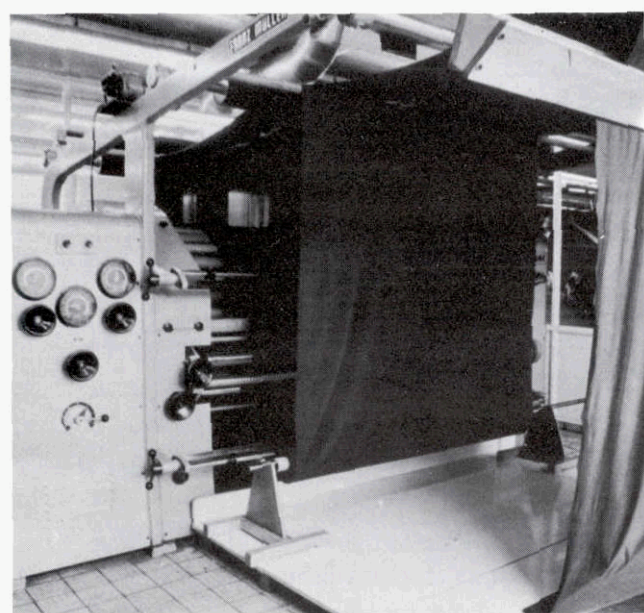


Abb.6: Raumaschine

Dabei erhält man Stoffe, die eine sehr gleichmäßige, dichte Oberfläche mit dem Charakter eines kurzen Velours haben. Dieser ansprechende Warenausfall einerseits sowie die hervorragende Verschleißfestigkeit von Polyamid andererseits ließen eine spezielle Weiterentwicklung dieser Stoffart für die Nutzschiicht von Bodenbelägen als zweckmäßig erscheinen. Als Ergebnis einer langen Prüfreihe konnten wir einen Stoff entwickeln, der sich in ausgedehnten Gebrauchsversuchen voll bewährt hat. Es handelt sich um eine schwere Wirkveloursware, die zweischienig hergestellt wird. Als Material wurde

Perlon (Titer 44/9 dtex) in der 1. Legeschiene, sowie

Perlon (Titer 100/9 dtex) in der 2. Legeschiene

verwendet. Die große Fadenflottierung, bedingt durch die Legung der L 2, ergibt eine rauhfremdige Ware und eine dichte, gleichmäßige Oberfläche. Das Quadratmetergewicht der ausgerüsteten Ware liegt zwischen 300 und 350 g. Die gute Verschleiß- und Standfestigkeit des Pols wird durch Einsatz des groben Einzelüters erzielt.

Um dem damit herzustellenden Bodenbelag ausreichende Dimensionsstabilität, Schallminderung und Trittelastizität zu geben, mußten entsprechende Unterböden konstruiert werden.

Aufbau eines Bodenbelages mit Wirkvelour-Nuttschiicht

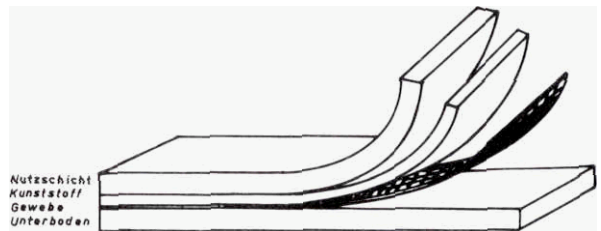


Abb. 7

Wie aus Abbildung 7 ersichtlich ist, liegt folgender Aufbau für den Bodenbelag vor.

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Nuttschiicht | Perlon-WirkVelours |
| 2. Kunststoff-zwischenschicht | PVC-PVAC-biischpoiymensat |
| 3. Unterboden | Nadelvlies, auf Traggewebe aufgenadelt und mit chemischem Binder verfestigt. |

Die Nuttschiicht sorgt für Verschleißfestigkeit, Erhöhung der Wohnlichkeit durch Struktur und farbliche Gestaltung, leichte Pflegbarkeit und zusammen mit den unteren Schichten für Wärmeisolation, Trittschallminderung und leichte Verlegbarkeit.

Die Kunststoffschicht verbindet Nuttschiicht und Unterboden und verhindert, daß Feuchtigkeit von der Nuttschiicht in den Unterboden dringen kann. Das letztere ist vor allem zur leichten Pflege (Fleckenentfernung, schnelles

Prüfwerte von gewirktem Bodenbelag

Aufbau des Bodenbelages Oberware bei allen Mustern aus Perlon dtex 44/9 1. Legeschiene aus Perlon dtex 100/9 2. Legeschiene Bindung: L 1 1-0-1/1-2-1 L 2 1-0-2/5-6-4	Dimensionsstabilität						Haftkraft Oberstoff	Trittschallverbesserung	Polelastizität (Stuhlbeintest)			Tetrapodstalker	Rollstuhltest
	Längenänderung bei 20°C 30% rel. F. F.		Längenänderung trocken - naß (2 h H ₂ O)		Längenänderung trocken - naß - trocken				sofort	2 h	4 h		
	längs	quer	längs	quer	längs	quer			%	%	%		
	%	%	%	%	%	%			kp/cm	dB	%		
PVC-PVAC Kaschierung auf Synthesefilz	+0,4	+0,3	+0,6	+1,4	+0,3	+0,8	2,3	+ 20	85	95	97	keine sichtbaren Veränderungen	16
PVC-PVAC Kaschierung auf Wollmischfaserfilz	± 0	± 0	+1,3	+0,5	+0,8	+0,5	2,4	+ 23	74	90	92		16
PVC-PVAC Kaschierung auf Jutefaserfilz	+0,3	± 0	+0,8	+0,5	+1,2	+0,4	2,3	21	79	92	93		16

Abb. 8

Trocknen) wichtig. Der Unterboden gewährleistet Dimensionsstabilität, Trittschallminderung und Wärmeisolation.

Außerordentlich wichtig ist, daß die verschiedenen Schichten in ihren Eigenschaften optimal aufeinander abgestimmt sind, da sonst durch Nässe, aber auch schon durch starke Luftfeuchtigkeitsschwankungen Längenänderungen oder gar Verwerfungen (Wölbungen) auftreten können.

Die Konstruktionen und prüftechnischen Daten eines nach dem vorher geschilderten Verfahren hergestellten Bodenbelages gibt die Tabelle in Abbildung 8 an. Wie eingangs bereits gesagt, haben sich Waren mit diesen günstigen Prüfwerten in der Praxis voll bewährt.

Die Musterungsmöglichkeiten sind bei den gewirkten Bodenbelägen begrenzt. Gut bewährt hat sich der Einsatz von Perlon-Endlos Garnen, die zum Beispiel aus schwarzen und weißen Einzelkapillaren aufgebaut sind. Der Weißanteil wird im Stück überfärbt. Streifenmusterungen durch Schären verschiedenartiger Garne sind natürlich ebenfalls möglich.

Anhand der Beschreibung dieser Qualität sollte gezeigt werden, daß die technologische Entwicklung der Bodenbelagerstellung noch lange nicht abgeschlossen ist, und daß wir sicher in Zukunft mit weiteren Entwicklungen neuer Herstellungsmethoden und Verbesserungen bereits bekannter Methoden zu rechnen haben.

Die große Vielfalt der Erzeugnisse verlangt geradezu nach einer systematischen Überprüfung der Qualitäten in möglichst schnell durchführbaren Labortests, um eine Einordnung im Hinblick auf die verschiedenen Verwendungsgebiete möglich zu machen und damit die Grundlagen für einen sinnvollen Einsatz sowie für eine Qualitätskontrolle zu schaffen.

Um diese Aufgaben zu koordinieren, wurden das Deutsche

Teppichforschungsinstitut und ein Arbeitskreis des Fachnormenausschusses Materialprüfung in Deutschland gegründet. Beide Institutionen stehen, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, vor einer großen Aufgabe. Die Prüfverfahren für Bodenbeläge mußten vielfach in den letzten Jahren erst entwickelt und auf ihre Übereinstimmung mit der Praxis, Genauigkeit und Reproduzierbarkeit überprüft werden. Natürlich hat man überall dort, wo bereits Verfahren und Erfahrungen (z.B. in den Laboratorien der teppichherstellenden Industrie bzw. der Chemiefaserindustrie) vorlagen, darauf zurückgegriffen, aber es zeigte sich, daß eigentlich nur wenige und noch nicht systematisch geordnete Unterlagen hierüber vorliegen.

Die folgende Beschreibung der Prüfverfahren für Bodenbeläge beschränkt sich auf die hierfür typischen, wobei solche Verfahren, die allgemein in der Textil- bzw. Bodenbelagsindustrie angewendet werden (z.B. zur Bestimmung der Farbechtheiten bzw. der Trittschallminderung), nicht berücksichtigt werden.

Nach dem augenblicklichen Stand kann man die Prüfverfahren in drei wesentliche Gruppen einteilen:

1. Vermessung vor und nach einer Beanspruchung,
2. Verschleißprüfungen,
3. Trittschall- und Wärmeisolationmessung.

Zur ersten Gruppe gehören unter anderem folgende Messungen:

- a) Dicke des Belages (nach Entwurf DIN 54 316),
- b) Dicke der nutzbaren Schicht,
- c) Flächengewicht der Polschicht,
- d) Pol-Rohdichte und relative Pol-Rohdichte der Fülligkeit der Polschicht (DIN 54 317).

Für die Verfahren nach a), b) und d) wurde ein Prüfgerät entwickelt, welches erlaubt, die Dicke des Prüflings unter verschiedenen Belastungen von $0,02 \text{ kp/cm}^2$ bis $2,2 \text{ kp/cm}^2$ zu messen (Abb. 9).

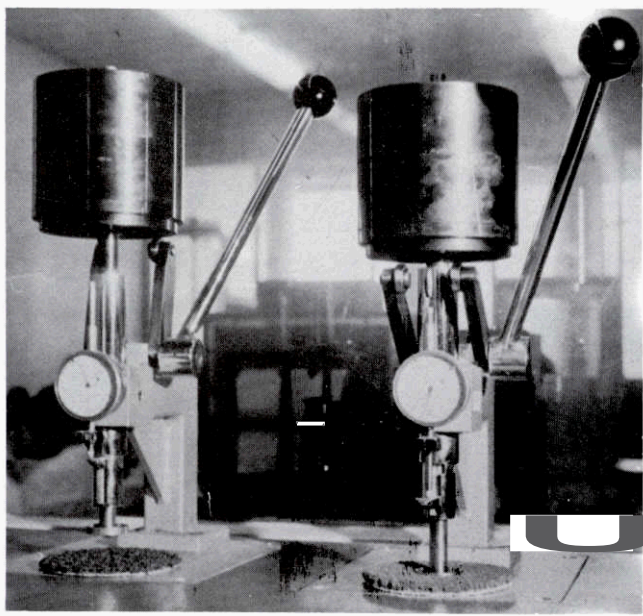


Abb. 9

Dabei wird das Meßsystem vom Anpreßdruck nicht beeinflußt. Rundversuche haben gezeigt, daß mit diesem Gerät eine ausreichende Reproduzierbarkeit auch zwischen verschiedenen Laboratorien erreicht werden kann.

Zur Messung der Dimensionsstabilität **speziell** von Nadelvlies oder Fliesen wird ein kleines Gerät nach Abbildung 10 benutzt. Voraussetzung ist natürlich, daß eine Klimakammer oder ein Klimaschrank für die unterschiedlichen Prüfbedingungen zur Verfügung steht. **Soll** die Ware einsatzfähig sein, **so** darf sie innerhalb der Grenzen

10°C	–	30 % r.F. bzw.
20°C	–	20 % r.F. und
35°C	–	90 % r.F.

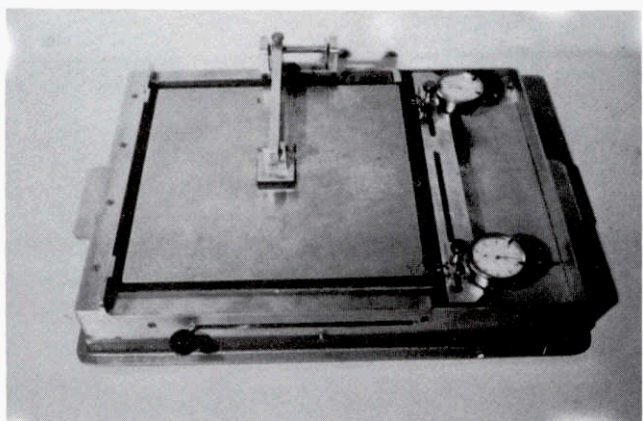


Abb. 10

die für die einzelnen Einsatzgebiete geforderten Toleranzen nicht überschreiten. Die Toleranzen liegen zwischen 0,1 und 0,2 % bei Fliesen und bei 0,5 % bei verklebter Nadelvlies-Auslegeware.

Die Ergebnisse dieser Prüfmethode beschreiben, wenn sie durch die Angabe der eingesetzten Materialien und der Herstellungsart ergänzt werden, eindeutig die Qualität; sie gestatten also auch, eine Ware, deren Verhalten in der Praxis bekannt ist, auf Qualitätskonstanz zu kontrollieren (z.B. im Rahmen einer Lizenzkontrolle). Sie gestatten aber nicht, und das sei ausdrücklich gesagt, die Bewährung einer noch nicht in der Praxis getesteten Qualität vorherzusagen.

Die zweite Gruppe der Prüfverfahren befaßt sich mit dem Verschleißverhalten.

Die Vielfalt der in Benutzung befindlichen Prüfgeräte zeigt schon, wie komplex dieses Gebiet ist und wie unterschiedlich die Beanspruchungen je nach Einsatzgebiet sind. Es kann deshalb nicht genug betont werden, daß bei Einführung grundsätzlich neuer Qualitäten, wie beispielsweise der vorher beschriebenen Kettstuhlware, auf ausreichende Praxisversuche nicht verzichtet werden kann.

Bevor Ihnen die wichtigsten und in Deutschland bekanntesten Verschleißprüfgeräte vorgestellt werden, sollen in diesem Zusammenhang ein paar Worte zur Scheuerprüfung bei Teppichen gesagt werden. Die konventionelle Scheuerprüfung mit Schmirgelpapier etc. ist nicht aussagefähig für die Strapazierfähigkeit eines Bodenbelages; einfach deshalb nicht, weil die Beanspruchung in einem Scheuerprüfgerät sich grundsätzlich von der eines Teppichs unterscheidet. Die heute noch stellenweise üblichen Ausschreibungen, in denen als einzige Versuchsbedingung für die Verschleißfestigkeit auf die Anzahl der Scheuertouren eingegangen wird, sind sachlich nicht zu vertreten; vor allem deshalb nicht, weil meistens mehrere in Aufbau und Materialeinsatz grundsätzlich verschiedene Teppiche miteinander verglichen werden.

Für die Verschleißprüfung haben sich folgende Gerätetypen bewährt.

1. der Tetrapodwaiker mit Stufe (Abb. 11),
2. der Trommeltest (Abb. 12),
3. das Lissongerät (Abb. 13) und
4. der Drehstuhltest (Abb. 14).

Bei den Farbenfabriken Bayer wurde ein Treppentestgerät (Abb. 15) entwickelt, um die Beanspruchungen auf der Treppe nachzuahmen. Während Tetrapodwaiker, Trommeltest und Lissongerät eine Nachahmung des normalen Verschleißes durch Begehen darstellen, sind Tetrapodwaiker mit Stufe, Drehstuhltest und Treppentestgerät Apparate, die eine bestimmte Extrembeanspruchung im Labor nachahmen. Die Auswertung von Verschleißprüfungen sollte nicht nur die direkt meßbaren Daten (z.B. Gewichtsverlust und Dickenminderung) enthalten, sondern auch eine Beurteilung des Verschleißbildes. Das Verschleißbild gibt zwei wesentliche zusätzliche Informationen, nämlich die über die äußerliche Veränderung des Teppichs im Gebrauch und die über die Vergleichbarkeit des eingesetzten Prüfverfahrens mit der Praxis. Stimmen Verschleißbild in der Praxis und

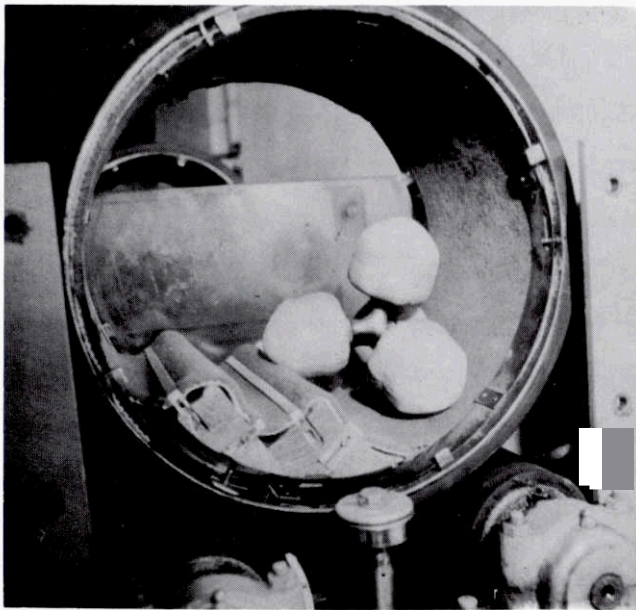


Abb. 11: Tetrapodwalker (mit Stufe)

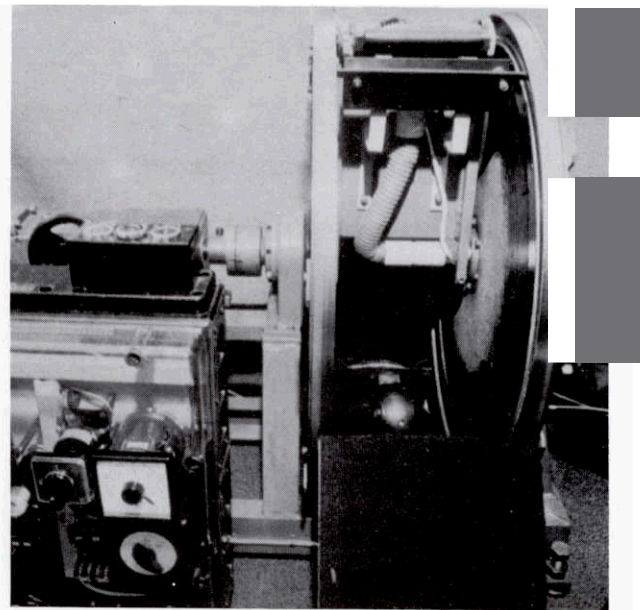


Abb. 12: Trommeltestgerät

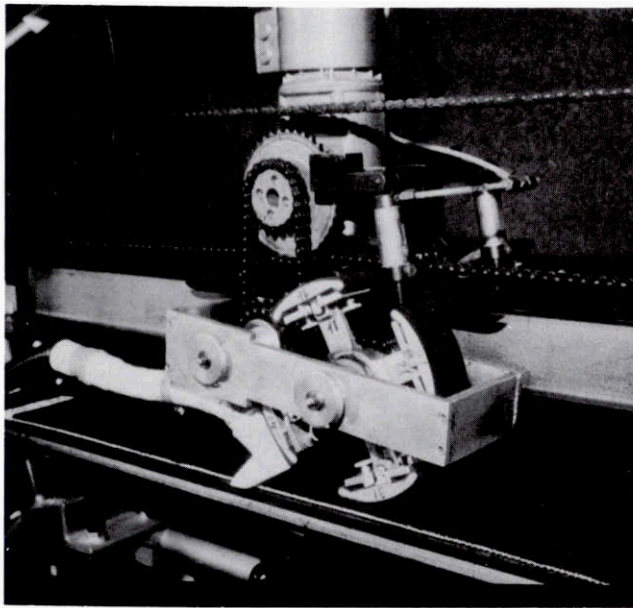


Abb. 13: Lissongerät

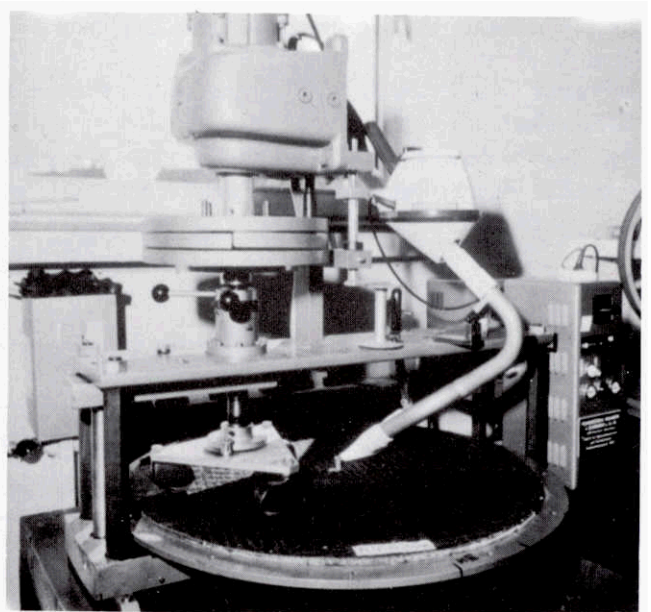


Abb. 14: Drehstuhltestgerät

im Labortest nicht überein, dann ist der Test nur mit Vorsicht und **Einschränkungen** zu verwenden.

In der Teppichindustrie wird bei der Entwicklung einer neuen Teppichqualität vorher häufig diskutiert, **was nun zweckmäßiger sei**: einheitlicher Titer oder Titermischung, Einfachgarn oder **Zwirn**, hohes oder niedriges Polgewicht, grobe oder feine Garnnummer.

Zur **Klärung** dieser Fragen lassen sich die erwähnten Prüfmethoden einfach und sinnvoll einsetzen. **An** einem Beispiel **soll** dies **kurz** demonstriert werden.

Wie weit und wie schnell sich der Flor eines Teppichs von einer Druckbeanspruchung erholt, ist vom Wiederaufrichtvermögen der Einzelfasern, von der Dichte des Flors und von der Garnkonstruktion des Teppichs abhängig. Mit Hilfe eines **Versuchsprogramms** sollte zunächst geklärt werden, **wie** eine Veränderung des Fasertiters bei konstanter Garnnummer die Druckfestigkeit bzw. die Polelastizität eines Teppichs **beeinflusst**. **Zur Klärung** dieser Frage dient die Versuchsreihe I (Abb. 16).

Um einen eventuellen Einfluß der **Zwirnung** auf die Polela-

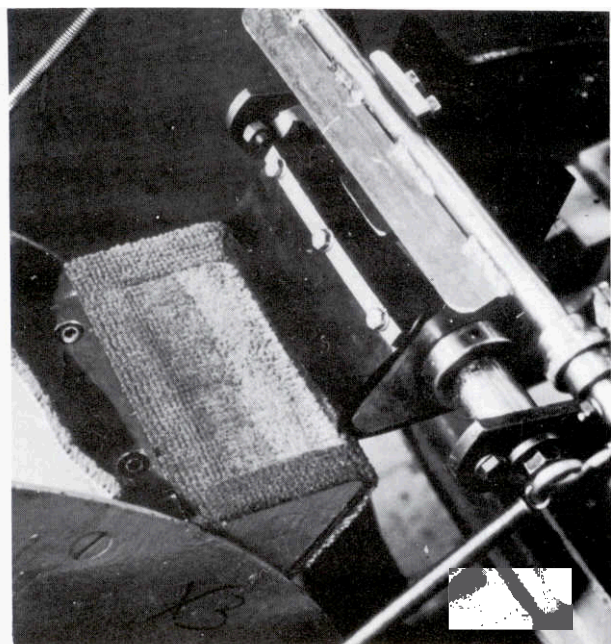


Abb. 15: Treppentestgerät

stizität eines Teppichs feststellen zu können, wird die Versuchsreihe 2 (in Abb. 16) aufgestellt. Diese Abbildung zeigt auch die als dritte Größe bezüglich ihres Einflusses auf Polelastizität und Verschleißverhalten im Teppich überprüfte Garnfeinheit.

Für diese Untersuchungen waren einige Tufting-Teppichqualitäten anzufertigen, die sich bei gleicher Stichzahl und

gleicher Polhöhe nur durch die eingesetzte Garnnummer unterscheiden. Es ist in dieser dritten Versuchsreihe jedoch bei der Diskussion der Ergebnisse zu berücksichtigen, daß durch Konstanzhaltung von Stichzahl und Polhöhe sich mit der Änderung der Garnfeinheit auch ganz zwangsläufig das Polgewicht ändert.

Geprüft wurden die Versuchsteppiche auf die in Abbildung 17 angeführten Eigenschaften.

Abbildung 18 zeigt das Ergebnis der ersten Versuchsreihe beim Einsatz unterschiedlicher Einzelfasertiter.

Während die Versuche 1, 3 und 4 keine wesentlichen Unterschiede aufwiesen (Gesamtdicke, Polhöhe, Eindringtiefe und Polelastizität liegen im selben Bereich), fällt die Titermischung aus 17 dtex und 11 dtex positiv heraus. Die Eindringtiefe ist am geringsten, die Polelastizität ist im gesamten zeitlichen Bereich der Erholung deutlich höher als bei den übrigen Versuchen. Auch beim Tetrapodwalkertest liegt die Titermischung am günstigsten, wenn visuelle Beurteilung und Abnahme der Polhöhe nach 20 000 Touren beurteilt werden. Die Beurteilung des Treppentests ergibt, daß die Titermischung zwar nicht das beste, aber immerhin das zweitbeste Ergebnis bringt.

Auch bei verändertem Polgewicht zeigte sich bezüglich der Titer wieder die gleiche Reihenfolge, das heißt, auch hier hat die Titermischung die beste Polelastizität. Ein Vorteil des höheren Polgewichtes bezüglich Polerholung oder Verschießverhaltens war nicht ersichtlich.

Faßt man die Ergebnisse dieser Reihe zusammen, so zeigt sich, daß die Titermischung so günstig abschneidet, daß es

Versuchsprogramm

Polmaterial: **Dralon** Herstellungsart: **Tufting - Schnittvelour**
 1. Versuchsreihe Einfluß des Einzeltiters
 2. " " Einfluß der Garnkonstruktion Einfachgarn Zwirn
 3. " " Einfluß der Garnnummer

Versuchsreihe Nr.	Faser		Garn		Zwirn		Teppich		Stichzahl/cm	
	Titer dtex	Schnittlänge mm	Nm	Drehung/m	Fachung	Drehung/m	eingesetztes Polgew. g/m	nutzbares Polgewicht g/m		
1	17	150	4,5	220 z	3	110 S	780	517	31	
	1085						724	36		
	827						551			
	1100						738			
2	50 4 11, 50 % 17	150	4,5	220 z	3	110 S	860		572	30
1140	760						36			
840	563									
1180	788									
2	17	150	3	180 z	2	110 S		805	538	31
	1040		695	36						
2	17	150	1,5		127 z	-	-	835	556	34
1130	756		36							
3	17	150		6	255	3	127	880	586	36
	17		5	233	1060			708	36	
	17		4	208	1130			755			36
						104				

Abb. 16

Versuchsergebnisse

Vers.-reihe	Nr.	Gesamtdicke mm	Polhöhe mm	Eindringtiefe mm	Polelastizität (DIN 54 316)					Abnahme d. Polhöhe nach 20 000 trs. Tetrapodw. %	Visuelle Oberflächenbeurteilung nach 20 000 trs. Tetrapodw. Walker	Visuelle Oberflächenbeurteilung nach 200 trs. Treppentest
					sofort %	0,25 h %	0,5 h %	1 h %	2 h %			
1	1	8,7 10,1	3,7 6,4	4,7 5,4	74,6 76,6	81,6 85,4	85,2 86,1	87,0 87,7	88,0 88,6	26,4 27,7	) Schlechtestes Bild der Vers.-Reihe 1, Oberfl. stark verfilzt u. ruppig	Schlechtestes Bild der Vers.-Reihe 1, Kante bis auf Grundgewebe durchgeschuert
	2	8,0 9,4	4,5 5,7	3,7 4,6	81,2 81,0	88,8 89,4	90,5 90,8	91,4 91,9	92,0 92,0	23,8 21,3			) Bestes Bild der Vers.-Reihe 1, Noppen gleichmäßig geöffnet.
	3	8,7 9,6	3,3 6,2	4,5 5,1	74,3 76,2	84,5 83,0	86,4 85,6	87,6 87,5	88,3 88,2	25,3 23,0	) Oberfläche ruhig, nicht verfilzt. Der Ausfall liegt zwischen Vers. 1 und 2 Die Oberfläche ist leicht verfilzt.	
	4	8,1 9,6	4,5 6,3	4,2 5,3	79,2 73,0	83,4 81,7	86,0 85,0	87,9 86,4	89,0 87,9	23,4 25,0		
2	1	8,3 10,0	4,7 6,0	4,3 5,3	74,0 77,0	82,3 82,0	85,0 87,0	86,6 89,0	87,9 91,0	26,5 26,0	) Oberfläche rau, verfilzt, Noppen unterschiedlich geöffnet	Besser als Versuch 1, nur vereinzelt wird an der Kante das Grundgew. sichtbar
	2	3,8 10,0	5,1 6,4	4,6 5,6	74,3 72,6	83,2 82,5	86,4 85,0	86,5 86,0	87,7 87,7	28,4 28,0			) Oberfläche völlig verfilzt, glatt, ohne sichtbare Noppenstruktur
	3	8,7 10,1	3,7 6,4	4,7 5,4	74,6 76,6	81,6 85,4	85,2 86,1	87,0 87,7	88,0 88,6	26,4 27,7	) Oberfläche stark verfilzt und ruppig, jedoch bestes Oberflächenbild aus der Vers.-Reihe 2	
3	1	9,0	5,5	5,9	73,6	83,5	85,5	87,0	87,8	31,3		) Schlechtestes Bild der Vers.-Reihe 3, Oberfläche ruppig, stark verfilzt, Noppen unterschiedlich geöffnet.	) Alle 3 Versuche zeigen praktisch dasselbe Verschleißbild, teilweise wird das Grundgewebe an der Kante sichtbar.
	2	10,0	5,5	6,3	78,1	86,6	87,5	89,0	89,5	26,0		
	3	9,6	4,8	5,9	79,6	87,5	88,6	89,5	91,0	23,0	) Etwas besser als Vers. 1 + 2	

Abb. 17

sicher angezeigt ist, diesen Versuch auch in die Praxis zu übertragen.

Der Vergleich von Zwirnen mit Einfachgarn bei gleicher Endnummer zeigte zwar eine Tendenz zum besseren Verhalten der Zwirne gegenüber dem Einfachgarn, aber keine eindeutige Reihenfolge bei der Messung der Polelastizität. Bei den Verschleißprüfungen ist der Dreifachzwirn eindeutig

besser als das Einfachgarn, wodurch eine alte Erfahrung der Praxis ihre Bestätigung findet.

Bei der dritten Versuchsreihe, bei der bei gleichem Titereinsatz, gleicher Stichtichte und Polhöhe unterschiedliche Garnfeinheiten zum Einsatz kamen, ergibt sich kein einheitliches Bild bei der Bewertung der Ergebnisse (Abb. 19).

Einfluß des Fasertiters auf die Zusammendrückbarkeit und Wiedererholung eines Teppichflors nach DIN 54 316 (z.Z. nach Entwurf)

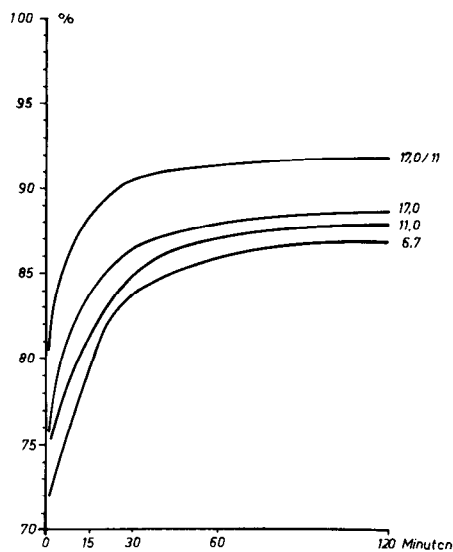


Abb. 18

Einfluß der Garnnummer und des Poleinsatzgewichtes auf die Zusammendrückbarkeit und Wiedererholung eines Teppichflors nach DIN 54 316 (z.Z. nach Entwurf)

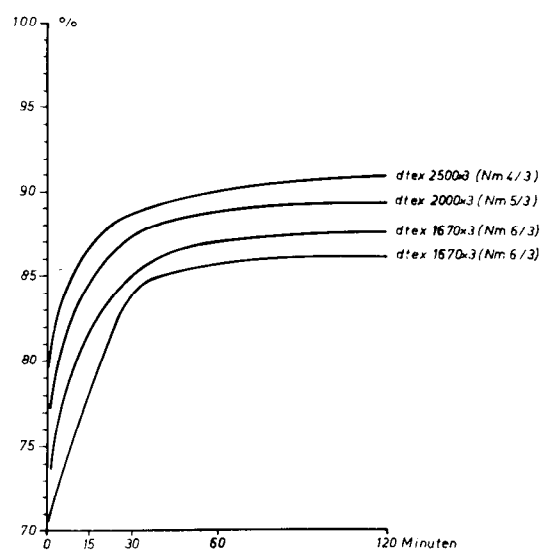


Abb. 19

Bei der Polelastizität ist eine deutliche Abhängigkeit von der Garnfeinheit zu erkennen. Je gröber das Garn, umso größer das Poleinsatzgewicht, umso günstiger die Polelastizitätswerte. Die Verschleißprüfung beim Tetrapodwalker ergibt allerdings wieder die umgekehrte Rangfolge: je feiner die Nummer, umso günstiger die Beurteilung. Der Versuch auf dem Treppentestgerät erbringt keine sichtbaren Unterschiede innerhalb der letzten Versuchsreihe. Diese zeigt damit deutlich, wie schwierig, ja beinahe wie unmöglich es ist, eine allgemein gültige Rangfolge allein aus den Ergebnissen der Laborversuche aufzustellen. Je nach der Prüfmethode kann man unter Umständen unterschiedliche Rangfolgen erhalten. Daraus ergibt sich eindeutig die Notwendigkeit, an den Prüfmethoden weiterzuarbeiten, für unterschiedliche Einsatzgebiete entsprechende Prüfpläne aufzustellen und den Ergebnissen der Prüfmethode, dem Einsatzgebiet entsprechend, verschiedenes Gewicht beizumessen.

Mit den vorliegenden Ausführungen wurde versucht, einen kurzen, wenn auch sicher nicht vollständigen Überblick über den Einsatz von Chemiefasern im Teppich- und Bodenbelagsektor zu geben. Die aufgezeigten Probleme sind sehr vielschichtig und gehen über viele Sparten der Textilindustrie hinweg: vom Faserhersteller über den Spinner, den Weber, den Wirker, den Ausrüster bis zum Prüftechniker und Kaufmann. Es ist nicht nur ein interessantes Gebiet, sondern auch ein Gebiet mit Zukunft. Wie die Praxis zeigt, sind aber auch diese Probleme lösbar.

Literatur:

F.C. Wilson, W.W. Hines; Spinner Weber Textilveredlung, Sept. 1967
Deutsches Statistisches Jahrbuch 1967

Die Abbildungen 10, 12, 13 und 14 wurden mit freundlicher Genehmigung von Herrn Dr. S a t l o w , Deutsches Teppichforschungsinstitut e.V., Aachen, aufgenommen.

Diskussion

Prof. Köb: Sie haben verschiedene Geräte zur Teppichprüfung gezeigt und nur vom letzten - dem Treppentestgerät - gesagt, daß dieses eine eigene Entwicklung sei. Sind die anderen Apparate vom Teppichforschungsinstitut entwickelt worden? Welche Geräte darf man heute als halbwegs standardisiert betrachten?

Dipl.Ing. Graf: Die Verschleißprüfungen wurden bis heute noch nicht standardisiert. Nach dem derzeitigen Stand kann jeder nach der Methode arbeiten, die ihm für seinen Zweck am geeignetsten erscheint. Die beschriebenen Geräte wurden praktisch auf der ganzen Welt entwickelt. Das Teppichforschungsinstitut stellt sich ja im wesentlichen nur die Aufgabe, die heute vorhandenen Prüfgeräte und ihre Anwendbarkeit zu testen, auszuwerten und die Ergebnisse an die Industrie weiterzugeben. In meiner Firma wurde das Treppentestgerät entwickelt, der Rollstuhltest stammt von den VW-Werken, der Tetrapodwalker von ICI. Der Tetrapodwalker wurde allerdings bei uns noch mit der eingebauten Stufe versehen, die sich sehr gut bewährt hat.

Dir. Bürger: Sie haben uns die Beanspruchung der Teppiche mit den verschiedensten Methoden demonstriert. Welche Methode empfehlen Sie für die Bewertung der Anschmutzbarkeit? Mit welcher Me-

thode prüfen Sie die Haftung von Fusseln und anderen Fremdkörpern, den sogenannten Kletteneffekt?

Dipl.Ing. Graf: Auch hierfür gibt es keine Standardmethode. Man kann weder für die Anschmutzbarkeit, noch für das Festhalten von Fusseln absolut reproduzierbare Werte bekommen.

Die Anschmutzung können Sie auf ähnliche Art prüfen, wie es beim Tetrapodwalker gezeigt wurde. Sie müssen den Prüfkörper vorerst in eine Trommel einspannen. Dann fügen Sie eine gewisse Menge Standardschmutz hinzu und lassen die Trommel - mit oder ohne Reibkörper - rotieren. Nach einer bestimmten Drehzahl wird der nicht-festhaftende Schmutz mittels Staubsauger entfernt. Anschließend können Sie durch Remissionsgradmessungen vor und nach der Prüfung einen Zahlenwert für die Anschmutzung bekommen. Es bleibt aber die Frage offen, woraus denn überhaupt Standardschmutz besteht, denn dieser braucht nicht unbedingt der gleiche sein, wie er im Haushalt oder im Büro auftritt.

Das Festhalten von Fusseln können wir überhaupt noch nicht prüfen.

Dir. Bürger: Aus Ihren Untersuchungsergebnissen geht hervor, daß Sie den Tetrapodwalker bevorzugen. Haben Sie sich in Ihrem Technikum dafür entschieden, diese Prüfung - als die beste der noch nicht genormten - als Grundlage zu nehmen?

Dipl.Ing. Graf: Ich habe den Tetrapodwalker zufällig als erstes Prüfgerät gezeigt. Das sollte aber durchaus keine Wertung sein. Man kann von den fünf genannten Methoden heute noch nicht sagen, welche die beste ist. Jeder muß selbst ausprobieren, welche ihm für seinen Zweck am besten zusagt. Der Tetrapodwalker hat einen großen Vorteil, vor allem dann, wenn man ihn mit Stufe verwendet: Es geht sehr schnell und die Ergebnisse lassen sich mit hinreichender Genauigkeit in die Praxis übertragen.

Dr. Albrecht: Ich möchte etwas zu dem Fusseltest sagen. Wir haben auf genormte Teppichstücke eine Menge kleiner ausgestanzter Papierstückchen aufgebracht, die vorher abgewogen worden waren. Dann wurde mit dem Staubsauger einmal in definierter Weise darübergefahren und festgestellt, wieviel davon zurückgesaugt werden konnte. Wir konnten auf diese Weise reproduzierbare Unterschiede beobachten.

Dr. Studt: Als Teppichgarnhersteller sind Ihnen sicher die Diskussionen über die Deckkraft bekannt. Haben Sie eine Methode, diese Deckkraft exakt zu bestimmen?

Dipl.Ing. Graf: Nein, es gibt keine Methode dafür. Die Frage, ob die Deckkraft ausreicht oder nicht, ist mehr oder weniger Ansichtssache. Das hängt nicht zuletzt vom Qualitätsanspruch und vom Preis ab, zu dem Sie den Teppich verkaufen wollen.

Dr. Studt: Wenn Sie zum Beispiel einen Teppich mit 330 g Polgewicht herstellen wollen, dann vergleichen Sie vorerst verschiedene Garne hinsichtlich ihrer Deckkraft. Man kann trotz gleicher Stichzahl und gleichem Grundgewebe tatsächlich einen Unterschied bemerken. Können Sie diese Erscheinung irgendwie quantitativ messen?

Dipl.Ing. Graf: Man kann die Deckkraft selbst heutzutage leider nur visuell beurteilen.

Dir. Manz: Besitzen Sie Unterlagen, nach welchem Spinnverfahren die Garne für Ihre Versuche hergestellt worden waren? Haben Sie vergleichende Ergebnisse für Streich- und Halbkammgarne, zum Beispiel für Velours? Bei Synthesefasern ist das ja sehr wesentlich.

Haben Sie Erfahrungen, wie sich die unterschiedlichen Schnittlängen (nicht die Titerdifferenzen!) auswirken?

Dipl.Ing. Graf: Wir haben für die gezeigte Versuchsreihe bloß mit Halbkammgarn gearbeitet, aber keine eingehenden Vergleiche mit Streichgarnen angestellt. Von der Praxis her ist bekannt, daß Streichgarn etwas voluminöser ist und daher eine bessere Deckkraft besitzt.

Stapellängendifferenzen wirken sich vor allem auf die Qualität und auf die Gleichmäßigkeit der Garne aus, weniger dagegen auf die der Teppiche. Wenn Sie einen hochstrapazierfähigen Tufted-Teppich herstellen wollen, dann würde ich Ihnen das Halbkammgarnverfahren empfehlen.

Dr. Meckel: Sie haben das heiße Eisen der Dimensionsstabilität aufgegriffen. Als Toleranz haben Sie 0,5 % angegeben. In Prozenten ausgedrückt hört sich das recht niedrig an; 0,5 % bedeuten aber bei einer Bahn von 5 m immerhin 2,5 cm. Glauben Sie, daß das im Großraumbüro, wo Sie unter Umständen auch Fußbodenheizung haben, noch zu vertreten ist? Meistens ist ja nicht die hohe Luftfeuchtigkeit, sondern die hohe Temperatur bei niedriger Feuchtigkeit für den Teppich schädlich.

Dipl.Ing. Graf: So, wie Sie die Zahlen umgerechnet haben, ist das zweifellos nicht zu vertreten. Ich habe 0,5 % als obere Grenze für festverklebte Bodenbeläge angegeben. Diese Zahlen bezogen sich auf Messungen in nichtverklebtem Zustand, wo also der Bodenbelag frei beweglich auf einer Unterlage liegt. Wenn Sie das Material aber verkleben, dann haben Sie noch zusätzlich die hemmende Wirkung des Klebstoffes einzukalkulieren, sodaß Sie zwangsläufig nicht auf diese Zahlen kommen.

Dr. Meckel: Wir haben einmal versucht, die dabei auftretenden Kräfte mit Dehnungsmeßstreifen zu messen. Diese Kräfte sind enorm. Ein billiger Klebstoff hält das nicht aus.

Dipl.Ing. Graf: Daher sollte man eben nach Möglichkeit nicht den billigsten, sondern den besten Klebstoff verwenden.

Dir. Thimm: Sie sprachen auch von der Kettstuhlware, der Sie in Ihrem Vortrag sehr gute Chancen einräumten. Wir haben ebenfalls hierzu Versuche gemacht und immer wieder festgestellt, daß Schlingenware aus Kettstuhlmaterial sehr leicht dazu neigt, Fusseln festzuhalten. Empfehlen Sie daher aufgeschnittene Ware, oder haben Ihre Ergebnisse andere Befunde gezeigt, wenn Sie geschlossene mit aufgeschnittenen Schlingen hinsichtlich des Festhaltens von Flusen vergleichen?

Dipl.Ing. Graf: Diese Frage ist heute noch nicht eindeutig zu beantworten, da dieser Sektor noch sehr jung ist. Bodenbeläge dieser Type wurden erst heuer in großem Maßstab auf der Frankfurter Frühjahrsmesse vorgestellt. Sie haben es bei diesen Bodenbelägen nicht mehr eindeutig mit Schlingen oder aufgerissemem Pol zu tun, sondern häufig mit Übergängen zwischen gehobenem und durchgerissemem Pol. Nach unseren Prüfungen ergibt sich kein Anhaltspunkt für Unterschiede.

Dir. Rybnicek: Sie erwähnten vorhin das starke Aufkommen der Stückfärbung in der Teppichindustrie. Wie weit ist heute schon gesichert, daß auch das vierte oder fünfte Stück dieselbe Farbe hat wie das erste? Oder daß beim Verlegen im Großraum nicht dunklere oder hellere Nuancen auftreten?

Dipl.Ing. Graf: Absolute Sicherheit kann Ihnen dafür auch heute noch niemand geben. Sie meinen wohl den echten Uni-Teppich. Beim Aneinanderfügen gefärbter Bahnen können natürlich Farbdifferenzen auftreten. Aus diesem Grunde wird die Stückfärbung derzeit vorzugsweise bei Teppichen aus Polyamidbändchen angewandt, die einerseits eine gewisse Struktur und andererseits zwei- bis dreifarbige Komponenten im Zwirn aufweisen. Dadurch tritt die von Ihnen geschilderte Erscheinung praktisch nicht auf.

Ing. Seiche: Zum vorhin erwähnten Thema des Anschmutzens von Veloursteppichen ist zu sagen, daß diese zumeist mit einer antistatischen Avivage versehen werden, ob sie nun als Schlingenware vorliegen oder nachher aufgerauht worden sind. Danach ist die Alterungs- und Lagerungsbeständigkeit bei der Schlingenware erheblich besser als bei der gerauhten. Wahrscheinlich ist die Diffusion des Antistatikums ins Faserinnere hinein bei der gerauhten Ware größer.

Wie ist übrigens die Situation hinsichtlich eines eingesponnenen permanenten Antistatikums in Perlon - analog dem Nylon 11 der Toyo Rayon Corporation?

Dipl.Ing. Graf: Zur Zeit gibt es in Europa noch keine derartige Faser.

Dr. Carduck: Welchen Einfluß hat die Garnkonstruktion bzw. die Faserform auf die Abnutzung?

Dipl.Ing. Graf: Darüber gibt es verschiedene Theorien. Der eine Faserhersteller schwört auf den runden Querschnitt, der andere auf den Bändchenquerschnitt, der dritte zieht das Dreieck- oder das Fünfeckprofil vor. Sie können diese Frage aus der Praxis etwa so beantworten: Auf dem Polyamidbändchensektor sind praktisch alle auf dem Markt befindlichen Typen profiliert, vorzugsweise als Dreieck, Stern oder Ypsilon. Die Profilierung übt nämlich einen gewissen Einfluß auf die Standfestigkeit, mehr noch auf den Griff, auf die Texturierbarkeit und auf den Lüster aus.

Dr. Carduck: Hat das Trägermaterial auch einen Einfluß auf die Abriebfestigkeit? Wie äußert sich dieser bei Tufted-Teppichen in bezug auf Ablaufeigenschaften und Anschmutzbarkeit?

Dipl.Ing. Graf: Der Träger liegt doch als unterste Schicht und kann daher keinen Einfluß auf die Anschmutzbarkeit des Pols haben. Auch die Abriebeigenschaften werden nicht betroffen, wenn die Einbindung des Pols über die Rückenbeschichtung hinreichend fest erfolgt. Das ist eher eine Frage der Latexierung.

Dr. Mähner: Kann man das Ergebnis des Stuhlbeintests eventuell schon vorhersagen, indem man am Faden den Knittererholungswinkel mißt?

Dipl.Ing. Graf: Das muß ich eindeutig verneinen.

Prof. Köb: Es wurde die Frage aufgeworfen, ob man mit einem profilierten Querschnitt eine größere Steifheit erzielen könne. Das steht zweifellos in Widerspruch mit den früheren Theorien zur Anschmutzbarkeit, da an einem runden Querschnitt wohl am wenigsten Schmutz hängen bleiben wird. Kann sich einer der Herren im Auditorium dazu äußern, ob die Profilierung soviel bringt, daß man eine eventuell höhere Anschmutzbarkeit gerne in Kauf nimmt?

Dr. Albrecht: Ich möchte einiges zur Zellulose sagen. Bei Zellwolle hat sich herausgestellt, daß bei gelapptem Querschnitt die Anschmutzbarkeit von der Tiefe dieser Lappen abhängt. Bei groben Tintern sind auch die Lappen relativ tief eingeschnitten und bilden eine Art fester „Taschen“. Bei schwach angedeuteter Lappenform (wie dies bei einigen Spezialtypen der Fall ist) stellt man deutlich fest, daß diese weniger anschmutzen. Das läßt sich im Teppich durch Remissionsmessungen sowie auch an der einzelnen Faser visuell nachweisen. Wenn Sie auf runde Querschnitte übergehen, können Sie die Schmutzanfälligkeit noch etwas senken. Die Profilierung des Faserquerschnitts kann also ein Risiko bedeuten.

Wichtig ist aber auch, daß diese „Taschen“ durch alle möglichen aufgebrachten Hilfsmittel überdeckt werden können, die unter Umständen eine stark verklebende Wirkung haben.

Dr. Studt: Ich möchte zu den Synthesefaserteppichen noch folgendes sagen: Die Anschmutzung nehmen wir nur optisch wahr, denn wir können ja nicht feststellen, daß ein Quadratmeter Teppich so und so viele Gramm Schmutz enthält. Unserer Auffassung nach sind hierfür andere Faktoren von viel größerer Bedeutung als der Faserquerschnitt:

- 1) Es muß die Farbgebung des Teppichs wohl überlegt werden, denn Schmutz ist ja im allgemeinen hell, nicht dunkel. Man sieht darum auf dunklen Flächen den Schmutz viel eher als auf hellen.
- 2) Man kann die Sichtbarmachung des Schmutzes weitgehend vermeiden, indem man leicht abgestufte Moulinés verwendet (Zwei- und Dreifach-Moulinés). Man sieht dann den Schmutz viel weniger als auf einem Uni-Teppich mit gleichem Helligkeitsgrad.

Dipl.Ing. Graf: Ich kann Ihre Erfahrungen nur bestätigen. Außerdem habe ich in meinem Vortrag erwähnt, daß sich gerade die Melangen dazu eignen, den Schmutz weniger sichtbar werden zu lassen, obwohl er darauf natürlich genauso gut haftet.

Dir. Thimm: Sie alle kennen die Veröffentlichungen von DuPont vor acht Jahren, in denen betont wurde, daß der dreilappige Querschnitt darum weniger anschmutzt, weil es einfach optisch anders aussieht. Außerdem dürfte Ihnen die neue Nylontype Antron von DuPont bekannt sein. Antron enthält nämlich eine Substanz, die nachträglich eliminiert wird, wodurch sich in der Faser Hohlräume

(voids) bilden. In diesen Hohlräumen soll dann der Schmutz so verschwinden, daß er optisch nicht mehr zu bemerken ist. Anfänglich brachte DuPont dieses Produkt als antistatische Faser auf den Markt, heute betont man die geringe Anschmutzbarkeit.

Ing. Kreipe: Haben Sie Erfahrungen über den Einsatz von Synthefasern als Teppichgrundgewebe?

Dipl.Ing. Graf: Synthefasern werden erst in geringem Umfang eingesetzt, denn die Jute stellt immer noch das Hauptkontingent auf dem Tuftingsektor dar. In Amerika nimmt allerdings die Verwendung von Polypropylen (als Bändchengewebe) und von gesponnenen Polyestergeräten zu.

Dr. Studt: Grundgewebe aus Synthefasern sind aus folgenden Gründen besser als Jute:

- a) Die Oberfläche fällt gleichmäßiger aus.
- b) Es entstehen viel weniger Fehler bei der Herstellung. Die Synthefasern sind glatter, und der Polfaden kann sich nicht verhaken.
- c) Der größte Vorteil des Synthefasergewebes ist aber die Beständigkeit gegen Verrottung. Teppiche daraus werden gewöhnlich ein bis zwei Jahre nach ihrer Verlegung einer Schaumreinigung unterzogen. Dieser Schaum dringt natürlich auch in das Jutegewebe ein und löst es langsam, aber sicher auf.

Daß die Jute durch die Synthefasergewebe noch nicht völlig ersetzt wurde, ist nur eine Preisfrage.

Dipl.Ing. Graf: Sie sprachen von der besseren Gleichmäßigkeit der Teppiche, wenn man synthetische Grundgewebe einsetzt. Das hängt aber nicht allein von den Synthefasern, sondern auch von der Übereinstimmung zwischen Nadeldichte und Faserzahl im Grundgewebe ab. Dies trifft genau genommen nur dann zu, wenn man ins andere Extrem geht und nichtgewebte Unterlagen, wie Non-wovens oder Spun-bondeds, verwendet, bei denen keine vorgebildeten Löcher im Grundmaterial vorhanden sind. Dort haben Sie dann in der Oberfläche wirklich das Optimum an Schlingengleichmäßigkeit.

Dr. J. Müller: Wie wird in Zukunft die Verteilung der drei wichtigsten Synthefasern (Polyamid, Polyester, Polyacrylnitril) auf dem Textil- und Teppichsektor aussehen?

Dipl.Ing. Graf: Da es in der Textilindustrie keine Propheten gibt, können Sie nur selbst versuchen, anhand von Statistiken diese Fragen zu beantworten. Ich habe im ersten Bild Kurven gezeigt, aus denen Sie den Trend ungefähr ableiten können.

Dr. Albrecht: Das Thema der Grundgewebe wird immer aktueller, je niedriger die Quadratmeter- bzw. Florgewichte werden. Als man seinerzeit Zellwolle bei einem Quadratmetergewicht der Teppiche von 1000 bis 1500 Gramm verwendete, war das Problem der Grundgewebe noch gar nicht aktuell. Die Stichreihen konnten wackeln - das machte nicht viel aus. Als man aber dazu überging, mit Hilfe der Chemiefasern die Quadratmetergewichte im Flor weiter zu senken, mußte die Deckkraft insbesondere durch exaktes Stechen und Nähen sichergestellt werden. Hierbei machte die Jute tatsächlich große Schwierigkeiten. Wenn Sie auf einen Jutefaden aufstechen, können Sie sehr leicht abrutschen, seitlich hineinstechen oder gar den Faden abbrechen. Durch den Einsatz von Chemiefasern wiegt das Grundgewebe gar nicht mehr 360 Gramm, sondern nur noch 120 Gramm per Quadratmeter (Bändchengarn und Spun-bonded). Das festere Fadengefüge gestattet es aber trotzdem, die Nadel leicht durchzuführen.

Dipl.Ing. Robinson: Ihre Scheuergeräte bezogen sich nur auf normale Temperatur und Feuchtigkeit, wobei Sie keinem der Apparate den Vorzug gaben. Wenn Sie nun unter extremen Bedingungen bei Belichtung und Bewitterung prüfen, können Sie da noch immer keine Methode einwandfrei als die bessere empfehlen?

Dipl.Ing. Graf: Sie können natürlich jeden Apparat in eine Klimakammer stellen. Trotzdem müssen Sie jedesmal prüfen, welches Gerät sich gerade für Ihre speziellen Bedingungen am besten eignet.

Ganzstahlgarnituren für Baumwollspinnereien von Baumann

Ing. Kreipe: Ich möchte zu den drei Punkten von Herrn Dr. Studt bezüglich des Einsatzes von Synthefasern in Grundgeweben noch folgendes hinzufügen: Bei örtlicher Entfernung von Flecken auf dem Teppich kommt es oft zu einer Verbräunung, die auf das Grundgewebe zurückgeführt werden kann, sobald es sich um Jute handelt.

Dipl.Ing. Graf: Chemiefasergewebe lassen sich auch besser anfärben als Jute. Wenn der Teppich über eine Kante gelegt wird und sich abscheuert, dann wird nach und nach das Grundgewebe sichtbar, das in diesem Fall den gleichen Farbton wie der Pol haben wird.

Dir. Manz: Wir sind die älteste Tufted-Teppichfabrik in Europa. Das Jutegewebe ärgert uns nun schon seit fünfzehn Jahren. Wir rechnen damit, daß es in zwei bis drei Jahren bei den normalen Tuftingmaschinen verschwunden sein wird, bei den Feinnadelmaschinen ist dies bereits der Fall. Man darf auf einer 9/64-Maschine heute schon keine Jute mehr verwenden, sondern muß Non-wovens oder feine Leinen- oder Baumwollgewebe einsetzen.

Noch ein Nachteil der Jute: Wenn Sie auf einem solchen Teppich beispielsweise eine Blumenvase umwerfen, dann verursacht das eine Verfärbung, die Sie nie wieder herausbekommen.

Zur Problematik der Prüfung textiler Flächen- gebilde auf Pillneigung

Dr.-Ing. Karl H. Grünwald
Farbwerke Hoechst AG., Frankfurt am Main

Im vorliegenden Referat wird die Pillneigung von Textilien aus Stapelfasergarnen behandelt. Ausgehend von den Vorgängen bei der Pillbildung werden die praktischen Maßnahmen zur Minderung der Pillanfälligkeit dargelegt, und zwar hinsichtlich Warenaufbau, Warenbehandlung sowie verwendeter Chemiefaser. Am wirkungsvollsten erweisen sich dichtes Einbinden der Fasern, Bürsten und Scheren des textilen Endproduktes sowie geringe Biegebeständigkeit der Fasern.

Eine Methode zur Bestimmung der letztgenannten Eigenschaft wird angeführt. Der zeitliche Ablauf des Pillvorgangs, die sogenannte Pillkurve, wird aus dem Zusammenwirken von Pillbildung und Pillabbruch für einige wesentliche Fälle erläutert. Die Kenntnis dieser Kurve ist für die Auswertung des Laborbefundes erforderlich, ihre Darstellung aber nicht einfach, insbesondere wegen der Schwierigkeit, den Grad der Pillanfälligkeit zu ermitteln.

Anhand von Ergebnissen an dreierlei Laborgeräten wird gezeigt, daß in manchen Fällen auf das Pillverhalten in der Praxis geschlossen werden kann, besonders dann, wenn der Prüfer das Einsatzgebiet der Ware kennt. Zumeist ist die Korrelation Labor/Praxis jedoch sehr schwierig. Im Hinblick auf diese Problematik und auf die Vielfalt der existierenden Prüfverfahren wird eine Zusammenfassung und Auswertung aller nur verfügbaren Daten vorgeschlagen.

The present paper deals with the pilling tendency of textiles made of spun yarns. Departing from the individual processes involved in pilling, practical measures taken in regard to fabric composition, fabric treatment, and type of fibers used to reduce the pilling tendency are discussed. Tight spinning of fibers, brushing and shearing of finished products, as well as low flexing resistance of fibers are found to be most effective.

Mention is made of a method for determining the latter property. The chronological sequence of the pilling process, the so called pilling curve, is explained in regard to some important cases on the basis of the combined action of pill formation and shedding of pills. While this curve is a necessary prerequisite for evaluating laboratory findings, it is not easy to establish in view of the difficulties confronting the determination of the pilling tendency.

Results obtained on three different types of laboratory equipment are given to demonstrate that conclusions as to the pilling behaviour during practical application are possible in some instances, especially when the tester is aware of the anticipated end use. In most instances it is exceedingly difficult, however, to correlate the conditions obtaining in the laboratory with those existing in actual practice. In view of these problems as well as of the wide variety of known test procedures, it is suggested that all available data should be compiled and evaluated.

Einführung

Eine textile Ware offenbart im täglichen Gebrauch oft eine Eigenschaft, die ihr Aussehen recht nachteilig beeinflusst, nämlich die Bildung von Pills oder Noppen auf ihrer Oberfläche. Diese kleinen, meist kugelförmigen Gebilde sind wie Fesselballons durch Fasern in der Ware verankert und durch Verschlingen und Verknäueln von Fasern entstanden, die aus der Warenoberfläche herausragen. Die Farbe der Pills kann von der der Ware abweichen, wenn diese aus verschiedenen gefärbten Fasern besteht, von denen eine Faserart stärker zur Pillbildung neigt und somit angereichert im Pill vorkommt, oder wenn andersgefärbte Fremdfasern im Pill enthalten sind.

Pills können auf Waren aus natürlichen oder künstlichen Fasern beobachtet werden. Mit dem Aufkommen der synthetischen Fasern wurde die Pillanfälligkeit der Kleider jedoch auffälliger, da Pills aus diesen Fasern eine ausgesprochen lange Lebensdauer im Vergleich zu solchen aus natürlichen Fasern besitzen können.

Für jede neuentwickelte textile Ware ist es daher wichtig zu wissen, ob sie im praktischen Gebrauch pillt oder nicht. Dazu wäre ihre Erprobung im Trageversuch erstrebenswert, da dieser ein Praxistest im kleinen ist. Trageversuche sind jedoch langwierig und kostspielig. Da je nach Tätigkeit, persönlichen Eigenheiten, Gewohnheiten sowie Körperkonstitution der Versuchspersonen unterschiedliche Ergebnisse resultieren, ist es nötig, eine große Zahl von Kleidungsstücken zu prüfen, um einen statistisch einigermaßen gesicherten Befund zu erhalten. Hinzu kommt, daß wegen der erforderlichen langen Versuchsdauer in vielen Fällen modische Artikel bereits veraltet wären, bevor das Ergebnis des Trageversuchs überhaupt vorliegen könnte. Deshalb ist eine Prüfung im Labor anzustreben, da hier an einer kleinen Warenprobe unter einheitlichen Bedingungen und in relativ kurzer Zeit Ergebnisse gewonnen werden können. Wichtigste Voraussetzung ist dabei, daß eine solche Prüfung Rückschlüsse auf die Praxis zu ziehen erlaubt. Daß dies nicht einfach ist, ergibt sich allein schon aus der Tatsache, daß eine große Anzahl verschiedenartiger Prüfverfahren existiert, die alle für sich in Anspruch nehmen, praxisnahe Ergebnisse zu liefern. Vergleicht man jedoch die Laborbefunde miteinander, so findet man teilweise recht erhebliche Unterschiede, die es schwer machen, einem bestimmten Prüfverfahren den Vorzug zu geben. Sie sehen also, daß nicht nur der Trageversuch, sondern auch die Pillprüfung im Labor Probleme hat.

Es ist deshalb ganz nützlich, auf die Prüfung der Pillneigung einmal näher einzugehen, was im folgenden geschehen soll. Ich werde mich jedoch auf textile Flächengebilde beschränken, die aus Stapelfasern aufgebaut sind, also keine glatten oder texturierten Endlosfäden enthalten. Wir wollen dabei zunächst den Mechanismus der Pillbildung, soweit er bekannt ist, betrachten, sodann die praktischen Möglichkeiten untersuchen, mit denen das Pillverhalten einer textilen Ware gesteuert werden kann und dabei eine die Pilltendenz beeinflussende wesentliche Eigenschaft des Fasermaterials besprechen. Ferner werden wir die Methoden zur Pillbeurteilung im Labor sowie einige der bekanntesten Prüfgeräte

diskutieren und anschließend anhand von Ergebnissen unseres Labors auf die Korrelation mit der Praxis eingehen. Ich hoffe, daß diese Ausführungen dazu beitragen, den Erfahrungsaustausch über die Pillprüfung mit dem Ziel zu intensivieren, daß in absehbarer Zeit allgemeingültige Richtlinien vereinbart werden können.

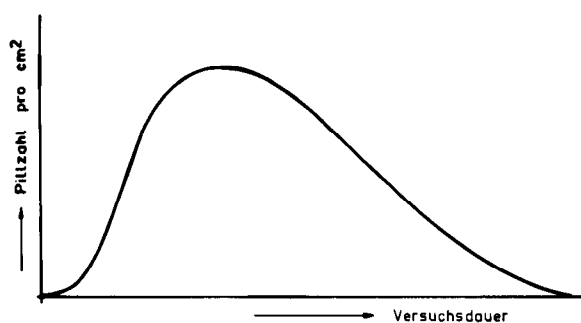
Der Mechanismus der Pillbildung

Betrachten wir zunächst Ursache und Verlauf der Pillbildung. Im täglichen Gebrauch ist die Kleidung stets einer Walk- und Scheuerbeanspruchung unterworfen, an der sowohl Teile der Kleidung selbst als auch Fremdstoffe beteiligt sind. Letztere können andere Kleidungsstücke, Möbelbezugstoffe und Materialien verschiedenster Art sein, mit denen das Kleidungsstück beispielsweise bei körperlicher Arbeit in Berührung kommt. Lange jedoch, bevor ein solcher Scheuervorgang zu einer sichtbaren Zerstörung des Textils führt, setzt die Pillbildung ein. Man kann sie deshalb als Folgeerscheinung einer milden, aber stetigen Scheuerwirkung ansehen.

Die Lebensdauer eines Pills läßt sich in drei Stufen einteilen, wie sie schon von Press¹⁾ und Driesch²⁾ beschrieben werden:

- das Entstehen eines Faserflaums auf der Warenoberfläche,
- die Verknäuelung der Flaumfasern zu Pills und
- der Abbruch dieser Gebilde.

Die Geschwindigkeit, mit der diese Stufen durchlaufen werden, bestimmt das Pillverhalten einer Ware und hängt von dem komplexen Zusammenwirken der Eigenschaften jener Fasern ab, welche die Ware aufbauen. Abbildung 1 zeigt diesen Vorgang qualitativ in Form einer Kurve, wie er im allgemeinen abläuft. Nach einer kurzen Induktionsperiode, in der Flaumfasern entstehen, bilden sich in zunehmendem Maße Pills, die dann wieder verschwinden.



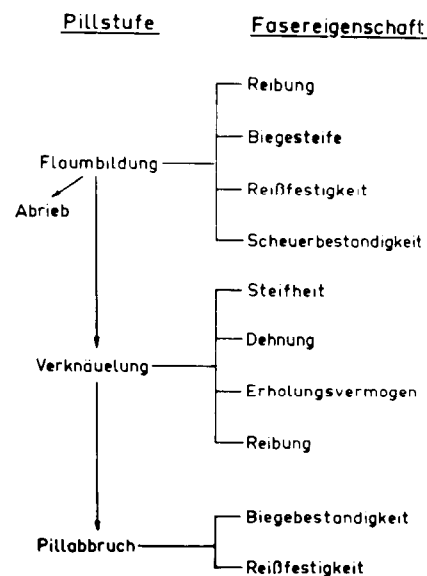
Pilldichte als Funktion der Versuchsdauer ATA-T 18/1968

Abb. 1

Es ist ein Verdienst von Gintis und Mead³⁾, den Versuch unternommen zu haben, die Fasereigenschaften zu ermitteln, die für die einzelnen Stufen im wesentlichen verantwortlich sind. Lassen Sie mich kurz darauf eingehen.

Vorbedingung dafür, daß ein Pill überhaupt entstehen kann, ist - wie gesagt - die Bildung eines Faserflaums auf der Warenoberfläche. Diese Flaumbildung erfolgt nun überraschenderweise nicht so, wie man es zunächst erwarten würde, nämlich die an ihrem einen Ende aus der Ware herausragende Faser durch den Scheuervorgang auf eine größere Länge herausgezogen wird. Wie Gintis und Mead durch mikroskopische Beobachtung fanden, geschieht etwas anderes: Nur solche Oberflächenfasern, die an ihren beiden Enden im Textil eingebunden vorliegen, sind an der Flaumbildung beteiligt. Diese Fasern werden vom Scheuermittel wie von einem Haken erfaßt und schlingenförmig solange herausgezogen, bis das jeweils kürzere Faserende frei aus der Oberfläche herausragt. Dieses Geschehen erscheint verständlich. Eine mit einem Ende aus der Ware herausragende Faser kann sich je nach der Richtung der Scheuerbeanspruchung legen, wodurch sie nur wenig Angriffsmöglichkeiten für wirkende Kräfte bietet; eine eingebundene Faser kann dies jedoch nicht.

Dennisson hat diese Beobachtung bestätigt. Er färbte ein Gewebe mit einer wenig lichtechten Farbe, bestrahlte es mit ultraviolettem Licht und unterwarf es der Pillprüfung. Dabei fand er, daß die in den auftretenden Pills vorhandenen Fasern ausschließlich an ihren Enden tiefer gefärbt waren, ein Zeichen dafür, daß sie aus dem Gewebeinnern stammen, wo das Licht den Farbstoff nicht bleichen konnte. Aus der Art der Flaumbildung sind auch bereits die Fasereigenschaften erkennbar, die sie beeinflussen.



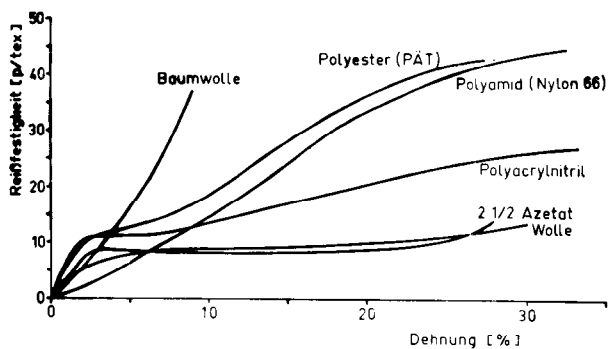
Pillstufen und beeinflussende Fasereigenschaften ATA-T 35/1968

Abb. 2

Starke Reibungskräfte zwischen den Fasern setzen deren Herausziehen aus dem Faserverband Widerstand entgegen. Im gleichen Sinne wirkt eine hohe Biegesteife, denn eine steife, wenig biegsame Faser läßt sich nur schwer aus dem

Fasergeflecht der Ware herausarbeiten. Ähnliches ist bei einer Faser mit geringer Reißfestigkeit zu erwarten, weil diese eher reißen wird, als daß sie sich aus dem Faserverband lösen läßt. Die Reißfestigkeit einer Faser beeinflusst somit wesentlich Länge und Dichte der Flaumfasern. Reißt die Faser leicht, so bildet sich ein kurzer, aber dichter Flaum, reißt die Faser schwer, dann tritt die Reißfestigkeit gegenüber Faserreibung und Biegesteife an Wirkung zurück. Es entsteht ein dünner, langfaseriger Flaum.

Sind genügend Flaumfasern gebildet, dann tritt bei weiterem Scheuern die zweite Pillstufe in Erscheinung: Die Fasern verschlingen und verknäueln sich miteinander. Das tun sie aber nur, wenn sie eine gewisse Dichte, das heißt eine bestimmte Zahl pro Flächeneinheit, und eine bestimmte Mindesthöhe überschreiten. Sind bei gegebenem Abstand voneinander die Fasern kürzer, als es dieser Höhe entspricht, so pillt die Ware nicht, und zwar auch dann nicht, wenn die Scheuerbeanspruchung über längere Zeit ausgedehnt wird. Nach Gintis und Mead können schon Flaumhöhenunterschiede von 0,8 mm genügen, um eine Ware pillen oder nicht pillen zu lassen. Diese kritische Höhe, unterhalb der eine Verknäuelung der Flaumfasern nicht eintritt, wurde je nach Faserart verschieden groß gefunden. Beispielsweise nahm sie in der Reihenfolge Azetat - Wolle - Polyacrylnitril - Polyamid - Polyäthylenterephthalat - Baumwolle ab. Die größte Neigung, sich zu verknäueln, hat demnach die Baumwolle, da ihre kritische Höhe am geringsten ist^{*)}. Bei der Suche nach korrelierenden Fasereigenschaften fanden Gintis und Mead neben den vermuteten Reibungskräften, daß sich leicht verknäuelnde Fasern die steilsten Spannungs-Dehnungskurven zeigten, während wenig zum Verknäueln neigende Fasern flachere Kurven besaßen.



Spannungs-Dehnungs-Kurven

ATA-T
24/1966

Abb. 3

^{*)} Die kritische Höhe kann zahlenmäßig im allgemeinen nicht angegeben werden, da sie neben der Faserart vom gegenseitigen Abstand der Fasern, also von der Faserdichte, abhängt. Gintis und Mead geben je nach Faserart kritische Höhen von 5 bis 9 mm an, ohne allerdings den Faserabstand exakt zu nennen. Es kann vermutet werden, daß dieser 1 bis 2 mm betrug. Nach Angaben von Brand und Bohmfalk⁴⁾, die sich zum Teil auf Messungen von Gintis und Mead stützen, können Flaumfasern unter 6 mm Länge keine Pills mehr bilden.

Dieser Befund wird so gedeutet, daß einmal die Fasersteifheit, ausgedrückt durch die Kurvenneigung, zum anderen aber auch Faserdeformationen, die den Fließpunkt überschreiten, von Bedeutung sind, denn gerade in diesem Gebiet entsprach die Lage der Spannungs-Dehnungskurven der einzelnen Fasern relativ gut der Rangordnung ihrer kritischen Höhen. Daß starke Faserverformungen beim Verknäueln auftreten, konnten die genannten Autoren durch Zeitrafferaufnahmen beweisen. Ferner fanden sie bei Biegesteifigkeitsmessungen, daß bei konstantem Titer jene Fasern am stärksten verknäuelten, die auch die größte Steifheit aufwiesen. Das ist ein überraschender Befund, der sicherlich mit Skepsis zu betrachten ist, weil man sich schwer vorstellen kann, daß sich ausgerechnet steife Fasern leichter verknäueln sollen als biegsame. Die Autoren räumen allerdings ein, daß Steifheit allein nicht der kontrollierende Faktor sein könne. Sie fanden nämlich, daß die kritische Höhe und damit der Widerstand der Fasern gegen Verknäuelung mit zunehmender Dicke der Faser, also mit zunehmender Fasersteifheit, nicht abnahm, sondern langsam zunahm. Daraus schlossen sie, daß noch weitere Fasereigenschaften wirksam sein müssen. Vermutet werden Erholungsvermögen und Lage des Fließpunktes. Allgemein läßt sich daher sagen, daß diese Pillstufe hinsichtlich der sie bestimmenden Fasereigenschaften noch nicht genügend geklärt ist.

Die letzte Stufe des Pillvorgangs ist das Abbrechen der Pills. Wie wir sahen, hängt die Geschwindigkeit, mit der Pills entstehen, von der Neigung einer Ware, Flaumfasern zu bilden und deren Tendenz, sich zu verknäueln, ab. Ist der Pill einmal gebildet, so wird er bei weiterem Scheuern früher oder später auch abreißen, nämlich dann, wenn die Fasern brechen, die ihn in der Ware festhalten. Das kann einmal dadurch geschehen, daß die beim Scheuern am Pill angreifende Zugkraft die Reißfestigkeit der Ankerfasern übersteigt, zum anderen, daß der Pill in seiner Verankerung so lange hin- und hergebogen wird, bis die Grenze der Biegebeständigkeit dieser Fasern überschritten wird. Die Faserreißfestigkeit, unter der ein Pill leicht abreißt, wird von Gintis und Mead nicht angegeben. Es wird jedoch ausdrücklich erwähnt, daß die meisten synthetischen Fasern diese Reißfestigkeit überschreiten. Damit wird aber nun die Biegebeständigkeit der kontrollierende Faktor des Pillabbruchs. Diese letzte Pillstufe ist also, da sie von Reißfestigkeit und Biegebeständigkeit bestimmt wird, in besonderem Maße von Material und Herstellungsbedingungen der Fasern abhängig.

Zur Bedeutung der einzelnen Pillstufen für das Pillverhalten einer textilen Ware sei noch folgendes gesagt: Sicherlich ist die erste Stufe von großer Wirkung auf den Pillvorgang, denn ohne Flaumbildung können keine Pills entstehen. Hinsichtlich der zweiten und dritten Pillstufe bestehen aber unterschiedliche Meinungen. Während Gintis und Mead, die ihre Untersuchungen an Körperwaren durchführten, der Verknäuelung der Fasern eine wesentlich geringere Bedeutung beimessen als dem Pillabbruch, vertreten Brand und Bohmfalk⁴⁾ die umgekehrte Auffassung. Sie entwickelten ein mathematisches Modell des Pillvorgangs, mit dem sie in Analogie zur chemischen Reaktionskinetik die Geschwindigkeitskonstanten der einzelnen „Pillbildungs- und Zerfallsreaktio-

nen" errechneten, und zwar auf Grund experimenteller Daten an Jerseywaren. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden nicht als Auswirkung bestimmter Fasereigenschaften gedeutet, wie das Gintis und Mead tun.

Von Interesse ist jedoch, daß die Arbeitshypothese von Brand und Bohmfalk zwei weitere Vorgänge im Pillbildungsablauf einschließt. Einmal sollen hienach gebildete Flaumfasern - ohne zu verknäueln - abgescheuert und teilweise auch aus der Ware herausgezogen werden können, zum anderen sollen zu Pills verknäuelte Fasern sich wieder entwirren. Während der erste Vorgang durchaus möglich ist und für die erste Pillstufe damit auch die Scheuerfestigkeit der Fasern von Bedeutung wird (siehe Abb. 2), so erscheint die Entwirrung der Pills meines Erachtens unwahrscheinlich, besonders im Hinblick auf die Erscheinungsform der im Pill verknäuelten und teilweise verknöteten Fasern. Ich glaube daher, daß die letzte Stufe des Pillvorgangs im Abbrechen der Pills zu sehen ist.

Warenaufbau und Pillneigung

Wenden wir uns nun den Maßnahmen zu, die in der Praxis angewendet werden, um die Pillneigung einer textilen Ware zu beeinflussen. Wir wollen dabei versuchen zu zeigen, daß diese Maßnahmen aus den Einflußgrößen der einzelnen Pillstufen abgeleitet werden können. Bei der Pillprüfung ist die Wirkung einer solchen Maßnahme auf eine bestimmte Pillstufe jedoch nicht immer einwandfrei zu erkennen, da sie mehrere Pillstufen ansprechen kann und ohne besondere Vorkehrungen stets nur das Gesamtbild des Pillzustandes einer Ware sichtbar wird.

Wie wir sahen, wird die Flaumbildung von Reibung, Biegesteife, Reißfestigkeit und Scheuerbeständigkeit der Fasern beeinflusst. Sieht man von den beiden letztgenannten Eigenschaften ab, so kann die Flaumbildung weitgehend dadurch verhindert werden, daß den „Lockerungskräften“ des Scheuermittels ein möglichst großer Widerstand entgegengesetzt wird, indem man die Fasern in der textilen Ware fest zu verankern sucht.

Eine erste Möglichkeit dazu bietet die Faser selbst an. Je länger die Fasern sind, umso größer ist ihre gegenseitige Berührungs- und damit Reibungsfläche im Garn, und umso schwieriger ist es, sie zu lockern und herauszuziehen. Hinzu kommt, daß ein aus langen Fasern bestehender Flaum eine geringere Faserdichte besitzt als ein solcher aus kurzen Fasern, weil für eine bestimmte Garnlänge eine kleinere Anzahl von Fasern zur Verfügung steht. Bei geringerer Flaumfaserdichte können sich aber auch weniger Fasern verknäueln, ein Umstand, der für die zweite Pillstufe von Bedeutung ist. Abbildung 4 zeigt für ein Polyestergewebe die Pildichte für verschieden lange Polyesterfasern als Funktion der Scheuertourenzahl auf dem Prüfgerät. Sie sehen, daß das Gewebe mit den längsten Fasern die wenigsten Pills aufweist.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß kurze Fasern keine feste Lage im Garn besitzen und durch am Garn angreifende Kräfte, beispielsweise schon beim Spinnen, leicht

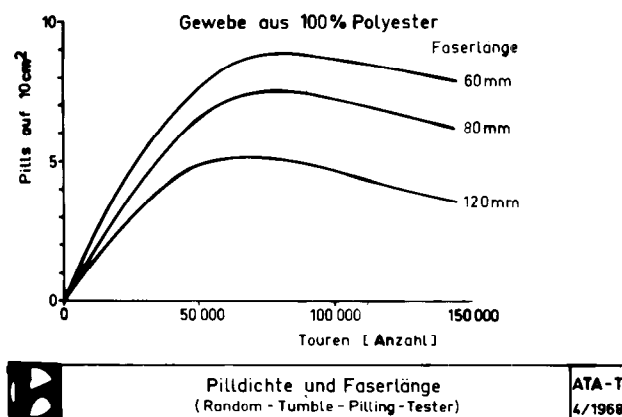


Abb. 4

an dessen Oberfläche gelangen, wo sie im textilen Endprodukt erhöhte Pillbildung hervorrufen⁵⁻⁷). Deshalb sollte in Mischungen mit Wolle die Länge der Synthefasern auch der mittleren Länge der Wollfaser entsprechen. Aus preislichen Gründen, kurze Fasern (wie Abfälle oder Reißwolle) anderen Fasern beizumischen, kann sich auf die Pillneigung der Ware nachteilig auswirken und sollte daher vermieden werden.

Ein weiterer, die Flaumbildung beeinflussender Faktor ist die Faserfeinheit. Mit zunehmender Dicke wird die Faser steifer und läßt sich daher schwerer aus dem Garngeflecht der Ware herausziehen. Außerdem können sich analog zur Faserlänge in einem grobfaserigen Flaum ebenfalls weniger Fasern verknäueln, da wegen der größeren Dicke der Einzel Fasern ihre Zahl im Gesamtquerschnitt bei gegebenem Gesamtquerschnitt geringer ist. Beispielsweise fanden Baird, Hatfield und Morris⁸), daß bei einer Steigerung des Titers von 3 auf 20 dtex ungeschorene Nylon/Wolle-Mischgewebe 10:90 eine so starke Abnahme der Pillneigung zeigten, daß Gewebe mit 20 dtex Nylonfaser überhaupt nicht mehr pillten.

Im allgemeinen werden jedoch solch große Unterschiede in der Faserfeinheit vermieden und ausgeglichene Faser-mischungen angestrebt, da sonst - besonders beim Spinnen - die feinere Faserkomponente ins Garninnere, die gröbere nach außen wandert und dort den unerwünschten sogenannten „Stichelhaareffekt“ hervorruft⁵). Es ist aber auch gar nicht erforderlich, den Faserdurchmesser so drastisch zu erhöhen, um eine merklich steifere Faser zu erhalten, da die Steifheit mit dem Quadrat des Durchmessers ansteigt. Beim Übergang von beispielsweise 3 auf 4 dtex steigt die Fasersteifheit bereits um das 1,8fache an, während die Zahl der Fasern im Garn außerdem noch um 25 % abnimmt⁹). Abbildung 5 zeigt deutlich, wie mit zunehmendem Titer die Pillneigung auf einer Polyester-Rundstrickware abnimmt.

Unklarheit scheint hinsichtlich der Faserkräuselung zu bestehen. Während sich gekräuselte Fasern im Garn einerseits besser festhalten können, können sich diese andererseits als Flaumfasern leichter verschlingen. Versuche, die eindeutig darauf Antwort geben, sind meines Wissens nicht bekannt. Einige Autoren finden eine Abnahme der Pillneigung mit

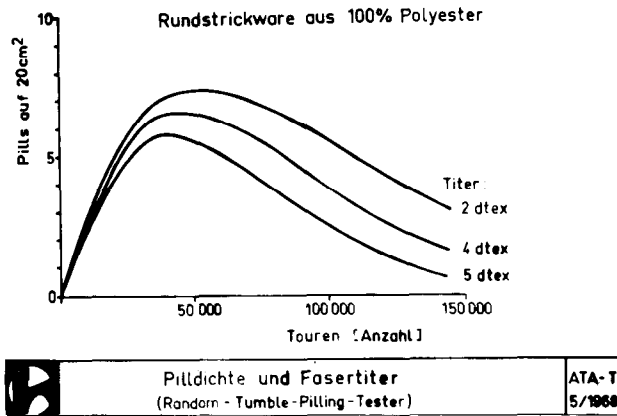


Abb. 5

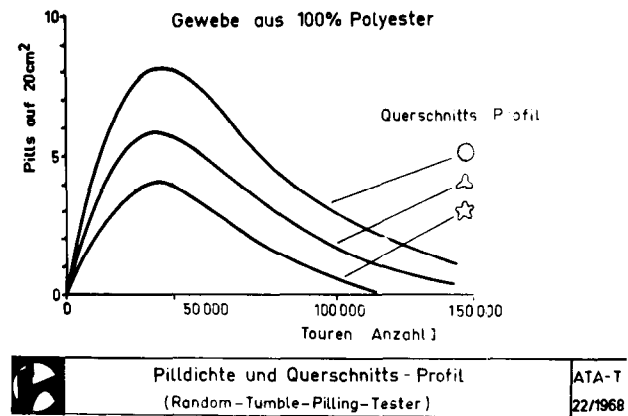


Abb. 6

zunehmender Faserkräuselung^{8, 10}), andere sind entgegengesetzter Meinung^{2, 7}).

Vermutlich wird die Pillneigung von der Beständigkeit der Originalkräuselung beim Verarbeiten der Faser sowie von der Art der Einbindung der gekräuselten Faser im Endprodukt abhängen. Verschwindet die Originalkräuselung schon beim Verarbeitungsprozeß weitgehend, dann bleibt sie ohne Wirkung auf die Pillneigung¹¹). Bleibt sie mehr oder weniger erhalten, dann kann sie bei Garnen mit niedriger Drehung ein stärkeres Einbinden der Fasern bewirken als bei solchen mit hoher Drehung, wo die Fasern ausgestreckt vorliegen¹²). Für die Pillneigung wird es daher auf das Zusammenspiel von Flaumbildung und Verknäuelungsneigung der gekräuselten Fasern ankommen.

Eine weitere Möglichkeit, die Pillbildung zu beeinflussen, bietet sich in der Faseroberfläche an. Diese kann eine Änderung einmal durch Aufrauen erfahren, beispielsweise durch Erzeugung von Querrillen bei Polyamidfasern mit Zinkchlorid oder Aufbringen feindispersierter Kieselsäureprodukte, zum anderen durch Profilierung der Fasern bei ihrer Herstellung mittels Düsen oder durch koagulierende Bäder.

Es ist schwer vorauszusagen, ob eine geraute oder eine profilierte Oberfläche die Fasern stärker im Garn bindet als eine glatte, strukturlose Oberfläche, die infolge des sogenannten Glasplatteneffektes eine besonders gute Haftung der Fasern aneinander bedingen könnte. Andererseits ist denkbar, daß sich oberflächenstrukturierte Fasern leichter verknäueln können als strukturlose.

Die Praxis zeigt, daß profilierte Fasern die Pillneigung vermindern. Böhlinger und Bolland¹³) haben in Trageversuchen geringere Pillneigung bei Geweben mit profilierten Polyamidfasern (Fünfsternprofil) gefunden. Zum gleichen Ergebnis gelangte Bache¹⁴), der Gewebe aus Polyester-Hohlprofilfasern (Dreisternprofil) in Mischung mit 50 % Wolle im Labor prüfte. Pilltests, die wir durchführten, zeigten, daß Gewebe aus Polyesterfasern mit Drei- und Fünfsternprofil ebenfalls weniger stark pillten als solche mit kreisrundem Querschnitt (Abb. 6).

Das nächstgrößte Bauelement einer textilen Ware ist das Garn, und sein Hauptmerkmal, die Garndrehung, ist für die

Pillbildung ebenfalls von Bedeutung. Mit zunehmender Garndrehung werden die Fasern dichter aneinandergedreht und so die Einbindung verstärkt. Dabei nimmt die Neigung einer Ware zu pillen ab, wie dies Abbildung 7 für ein Polyestergerewebe zeigt.

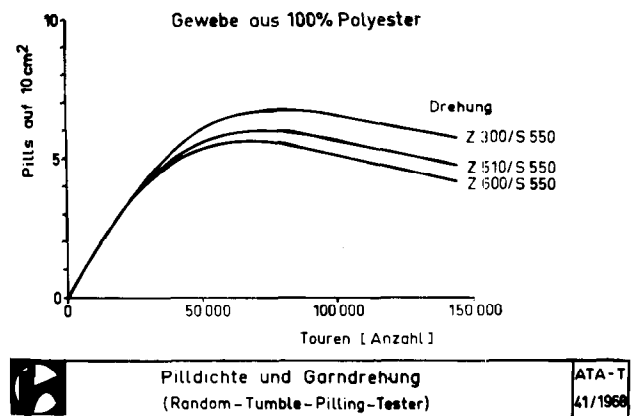


Abb. 7

Es muß jedoch erwähnt werden, daß bei Versuchen an Strickwaren die Garndrehung kaum Einfluß auf die Pillneigung zeigte¹²). Diese Diskrepanz kann so erklärt werden, daß nur in einem mittleren Drehungsbereich eine Abhängigkeit zwischen Pillneigung und Garndrehung besteht¹²), in welchem zwar die Webwaren, nicht aber alle Strickwaren liegen.

Die Garndrehung kann nämlich erst dann wirksam werden, wenn sie groß genug ist, um die Fasern merklich aneinanderzupressen, was bei lose gedrehten Strickgarnen nicht immer der Fall ist. Hat sie dagegen einen Grad erreicht, bei dem die Fasern schon so stark aneinandergedreht sind, daß sie ein Scheuermittel nicht mehr zwecks Flaumbildung lockern kann, dann übt eine weitere Zunahme der Garndrehung auf die Pillneigung keine Wirkung mehr aus. Dieser Fall ist bei extrem stark gedrehten Gewebegarnen gegeben.

Was über die Wirkung der Garndrehung gesagt wurde, gilt auch für Zwirne. Mit zunehmender Verzwirnung, das heißt

schärferer Drehung oder Anwendung von Mehrfachzwirn, nimmt die gegenseitige Berührungsfläche der Fasern zu und ihre Verankerung im Zwirn wird stärker. Auch die Drehrichtung spielt dabei eine Rolle. Ein Garn liegt meist in Z-Drehung vor und wird in S-Drehung verzwirnt. Wird jedoch die Zwiirdrehung im gleichen Sinne wie die Garndrehung vorgenommen (also ZZ oder SS), dann werden die Fasern stärker eingebunden als bei einer nicht gleichsinnigen Drehung²⁾. Es kommt also, um mit *F o r t i e r*¹²⁾ zu sprechen, auf die wirkliche Drehung (*real twist*) des Endzwirnes an. Gewebe mit verzwirnten Garnen pillen demnach weniger als solche aus Einfachgarnen. Garne mit ungleichmäßiger Drehung (z.B. Effektgarn) bringen dabei besondere Pillprobleme.

Eine Abnahme der Flaumbildung tritt ferner ein - und damit kommen wir zum textilen Endprodukt -, wenn eine möglichst dichte Wareneinstellung gewählt wird. Diese kann durch eine Steigerung der Zahl der Garnkreuzungspunkte pro Wareneinheit erzielt werden, wenn beispielsweise bei gleichem Warengewicht die Feinheit der Garne zunimmt oder wenn bei konstanter Garnfeinheit die Fadenzahl pro Längeneinheit vergrößert wird.

Es ist verständlich, daß daher auch das Spinnverfahren von Bedeutung ist. Kammgarne, mit ihren niedrigen Gesamtstapelfängen, erlauben dichtere und damit schwächer pillende Warenkonstruktionen als die größeren Streichgarne. Letztere begünstigen zusätzlich noch die Pillanfälligkeit, weil sie kürzere Fasern enthalten und schwächer gedreht sind als Kammgarne. Auch bei der Bindungsart ist die Anzahl der Garnkreuzungspunkte wichtig. Ein tuchbindiges Gewebe, mit seiner kurzflottierenden Bindung, pillt zum Beispiel weniger als ein Gewebe mit Körperbindung, das weniger Garnkreuzungspunkte pro Flächeneinheit aufweist (Abb. 8).

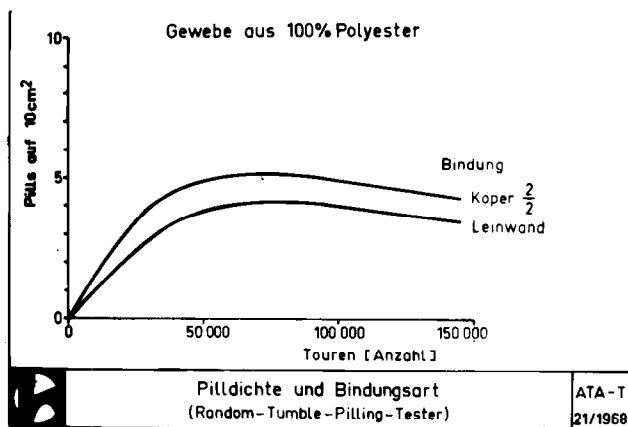


Abb. 8

Hinsichtlich des Einflusses der Walke auf die Pillbildung bestehen unterschiedliche Ansichten. Einerseits wird die Meinung vertreten, daß beim Walken von Mischgeweben aus Wolle und synthetischen Fasern die Pillneigung zunimmt, weil synthetische Fasern an die Warenoberfläche gebracht und ihre Enden freigelegt werden^{8, 15, 16)}.

Andererseits besteht die Auffassung, daß beim Walken nur Wollfasern an die Oberfläche gelangen, wo sie sich verfilzen und als Schutzschicht auf den synthetischen Fasern die Pillbildung verzögern^{1, 2, 10, 17)}. Soweit feststellbar, wurden solche Versuche meist an Wollgeweben mit maximal 20 % Polyamid- oder Polyestergehalt, aber verschiedenen dichter Konstruktion, durchgeführt. Es scheint demnach so zu sein, daß beim Walken von locker eingestellten Waren neben Wolle auch synthetische Fasern an die Oberfläche gelangen, während bei dicht konstruierten Waren ausschließlich Wollfasern zur Oberfläche wandern. Abbildung 9 zeigt die von *Press*¹⁾ im Labor beobachtete Pillbildung an zwei verschiedenen stark gewalkten Tuchen.

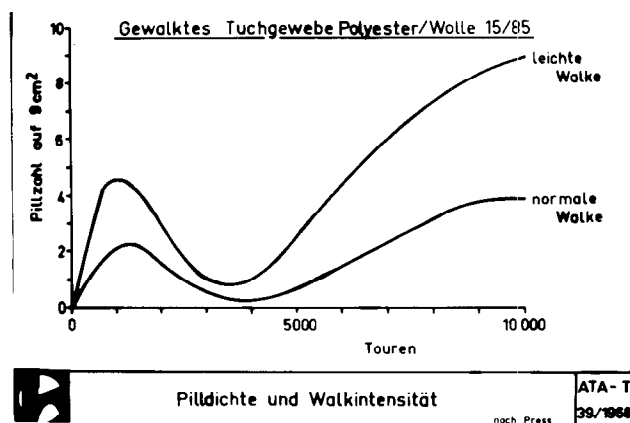


Abb. 9

Zuerst bilden sich Pills aus Fasern der offenbar außen liegenden Wollschicht, die bei weiterem Scheuern rasch wieder verschwanden. Dann wurden mit abnehmender Dicke dieser Schicht die darunter liegenden synthetischen Fasern zur Pillbildung angeregt, welche bei einer normalen Walke aber weniger stark in Erscheinung trat als bei einer leichten Walke.

Als nächstes seien Chemikalien betrachtet, soweit sie auf die erste und zweite Pillstufe erkennbaren Einfluß ausüben. In der Hauptsache kommen dafür Farbstoffe sowie Wasch-, Reinigungs- und Ausrüstungsmittel in Frage. Vermindern solche Stoffe die Reibung zwischen den Fasern, dann wirken sie als Gleitmittel und vergrößern die Pillneigung, verstärken sie die Faserreibung (was bis zum Verkleben der Fasern führen kann), so wird die Neigung zum Pillen vermindert. Hiezu einige Beispiele:

Nach *B a i r d* u.a.⁸⁾ blieb der Färbeprozess bei Nylon/Wolle-Geweben ohne Wirkung auf die Pillneigung, solange keine Seifenlösung beteiligt war. War diese jedoch beim Färben anwesend, dann zeigten die gefärbten Waren stärkere Pillneigung, weshalb die Autoren in der Seifenlösung ein Gleitmittel vermuten.

*B e l l e l i*¹⁰⁾ machte eine entgegengesetzte Beobachtung: Orlon®-Wirkware, mit Marseillerseife unter speziellen Wasch- und Trockenbedingungen behandelt, pillte weniger stark als vorher. Er fand, daß sternförmig geformte, nicht auswaschbare Seifenteilchen die Vertiefungen der Faseroberfläche

ausgefüllt hatten und vermutete, daß die dadurch vergrößerte Kontaktfläche zwischen den Fasern diese besser aneinander haften ließ. Hielt er die erwähnten Wasch- und Trockenbedingungen nicht ein, dann konnte er keine Pillreduktion finden und die Seifenteilchen hatten andere Form und Größe.

Auch Ausrüstungsmittel können verschiedene Wirkung zeigen. Wasserabweisende Ausrüstungen sind im allgemeinen Fasergleitmittel und können die Pillneigung verstärken. Knitterfestausrüstungen sind meist harzhaltig, verkleben also die Fasern und bewirken daher eine Verringerung der Pillneigung. Aus dieser Erfahrung heraus wurden pillreduzierende Ausrüstungsmittel entwickelt, wie zum Beispiel Polyvinylazetat^{8, 12, 18}). Damit sie ihre Wirkung behalten, müssen diese allerdings wasch- und reinigungsbeständig sein. Sie dürfen ferner Farbe und Griff einer Ware nicht nachteilig beeinflussen. Da diese Forderungen nicht immer gewährleistet sind, sollten solche Nachbehandlungen zur Verringerung der Pillneigung stets nur als Notbehelf betrachtet werden.

Nach den Chemikalien sei schließlich noch die Wärme erwähnt. Durch ihre Einwirkung werden Spannungen in der thermoplastischen Faser ausgeglichen, die Lage der Faser beruhigt und so ihre Eindrehung fixiert. Es ist demnach eine Reduktion der Pillanfälligkeit zu erwarten, was auch beobachtet wird. Wird einem Gewebe beim Fixieren zusätzlich zu schrumpfen erlaubt, so werden die Fasern noch fester im Gewebe eingebunden. Nach Untersuchungen von Bache¹⁴) war dieser Effekt besonders ausgeprägt bei Anwendung von Polyester-Hochschrumpffasern in einem Mischgewebe mit Wolle.

Wärmezufuhr unter Druck, wie es beim Bügeln und Prägen geschieht, vermindert ebenfalls die Pillneigung, da die Fasern fest an die Oberfläche gepreßt werden⁸). Auch Dämpfen scheint pillreduzierend zu wirken. Belleli¹⁰) fand, daß Fasern aus Polyäthylenterephthalat in 120°C heißem, gesättigtem Dampf oberflächlich „verändert“ wurden, wodurch die Reibung zwischen den Fasern zu- und die Pillbildung abnahm.


Schließlich sei noch das Sengen erwähnt. Schmelzbare Oberflächenfasern werden, soweit sie abstehen, zu Kügelchen verschmolzen und, sofern sie das nicht tun, leicht zusammengesintert, wodurch ein Heraustreten weiterer Fasern aus der Oberfläche vermieden wird und damit die Pillneigung abnimmt¹⁹).

Wenden wir uns nun der zweiten Phase der Pillbildung zu. Um zu vermeiden, daß Flaumfasern von ausreichender Länge und Konzentration sich zu Pills verschlingen, könnte man daran denken, die Flaumfasern einfach abzuschneiden. Da das Scheuermittel aber neue Fasern aus dem Garnverband herauszieht, muß mehr getan werden. Das geschieht in der Praxis so, daß man die Wirkung des Scheuermittels vorwegnimmt und sämtliche aus ihrer Verankerung leicht zu lösenden Fasern an ihrem einen Ende durch Bürsten der Ware herauszieht. Erst dann werden die Faserenden abgeschnitten bzw. abgeschmolzen. Diese als Scheren und Sengen be-

kannten Vorgänge helfen die Pillbildung wesentlich zu vermindern, zumindest bei dicht eingestellten Materialien. Wir alle wissen, daß ungeschorene Waren mehr pillen als gespitzte oder sogar kahl geschorene. Bei vielen Strickwaren, die wegen der beabsichtigten Warenstruktur locker eingestellt werden, ist ein Scheren oder Sengen jedoch nicht möglich. Da hier auch stärkere Garndrehungen und faserverklebende Ausrüstungen nicht anwendbar sind, bleibt zur Verminderung der Pillneigung nur die Verwendung von Fasern, die zu einem raschen Pillabbruch führen.

Fassen wir zusammen: Zur Verminderung der Pillanfälligkeit können folgende Maßnahmen dienen:

Bei	Anwendung von
Faser	langem Stapel starkem Titer rauhem Oberfläche geringer Biegebeständigkeit (siehe „Faserart u. Pillneigung“)
Garn	starker Drehung Verzerrung
Textiles Endprodukt	großer Faden- und Maschendichte kurzflottierenden Gewebendichten Fixierprozess (bei Verwendung thermoplastischer Fasern) Bürsten und Scheren/Sengen



Maßnahmen zur Reduktion der Pillneigung

ATA-T
40/1968

Abb. 10

Schließlich ist noch als Maßnahme scheinbarer Reduktion der Pillanfälligkeit die Anwendung solcher Stoffmuster zu nennen, die eventuell gebildete Pills nur wenig in Erscheinung treten lassen.

Faserart und Pillneigung

Die dritte Pillstufe, der Pillabbruch, sei gesondert betrachtet, da sie speziell das Fasermaterial anspricht und erst in zweiter Linie die mehr konstruktiven und verarbeitungstechnischen Maßnahmen, die soeben besprochen wurden.

Bei den bisherigen Betrachtungen haben wir noch einen Faktor außer acht gelassen, der nicht minder für das Pillverhalten einer textilen Ware wesentlich ist, nämlich die Zusammensetzung der Garne. Soll eine Faser verwendet werden, deren Eigenschaften eine starke Pillneigung erwarten lassen, so kann diese auch dadurch gemindert werden, daß man eine solche Faser anteilmäßig in geringer Menge dem Garn zumischt. Durch Senkung dieses Faseranteils wird beispielsweise bei Polyamidfasern der gewünschte Wareneffekt erzielt (z.B. Scheuerbeständigkeit), um dessentwillen die stark zum Pillen neigende Faser zugegeben wurde, nicht dagegen bei Polyester (z.B. Formbeständigkeit).

Hier bleibt keine andere Wahl, als diese Faser in ausreichend großer Menge dem Garn zuzusetzen. Dann aber ist die Pillneigung der daraus hergestellten Waren nur so zu verhindern, daß das Garn hochgezwirnt und die Ware kahl ausgerüstet wird. Der Streichgarn- und Wirkwarenssektor bleibt solchen Fasern dagegen verschlossen.

Darum war die Faserindustrie bestrebt, synthetische Fasern zu entwickeln, die unter möglicher Beibehaltung der wünschenswerten Eigenschaften (wie Knitterfreiheit und Pflegeleichtigkeit) auch für lockere, flauschige Artikel geeignet sind. Die Möglichkeit hierzu bot die Steuerung der Fasereigenschaften, welche den Pillabbruch und damit die Lebensdauer der Pills beeinflussen.

Trotz starker Pillneigung wird nämlich ein Artikel weniger pillend erscheinen, wenn die Pills, kaum daß sie entstanden sind, auch schon abbrechen. Der Zeitpunkt, wann ein Pill abreißt, beruht ausschließlich auf der verwendeten Faserart und keineswegs auf den vielen anderen, die Pillneigung beeinflussenden Faktoren. Er ist, wie beim Mechanismus der Pillbildung schon besprochen, in der Hauptsache von der Biegebeständigkeit (*flex life*) einer synthetischen Faser, weniger von ihrer Reißfestigkeit abhängig. Die Prüfung der letzteren ist bekannt, die Prüfung der Biegebeständigkeit wird wie folgt durchgeführt (Abb. 11):

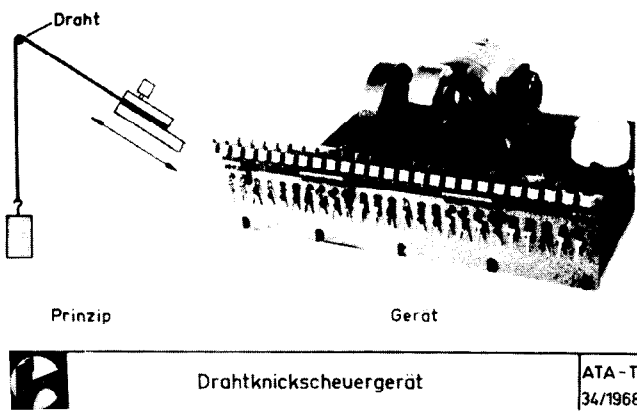


Abb. 11

Es wurde ein Gerät gebaut, bei dem die zu prüfende Einzelfaser dadurch dauernd geknickt und wieder geradegerichtet wird, daß sie über einen dünnen Metalldraht in einem spitzen Winkel bis zum Bruch hin- und hergezogen wird²⁰). Die Faser wird dabei durch ein Gewicht gespannt gehalten. Die Anzahl der Knickungen, das heißt die Zahl der Hin- und Herbewegungen bis zum Bruch der Faser, wird als Knickbruchzahl bezeichnet und als Maß für die Knickbruch- oder Biegebeständigkeit betrachtet.

Wir sind uns dabei bewußt, daß der Apparat eine scheuernde Biegeprüfung durchführt. Vergleichsversuche mit einem Gerät, das eine reine Biegebeanspruchung der Fasern ermöglichte, haben jedoch gezeigt, daß mit beiden Geräten die Rangordnung der an verschiedenen Fasern gefundenen Knickbruchzahlen die gleiche war. Wenn wir trotzdem auf die Anwendung dieses „echten“ Biegeprüfers verzichteten, dann insbesondere deshalb, weil wir bei diesem die Streuung der Meßwerte wesentlich größer fanden als bei dem beschriebenen sogenannten Drahtknickscheuergerät, das auch noch den Vorteil der einfacheren Bedienung hat. Dieses Gerät erlaubt die gleichzeitige Prüfung von 25 Einzelfasern.

Wie zu erwarten, nimmt für eine Faser die Knickbruchzahl mit zunehmender Faserbelastung ab (Abb. 12).

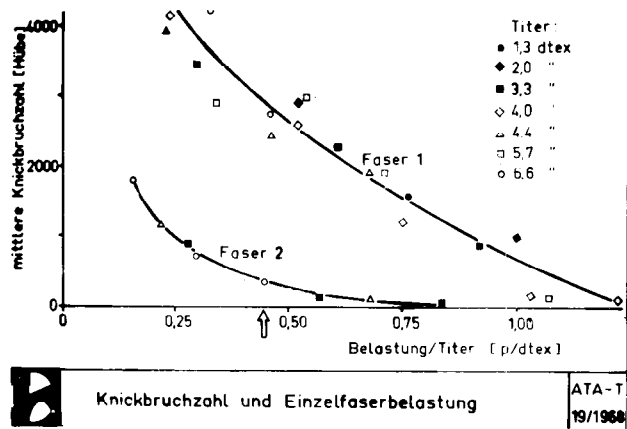


Abb. 12

Ferner wurde für Fasern mit kreisförmigem Querschnitt die Knickbruchzahl innerhalb der Meßgenauigkeit unabhängig vom Titer gefunden, wenn dieser als einzige variierte Größe zwischen 1 und 6 dtex lag, und wenn die Faserbelastung auf die Faserfeinheit bezogen wurde. Dieses Ergebnis ist deshalb wichtig, weil es dadurch möglich ist, unabhängig vom Titer die Fasern hinsichtlich ihrer Knickbruchzahlen miteinander zu vergleichen. Wir tun das bei einer Faserbelastung von 0,45 p/dtex (0,5 p/den), weil bei dieser Belastung die bisher geprüften Fasern die deutlichsten Unterschiede untereinander zeigten und die Prüfung in einer vertretbaren Zeit durchgeführt werden kann. Außerdem haben wir gefunden, daß die Rangfolge der bei dieser Belastung ermittelten Knickbruchzahlen für die bisher untersuchten Fasern die gleiche war wie die des Pillabbruchverhaltens der daraus hergestellten Waren.

Mit der genannten Prüfmethode sind wir in der Lage, bereits an der Faser die an der Ware zu erwartende Pillneigung abzuschätzen, ohne auf die Herstellung des textilen Endproduktes warten zu müssen. So ist es möglich, aus neuartigen oder modifizierten Fasern bereits jene auszuwählen, welche auf Grund ihrer niedrigen Biegebeständigkeit ein rasches Abbrechen der Pills versprechen. Solche Fasern können dann in der textilen Ware wesentlich lockerer eingebunden sein als Fasern mit hoher Biegebeständigkeit, bevor die Gefahr einer Pillbildung entsteht.

Modifizierte synthetische Fasern waren es dann auch, die wegen ihrer geringen Biegebeständigkeit den Wirk- und Strickwarenssektor eroberten. Sie werden solcherart hergestellt, daß man das Faserrohmaterial bis zu einem weniger hohen Molekulargewicht polymerisiert, durch Einbau besonderer Reaktionspartner die Kettenbildung stört oder die Weiterverarbeitung des ersponnenen und noch unverstreckten Fadens ändert.

Der Vollständigkeit halber seien noch die Naßveredlungsverfahren erwähnt, die bei synthetischen Fasern an Kammzug, Garn oder textilem Endprodukt angewendet werden können. Beispielsweise kann durch Behandlung von Polyesterfasern mit Polyglykolderivaten²¹) oder Ammoniaklösung^{18, 22}) in der Hitze eine merkliche Reduktion der Pillanfälligkeit erzielt werden.

Diese Verfahren erfordern allerdings die Einhaltung streng kontrollierbarer Arbeitsbedingungen, um den Eingriff in die Faserstruktur durch die erwähnten Chemikalien nicht zu einer unerwünschten Faserschädigung werden zu lassen. Sie finden heute keine Anwendung mehr.

Zur Vervollständigung der Liste in Abbildung 10 über die Maßnahmen zur Herabsetzung der Pillneigung haben wir also noch einen wesentlichen Punkt hinzuzufügen, nämlich die Anwendung geeignet modifizierter synthetischer Fasern mit geringer Biegebeständigkeit. Ausdrücklich sei aber an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß sämtliche der genannten Maßnahmen, auch wenn sie die Pillneigung einer Ware herabsetzen, andere Eigenschaften (wie Griff, Knitterneigung usw.) recht nachteilig beeinflussen können. Daher kommt es bei der Warenkonstruktion immer auf ein sorgfältiges Abwägen der einzelnen Einflußgrößen gegeneinander an, um den gewünschten Warenausfall zu erzielen.

Die Pillkurve

Nachdem wir den Mechanismus der Pillbildung und die Maßnahmen zu ihrer Vermeidung besprochen haben, sei der zeitliche Ablauf des Pillvorgangs schematisch für einige typische Fälle dargestellt. Abbildung 13 zeigt solche „Pillkurven“ in Abhängigkeit der Pillzahl pro Flächeneinheit von der Zeit.

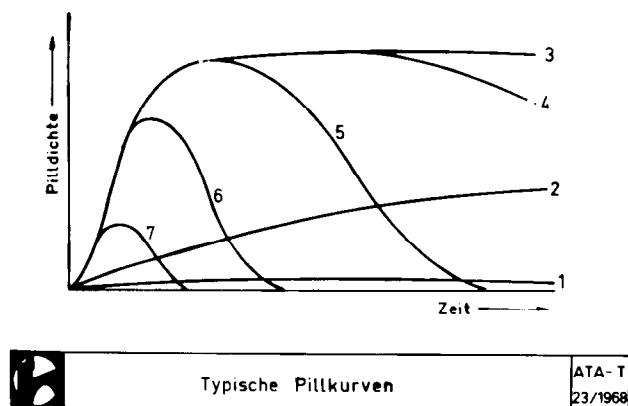


Abb. 13

Kurve 1 ist repräsentativ für eine nichtpillende Ware, wie beispielsweise einem strapazierfähigen, hochgezwirnten und kahl ausgerüsteten Kammgarnstoff. Bei diesem erzeugt die Scheuerbeanspruchung kaum Flaumfasern, wodurch - wie wir wissen - die Vorbedingung zum Pillen überhaupt fehlt.

Kurve 2 zeigt eine langsam einsetzende Pillbildung, sodaß Waren, für die diese Kurve gilt, für längere Tragedauer, mindestens aber für saisonbedingten Einsatz geeignet sein dürfen. Dicht gewebte und geschorene Stoffe, bei denen sich Flaumfasern nur langsam bilden, können eine solche Pillkurve zeigen; ferner Stoffe, bei denen trotz rasch erfolgender Bildung von Flaumfasern diese nur wenig Neigung zum Verknäueln zeigen.

Die Kurven 3 und 4 stellen stark pillende Waren dar, bei denen die gebildeten Pills entweder nicht (Kurve 3) oder nur langsam abbrechen (Kurve 4). Stoffe aus Polyäthylentereph-

thalat mit dem üblichen Molekulargewicht, rein oder in Mischung mit Wolle, zeigen Pillverhalten, die der Kurve 4 entsprechen.

Die Pillabbruchtendenz kann aber, wie wir wissen, erheblich gesteigert werden, wenn geeignet modifizierte synthetische Fasern zur Anwendung kommen. Die Kurven 5 und 6 repräsentieren das Pillverhalten von Waren aus solchen Fasern, wobei für die Kurve 6 die Pillabbruchtendenz bereits so groß ist, daß die maximal mögliche Pildichte zusätzlich eine merkliche Reduktion erfahren hat. Waren, die diesen Kurvenverlauf zeigen, können schon als pillarm bezeichnet werden.

Mit weiter steigender Pillabbruchtendenz kann über Kurve 7 schließlich wieder Kurve 1 erreicht werden. Hier ist der Fall denkbar, daß gebildete Flaumfasern bereits abbrechen oder abgescheuert werden, bevor sie Pills bilden können. Waren aus Wolle und Azetatfasern liegen in diesem Bereich und können bei derartigem Kurvenverlauf als praktisch nicht pillend angesehen werden.

Die Bestimmung des Pillgrades

Um die Pillkurve darstellen zu können, muß eine Maßzahl für die Pillanfälligkeit gefunden werden. Leider läßt sich der Pillzustand einer Ware nicht wie eine genau definierte physikalische Größe messen, da die Pills in Form und Größe keine eindeutig begrenzten Gebilde darstellen, sondern - je nach Faserart, Warenkonstruktion, Art und Dauer der Scheuerbeanspruchung - verschieden sind. Es gibt kleine und große, runde und längliche, harte und weiche, scharf begrenzte und im Umriß verschwommene, lockere Pills neben Aufrauhungen verschiedener Art. Daher wurde meines Wissens auch noch keine Methode gefunden, die eine eindeutige Bestimmung des Pillzustands gestattet.

Vielfach wird die Pildichte, das heißt die Zahl der Pills pro Flächeneinheit, bestimmt. Durch die gleiche Bewertung von Pills verschiedener Form und Größe, wie sie oft nebeneinander vorkommen, wird aber der Gesamteindruck, den die gepillte Ware bietet, nicht berücksichtigt. Beispielsweise wirken bei gleicher Pildichte große Pills viel störender als kleine. Außerdem ist das Auszählen der Pills mühsam, weil kleine neben großen Pills übersehen werden können und eine Entscheidung, ob es sich um Faserverschlingungen oder um Pills handelt, nicht immer leicht zu treffen ist. Diese Methode ist daher nur auf Stoffe anwendbar, die sich in Form und Größe der Pills nicht unterscheiden.

Es wurde auch versucht, die Pills nach einer gewissen Zeit abzuschneiden und zu wiegen. Neben dem beachtlichen Aufwand an Zeit, die diese Maßnahme erfordert, kann die Pillbildung am selben Muster zeitlich nicht einwandfrei verfolgt werden, da die Pills zwecks Wägung immer wieder vom Stoff getrennt werden müssen.


Ferner werden bei gleichem Gewicht Pills verschiedener Dichte unterschiedliche visuelle Eindrücke hervorrufen.

Auch der Vergleich mit sogenannten Standards wird gewählt. Stoffmuster werden verschieden lange „gepillt“, die entstandenen Pills, wenn nötig, angefärbt und danach diese

Muster fotografiert oder im Original beibehalten. Den einzelnen Standards, welche die verschieden stark „verpillten“ Stoffe repräsentieren, werden dann Pillgrade zugeordnet, die in Zahlen ausgedrückt werden. Der Nachteil dieser Methode liegt darin, daß für jede Stoffklasse neue Standards erstellt werden müssen, weil nur die Pills einer Stoffklasse miteinander vergleichbar sind. Werden allerdings Stoffe derselben Art immer wieder geprüft, dann erleichtern Standards die Pillbildung ungemein. Wir wenden deshalb diese Methode für solche Stoffe an, die zwecks Warenzeichenfreigabe auf einem bestimmten Pilltaster der Prüfung unterworfen werden.

Eine weitere Methode beschreibt den jeweiligen Pillzustand einer Ware und erfaßt Ausbildung und Veränderung der Pills bis zur maximalen Pillanfälligkeit des zu prüfenden Musters in acht textlich definierten Bewertungsstufen:

<u>Pillgrad</u>	<u>Beschreibung</u>
<u>1</u>	aufgerauht, flusig, faserig
<u>2</u>	wolkig, norbig, teilweise noch flusig
<u>3</u>	vereinzelte unreife Pills, flammige Faserverschlingungen
<u>4</u>	stark wolkig, vermehrt unreife Pills
<u>5</u>	leicht verpillt, Pillform teils flammig, teils unreif
<u>6</u>	verpillt, Pillform unreif bis reif
<u>7</u>	stark verpillt, Pillform überwiegend reif
<u>8</u>	maximal verpillt, reife kugelige Pillform, gruppelige Oberfläche



Reutlinger Pillgrade (RPG)

ATA-1
26/1968

Abb. 14

Diese Methode von R u o f wurde von den Deutschen Forschungsinstituten für Textilindustrie in Reutlingen vorgeschlagen und ist allgemein als „Reutlinger Methode“ bekannt²³⁾. Ihr Nachteil besteht darin, daß sie wohl die Bildung der Pills berücksichtigt, nicht aber nach Durchschreiten der maximalen Pillanfälligkeit deren Verschwinden. Hinsichtlich ihres Aussehens durchlaufen die Pills nach Überschreiten des Pillmaximums nämlich nicht mehr die jeweiligen Bewertungsstufen in umgekehrter Reihenfolge, da die Zahl der gebildeten Pills mit der Zeit abnimmt, ohne daß sie sich dabei in ihrer Form noch wesentlich verändern.

Ferner ist die Bestimmung des Pillgrades bei mittleren Bewertungsstufen nicht leicht, da für diese Stufen die Beschreibung meines Erachtens nicht ausreichend eindeutig ist. Trotzdem wenden wir die Reutlinger Methode an, weil wir finden, daß sie für alle bisher geprüften Stoffmuster in kurzer Zeit den Pillgrad zu ermitteln gestattet und wenig von der Person des Prüfers abhängt. Die Bewertung einer Ware nach Durchschreiten der maximalen Pillanfälligkeit bereitet dabei keine allzu große Mühe, da es sich hier - wie gesagt - fast ausschließlich um eine Abnahme der Pilledichte handelt und so der Pillgrad sinngemäß in die acht Bewertungsstufen eingeordnet werden kann. Eine verlässliche Prüferin kann den Pillzustand auf $\pm 0,5$ Bewertungsstufen genau bestimmen.

Die bisher geschilderten Methoden sind mehr oder weniger subjektiv. Das gilt auch für die Pillauszähl- und -wagemethode, da die Pills erst als solche erkannt werden müssen, bevor man sie zählen oder zwecks Wägung abschneiden kann. Verständlicherweise wird bei diesen Methoden eine farblich und reliefartig gemusterte Warenoberfläche besonders stören, da man sie für die Pillgradbestimmung nicht abstrahieren kann.

Nun sind neuerdings drei Methoden bekannt geworden, die die Pillanfälligkeit rein objektiv zu bestimmen suchen.

Japanische Forscher²⁴⁾ arbeiten mit optischen Verfahren unter Verwendung von Photozellen. In einem Falle wird die Lichtmenge gemessen, die durch die zu prüfende Probe geht, im anderen Falle empfängt die Photozelle Licht, das parallel zur Probenoberfläche und unmittelbar über diese hinweggeht, soweit es nicht von gebildeten Pills zurückgehalten wird. K u c i n g i s²⁵⁾ tastet die Pills mit Lamellen ab, die über die Probe gleiten, und zeichnet über Dehnungsmessstreifen, die auf den Lamellen angebracht sind, die Abmessungen der Pills auf.

Wir können zu diesen Methoden zur Zeit keine Stellung nehmen, da wir noch keine Gelegenheit hatten, sie zu erproben.

Die Laborgeräte

Wenden wir uns nunmehr den im Labor angewandten Verfahren zu. Allgemein wird von der Pillprüfung im Labor gefordert, daß die erzeugten Pills in Form, Größe und Häufigkeit annähernd der Praxis entsprechen. Ferner muß die Laborprüfung, da sie das Ergebnis des Trageversuchs vorwegnehmen soll, rasch erfolgen, was eine andere, meist stärkere Beanspruchung der Ware bedingt, als sie in der Praxis erfolgt. Im Prinzip wird das durch Reiben der zu prüfenden Ware an einem milden Scheuermittel unter geringem Druck und in mehreren Richtungen erreicht. Dabei sind zu berücksichtigen:

1. Die Fläche der zu prüfenden Probe soll möglichst groß sein (mindestens 50 cm^2), um lokale Unterschiede in der Oberflächenbeschaffenheit der Ware auszuschließen und einen guten Gesamteindruck von der Warenoberfläche zu vermitteln.
2. Die Probe soll möglichst spannungslos oder bei kontrollierbarer geringstmöglicher Spannung geprüft werden, da starkes Spannen die Faser fester einbindet und dadurch geringere Pillneigung vortäuscht. Man versucht dieser Forderung dadurch gerecht zu werden, indem man beispielsweise die Probe auf weicher, elastischer Unterlage in einem benadelten Aufspannrahmen²⁶⁾ hält oder ihr mittels eines Luftkissens bestimmten Druckes eine bestimmte Spannung erteilt²³⁾.
3. Der Anpreßdruck des Scheuermittels gegen die Probe soll möglichst niedrig gehalten werden, um eine praxisähnliche, milde Scheuerwirkung zu erreichen. Bei vielen Verfahren wird der Anpreßdruck auf den jeweiligen Warenaufbau abgestimmt und liegt im allgemeinen zwischen 0 und 50 p/cm^2 ^{23, 27, 28)}. H e i d e c k²⁹⁾ schließt nicht aus, daß es einen kritischen Anpreßdruck gibt,

oberhalb und unterhalb dessen überhaupt keine Pills entstehen können.

Ist das Scheuermittel aus dem gleichen Material wie die Probe, also dehnbar, so ist zusätzlich dessen Vorspannung für die Pillbildung von Bedeutung. Beispielsweise fanden wir, je nachdem, ob Weichgummi oder Schaumgummi dem scheuernden Stoff als Unterlage gedient hatte, unterschiedliche Pillergebnisse.

4. Das Scheuermittel soll möglichst abriebfest sein und eine stets gleichbleibende Oberflächenrauigkeit besitzen, um die Scheuerbedingungen während der Prüfung konstant zu halten und die Prüfung reproduzierbar durchführen zu können. Ersatz des Scheuermittels während der Prüfung und Vergleichsmessungen in Standardwaren sind daher meist nicht zu umgehen. Leider sind die zur Anwendung kommenden Scheuermittel für fast jedes Verfahren verschieden.
5. Hinsichtlich der Relativbewegung zwischen Probe und Scheuermittel herrscht allgemein die Auffassung, daß sie irgendeiner Kurve eher als einer Geraden folgen sollte²⁹⁾, um ein Verknäueln der Flaumfasern leicht zu ermöglichen. D ö r r e r und K u t s c h e ²⁷⁾ beispielsweise wenden bei ihrem Gerät - in Analogie zur Scheuerbewegung der Arme auf dem Jackett - elliptische Kurven an.
6. Die Geschwindigkeit der Relativbewegung soll so groß sein, daß der Pilltest rasch beendet ist, eine Pillkurve aber noch aufgenommen werden kann.
7. Wenn möglich, soll die Ware vor und nach einer Wäsche oder Chemischreinigung geprüft werden, da irgendwelche Ausrüstungen beachtlichen Einfluß auf die Pillbildung ausüben können, wie wir sahen. Ferner soll die Probe ausreichend lange (24 Stunden) in einer Standardatmosphäre konditioniert werden, um Spannungen innerhalb der Ware auszugleichen³⁰⁾.

Je nachdem, wie diese Faktoren zur Anwendung kommen, existieren verschiedene Verfahren, die sich nach S c h i c k h a r d t ²⁸⁾ in zwei Gruppen einteilen lassen:

I. Verfahren mit fest eingespannter Probe und zwangsläufiger Bewegung dieser Probe nach Art der Scheuerprüfung. Diese Verfahren lassen sich wieder unterteilen in solche mit vorhergehendem Aufrauen der Probe durch einen stark wirkenden Reibkörper (Bürste aus Polyamidborsten oder Roßhaar, geriffelte Polyamidscheibe) und anschließendem Scheuern mit einem milden Reibkörper (gleicher Stoff, Baumwollnessel, Zellulose- oder Polyurethanschwamm, PVC-Schaumstoff, Segeltuch, Schneiderleinen) und solche, die ausschließlich mit einem milden Reibkörper arbeiten. Waren dichter Einstellung werden oft einem vorhergehenden Aufrauhprozeß unterworfen, um die Pillbildung zu beschleunigen, Waren lockerer Einstellung dagegen ohne Aufrauen geprüft.

II. Verfahren, bei der die Probe in einem Gehäuse freie Taumelbewegungen ausführt. Da hier mehrere Proben zur Anwendung gelangen, scheuern sie sich aneinander, zusätzlich aber auch an milden Scheuermitteln (Gummi,

Kork), die sich ebenfalls im Gehäuse befinden.

In Abbildung 15a, b und c werden einige Labormethoden gezeigt, die diese Verfahren repräsentieren.

Prüfverfahren	Vorbehandlung		Hauptbehandlung	
	Anordnung	Scheuermittel Flächendruck Bewegung	Anordnung	Scheuermittel Flächendruck Bewegung
Brush and Sponge Tester		Nylonbürste 4 p/cm ² kreisförmig		Zellulose- schwamm 4 p/cm ² kreisförmig
Dörrer- Kutsche		Geriffelte Poly- amidscheibe 10 p/cm ² elliptisch		PVC-Schaum- stoff (bei Maschen- ware gleicher Stoff) 10 p/cm ² elliptisch
a) Gewebe		—		—
b) Faserige Stoffe	keine	—		—
c) Maschenwaren	keine	—		—
Verfahren mit zwei Scheuerbehandlungen				ATA - T 38/1968

Abb. 15a

Prüfverfahren	Vorbehandlung	Hauptbehandlung		
		Anordnung	Scheuermittel Bewegung	Flächendruck
Scheuergät nach Hauser			gleicher Stoff	(Probenspannung nach Reutlingen)
a) Webwaren	keine		kreisförmig	24 p/cm ² (50mmWS)
b) Maschenwaren Unterbekleidung Oberbekleidung			—	14 p/cm ² (50mmWS) 2 p/cm ² (75mmWS)
Appearance Retention Tester			Nylon-Segeltuch	60 p/cm ²
a) Webwaren	keine		Nylon-Geflecht	13 p/cm ²
b) Strickwaren			kreisförmig	—
Verfahren mit einer Scheuerbehandlung				ATA - T 37/1968

Abb. 15b

Prüfverfahren	Vorbehandlung	Hauptbehandlung		
		Anordnung	Scheuermittel Bewegung	Flächendruck
Random Tumble Pilling Tester	keine		Gleicher Stoff und Neopren (oder Kork) zufällig	/
ICI-Tester	keine		Gleicher Stoff, Kork und Weichgummi zufällig	/
Taumelverfahren				ATA - T 36/1968

Abb. 15c

Beim Brush- and Sponge-Tester^{28, 31)} sowie bei der Methode nach Dörrer-Kutsche für Gewebe²⁷⁾ werden die eingespannten Waren vorerst aufgeraut und dann mit einem milden Scheuermittel gerieben. Der Appearance Retention-

Tester³¹⁾ und das Scheuergerät nach Hauser³²⁾ rauhen die eingespannte Ware vor der eigentlichen Pillprüfung dagegen nicht auf. Ebenfalls ohne Vorbehandlung arbeiten der Random-Tumble-Pilling-Tester³¹⁾ und der ICI-Tester³³⁾, die meines Wissens einzigen Vertreter des Taumelverfahrens.

Geräte, mit denen wir unsere Erfahrungen sammelten, sind das Scheuergerät nach Hauser, der ICI-Tester und der Random-Tumble-Pilling-Tester; alle mehr oder weniger modifiziert, weshalb ich auf diese Apparate näher eingehen möchte.

Beim Scheuergerät nach Hauser³²⁾ wird die Ware über zwei runde Scheiben gespannt, die mit einem bestimmten einstellbaren Gewicht aufeinanderliegen. Der Probe kann zusätzlich mittels eines Luftpolsters eine bestimmte Vorspannung erteilt werden (Abb. 16a).

Beide Scheiben führen hin- und hergehende Bewegungen mit gleicher Frequenz und Amplitude, aber mit geringer Phasenverschiebung und in senkrecht zueinanderliegenden Richtungen aus. Dabei beschreibt jeder Punkt der einen Scheibe einen Kreis auf der anderen Scheibe, sodaß beim Reiben von Stoff auf Stoff eine aus der Probe herausragende Faser im Schnittpunkt vieler Kreisbögen liegt, weshalb sie nach allen Richtungen gebogen wird (Abb. 16b).

Die sich bildenden Pills haben daher nicht die in der Praxis meist übliche Form einer Kugel, sondern die einer Spindel, die an ihrem einen Ende mit dem Gewebe verbunden ist. Wir haben deshalb Frequenz und Amplitude der einen Scheibe geändert. Ein Punkt der einen Scheibe beschreibt auf der anderen nunmehr abwechselnd und in verschiedenen Richtungen von der Geraden zur Ellipse sich wandelnde Kurven gemäß Abbildung 16c.

Die erhaltenen Pills werden dadurch kugelig, also der Praxis mehr angeglichen. Im übrigen wenden wir bei unseren Pillversuchen die von den Deutschen Forschungsinstituten für Textilindustrie erarbeitete Vorschrift²³⁾ an.

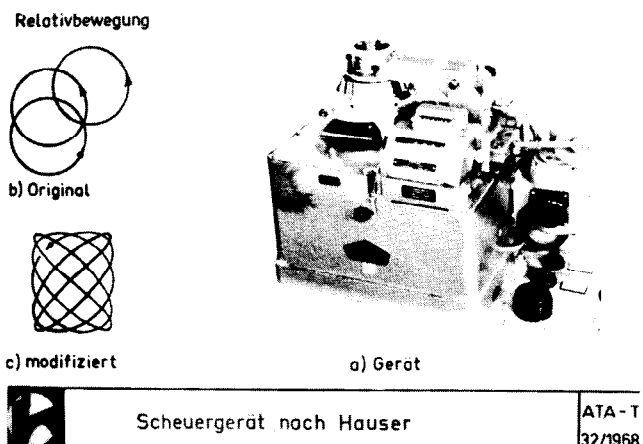


Abb. 16

Der ICI-Tester³³⁾ besteht aus einem würfelförmigen Kasten von 23 cm Kantenlänge und 1 cm Wandstärke, der innen mit einer 3 mm dicken Korkschiicht ausgekleidet ist. Die Stoffproben werden auf vier Gummischlauchstücke von je

18 cm Länge und 32 mm Außendurchmesser aufgezogen und in dem Kasten, der mit 60 U/min um eine zentrale Achse rotiert, mehrere Stunden getaumelt (Abb. 17a).

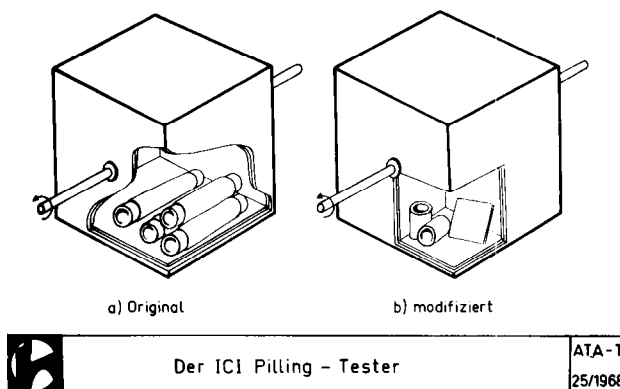


Abb. 17

Wir haben diese Anordnung geändert, weil sich die Spannung, mit der die Proben auf den Gummischläuchen aufliegen, nicht immer reproduzierbar einstellen ließ und wir die Pills nicht immer gleichmäßig über die Stoffprobe verteilt vorfanden³⁴⁾.

Bei unserer Bauart ist der Kasten in acht ebenfalls mit Kork ausgelegte, gleichgroße Kammern unterteilt, und in jede Kammer werden eine Stoffprobe und zwei Weichgummischläuche von 40 mm Länge, 35 mm Außendurchmesser und 5 mm Wandstärke (Shore-Härte A 55) gelegt. Die Stoffprobe besteht aus zwei 7 mal 7 cm großen Gewebestücken, die - aufeinandergelegt - an ihren Rändern so zusammengenäht sind, daß eine rechte und eine linke Gewebeseite nach außen zeigen. Zwischen den zusammengenähten Gewebestücken befindet sich eine 1 mm dicke, 5 mal 5 cm große Weichgummiplatte, die verhindert, daß sich die Stoffproben beim Taumeln zusammenrollen.

Durch diese Modifizierung des Testers war es möglich, die Proben in kürzerer Zeit vorzubereiten und eine gleichmäßige Verteilung der Pills auf der Probenoberfläche zu erreichen. Die Pills selbst entstehen durch Reiben der Stoffproben an den Gummischläuchen und dem Korkbelag der Kammern (Abb. 17b).

Beim Random-Tumble-Pilling-Tester³¹⁾ werden drei 11 mal 11 cm große Gewebestücke durch eine Art Stabührer mit horizontaler Achse mit 1200 U/min in einem horizontal liegenden Zylinder herumgewirbelt. Dadurch reiben sich die Stoffmuster aneinander und an der Zylinderinnenwand, die mit Gummi definierter Oberflächenrauigkeit belegt ist. Da es vorkommen kann, daß die Stoffmuster an die ebenen Zylinderbegrenzungsflächen geschleudert werden, wo sie dann liegen bleiben und vom Stabührer nicht mehr mitgenommen werden, haben wir dessen beide Querstäbe auf vier erhöht (Abb. 18).

Ferner fanden wir, daß besonders leichte und besonders schwere Stoffe gegen die Zylinderwand gepreßt und nicht mehr mitgenommen werden. Um das zu vermeiden, werden

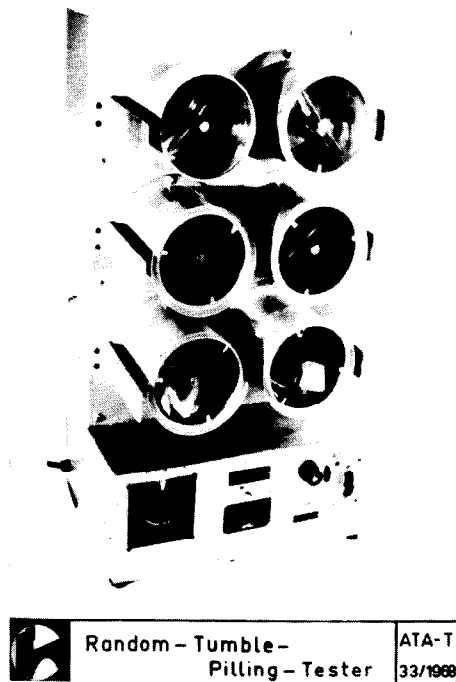


Abb. 18

sehr leichte Stoffe doppelt aufeinandergelegt und über Kreuz vernäht, während besonders schwere Stoffe einen Abnäher erhalten, der für den Stabührer ein Hindernis darstellt, wodurch die Probe wieder mitgenommen wird.

Lassen Sie mich nun noch kurz die Pillkurven erwähnen, die mit diesen Geräten erhalten werden. Wir wissen, daß im allgemeinen die Pildichte mit der Zeit ansteigt und nach Durchschreiten eines Maximums wieder auf den Wert Null absinkt. Dieser Befund konnte im Labor mit jedem der drei genannten Geräte bestätigt werden. Man muß nur lange genug prüfen, und die auf der Probe entstandenen Pills verschwinden wieder vollständig.

Natürlich ergeben sich dabei je nach Pillgerät und Gewebe verschieden lange Prüfzeiten. So benötigt der Random-Tumble-Pilling-Tester mit 1200 U/min nur einen Bruchteil der Zeit, die der ICI-Tester und das Hauser-Gerät mit 60 bis 70 U/min benötigen. Das bedeutet jedoch nicht, daß die im Random-Tumble-Pilling-Tester erhaltene Kurve, die im Verhältnis 1200 : 70 komprimierte Form der beispielsweise mit dem Hauser-Gerät ermittelten Kurve darstellen muß. Dafür sind die Geräte in ihrer Wirkungsweise zu verschieden. Selbst im gleichen Tester können bei verschiedenen Scheuergeschwindigkeiten nur qualitativ ähnliche Kurven erhalten werden, wie einer Arbeit von T s u j i m o t o und M o t o j i für den Random-Tumble-Pilling-Tester zu entnehmen ist³⁵).

Wenn für eine Ware beispielsweise bei 1200 U/min das Pillmaximum bei einer Stunde lag, wurde es bei 400 U/min nicht in der dreifachen Zeit, also nach drei Stunden, sondern erst nach viereinhalb Stunden erreicht. Dieses Verhalten ist verständlich, da die Stoffe bei verschiedenen Geschwindigkeiten verschiedenartig beansprucht werden.

Labor und Praxis

Ist die Pillkurve im Labor ermittelt, so tritt die Frage nach ihrer Bedeutung für die Praxis in den Vordergrund. Insbesondere interessieren dabei drei Fragen:

1. Wie muß die Pillkurve aussehen, damit eine Ware beim Tragen nicht pillt?
2. Bei welcher Pildichte gilt eine Ware in der Praxis als nicht mehr tragbar?
3. Wie kann aus der Prüfdauer im Labor auf die in der Praxis zu erwartende Tragedauer geschlossen werden?

Ganz allgemein läßt sich sagen, daß umfangreiche Praxiserfahrungen vorliegen müssen, um aus der im Labor ermittelten Pillkurve das Verhalten einer Ware im Gebrauch voraussagen zu können. Ohne Praxisergebnisse ist die Interpretation der Pillkurve in vielen Fällen ein Wagnis. Ich möchte Ihnen dazu nun einige unserer Erfahrungen mitteilen, die wir mit den soeben beschriebenen Laborgeräten erhalten haben.

Wenden wir uns der ersten Frage nach dem Laborbefund für in der Praxis nicht pillende Ware zu. Die Pillkurve ist - wie wir sahen - sowohl eine Funktion der Arbeitsweise des Gerätes als auch eine Funktion der Art des verwendeten Scheuermittels. Man kann Geräte bauen, bei denen Textilien zum Pillen gebracht werden, die in der Praxis auch bei längerer Tragedauer keine Pills zeigen¹⁾, und es können Apparate gebaut werden, die im Gegensatz zur Praxis eine Ware trotz scheuernder Beanspruchung nicht pillen lassen.

Nach unseren Erfahrungen wird die Ware bei der Laborprüfung fast immer etwas härter beansprucht als im praktischen Gebrauch, und zwar bewußt nicht nur, um möglichst rasch das Ergebnis der Prüfung zu erhalten, sondern auch um bei dessen Beurteilung noch über einen gewissen Sicherheitsfaktor verfügen zu können. Zeigt demnach eine Ware bei der Laborprüfung mit solchen Geräten keine Pills, so kann angenommen werden, daß sie auch in der Praxis nicht pillen wird.

Dazu unsere Ergebnisse, die in der Hauptsache an Waren aus TREVIRA[®], gemischt mit Wolle, Baumwolle oder Zellwolle, gewonnen wurden. Wir fanden, daß ein Stoff, der im Random-Tumble-Pilling-Tester nach einer Stunde und im modifizierten ICI-Tester nach sechzehn Stunden noch nicht pillt, auch in der Praxis keine Pillbildung zeigt. Wir fanden ferner, daß ein Streichgarnewebe oder ein Gewirke aus modifiziertem TREVIRA[®] mit Wolle mit großer Wahrscheinlichkeit dann in der Praxis kaum pillen wird, wenn es im Random-Tumble-Pilling-Tester ein Pillmaximum von fünf Reutlinger Pillgraden nicht überschreitet und nach eineinhalb Stunden Versuchsdauer wieder pillfrei ist. In diesem Fall ist die starke Pillabbruchneigung der kontrollierende Faktor in der Pillanfälligkeit.

Liegen jedoch nicht genügend Praxiserfahrungen vor, dann kann aus Höhe und Länge der Pillkurven mehrerer zu vergleichender Waren lediglich geschlossen werden, welche Ware vermutlich in der Praxis am wenigsten pillen wird. Voraussetzung ist dabei, daß sämtliche Waren für den glei-

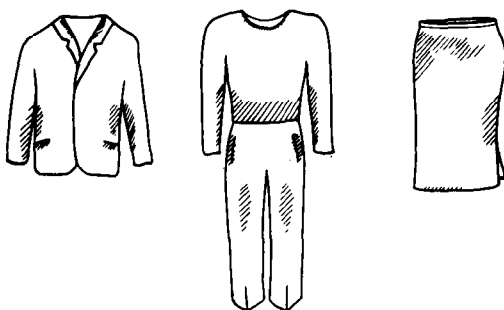
chen Verwendungszweck vorgesehen sind. Ist dies nicht der Fall, dann ist Vorsicht am Platze, da die Art der Scheuerbeanspruchung je nach Verwendung der Ware recht verschieden sein kann. Dazu ein Beispiel.

Eine locker gewebte modische Streichgarnware zeigte eine hoch liegende und lange Pillkurve und wurde somit als ungeeignet für den Einsatz in der Praxis erachtet. Als Damenrock, für nur eine Saison zum Ausgehen getragen, gab sie jedoch keinen Anlaß zu Beanstandungen, da der Stoff zu diesem Kleidungsstück verarbeitet und in der relativ kurzen Tragedauer kaum beansprucht wurde. Wurde der Rock, wie in einigen Fällen geschehen, zur Hausarbeit getragen, dann zeigten sich Pills in großer Zahl und in verhältnismäßig kurzer Zeit. Das Laborergebnis war in diesem Fall demnach bestätigt worden.

Daraus ergibt sich eine wichtige Forderung: Der Prüfer sollte wissen, für welche Verwendung die Ware vorgesehen ist, damit er eine falsche Bewertung der Pillergebnisse für die Praxis möglichst vermeiden kann.

Die zweite Frage, die wir uns stellten, war die nach der Pilledichte, bei der eine Ware in der Praxis als nicht mehr tragbar bezeichnet werden muß.

Wie wir wissen, ist wegen der unterschiedlichen Beschaffenheit der Pills nicht deren Dichte, sondern der visuelle Eindruck maßgebend, den die „verpillte“ Ware bietet. Er allein bestimmt in dieser Hinsicht die Tragedauer des Kleidungsstückes. Beispielsweise ist es möglich, daß bei entsprechender Farbmusterung der textilen Ware die entstandenen Pills gar nicht auffällig in Erscheinung treten und daher bezüglich Tragedauer nicht stören. Erste Faserverschlingungen auf einer hellen unigefärbten Ware wirken unangenehmer als ausgebildete reife Pills auf einer Ware mit Fischgrätmuster, einfach deshalb, weil die Pills wegen der schmalstreifigen Dunkel-Hell-Musterung unsichtbar bleiben. Ferner ist zu beachten, daß ein Kleidungsstück nicht überall gleich stark pillt, sondern nur an bevorzugt der Scheuerung ausgesetzten Stellen, wie Ärmelinnenseite, Hosentaschensaum usw. (Abb. 19).



Zonen verstärkter Pilledichtung an Kleidern

ATA-T
31/1968

Abb. 19

Treten die verpillten Flächen aber nicht besonders in Erscheinung, sei es, daß sie von geringer Ausdehnung sind, sei es, daß sie sich an unauffälligen Stellen der Kleidung befinden oder von anderen Kleidungsstücken normalerweise ver-

deckt werden, dann ist die Pillanfälligkeit der Ware relativ uninteressant. Daher kann die Frage nach der nicht mehr tragbaren Pilledichte nicht eindeutig beantwortet werden.

Zur Klärung kann aber das Labor einen wesentlichen Beitrag leisten, denn es ist in der Lage, über Aussehen und Auffälligkeit der sich bildenden Pills erste Hinweise zu geben. Voraussetzung dabei ist, daß das zu prüfende Muster auf dem Laborgerät die gleichen Pills entwickelt, wie sie in der Praxis vorkommen. Daß das nicht immer der Fall zu sein braucht, haben Versuche bei uns und auch andere Arbeiten^{33, 36)} gezeigt. Daraus wird ersichtlich, daß für die Pilledichte auch die Art des Kleidungsstückes von Bedeutung ist.

Damit kommen wir zur dritten und letzten Frage, nämlich nach der Korrelation der Prüfzeit im Labor mit der in der Praxis zu erwartenden Tragedauer. Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß eine solche Korrelation für jedes Pillgerät eine andere sein muß, da sich diese Geräte in ihrer Wirkungsweise zum Teil beträchtlich voneinander unterscheiden. Andererseits hängt die Korrelation - wie ebenfalls schon gesagt - von Art und Zweck des Kleidungsstückes sowie von den vielen Imponderabilien ab, die den Träger dieser Kleidung betreffen. Ich glaube daher, daß wir hier noch beträchtliche Arbeit zu leisten haben, um aus dem Laborergebnis Trageverhalten und -dauer einer Ware in der Praxis abschätzen zu können.

Lassen Sie mich die dabei auftretenden Probleme an einigen Beispielen zeigen:

Wir haben oben gesehen, daß Stoffe, die im ICI- bzw. im Random-Tumble-Pilling-Tester nicht oder in letzterem nur kurzzeitig pillten, auch in der Praxis kaum Pills entwickelten. Hier war eine Übereinstimmung mit der Praxis feststellbar. Außerdem fanden wir, daß die in der Praxis maximal mögliche Pillanfälligkeit von Stoffen mit großer Sicherheit abgeschätzt werden kann, wenn diese Stoffe Kammgarngewebe aus Polyester/Wolle 55:45 und Dreizylindergeringewebe aus Polyester/Baumwolle oder Polyester/Zellwolle 70:30 sind und im modifizierten ICI-Tester 16 Stunden geprüft werden. Die festgelegte Prüfdauer von 16 Stunden ist in diesem Falle vertretbar, da stets die gleichen Stoffklassen geprüft werden, für die genügend Praxisergebnisse vorliegen.

Die für eine Stoffklasse gefundene Korrelation gilt aber nicht notwendigerweise auch für eine andere. Sie kann selbstverständlich auch durch Verwendung andersartiger Fasern in der Ware verändert sein. Die erwähnte Prüfdauer von 16 Stunden war daher auch bei unserem ICI-Tester nicht mehr anwendbar, als TREVIRA[®] durch eine modifizierte, sogenannte pillarme Fasertypen ersetzt wurde. Solche Waren pillten nach 16 Stunden wohl etwas weniger, aber doch noch relativ stark, während sie sich in der Praxis als kaum pillend erwiesen.

Erst nachdem wir auf den Random-Tumble-Pilling-Tester übergegangen waren, konnte eine Korrelation erstellt werden. Wenn die Ware in diesem Gerät ein Pillmaximum von fünf Reutlinger Pillgraden nicht überschritt und nach etwa zwei Stunden wieder pillfrei war, zeigte sie in der Praxis kaum Pills.

Hargreaves und Brooke³⁷⁾ sowie Colledge³⁸⁾ berichten ähnliches. Erstere fanden wie wir eine zu starke, der Praxis nicht entsprechende Pillneigung bei Geweben aus einer pillarmen Polyesterfaser, wenn sie auf dem ICI-Tester prüften, dagegen besser mit der Praxis in Übereinstimmung zu bringende Werte, wenn die Prüfung auf dem Random-Tumble-Pilling-Tester erfolgte. Colledge mußte bei Ersatz des normalen Polyesters durch eine modifizierte Type die Prüfzeit im ICI-Tester verdoppeln, um der Tragedauer, die er mit dem normalen Polyester gefunden hatte, hinsichtlich Pillanfälligkeit gerecht werden zu können. Er ging daraufhin ebenfalls zum Random-Tumble-Pilling-Tester über, da er hier in kürzerer Zeit ein befriedigendes Ergebnis erhalten konnte.

Bis jetzt haben wir festgestellt, daß die Laborprüfung zeigen kann, ob eine Ware im Gebrauch pillt oder welche maximale Pillanfälligkeit möglich ist. Die Frage aber, in welcher Zeit eine Ware einen bestimmten, von der Laborprüfung vorhergesagten Pillzustand erreicht, ist noch nicht beantwortet. Wir haben wohl beispielsweise gefunden, daß eine im Labor stark pillende Ware - als Damenrock zum Ausgehen benutzt - für die Dauer einer Saison pillfrei war, zu Kinderhosen verarbeitet, dagegen schon nach einer Woche Pills zeigte. Eine solche Korrelation aber ist nicht genau genug, da die in Labor und Praxis auftretenden Pillzustände zeitlich nicht miteinander in Beziehung treten. Solche Relationen lassen sich nur auf der Basis umfangreicher Trageversuche erstellen, die - wie ich glaube - noch nicht in genügend großer Zahl vorliegen, um fundierte Aussagen machen zu können. In dieser Beziehung sind noch viele Untersuchungen erforderlich. Es sollten dabei aber für jeden Versuch einer Korrelation des Laborergebnisses mit dem Praxisbefund folgende Daten festgelegt werden:

1. Maximal zulässiger Pillgrad unter Berücksichtigung der farblichen und strukturellen Beschaffenheit der Warenoberfläche, das heißt der Auffälligkeit der Pills. Da der Praxisversuch, bedingt durch die Personen, mit denen er durchgeführt wird, ein ganzes Spektrum von Pillgraden zeigen kann, das vom „nicht pillenden“ bis zum „stark pillenden“ Zustand reichen kann, muß man sich auf einen bestimmten Pillbereich beschränken. Entweder wird die innerhalb einer angemessenen Tragedauer auftretende maximale Pillanfälligkeit zugrunde gelegt, oder der Pillgrad gewählt, der innerhalb einer gewissen Streubreite den Bereich der am stärksten auftretenden Pillbildung repräsentiert^{9, 26, 36)}. Man kann auch den Pillgrad festlegen, oberhalb dessen die Pillbildung als nicht mehr tragbar angesehen werden kann³⁸⁾.
2. Aufbau der Ware, um sie nach ihrem Pillverhalten bestimmten Stoffklassen zuordnen zu können.
3. Verwendungszweck der Ware, um die Härte der Beanspruchung zu erfassen.
4. Geplante Tragedauer, um die Daten über die mögliche Beanspruchungszeit zu gewinnen. Dabei ist es bei kurzzeitigem Gebrauch von modischen bzw. saisongebundenen Artikeln wichtig zu wissen, ob sie im Sommer oder

im Winter getragen werden, das heißt ohne oder mit „scheuernder“ Überkleidung.

5. Art des Prüfgerätes, da die Pillkurve nicht für alle Geräte die gleiche ist. Darauf soll im folgenden nochmals eingegangen werden.

Vergleich dreier Laborgeräte

Wenn wir die drei näher beschriebenen Pilltester miteinander vergleichen, so kann auf Grund unserer Erfahrungen gesagt werden:

Der **Random-Tumble-Pilling-Tester** liefert in kurzer Zeit, das heißt in drei bis acht Stunden, die gesamte Pillkurve einer Ware und ist besonders für die Abschätzung der Pillneigung von Geweben und Gewirken aus Mischungen mit modifizierten, sogenannten pillarmen Typen synthetischer Fasern geeignet.

Der modifizierte **ICI-Tester** dagegen benötigt für die vollständige Pillkurve eine Zeit von vielen - meist fünfzig bis hundert - Stunden und wurde deshalb dazu benutzt, den Pillzustand nach einer vertretbaren Dauer in einem bestimmten Zeitpunkt festzustellen. Er bewährte sich bisher - wie gesagt - für die Qualitätskontrolle von Kammgarngeweben aus **TREVIRA®/Wolle 55:45** und Dreizylindergarn-Geweben aus **TREVIRA®/Baumwolle** und **TREVIRA®/Zellwolle 70:30**.

Mit dem **Hauser-Gerät** haben wir bisher keine befriedigenden Ergebnisse hinsichtlich des Praxisverhaltens von Stoffen erhalten, trotz der großen Zahl von Variationsmöglichkeiten, die dieses Gerät bietet (wie Änderung der Relativgeschwindigkeit, des Anpreßdruckes der Scheuerscheiben und des Luftdrucks unter dem reibenden Stoffmuster). Wir benutzen dieses Gerät daher nur, wenn die beiden anderen Apparate ausgelastet und Waren untereinander zu vergleichen sind, oder wenn ein Pillversuch Vorbereitungen erfordert, die mit dem Hauser-Gerät leichter getroffen werden können. In letztgenanntem Fall hat dieser Apparat schon wertvolle Hinweise gegeben. Hiezu zwei Beispiele:

Ein dichter, aus hochgezwirnten Garnen hergestellter Regenschirm wurde wegen Pillbildung reklamiert. Prüfungen an allen drei Geräten zeigten jedoch trotz aller Bemühungen, daß der Stoff nicht zum Pillen zu bringen war. Schließlich teilte uns die reklamierende Stelle mit, daß auf dem Schirm ein Rucksack mit rauen Gurten getragen und an der Auflagefläche der Gurte die starke Pillbildung beobachtet worden war. Im Gegensatz zu den anderen Apparaten war es nun mit dem Hauser-Gerät relativ leicht möglich, entsprechend rauhe Scheuermittel anzuwenden, woraufhin der Praxisbefund bestätigt werden konnte. Dies zeigt wieder, daß vor der Prüfung die in der Praxis zu erwartende Beanspruchung bekannt sein sollte.

Das zweite Beispiel betrifft innen gerauhte Schlafanzugstoffe, die auf allen drei Geräten starke Pillbildung zeigten, aber in der Praxis nicht pillten. Wohl war es im Labor gelungen, den Stoff zu ermitteln, der auch im Gebrauch am stärksten zum Pillen neigte, aber auf Grund der Laborversuche die Voraussage zu treffen, daß die Schlafanzüge grundsätz-

lich stark pillen würden, wäre absolut falsch gewesen. Nun kann die Schlafanzuginnenseite sich nur an sich selbst oder am Körper scheuern. Da jedoch eine Stoff-gegen-Stoff-Scheuerung am Hauser-Gerät Pillbildung zeigte, konnte geschlossen werden, daß die Scheuerungsart in praxi, wo keine Pills entstehen, recht milde sein muß. Wir haben deshalb am Hauser-Gerät hautähnliche Scheuermittel (weiches Leder, leicht gerauhte Kunststoffolie) eingesetzt und konnten nunmehr das Praxisergebnis bestätigen.

Die zahlreichen Arbeiten auf dem Gebiet der Pillprüfung und die in diesem Vortrag geschilderten Beispiele zeigen, daß - je nach Art und Verwendungszweck der textilen Ware - viele Prüfgeräte und Verfahren angewandt werden. Diese Tatsache ist recht unbefriedigend und eine kostspielige Angelegenheit, wenn man bedenkt, wieviele Geräte allein schon diese eine Gebrauchswertprüfung erfordert. Es hat deshalb auch nicht an Versuchen gefehlt, sich auf ein Prüfgerät zu einigen. Beispielsweise wurde in der Bundesrepublik das Scheuergerät nach Hauser^{23, 28)}, in der DDR das Gerät von Dörrer-Kutsche^{26, 27)} vorgeschlagen. Bedenkt man auch noch die vielen Variationsmöglichkeiten, die die verschiedenen Laborgeräte hinsichtlich Relativbewegung, Geschwindigkeit, Anpreßdruck usw. bieten, so liegt der Wunsch nahe, so viele Varianten wie nur möglich auszuschalten, um die Pillbildung zu vereinfachen.

In den beiden genannten Fällen wurde das Einspannen der Probe beibehalten, aber Anpreßdruck und Probenvorspannung bzw. das Scheuermittel je nach Ware geändert. Nach unseren Erfahrungen ist die Pillbildung aber außerordentlich empfindlich gegen Einspannbedingungen (siehe auch Referenz 23), wir tendieren daher zu einem Tester, bei dem mehrere Proben, ähnlich wie es im Random-Tumble-Pilling-Tester geschieht, frei taumeln und sich gegenseitig und an einem Scheuermittel reiben. Es wird dabei allerdings nicht zu vermeiden sein, daß - je nach Aufbau und Einsatz der Ware - verschiedene Geschwindigkeiten und vielleicht auch verschiedene Scheuermittel angewandt werden müssen, wobei es nicht immer leicht sein wird, diese der möglichen Form eines solchen Taumeltesters anzupassen. Obwohl wir ein solches Gerät noch nicht genügend erprobt haben, möchten wir seine Verfahrensweise doch zur Diskussion stellen. Wir wissen außerdem vom Random-Tumble-Pilling-Tester, daß mit einem solchen Gerät die Pillprüfung rasch und wegen der relativ großen Probenfläche (300 cm²) zuverlässig erfolgt.

Schlußbetrachtung

Lassen Sie mich nun zum Schluß meine Ausführungen nochmals zusammenfassen: Wir wissen heute, wie wir die Pillneigung einer textilen Ware vermindern können und haben als wirkungsvollste Forderungen erkannt, entweder die Flaumbildung möglichst zu unterbinden oder die Ware zu scheren bzw. zu sengen, und wo das nicht möglich ist (wie beispielsweise bei Strick- und Wirkwaren), den Pillabbruch durch Verwendung wenig biegebeständiger Fasern zu beschleunigen. Gerade die Entwicklung modifizierter synthetischer Fasern kann dieser letztgenannten Forderung entgegen-

TROCKNEN



Trocknung ist mitentscheidend für die Rentabilitätsrechnung - durch Lohnanteil, Energieaufwand, Reinigung, Platzbedarf und Leistung.

Die Qualität der Ware und damit der beste Verkaufspreis hängen wesentlich von der Art der Trocknung und Veredelung in einer fortschrittlich und wirtschaftlich arbeitenden Maschinenkonstruktion ab.

Logische Folgerung: beste Konstruktion einsetzen!
Konstruktionen von Haas!

Haas liefert Trocknungsanlagen für Fasern, Stränge und Spulen sowie Trocknungs- und Veredelungs-Maschinen für Gewebe, Gewirke und Vliesstoffe.

Fordern Sie unser Prospektmaterial an!

ANNO 1826
Haas **Maschinenfabrik Friedrich Haas**
563 Remscheid-Lennep, Postf. 25
Telefon 6 20 63 Telex 8 513 828 haas d

kommen und hat in vielen Fällen dazu geführt, daß das Problem der Pillbildung an Bedeutung verloren hat.

Ferner sind wir in der Lage, textile Artikel hinsichtlich ihrer Pillneigung im Labor miteinander zu vergleichen und daraus eine Rangordnung für die Praxis abzuleiten. Aber in vielen Fällen ist es uns bis jetzt noch nicht möglich, das Laborergebnis sowohl zeitlich als auch hinsichtlich der Pillintensität der Praxis zuzuordnen.

Wir haben die Frage der Korrelation zwischen Laborbefund und Praxis noch keineswegs zufriedenstellend gelöst und können nur weiterkommen, wenn ausgedehnte Trage- und Gebrauchsversuche parallel zu den Laborversuchen durchgeführt werden. Dabei sollte auch der Computer herangezogen werden, um so vollständig wie möglich die Merkmale einer textilen Ware hinsichtlich Aufbau und Ausrüstung bei der Auswertung des Pillverhaltens zu berücksichtigen. Ich bin überzeugt, daß wir einen großen Schritt weiterkommen werden, wenn die in den verschiedenen Labors gefundenen Ergebnisse zusammengetragen und mehr noch als bisher ausgewertet werden. Dann wird es uns auch gelingen, aus den zur Zeit leider noch allzuvielen Prüfmethode diejenigen auszuwählen, die dazu geeignet erscheinen, die Laborbefunde für die Praxis richtig deuten zu können.

Literatur:

1. J.J. Press: Papers of the American Association for Textile Technology Inc., December 1953, p. 19
Modern Textiles Magazine 34, 79 (1953)
British Rayon and Silk Journal 30, Jan. 1954, p. 62
2. H. Driesch: Mell. Textilber. 37, 789, 921, 1034 (1956)
3. D. Gintis, E.J. Mead: Text. Res. J. 29, 585 (1959)
4. R.H. Brand, B.M. Bohmfalk: Text. Res. J. 37, 467 (1967)
5. W.J. Onions, R.L. Toshniwal, P.P. Townend: J. Text. Inst., Trans. 51, T73 (1960)
6. T.S. Lutskaya: Technology of the Text. Ind. UdSSR. 1, 32 (1966) - Sowj. Beitr. z. Faserforsch. u. Textiltechn. in deutscher Übersetzung 3, 380 (1966)
7. R. Henrich: Chemiefasern 12, 612 (1962)
8. M.E. Baird, P. Hatfield, G.J. Morris: J. Text. Inst., Trans. 47, T181 (1956)
9. N.M. Mims: Man-Made Textiles, April 1957, p. 46
J. Text. Inst., Trans. 48, T375 (1957)
10. T. Belleli: Fibres (International) 19, 237, 274 (1958)
11. E.K. Brickenden: The Canadian Text. J. 21, Oct. 17, p. 57 (1958)
12. P. Fortier: Textile Forum, University of Carolina, June 1965, p. 30
13. H. Böhringer, F. Bolland, Faserforsch. u. Textiltechn. 9, 406 (1958)
14. S. Bache: Deutsche Textiltechnik 11, 632 (1961)
15. G. Edlmann, G. Heine: Deutsche Textiltechnik 7, 400 (1957)
16. W. Primentas: The Text. J. of Australia 1960, p. 878
17. I.E. Haden: J. Text. Inst., Proc. 53, P820 (1962)
18. L. Hoffmann: Spinner Weber Textilveredlung 7, 648 (1963)
19. R.L. Hunter: SVF-Fachorgan f. Textilveredlung 12, 428 (1957)
20. K.H. Grünwald: Chemiefasern 12, 853 (1962)
21. Indisches Patent Nr. 60 031 (DuPont)
22. J. Nüsslein: Textilpraxis 16, 447 (1961)
23. Pillingprüfverfahren: Mell. Textilber. 38, 1244, 1358 (1957)
24. G.M. Turnbull: Man-Made Textiles, May 1962, p. 30
25. A.A. Kucingis: Sowj. Beitr. z. Faserforsch. u. Textiltechn. 5, 106 (1968)
26. M. Bache: Deutsche Textiltechnik 12, 35, 80 (1962)
27. K. Dörrer sen., H. Kutsche: Deutsche Textiltechnik 7, 449 (1957)
28. O. Schickhardt: Textilpraxis 11, 1149 (1957)
29. W. Heydeck: Mell. Textilber. 37, 1399 (1956); 38, 32 (1957)
30. N. Richards: J. Textile Inst., Trans. 53, T357 (1962)
31. ASTM-Standards on Textile Materials, D 1375
32. H. Sommer: Handbuch der Werkstoffprüfung, Band V, S. 1069, Berlin 1960
33. R.E. Freeman: Fibres (Engineering and Chemistry) 17, 193 (1956)
34. K. Antál, E. Robák, K. Ramaszéder: Magyar Textiltechnika 13, 334 (1961)
35. I. Tsujimoto, N. Motoji: J. Soc. Fibre Sc. Techn. 20, 763 (1964)
36. E.M. Baird, L.C. Legere, H.E. Stanley: Text. Res. J. 26, 731 (1956)
37. H.A. Hargreaves, B.I. Brooke: J. Text. Inst., Proc. 54, P112 (1963)
38. R. Colledge: The Canadian Text. J. 30, Oct. 27, p. 41 (1967)

Diskussion:

Dr. Biczysko: Vor längerer Zeit haben wir in unserem Labor Pillversuche gemacht und dazu einen alten Scheuerapparat benutzt. Dieser scheuert einen über einer gebogenen Platte aufgespannten Streifen. Über diesen wurde ein Querstreifen gelegt, der sich in entgegengesetzter Richtung bewegte. Auf diese Weise erhielten wir ebenfalls Lissajousche Figuren. Obige Vorrichtung hat sich sehr gut bewährt, denn man konnte nach einer gewissen Scheuerzeit (10 Minuten), wenn man eine vernünftige Belastung wählte und sich das Gewebe dazu eignete, die Zahl der Pills auf der Unter- und Oberseite des Prüflings leicht abzählen.

Anschließend untersuchten wir die Lebensdauer eines Pills. Nach einer bestimmten Scheuerzeit markierten wir die entstandenen Pills mit Farbe und wiederholten diesen Vorgang nach einer weiteren Scheuerung. Dabei konnten wir bemerken, daß sich in der Zwischenzeit neue Pills gebildet hatten, während die zuerst entstandenen nach und nach verschwanden. Bei Ihren charakteristischen Pillkurven bleibt jedoch die Pillzahl nach dem Anstieg konstant! Bei meinen Versuchen fand ich stets eine ganze Generationenfolge von Pills und schloß daraus, daß die zu Beginn des Versuchs entstandenen nicht in alle Ewigkeit auf dem Gewebe haften bleiben, sondern abfallen und durch neue ersetzt werden. Es sieht also nur so aus, als ob die Gesamtzahl der Pills konstant bliebe.

Dr. Welfers: Es ist leicht, mit den verschiedenen Geräten Kurven zu bekommen. Schwieriger ist schon die Frage, was man daraus für die Praxis ableiten kann. Mit unseren Meßgeräten sind wir aber heute in der Lage, anhand der Faserprüfung recht gute quantitative Aussagen über den nachher im Gewebe stattfindenden Pillvorgang zu machen. Auch den Einfluß verschiedener Gewebekonstruktionen können wir bereits recht gut deuten. Wir können aber noch nicht mit Sicherheit aus der Zeit, die wir im Labor für den Pilltest brauchen, Schlüsse für die Praxis ziehen.

Ing. Tharandt: In Ihrem Referat sind die Reibung, die Biegefestigkeit und einige andere Kriterien die dominierenden Faktoren. Ich vermisste darunter jedoch die elektrostatische Aufladung bei einem zum Pilling neigenden textilen Flächengebilde. Ich möchte hiezu die Ergebnisse von Herrn Dr. F r o t s c h e r erwähnen. Dieser fand nämlich, daß sich ein permanent antistatisch ausgerüstetes Material (z.B. nach einer Nonax-Behandlung) hinsichtlich der Pillingbildung günstiger verhält.

Dr. Albrecht: Aus Zeitgründen wurden einige Stellen aus dem Referat von Herrn Dr. Grünwald nicht vorgetragen. Der erwähnte Effekt dürfte allerdings nicht vom Antistatikum selbst stammen, sondern auf dessen verklebende Wirkung auf die Oberfläche zurückzuführen sein.

Dr. Welfers: In erster Linie wurden Mischgewebe geprüft (z.B. Trevira/Baumwolle/Zellwolle/Wolle). Wie wir aus zahlreichen in der Praxis durchgeführten Messungen wissen, spielt die elektrostatische Aufladung bei Mischgeweben keine Rolle. Sie hat überhaupt nur Bedeutung, wenn es sich um rein synthetische Gewebe handelt.

Prof. Koch: Im ersten Teil des Vortrags sind eine Reihe von Faktoren aufgezählt worden, die die Pillneigung beeinflussen. Im Zweifelsfall sind die Fragen der Faserfeinheit und der Stapellänge dann nicht so wesentlich, wenn ein bestimmter Charakter des Gewebes erzielt werden soll, der bereits durch die Veränderung der genannten Faktoren beeinflußt wurde. Es ist also entscheidend, daß die Faser als solche eine geringere Pillneigung erhält. Das ist durch Veränderung des Faserquerschnitts oder durch Modifizierung möglich. Im Vortrag wurde aber darüber nur wenig gesagt. Darum möchte ich fragen: In welcher Größenordnung kann man die Pillneigung durch Verwendung der neuen, modifizierten Typen unterbinden?

Dr. Welfers: Es gibt eine ganze Reihe von Möglichkeiten, um zu modifizieren. Die Frage, wie weit man die Pillinganfälligkeit reduzieren kann, kann ich mit einigen Zahlen klar beantworten. Die Knickscheuerwerte, die wir heute hierfür als entscheidend betrachten, betragen bei normalen Polyestern 3000 bis 6000, bei modifizierten Typen 500 bis 800 (Viskose ungefähr 800). Wir haben sogar Versuchsfasern getestet, deren Knickscheuerwert bis auf 15 bis 20 herabgesetzt war.

Dir. Thimm: Wenn man die Biegebeständigkeit der Polyesterfaser zum Beispiel auf ein Drittel der ursprünglichen herabsetzt, dann bekommt man eine pillarme Type, deren Reißfestigkeit etwa um 15 bis 20 % geringer ist.

Ing. Pajgrt: Ich möchte auf Grund von Untersuchungen, die wir in unserem Institut durchgeführt haben, zwei Fragen stellen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß nicht alle Pillprüfgeräte auch für alle Gewebe gleich gut geeignet sind. Die Tests auf dem modifizierten Scheuergerät stimmen nur bei Kammgarn zu 90 % mit den Trageversuchen überein. Der Tumble-Tester eignet sich wiederum besser für Streichgarn. Können Sie diese Resultate bestätigen? Welches dieser Geräte ist für die Teppichprüfung zu empfehlen?

Dr. Welfers: Ihre erste Bemerkung kann ich bestätigen. Wenn wir ein nicht zu lockeres Gewebe als Grundlage wählen, dann können wir es mit ziemlicher Genauigkeit im Labor testen und daraus Schlüsse für die Praxis ziehen. Wenn Sie allerdings ein Material in der Art eines Lambswool-Pullovers nehmen, dann nützt unsere ganze Erfahrung nichts.

Zu Ihrer zweiten Frage ist zu sagen, daß der Pilltest für die Teppichprüfung ausscheidet.

Dr. Riggert: Wir haben bei der Entwicklung eines Spinnverfahrens für pillresistente Polyesterfasern ebenfalls die von Ihnen erwähnten Methoden benützt, nämlich den Dauerbiegetest und die Draht-Knickscheuermethode. Letztere führt zu wesentlich geringeren Streuungen und ist auch in der Handhabung bedeutend einfacher. Verwunderlich ist allerdings, daß man in erster Näherung keinen Unterschied bei den Knickscheuerungen findet, wenn man den Titer zwischen 1 und 7 dtex verändert. Man müßte doch annehmen, daß - wenn die Ermüdung oder die Schädigung allein durch das Knicken hervorgerufen würde - jene Faser, die den größeren Durchmesser besitzt, in axialer Richtung stärker beansprucht würde, da der Krümmungsradius doch immer konstant bleibt! Gibt es eine einfache Erklärung dafür?

Dr. Welfers: Hier spielen eben viele Parameter zusammen. Wir haben festgestellt, daß die Knickscheuerung das entscheidende Merkmal ist. Auch Herr Professor Herzog hat in seinem Vortrag dasselbe betont. Er arbeitet zwar in anderer Weise, sucht aber im Grunde ebenso nach einem Maß, das ihm Rückschlüsse auf die Querfestigkeit bietet. Aber nicht allein diese, auch die Festigkeit, die Scheuerung, die Querschnittsform, die Dehnung und der Krümmungsradius sind von Bedeutung. Wir haben dazu Überlegungen angestellt und Untersuchungen vorgesehen.

Dr. Biczysko: Ich möchte noch einiges zu den Bemerkungen von Herrn Dr. Thimm sagen. Sie tragen auf dem Schaubild der Scheuerkurven die Belastung gegen die Zeit auf. Beziehen Sie bei der Dauerbiegeprüfung neuentwickelter Fasern oder Gewebe die Belastungen auf die absolute Reißfestigkeit (d.h. etwa auf 10 bis 20 % ihres Wertes), oder nehmen Sie 0,5 g/den, das heißt also eine absolute Zahl an, die für hochfeste und normale Fasern dieselbe wäre? Das ist sehr schwer auszuwerten. Herr Dr. Thimm sagte ferner, daß die Biegezahl bei gleichzeitigem Verlust an Reißfestigkeit herabgesetzt wer-

KORROSIONSSCHUTZ W. HÖHNEL KG.

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

4021 LINZ / DONAU, BISCHOFSTRASSE 5
TELEFON 22 1 01, 22 1 02, 28 1 74, FS 02 1469

den kann. Diese beiden Werte stehen doch durch das Gewicht, das Sie bei der Knickscheuerprüfung an den Prüfling anhängen, miteinander in Korrelation!

Dr. Welfers: Titerdifferenzen berücksichtigen wir bei der Knickbruchprüfung jeweils durch die entsprechende Belastung, bzw. mit 0,5 g/den. Wir entwickeln aber nicht dadurch eine neue Faser, indem wir einfach die Festigkeit herabsetzen, sondern gehen vor allem von der Frage aus, wie wir sie modifizieren müssen, um die Knickbruchbeständigkeit zu verringern. Bei jeder Strukturveränderung der Polyäthylenterephthalatfaser geht natürlich auch die Festigkeit zurück.

Dr. Biczysko: Am unteren Fadenende hängt aber doch das Gewicht! Wahrscheinlich biegen oder scheuern Sie so lange hin und her, bis die verbleibende Restfestigkeit gleich ist der angehängten Last und der Faden reißt. Es hängt also sehr wesentlich davon ab, womit Sie primär belasten!

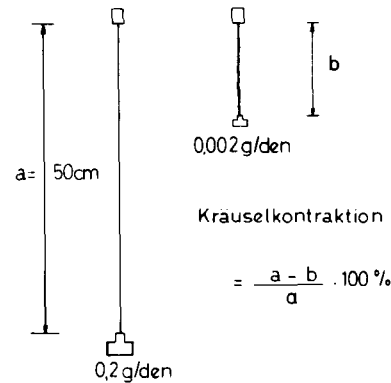
Dr. Welfers: Selbstverständlich ist die Last für die jeweilige Faser genau vorgeschrieben.

Dr. Albrecht: Es geht hier um folgendes: Die senkrechte Belastung einer Faser - um ihre Reißfestigkeit festzustellen - wirkt sich doch anders aus, als wenn ich den Prüfling beispielsweise in einer Schlinge oder in einem Winkel belaste. Die etwas herabgesetzte Reißfestigkeit wirkt sich natürlich auch irgendeinmal aus, aber sie interessiert uns bei den Synthesefasern ja gar nicht. Uns interessiert vielmehr die Zeit, besser gesagt, w a n n diese Faser (in Abhängigkeit von der Anzahl der Biegetouren) an dieser Stelle abreißt. Wenn Sie nur im Hinblick auf den Pilleffekt prüfen wollen, dann können Sie sogar eine Azetat- mit einer Synthesefaser vergleichen. Für die Untersuchung des Pillphänomens hat die Festigkeit in diesem Fall überhaupt keine Bedeutung.

Spezielle Probleme bei der Prüfung texturierter Garne

Dipl. Phys. Hans-Peter Weidner
 Laborleiter im Textiltechnischen Institut
 der Glanzstoff AG., Wuppertal

Kräuselkontraktion



Arbeitsgang: naß (H₂O, 60°C) belasten mit 0,2 g/den

Strang bei 50°C trocknen

konditioniert mit 0,002 g/den belasten

Abb. 1

Die mechanisch-technologischen Meßdaten an Kräuselgarnen nach verschiedenen Methoden werden verglichen. Weiterhin wird der Einfluß der mechanischen Daten des Fadens auf die Eigenschaften der Fertigware aufgezeigt, wobei wiederum verschiedene, zum Teil neue Meßverfahren angewendet werden.

A comparison is made of the mechanical data obtained on crimped yarns by various test methods. Dependence on mechanical yarn data of the properties of finished products is made clear using various measuring processes, some of which have been newly developed.

Die texturierten Garne haben in den letzten Jahren eine derart stürmische Entwicklung durchlaufen, daß sie die sonst auf dem Chemiefasergebiet eingetretene Abschwächung überhaupt nicht gespürt haben. Und alle Zeichen deuten darauf hin, daß dieser Aufschwung anhält. Es ist nun ein altes Leiden auf wohl allen Gebieten der Industrie, daß die Meßtechnik hinter der Entwicklung von marktgerechten Artikeln herhinkt. Die texturierten Garne sind dafür ein klassisches Beispiel. Es beginnt damit, daß die bisher üblichen Meßdaten, die an glatten endlosen Fäden mit recht beachtlicher Genauigkeit gemessen werden konnten (wie Reißkraft, Reißdehnung, Schrumpf usw.), den neuartigen Charakter der Kräuselung gar nicht erfassen. Immerhin wurde die klassische Kräuselkontraktion seinerzeit noch so rechtzeitig definiert, daß sie als Qualitätsmerkmal für Lizenzen dienen konnte.

Das Prinzip war ideal einfach. Ein Strängchen von 8 m Fadenlänge, auf eine 1 m Haspel gewickelt, wird mit zwei Gewichten belastet: eines so groß, daß die Kräuselung herausgezogen wird, das andere so klein, daß das Strängchen möglichst viel einkräuselt. Die gemessenen Längen werden, wie in Abbildung 1 dargestellt, zueinander ins Verhältnis gebracht. Wesentlich ist, daß zuerst die Kräuselung des Strängchens durch warmes Wasser voll entwickelt wurde.

Diese Methode wurde inzwischen in vielfältiger Weise durch Variation der Fadenlänge, der Gewichte, der Entwicklungstemperatur und des Entwicklungsmediums abgewandelt. Zum Teil waren diese Änderungen beträchtlich, zum Bei-

spiel lauten die Empfehlungen für den Gesamttiter des Strängchens von einigen Hundert bis über 10 000 dtex. Praktische Gesichtspunkte sprechen auch für die Kräuselungsentwicklung mit Heißluft, da das Arbeiten mit heißem Wasser und das Trocknen ziemlich umständlich sind.

Schon die Tatsache, daß sich keine dieser Variationen allein durchsetzen konnte, zeigt, daß eigentlich alle Verfahren mehr oder weniger dasselbe aussagen, nämlich eine Angabe über die Kräuselungsintensität. Bei der Untersuchung von textilen Flächengebilden aus texturierten Garnen ergab sich sehr bald, daß eine für die vielen Einsatzgebiete von Fertigwaren sehr wichtige Größe, die Rücksprungkraft, mit der Kräuselkontraktion der eingesetzten Fäden keinen richtigen Zusammenhang aufwies. Offensichtlich enthielt das Längenverhältnis des Strängchens mit und ohne Kräuselung noch keine Angaben darüber, wie sich der Kraftverlauf bei dessen Dehnung verhielt. Damit begannen die ersten Anstrengungen, an einem gekräuselten Faden ein Kraft-Längenänderungsdiagramm im Kräuselbereich aufzunehmen.

Die Hauptschwierigkeit bestand darin, einem derart labilen Gebilde nach Entwicklung der Kräuselung eine so kleine Vorspannung mitzugeben, daß reproduzierbare Diagramme entstehen. Wir verfahren dazu in der Weise, daß nach Entwicklung der Kräuselung (Heißluft 120°C, 10 Minuten) ein Fadenstück durch eine Belastung mit 5 g auf eine Länge von etwa 1 m ausgestreckt wird. Der so gestreckte Faden wird am oberen Rand einer leicht schräggestellten Wand befestigt. In 50 cm Entfernung vom Klemmpunkt wird ein sehr geringes Gewicht (0,5 mg/dtex) an den Faden angeklemt. Dann werden die 5 g entfernt, und man läßt das kleine Gewicht vorsichtig nach oben gleiten. Unter dieser Belastung bleibt der Faden eine Nacht im Normalklima. Mit derselben Vorspannung wird dann das Fadenstück in den Reißapparat

eingespannt (Einspannlänge 20 cm, Kraftmeßbereich 5 bis 10 p). Mit einer Abzugsgeschwindigkeit von 250 mm/min wird das Diagramm aufgenommen, bis die Kräuselung herausgezogen und der Übergang in die Materialdehnung klar erfolgt ist. Das nächste Bild (Abb. 2) zeigt ein solches Diagramm.

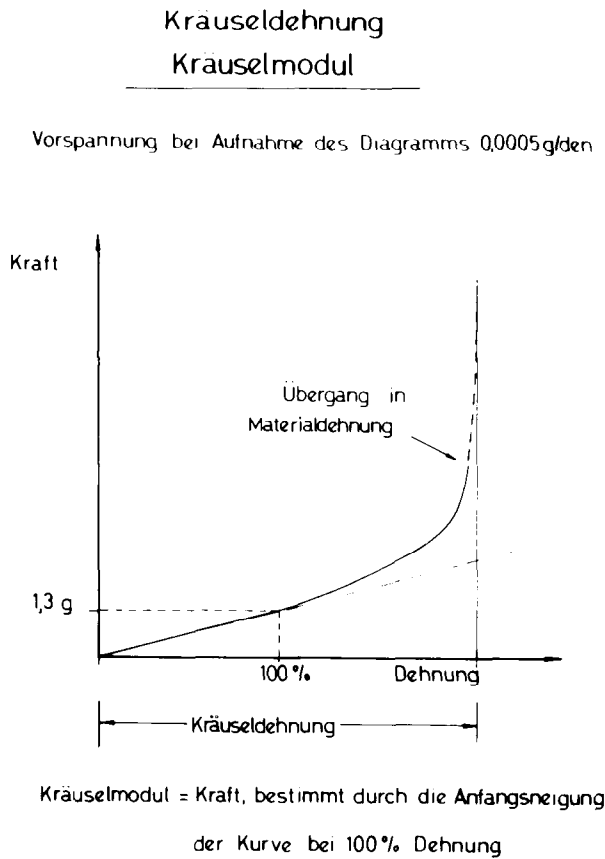
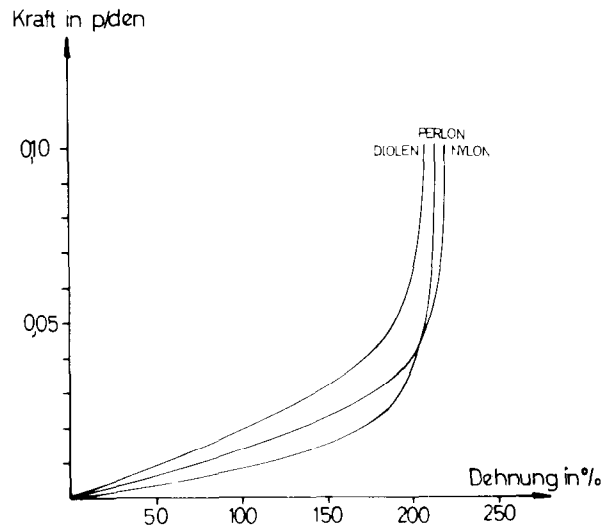


Abb. 2

Der lineare Anstieg läßt sich bis 100 % Dehnung gut verfolgen und ergibt hier mit dem Maß p/dtex einen Kräuselmodul, wobei beim Vergleich verschiedener Fasersorten darauf zu achten ist, daß dieser Ausdruck die Dichte des Materials mitenthält, eine Größe, die im klassischen Elastizitätsmodul nicht vorkommt. Die Dehnung bis zum Beginn der Materialdehnung wird als „Kräuseldehnung“ bezeichnet.

Abbildung 3 zeigt einige typische Diagramme von Kräuselgarnen verschiedener Faserarten.

Beim Vergleich dieser Diagramme mit der Kräuselkontraktion sieht man sofort, daß 0,2 p/dtex völlig ausreichen, um die Kräuselung aus dem Faden herauszuziehen. Die Belastung, die zur Bestimmung des sogenannten *elastic pull* benutzt wird, liegt mit 0,02 p/dtex ziemlich am Ende des linearen Bereichs und kann daher auch zur Bestimmung eines Kräuselmoduls herangezogen werden. Weiterhin ist verständlich, daß zwischen Kräuselkontraktion und Kräuseldehnung eine Korrelation bestehen muß, was sich auch in der Praxis gezeigt hat.



Kraftlängenänderungsdiagramm von hochelastischen Kräuselgarnen

Abb. 3

Ein weiteres wichtiges Qualitätsmerkmal ist die mechanische Kräuselbeständigkeit. Wir benutzen dazu die Veränderung der Dehnung des Fadens bei 0,45 p/dtex gegenüber einer Anfangsspannung von 0,09 p/dtex, nachdem er mit 1,8 p/dtex belastet wurde, eine Prozedur, die sich an einem elektronischen Zugkraftprüfgerät leicht durchführen läßt. Um den notwendigen Zusammenhang mit dem Verhalten in der Fertigware herzustellen, messen wir die Wölbhöhe an Strickschläuchen bei einem Druck von 0,5 at vor und nach einer Belastung mit 1,5 at. Die Differenz liefert eine Art bleibende Dehnung. Ein Zusammenhang zwischen den Daten von Fäden und den daraus hergestellten Schläuchen liefert das folgende Diagramm (Abb. 4):

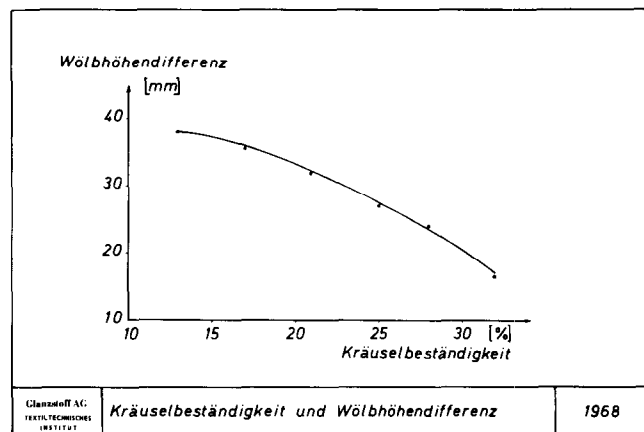


Abb. 4

Wie man sieht, erhält man eine zufriedenstellende Korrelation.

Mit der Vielfältigkeit der aus Kräuselgarnen hergestellten Artikel wuchsen auch die Forderungen an das Garn. Nachdem zum mechanischen Verhalten der Fertigware die entsprechenden Größen im Garn bestimmt werden konnten, tauchte bald ein neuer Begriff auf, nämlich die „Fülligkeit“. Und es zeigte sich, daß offensichtlich Kräuseldehnung und Kräuselmodul nicht genügend differenzieren konnten, denn Garne mit gleichen Daten lieferten Unterschiede in der Fülligkeit und in der Deckkraft. Für Meßtechniker entstand dadurch nicht nur die Aufgabe, diese Größen am Garn zu erfassen, sondern sie auch an der Fertigware objektiv zu messen.

Es sei schon jetzt erwähnt, daß es uns noch nicht gelungen ist, eine einwandfrei reproduzierbare Methode für das Garn zu finden, während bei der Fertigware schon positive Ergebnisse aufzuweisen sind. Eine zunächst vielversprechende Methode für Garne soll jedoch noch beschrieben werden, weil das Resultat interessant ist.

Zieht man einen texturierten Faden in eine Glaskapillare ein, deren lichte Weite so groß ist, daß sich der Faden darin noch gut kräuseln kann, und bläst Luft durch die Kapillare, so vermuten wir, daß der Luftwiderstand mit der Fülligkeit in Zusammenhang stehen würde. Es hatte sich nämlich ergeben, daß zwischen Druckverlust und Fadentiter ein ausgezeichneter linearer Zusammenhang vorliegt, wenn der Faden unter gleicher Spannung ($p/dtex$) steht. Es wurde nun der Druckabfall in der Kapillare in Abhängigkeit von der Fadenspannung des Kräuselgarns bestimmt. Dabei ergab sich das folgende Diagramm (Abb. 5):

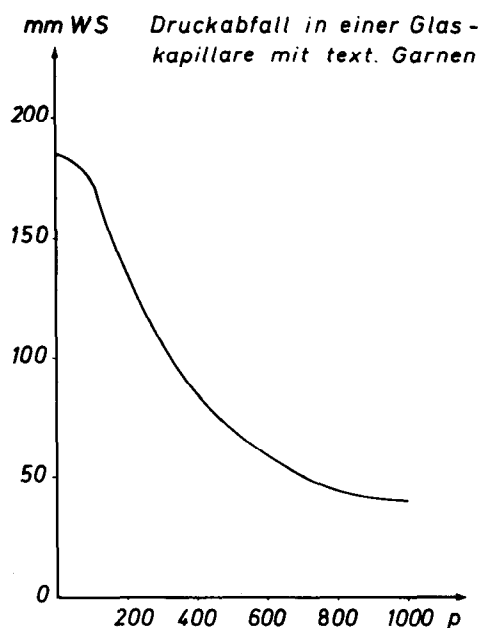


Abb. 5

Eine nähere Betrachtung zeigt, daß es sich um ein reziprokes Kraft-Längenänderungsdiagramm handelt, in dem nur der Anfangsbereich durch die Reibung an der Glaswand etwas verzerrt wird.

In der Literatur sind eine Reihe von Methoden beschrieben worden, wie zum Beispiel das Aufwickeln des texturierten Fadens bei vorgegebener Spannung, bis ein bestimmtes Volumen der aufgewickelten Fadenmenge erreicht ist, die dann gewogen wird. Unsere Versuche haben ergeben, daß damit eine gewisse Klassifizierung möglich ist. Die von der praktischen Anwendung geforderten Feinheiten ließen sich aber nicht damit auffinden. Auch das bekannte Zählen von Kräuselbögen, der Schrecken jedes Textillabors, brachte keinen Fortschritt. Wir haben daher neben den Untersuchungen an Fäden auch Messungen an der Fertigware vorgenommen, bei der als letzte Rettung immer noch die visuelle Beurteilung oder das Fingerspitzengefühl angewendet werden konnte.

Während bei den mit Luftströmung geprüften Fäden kein neuer Aspekt erhalten wurde, lieferte die Luftdurchlässigkeit an Strickschläuchen, die visuell auf Fülligkeit beurteilt worden waren, eine recht brauchbare Korrelation. Wie wenig dazu die verschiedenen Kräuselkontraktionen der eingesetzten Garne paßten, zeigt das folgende Diagramm (Abb. 6):

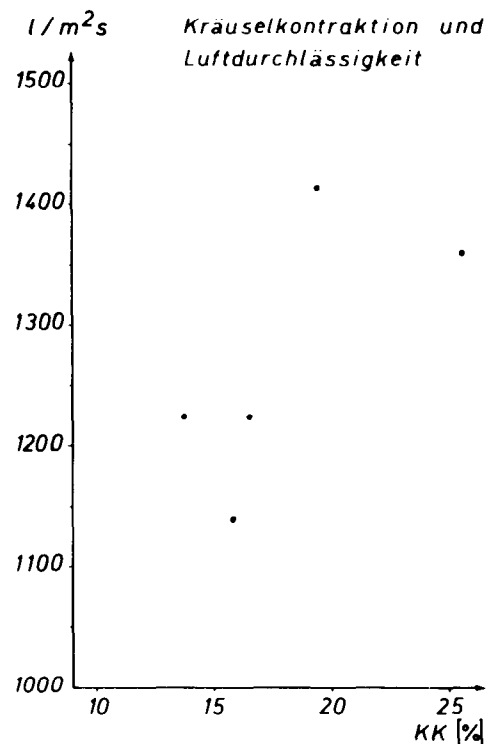


Abb. 6

Nachdem sich herausgestellt hatte, daß bei der visuellen Beurteilung Fülligkeit und Deckkraft offenbar in enger Beziehung zueinander stehen, lag es nahe, die Deckkraft mit einer optischen Methode zu erfassen. Wir gingen davon aus, daß die Erkennbarkeit eines Kontrastes durch das textile Flächengebilde hindurch dem visuellen Eindruck am nächsten käme. Die reine Lichtdurchlässigkeit ist sicherlich weniger geeignet, denn eine Milchglasscheibe läßt zum Beispiel zwar viel Licht durch, streut dieses aber vollständig. Dementsprechend wurde die Meßapparatur entwickelt. Im Prinzip geschieht dabei folgendes (Abb. 7):

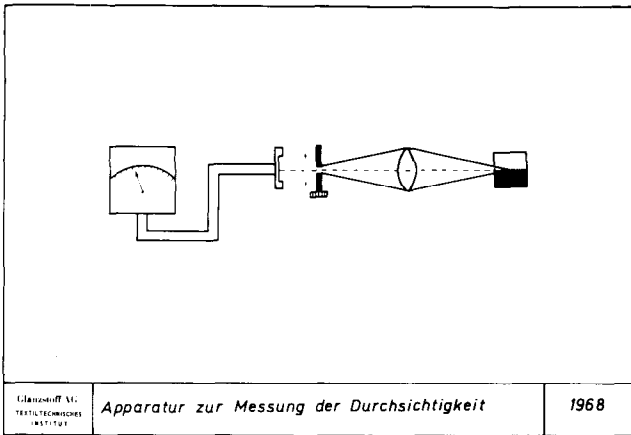


Abb. 7

Eine gleichmäßig beleuchtete schwarz-weiße Kante wird durch eine Linse auf einem 0,25 mm großen Spalt abgebildet. Hinter dem Spalt befindet sich ein Photoelement, dessen Spannung mit einem Galvanometer gemessen wird. Der Spalt ist mit einer Mikrometerschraube quer zur Richtung Kante - Photoelement beweglich, sodaß er so eingestellt werden kann, daß zunächst nur die schwarze Seite der Kante auf ihm abgebildet ist. Das Photoelement bekommt dann nur sehr wenig Lichtintensität. Wird dann der Spalt so bewegt, daß er sich der abgebildeten weißen Seite nähert, so erfolgt beim Durchlaufen der Kante ein plötzlicher Intensitätsanstieg bis zu einem konstanten Maximum. Liegt jetzt direkt vor der Kante das zu prüfende textile Flächengebilde, dann erfolgt bei derselben Bewegung des Spaltes kein so steiler Sprung, sondern nur ein mehr oder weniger flaches Ansteigen der Spannung. Es ergibt sich daraus folgendes Bild (Abb. 8):

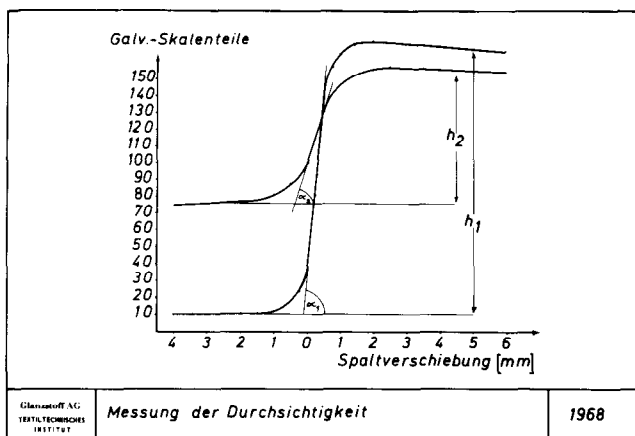


Abb. 8

Da nicht nur der Winkel zwischen den Anstiegskurven, sondern auch der Intensitätsunterschied zwischen dem weißen und dem schwarzen Feld für die Differenzierung eine Rolle spielt, haben wir die „Durchsichtigkeit“ als

$$D = \frac{h_2 \cdot \text{tg } \alpha_2}{h_1 \cdot \text{tg } \alpha_1} \cdot 100 \%$$

definiert. Die Übereinstimmung dieses Wertes wurde durch visuelle Beurteilungen sehr gut bestätigt.

Wir haben dieses Verfahren auf alle textilen Flächengebilde ausgedehnt und festgestellt, daß diese erweiterte Anwendung voll zulässig ist. Schwierigkeiten entstehen allerdings dann, wenn größere Farbunterschiede der zu vergleichenden Stücke vorhanden sind.

Ein interessanter Vergleich ergibt sich bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse von Luftdurchlässigkeit und Durchsichtigkeit. Das folgende Diagramm (Abb. 9) zeigt die Zahlen von Schläuchen aus verschiedenen DIOLEN LOFT-Garnen.

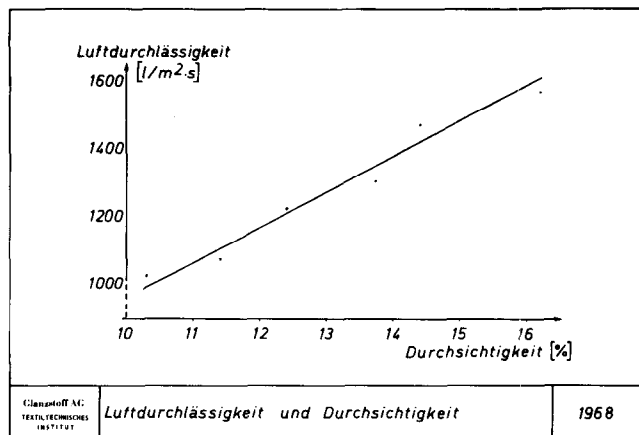


Abb. 9

Die Übereinstimmung ist recht überzeugend, sodaß die ziemlich einfache Messung der Luftdurchlässigkeit offenbar als objektives Maß für die Deckkraft herangezogen werden kann.

Die Ergebnisse der beschriebenen Versuche kann man wie folgt zusammenfassen:

Die rein mechanischen Daten, die am Faden gemessen werden, lassen sich bei richtiger Zuordnung in der Fertigware wiederfinden. Die meßtechnische Beherrschung der texturierten Garne hat damit auf diesem Gebiet den Anschluß an die glatten Fäden gewonnen. Für die weiteren Qualitätsmerkmale, wie Fülligkeit und Deckkraft, wurden einige interessante meßtechnische Zusammenhänge durch neue Methoden aufgedeckt, die zum Teil mit dem visuellen Eindruck gute Übereinstimmung ergeben haben. Der Zusammenhang mit Meßgrößen am Faden ließ sich jedoch noch nicht eindeutig nachweisen. Möge es der weiteren mühevollen Arbeit der Textilmeßtechniker vergönnt sein, daß sich auch hier bald der Erfolg einstellt.

Diskussion

Dr. Meckel: Sie haben bei der Messung der Lichtdurchlässigkeit gesagt, daß man mit einer definierten Vorspannung des Gestrickes arbeiten muß. Eigentlich müßte man diese in zwei Dimensionen definieren, weil sonst ein Einschnüreffekt auftritt, obwohl die Vorspannung vielleicht gar nicht so stark ist. Hatten Sie in dieser Hinsicht irgendwelche Schwierigkeiten?

Dipl.Phys. Weidner: Die von uns benutzte Vorspannung ist so gering, daß keine Einschnürung stattfindet. Wir brauchen sie, damit die Probe eben auf der Fläche anliegt, und stellen die Platte dazu ein wenig schräg. Es stört schon sehr, wenn auch nur Bruchteile von Millimetern Zwischenraum zwischen dem Strickstück und der Schwarzweißkante sind. Die Vorspannung wurde in Abhängigkeit vom Quadratmetergewicht gewählt.

Prof. Köb: Es wäre nicht uninteressant, zum Thema 'Auslösung der Kräuselung durch Feuchtigkeit bzw. durch heißes Wasser oder durch Wärme' einen Vertreter zu hören, der nach wie vor die Technik des Feuchtarbeitens vertritt. Ich möchte damit nicht direkt die Firma Heberlein ansprechen, nachdem sie dieses Verfahren heute noch in ihren Standards hat. Bringt die Naßbehandlung wirklich so viele Vorteile? Ich persönlich bin der Meinung, daß die Prüftechnik auch ohne Wasser auskommen kann.

Dr. Welfers: Sie haben sehr schön die Lichtdurchlässigkeit aufgezeichnet. Gehen Licht- und Luftdurchlässigkeit analog, wenn Sie die beiden Kurven zusammen auftragen?

Dipl.Phys. Weidner: Die Lichtdurchlässigkeit ist völlig unbrauchbar. Was wir messen, ist die Durchsichtigkeit, das heißt das Erkennen eines Kontrastes durch die Ware hindurch.

Dr. Straberger: Sie haben die Kräuselbeständigkeit mit einer statischen Methode geprüft. Haben Sie die Schädigung der Faser mit Hilfe einer dynamischen Methode versucht, das heißt durch mehrmalige Belastung mit geringem Gewicht?

Dipl.Phys. Weidner: Wir haben solche dynamische Messungen im Kräuselbereich vorgenommen. Es ergeben sich ähnliche Hysteresekurven, wie wir sie bei den Hochpolymeren gewohnt sind. Auch in der Form, daß der Rücklauf außerordentlich flach ist. Wenn man einen Schlauch mit der Hand dynamisch testet, dann stimmt das mit den dynamischen Kurven des Fadens insofern überein, daß gerade Perlon, dessen Rücklauf flacher ist, auch größere Lappigkeit als Nylon zeigt.

Für die Kräuselbeständigkeit haben wir solche dynamische Untersuchungen nicht gemacht.

Dr. Straberger: Ich könnte mir vorstellen, daß Untersuchungen dieser Art für die Trageigenschaften sehr interessant sein müßten.

Dipl.Phys. Weidner: Uns hat es genügt, zwischen unseren statischen Faser- und Warenprüfungen einen schönen Zusammenhang zu finden. Das könnte man natürlich auch auf das dynamische Gebiet übertragen.

Kleinheinz: Läßt sich die Durchsichtigkeit nicht auch derart messen, daß man die Ware über einen Graumaßstab legt und die entsprechenden Kontrastnoten feststellt, wo gerade noch Durchsichtigkeit vorhanden ist?

Dipl.Phys. Weidner: Im Prinzip ja; aber ich glaube doch, daß man einen sehr starken Kontrast braucht, um vernünftig messen zu können. Für sehr lose Stückware aus nichttexturiertem Endlosgarn kann man vielleicht den Graumaßstab nehmen, für texturierte Fäden jedoch, die eine typische Verschmierung der Kanten hervorrufen, braucht man aber das krasse Schwarz-Weiß.

Dr. Martin: In der Literatur über die Prüfung der Kontraktionseigenschaften von Fäden findet man den Wunsch, so weit wie möglich mit der Belastung herunterzugehen. Wir sind der Meinung, daß das eigentlich nicht ganz in Ordnung ist, und haben die Dinge etwas anders angefaßt. Wenn man einen Faden weiterverarbeitet, hat er nie die Möglichkeit, sich (als Einzelfaden bzw. als lose hängender Strang) völlig zusammenziehen zu können. Wir haben es uns deshalb zum

Prinzip gemacht, eine bestimmte kleine Spannung niemals zu unterschreiten und diese auch während sämtlichen Nebenbehandlungen aufrecht zu halten. Das hat den Vorteil, daß das Material bei allen Manipulationen nicht so empfindlich auf etwaige Unsauberkeiten reagiert. Weiters haben wir die Möglichkeit, die Behandlungsvorgänge laufend hinsichtlich ihrer Einflüsse auf das spätere Längenänderungsverhalten zu verfolgen.

Man sollte etwas umdenken und nicht immer bemüht sein, mit der Belastung ganz tief hinunter zu kommen und infolgedessen möglichst hohe Kontraktionswerte zustandezubringen. Es ist doch letztlich Vereinbarungssache, in welcher Form man mißt und wie hoch daher die Werte ausfallen.

Dipl.Phys. Weidner: Es wäre außerordentlich bequemer, wenn wir die 0,5 mp/den vermeiden könnten. Wir haben es aber aus einem ganz bestimmten Grund nicht gemacht. Sie wissen sicher von den Bemühungen, den Elastizitätsmodul zu definieren, indem man die berühmten Tangenten anlegt. Wenn das mehrere Personen machen, bekommen Sie entsprechend viele Tangenten. Wenn Sie dagegen mit einem sehr geringen Gewicht belasten, dann sind die Tangenten sehr präzise zu ziehen. Wir sollten eben den hervorragend linearen Bereich nutzen, damit die Tangente genau definiert ist. Man könnte sich auf ein Kompromiß einlassen und vielleicht die 2 mp/den der Kräuselung nehmen. Der Faden muß aber vorher ausgezogen werden, damit er keine Kringle hat. Wenn ich ihn jetzt mit einem Gewicht (2 mp) daran erholen lasse, dann kräuselt er sich wegen der Reibung an der schrägen Wand nicht mehr ein. Wir haben unsere Werte deshalb so tief angesetzt, damit wir endlich vernünftige Tangenten ziehen können.

Dr. Martin: Wir hatten als untere Belastung 0,01 p/tex gewählt und blieben daher noch durchaus im linearen Bereich. Das Wesentliche ist dabei, daß wir den Strang nicht selbst überlassen. Auf diese Weise bekommen wir eine geringere Streuung der Ergebnisse.

Prof. Köb: Ich habe vor einiger Zeit Messungen an Strängen in der Form gemacht, daß ich einen ausgelösten Strang etwas zusammengedreht und ihn vor ein Photoelement (in der gleichen Anordnung wie Sie!) mit einem Galvanometer gesetzt habe. Damit konnte ich praktisch auf optischem Wege die Dicke des Stranges messen. Bei gleicher Länge und Kräuselkontraktion unterschieden sich die Stränge nur in der Fülligkeit, und es zeigte sich, daß die Auflösung (d.h. die Aufspaltung der Kapillaren zu Einzelspiralen) - je nachdem, ob man vorher drei- oder viermal daran gezogen hat - ein ganz entscheidender Faktor sein kann.

Kann man denn überhaupt von einem Faden vorhersagen, welche Lage die Kapillaren dann im fertigen Stück einnehmen werden? Davon hängt ja schließlich die Deckkraft ab! (Nach dem Prinzip der Luftdurchlässigkeitsmessung bei Baumwollfasern hängt doch die Durchlässigkeit vom Auflösungsgrad und von der angebotenen Oberfläche ab.) Glauben Sie, daß dieser Zusammenhang möglich ist? Oder kann man nur prüfen, wenn das Material in der gewünschten Weise fertiggestellt und ausgerüstet wurde, egal, ob die Kapillaren nun gekräuselt sind oder mehr oder weniger dicht gepackt parallel liegen?

Dipl.Phys. Weidner: Auch diese Methode gehört zu jenen, die wir ergebnislos ausprobiert haben. Wir haben einen Einzelfaden durch einen Spalt beleuchtet und versucht, daraus irgend etwas abzuleiten. Die Lichtdurchlässigkeit allein ist leider kein Maß für die Fülligkeit. Wir haben auch den Durchmesser des Fadens unter dem Mikroskop gemessen. Das ist momentan das beste Verfahren für dicke Teppichgarne; für dünne texturierte Fäden läßt es sich aber überhaupt nicht anwenden.

Dr. Martin: Es handelt sich hier um Versuchsergebnisse nach einem Verfahren, das dem von Heberlein sehr ähnlich ist. Wir haben zur verständlichen Darstellung eine neue Symbolik eingeführt. (Vergleiche Faserforschung und Textiltechnik 19/3, 97-102, 1968.) In den Zwischenstadien haben wir nicht völlig entlastet, sondern blieben auf 0,01 p/tex, sodaß wir nach jeder stattgefundenen Behandlung die jeweilige Länge messen konnten.

Man kann aus einem solchen Diagramm (Abb. 5 in oben zitiertem Artikel) die Unterschiede herauslesen und demnach die Frage beant-

worten, die Herr Professor Köb vorhin nach der eigentlichen Bedeutung der von uns durchgeführten Behandlungen stellte. Dieses Schaubild ist jedoch nur für ein ganz bestimmtes Material charakteristisch. Man muß je nach Material und Einsatzzweck anhand derartiger Untersuchungen den geeignetsten Prüfweg finden.

Prof. Köb: Wenn ein Verfahren standardisiert werden soll, steht meist zur Debatte, ob man mit Wasser arbeiten soll oder nicht. Wenn das Wasser nicht ganz konkrete Vorteile bietet, bzw. wenn die Heißluft die Ergebnisse nicht verfälscht, dann wäre es schöner, wenn man ohne Wasser prüfen könnte. Aus dieser Vorstellung heraus habe ich die Frage aufgeworfen.

Dir. Brandt: Wenn sich die Wissenschaftler und die Leute, die uns beraten, über die Benützung von Heißluft oder Heißwasser nicht einig sind, dann wählen wir eben die einfachere Methode, und das ist zweifellos die Prüfung mit heißem Wasser. Heißes Wasser ist im Labor viel leichter zu handhaben als heiße Luft im Trockenschrank.

Dipl.Phys. Weidner: Aber ein Trockenschrank sollte heutzutage in einem Labor doch keine Seltenheit mehr sein. Die Temperatur muß gar nicht so genau sein, da man in diesem Bereich ohnehin in einem Maximum der Kräuselstabilität liegt. Der Trockenschrank kann ruhig bei 125°C um $\pm 8^{\circ}\text{C}$ schwanken. Ich halte diese Methode für viel einfacher. Die Meßzeit beträgt nur ein Drittel von derjenigen für Messungen in Wasser.

Dr. Studt: Ich habe mit Herrn Weidner oft überlegt, wieviel solche Messungen kosten, wie wir sie zum Beispiel für die Warenzeichenkontrolle durchführen müssen. Dabei spielt die Auswahl der Methode eine große Rolle. Wenn man das auf tausend Untersuchungen im Labor bezieht, kann das schon den Wert eines Volkswagens ausmachen.

Prof. Köb: Herr Weidner hat ein Prüfgerät zur Kontrolle texturierter Fäden nicht erwähnt, nämlich den gewöhnlichen Fadenspannungsmesser zur Kontrolle der Spulmaschinen, wo die texturierten Garne auf Konen umgespult werden. Dort kommen Belastungen vor, die wir bei unseren Prüfungen für die Entkräuslung gar nicht anzuwenden wagten.

Dr. Busch: Was die Auslösung der Kräuselkontraktion durch Wasser oder Luft anlangt, darüber wurde vor zwei Jahren in Baden-Baden ausführlich gesprochen. Bei der Unterscheidung von texturierten Garnen aus verschiedenen Materialien (vorwiegend aus Polyester) kamen wir mit der Trockenschrankmethode günstiger zu Rande. Das Hauptproblem war seinerzeit für uns die Frage, wie man das an sich gute Heberlein-Verfahren in einer Produktionskontrolle anwenden soll, wenn man 24 Stunden trocknen muß. Das dauert viel zu lange, die Texturiermaschine ist dann längst weitergelaufen, und vielleicht ist schon ein Schaden eingetreten. Die Trockenschrankmethode erfordert dagegen erheblich weniger Zeit. Wie wir anhand langwieriger Reihenmessungen gesehen haben, ist sie durchaus reproduzierbar, wenn man immer mit demselben Trockenschrank arbeitet. Die Temperaturschwankungen stören nur bei absoluten Messungen.

Beim Heberlein-Verfahren sind wir an den Siedepunkt des Wassers gebunden, der eine unveränderliche Naturkonstante ist. Wenn Sie die seinerzeit veröffentlichten Kurven ansehen, dann stellt sich heraus, daß die Kräuselkontraktion - obwohl sie bei bestimmten Temperaturen gleich ist - doch zu Garnen völlig verschiedenen Charakters gehören kann. Bei der Trockenschrankmethode können Sie auf einfache Weise die Temperatur variieren und erhalten schließlich schöne Glockenkurven. Es gibt aber Texturgarne mit sehr steilen Maxima. Wenn Sie dort von der Behandlungsmethode nur etwas abweichen, bekommen Sie plötzlich einen ganz anderen Wert. Diese Linien haben die Eigenart, sich für verschiedene Materialien an mehreren Punkten zu schneiden. Wir können nur durch Auswahl einer speziellen Temperatur zwei völlig verschiedene Produkte gleichzeitig messen. Es ist dann recht mißlich, wenn man an der Einpunktmethode (Heberlein-Verfahren) hängt. Der entscheidende Parameter - die Temperatur des Wassers - kann praktisch nicht geändert werden.

Bei Polyester bietet der Trockenschrank erhebliche Vorteile; ihn auch bei Polyamid anzuwenden, sollte man sich dagegen überlegen,

weil sich diese Substanzen im Wassergehalt unterscheiden. Die Vorgeschichte der Texturierung kann ebenfalls einen merklichen Einfluß auf die Kräuselung haben.

Dr. Meckels: Welche der gängigen Methoden halten Sie für die Pillprüfung texturierter Garne am besten geeignet?

Dipl.Phys. Weidner: Die Pillprüfung an Fasern ist ganz anders als an texturierten Garnen. Wir haben hier keine herausstehenden Einzel Fasern, sondern ein Schlaufenpilling (d.h. es wird zuerst eine Schlaufe herausgezogen und diese dann zusammengedreht). Darum genügt bei solchen Prüfungen nicht das Reiben allein, sondern man muß eine Art „Vorschädigung“ hervorrufen. Hiefür gibt es sehr viele Verfahren. Wir geben zum Beispiel in den Schüttelkasten der ICI ein Holzstück von der Dicke eines Besenstiels. Dieses wird mit einer Art Schmirgelpapier umwickelt. Das Holzstück wird mitgeschüttelt und sorgt dafür, daß genügend Ziehfasern entstehen, die nachher von den Gummischläuchen zu Pills verarbeitet werden.

Dr. Biczysko: Sie haben auf einer Abbildung die Luftdurchlässigkeit gegen die Durchsichtigkeit aufgetragen. Dabei ergab sich eine Gerade. Ist das die Antwort auf die ursprünglich gestellte Frage, wie man von einer Garneigenschaft auf das Verhalten im Gewirke schließen kann? Sie haben dabei zwei Größen am *Gewirke* gemessen, und daß diese miteinander korrelieren, ist nicht weiter erstaunlich. Wenn Sie aber verschiedene Gewirke untersuchen, so müssen doch Maschenzahl, Garndicke und Quadratmetergewicht gleich sein. Bei Division dieser Größen bekommen Sie eine Fadenlänge pro Masche, wieviel also durch unterschiedliche Bremsung beim Einlauf in die Wirkmaschine hineingelassen wird und sich dann wieder zusammenziehen kann. Das müßte doch auch eine interessante Größe für unser Problem ergeben.

Dipl.Phys. Weidner: Ihre erste Feststellung ist vollkommen richtig; aber ich habe vorher gesagt, daß es uns leider nicht geglückt ist, schon am Faden ein Maß für die Fülligkeit zu finden. Wir waren froh, daß wenigstens zwei optisch meßbare objektive Werte eine Korrelation zeigten.

Es ist bei der Untersuchung texturierter Garne mit unterschiedlichem Titer gar nicht so wichtig, welche Fülligkeit sie haben. (Wir verlangen bei derartigen Messungen grundsätzlich gleiche Titer.) Wenn Garne auf verschiedenen Texturiermaschinen hergestellt wurden, besitzen sie zwar die gleiche Kräuselkontraktion, aber vielleicht doch eine unterschiedliche Fülligkeit. Das Stricken geschieht selbstverständlich unter völlig gleichen Bedingungen auf derselben Maschine und mit sehr genau kontrollierter Einlaufspannung. Das Quadratmetergewicht der Probe muß natürlich ebenfalls konstant gehalten werden.

Prof. Köb: Kann man eine Abhängigkeit von der Garndrehung oder vom Ausrüsteprozess feststellen und die Fülligkeit mit Hilfe der Luftdurchlässigkeit kontrollieren?

Dipl.Phys. Weidner: Wir können das am Schlauch genau verfolgen, wenn Sie ihn zum Beispiel unter Spannung fixiert haben. Die Bedingungen für eine reproduzierbare Messung der Luftdurchlässigkeit sind nach den üblichen Normen bei einem Unterdruck von 10 mm Wassersäule bei Einspannung auf den handelsüblichen Geräten.

Dr. Martin: Es ist immer wieder ein großes Problem, wenn man einen frisch texturierten Faden nach seinen Eigenschaften befragen soll. In den ersten Stunden und Tagen verändern sich diese noch dermaßen, daß man mit den Ergebnissen gar nicht viel anfangen kann. Sehen Sie Möglichkeiten, wie man schon nach kurzer Zeit zu stabilen Werten kommen kann, bzw. welche Zeit halten Sie für notwendig, um einigermaßen vernünftige und später auch vergleichbare Werte zu erhalten?

Dipl.Phys. Weidner: Das Verhalten ist völlig verschieden und hängt davon ab, ob Sie den Faden von einer Spule abrollen, die ein paar Stunden oder ein paar Tage alt ist. Nur wenn Sie den Faden lose abnehmen und hängen lassen, finden Sie keine Abhängigkeit von der Zeit. Nach einer Hitzebehandlung (d.h. nach der Entblockierung der Kräuselung) ist dieser Unterschied weg. Diese Wärmebehandlung ist aber wirklich notwendig, insbesondere bei Polyester. Dieser hat näm-

lich eine erhebliche Kräuselblockierung, weswegen Heberlein auch nicht bei 60 bis 70°C, sondern bei 90°C arbeitet, was labormäßig ziemlich unbequem ist.

Dr. Ing. Winkler: Sie haben im letzten Bild eine schöne Korrelation zwischen Luftdurchlässigkeit und Durchsichtigkeit gezeigt. Gilt das nun absolut, das heißt, darf man die eine Prüfmethode durch die andere ersetzen?

Die Luftdurchlässigkeit wäre ja einfacher zu messen. Oder spielen da noch andere Dinge hinein, wie zum Beispiel die Masse pro Flächeneinheit, der Fixierzustand etc.?

Dipl. Phys. Weidner: Dieser Zusammenhang gilt innerhalb eines gewissen Bereichs der Kräuselkontraktion (15 bis 25 %), obwohl diese

eigentlich gar nicht so viel damit zu tun hat. Ich glaube aber nicht, daß man das auf hochelastische Garne übertragen darf; erst ab 60 % Kräuselkontraktion funktioniert diese Beziehung wieder.

Prof. Köb: Hauptaufgabe wird doch meist sein, bei einem gegebenen Material die richtige Verarbeitung, die Konstanz der Produktion bzw. die Übereinstimmung mit einem eigenen Standard zu überprüfen. Wenn die Garne gefärbt sind, wird die optische Messung problematisch. Es wäre ein großer Gewinn, wenn man mit der Luftdurchlässigkeit zu verlässlichen Werten kommen könnte. Die Messung an weißen Garnen ist zwar für die wissenschaftliche Arbeit interessant, für die Praxis ist sie aber unbrauchbar, da Färbung und Ausrüstung oft im gleichen Arbeitsgang durchgeführt werden.

BÖHLER

Gebr. Böhler & Co., AG, Wien I,
Elisabethstraße 12, Tel. 57 35 35
Lager: Wien XVII, Comeniusg. 11

Edelstähle in der Textilindustrie

Bei der Herstellung von Textilien stehen — angefangen vom Rohmaterial bis zum Fertigerzeugnis — auch Maschinen und Apparate aus rost- und säurebeständigen Stählen in Verwendung. Das vielseitige BÖHLER-Erzeugungsprogramm bietet für die Anwendungsbereiche der Textilindustrie:

Halbfabrikate: Bleche, Stabstahl, Schweißelektroden, Böden, Guß- und Schmiedestücke usw. **Apparatebau:** Apparate, Behälter, Rasten, Wärmeaustauscher, Siebe; **Rohre:** geschweißte Rohre jeder Abmessung, Formstücke, Verrohrungen.

In Fragen der Materialauswahl und bei allen damit in Zusammenhang stehenden Problemen lassen Sie sich bitte von unseren erfahrenen Fachtechnikern beraten.

Der Verlauf der Fadenbildung beim Schmelzspinnen

Dipl.-Ing. Isawo Hamana
 Institut für Produktentwicklung
 der Teijin Ltd., Iwakuni - Japan

Der Schmelzspinnprozeß kann sowohl im Hinblick auf die Bildung einer Feinstruktur als auch auf die Verformung und Verdünnung eines Polymerstromes während der Abkühlung betrachtet werden. Der Zusammenhang zwischen den Spinnbedingungen und den charakteristischen Eigenschaften eines unverstreckten Fadens wurde vor allem deshalb studiert, um für die Praxis der industriellen Produktion ein sicheres Spinnverfahren zu gewährleisten.

Wir begannen damit, die Grundlagen des Spinnprozesses durch die direkte Beobachtung der strömenden Polymerschmelze aufzuklären. Zuerst einmal wurde die Änderung der Doppelbrechung, eines der wichtigsten Merkmale der Feinstruktur eines unverstreckten Fadens, beim Spinnen von Polyäthylenterephthalat und Polycapramid verfolgt. Im Falle des Polyäthylenterephthalats steigt die Doppelbrechung (beginnend mit einem niedrigen Wert bei der Spinndüse) infolge des Spinnabzugs, bis sie einen Gleichgewichtswert erreicht, wobei sich der Polymerstrom gänzlich verjüngt. Man fand, daß der Luftwiderstand nicht vernachlässigt werden darf, wenn man den auf den Polymerstrom wirkenden Verzug ermitteln will.

Polycapramid verhält sich in der Nähe der Düse ähnlich wie Polyäthylenterephthalat. Bei fortschreitender Abkühlung zeigt sich aber ein Bereich, in dem die Doppelbrechung dem Verzug nicht mehr proportional ist.

Zweitens wird die Anwendung einer neuentwickelten Methode zur Vorhersage der Verformung und Abkühlung dargelegt. Wir maßen bei unseren Experimenten die Viskosität, die mit dem Deformationsprozeß der Polymeren eng verbunden ist. Auf diese Weise konnten wir unter den verschiedensten Spinnbedingungen die Faserbildungs- und Abkühlungsvorgänge für die beiden vorhin erwähnten Polymeren ebenso wie die Doppelbrechung eines unverstreckten Polyäthylenterephthalatfadens mit Hilfe eines Computers vorausberechnen.

Es gibt noch viele Probleme bei der analytischen Untersuchung des Schmelzspinnprozesses zu lösen, aber der Fortschritt ist stetig. Die Herstellung synthetischer Fasern nach dem Schmelzspinnverfahren umfaßt ja nicht nur den Spinnvorgang selbst, sondern auch die nachfolgende Verstreckung und Hitzebehandlung. Alle Grundlagenforschungen sollten aber schließlich im Hinblick auf die Qualitätssicherung der Produkte und die Verbesserung der Herstellungstechnologie zusammengefaßt werden.

The melt spinning process can be viewed from two different angles, namely, formation of a fine structure, and deformation and reduction of the polymer stream during cooling. The interrelations existing between the spinning conditions and the characteristic properties of unstretched yarns have been studied primarily with a view to ensuring reliability of the spinning process in industrial production.

We first threw light on the fundamentals of the spinning process by direct observation of the flowing polymer melt. The changes taking place in regard to birefringence, one of the most important characteristics of the fine structure of unstretched yarns, were first ob-

served in spinning polyethylene terephthalate and polycapramid. In the case of polyethylene terephthalate, the birefringence was found to increase due to the spinning draft (beginning with a low value near the spinneret) until an equilibrium had been reached, whereby the thickness of the polymer stream was reduced. It was found that allowance must be made for the air resistance in ascertaining the draft acting on the polymer stream.

Close to the spinneret, polycapramid behaves much like polyethylene terephthalate, whereas with the decrease in temperature a zone is formed where birefringence and draft are no longer proportional.

Secondly, the use of a newly developed method of predetermining the degrees of deformation and cooling is described. The degree of viscosity, which is closely related to the deformation process, was measured during the experiments. In this manner it has been possible to predetermine, by means of a computer, the processes of fiber formation and cooling for the two above-mentioned polymers under a wide variety of spinning conditions, and the birefringence of an unstretched polyethylene terephthalate filament.

Analytical evaluation of the melt spinning process still involves many problems awaiting solution, but steady progress is being made. Synthetic fiber production by the melt spinning process not only includes the spinning process proper, but also subsequent stretching and heat treatment. All base-line investigations should, however, eventually be integrated with a view to ensuring high product quality and improvement of production technology.

1. Einleitung

Frühere Untersuchungen über den Schmelzspinnprozeß können in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- Die erste Art der Untersuchungen ist dahin gerichtet, die Beziehung zwischen den verfahrenstechnischen Bedingungen des Schmelzspinnens und den verschiedenen Eigenschaften der unverstreckten Fäden aufzufinden, das heißt mit anderen Worten, eine Beziehung zwischen den äußeren Einflüssen und den daraus resultierenden Ergebnissen herzustellen. Eine derartige Methode ergibt zwar nützliche Resultate, kann aber nur auf indirektem Weg verschiedene, beim Schmelzspinnprozeß auftretende Phänomene erklären.
- Die zweite Untersuchungsart ist dem Studium des mechanischen und rheologischen Verhaltens^{1, 2)} und des Abkühlprozesses³⁻⁷⁾ eines Polymerstroms gewidmet. Auf diesem Gebiet haben Kase und Matsuo^{8, 9)} kürzlich eine Methode entwickelt, nach der man die Verjüngung und Abkühlung des Polymerfadens beim Schmelzspinnen im voraus berechnen kann.
- Die dritte Art der Untersuchungen behandelt die Ausbildung einer Feinstruktur im Polymerfaden bei Beanspruchung. Die molekulare Orientierung^{10, 11)} und die Kristallisation^{13, 14)} während des Spinnens werden hierbei diskutiert. Die Bildung der Feinstruktur im Polymerfaden steht in engem Zusammenhang mit seinem mechanischen Verhalten sowie dem Abkühlprozeß. Bisher wurden in dieser Richtung noch wenige Anstrengungen¹⁵⁾ unternommen.

In dieser Arbeit wird die Entwicklung der Doppelbrechung beim Schmelzspinnen von Polyäthylenterephthalat (PÄT) und Nylon 6 besprochen, und außerdem soll für PÄT der Zusammenhang jener mit dem Fadenbildungsvorgang hergestellt werden.

2. Die Entwicklung der Doppelbrechung in PÄT und Nylon 6

In PÄT und Nylon 6 wurde die Doppelbrechung beim Schmelzspinnen nach der Methode von Senarmon t gemessen.

2.1 Ergebnisse und Diskussion für PÄT

In Tabelle 1 werden die Standardbedingungen für Spinnversuche mit PÄT und Nylon 6 angegeben.

Tabelle 1: Standardbedingungen beim Schmelzspinnen

		PÄT	Nylon 6
Durchschnittliches viskosimetrisches Molgewicht	\bar{M}_v	21.000	26.000
Düsenlochdurchmesser	mm	0,4	0,4
Extrusionstemperatur	°C	285	265
Durchsatz	g/sec	0,0124	0,0124
Abzugsgeschwindigkeit	cm/sec	1100	1100
Verzug	-	141	126

In den Abbildungen 1 bis 3 sind der Durchmesser D des Polymerfadens und die Doppelbrechung Δn gegen den Abstand x von der Spinndüse aufgetragen. Die Ergebnisse wurden unter verschiedenen Spinnbedingungen erhalten und entsprechen ungefähr den Angaben aus Tabelle 1.

Abbildung 1 zeigt den Einfluß des Durchsatzes auf die Verjüngung des Polymerfadens und die Entwicklung der Doppelbrechung während des Spinnens. Dabei variiert die Durchflußmenge zwischen 0,0062 und 0,017 g/sec und der

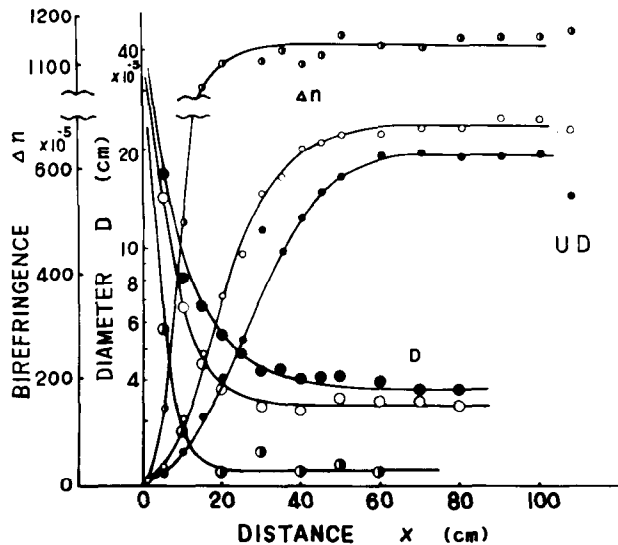


Abb. 1: Verjüngung des Polymerfadens und Entwicklung der Doppelbrechung von PÄT, aufgetragen gegen den Abstand von der Spinndüse. Einfluß der Durchflußmenge und des Verzugs (bei konstanter Abzugsgeschwindigkeit).

Symbol	Durchsatz g/sec	Verzug
—○—	0,0062	280
—□—	0,0124	141
—●—	0,0170	102

Verzug zwischen 280 und 102. Die anderen Bedingungen bleiben entsprechend Tabelle 1 unverändert. Bei Abnahme des Durchsatzes wird durch das Polymere weniger Wärme pro Zeiteinheit in den Spinn schacht transportiert, und die Verfestigung durch Abkühlung schreitet rasch vorwärts. Damit gleichlaufend entwickelt sich auch die Doppelbrechung schnell und erreicht einen hohen Grenzwert. Letztere steigt an einer Meßstelle in 1 cm Entfernung von der Düse von der Größenordnung 10^{-5} bis 10^{-3} bzw. 10^{-2} an.

Unter der Annahme, daß die Doppelbrechung von vollkommen orientiertem PÄT (0,26¹⁶) beträgt, findet man während des Spinnens nur einen Orientierungsgrad von einigen Prozent. In dieser Abbildung zeigen die Kurven mit dem Vermerk UD die Doppelbrechung der aufgewundenen *unverstreckten* Fäden (konditioniert bei einer konstanten Temperatur von 20°C und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65 %). Man nimmt an, daß die Grenzwerte der Doppelbrechung während des Spinnens ungefähr jenen der aufgewundenen Fäden gleichen.

In Abbildung 2 wird die Fördergeschwindigkeit der Spinnpumpe konstant gehalten. Die Abzugsgeschwindigkeit variiert aber zwischen 550 und 1500 cm/sec und infolgedessen auch der Verzug (zwischen 70 und 192). Wenn man die Aufwickelgeschwindigkeit noch weiter steigert, nimmt der Durchmesser des aufgewundenen unverstreckten Fadens zwar ab, es kann aber kaum noch ein Einfluß der ersteren auf die Fadenverjüngung bei der Spinndüse festgestellt werden. Die Wirkung wird erst sichtbar, wenn der Kühlvorgang einigermaßen fortgeschritten ist. Ebenso wird auch die Doppelbrechung beim Abkühlprozeß durch die Abzugsgeschwindigkeit merklich beeinflusst.

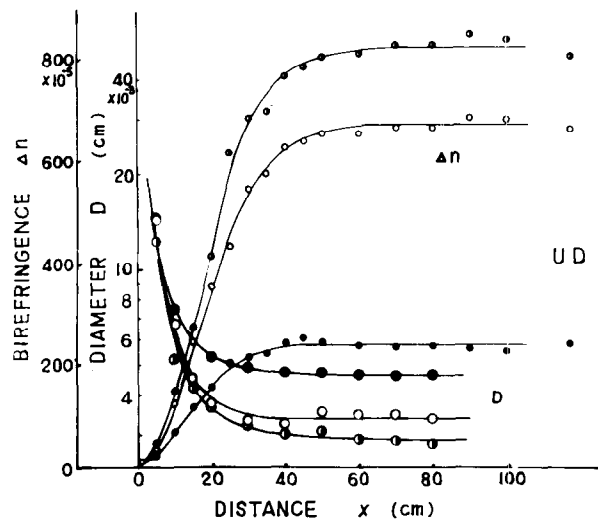


Abb. 2: Verjüngung des Polymerfadens und Entwicklung der Doppelbrechung von PÄT, aufgetragen gegen den Abstand von der Spinndüse. Einfluß der Durchflußmenge und des Verzugs (bei konstanter Abzugsgeschwindigkeit).

Symbol	Abzugsgeschwindigkeit cm/sec	Verzug
—○—	1500	192
—□—	1100	141
—●—	550	70

Abbildung 3 zeigt ein Beispiel, in dem die Abzugsgeschwindigkeit zwischen 550 und 1500 cm/sec bzw. die Durchflußmenge zwischen 0,0062 und 0,017 g/sec variiert, während Durchmesser und Verzug des aufgespulten Fadens konstant gehalten werden. Je niedriger die Abzugsgeschwindigkeit (und daher auch der Durchsatz) ist, desto schneller sind Abkühlung und Entwicklung der Doppelbrechung vollendet. Dennoch wird der Grenzwert letzterer niedriger, sobald die Abzugsgeschwindigkeit sinkt. Sind aber - im Gegenteil - Abzugsgeschwindigkeit und Durchsatz hoch, dann nimmt der Durchmesser des Polymerfadens mit wachsender Distanz von der Düse allmählich ab. Die Doppelbrechung entwickelt sich nach und nach und erreicht schließlich einen hohen Grenzwert.

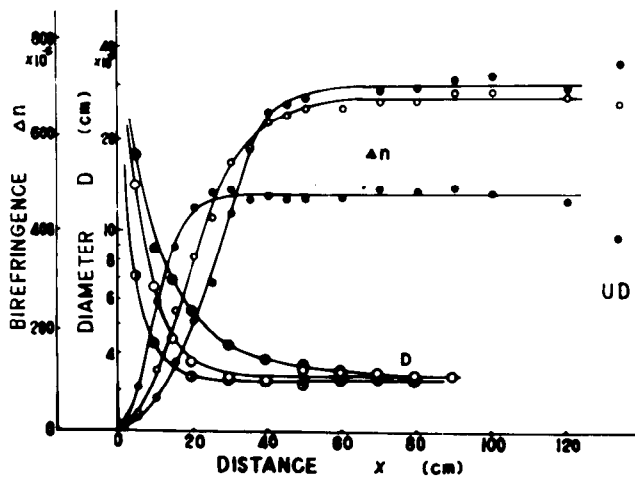


Abb. 3: Verjüngung des Polymerfadens und Entwicklung der Doppelbrechung von PÄT, aufgetragen gegen den Abstand von der Spinndüse. Einfluß der Abzugsgeschwindigkeit (bei konstantem Verzug und Endtiter).

Symbol	Abzugsgeschwindigkeit cm/sec	Durchsatz
—●—	1500	0,0170
—○—	1100	0,0124
—●—	550	0,0062

Obige Betrachtungen lassen vermuten, daß die Entwicklung der Doppelbrechung mit der durch die Spinnbedingungen bestimmten Deformation des Polymerfadens zusammenhängt. Die Geschwindigkeit v des Polymerstroms, die Änderung der Zugspannung dv/dx , die Oberflächentemperatur Θ des Polymerstroms, die Doppelbrechung Δn und deren Veränderung mit der Zeit $d\Delta n/dt$ unter Standardbedingungen sind in Abbildung 4 gegen den Abstand von der Düse aufgetragen.

Doppelbrechung und Abzugsspannung verändern sich je nach dem Abstand von der Düse unterschiedlich. In der Umgebung der Spinndüse schreitet die molekulare Orientierung trotz hoher Abzugsspannung nur langsam fort, da die niedrige Viskosität des Polymerstroms beim Austritt die Orientierung behindert. Wenn aber dessen Abkühlung fortschreitet

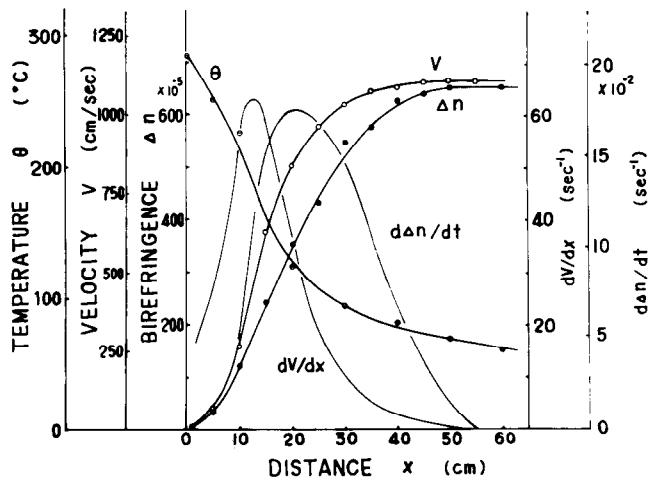


Abb. 4: Veränderung verschiedener Parameter des PÄT im Spinnstrahl unter den in Tabelle 1 angegebenen Standardbedingungen.

und infolgedessen auch die Viskosität steigt, wird die von der Deformation stammende molekulare Orientierung trotz niedriger Abzugsspannung beibehalten, sodaß die Doppelbrechung während des Spinnvorgangs zu dem Zeitpunkt den Grenzwert erreicht, in dem die Deformation beendet ist.

Im Falle des PÄT erfolgt während des Spinnens keine deutliche Kristallisation, da die Röntgenbeugungsdiagramme *unverstreckter* PÄT-Fäden nur einen diffusen Ring zeigen (Abb. 5).

Ziabicki¹⁷⁾ fand, daß die Doppelbrechung unverstreckter PÄT-Fäden mit der nach der Erstarrung gemessenen Spannung in linearer Beziehung steht. Wir haben daher geprüft, ob dieser einfache lineare Zusammenhang auch für einen PÄT-Strom bei Deformation gilt oder nicht.

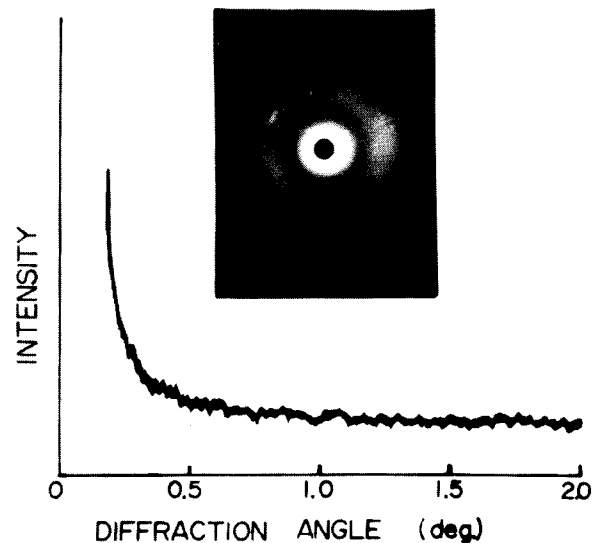


Abb. 5: Röntgenogramm unverstreckter PÄT-Fäden

Obwohl die wahre Zugkraft, die auf den geschmolzenen Polymerfaden bei Deformation einwirkt, noch nicht direkt gemessen werden kann, kann man sie durch folgende Gleichungen ausdrücken²⁾:

$$F = F_L + g \int_x^L \rho_A dx - G(v_L - v) - \int_x^L \frac{dF_{aero}}{dx} dx - \int_x^L \frac{dF_{surf}}{dx} dx \quad (1)$$

- g = Erdbeschleunigung
- L = Länge des Spinnweges zwischen Düse und Galette
- ρ = Dichte des Polymeren
- A = Querschnittsfläche des Polymerstroms
- G = Durchflußmenge
- v_L = Geschwindigkeit des Polymerstroms nach der Erstarrung
- v = Geschwindigkeit des Polymerstroms vor der Erstarrung
- dF_{aero}/dx = Gradient des Luftwiderstandes
- dF_{surf}/dx = Gradient der Kraft, die aus der Oberflächenspannung stammt.

Die Zugspannung F beim Düsenabstand x setzt sich aus der äußeren Kraft F_L , der Schwerkraft, der Trägheit, dem Luftwiderstand und der Oberflächenspannung zusammen. Der erste Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung kann direkt gemessen werden. Das zweite und dritte Glied erhält man aus experimentellen Daten der Polymerstromdurchmesser. Den Kraftbeitrag aus der Oberflächenspannung kann man vernachlässigen.

Im Hinblick auf den Luftwiderstand gibt es auf Grund obiger Ergebnisse ganz verschiedene Meinungen. Ein Autor schlägt vor, den Luftwiderstand zu vernachlässigen²⁾, ein anderer dagegen sagt, daß gerade dieser wesentlich zur gesamten Zugspannung beitrüge¹⁰⁾. Um dieses Problem zu klären, wurde jene Zugspannung gemessen, die auf den spinnenden Faden nach seiner Erstarrung einwirkt. In Abbildung 6 werden einige Resultate aus dieser Messung gezeigt.

Die Spinnbedingungen sind die gleichen wie in Abbildung 3, wo die Abzugsgeschwindigkeit zwischen 550 und 1500 cm/sec variiert, der Durchmesser des aufgespulten Fadens jedoch konstant gehalten wird. Nach der Verfestigung erreicht der Polymerstrom eine konstante Aufwickelgeschwindigkeit, sodaß die Trägheitskraft in Gleichung (1) gegen Null geht. Die Querschnittsfläche wird so klein, daß der Beitrag der Schwerkraft vernachlässigt werden kann. Daher kann man den Anstieg der Geraden in Abbildung 6 als den Luftwiderstand pro Längeneinheit betrachten. Aus den Meßergebnissen anhand verschiedener Spinnbedingungen kann man schließen: Fließt ein Polymerstrom mit dem Durch-

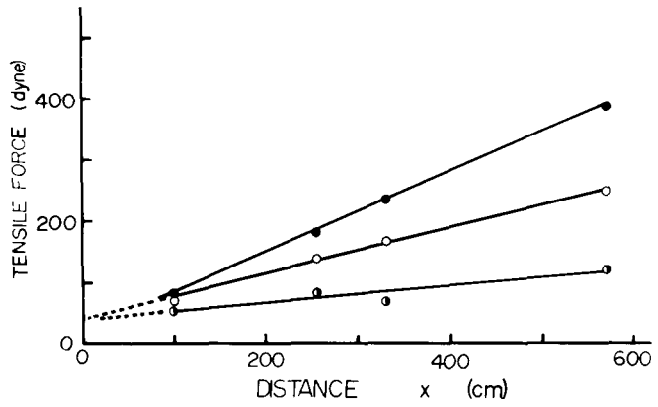


Abb. 6: Nach der Erstarrung gemessene Zugspannung

Symbol	Abzugsgeschwindigkeit cm/sec
—●—	1500
—○—	1100
—◐—	550

messer D mit der Geschwindigkeit v, dann kann der Luftwiderstand pro Längeneinheit durch Gleichung (2) folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$\frac{dF_{aero}}{dx} = C_f \cdot \frac{\rho_a}{2} \cdot v^2 \cdot \pi \cdot D \quad (2)$$

- C_f = Reibungsfaktor
- ρ_a = Dichte der Luft

Der Logarithmus des Reibungskoeffizienten steht in linearer Beziehung zur Reynoldsschen Zahl Re_D (bezogen auf die Länge D), wie in Abbildung 7 dargestellt wird.

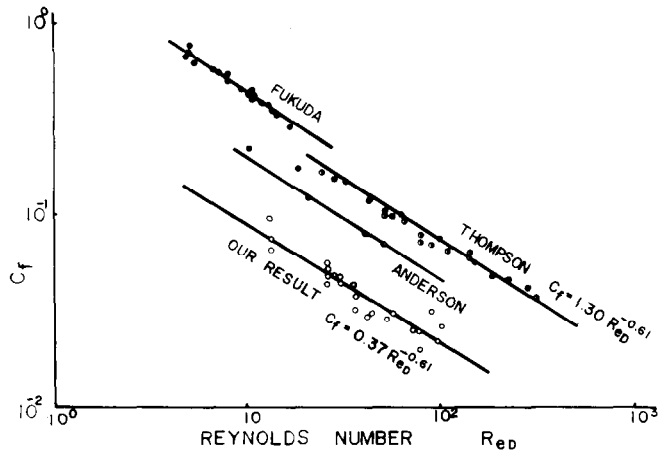


Abb. 7: Reibungsfaktor C_f des Luftwiderstandes, aufgetragen gegen die Reynoldssche Zahl^{10, 18, 19)}

Daraus ergibt sich folgender Zusammenhang:

$$C_f = 0,37 Re_D^{-0,61} \quad (3)$$

Für diese Versuche wählte man nachstehende Bereiche von D und v:

$$D = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ bis } 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ cm,}$$

$$v = 500 \text{ bis } 1500 \text{ cm/sec.}$$

Abbildung 7 zeigt auch die nach Gleichung (2) aufgetragenen Ergebnisse aus Windkanalexperimenten von Thompson¹⁰, Anderson¹⁸ und Fukuda¹⁹. Man kann feststellen, daß ihre Resultate durch $C_f = a \cdot Re_D^{-0,6}$ ausgedrückt werden können, für den Luftwiderstand ergeben ihre Messungen jedoch höhere Werte.

In Übereinstimmung mit dem von uns erhaltenen Resultat darf man den Luftwiderstand bei der Ermittlung des Spinnabzugs nicht vernachlässigen, ausgenommen den Fall, daß feine Fäden bei niedriger Abzugsgeschwindigkeit gesponnen werden. Aus diesem Grund kann die Zugkraft F an jeder Stelle des deformierten Polymerstroms durch die gemessenen Werte für die Spannung F_L und den Durchmesser D ermittelt werden, woraus sich dann auch die Zugspannung σ ($= F/A$) bestimmen läßt. Abbildung 8 illustriert die unter Standardbedingungen erhaltenen Ergebnisse.

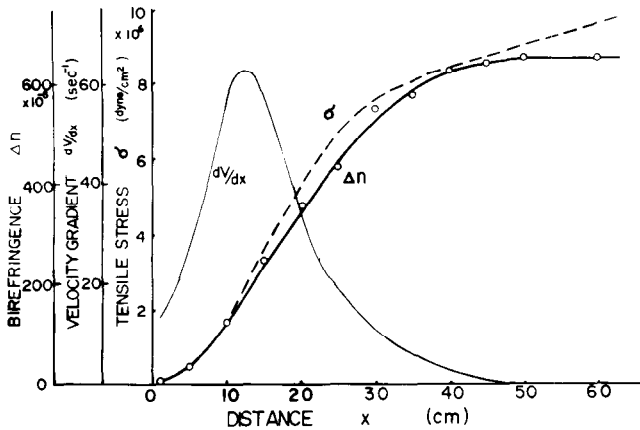


Abb. 8: Veränderung der Abzugsspannung des PÄT im Spinn-schacht unter Standardspinnbedingungen. Geschwindigkeitsgradient und Doppelbrechung werden ebenfalls dargestellt.

Die Zugspannung wächst mit dem Abstand x bzw. mit der Verformung des Polymerfadens. Die Zunahme der Zugspannung nach dem Erstarrungspunkt (d.i. jene Stelle, an der dv/dx gegen Null extrapoliert werden kann) führt man auf die Existenz des Luftwiderstandes zurück. In Abbildung 9 ist die Doppelbrechung gegen die korrespondierende Zugspannung aufgetragen, wie sie bei jedem gegebenen Abstand von der Spinn-düse vor der Erstarrung des Polymeren auftritt.

Die Meßpunkte streuen in dieser Abbildung zwar ein wenig, trotzdem kann man annehmen, daß Doppelbrechung und Zugspannung näherungsweise durch jene Gerade definiert werden, die durch den Ursprung geht und die sich durch folgende einfache Beziehung charakterisieren läßt:

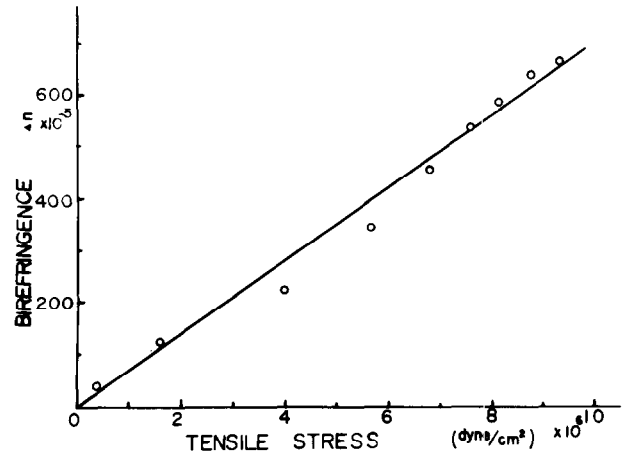


Abb. 9: Zusammenhang zwischen Doppelbrechung und Abzugsspannung bei der Verjüngung des PÄT-Fadens unter Standardspinnbedingungen.

$$\Delta_n = \text{const} \cdot \sigma \quad (4)$$

In Abbildung 10 wurde die Gültigkeit der Gleichung (4) durch eine Anzahl ähnlicher Meßdaten überprüft, die von vielen Versuchen stammen (siehe Tabelle 2). Trotz des bemerkenswert weiten Bereichs der Spinnbedingungen ergibt sich ein ziemlich enger Zusammenhang zwischen Doppelbrechung und Zugspannung.

Tabelle 2: Spinnbedingungen zu Abbildung 10

Düsenlochdurchmesser	mm	0,23	– 2,4
Extrusionstemperatur	°C	275	– 285
Durchsatz	g/sec	0,0062	– 0,14
Abzugsgeschwindigkeit	cm/sec	550	– 1500
Verzug	-	46	– 592

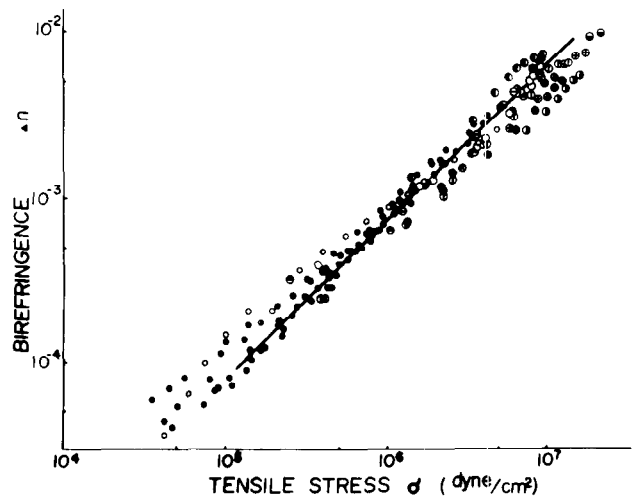


Abb. 10: Wie Abbildung 9, aber für einen weiten Bereich von Spinnbedingungen, wie sie in Tabelle 2 angegeben werden.

Drückt man die aus Abbildung 10 ersichtliche Gerade mathematisch aus, so erhält man folgende Gleichung:

$$\Delta_n = 7,8 \cdot 10^{-10} \cdot \sigma \quad (5)$$

Allerdings ist die Gleichung (5) nur für jenen Bereich anwendbar, in dem die Polymerfäden noch nicht erstarrt, sondern noch verformbar sind, da die Zugspannung wegen des Luftwiderstandes weiterhin anwächst, bis die Doppelbrechung ihren Grenzwert erreicht. Gleichung (5) bedeutet, daß die Zunahme der Doppelbrechung proportional ist der Zunahme des Produktes aus Troutonscher Viskosität*) und Abzugsgeschwindigkeit.

Über die Strömungsdoppelbrechung von Polymerschmelzen gibt es derzeit noch wenige Untersuchungen. Philip p o f f u. a.²⁰⁾ beobachteten diese an geschmolzenem Polyäthylen unter Scherbeanspruchung und stellten fest, daß sie für ein gegebenes Polyäthylen der Schergeschwindigkeit (bei konstanter Temperatur) nahezu proportional ist, ebenso aber auch dem reziproken Schmelzindex (nämlich der Schmelzviskosität) bei konstanter Schergeschwindigkeit und Temperatur. Ist aber die Strömungsdoppelbrechung dem Produkt aus Schmelzviskosität und Scherviskosität proportional, sobald sich die beiden letzteren ändern, dann muß auch die Doppelbrechung laut Gleichung (5) der Spannung proportional sein. Diese Gleichung ist für die industrielle Praxis sehr nützlich, weil man durch diese neuentwickelte Theorie während des Spinnens Zugspannung und Doppelbrechung im voraus berechnen kann. Darauf soll später noch näher eingegangen werden.

2.2 Ergebnisse und Diskussion für Nylon 6

Abbildung 11 zeigt den Einfluß der Fördergeschwindigkeit auf die Verjüngung des Polymerfadens und die Entwicklung der Doppelbrechung während des Spinnens von Nylon 6.

In diesem Diagramm wird die Durchflußmenge wieder zwischen 0,0062 und 0,017 g/sec und der Verzug zwischen 252 und 92 variiert, während die anderen Spinnbedingungen unverändert (wie in Tabelle 1) bleiben. Vergleicht man nun den Grenzwert der Doppelbrechung mit dem Wert für vollkommen orientierte Nylonfäden (0,073)¹⁶⁾, so ist der Orientierungsgrad, der beim Spinnen auftritt, nicht sehr hoch. Die Zahlen, die auf Abbildung 11 zu den Kurven geschrieben wurden, bedeuten die Doppelbrechung von bereits aufgespulten Fäden (konditioniert bei 20°C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit). Während der Konditionierung nimmt die Doppelbrechung merklich zu. Wie bei PÄT in Abbildung 1 verjüngt sich der Faden bei abnehmendem Durchsatz ziem-

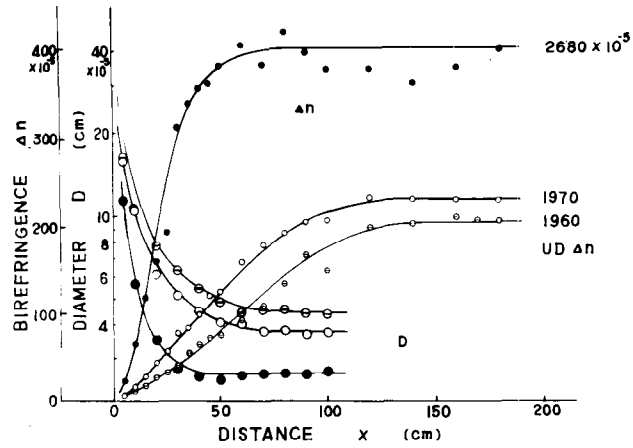


Abb. 11: Verjüngung des Polymerfadens und Entwicklung der Doppelbrechung von Nylon 6, aufgetragen gegen den Abstand von der Spinnöse. Einfluß des Durchsatzes und des Verzugs (konstante Abzugsgeschwindigkeit).

Symbol	Durchsatz g/sec	Verzug
⊖	0,0170	92
●	0,0062	252
○	0,0124	126

lich schnell. Anschließend entwickelt sich auch rasch die Doppelbrechung und erreicht einen hohen Grenzwert.

In Abbildung 12 ist der Effekt der Abzugs- und Durchflußgeschwindigkeit bei konstantem Durchmesser des aufgewundenen Fadens und gleichbleibendem Verzug zu sehen. Je niedriger die beiden Geschwindigkeiten sind, desto rascher verjüngt sich der Polymerfaden, und umso vollkommener entwickelt sich die Doppelbrechung.

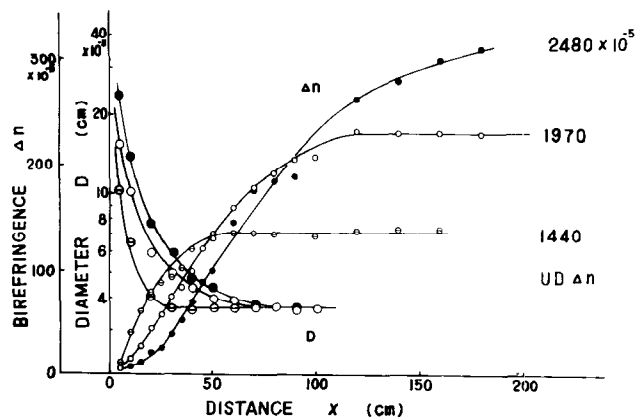


Abb. 12: Verjüngung des Polymerfadens und Entwicklung der Doppelbrechung von Nylon 6, aufgetragen gegen den Abstand von der Spinnöse. Einfluß der Abzugsgeschwindigkeit (bei konstantem Verzug und Endtiter).

Symbol	Abzugsgeschwindigkeit cm/sec	Durchsatz g/sec
●	1500	0,0170
○	1100	0,0124
⊖	550	0,0062

*) Bei der Newtonschen Viskosität betrachtet man das radiale Geschwindigkeitsgefälle, bei der Troutonschen Viskosität dagegen das axiale Geschwindigkeitsgefälle. Die Troutonsche Viskosität wird auch als „Orientierungsviskosität“ bezeichnet und damit der zur Strukturviskosität gegensinnige Verlauf ausgedrückt.

(Anmerkung der Redaktion)

(K. Götze: Chemiefasern nach dem Viskoseverfahren, Springer-Verlag, 3. Auflage, Seite 532)

Ebenso wie in Abbildung 4 bei PÄT wurden sowohl der Zuwachs der Zugbeanspruchung dv/dx und die Veränderung der Doppelbrechung $d\Delta n/dt$ als auch die Geschwindigkeit des Polymerstroms samt dessen Oberflächentemperatur, sowie die Doppelbrechung unter Standardspinnbedingungen (siehe auch Tabelle 1) gegen den Abstand von der Spinndüse aufgetragen (Abb. 13).

Den in Abbildung 13 aufscheinenden Daten ist zu entnehmen, daß sich Nylon in folgenden Punkten von PÄT unterscheidet:

1. Die Doppelbrechung nimmt beim Spinnen auch nach erfolgter Deformation weiterhin zu. Sie wächst auch dort noch, wo die Geschwindigkeit der Zugbeanspruchung bereits gegen Null geht, bis sie schließlich einen Grenzwert erreicht.
2. Die Doppelbrechung von trocken aufgewundenen Fäden nimmt während des Konditionierens zu. Diese Tatsache wurde von *Chapelle* u.a.¹²⁾ für Nylon 66 und von *Basson* u.a.²¹⁾ für Nylon 6 qualitativ festgestellt.

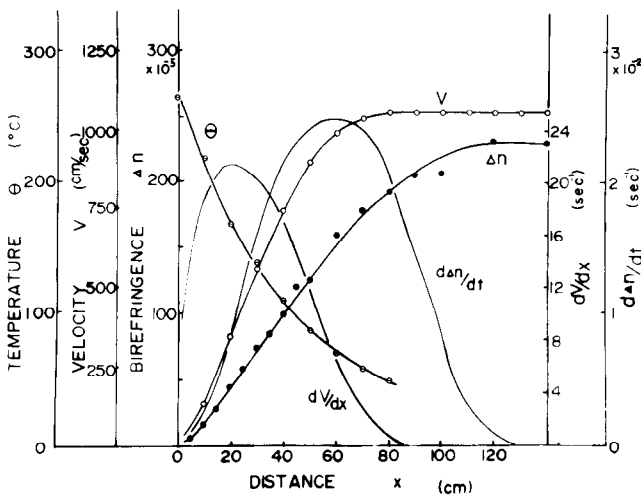


Abb. 13: Veränderung verschiedener Parameter von Nylon 6 im Spinnstrahl unter den Standardspinnbedingungen aus Tabelle 1.

Die Doppelbrechung unverstreckter konditionierter Fäden ist auf die in Abbildung 14 gezeigte Art mit dem Grenzwert der Doppelbrechung während des Spinnvorgangs verbunden. Ihr Anwachsen beim Konditionieren von Nylon 6-Fäden wird von einer Zunahme der Dichte und einer Abnahme des Diffusionskoeffizienten für Wasser begleitet (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Einige Eigenschaften von Nylon 6-Fäden vor und nach der Konditionierung

	Dichte g/cm ³	Δn 10 ⁻⁵	Diffusionskoeffizient für Wasser: cm ² /sec
Trocken aufgewundener Faden	1,116	100	$0,20 \cdot 10^{-8}$
Detto, nach der Konditionierung	1,126	1000	$0,18 \cdot 10^{-8}$

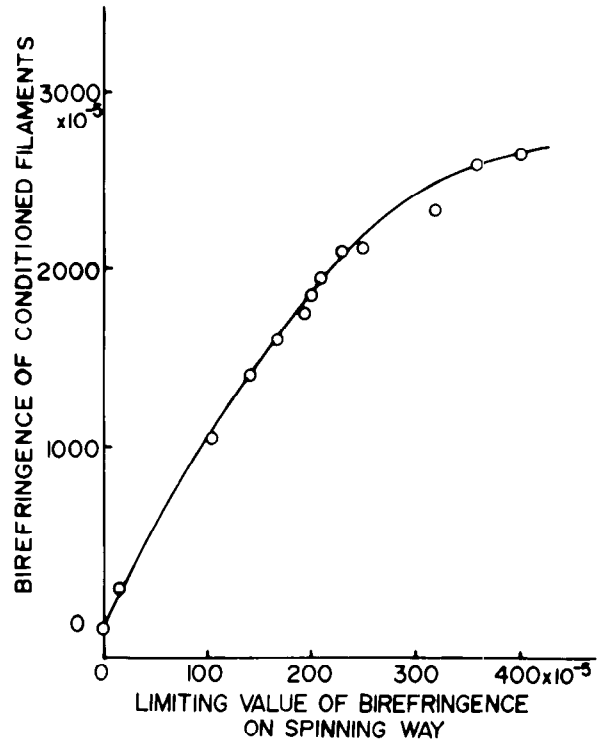


Abb. 14: Doppelbrechung unverstreckter Nylon 6-Fäden nach dem Konditionieren bei 20°C und 65% relativer Luftfeuchtigkeit, aufgetragen gegen den beim Schmelzspinnen beobachteten Grenzwert der Doppelbrechung.

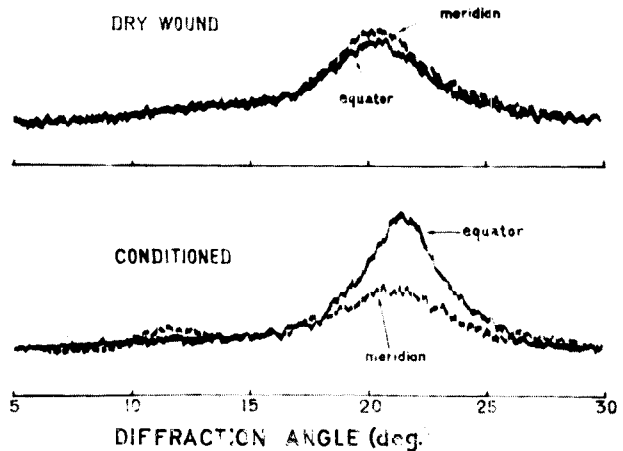


Abb. 15: Röntgendiagramme und Intensitätskurven von Nylon 6-Fäden vor und nach der Konditionierung.

Die niedrige Dichte des trocken aufgewundenen Fadens ist jener von amorphem Nylon 6 beinahe gleich. In Übereinstimmung damit weist das Röntgenbeugungsdiagramm in Abbildung 15 einen diffusen Ring auf. Nach der Konditionierung zeigt es jedoch, daß die Orientierung fortgeschritten ist und eine Interferenz ergibt, die einem Netzebenenabstand von 7,6 Å entspricht. Das läßt vermuten, daß ein smektisch-hexagonaler Zustand²³⁾ gebildet wurde. Derartige Phänomene beobachteten auch Nishiumi u.a.²²⁾, welche annahmen, daß während des Spinnens einige Kristallkeime entstehen, die nach dem Konditionieren die Orientierung des unverstreckten Fadens bestimmen, obwohl während des Spinnvorgangs an sich keine nennenswerte Kristallisation stattfindet.

Beim Konditionierprozeß ist die Zeit, die für eine Zunahme der Doppelbrechung des trocken aufgewundenen Fadens sowie für die Erreichung des Grenzwertes notwendig ist, kürzer als jene, in der die absorbierte Feuchtigkeit den Gleichgewichtswert erlangt (Abb. 16).

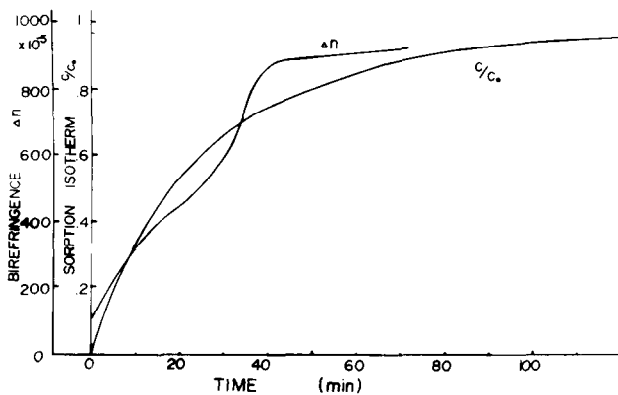


Abb. 16: Wasserabsorptionsisotherme und Veränderung der im Innern von Nylon 6-Fäden gemessenen Doppelbrechung, aufgetragen gegen die Zeit.

In diesem Fall wurde die Doppelbrechung im Fadeninnern gemessen. Die Wasserabsorptionsisotherme wurde als das Verhältnis des Feuchtigkeitsgehalts C zu einer beliebigen Zeit zur Gleichgewichtsmenge C₀ definiert. In Abbildung 17 ist die Doppelbrechung des unverstreckten Fadens, der 16 Stunden bei unterschiedlichen relativen Luftfeuchtigkeiten, aber gleichbleibender Temperatur (20°C) konditioniert wurde, gegen die Feuchtigkeitsaufnahme aufgetragen. Die Doppelbrechung weist bei einer Feuchtigkeitsaufnahme unter 1,8 % keine Änderung mehr auf, darüber aber einen großen Zuwachs. Hat die Feuchtigkeit 1,8 % überschritten, dann erniedrigt sie die Glasübergangstemperatur um 20°C oder mehr und verleiht den eingefrorenen Molekülketten eine gewisse Beweglichkeit, die deren Orientierung fördert.

Wie bei PÄT wurde die Doppelbrechung während des Spinnens mit der auf den Polymerfaden wirkenden Zugspannung verglichen. Das Ergebnis der Experimente unter Standardbedingungen stellt Abbildung 18 dar. Im Anfangsstadium ergibt sich bei Nylon 6 eine lineare Beziehung zwischen

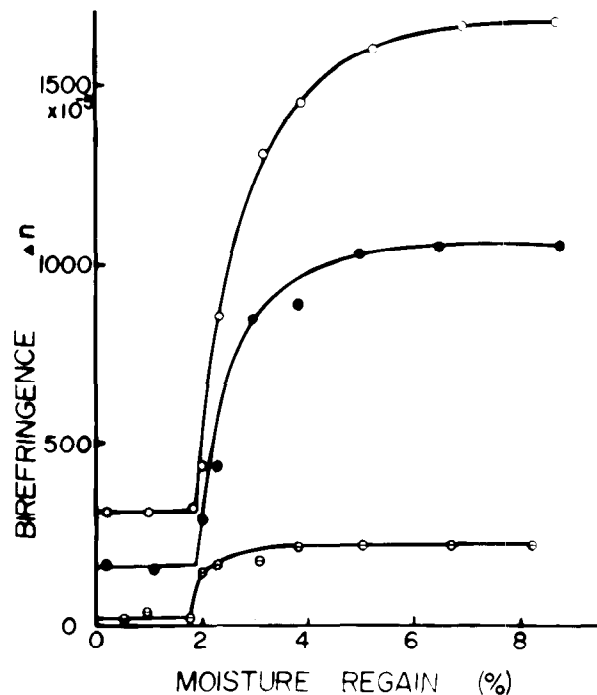


Abb. 17: Doppelbrechung unverstreckter Nylon 6-Fäden nach 16-stündigem Konditionieren (bei 20°C und unterschiedlicher relativer Feuchtigkeit), aufgetragen gegen die Feuchtigkeitsaufnahme.

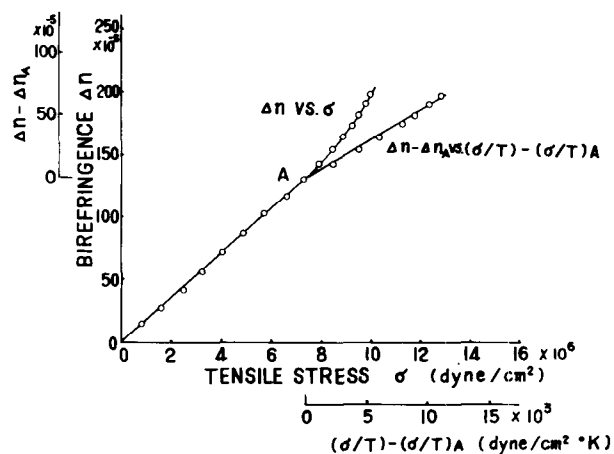


Abb. 18: Doppelbrechung von Nylon 6, aufgetragen gegen die Abzugsspannung, sowie das Verhältnis der Abzugsspannung zur absoluten Temperatur.

Doppelbrechung und Zugspannung. Diese läßt vermuten, daß die Orientierung eines flüssigen Polymeren im allgemeinen während des Spinnens in näherungsweise linearem Zusammenhang mit der Zugspannung steht.

Für Nylon 6 gilt die lineare Beziehung jenseits des Punktes A in Abbildung 18 nicht mehr, und die Doppelbrechung wird größer, als man das wegen der verstärkten Zugspannung erwartete. Diesen Bereich kann man mit dem Entstehen von Kristallkeimen in Zusammenhang bringen, wie dies Nishiumi getan hat. Die Details der Feinstruktur können je-

doch noch nicht diskutiert werden. Unter der Annahme, daß eine gewisse Netzwerkstruktur durch die Wechselwirkung der Molekülketten bei fortschreitender Abkühlung des Polymerstroms entsteht, versuchte man die Theorie der Kautschukelastizität auch auf diesen Bereich anzuwenden. Aus deren kinetischer Theorie ist bereits gut bekannt, daß die von der Dehnung stammende höhere Orientierung proportional ist der Zunahme des Verhältnisses der Spannung zur absoluten Temperatur T . Man erhält hinter dem Punkt A (in Abb. 18) eine lineare Beziehung zwischen $(\Delta n - \Delta n_A)$ und $[(\sigma/T) - (\sigma/T)_A]$, wobei Δn_A die Doppelbrechung in Punkt A und $(\sigma/T)_A$ das Verhältnis von Zugspannung zu absoluter Temperatur im gleichen Punkt darstellt. Die Daten anderer Spinnversuche zeigen dieselbe Tendenz wie in Abbildung 18; Punkt A aber und die Stelle, wo die Zunahme der Doppelbrechung beendet ist, verschieben sich den Spinnbedingungen entsprechend, sodaß man keine eindeutigen Zusammenhänge mehr zwischen ihnen feststellen kann. Um dieses Problem zu klären, sind noch weitere Untersuchungen notwendig.

K a t a y a m a ¹⁴) zeigte, daß bei Polyäthylen, Polypropylen und anderen Polymeren die Doppelbrechung während des Spinnvorgangs stark von der Kristallisation abhängt. So zeigt zum Beispiel Abbildung 19 die Ergebnisse bei Polyäthylen. Die Doppelbrechung ändert sich mit fortschreitender Kristallisation außergewöhnlich rasch.

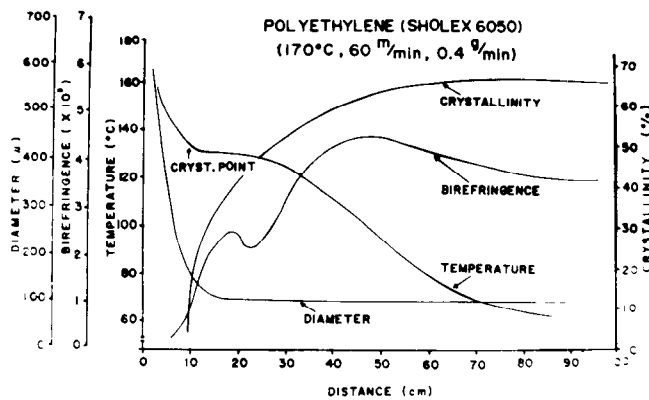


Abb. 19: Veränderung verschiedener Parameter von SHOLEX 6050 beim Schmelzspinnen (nach K. Katayama ¹⁴).

Auf Grund all dieser Untersuchungen kann man mit einiger Sicherheit annehmen, daß die molekulare Orientierung während des Spinnvorgangs auf folgende Weise vor sich geht:

1. In der Umgebung der Spinndüse oder bei höherer Temperatur wird die Orientierung durch eine Deformation des flüssigen Polymeren verursacht. Man fand eine lineare Beziehung zwischen Doppelbrechung und Abzugsspannung.
2. Wenn die Abkühlung des Polymerstroms bis zu einem gewissen Ausmaß fortgeschritten ist, wird die Wechselwirkung zwischen den Molekülketten intensiver, sodaß die Theorie der Kautschukelastizität auf die Zunahme der Doppelbrechung angewendet werden kann.

3. Im letzten Schritt ist die Orientierung von der Kristallisation begleitet.

Diese drei Stufen sind jeweils einzeln in Abbildung 20 schematisch dargestellt. Darin bedeutet nach Ziabicki¹⁵) $2G$ das Maß für die Kristallisierbarkeit. Für die Glasübergangstemperatur wird das Zeichen T_g eingesetzt (Abb. 20).

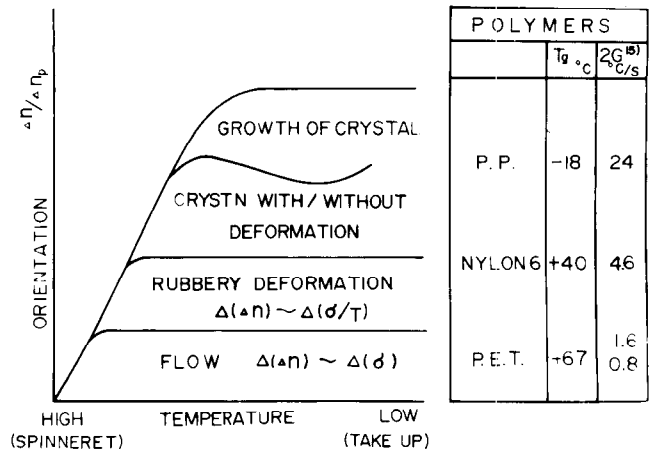


Abb. 20: Schematische Darstellung der molekularen Orientierung beim Schmelzspinnen und Beschreibung der Polymeren.

PÄT hat eine ähnlich hohe Glasübergangstemperatur, und eine beginnende Kristallisation findet bereits in der ersten Stufe ihr Ende. Die Kristallisation von Nylon 6, welches ein höheres Kristallisationsvermögen und eine niedrigere Glasübergangstemperatur besitzt, kommt in der zweiten Stufe zum Stillstand. Bei Polymeren mit noch niedrigerer T_g bzw. Kristallisierbarkeit erfolgt die Orientierung erst in der dritten Stufe und führt zu bemerkenswerter Kristallisation während des Spinnens.

Natürlich hängen diese Orientierungsprozesse von den Spinnbedingungen ab. Zum Beispiel kann PÄT, welches unter normalen Bedingungen in der ersten Stufe verbleibt, auch die zweite erreichen, wenn die Dichte des unverstreckten Fadens beim Super-Hochgeschwindigkeitsspinnen ansteigt.

3. Mechanische Analyse⁸⁾

Um den Deformations- und Abkühlprozeß des Polymerstroms während des Schmelzspinnens beschreiben zu können, sind folgende drei Gleichungen erforderlich:

- A) eine Gleichung für das Massengleichgewicht,
- B) eine Gleichung für das Kräftegleichgewicht und
- C) eine Gleichung für das Wärmegleichgewicht.

K a s e und M a t s u o ^{8, 9)} haben in jüngster Zeit eine Methode entwickelt, nach welcher man die Verjüngung und Abkühlung des Polymerstroms beim Spinnvorgang durch Kombination vorerwähnter drei Gleichungen berechnen kann. Die nun folgende theoretische Abhandlung beruht grundsätzlich auf den Arbeiten dieser beiden Forscher sowie auf der Annahme, daß sich der Polymerstrom während des Spinnens in einem stabilen Zustand befindet.

A) Die Gleichung für das Massengleichgewicht erhält man auf Grund des kontinuierlichen Fließens:

$$\zeta \cdot A \cdot v = G \quad (6)$$

B) Die Gleichung für das Kräftegleichgewicht erhält man, indem man das Schmelzspinnen als eine Art viskosen Fließens betrachtet:

$$\sigma = \lambda \cdot dv/dx \quad (= F/A) \quad (7)$$

λ bedeutet dabei die Troutonsche Viskosität. Die Faden-
spannung F ist durch Gleichung (1) gegeben.

Es ist bereits bekannt, daß für isotrope Newtonsche Flüssigkeiten die Troutonsche Viskosität gleich der dreifachen Scherviskosität ist. *Y a m a d a u. a.*²⁵⁾ zeigten, daß diese Beziehung auch für Polypropylenschmelzen gilt. Nach *B a l l m a n*²⁶⁾ ist aber die Troutonsche Viskosität einer Polymerschmelze dreimal größer als die Scherviskosität bei der Spannung Null, beträgt jedoch etwa das Zehnfache bei einer endlichen Spannung.

Die jeweilige Troutonsche Viskosität erhält man durch Messung von Durchmesser und Abzugsspannung des Polymerfadens. Abbildung 21 zeigt die gefundene Troutonsche Viskosität und die dreifache Scherviskosität $3\eta_0$ beim Geschwindigkeitsgefälle Null für PÄT (durchschnittliches Molekulargewicht = $1,95 \cdot 10^4$). Die Beziehung $\lambda = 3\eta_0$ gilt nicht für PÄT.

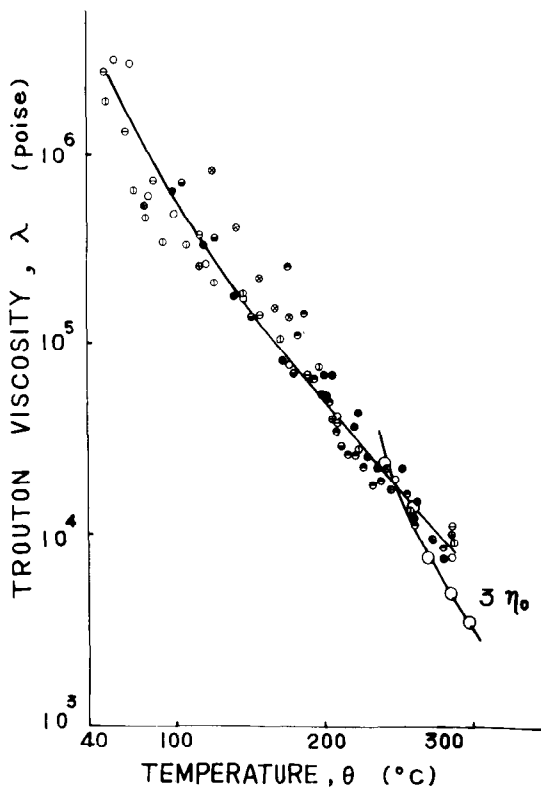


Abb. 21: Die beobachteten Meßwerte der Troutonschen Viskosität und der dreifachen Scherviskosität (die auf das Geschwindigkeitsgefälle Null extrapoliert wurde), aufgetragen gegen die Temperatur des PÄT (durchschnittliches viskosimetrisches Molekulargewicht $1,95 \cdot 10^4$).

Abbildung 22 zeigt die Meßdaten der Troutonschen Viskosität für Nylon 6, welches ein Gewichtsmittel von $1,63 \cdot 10^4$ aufweist.

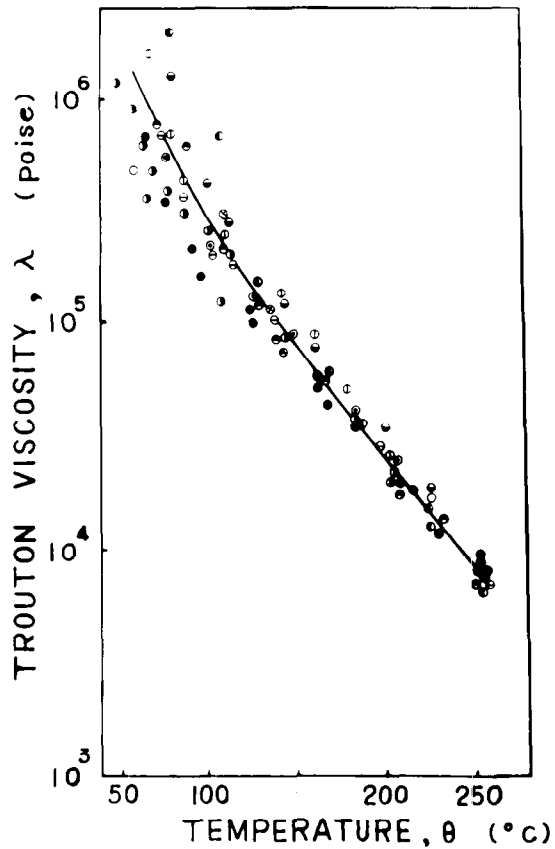


Abb. 22: Die beobachteten Meßwerte der Troutonschen Viskosität, aufgetragen gegen die Temperatur des Nylon 6 (durchschnittliches viskosimetrisches Molekulargewicht $1,63 \cdot 10^4$).

Der Zusammenhang zwischen Troutonscher Viskosität und absoluter Temperatur T kann durch folgende Gleichungen ausgedrückt werden:

a) für PÄT: $\lambda = 0,73 \exp(5300/T)$ (8)

b) für Nylon 6: $\lambda = 0,37 \exp(5300/T)$ (9)

C) Bei der Gleichung für das Wärmegleichgewicht nimmt man der Einfachheit halber an, daß der Querschnitt des Polymerstroms kreisförmig ist und daß das radiale Temperaturgefälle vernachlässigt werden kann. Auf diese Weise erhält man folgende Gleichung:

$$G \cdot C_p \cdot \frac{d\Theta}{dx} = \pi \cdot D \cdot h(\Theta - \Theta_x) \quad (10)$$

C_p = spezifische Wärme des Polymeren bei konstantem Druck

h = Koeffizient der Wärmedurchlässigkeit

Θ_x = Temperatur der umgebenden Luft

Kase und Matsuo⁸⁾ definieren h durch die Gleichung:

$$Nu \equiv \frac{h \cdot D}{\lambda_a} = 0,42 Re_D^{0,334} \left[1 + \left(\frac{8v_y}{v} \right)^2 \right]^{0,167} \quad (11)$$

Nu = Nußeltsche Zahl

λ_a = Wärmeleitfähigkeit der umgebenden Luft

v_y = lineare Geschwindigkeit des seitlich eingeblasenen Luftstroms

Über eine Reihe von Untersuchungen der spezifischen Wärme verschiedener Polymerer wird von Dole und Mitarbeitern berichtet. Abbildung 23 zeigt deren Resultate für PÄT²⁷⁾ und Nylon 6²⁸⁾. Die Peaks der Kristallisations- und Schmelzwärme können vernachlässigt werden, da PÄT und Nylon während des Schmelzspinnens nur geringe Kristallinität entwickeln. Die gestrichelten Linien in Abbildung 23 geben an, daß folgende Werte für die spezifische Wärme eingesetzt worden sind:

a) für PÄT: $C_p = 0,30 + 6,0 \cdot 10^{-4} \cdot \Theta$ (12)

b) für Nylon 6: $C_p = 0,52 + 5,3 \cdot 10^{-4} \cdot \Theta$ (13)

Wenn man nun (6) in (7) einsetzt, (1) in Differentialform anschreibt, sowie (10) mit (11) kombiniert, dann erhält man folgende Differentialgleichung erster Ordnung:

$$\frac{dv}{dx} = \frac{c_v F}{\lambda G}$$

$$\frac{dF}{dx} = G \left(\frac{dv}{dx} - \frac{G}{v} \right) + 0,41 \cdot 10^{-3} \left(\frac{G}{\zeta} \right)^{0,195} \cdot v^{1,195} \quad (14)$$

$$\frac{d\Theta}{dx} = \frac{2\sqrt{\pi}(\Theta - \Theta_x)}{C_p \sqrt{\zeta} \cdot G \cdot v} \cdot 0,47 \cdot 10^{-4} \left(\frac{G}{\zeta} \right)^{0,333} \cdot (v^2 + 64v_y^2)^{0,167}$$

Dichte = $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$

Viskosität = 0,16 Stokes

Wärmeleitfähigkeit der Luft = $6,3 \cdot 10^{-5} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot \text{Grad}$

λ und C_p sind als Funktion der Temperatur Θ des Polymeren definiert. Wenn man die Dichte ζ des Polymeren in (14) als Funktion von Θ einsetzt, dann sind die Variablen in (14) nur noch v , F und Θ . Die Ausgangs- und Randbedingungen werden wie folgt angenommen:

$$\begin{aligned} \Theta(x=0) &= \Theta_0 && \text{Extrusionstemperatur} \\ v(x=0) &= v_0 && \text{Extrusionsgeschwindigkeit} \\ v(\Theta = \Theta_s) &= v_L && \text{Abzugsgeschwindigkeit bei der Erstarrungstemperatur } \Theta_s \end{aligned} \quad (15)$$

Jene Temperaturen, die bei verschiedenen Spinnexperimenten an den Erstarrungsstellen gemessen wurden, ergeben, daß Θ_s für PÄT ungefähr bei 70°C , für Nylon 6 etwa bei 50°C liegt.

Zur Integration von (14) wurde die Methode von Runge-Kutta-Gill angewandt. Obwohl Kase u.a.⁸⁾ annahmen, daß F eine Konstante ist, haben wir diese als Variable behandelt. Abbildung 24 zeigt einen Vergleich der Resultate aus der Integration von (14) mit den beobachteten Daten von PÄT

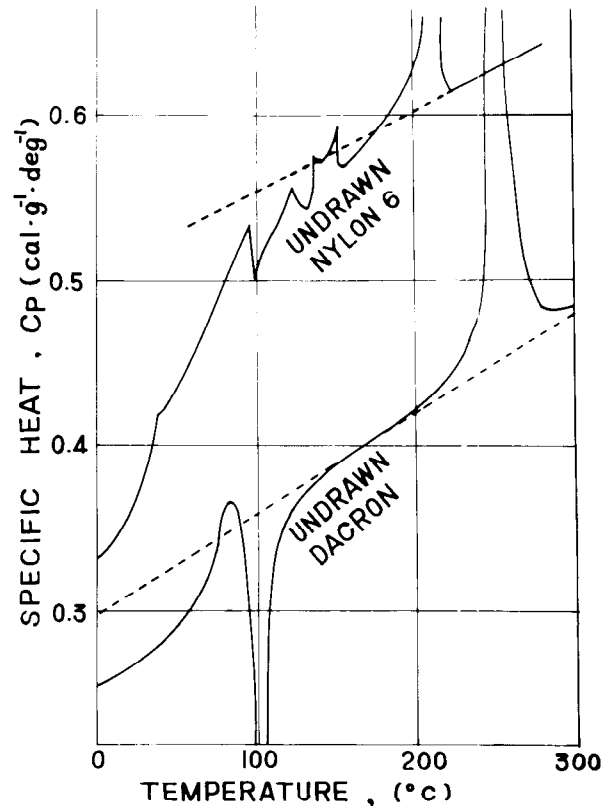


Abb. 23: Isobare spezifische Wärme von PÄT und Nylon 6 (nach Dole u.a.^{27, 28)}).

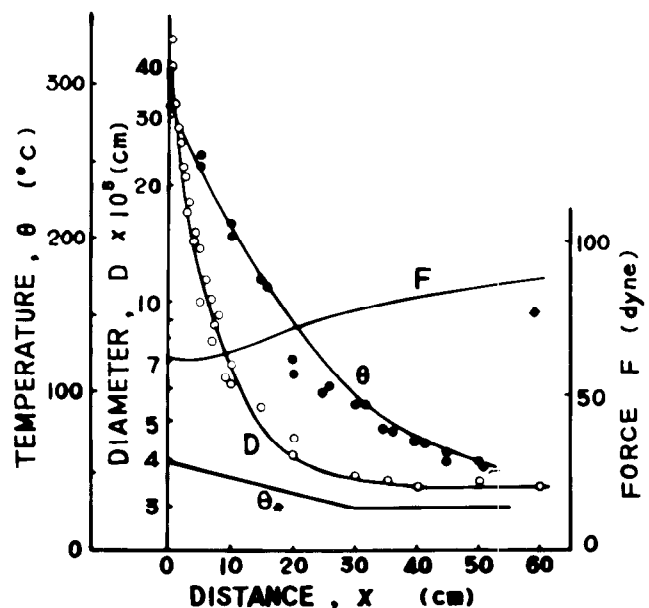


Abb. 24: Vergleich der theoretisch errechneten Werte (ausgezogene Linien) mit den experimentellen Resultaten (Punkte) für Durchmesser, Temperatur und Spannung des PÄT-Fadens im Spinn-schacht.

unter denselben Spinnbedingungen wie in Tabelle 1. Die für Temperatur, Durchmesser und Spannung des Polymerfadens gefundenen Werte sind gegen den Abstand von der Spinn-

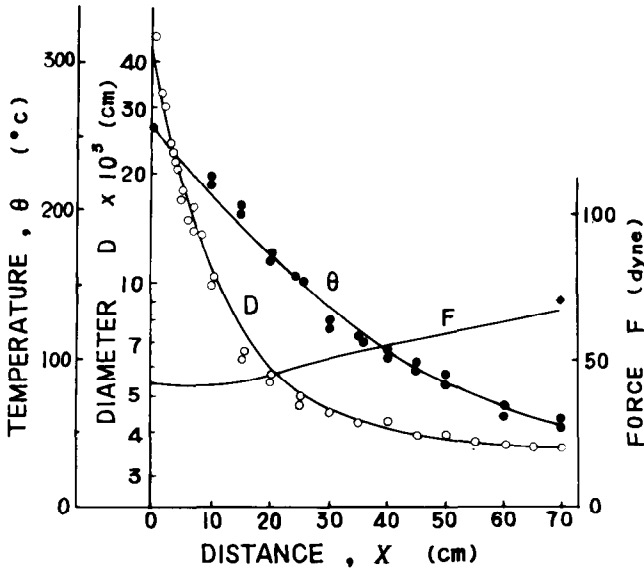


Abb. 25: Vergleich der theoretisch errechneten Werte (ausgezogene Linien) mit den experimentellen Resultaten (Punkte) für Durchmesser, Temperatur und Spannung des Nylon 6-Fadens im Spinnsticht.

düse aufgetragen. Außerdem sind die theoretisch errechneten Ergebnisse durch ausgezogene Linien dargestellt. Das Temperaturgefälle Θ_x der umgebenden Luft, welches in Abbildung 24 angegeben ist, blieb in einer Reihe von Experimenten gleich. Abbildung 25 zeigt eine ähnliche Gegenüberstellung an Nylon 6. In beiden Fällen stimmen die rechnerisch ermittelten Resultate gut mit den beobachteten Meßwerten überein.

Ein anderes Beispiel für Nylon 6 wird in Abbildung 26a und 26b gezeigt, wobei die Extrusionstemperatur zwischen 235 und 285°C variiert. Letztere hat während des Spinnvorgangs auf die Fadenverjüngung wenig Einfluß, umso mehr jedoch auf die Spannung. Bei niedriger Extrusionstemperatur resultiert eine höhere Spannung.

Aus vorigen Vergleichen kann man schließen, daß Verjüngung und Abkühlung des Polymerstroms ebenso wie seine Spannung während des Schmelzspinnprozesses vorausberechnet werden können.

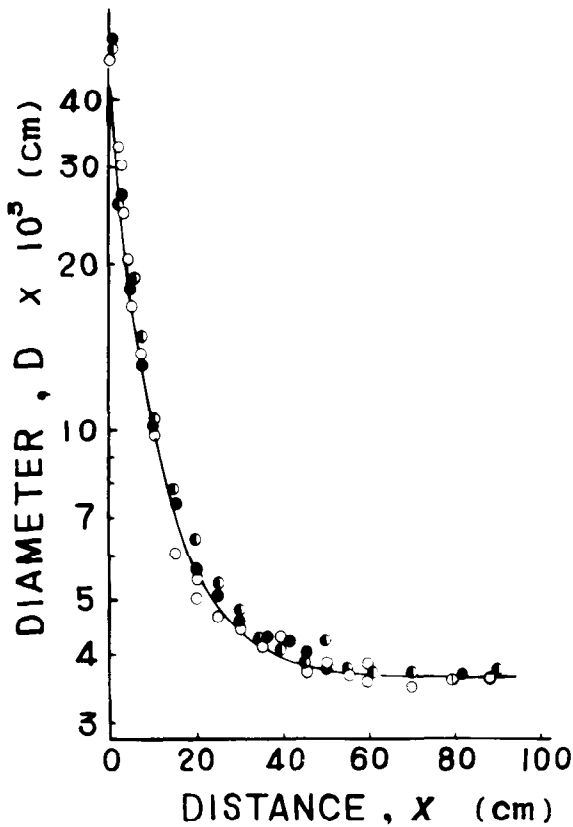


Abb. 26a: Einfluß der Extrusionstemperatur auf die Verjüngung des Nylon 6-Fadens. Die ausgezogenen Linien wurden theoretisch errechnet.

Symbol	Extrusionstemperatur in °C
—●—	285
—○—	255
—●—	235

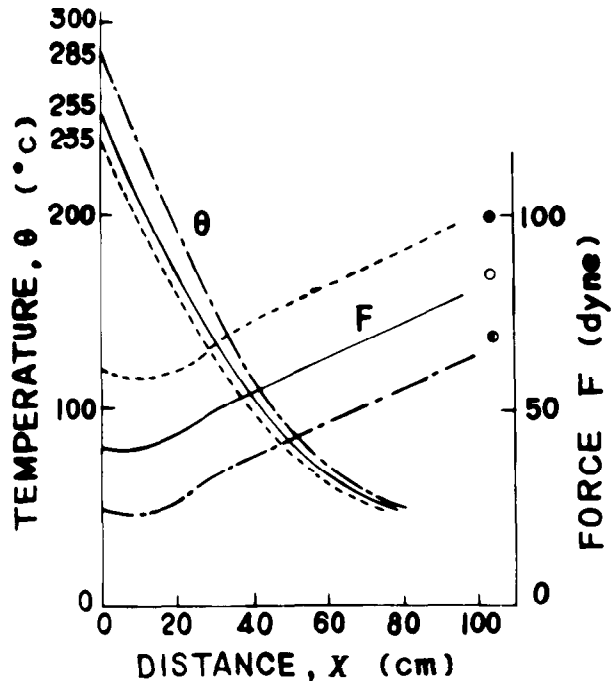


Abb. 26b: Errechnete Werte für den Einfluß der Extrusionstemperatur auf Abkühlung und Abzugsspannung von Nylon 6-Fäden.

Symbol	Extrusionstemperatur in °C
--- --	285
— — —	255
- - - -	235

4. Anwendung

Einige Eigenschaften der unverstreckten Fäden werden während des Schmelzspinnens durch das Temperaturgefälle der umgebenden Luft beeinflusst. So fanden zum Beispiel Griehl und Versäumer²⁹⁾, daß, wenn für das Spinnen von Nylon 6-Fäden ein Heizmantel verwendet wird, die Bruchdehnung unverstreckter Fäden mit dessen steigender

Tabelle 4: Schmelzspinnen mit einem Heizmantel

Nummer des Versuchs	Beobachtet:			Δn beobachtet 10^{-5}	Berechnet:			Δn berechnet 10^{-5}
	Länge in cm	HEIZMANTEL Entfernung in cm	Temperatur in °C		Erstarrungspunkt x_s in cm	Abzugsspannung bei x_s dyn/cm ²		
H - 1	30	70	200	1040	95	$1,3 \cdot 10^7$	988	
H - 5	10	unmittelbar nach der Spinndüse	300	498	45	$8,9 \cdot 10^6$	677	
H - 7	30		300	470	60	$6,7 \cdot 10^6$	509	

Temperatur sinkt. Ihre Experimente lassen vermuten, daß die Doppelbrechung des unverstreckten Fadens durch das Temperaturgefälle der umgebenden Luft beeinflusst wird. Andererseits kann aber die Doppelbrechung aus der Zugspannung des Polymerstroms an der Erstarrungsstelle mittels Gleichung (5) vorausberechnet werden.

Um nun den Einfluß des Lufttemperaturgefälles bestimmen und die berechnete Doppelbrechung mit der beobachteten vergleichen zu können, wurde mit PÄT eine Reihe von Spinnversuchen unternommen. Ein Beispiel für derartige Experimente ist in Abbildung 27 schematisch dargestellt (dem Versuch H-1 entsprechend). Der Heizmantel wurde, so wie in Tabelle 4 angegeben, im Spinnchacht angebracht.

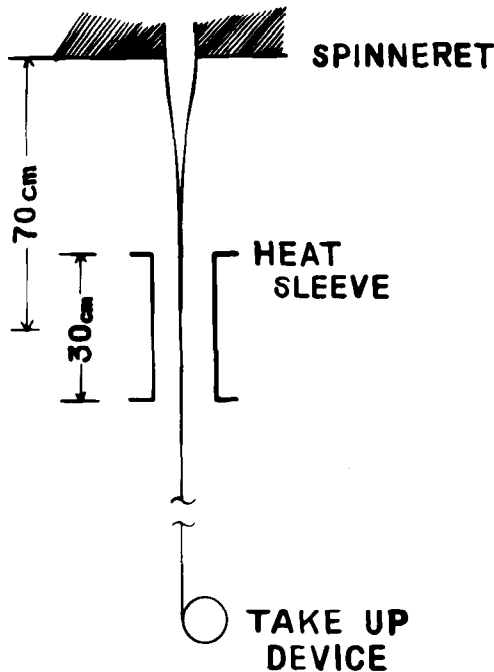


Abb. 27: Schema einer Vorrichtung zum Schmelzspinnen mit einem Heizmantel, gemäß dem Versuch H-1 in Tabelle 4.

Die bei diesen Spinnexperimenten beobachteten Werte der Doppelbrechung unverstreckter Fäden sind ebenfalls in Tabelle 4 angegeben. Es ist augenfällig, daß die Doppelbrechung vom Temperaturgefälle der umgebenden Luft beeinflusst wird, wie dies Abbildung 28 schematisch demonstriert.

Um die Doppelbrechung unverstreckter Fäden theoretisch berechnen zu können, führt man die numerische Integration von Gleichung (15) durch und setzt folgende Ausgangs- bzw. Randbedingungen fest:

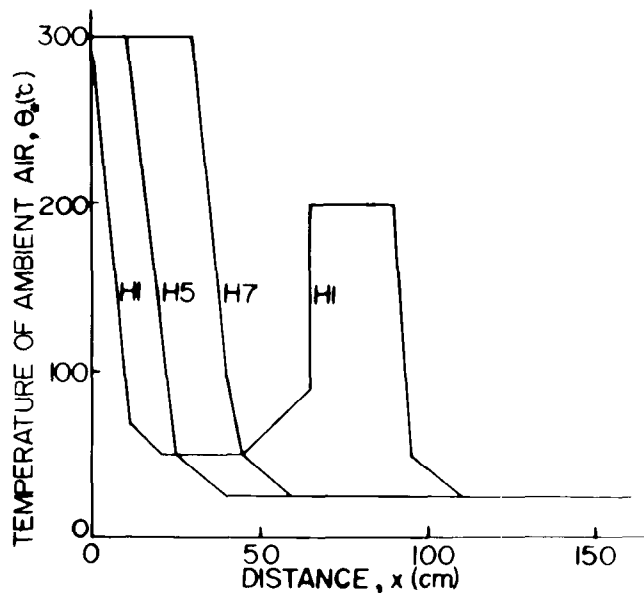


Abb. 28: Ungefähres Temperaturprofil der umgebenden Luft.

$$\begin{aligned} \Theta(x=0) &= 285^\circ\text{C} \\ v(x=0) &= 15,7 \text{ cm/sec} \\ v(x=\Theta_s) &= 1600 \text{ cm/sec} \end{aligned}$$

Die theoretisch im voraus bestimmte Fadenverjüngung ist in Abbildung 29 dargestellt. Beim Versuch H-1 geschieht dies in zwei Stufen, nämlich in der Nähe der Spinndüse und im Bereich des Heizmantels. Die Erstarrungspunkte befinden sich bei den Experimenten H-1, H-5 bzw. H-7 in einem Abstand von 95, 45 bzw. 60 cm von der Düse.

Abbildung 30 zeigt die berechnete Zugspannung, die auf den Polymerfaden einwirkt. Wir bemerken bei H-1 deren zweistufigen Anstieg (entsprechend der Polymerdeformation in zwei Stufen), welche die höchsten Werte beim Erstarrungspunkt (also am Ende der ausgezogenen Linien) erreicht. Bei H-7 wächst die Zugspannung langsamer; ihr niedrigster Wert liegt unmittelbar beim Erstarrungspunkt.

Die Doppelbrechungswerte unverstreckter Fäden werden mittels Gleichung (5) aus den Zugspannungen an den Erstarrungspunkten berechnet und sind in Tabelle 4 angegeben. Vergleicht man die berechnete mit der beobachteten Doppelbrechung, so kann man schließen, daß die aus einem Wechsel der Spinnbedingungen herrührende Veränderung recht gut vorausberechnet werden kann.

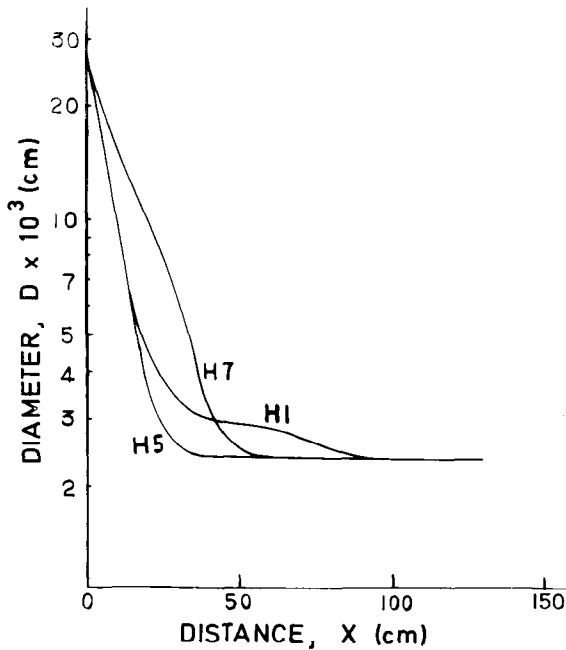


Abb. 29: Errechnete Werte für die Verjüngung des Polymerfadens.

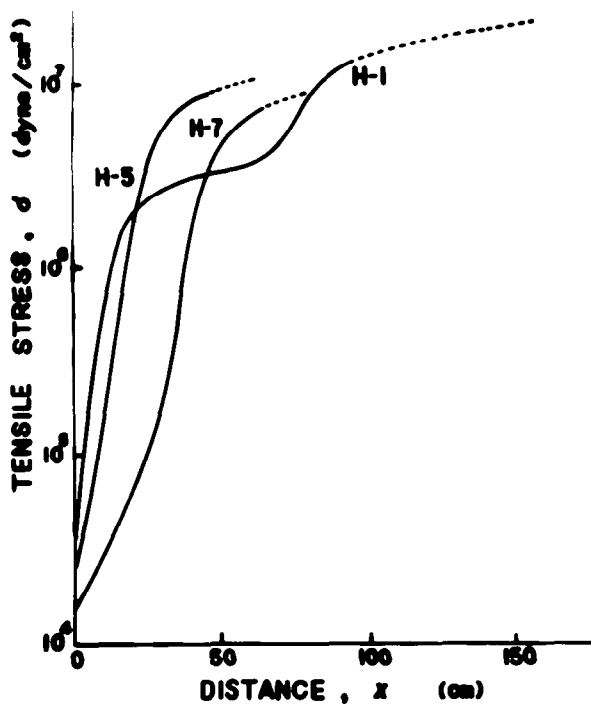


Abb. 30: Errechnete Werte für die Abzugsspannung des Polymerfadens.

Der Autor möchte den Herren Professoren Dr. M. H o r i o und Dr. S. O n o g i für die wertvollen Ratschläge, sowie den Herren K. S a k u r a d a, Senior Director, S. S a i t o, Director, und Y. A r a i von Teijin Ltd. für ihr konstantes Interesse sowie für die Förderung dieser Arbeit danken. Er ist auch den Herren M. M a t s u i und S. K a t o für die experimentelle Unterstützung zu Dank verpflichtet.

(Übersetzung aus dem Englischen von Dr. I. Seebauer)

Literatur:

1. A. Ziabicki und K. Kedzierska: Kolloid-Z. 171, 51 und 111 (1960)
2. A. Ziabicki: *ibid.* 175, 14 (1961)
3. E.H. Andrews: Brit. J. Appl. Phys. 10, 39 (1959)
4. A. Ziabicki: Faserforsch. u. Textiltechn. 8, 467 (1957)
5. V. Pechoc: *ibid.* 10, 62 (1959)
6. N. Yamada, Y. Sano, T. Nambe: Sen-i Gakkaishi 22, 197 (1966)
7. V.G. Wilhelm: Kolloid-Z. 208, 97 (1966)
8. S. Kase und T. Matsuo: Sen-i-kikai Gakkaishi 18, 188 (1965)
9. S. Kase und T. Matsuo: J. Polymer Sci., Part-A, 3, 2541 (1965)
10. A.B. Thompson: "Fibre Structure", S. 480, herausgegeben von J.W.S. Hearle, R.H. Peters, London, 1963
11. S. Nishiumi: Sen-i-kikai Gakkaishi 18, 1 (1965)
12. F.P. Chappel, M.F. Culpin, R.G. Gosden, T.C. Tranter: J. Appl. Chem. 14, 12 (1964)
13. K. Kobayashi, T. Nagasawa: Vortrag bei der 15. Jahrestagung der Society of Polymer Science, Japan
14. K. Katayama: Sen-i Kogyo 23, 300 (1967)
15. A. Ziabicki: Polymer Preprint 7, 663 (1966)
16. H.M. Morgan: Textile Res. J. 32, 866 (1962)
17. A. Ziabicki: J. Appl. Polymer Sci. 6, 111 (1962)
18. S.L. Anderson: J. Textile Inst. 49, T53 (1958)
19. K. Fukuda: Sen-i Gakkaishi 22, 3 (1966) und private Mitteilung
20. F.D. Dexter, J.C. Miller, W. Philippoff: Trans. Soc. Rheology 5, 193 (1961)
21. E.H. Boasson, J.H. Sheers: J. Polymer Sci. 17, 311 (1955)
22. K. Fujioka, S. Nishiumi: Vortrag bei der 15. Jahrestagung der Society of Polymer Science, Japan
23. A. Reichle und A. Prietzsch: Angew. Chem. 74, 562 (1962)
24. F.T. Trouton: Proc. Roy. Soc., London, A77, 426 (1906)
25. N. Yamada, Y. Sano, K. Orii: Vortrag bei der Frühjahrstagung der Society of Fiber Science and Technology, Japan
26. R.L. Ballman: Rheol. Acta 4, 137 (1965)
27. C.W. Smith, M. Dole: J. Polymer Sci. 20, 37 (1956)
28. P. Marx, C.W. Smith, A.E. Worthington und M. Dole: J. Phys. Chem. 59, 1015 (1955)
29. W. Griehl und H. Versäumer: Faserforsch. u. Textiltechn. 9, 226 (1958)

Diskussion

Dr. Riggert: Aus Ihren interessanten Ausführungen ergibt sich unter anderem für die Praxis, daß man die Messung der Doppelbrechung durch eine solche der Zugspannung ersetzen könnte. Man kann also schon während der Produktion die Doppelbrechung kontrollieren, ob sie konstant bleibt. Diese Methode wird zum Teil schon in der Industrie angewandt. Sie geht aus einem bekannten Patent über Polyesterkerd hervor.

Wie haben Sie die Temperatur am laufenden Faden gemessen? Ich nehme an, daß Sie eine berührungslose Methode angewandt haben.

Dipl.Ing. Hamana: Wir haben mit Kontakt gemessen. Man könnte

zwar auch mit Infrarotstrahlung ohne Kontakt messen, aber wir haben diese Methode nicht verwendet.

Dr. Riggert: Es gibt aber Meßeinrichtungen, die eine kontaktlose Messung ermöglichen. Die TNO hat eine solche Methode entwickelt; eine andere beruht auf der Wärmeleitung. Aber vielleicht kann ich dieses Problem privat mit Ihnen besprechen.

Können Sie uns sagen, welche Grundviskosität (intrinsic viscosity) Ihr Polyester hatte? Sie gaben zwar das Molekulargewicht an, aber die Grundviskosität ist geläufiger.

Dipl.Ing. Hamana: Sie betrug 0,62

Prof. Köb: Mit welcher Methode wurde die Doppelbrechung am laufenden Faden unterhalb der Düse gemessen?

Dipl.Ing. Hamana: Wir haben nach der Methode von Senarmont gearbeitet.

Dr. Knopp: Mich würde Ihr Verfahren zur Messung der Fadenspannung interessieren. Sie haben bei Ihren Berechnungen auf den Abschnitt zwischen Düse und Verfestigungspunkt extrapoliert, wo der Faden noch flüssig ist. Hat diese berechnete Abzugsspannung eine reelle Bedeutung? Inwieweit beeinflusst Ihre Meßmethode den ganzen Abzugsvorgang des festen Fadens? Denn in Ihrem Fall bedeutet sie ja eine Bremsung!

Dipl.Ing. Hamana: Die Zugspannung wurde am Punkt der Erstarrung gemessen. Wir haben das Gerät der Schweizer Firma Rothschild verwendet. Die gebrochene Linie in den Kurven konnte nicht direkt gemessen werden.

Dr. Knopp: Sie sind also auch der Überzeugung, daß es sich um die Auswertung eines Rechenansatzes mit sich ergebenden Werten handelt, die für den Spinnprozeß selbst und die Fadenbildung nicht von entscheidender Bedeutung sind? Der Erstarrungspunkt hängt von der Spinn- und Ausstoßgeschwindigkeit ab. Innerhalb 40 cm Entfernung findet noch keine echte Erstarrung statt, sondern es herrscht ein plastischer bis fließender Zustand vor. Kann man aus den extrapolierten Werten Schlüsse auf die Fadenqualität bzw. auf den Spinnvorgang ziehen?

Der entscheidende Punkt ist doch der, daß wir zwar vom ersten Teil des Spinnprozesses gesprochen haben; dieser ist aber nur ein Teil der gesamten Herstellung. Er geht maßgeblich in die nächste Stufe der Verstreckung ein. Zwischen Ausstoß- und Abzugsgeschwindigkeit besteht das sogenannte Verzugsverhältnis. Welchen maßgeblichen Einfluß hat dieses auf Grund Ihrer Untersuchungen auf den späteren Streckvorgang und die Erzielung optimaler Fasereigenschaften? Das Maß für die Optimierung sind doch der Spinnprozeß und die Fasereigenschaften.

Dr. Albrecht: Sinn dieser Untersuchungen war, den Spinnereinfluß zu optimieren, und zwar durch die Form des Düsenlochs, die Verhältnisse unmittelbar nach der Düse, sowie durch die Frage, ob unter Umständen angewärmt oder geblasen werden muß, ob gekühlt werden soll oder ob die Luft in Abhängigkeit von der Spinnungsgeschwindigkeit eine gewisse Bedeutung hat.

Sie stellen eine weitere Frage: Welchen Einfluß haben alle diese Dinge auf den nächsten Akt, das heißt auf die Verstreckung?

Die dritte Frage wäre: Welchen Einfluß haben diese auf die Fadeneigenschaften? - Aber das müssen wir uns wohl für die Zukunft aufheben.

Dr. Buxbaum: Haben Sie den Einfluß verschiedener Viskositäten untersucht, sowie deren Einfluß auf die Doppelbrechung?

Dipl.Ing. Hamana: Wir haben auch andere Viskositäten gemessen. Heute haben wir nur die Werte von Polyäthylenterephthalat und Nylon gezeigt. Wenn die Viskosität gering ist, dann werden auch Zugspannung und Doppelbrechung kleiner.

Prof. Klare: Aus den hier gezeigten und auch aus früher veröffentlichten Kurven geht hervor, daß sich 60 bis 80 cm hinter der Düse (zumindest bei den hier untersuchten Bedingungen) nichts mehr ändert. Es drängt sich nun die Frage auf: Warum macht man dann die Schächte 6 m lang?

Dr. Knopp: Vielleicht darf ich das stellvertretend für Herrn Dipl.

Ing. Hamana beantworten. Es ist sicher, daß der flüssige Zustand und der maßgebliche Einfluß der Querschnittsreduzierung im wesentlichen aufhören. Strukturelle Änderungen verlaufen noch ganz erheblich auf dem weiteren Weg bis zur Aufwindung.

Prof. Konkin: Ich möchte eine der Grundfragen der Faserbildungsreologie zur Diskussion stellen und die Meinung des Vortragenden dazu hören. Es ist bekannt, daß im Längsgeschwindigkeitsgradienten die Zähigkeit ansteigt, das heißt mit anderen Worten, daß die Troutonsche Viskosität zunimmt. Beim Quergeschwindigkeitsgradienten nimmt aber die Zähigkeit mit ansteigender Zugspannung ab. Wie erklärt sich dieses spezifisch unterschiedliche Verhalten der Zähigkeit gegenüber der Zugspannung bei isothermen Bedingungen?

Dipl.Ing. Hamana: Ich habe die Temperaturverteilung im Fadenquerschnitt nachgerechnet.

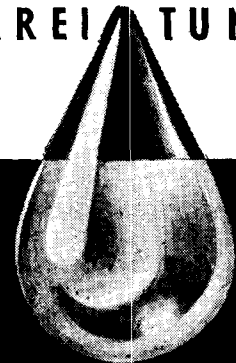
Prof. Schlack: Ich habe keine Frage, sondern eine Ergänzung für die Praxis. Es gibt ein altes DuPont-Patent, wonach man Nylon niedriger Viskosität verhältnismäßig langsam ausspinn, den Faden in der Nähe der Düse warm anbläst oder mittels Wärmemantel noch beheizt. Infolgedessen erhält man eine starke Kristallinität und sphärolithische Bildungen. Diese Fäden sind nach dem Kaltrecken latent kräuselfähig, denn wenn man sie nachher kocht, erhält man eine starke Kräuselung. Das ist theoretisch zwar sehr interessant, hat aber keine praktische Bedeutung erlangt, weil diese Bedingungen bei einem Spinnprozeß im großen Maßstab zu schwierig einzuhalten sind.

WASSERAUFBEREITUNG

FÜR KESSELSPEISUNG
INDUSTRIEBEDARF
TRINKZWECKE

DURCH FILTERUNG
ENTHÄRTUNG
ENTSALZUNG
ENTGASUNG
ENTÖLUNG

BÜHRING & BRUCKNER
WIEN IV, SCHELLEINGASSE 12



Herstellung, Weiterverarbeitung und Verwendung sowie einige Entwicklungstendenzen von Flach- und Splittfäden auf Polyolefinbasis

Dr.-Ing. Hans P e u k e r
Firma J.F. Adolff AG., Backnang

Das Referat behandelt einen noch sehr jungen Fertigungszweig, bei dem aus Niederdruckpolyäthylen- bzw. Polypropylenfolie mittels kompakter Continue- oder Diskontinueanlagen über ein Zwischenstadium textile Fäden und Flächengebilde hergestellt werden. Dabei wird die extrudierte Folie entweder monoaxial und/oder biaxial gereckt und anschließend in Flachfäden aufgeschnitten bzw. sogleich in Folienbänder unterteilt und die Bänderschar dem verfestigenden Streckprozeß unterworfen.

Die eventuelle Drehung eines solchen Flachfadens mit viereckigem Querschnitt ergibt den sogenannten Rundfaden. Bei der Weiterverarbeitung und in der Konfektionierung dieser Produkte müssen abgewandelte und auch neue Wege beschritten werden. Das zwecks verdrehungsfreiem Schußeintrag mögliche Weben mit tangential abgezogener Fadenreserve, das gegebenenfalls erst im Webstuhl praktikierbare Flachfadenaufschneiden einer gereckten Folie, die dem Schrumpf- und Erweichungsverhalten anzupassende Beschichtungsmasse, -zeit und -temperatur, sowie das schweiß- bzw. klebtechnisch orientierte Verbinden der Gewebe sind nur einige der vielen Beispiele.

Entwicklungsmäßig ergeben sich daher folgende Tendenzen:

- Glatte Folienbänder werden bis zum Spleißen zu sogenannten Splittfäden verstreckt und gegebenenfalls miteinander (unter Zunahme des Spleißgrades) zu voluminösen Zwirnen verdrillt.
- Glatte, verstreckte Folienbänder werden mechanisch, pneumatisch, akustisch oder chemisch gespleißt und gegebenenfalls verzwirnt. Der Spleißvorgang kann bis zum „Fibrillieren“ intensiviert werden, wobei Fäden (Fibrillen) großer Feinheit abspaltbar sind.
- Longitudinal eingekerbte Folienbänder werden bis zum Spleißen verstreckt, gedreht und/oder verzwirnt. Das Spleißen bzw. Fibrillieren ist hier ein Kapillarisierungsvorgang, das Splitprodukt hat Multifilcharakter. Die Längskerben können mittels entsprechender Düsen extrudiert oder mechanisch geprägt werden.
- Musterartig geprägte Folien werden monoaxial und/oder biaxial bis zum Fibrillieren gereckt. Es entstehen netzartige Vliese, die schichtbar und thermoplastisch verbindbar sind. Für die Verfestigung eines solchen Netzwerkes wurde u.a. eine Pfropfpolymerisation, kombiniert mit einer Bestrahlung, vorgeschlagen.
- Folienbänder oder Folien werden bis zum Spleißen gereckt und dann durch Kardier- bzw. Reißorgane zu Folien-Stapelfasern elementarisiert. Es entstehen Folien-Faservliese oder -Faserbänder, die der Vlies- bzw. der Garnfertigung dienen.

Naturgemäß sind derartige Split-, Fibrillen- und Kapillargespinste auch texturier- und thermofixierbar. Die Wirtschaftlichkeit der splitbedingten Verfahrensmodifikationen ist allerdings angesichts noch fehlender betriebssicherer Anlagen zur Zeit noch nicht klar übersehbar.

Die Grenzen zwischen reinem Kunststoffprodukt (Folie) und reinem Textilprodukt (Faser, Vlies, Garn) werden durch die Technik des Spleißens, Fibrillierens bzw. Kapillarisierens immer verwischter. Bereits beim derzeit hergestellten Flach- und Splittfäden „konventioneller Art“ beschränkt sich der Einsatz nicht mehr bloß auf Säcke, Schnüre, Teppichgrundgewebe, Seile, Netze (d.h. also auf die Bastfasersubstitution), sondern es zeichnet sich vielmehr schon ein breites, vom Modeartikel bis zum technischen Gebrauchsgegenstand reichendes Anwendungsspektrum ab. Die Farbvariabilität ist an die Pigmentfärbung des extrudierten Granulats gebunden. Zahlreiche rohstoff- und fertigungsabhängige Eigenschaften, wie beispielsweise Schrumpf-, Wärme- und UV-Stabilität, Alterungsbeständigkeit (Versprödung), dehnungselastisches Lang- und Kurzzeitverhalten, elektrostatische Aufladung, Oberflächenrauigkeit, Transparenz, Fibrillierneigung u.a.m., bedürfen auf dem Sektor der „Folien-Textilien“ noch einer tieferschürfenden Durchforschung.

The present paper deals with a very young production branch, namely, the processing of low-pressure polyethylene or polypropylene sheeting on compact machinery for continuous or discontinuous operation to obtain textile yarns and fabrics via an interim stage. The extruded films are stretched either monoaxially or biaxially and then cut to obtain flat yarns, or immediately divided into strips, and the strength of the resultant sheet of strips is increased by stretching.

So-called circular yarns can be obtained by twisting these flat threads of rectangular cross section. Modified or newly developed methods must be employed in processing and making up these products. Tangential doffing of tip bunches in weaving for torsion free weft insertion; cutting stretched films into flat strips, which can be effected on the loom, if desired; adaptation of coating materials, coating times, and coating temperatures to the shrinking and plasticizing behaviour; and consolidation of fabrics by welding or glueing techniques are only a few of many possible aspects. Hence the following developmental trends can be distinguished:

- Smooth film strips are stretched to the point of splitting to form so-called split yarns which can be twisted to obtain bulky plied yarns whereby the degree of splitting is increased;
- smooth, stretched film strips are split by mechanical, pneumatic, acoustic or chemical means, and plied, if desired. Splitting can be intensified to the point of fibrillation to obtain very fine yarns (fibrils);
- longitudinally grooved film strips are stretched to the point of splitting, twisted, and possibly plied. Splitting or fibrilling, in this case, is a capillarizing process, and the split product is of a multifilament type. The longitudinal grooves can be obtained by extrusion through suitable spinnerets, or produced later by mechanical means;
- films with relief patterns are stretched monoaxially and/or biaxially to the point of fibrillation. Net-type fabrics are obtained, which can be laminated or consolidated thermoplastically. Combined graft polymerization and irradiation processes have been suggested, inter alia for consolidating these network fabrics;
- film strips or sheets are stretched to the point of splitting and staple fibers made thereof by the use of carding or breaking equipment. The resultant fiber webs or fiber bands are used to produce fabrics or yarns.

These split, fibrillated or capillarized yarns can, of course, be textured and heat set. The economy of this modified process of splitting cannot, however, be evaluated at this time in the absence of safely operating equipment.

The borderlines delimiting the purely plastic product (sheeting) from the purely textile articles (fibers, fabrics, yarns) are becoming increasingly blurred by the techniques of splitting, fibrillating and

capillarizing. Even in the case of "conventional" flat and split yarns, as are manufactured at present, uses are no longer limited to bagging, cord, base fabrics for carpets, ropes and netting (i.e. substitution for bast fibers), but a wide field of applications ranging from fashion articles to industrial commodities can be envisaged even at this time. The colour spectrum is limited by the possibilities offered by pigment dyeing of the extruded granulate. Numerous properties determined by type of raw material and production processes employed, such as resistance to shrinking, heat, ultraviolet radiation, and ageing (embrittlement), long-term and short-term tensile behaviour, electrostatic charging, surface roughness, transparency, fibrillation tendency, etc., of film textiles still require thorough investigation.

Anlässlich der 6. Internationalen Chemiefasertagung, also vor einem Jahr und an diesem Ort, wurde am Schluß grundlegender Erörterungen*) über Polypropylenfasern als jüngster Produktionszweig die Herstellung von Flachfäden erwähnt. Bei der hierfür zur Zeit überwiegend angewandten industriellen Verfahrensmethode liegen folgende Prozessstufen vor:

1. Extrudieren von Flach- oder Schlauchfolie aus handelsüblichem Polyolefinpulver oder -granulat;
2. Aufschneiden der Folie in eine Schar von Folienbändern rechteckigen Querschnitts;
3. dehnungsreduzierende Festigung der Bänder (Verstreckungsverhältnis 1:6 bis 1:14) durch monoaxiales Heißrecken;
4. gegebenenfalls Thermofixierung (Schrumpfminderung);
5. Aufspulen.

Mit der Herstellung der dazugehörigen, kontinuierlich oder diskontinuierlich arbeitenden Fertigungsstraßen befassen sich mehrere, vielfach auch Extruder herstellende Maschinenbauunternehmen**).

Der konstruktiven Gestaltung lag dabei die Konzeption bereits bestehender Extrusionsmonofilanlagen zugrunde. Vorsichtig geschätzt dürften derzeit 200 Flachfadenanlagen in Produktion stehen. Das wäre eine Weltproduktion von 50 000 bis 70 000 Jahrestonnen.

*) G. Natta u. M. Compostella: „Neue Entwicklungen der Polypropylenfaser“. Vortrag zur 6. Int. Chemiefasertagung in Dornbirn 1967. Lenzinger Berichte 24, 8-25(1967); Z.f.d.ges.Text.-Ind. 69, 827-835 (1967)

**) Barmag, Barmer Maschinenfabrik AG., Remscheid/Lennep, BRD
 Bone Brothers Ltd., England
 Covema, Mailand, Italien
 L. Dolci S.p.A., Cusano Milanino, Italien
 Japan Steel Works Ltd., Tokio, Japan
 Kawasaki Aircraft Co., Ltd., Kobe, Japan
 Modern Plastics Machinery Corp., gemeinsam mit Leeson Ltd., Heywood, England
 Plasticisers Ltd., Darlington-Bradford, England
 P. Pakleppa & Co., München, BRD (mit Abt. Paarlcape AG., Zug, Schweiz, und Abt. Platex, München und Heidelberg, BRD)
 Rheinstahl-Henschel AG., Kassel, BRD
 Reifenhäuser KG., Troisdorf, BRD
 Samafor, La Courneuve, Frankreich
 Toshiba Machine Co., Namazu, Japan

Das Betreiben einer Flachfadenanlage setzt das Vorhandensein eines extrusionskundigen Technikers voraus. Das Bedienungspersonal ist - eine gewisse Geschicklichkeit im Umgang mit Fadenscharen vorausgesetzt - gut anlernbar. Der Preis einer Fertigungsstraße liegt je nach Extruderleistung, Streckkraftbereich, Arbeitsbreite, Kontroll- sowie Automatisierungsaufwand und insbesondere je nach Art und Anzahl der Aufwickelheiten, zwischen 0,4 bis ca. 0,6 Millionen DM. Die Installation solcher Anlagen in Spinnereien, Webereien und anderen, nicht der Chemiefaserindustrie zugehörigen Branchen markiert den Beginn einer Entwicklung, bei der sich ein Teil der Endlosfadenherstellung von den Chemiefaserproduzenten zur textilverarbeitenden Industrie hin verlagert. Dazu kommt noch der Umstand, daß höher verstreckte (molekularorientierte), das heißt kristalline Anteile enthaltende Folien bzw. Flachfäden bestimmter Provenienzen zum Spleißen neigen.

Für den fadenbruchfreien Betrieb einer Flachfadenanlage, insbesondere aber für die Weiterverarbeitung beim Spulen und Weben, ist das Spleißen bzw. Splitten eine recht unangenehme und unerwünschte Erscheinung. Beim Polyäthylen kann man dem produktionshemmenden Splitten durch das Vermeiden allzu großer Verstreckungsgrade aus dem Wege gehen. Polypropylen hingegen ist bereits bei niedrigen Reckgraden „spleißfreudig“, die gegebenenfalls notwendige Unterbindung des Spleißens ist hier mitunter ein rohstoff- und verfahrensabhängiges Problem. Andererseits ist gerade das Splitten die Ursache für eine ganz wesentliche Expansionsmöglichkeit im Sektor „Textilien aus Folien“.

Durch zusätzliche Maßnahmen

- mechanischer,
- pneumatischer,
- akustischer,
- chemischer und/oder
- strahlungsenergetischer

Art können der Grad und die Form des Spleißens intensiviert und in einem gewissen Ausmaß auch gesteuert werden.

Beim Spleißen (Spalten), das heißt bei jeglichem Aufreißen der Folie in zusammenhängende faserige Bruchstücke, erscheint folgende begriffliche Unterteilung zweckmäßig:

Fibrillieren = lockenförmiges und/oder netzartiges Spleißen in endlich lange, miteinander verbundene, bzw. teilweise abstehende Fibrillen (Netzcharakter)

Kapillarisieren = Spleißen in unendlich lange, voneinander ganz oder teilweise getrennte Kapillare (Multifilcharakter)

Der ungespleißte Flachfaden wird heute dort eingesetzt und auch in Zukunft eingesetzt werden, wo es aus gebrauchstechnischen oder modischen Gründen darauf ankommt, mit billigen Mitteln eine möglichst gute Flächendeckung oder -wirkung zu erzielen. Der rechteckige Querschnitt bedingt eine gewisse Biege- und Torsionssteifigkeit. Das mit ihm erzeugbare Volumen ist gering und kann auch durch

Drehen zum Rundfaden oder

Zwirnen zum Flachfaden- oder Rundfadenzwirn

nicht allzusehr vergrößert werden. Die Kanten solcher glatter Flachfäden sind, solange das Fädenschneiden mit kalten Messern erfolgt, relativ scharf.

Durch den Spleißeffekt wird jedoch der Bereich der Anwendungsmöglichkeiten in einer heute noch nicht absehbaren Variationsbreite erheblich erweitert. Gespleißte Flachfäden (sogenannte Splitflachfäden) werden für den Gebrauch immer in Splitrundfäden oder in Splitzwirn übergeführt.

Fibrillierte Splitflachfäden werden heute auf einem Teil der bereits genannten 200 Anlagen hergestellt und mittels konventioneller Zwirnmaschinen verdrillt. Auch dieser Anwendungsbereich trägt zur Umstrukturierung des Chemiefaden-sektors bei. Die Herstellung kapillarierter Splitflachfäden und deren Verdrillung zu multifilähnlichen Splitrundfäden und -zwirnen hingegen hat gerade erst begonnen. Es wäre nicht richtig, hieraus eine generelle Verlagerung der Multifilerstellung abzuleiten. Auf Splitfolienbasis hergestellte Multifile sind vielmehr nur für ganz bestimmte Einsatzbereiche geeignet und zunächst nur im Gebiet der im hochverreckten Zustand gut spleißenden Polypropylenfolie wirtschaftlich interessant. Die Verwirklichung einer möglichst vollständigen Kapillarisation setzt eine gute Beherrschung und Kontrolle des sowohl durch die Thermoplaststruktur als auch durch entsprechende Hilfsaggregate bewirkten Spleißvorgangs voraus. Die Produktion solcher Splitmultifile dürfte in Japan am weitesten fortgeschritten sein.

Soweit also der Stand der derzeitigen industriellen Herstellung von „Fäden aus Folie“. Die logische Weiterentwicklung des Fibrillierens und Kapillarierens wäre das *Elementarisieren*, das heißt das Spleißen (Zerfasern) in voneinander getrennte „Folienfasern“ endlicher Länge.

Die Gedanken,

das Folienspleißen bis zur völligen Verselbständigung der Fibrillen voranzutreiben oder die fibrillierten bzw. kapillarisierten Splitflachfäden und Splitfolien kontinuierlich - intermittierend zu zerschneiden,

sind keineswegs neu. Sie erscheinen in der Patentliteratur bereits in den Dreißigerjahren. Zu einer industriellen Produktion von „Fasern aus Folie“ ist es nach Wissen des Autors jedoch nicht gekommen. Die Verlagerung einer individuellen Faserherstellung vom Chemiefaserproduzenten, beispielsweise zum konventionellen Streichgarn- oder Bastfaserspinner, rückt aber mit einer sicheren Beherrschung der „Spleißtechnik“ zumindest für die Weiterverarbeitung zu ganz bestimmten Flächengebilden immer mehr in den Brennpunkt der Interessen.

Rohstoffbasis

Im Prinzip kommen für die Flach- und Splitfadenherstellung alle Kunststoffe in Frage, aus denen eine orientierbare, durch Recken verfestigbare Folie gefertigt werden kann. Die

Skala der in der Patentliteratur erwähnten Polymeren ist groß und beschränkt sich keineswegs nur auf Polyolefine. In Erwägung gezogen wurden Polyvinylchlorid (PVC), nachchloriertes PVC, Polystyrol, Polyacrylnitril, Polyäthylenterephthalat, Hochdruckpolyäthylen, Polyurethan, Kautschukhydrochlorid, Polyvinylalkohol, Polyvinylazetat, Polycaprolactam u.a.m., sowie entsprechende Mischpolymerisate.

Die zugrundeliegenden Patente sind zum Teil schon dreißig Jahre alt. Die industrielle Fertigung hat jedoch erst vor wenigen Jahren zögernd im Verpackungssektor begonnen. Einmal galt es, die als Spekulationsobjekt gehandhabte, der Sack-, Emballagen- und Teppich-Grundgewebeerstellung dienende Jute durch Flachfäden zu substituieren. Außerdem wurden Polypropylen-Splitrundfäden sowie Splitzwirne bei der Herstellung von Bindegarnen, Schnüren und Seilen als Substitut für Sisal, Hanf und Jute benutzt. Für die dabei bisher ausschließlich eingesetzten Rohstoffe Niederdruckpolyäthylen (PÄ), isotaktisches Polypropylen (PP) und die Copolymerisate dieser beiden Polyolefine spricht die Summe der nachstehend angeführten Eigenschaften und Verarbeitungsmöglichkeiten. Aus dieser Aufzählung sind zugleich die Grenzen der gebrauchstechnischen Anwendbarkeit ersichtlich.

1. Der Preis des Granulats oder Pulvers ist relativ niedrig. Er liegt, je nach Qualität, zwischen DM 1,90 und DM 2,80. In Anbetracht der bei der Herstellung über mehrere Zustandsbereiche hinweg mehrfach aufeinanderfolgenden Wärme- und Spannungsänderungen spielen preisbestimmende Qualitätsmerkmale eine ganz entscheidende Rolle. Zu nennen wären:

langfristige Chargenhomogenität,

Schüttdichte,

Vergilbungsbeständigkeit,

Fremdstoffreinheit,

rheologisches Verhalten (Schmelzindex, Stippenamut, Erweichungsbereich, Stabilisatoren- und Pigmentverträglichkeit, Wärmestabilität, Viskosität, mittlerer Polymerisationsgrad bzw. K-Wert oder Molekulargewicht u.a.m.).

Für den Flachfadenhersteller ist es mancherorts allerdings bedauerlich, daß ihm - lizenzbedingt -, insbesondere bei PP, nicht das gesamte breite Qualitätsspektrum des Weltmarktes zur Verfügung steht.

2. Die extrudierte Folie, bzw. die daraus geschnittene Schar von Folienbändern, hat nach dem Recken eine höhere Reißfestigkeit als in der Nummer oder im Substanzquerschnitt vergleichbare Bastfasergarne und -zwirne. Unter Bezugnahme auf die statische Festigkeitsprüfung einer laufenden Produktion seien folgende Mittelwerte genannt:

Tabelle 1

	maximale Titerfestigkeit	maximale Reißlänge	Reißdehnung
Polyäthylen	4 - 5 g/den	35 - 45 km	14 - 45 %
Polypropylen	5 - 6,6 g/den	45 - 60 km	10 - 35 %

Zuweilen haben PP-Flach- und Splitfäden eine nur geringfügig geringere Titerfestigkeit als im Substanzquerschnitt vergleichbare „düsengeponnene“ PP- oder Polyamidmultifilfäden.

In Sonderfällen, das heißt bei der Variation bestimmter Fertigungseinflußfaktoren, sowie bei neuen, noch im Entwicklungsstadium stehenden Verfahren, sind auch noch höhere Festigkeiten und geringere Dehnungen als die angegebenen erzielt worden. Insbesondere bei Splitfäden vergrößert sich der Dehnungsbereich erheblich, falls die Dehnung - anstatt bei beginnendem Spleißen - beim Reißen des zuletzt tragenden Fibrillen- oder Kapillarverbandes gemessen wird.

3. Polyolefine sind leichter als Wasser:

PÄ	0,95 bis 0,96 g/cm ³
PP	0,89 bis 0,91 g/cm ³ .

4. Gefärbt wird beim Extrudieren durch Beimischen von maximal 2 bis 3 % temperatur-, licht- und wanderungsbeständiger, leicht dispergierbarer Pigmente. Sofern eine Temperaturbeständigkeit gewährleistet ist, kommen auch fluoreszierende Pigmente zur Anwendung. Pigmente werden dem Granulat als Pulver oder als vorplastifiziertes und dabei vordispersiertes Polyolefin-Pigmentkonzentrat (*Masterbatch*) zugemischt. Die erzielbare Farb- und Deckkraft ist von der jeweiligen mittleren Pigmentgröße (0,0002 bis 0,002 mm) abhängig. Sind die stets unlöslichen Pigmente kleiner als die halbe Wellenlänge des Lichtes (also kleiner als 0,0002 bis 0,0004 mm), so werden sie weitgehend lichtdurchlässig, das heißt transparent, und somit wirkungslos. Für die Grundfarben Weiß, Schwarz, Gelb, Rot, Blau und Grün kann das Polyolefingranulat bestimmter Qualitäten auch compoundiert, das heißt eingefärbt (u.zw. als sogenannte Systemfarben, hochpigmentiert), bezogen werden. Durch das Mischen dieser Systemfarbengranulate in bestimmten Mengenverhältnissen können diverse Zwischentöne eingefärbt werden.
5. Gegen den thermischen Abbau beim Extrudieren und gegebenenfalls auch bei der Weiterverarbeitung sind Polyolefine mittels Antioxydantien stabilisierbar.
6. Witterungsalterung bzw. photooxydative Versprödung werden durch Antioxydantien, farblose UV-Absorber, pigmentfarbige Lichtabsorber und Inhibierung der Photooxydation gehemmt. Eine solche Stabilisierung kommt vor allen Dingen für das gegenüber PÄ weniger sauerstoff- und UV-beständige PP in Frage.
7. Polyolefine haben einen großen elektrischen Oberflächenwiderstand sowie auch einen großen spezifischen Durchgangswiderstand und somit gute Isolationseigenschaften. Das erschwert das Abfließen derauf der Oberfläche befindlichen Ladungen. Die Neigung, sich elektrostatisch aufzuladen, ist groß. Eine antistatische Ausrüstung des Granulats, der Ausgangsfolie oder der fertigen Flach- und Splitfäden ist zwar möglich, aber nur bedingt wirksam und langfristig nicht voll beständig.

8. Die Aufnahme von Metallspuren durch die geschmolzene Polyolefinmasse beschleunigt den thermischen Abbau. Besonders gefährlich ist jedoch der Oberflächenkontakt von Kupfer mit PP. Die Entwicklung eines sowohl wirtschaftlichen als auch hochwirksamen Kupferdesaktivators war lange ein Problem.
9. Durch die Verwendung von speziellem Schaumgranulat oder durch Beimischen von Treibmitteln sind Polyolefine im Extruder „kontrolliert“ verschäumbar. Je nach Treibmittelkonzentration und Arbeitsweise der Extruderschnecke sind experimentell Dichten von nur 0,23 bis 0,35 g/cm³ erzielbar. Die damit verbundene Verringerung der Reckfähigkeit und Festigkeit setzt aber der Herstellung geschäumter Flachfäden bei ca. 0,6 g/cm³ Dichte und 0,04 bis 0,06 mm Fadendicke fertigungstechnisch eine Grenze.
10. Im Falle hinreichend großer Reckung ist vor allem PP gut fibrillierbar, kapillarierbar oder elementarisierbar.
11. Polyolefine sind gegen die meisten Chemikalien resistent. PÄ ist in Dekahydronaphthalin und halogenierten Kohlenwasserstoffen heiß lösbar. Auf PP wirken warme halogenierte, aliphatische, aromatische und hydroaromatische Kohlenwasserstoffe quellend. Von stark oxydierend wirkenden Agenzien werden sowohl PÄ als auch PP angegriffen.
12. Wasser wird überhaupt nicht aufgenommen, sodaß kein Naßschumpf auftreten kann.
13. Polyolefinflachfäden sind abriebfest, oberflächenhart und insbesondere auch in der Kälte zäh. Die Kugeldruckhärte, die Reißfestigkeit und die Torsionssteifigkeit wachsen mit zunehmender Dichte. Der Widerstand gegen Stoßbeanspruchungen, das heißt die Kerbschlagzähigkeit, steigt mit zunehmendem Molekulargewicht und sinkt mit wachsendem Schmelzindex.
14. Das hygienische Verhalten ist einwandfrei; physiologisch besteht Inaktivität. Bei Sonderausrüstungen ist jedoch die toxische Wirkung einiger Stabilisatoren und Antistatika zu beachten.
15. Unter Berücksichtigung des Kristallschmelzpunktes von
- | | |
|--------------|----------------|
| PÄ bei | 122 bis 126°C, |
| PP bei | 160 bis 164°C, |
- und einer beginnenden Erweichung von
- | | |
|-------------|-----------|
| PÄ ca. | ab 115°C, |
| PP ca. | ab 150°C, |
- sind Flachfadenprodukte verschweißbar, beschichtbar und heißsiegelbar. Das Verschweißen ist allerdings mit der Gefahr einer versprödungsbedingten Festigkeitsabnahme verbunden.
16. Die Oberfläche kann kalt oder heiß geprägt werden.
17. Für ein Verkleben kommen nur Haftkleber in Frage.
18. Flachfadenflächengebilde sind bedruckbar. Gegebenenfalls ist eine oberflächenaktivierende Vorbehandlung durch Beflammen, durch aggressive Gase oder Flüssig-

keiten oder durch Einwirken hochgespannter oder hochfrequenter Ströme anzuwenden.

19. Saubere Abfälle sind dem Extrusionsprozeß prozentual zumischbar. Hiefür werden die Flach- oder Splitfäden zerschnitten und zu Folienschnitzeln zermahlen. Eine Einspeisung in den Extruder ist in dieser Form nur bedingt möglich. Günstiger ist es, die Schnitzel vor der Rückspeisung durch mehrfaches Falten zu komprimieren oder zwischen Friktionsscheiben sinternd in Agglomerat überzuführen oder mittels einer Sonderschnecke, einer Strangdüse, einem Kühlbad und einer Strangschneidemaschine zu regeneriertem Granulat zu extrudieren.
20. Auch thermofixierte Flachfäden haben noch einen Restschrupf. Bei unter Spannung hergestellten Flächengebilden ist er größer als bei unverarbeiteten Flachfäden. Für Flachfädengewebe einer laufenden Fertigung wurde bei 10 Minuten Temperaturverweildauer der in Tabelle 2 angeführte Flächenschrumpf gemessen. Eine Verallgemeinerung ist aber in Anbetracht der Vielzahl der das Schrumpfverhalten charakterisierenden fertigungsbedingten Einflußfaktoren nicht möglich.

Tabelle 2: Flächenschrumpf (in %)

Kette: 7 Fäden/cm Schuß: 5 Fäden/cm
 Flachfaden: 0,024 mm dick, 4,4 mm breit, 692 den bzw. Nm 13
 Prüfung: 10 Minuten unter Heißluftwirkung
 Leinwandbindung, 105 g/m², Proben 300 mal 300 mm

		POLYPROPYLEN				
Thermofixierung des Gewebes		PÄ keine	keine	Kalander 1)	Schweißzange 2)	Spannrahmen 3)
Prüftemp.	K	1,0	—	—	—	—
	Sch	0,3	—	—	—	—
60°C	K	3,0	0,5	—	—	—
	Sch	2,0	0,2	—	—	—
70°	K	5,4	1,0	—	—	—
	Sch	3,7	0,4	—	—	—
80°C	K	9,0	1,7	0,4	—	—
	Sch	6,0	0,7	0,2	—	—
90°C	K	14,5	2,7	1,1	0,3	—
	Sch	9,7	1,5	0,5	—	—
100°C	K	24,0	3,8	1,8	1,0	—
	Sch	16,5	2,5	1,0	0,3	—
110°C	K	40,0	5,3	3,7	2,2	0,3
	Sch	31,0	3,8	1,4	1,0	—
120°C	K	—	7,8	7,0	5,0	1,1
	Sch	—	5,7	4,0	3,0	0,2
130°C	K	—	13,0	13,0	11,0	6,0
	Sch	—	9,0	8,3	8,0	4,8
140°C	K	—	36,0	30,0	27,0	19,0
	Sch	—	23,0	20,0	21,0	19,0
150°C	K	—	—	—	—	—
	Sch	—	—	—	—	—
160°C	K	—	—	—	—	—
	Sch	—	—	—	—	—

K = in Kettrichtung Sch = in Schußrichtung

1) kalandriert, Kontakttemperatur 120°C.

2) Schweißzangenimpulse: oben 240°C, unten 60°C, bei 50 % Festigkeitsverlust.

3) Spannrahmen: Feld 1 — 4 1 min, 125°C.
 Feld 5 — 8 0,5 min, 145°C,
 Voreilung 10 %, Breiteneinsprung 5 %

Ein preislich interessanter Rohstoff wäre auch Weich-PVC. Daraus hergestellte Flachfäden sind gegenüber denen aus PÄ oder PP weich und schmiegsam. Die Verstreckfähigkeit und die dabei erzielbare Festigkeit ist jedoch gering, sodaß es bisher zu keiner nennenswerten Flachfadenfertigung gekommen ist. Andererseits wird aber unverstreckte, 0,07 bis 0,13 mm dicke PVC-Folie 24-, 30- und 36systemigen Wirkmaschinen (Teilung von 4 bis 10 Nadeln pro Zoll) vorgelegt und in einem Zulieferaggregat in 2 bis 6 mm breite Folienbänder aufgeteilt. Jedes Band umhüllt einen zulaufenden, gekräuselten Nylonfaden von 200 den. Hergestellt werden zunächst Bezugstoffe.

Aufteilung der Folie vor dem Recken

Die bislang produzierenden Anlagen arbeiten fast ausschließlich nach der konventionellen Verfahrensweise des Schneidens der Folie vor dem Recken.

Grobe Splitflachfäden

Für die Herstellung grobtitriger, hochverstreckter Splitflachfäden von ca. 8 bis 1,5 mm Breite und 0,05 bis 0,13 mm Dicke, die zu Bidegarnen und Seilen verdrillt, verzwirrt oder geflochten werden, kommen Anlagen zum Einsatz, die für eine hohe Streckkraft von 400 bis 1000 kp ausgelegt sind (Konzeption: Barmag, Abb. 1).

Die im Extruder durch Schneckenkompression und Aufheizung plastifizierte sowie homogenisierte thermoplastische Masse wird laufend über eine beheizte Breitschlitzdüse ausgestoßen (ggf. mit Unterstützung einer Luftdüse mit oder ohne gleichzeitigem Verzug auf Kühlwalzen, die von einem konstant temperierten Medium durchströmt werden), aufgelegt und als sogenannte Flachfolie abgezogen. Innerhalb dieser Kühlstrecke ist der extrudierte Film hintereinander

- thermoplastisch,
- plastisch - elastisch,
- thermoelastisch und
- elastisch hart.

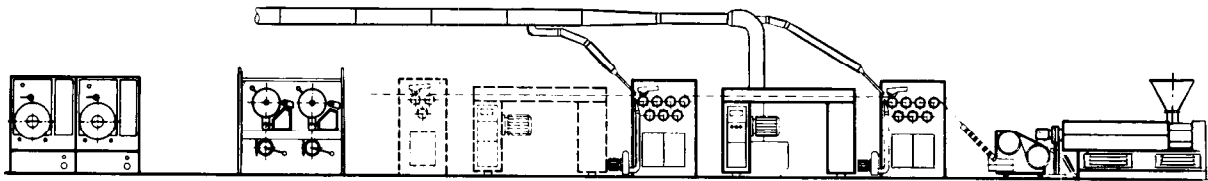
Über einen Spannriegel durchläuft die sogenannte Ausgangsfolie einen Messerbalken, wobei die Aufteilung in eine Schar gleichbreiter Folienbänder stattfindet. Die beiden verdickten Randzonen werden abgesäumt, gegebenenfalls einer Schneidmühle zugeleitet und dem Extruder in einer der bereits genannten Regenerataufmachungen als

- Flachschnitzel,
- komprimiertes Schnitzel,
- Agglomerat oder als
- regeneriertes Granulat

rückgespeist. Die nachfolgenden Reckwerke sind entweder als einseitig gelagerter Galettenblock oder als zweiseitig gelagertes Walzentrio ausgeführt und am Ausgang mit antistatischen Ionisationseinrichtungen und Fadenabsaugdüsen ausgerüstet. Das Reckfeld selbst ist mit Umluft beheizt. Die Folienbänder der Breite B werden je nach dem Verstreckungsgrad V gemäß der Beziehung

$$B = b \cdot \sqrt{V}$$

Anlage 1 QKE 4 EKS 7 600 mm Galettenbreite Streckkraft 400 kp



Anlage 2 QKE 4 EKS 7 1200 mm Walzenbreite Streckkraft 1000 kp

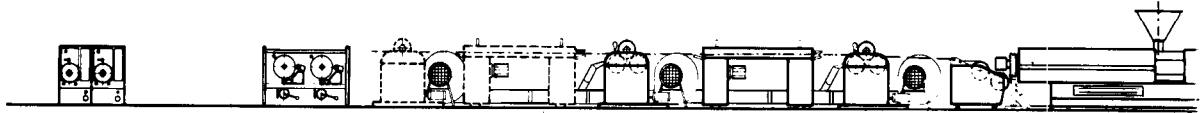


Abb. 1

unter Ausbildung einer Einschnürung auf die Breite b verjüngt. Die dabei erzielbare Festigkeit und Dehnung nebst Elastizität ist von folgenden Faktoren abhängig:

- a) vom Molekulargewicht und von der Dichte des Rohstoffes,
- b) vom Verstreckungsgrad,
- c) vom erzielten Kristallisationsgrad,
- d) von der Dicke der Ausgangsfolie und dem Grad ihrer Durchheizung,

- e) von der Temperaturführung und Verweilzeit im Extruder,
- f) von der Reckgeschwindigkeit und
- g) von der Kühl- und Recktemperatur sowie deren Einwirkzeit.

Ob sich an das Recken eine schrumpfmindernde Thermo-fixierung, das heißt ein weiteres Heizfeld, in dem die Fadenschar entspannt wird, anschließt oder nicht, hängt vom Verwendungszweck der Fäden ab. Bei Splitflachfäden, die der

Anlage 1 600 mm Galettenbreite

Anlage 2 1200 mm Walzenbreite

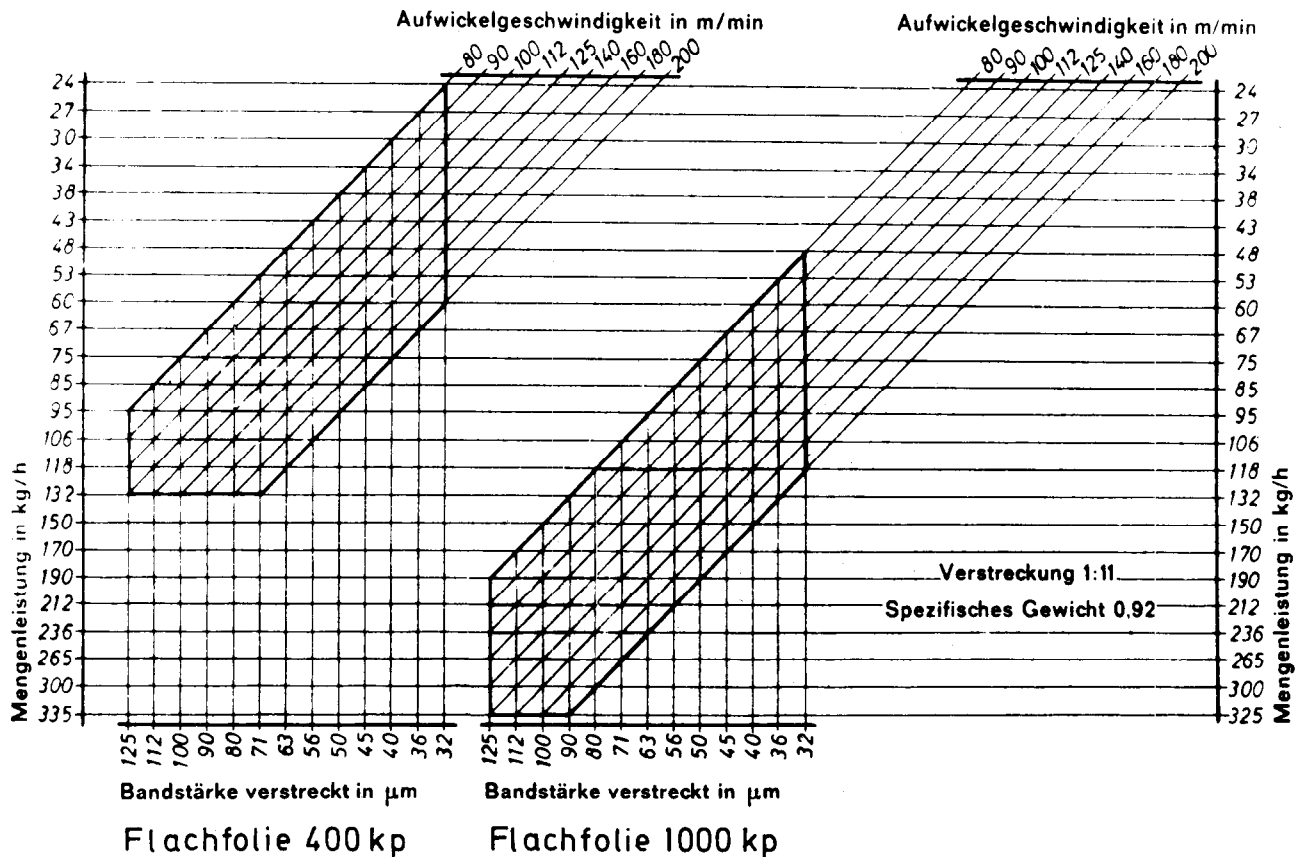


Abb. 2

Bindegarn- und Seilherstellung dienen, also beim Weiterverarbeiten und beim Gebrauch keiner Erhitzung über ca. 70°C ausgesetzt werden, wird auf ein Thermofixieren vielfach verzichtet. Derart relativ dicke und schwere Splitflachfäden eines Feinheitsbereiches von 2500 bis 50 000 den (Nm 0,18 bis 3,6) werden

- a) mittels Hülsen auf schwere, 10 bis 14 kg wiegende Präzisionskreuzspulen oder
- b) hülsenlos auf sehr schwere, bis 45 kg wiegende Präzisionsspulen aufgewickelt.

Die Nomogramme in Abbildung 2 vermitteln einen Eindruck von den Leistungsmöglichkeiten solcher Splitfadenanlagen. Das wesentliche Kriterium ist dabei die langfristig erzielbare störungsfreie Reck- und somit Aufwickelgeschwindigkeit. Allzu große, mitunter in Prospekten kursierende Vorstellungen über 150 bis 200 m/min sind in der Praxis,

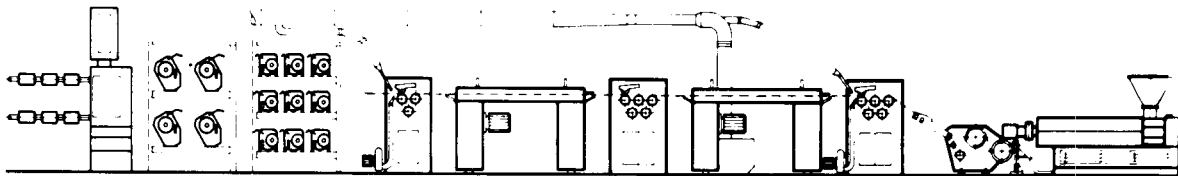
zumal bei Pigmentfärbung, nicht ohneweiters realisierbar. Bei einer praxisnahen Projektierung wird man über 100 bis 125 m/min kaum hinausgehen.

Flachfäden und feine Splitflachfäden

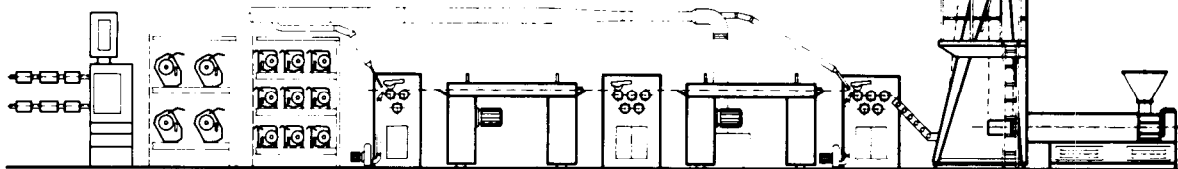
Bei der Herstellung weniger hochverstrecker, für die Weberei, Wirkerei und Flechtereie bestimmter Flachfäden von 1,5 bis ca. 5 mm Breite und 0,016 bis ca. 0,046 mm Dicke bedarf es einer Anlage, die für eine Streckkraft von ca. 200 bis 400 kp auszulegen ist (Abb. 3).

Hier wird neben dem Prinzip der Flachfolienherstellung auch das der Schlauchfolienfertigung angewandt (Konzeption Barnag). Dieses für eine möglichst wirtschaftliche Fertigung, insbesondere dünner Folie, vorteilhafte Verfahren hat sich in den vergangenen Jahren bei gleichzeitigem Wandel der technologischen Ansichten immer mehr durchgesetzt. Hier erfolgt der Austritt der thermoplastischen Masse über eine beheizte Kreis- oder Runddüse. Es entsteht - getra-

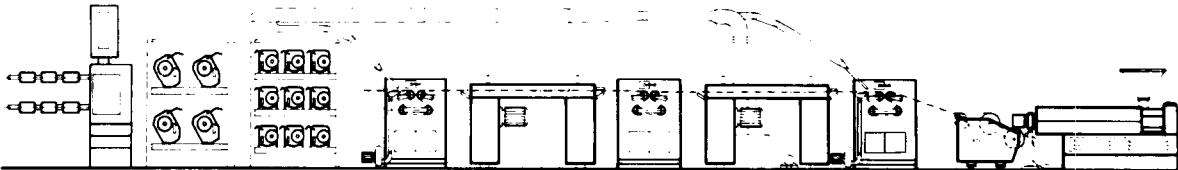
Anlage 3 S 17 EKS 2 EKS 1 800 mm Galettenbreite Streckkraft 200 kp



Anlage 4 S 17 EKS 2 EKS 1 800 mm Galettenbreite Streckkraft 200 kp



Anlage 5 S 17 EKS 2 EKS 1 1200 mm Galettenbreite Streckkraft 400 kp



Anlage 6 S 17 EKS 2 EKS 1 1200 mm Galettenbreite Streckkraft 400 kp

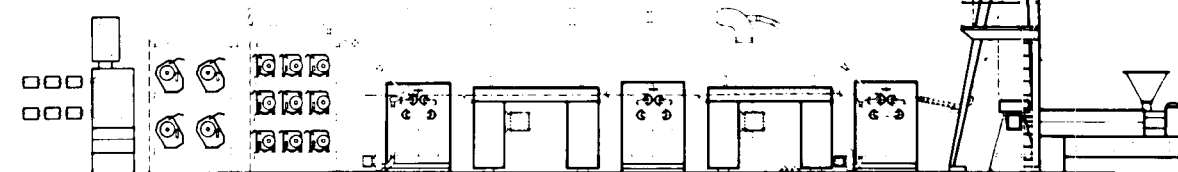


Abb. 3

gen von einem ursprünglich eingeblasenen Luftpolster - ein Folienschlauch. Die Abkühlung wird im plastisch-elastischen Bereich mit ein oder zwei luftbeschickten Düsenringen bewerkstelligt. Jenseits der „thermischen Erstarrungslinie“ durchläuft der auf vielerlei Art luft- oder wasserkühlbare Schlauch eine Flachlegevorrichtung und gelangt, doppelt flachliegend, in den bereits beschriebenen Anlageabschnitt. Die Notwendigkeit, einen Schlauch hinreichend abzukühlen und zwei übereinanderliegende Bänderscharen aufheizen zu müssen, setzt der Dicke der Ausgangsfolie bei ca. 0,125 mm eine Anwendungsgrenze. Ein Großteil dieser Flachfäden unterliegt bei der Weiterverarbeitung Temperaturen, bei denen ein Mindestschumpf nicht überschritten werden soll, sodaß hier ein Thermofixierfeld stets angebracht ist. Ohne Thermofixierung werden leichte (billige) Einweghülsen von der Schrumpfkraft deformiert. Die relativ feinen Flachfäden eines Feinheitsbereiches von 280 bis 2500 den (Nm 3,6 bis 32) werden mittels Ein- oder Mehrweghülsen

- a) auf leichte, 1,5 bis 2 kg wiegende Präzisionskreuzspulen oder
- b) auf mittelschwere, 3,5 bis 4,5 kg wiegende Präzisionskreuzspulen bzw. auf Kreuzspulen mit Friktionswicklung aufgewickelt.

Auf Grund der dünnen Folie haben solche Flachfadenanlagen einen geringeren Mengenausstoß als die bereits beschriebenen schweren Splitflachfadenanlagen (Abb. 4). Bei der derzeitigen Tendenz zu dünnen Flachfäden von 0,020 bis 0,026 mm Stärke wird man sich, je nach Fadenbreite und insbesondere bei Pigmentfärbung, zuweilen mit Reck- bzw. Aufwickelgeschwindigkeiten von nur ca. 70 bis 80 m/min begnügen müssen. Auf diesen leichteren Flachfadenanlagen sind aber auch unter Anwendung eines entsprechend großen Reckgrades feine Splitflachfäden herstellbar. Wird dabei von Schlauchfolie ausgegangen, so ist zu beachten, daß der Schlauch gleich hinter der Runddüse, also im thermoplastisch- und plastisch-elastischen Bereich durch das sogenannte Aufblasverhältnis auch einer leichten Querkrafteinwirkung (d.h. einer gewissen Querverfestigung) unterworfen wird. Hieraus erklärt sich der Umstand, daß eine Flachfolie, die vor dem Längsrecken keiner solchen Querverfestigung unterlag, vielfach besser spleißt als eine Schlauchfolie.

Um extrusions- und düsenbedingte Inhomogenitäten der Farbe sowie der Foliendicke besser zu verteilen, wird unter Umständen folgendermaßen gearbeitet:

- 1. bei Flachfolie: mit periodisch seitlich bewegtem Abzug,

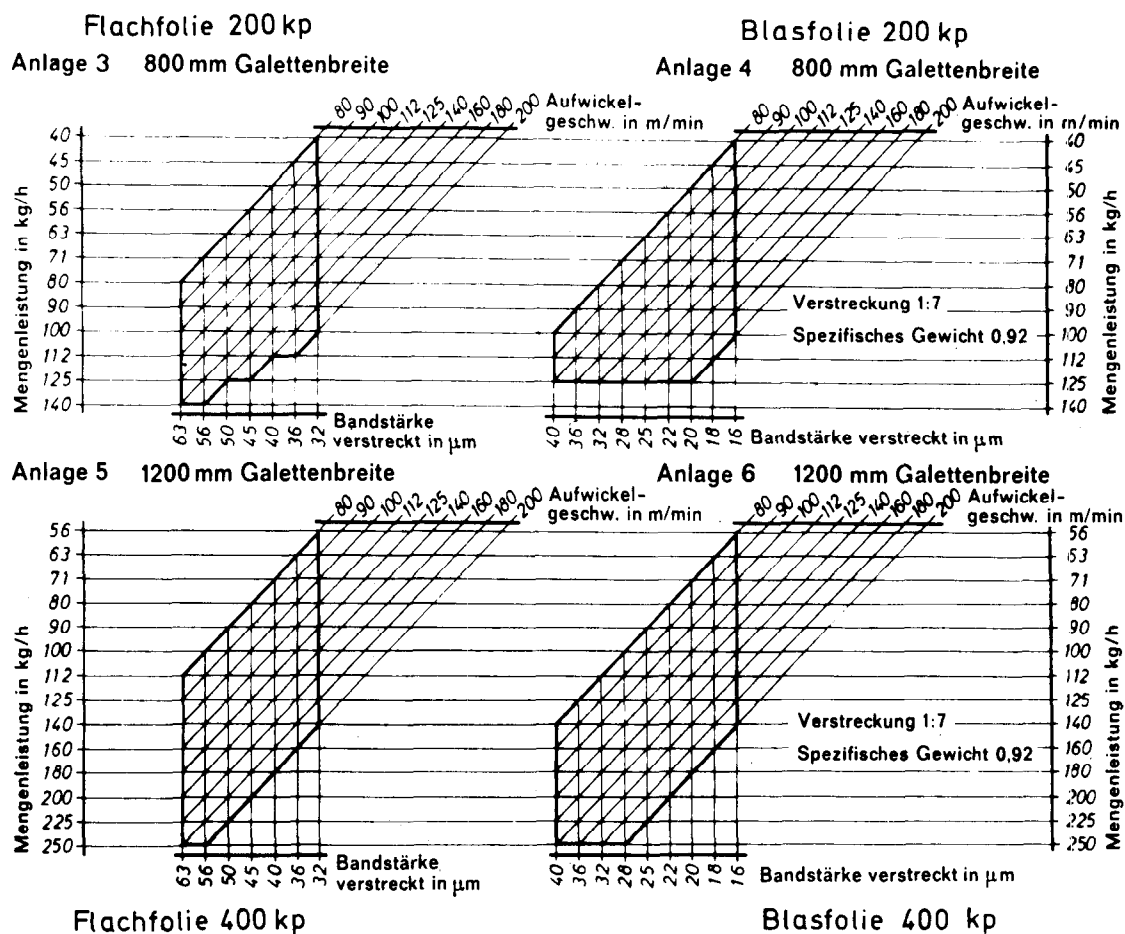


Abb. 4

2. bei Schlauchfolie: mit rotierender Ringdüse oder mit um ca. 90 bis 120° schwenkender Ringdüse, oder aber mit rotierendem Falt- und Abzugsaggregat.

Es findet also lediglich eine Verlagerung von der innerhalb der Fäden auftretenden Längsstreuung auf die zwischen den einzelnen Fäden auftretende Querstreuung statt. Eine echte Verbesserung der Ungleichmäßigkeit wird damit jedoch nicht erzielt.

Gestaltungsalternativen

Zu dem beschriebenen Anlagenaufbau gibt es eine Reihe von Modifikationsmöglichkeiten:

- a) Recken oder Thermofixieren der Flachfäden anstatt mit heißer Luft mit Dampf oder heißem Wasser oder Strahlungsheizung (Infrarotheizung) oder einer Kombination davon (z.B. Polyspinn; Covema).
- b) Kühlen der Ausgangsflachfolie anstatt auf einer stark abschreckend wirkenden Kühlwalze, in einem oder zwei hintereinandergeschalteten, gleich oder verschieden temperierten Kühlbädern.
- c) Einseitiges Aufschneiden, Ausbreiten und Flachlegen der Schlauchfolie.
- d) Zweiseitiges Aufschneiden der Schlauchfolie und Trennung in zwei übereinanderliegende Ausgangsfolien. Jedes der in diesem Fall übereinanderliegenden beiden Reck- und Thermofixierfelder wird von einer Fadenschar durchlaufen (Covema; Kawasaki). Solche Doppelkanalaggregate können auch von einer Doppelbreitschlitzdüse oder von zwei getrennt arbeitenden Extrudern beliefert werden (Covema).
- e) Zwei Extruder beliefern ein doppelseitiges Reck- und Thermofixieraggregat (Covema; Plasticisers).
- f) Diskontinuierliche Arbeitsweise: die extrudierte Flachfolie wird aufgewickelt und der Reck-, Thermofixier- und Aufspuleinheit vorgelegt. Voraussetzung für ein rationelles Arbeiten ist eine Breitschweißzange zum Verbinden der auslaufenden mit der einlaufenden Folie. Während des Stillstands des Fadenteiles werden die Heizkästen selbsttätig aus dem Bereich der Fadenschar herausgefahren (Rheinstahl-Henschel).
- g) Kontinuierliches Aufwickeln der Flachfäden anstatt auf zylindrische oder konische Kreuzspulen,
 - mittels einer Ringzwirnmaschine unter Erteilung einer Fadendrehung von ca. 30 bis 40 T/m auf Ringzwirkops (Rheinstahl-Henschel),
 - mit Hilfe senkrecht stehender Spindeln ohne jegliche Drehungserteilung oder Faltung auf parallel gewickelte Bikonen (Stahlkontor; Reifenhäuser),
 - mittels waagrecht stehender Spindeln ohne jegliche Faltung auf parallel gewickelte Scheibenspulen (Covema; Stahlkontor),

mit Hilfe einer Bäummaschine auf einen Teilkettbaum und Assemblierung mehrerer Teilkettbäume zum Webereikettbaum, der völlig ungedrehte Flachfäden enthält (Rheinstahl-Henschel),

mittels einer Streck-Aufwickelmaschine auf zylindrische Kreuzspulen oder auf Scheibenspulen. Die Folienbänderschar durchläuft zuvor ein Heißreckfeld. Ein Thermofixierfeld ist nicht vorhanden. Je zwei Flachfäden haben eine gemeinsame, über den Aufwickelspindeln gelagerte Abzugsgalette (Plasticisers).

- h) Aufschneiden der Ausgangsfolie anstatt mit ein- oder mehrfachen Klingemesserbaken mit einem Schneidrollenpaar.
- i) Netzartiges Fibrillieren der Splitflachfäden beim Recken durch Einstechen von Nadelwalzen in die dann relativ breiten Folienbänder (Covema; Plasticisers; Toshiba).
- j) Wegfall der langen Reck- und Thermofixierzonen und Bewerkstelligung des Kühlens der Folie, des Schneidens in Flachfäden, des Aufheizens der Fadenschar, des Thermofixierens sowie des Abkühlens mit Hilfe eines kompakten Walzensystems. Die Reck- und Fixierwalzen sind dampf- oder ölbeheizt, die Kühlwalzen von Wasser durchflossen. Die Reck- und Fixierspalten sind sehr kurz (Japan Steel Works Ltd.).

Schneiden der gereckten Folie

Das mono- oder biaxiale Verstrecken wird in der Kunststoffindustrie schon länger praktiziert. Entwicklungsmäßig befindet sich dieser Sektor aber noch im Anfangsstadium, sodaß interessante Lösungen zu erwarten sind. Für die Herstellung von „*Textilien aus Folie*“ wird das Prinzip der Folienverstreckung mit einer oder mehreren Walzenreckspalten erst seit kurzem angewandt.

1. Konzeption (Brückner, Tittmoning, BRD)

Extrudierte Schlauchfolie wird nach dem Flachlegen aufgeschnitten und ausgebreitet. Sie durchläuft eine Tänzerwalzen-Spannungsausgleichsrichtung und gelangt in ein waagrecht arbeitendes monoaxiales Folienreckaggregat, bestehend aus vier öltemperierten großen Heizwalzen, vier kleinen beheizten Reckwalzen, einer Fixier- und zwei Kühlwalzen.

Der variable Reckspalt muß zwecks Erzielung optimaler Festigkeits- und Schrumpfwerte für die einzelnen Polyolefintypen eine ganz individuelle Einstellung erhalten. Es kann mit Einspalt- und mit Mehrspaltverstreckung gearbeitet werden. Das Arbeiten mit nur einem Reckspalt führt bei großer Orientierungsgeschwindigkeit zu hohen Festigkeiten. Das Recken ist ein exothermer Vorgang; die Temperatur der Folie ist um ca. 10 bis 15°C höher als die der letzten Reckwalze. Die Fixierwalze hat etwa dieselbe Wirkung wie ein Heißluft-Thermofixierofen. Der erzielte Restschrumpf bei 120 bis 130°C Lufttemperatur und 30 Minuten Temperaturverweildauer wird für die PP-Folie je nach Rohstofftype mit 3 bis 5 % angegeben.

2. Konzeption (Chemiefaser Lenzing AG., Oberösterreich)

Es wird davon ausgegangen, die extrudierte Folie möglichst heiß, das heißt ohne „*Einfrüieren von Spannungen*“, vom Extruder dem hier senkrecht stehenden Streckwerk, das dem der Konzeption 1 ähnelt, zuzuleiten:

- 3 oltemperierte Heizwalzen (362 mm ϕ)
- 4 beheizte Reckwalzen (115 mm ϕ)
- 1 Fixierwalze (360 mm ϕ)
- 1 Kühlwalze (212 mm ϕ).

Nachdem bei dieser Konzeption erkannt worden war, daß der unerwünschte Folienschlupf weder durch eine den Einsprung begünstigende Vielzahl von Walzen, noch durch ein Klemmen der Folie zwischen Walzenpaare vermieden werden kann, wurde die Folie mittels elektrostatischer Aufladung klemm- und schlupffrei geführt. Dadurch ist es möglich, die an beiden Rändern aufgeschnittene Folie in der Form zweier übereinanderliegender Bahnen zu recken. Die maximale Streckgeschwindigkeit beträgt 100 m/min, der Bereich der Folienbreite ist 900 bis 1400 mm. Der erzielbare Dickenbereich liegt zwischen 0,018 und 0,060 mm.

3. Konzeption (Automatik, Aschaffenburg, BRD)

Die aus einem Breitschneidextruder austretende, noch heiße Folie durchläuft hintereinander sechs kleine, angetriebene, olbeheizte Walzen (40 mm ϕ , maximal 70 bis 90°C), ein gleich schnell laufendes großes Walzenpaar, acht weitere, allerdings nicht angetriebene kleine Walzen, von denen vier ölbeheizt (PÄ: 116 bis 122°C; PP: 130 bis 150°C) sind und der Endverstreckung dienen. Die nachfolgenden vier kleinen Waken dienen der Kühlung (maximal 20°C). Den Abschluß bildet ein großes, die Reckkraft erzeugendes, entsprechend schnell laufendes Abzugswalzenpaar. Zwischen der Breitschlitzdüse und der ersten kleinen Walze findet ein acht- bis zehnfacher Vorverzug statt. Eine dem Material angepaßte genaue Temperaturführung ist für die erzielbare hohe Festigkeit sehr wesentlich. Der Restschumpf wird für 100°C Wasserbad und 3 Minuten Einwirkzeit mit 4 % angegeben. Erzeugbar ist eine glasklare Folie mit mindestens 0,006 bis 0,008 mm Dicke und 400 mm Breite. Die Querfestigkeit, das heißt die Spleißneigung, kann mittels der Strecktemperatur wesentlich beeinflußt werden.

4. Konzeption (Kampf, Bielstein, und Polyspinn, Mendrisio)

Folienreckanlage mit drei großen Heizwalzen, neun kleinen Reckwalzen und drei großen Kühlwalzen. Reckgeschwindigkeit bis 200 m/min, maximale Folienbreite bis 1800 mm.

Bei allen vier Konzeptionen wird die verstreckte Folie wahlweise nach zwei Gesichtspunkten weiterverarbeitet:

- a) Aufschneiden und Aufwickeln von Flachfäden, die beim Weben vornehmlich als Schußmaterial verwendet werden.
- b) Herstellen von ein- oder doppellagigen Folienwickeln, die dem Webstuhl anstatt des ansonsten üblichen Kettbaums vorgelegt und in völlig flachliegende Kettflachfäden aufgeteilt werden. Das Schneiden wird durch eine Spalteinrichtung (Chemiefaser Lenzing AG.) oder durch

einen Schraubenfeder-Messerbalken (Brit. Pat. 1,035.227; Schweiz. Pat. 433.140) bewerkstelligt.

Durch das Weben mit doppellagiger Folie können somit auch enge Ketfadendichten erzielt werden.

Entwicklungstendenzen

Eine Auswertung der Patentliteratur, die Entwicklungsbestrebungen einiger Anlagenbauer und Fadenhersteller sowie die kürzlich in Manchester vorgestellten Möglichkeiten eröffnen eine Reihe neuer Wege, von denen hier nur einige Beispiele aufgezeigt werden sollen.

- a) Der Extruder ist mit drei hintereinandergeschalteten Breitschlitzdüsen ausgerüstet (Konzeption Barnag; Barfiex-Verfahren, Abb. 5). Die drei Düsenausgänge sind so profiliert, daß je Ausgang 35, also insgesamt 105 Folienbänder extrudiert werden können.

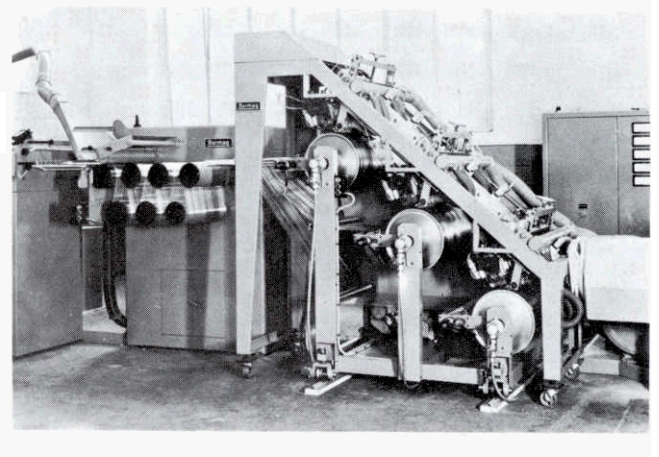


Abb. 5

Mittels einer Mikroprofilierung ist weiterhin jedes Folienband in 25 untereinander durch dünne Stege verbundene Kapillare unterteilt (Abb. 6).



Abb. 6

*) Textiles fmm Film. Tagung des Plastics Institute und d u Shirley Institute der Universität Manchester am 4. und 5. April 1968 in Manchester (22 Referate).

Beim Recken findet entlang der Stege eine gegebenenfalls von **einem** Spleißaggregat unterstützte Kapillarisation statt (Abb. 7).

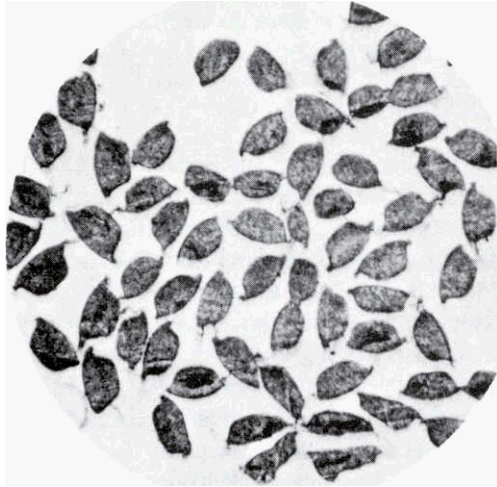


Abb. 7

Auf diese Weise sind im Einzelkapillar-Titerbereich von ca. **10 bis 50** den Splittlachfäden mit **Multifilcharakter** herstellbar. **Die** gewünschten Garn- oder **Zwirnfeinheiten** werden durch Fachen beim Aufwickeln und/oder beim Zwirnen dieser Splittlachfäden erreicht.

- b) Mittels einer entsprechend profilierten Ringdüse kann ein aus zusammenhängenden Kapillaren bestehender Folienschlauch extrudiert, gereckt und mit Hilfe gekerbter Spleißwalzen kapillarisiert werden (**Franz. Pat. 1,395.472; Kazuo Taniyama, 1964**).
- c) Die Folie wird **mittels beheizter** Schneidwalzen auf einer elastischen Gegenwalze bis **ca.** zur halben Dicke hin fortlaufend longitudinal eingekerbt und **anschließend heiß** gereckt. Die stattfindende Kapillarisation wird von einer Spleißbürste unterstützt (**Franz. Pat. 1,136.103, Dow Chemical, 1955**).
- d) Der Folie wird ein zusammenhängendes Muster aufgeprägt. **Beim** mono- oder biaxialen Recken fangen die dünnen Prägestellen zuerst zu fibrillieren an (Abb. 8). **Es** entsteht ein Fibrillennetz, für **das** gegebenenfalls in mehreren Lagen übereinandergeschichtet, im Anwendungsbereich der **Vliese** Einsatzmöglichkeiten bestehen (**Smith & Nephew Research Ltd.**)
- e) Die Folie bzw. die Folienbänder werden vor und nach dem Recken durch die Einwirkung entsprechender **Nadel-** oder **Messerorgane** kapillarisiert oder netzförmig (Abb. 9) fibrilliert (**Brit. Pat. 1,073.741; Plasticisers, 1963**).
- f) Netzartig fibrillierte, gereckte Folien können -gegebenenfalls unter Zuhilfenahme einer elektrostatischen **Feldeinwirkung** - ausgebreitet und unter Variation des Grades

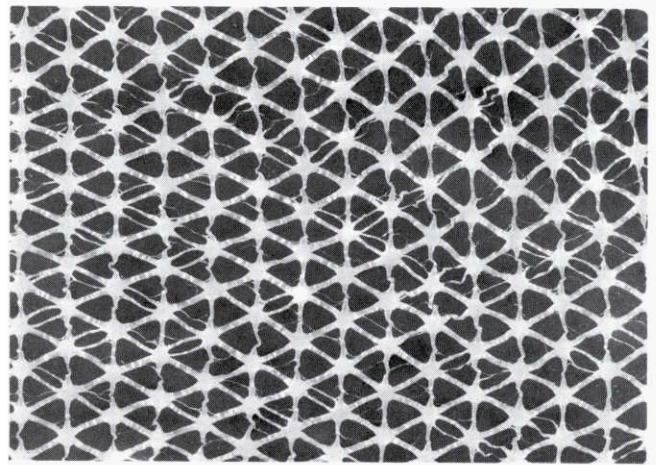


Abb. 8

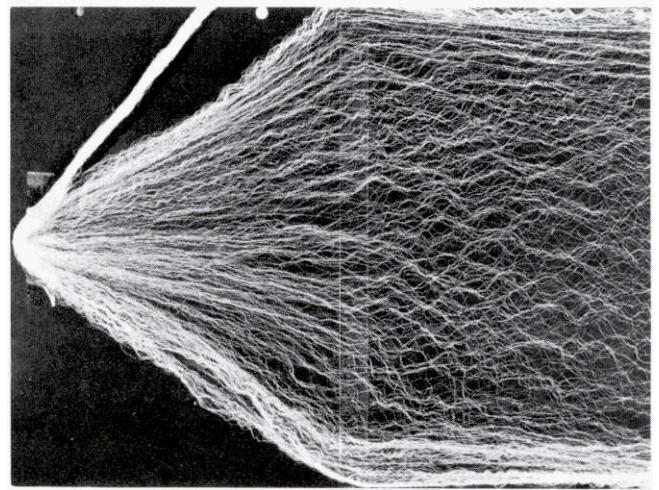


Abb. 9

der Netzspreizung oder des Schichtungswinkels zu einem Mehrschichtvlies laminiert werden. Netze verschiedener Orientierungswinkel ergeben ein „**Kreuzlaminat**“. **Das** Laminiere kann mit einem **nochmaligen „dosierten“** Spleißvorgang kombiniert werden. Mittels eines **Streu-**apparates können dem Fibrillennetz elektrisch aufgeladene Stapelfasern zugefügt und durch Bindemittel oder Heißwalzen **fixiert** werden (**DAS 1,149.325; Schleuter/Rasmussen, 1967**).

Für die Verfestigung quer zur Fibrillenlängsrichtung werden vorgeschlagen:

1. Thermofixierung, wobei die gespannten Fibrillen gestreckt und verfestigt werden und ungespannte Fibrillen schrumpfen.
2. Aufspritzen einer Hochpolymerlösung.
3. Radioaktive **Härtung**.
4. Pfropfpolymerisation (**DAS 1,237.058; Rasmussen, 1960**).

g) Es liegt nahe, fibrillierten bzw. kapillarisierten Folienbändern, also Splitflachfäden, durch Kräuselung weiteres Volumen und noch mehr textilen Charakter zu erteilen (vgl. Abb. 9). Hiefür bieten sich die bekannten Texturierverfahren an. In Anlehnung an das Taslan-Verfahren wird vorgeschlagen, Splitflachfäden in entspanntem Zustand der Turbulenz eines gasförmigen Mediums, das eine Geschwindigkeit gleich oder höher als die Schallgeschwindigkeit hat, auszusetzen (DBP 1,175.385; White/DuPont, 1958).

Damit ergeben sich auch für die trockene Herstellung von Vliesen, die sowohl in der Längs- als auch in der Querichtung sehr fest sein können, interessante Aspekte. Zugleich wird ersichtlich, daß es sich anwendungstechnisch nicht nur um einen Substitutionsprozeß, sondern um die Schaffung neuartiger Produkte handelt. Das Fibrillieren und Kapillarisieren hochorientierter Folien ist dabei zunächst das wesentliche Merkmal aller in Frage kommenden Verfahren. Konsequenterweise wurde experimentell bereits auch der nächste Schritt, nämlich die Elementarisierung der verstreckten Folie in Folienfasern, getan. Vorgeschlagen wurde:

1. Splitflachfäden in bekannter Weise zu recken und zu thermofixieren, anschließend zu avivieren, zu kräuseln, zu zerschneiden und auf einer Walzenkarde in ein Folienfaservlies überzuführen (Holl. Pat. 6,601.968; Shell International Research, 1966);
2. Splitflachfäden über Spann- und Eingangswalzen einem benadelten, sowohl fibrillierend als auch elementarisierend wirkenden Tambour zuzuführen und das Vlies über eine Walze abzunehmen (Linen Industry Research Association);

3. Splitfolie oder Splitflachfäden auf einer Nadelstreckstrecke (Reiß- oder Brechstrecke) über Folienfasern zu einem feinspinnbaren Vorgarnband zu elementarisieren;
4. Splitflachfäden erst im Streckwerk der Feinspinnmaschine zu Folienfasern zu elementarisieren und direkt zu Garn zu drehen.

Weiterverarbeitung

Der größte Teil der Textilien aus Folie kommt zur Zeit in gewebter Form auf den Markt. Im Prinzip können, soweit eine gewisse Anpassung an die Besonderheiten der Flach- und Splitfäden erfolgt, konventionelle Webmaschinen benutzt werden. Bei Spleißneigung wird das Arbeiten mit möglichst kleinem Fach günstig sein^{*)}. Zwecks Erzielung einer optimalen Flächendeckung und auch aus modischen Gründen ist es häufig erwünscht, sowohl den Schußfaden als auch die Kettfäden ohne spul- und abzugsbedingte Drehung verarbeiten zu können. Für den drehungsfreien Schußeintrag kommen dabei folgende Möglichkeiten in Frage:

1. Abzug über Kopf, wobei sich die notwendigerweise um die Schußlänge voreilende Spule entsprechend drehen muß;

^{*)} Einige speziell für Flachfäden entwickelte Webmaschinen-Sonderformen:
 Breiter Greiferwebstuhl, Modell Greiftex, A. Engels GmbH., Velbert, BRD
 Breite Automaten-Webmaschine, Modell 100W, Saurer/Arbon, Schweiz
 Greiferwebstuhl, Iwer/Pamplona, Spanien
 Wasserdüsen-Webmaschine, Modell Prince LW 41, Nissan Motors Co. Ltd., Tokio, Japan
 Greiferwebstuhl, Modell Onemack, J. Mackie & Sons Ltd., Belfast, Nordirland

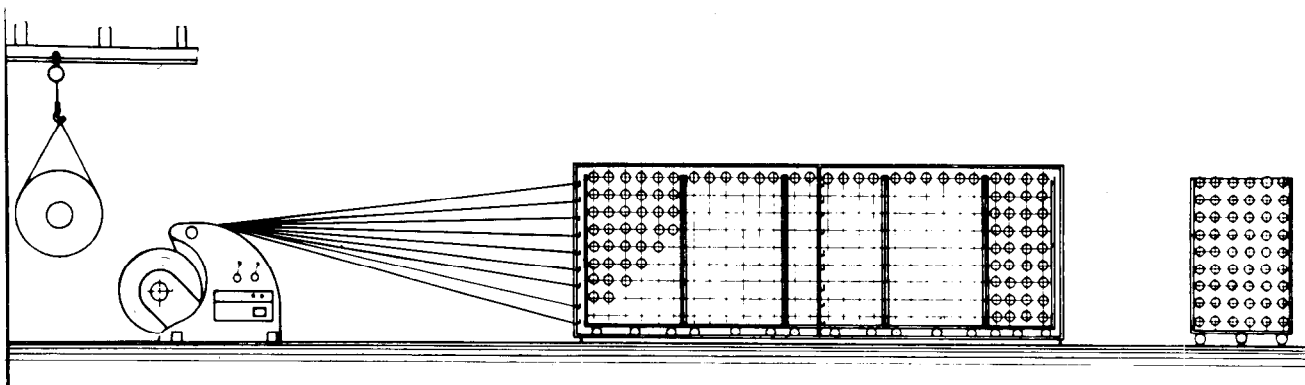


Abb. 10

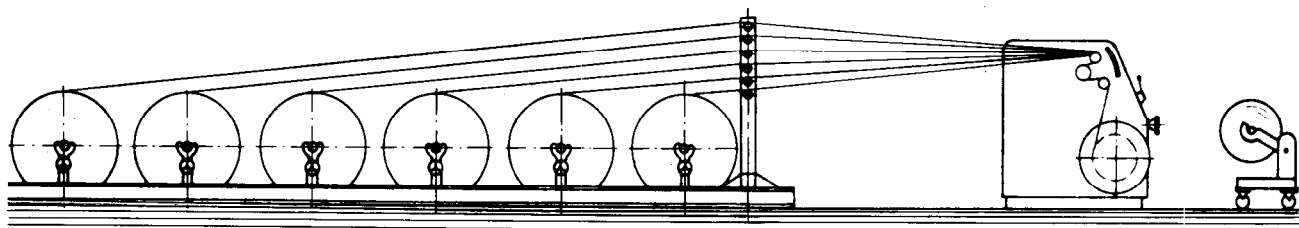


Abb. 11

2. **Tangentialabzug**, wobei vor dem **Einschießen** ebenfalls **eine** der **Schußlänge** entsprechende **Fadenreserverbildung** stattfindet (Konzeption: Iwer; Savio).

Darüber hinaus ist es möglich, die **Kreuz-** oder **Scheibenspulen** und auch die **Bikonen** der **Flachfadenanlage** mittels spezieller **Abzugeinrichtungen** auf der **Schußpulmaschine** tangential abzuziehen (Konzeption: Plutte, Koecke & Co., Wuppertal). Beim **Abweben** dieser **Schußspulen** erhält der innerhalb des **Webschützen** über **Kopf** abgezogene **Flachfaden** zwangsweise dann aber doch eine **Drehung**.

Die **Drehung** der **Flachfadenkettfäden** wird **vermieden** durch:

Tangentialabziehen der im **Schär-** oder **Zettelgatter** rollend **gelagerten** und entsprechend **bremsbaren** **Kreuz-** oder **Scheibenspulen** (Konzeption: Leesona; Plutte-Koecke; Schlafhorst, Abb. 10).

Assemblieren mehrerer, am **Ausgang** der **Flachfadenanlage** direkt **bewickelter** **Teilkettbäume** zu einem **Kettbaum** (Konzeption: Rheinstahl-Henschel, Abb. 11).

in der **Webereivorbereitung** **treten** **Verarbeitungsprobleme** auf, die für die **Produktivität** des **Webens** und für den **Warenausfall** wesentlich **Md**:

- a) **Konstanthalten** der **Fadenspannung** bei **rollendem Abzug**. Die **Kreuzspule** wird beispielsweise von einer **Reibungsspindel** aufgenommen, die **so** ausgelegt ist, daß die **Fadenspannung** konstant gehalten werden kann. Ein **Fadentastbügel** dient dem **zusätzlichen** **Ausgleich** der durch die **Unwucht** der **Spule** erzeugten **Spannung** (Konzeption: Schlafhorst, Abb. 12).

Fadentastbügel für den Spannungsausgleich

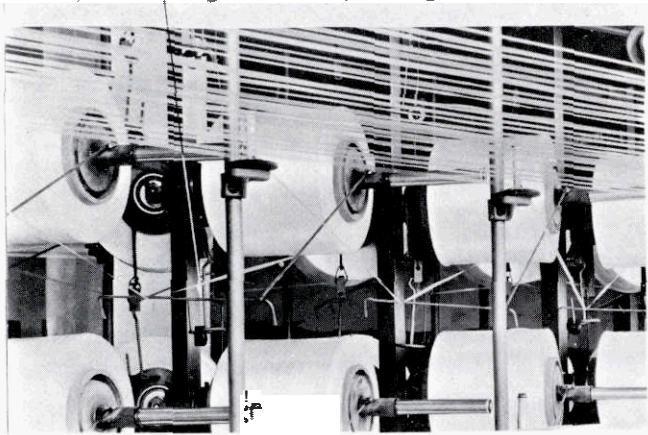


Abb. 12

Gatterabrollspindeln können auch mittels **angehängter Gewichte** gebremst werden. **Seitlich** abrutschende **Fäden** werden von **eingelegten Seitenscheiben** abgefangen (Konzeption: Leesona, Abb. 13).

- b) **Unterbindung** des **Abfallens** von **Fadenlagen** mit **gleichzeitiger** **Erzeugung** einer **konstanten** **Grundspannung**.

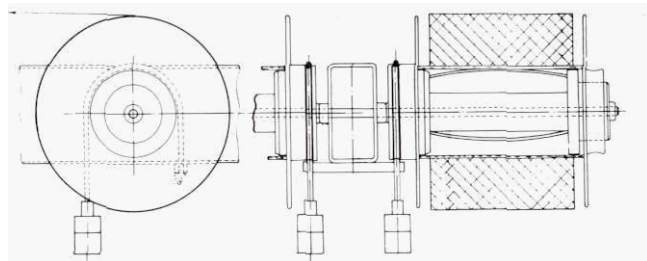


Abb. 13

Dies geschieht u.a. mit Hilfe **übergezogener Bremsstrümpfe** und mittels **eines** **drehbaren Spannungsausgleichstellers**, der die **Drehung** **gleichmäßig** weitergibt (Konzeption: Schlafhorst, Abb. 14).

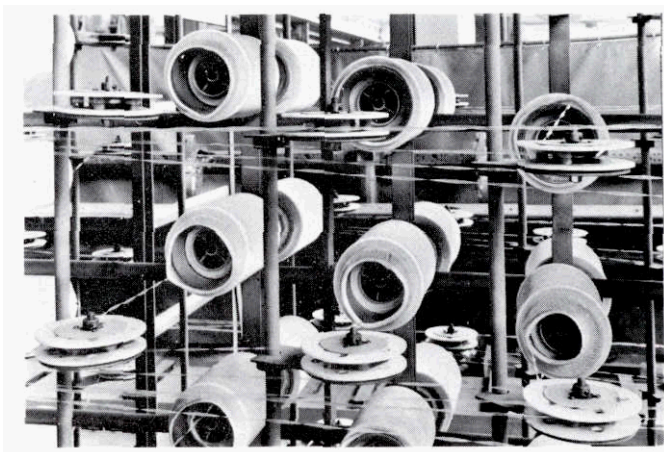


Abb. 14

Die **Grundspannung** kann auch mittels **unter Federdruck** stehender **Bürsten** erzeugt werden (Abb. 15). **Beim** **Spulenwechsel** **schwenken** die **Bürsten** **selbsttätig** nach **außen** (Konzeption: Schiafhorst).

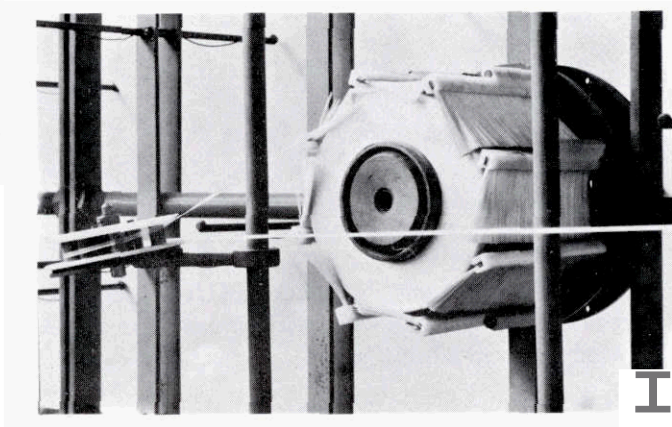


Abb. 15

- c) Die rollende Spule muß schnell zu stoppen sein. Für den Fall, daß jede zylindrische Kreuzspule im Gatter auf einer **Walze** abläuft, geschieht dies durch einen Fadenführerbügel, der - je nach Fadenspannung bzw. Bügelhöhe - die Bandbremse der Ablaufwalze andrückt oder lüftet (Konzeption: Plutte, Koecke & Co.).
- d) Die relativ hohe elektrostatische Aufladung muß sowohl im Gatter als auch innerhalb der Schär- oder Zettelmaschine reduziert werden. (Ionisatoren).
- e) Der beim Zetteln und Bäumen von Flachfäden sehr ausgeprägten Ausbildung einer **stark welligen** Oberfläche des Kettbaumes muß mittels **Zusatzeinrichtungen** entgegen gewirkt werden. **Das** geschieht durch einen changierenden Kamm und durch eine fadenumlenkende Fadenleitwalze (Konzeption: Schlafhorst).

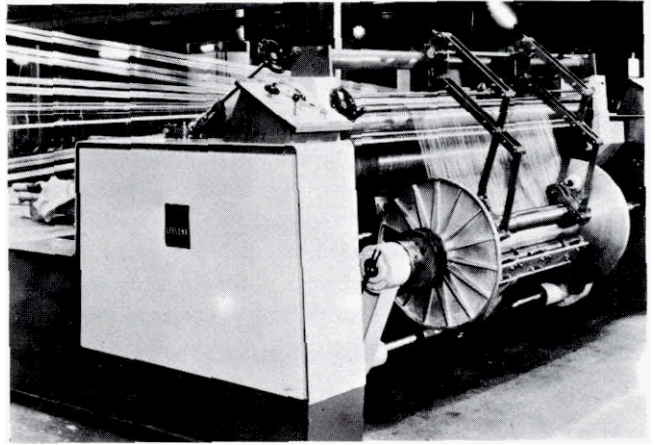


Abb. 17

Das Aufwickeln auf den Kettbaum erfolgt jetzt in einer leichten Spiralform, die Ausbildung buckliger Kettbaumoberflächen wird unterdrückt. Die Führungswalze kann dabei in einem besonderen hydraulischen Gelenksystem gelagert und somit gut abhebbar sein (Konzeption: Leersona, Abb. 16). Bei dieser **Konzeption** wird auf der Zettelmaschine (Abb. 17) mit elektronisch gesteuerter Fadenspannung gearbeitet.

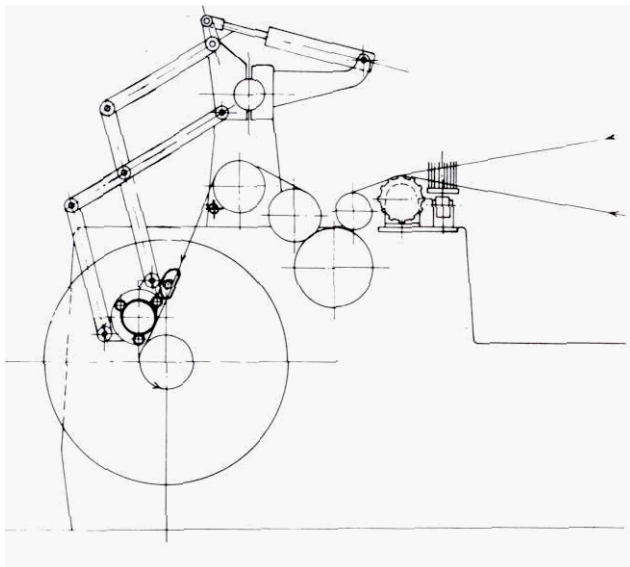


Abb. 16

Derzeitige Anwendungsbereiche

1. Flachfäden

Fadenbreite b (mm) und Fadendicke d (1/1000 mm) sind unter Berücksichtigung der Verarbeitungsmaschinen auf den Verwendungszweck abzustimmen:

$$Nm = \frac{1000}{d \cdot b \cdot (\text{spez. Gew.})}$$

$$Td = 9 \cdot d \cdot b \cdot (\text{spez. Gew.})$$

- Grundgewebe für Tufting- und für Nadelfilzteppiche, Tischdecken und Servietten in vielfacher Musterung, Ein- und Mehrwegsäcke (ggf. beschichtet), Haushaltmetze, Sicht-, Sonnen-, Wind- und Schneebanden, Schattierungsnetze, Herrenhüte, Schirmmützen, Damenkappen, Bindschuß und Bindekette für Freilandteppiche (Zwirn), Mappen, Taschen, Koffer, Beutel (ggf. beschichtet), Möbel- und Polsterbezüge, lose Wandbespannungen, Arbeitskleidung (Schürzen, Kittel), dekorative Tapeten (papierlaminiert oder schaumbeschichtet), Planen (Einwegplanen, Bauabdeckung, flexible Belüftungskanäle, Überzelte, Raumunterteilung, Autoplanen, Behälterauskleidung, Markisen, Geräteabdeckung), Kinder-Oberbekleidung (Bundhosen, Blue-Jeans, Umhänge), luftdurchlässige Regenbekleidung (dicht gewebt), abwaschbare und prägbare Bucheinbände, Schonbezüge, gelbe Verkehrsschutzumhänge für Radfahrer und Kinder, modische Effektfäden (Zierbänder), Effektwirnen (in Kette oder Schuß mit konventionellen Garn für Heimtextilien bzw. Oberbekleidung), Umbänder für Kisten, Ballen oder Kartons, Trägergewebe für eingearbeitete Heizkabel (beheizte Rasenflächen, Einfahrten, Brücken, Straßen, Treppen).

2. Rundfäden (gedrehte Flachfäden)

- Filtergewebe oder -gewirke, hochwertige Säcke, Massageartikel, Haushaltmetze, Bindekette für Teppiche (outdoor),

Beschichtungsgewebe oder -gewirke,
Garten- und Campingmöbelbespannungen.

3. Splitfäden (fibrillierte oder kapillarisierte sowie gedrehte Splitflachfäden)

Verpackungsschnüre, Bindegarn,
Gurte,
Bindeschuß und Füllkette bei Freilandteppichen,
Flor bei Tufting- und Webteppichen,
Badematten,
Fischernetze (ein- und mehrstufiger Zwirn),
Sportnetze,
Seile,
technische Gewebe und Gestricke,
modische Bezugsstoffe.

Diskussion

Prof. Köb: Die Vorstellung, 'man nehme die Lagerhalle der Jutespinnerei und setze dort eine Bändchenanlage hinein', hört sich nicht mehr so einfach an, wenn man sieht, welcher Aufwand hiezu notwendig ist. Man muß die Absatzlage sehr genau prüfen und erkunden, ob sich die Produktion auch für einen kleinen Betrieb rentiert. Auf der anderen Seite ist es außerordentlich interessant, die Entwicklung dieser neuen Technik zu verfolgen. Der Gedanke, einen Faden mit zusammenhängenden Kapillaren zu spinnen und diesen kontinuierlich aufzusplittern, ist ja noch nicht alt.

Auf der Konferenz des Textile Institute in Stresa wurde von Montano ein Verfahren zur Herstellung von Schaumfäden vorgestellt. Der Faden, der in verschäumter Form extrudiert wird, besitzt ein Kammernsystem von kleinen Folienteilen. Er wird stark gereckt und durch eine Nachbehandlung fibrilliert, sodaß Fäden von 3 bis 5 den Dicke entstehen. An Stellen, wo der Schaum eine Stoßstelle hatte, sind die Fäden weiterhin miteinander verknotet. Auf diesem Wege entsteht also ein Netzwerk. Ich weiß nicht, inwieweit das wirtschaftlich ist. Das Extrudieren von Schaum ist sicher komplizierter als das einer kontinuierlichen Masse.

Dr. Studt: Herr Dr. Peuker, Sie haben über Flach- und Rundfäden gesprochen. Diese kann man auch durch Erspinnen von Monofilen erzielen, das heißt, man kann Monofile auch in Fadenscharen erzeugen und mit zumindest den gleichen Abzugsgeschwindigkeiten verstrecken. Welche Vorteile sehen Sie bei der Herstellung von Bändchen aus Folien gegenüber den Monofilen?

Sie sprachen ferner von einem sehr niedrigen Gewebeschrumpf, den Sie mittels Spannrahmen erzielen konnten (0,2 bis 1,2 %). Auf welche Temperatur bezieht sich das, denn diese Angabe ist für die Weiterverarbeitung sehr wesentlich?

Zur Herstellung von Webbäumen. Sie haben im allgemeinen abgerollt, um keine Verkordelungen zu bekommen. Sie haben aber auch eine Abbildung gezeigt, wo über Kopf abgezogen wird. Wie kommen Sie damit zurecht, und welche Fadendichte kann man dabei nehmen? Wir haben damit eigentlich keine guten Erfahrungen gemacht.

Dr.-Ing. Peuker: Zunächst zur Frage des Über-Kopf-Abziehens im Spulgatter für die Webkette. Die Webereien waren zwar gezwungen, sich den Flachfäden anzupassen, sie waren aber nicht immer gewillt, sofort zu investieren. Also suchte man den Weg des geringsten Widerstandes, um mit der konventionellen Methode des Über-Kopf-Abziehens (d.h. mit einer Mindestdrehung) fertig zu werden. Solange nur Säcke oder Emballagen erzeugt wurden, spielte das keine große Rolle. Inzwischen ist auch bei der Flachfadenherstellung und -weiterverarbeitung der Qualitätsgedanke in den Vordergrund getreten.

Man möchte nun die Flachfäden auch wirklich flach legen. Die Methode dazu wurde bereits genannt. Auf das Über-Kopf-Abziehen müssen Sie aber dabei verzichten. Man arbeitet dann ausschließlich mit Tangentialabzug im Gatter. Wenn Sie noch über Kopf abziehen, so ist das nur ein Stadium des Übergangs. Es fragt sich, ob Ihr Produkt das vom Abnehmer her gestattet.

Die Aufgabe eines Flachfadens im Produkt ist es ja, flach zu liegen und Flächen zu erzeugen. Warum sollte man ihn leicht drehen? Höchstens um die Oberfläche von Säcken und Emballagen etwas rauher und somit rutschfester zu gestalten. Es sei denn, man dreht ihn stärker zu einem sogenannten Rundfaden, der für spezielle Artikel, wie Filterschläuche oder Zucker- und Mehlsäcke, verwendet werden kann. Die mit zehn bis dreißig Drehungen pro Meter durch das Über-Kopf-Abziehen zwangsweise eingebrachte Drehung des Flachfadens hingegen hat zumeist keinen praktischen Wert, denn durch sie wird der Grad der Flächendeckung gemindert.

Ihre Frage bezüglich der Installation von Flachfadenanlagen in der Bundesrepublik Deutschland kann ich Ihnen im Moment nicht genau beantworten, weil mir die Unterlagen dazu fehlen. Vielleicht gibt Ihnen das Anhaltspunkte, wenn Sie sich auf die Firma beziehen, die die meisten Anlagen mit einer gewissen Priorität geliefert hat, und dann noch ca. ein Drittel für Fremdanlagen addieren. Da diese Firma mit Ihrem Hause ohnehin eng verbunden ist, wird Ihnen diese Zahl sicher zugänglich sein.

Dr. Studt: Mir ist die Zahl der von der Barmag verkauften Extruder durchaus bekannt. Sie sagt mir aber noch lange nicht, wieviele Tonnen Webbändchen bzw. Splitfäden pro Jahr hergestellt werden.

Dr. Peuker: Ich kann Ihnen schon deshalb keine Zahl nennen, weil die einzelnen Produkte gewichtsmäßig stark differieren, und daher die Erzeugungsmenge in Tonnen nicht viel aussagt. Ich hob den schwereren Splitfaden gegenüber dem leichten, nur 20 μ dicken Webflachfaden hervor. Das sind natürlich produktionsmäßig große Unterschiede, die aus der Tonnenzahl nicht ersichtlich werden. Eine Aufteilung ist da nur schwer zu erhalten, da das Produktionsspektrum der Konkurrenten nicht genau bekannt ist. Die Situation ist zudem in dauerndem Wandel begriffen. Zum Beispiel gab es in den letzten Monaten ganz erhebliche Umstellungen bei den Flachfäden, die man nun, anstatt nur für Säcke, auch für Tischtücher einsetzt.

Es gibt derzeit noch keinen Verband, der die Produktionszahlen sammelt. Ein Verband wäre auch hinsichtlich Preisgestaltung und Marktpolitik wünschenswert. So interessant die Splitfadenherstellung technisch ist, kommerziell ist sie für manche Produkte noch zu wenig aussichtsreich. Sie müssen schon einen sehr spitzen Rechenstift haben, wenn Sie - vom Granulatpreis ausgehend - zu einem gewinnbringenden Artikel kommen wollen.

Nun zu der Frage: hie Monofile - dort Flachfäden. Die Flachfäden sind ja anlagenmäßig aus den Monofilen entwickelt worden. Der Übergang von der Monofil- auf die Flachfadenanlage ist konzeptions- und konstruktionsmäßig nicht ganz ideal. Wenn Sie das Barfilexverfahren nehmen oder andere Möglichkeiten, die derzeit zwar patentmäßig bekannt sind, industriell aber noch nicht ausgewertet werden, so gibt es doch bereits Vorschläge, fertige Fäden mit dem richtigen Querschnitt direkt (d.h. ohne Folienphase) aus der Düse zu extrudieren. Barfilex ist ein Weg dahin, von den Kapillarstegen abgesehen, die nur als verbindendes Element dienen, um einen guten Betriebsablauf zu gewährleisten. Diese Methode entspricht weitgehend der Monofilherstellung. Wegen des nur sehr kurzzeitigen Zwischenstadiums der Folienphase kann diese Methode eigentlich nicht mehr exakt dem Folienverfahren zugerechnet werden.

Sie meinen doch Monofile mit viereckigem Querschnitt? Deren Laufeigenschaften sind aber nicht immer so günstig, wie man es vielleicht schlechthin erwartet. Die ganze Entwicklung zum Fibrillieren und Kapillarisieren verlief zunächst über die Folienphase. Heute geht sie dahin, vorhandene Anlagen zu modifizieren, zum Beispiel durch Zusatzaggregate, durch den Austausch von Düsen oder durch die Verwendung spezifischer Profile. Ein konsequentes Vorgehen ist dabei nicht immer zu ersehen; die Abgrenzung gegenüber den Monofilen ist mitunter schwierig.

Wolpert: Zur Frage der Extrudierung von fertigen Bändchen möchte ich hinzufügen, daß es eine amerikanische Firma gibt, die schon seit längerer Zeit in Amerika und Kanada tatsächlich nicht mehr die Folie aufteilt, sondern die Bändchen direkt extrudiert. Eine ähnliche Anlage einer Tochtergesellschaft dieser Firma wurde vor kurzem in Schottland errichtet. Das Verfahren ist zwar etwas teurer als das über Folien, hat aber gewisse Vorteile für das Endbändchen.

Man müßte - vom Endprodukt ausgehend - bestimmen, welche Art Anlage die ökonomischste ist. In diesem Zusammenhang muß man die Einsatzgebiete der Kunststoffbändchen kritisch betrachten. Derzeit findet man, weltweit gesehen, den größten Verbrauch bei Stricken und Tauen, wobei es darauf ankommt, daß die Bändchen so stark wie möglich fibrillieren. Wegen des technischen Vorgangs in der Weberei sollte das Fibrillieren bei Fäden für Gewebe wieder reduziert werden können. Man unterscheidet hierfür drei Anwendungsgebiete, und zwar:

- 1) Säcke oder sackähnliche Verpackungen (wool-packings für australische Rohwolle).
- 2) Grundgewebe für Tufting-Teppiche, die in Amerika bereits einen großen Marktanteil innehaben und deren mögliche Konkurrenz die Non-wovens darstellen.
- 3) Allgemeine Textilien.

Die Firmen Barmag und Plasticisers schlugen neue Einsatzmöglichkeiten vor, an die man mit den flachen Kunststoffbändchen bisher noch gar nicht denken konnte (z.B. als Teppichflor).

Ich möchte abschließend noch etwas zur quantitativen Verwendung von Polymeren für Kunststoffbändchen sagen. Sie erwähnten die Zahl von 50 000 bis 70 000 Tonnen pro Jahr. Tatsache ist, daß 1967 in Japan 30 000 Tonnen Polyolefin für diesen Zweck verwendet wurden, davon je zur Hälfte Polypropylen und Polyäthylen. In der Bundesrepublik wurden 1967 nur 2000 Tonnen Polymere als Rohstoff für Bändchen eingesetzt, die größte Menge geht in die Synthesefaserproduktion. Ich glaube aber, daß innerhalb der nächsten zwei Jahre in Zusammenhang mit den neuen Erfahrungen und Möglichkeiten die Entwicklung auf dem Flachfadensektor stark forciert werden wird.

Dr.-Ing. Peuker: Der Begriff „Rundfaden“ wurde vielleicht sprachlich nicht ganz richtig verstanden. Ein Flachfaden ist flachliegend und nicht aufgesplittert; ein Rundfaden ist gedreht, ebenfalls nicht aufgesplittert, aber etwas voluminös. Splittfäden sind zwangsläufig stets rund. Der Splittflachfaden ist nur ein Zwischenstadium, ein Produkt der Flachfadenanlage, das aufgewickelt und danach stets verdreht oder verzwirrt wird.

Nun zu der Frage über das Tuften auf Grundgeweben aus Flachfäden. In Amerika gibt es schon ein solches Grundgewebe, in Deutschland ist man gerade dabei, die optimalen Bedingungen der Weiterverarbeitung zu finden. Es gibt eine interessante Untersuchung^{*)}, bei der Flachfadengewebe den Spun-bonded-Vliesen (Typar) gegenübergestellt werden. Eine Nadel mit glattem Schaft durchsticht beispielsweise das Gewebe anders als eine solche mit verjüngtem Schaft. Sofern die Nadel auf die Polypropylen-Grundgewebesubstanz stößt, diese durchstechen kann und nicht (wie z.B. bei Jute) ausweichen muß, entsteht ein Saugeffekt. Es kommt nun darauf an, ob das Polypropylenbändchen im Moment des Durchstehens aufspießt, oder ob es so spleißarm gebaut ist, daß es den Faden gummiartig umschließt. Man verwendet dazu immer Polypropylenmaterial, das, da nachher beschichtet wird, im Vergleich zu Polyäthylen hitzebeständiger ist.

Die Zahlen über ähnliche japanische Produkte sind mir bekannt, allerdings nicht in dieser Höhe. In Japan wird zur Zeit mehr Poly-

propylen verarbeitet als bei uns. Aber auch in Deutschland geht der Trend zum Polypropylen, sofern man die Verarbeitungsschwierigkeiten zu beherrschen gelernt hat. Allerdings beschäftigen sich in Japan die Firmen schon drei Jahre länger damit und betreiben eine intensivere Forschung. Bei uns ist man auf diesem Gebiet gerade dabei, mit der Forschung zu beginnen.

Herr Dr. Studt bat mich um eine Temperaturangabe bezüglich der Gewebeschrumpfung. Das genannte Beispiel bezog sich auf 130°C, für die Latexierung von Teppichgrundgeweben ein interessanter Wert. Im Manuskript finden Sie die Schrumpfwerte von Polyäthylen und Polypropylen (mit verschiedener Thermofixierung) von 60 bis 150°C. Diese Tabelle soll jedoch noch nicht als Richtlinie genommen werden; sie bringt nur einen Ausschnitt aus vielen Möglichkeiten. Sie ist vom jeweiligen Rohstoff abhängig und bezieht sich auf 10 Minuten Heißluftwirkung. Bei geänderter Verweildauer erhalten Sie zwar andere Kurven, die aber alle asymptotisch einem Endwert zustreben. Nach 10 Minuten befinden Sie sich fast schon im asymptotischen Teil, nach 15 bis 20 Minuten tritt kaum noch Schrumpf auf.

Dir. Harms: Ich möchte die Frage von Herrn Dr. Studt ergänzen. Es bestehen zwei Wege, um zu diesen Fäden zu kommen: über die Folie (Strecken, Spleißen, Netzwerk) oder durch direkte Extrusion aus der Düse. Wenn man vernachlässigt, daß man einmal mehr oder weniger rechteckige, ein andermal runde Querschnitte erhält, dann konkurrieren diese beiden Verfahren wirtschaftlich und qualitativ miteinander. Wie sieht es aber mit der Wirtschaftlichkeit aus, das heißt, welches Verfahren ist billiger? Überlegungen hierzu wären sehr wesentlich.

Dr.-Ing. Peuker: Wenn ich Ihnen zur Gegenüberstellung von konventionell gefertigten Monofilamenten mit Multifilamenten die Zahlen sage, die wir bei einer internen Industriekalkulation errechnet haben, dann würde ich mir selbst die Existenzgrundlage entziehen. Diese Dinge sind noch im experimentellen Stadium. Wir wissen noch nicht, inwieweit eine wirklich hundertprozentige Kapillarisierung durchführbar ist, denn erst diese bietet die technische Voraussetzung zu einem solchen Vergleich. Von den in der Patentliteratur erwähnten Verfahren sind nur ganz wenige in der Praxis brauchbar. Man kennt derzeit noch nicht einmal die optimalen Laufgeschwindigkeiten, das heißt, ob zum Beispiel nur 100 oder 400 Meter per Minute durchgehalten werden können. Man ist zwar an den rechteckigen Querschnitt düsenbedingt gebunden, experimentiert aber auch schon mit anderen Querschnittsformen und Düsenprofilen. Eine solche Anlage muß ja Tag und Nacht laufen. Einen Fadenbruch pro Stunde darf es nicht geben, erst nach vier Stunden vielleicht. Man muß zur Bedienung dieser Maschinen sehr geschickte und wachsame Leute einstellen. Erst wenn die industriellen Probleme gelöst sein werden, können wir sagen, ob derartige multifile Folien kostenmäßig einigermaßen rentabel sind. Jetzt schon Zahlen zu nennen, hieße Hellscher sein. Zweifellos investiert niemand ohne Kostenrechnung; aber diese kann derzeit nur provisorisch sein. Diese Frage kann im Moment weder in Ihrem Hause noch von den Maschinenherstellern eindeutig beantwortet werden.

Dr. Nottebohm: Wie überwinden Sie die Schwierigkeiten beim Fibrillieren, insbesondere die durch die elektrostatische Aufladung verursachten?

Haben Sie auch Vliese nach der Fibrillertechnik hergestellt, bzw. haben Sie welche gesehen? Die Verwendung von Polypropylen für Nadelvliese oder für Tufted-Teppiche bringt doch Schwierigkeiten mit sich, vor allem weil es sich anders anfärbt!

Dr.-Ing. Peuker: Ich erwähnte, daß in der industriellen Flachfadenproduktion fast ausschließlich pigmentgefärbt extrudiert wird. Jede Anfärbung der Polyolefinfertigware setzt eine Modifizierung des Gefüges voraus. In dieser Richtung wurde bereits experimentiert^{**)}.

^{*)} D. Seggie (ICI-Fibres Ltd.):

Primary Backings: Developments with Polypropylene.
Paper to the Tufting 67 Symposium at Blackburn College of
Technology and Design.
Skinner's Record, June 1967, p.409-418

^{**)} vgl. TYPAR Spun-bonded Polypropylene: Primary Backing for
Tufted Rugs and Carpets.
DuPont-Magazine, Juli-August 1967, S. 24-27

Eine Anfärbung des Polypropylenrundgewebes in der Ware ist überhaupt noch nicht diskutiert worden, weil das eine vollkommene Rohstoffumstellung voraussetzen würde. Sie können natürlich Polypropylen als Grundgewebe einer Farbe bekommen, die möglichst nicht durchscheint. Da ist jede gewünschte Farbe in jeder Nuance möglich. Sie werden wahrscheinlich einen Braun- bzw. einen Grauton bevorzugen. Zu diesem Zweck mischen Sie Ruß bei, der bekanntlich als der beste und billigste Stabilisator gilt.

Ich habe bereits extrudierte Vliese gesehen. In der Industrie selbst werden aber solche Materialien noch nicht „laufend“ hergestellt. Die Firma Plasticisers erzeugt breite Bändchen aus Folien, ritzt diese mit Nadeln und verstreckt danach, wodurch sich zwangsläufig ein Netz bildet. Auch in Japan ist dieses System schon bekannt. Auf dem Teppichflorsektor wurden Splitfäden versuchsweise eingesetzt. Dem Vliesektor nahekommende Anwendungen der fibrillierten Netzwerke sind mir nicht bekannt; aber vielleicht können Sie an die darauf spezialisierten Firmen, Plasticisers Ltd. sowie Smith & Nephew Research Ltd., eine diesbezügliche Anfrage richten.

Eine antistatische Behandlung solcher Netze ist zweifellos erforderlich, denn sonst können Sie sie in der Produktion nicht beherrschen. Sie können auch schon das Granulat antistatisch ausrüsten, müssen aber bedenken, daß hiezu eine gewisse Sublimationszeit notwendig ist. Diese währt meist länger als der eigentliche Produktionsprozeß und tritt daher in voller Wirkung zu spät auf. So bleiben also nur die vielen Tricks, die wir in der Textilbranche kennen, wie zum Beispiel die „Abschöpfung“ der statischen Elektrizität von der Oberfläche.

Es gibt solche Kniffe meist in Verbindung mit der Luftfeuchtigkeit. Ebenso können Sie ein Antistatikum aufsprühen, aber das führt in den meisten Fällen zu schmierenden Oberflächen der Folien, und man müßte es wieder herunterwaschen. Bei derartigen billigen Produkten wird man selbstverständlich jeden zusätzlichen Prozeß, der unter Umständen sogar eine Trocknung verlangt, zu vermeiden suchen.

Dr. Nottelbohm: Wird denn überhaupt schon fibrilliert?

Dr.-Ing. Peuker: Was das Ritzten der Folien mit Nadeln betrifft, so werden derartige Methoden in Japan, in Italien und in England bereits angewandt.

Die Angabe „10 den“ bezog sich auf Kapillaren des Barfilex-Verfahrens. Wenn Sie fibrillieren, bekommen Sie Fibrillen unter 1 den mit einer der Zufallsverteilung unterworfenen Skala von Feinheiten. Das Fibrillieren ist schwer steuerbar. Sie können nur versuchen, es entweder technisch einzuengen oder zu tolerieren.

Dr. Knopp: Wie hoch liegen heute der maximale Ausstoß und die optimale Mindestkapazität einer technischen Straße?

Dr.-Ing. Peuker: Aus den Nomogrammen der Bilder 2 und 4 konnten Sie das Zusammenspiel von Galettenbreite, Verstreckungsgrad, gewünschter Feinheit und erzeugter Menge ersehen. Der mögliche Produktionsbereich ist sehr breit. Sie kommen bei Anlagen großer Arbeitsbreite von einem Ausstoß von beispielsweise 45 kg pro Stunde (sehr feine Flachfäden: 0,18 mm, 80 m/min, 800 mm Galettenbreite, Schlauchfolie) bis zu einem Ausstoß von beispielsweise 170 kg pro Stunde (schwere Splitflachfäden: 0,07 mm, 125 m/min, 1200 mm Walzenbreite, Flachfolie). Andererseits ist eine möglichst große Arbeitsbreite der laufenden Sicherheit des Betriebsablaufs nicht unbedingt förderlich. Eine Fixzahl anzugeben, ist unmöglich. Sie müßten schon die Fadenbreite und -dicke eines Produktes und auch die Art und Größe des Extruders (mit kontinuierlichem oder diskontinuierlichem Betrieb) benennen.

Bei einer kontinuierlichen Fertigung können Sie die Leistung des Extruders nicht voll ausnützen, sodaß er aus dieser Sicht eigentlich überbezahlt ist. Das ist auch der Grund dafür, daß man hier und dort zur diskontinuierlichen Verfahrensweise übergeht. Man läßt zum Beispiel den Extruder im Dreischichtbetrieb, die Anlage selbst dagegen in zwei Schichten laufen (vielleicht auch nur, weil man das Personal für die Nachtschicht nicht bekommen kann).

Die wirtschaftliche Mindestgröße hängt davon ab, wie groß die Partien sind, die Sie zu fertigen haben. Wenn Sie Webbändchen für den modischen Sektor erzeugen wollen, wo jeden Tag oder sogar in jeder

Schicht die Farbe gewechselt werden muß, werden Sie ganz andere Produktionsverhältnisse vorliegen haben als bei der wochenlangen Herstellung von Bändchen mit stets gleicher Breite und Dicke (z.B. für Säcke).

Die Frage nach dem mechanischen Wirkungsgrad kann direkt beantwortet werden. Es ist für eine Flachfadenanlage äußerst wichtig, einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen und keine Stillstände aufzuweisen. Diese bedeuten bei der kontinuierlichen Fertigung im wahren Sinne Zusammenbruch und enormen Rohstoffverlust.

Dr. Knopp: Bei einer Produktionsaufnahme müssen Sie sehr genau kalkulieren, ob Sie mit relativ kleinen Einheiten noch wirtschaftlich arbeiten können. Sonderchargen spielen natürlich auch eine Rolle, wobei die Frage nach der Mindestgröße dann besonders aktuell wird.

Prof. Köb: Darf ich die Frage anders formulieren? Wie klein darf ein Extruder gerade noch sein, damit man überhaupt daran denken kann, ihn im Betrieb einzusetzen? Wieviel Kilogramm Granulat werden hierbei ungefähr versponnen? Können Sie uns eine Zahl nennen, worunter sich auch ein Spinner etwas vorstellen kann?

Dr.-Ing. Peuker: Wollen Sie es sich leisten, mit einem möglichst kleinen Extruder gegen andere Betriebe mit leistungsstarken und somit flexiblen Extrudern zu konkurrieren?

Dr. Daimler: Es kam klar heraus, daß die Polyolefine bei der Herstellung von Flachfäden bereits große Bedeutung erlangt haben. Wo sehen Sie am ehesten eine Chance, um so bewährte Polymere wie Polyester und Polyamid für diese Zwecke verwenden zu können?

Dr.-Ing. Peuker: Polyester- und Polyamidgranulate sind zu teuer und daher im Moment meines Erachtens uninteressant. Die Patente beziehen sich zwar höchst selten auf Polyolefin allein; es werden auch Polyamid und Polyester häufig genannt. Man braucht hiezu jedoch unbedingt Granulate guter Qualität, und deren Preis beträgt zur Zeit noch fast das Dreifache von dem der Polyolefine. Wo wollen Sie denn diese dann teuren Flachfäden eingesetzt sehen? Puncto Temperatur bereiten sie verhältnismäßig wenig Kummer. In preislicher bzw. in marktlicher Hinsicht ist es aber meines Erachtens verfrüht, darüber zu diskutieren.

**Vliesstoffe auf trockenem Weg:
Herstellung und Anwendung -
ergänzt durch Spunbondeds.**

Prokurist Dr. Carl Ludwig N o t t e b o h m
Technischer Leiter der Viledon-Werke Carl Freudenberg,
Weinheim/Bergstraße

1. Herstellung der Faservliese aus Faserfloren mit Hilfe von Kardiermaschinen (gerichtet, kreuzgelegt und in Wirrfaserstruktur); Aerodynamisch gebildete Faservliese, die durch Lufttransport von Fasern auf eine luftdurchlässige Unterlage gebildet werden; Spinnvliese, hergestellt in einem Arbeitsgang durch Erspinnen der Fasern aus der Schmelze fadenbildender Polymerer.
2. Verfestigung solcher Faservliese zu Vliesstoffen durch Nadelmaschinen mittels wechselndem Einstechen und Ausziehen von mit Widerhaken versehenen Nadeln; Verfestigung mittels Anlösen der Fasern, Binfaser oder -pulver, oder quellend wirkender Mittel; Adhäsive Verfestigung mit Bindemitteln in Dispersionsform oder in gelöster Form.
3. Spezielle Verfestigung: Verstärkung von Vliesstoffen durch Einlegen von Fäden oder Flächengebilden; Strukturierte Vliesstoffe, bei denen die Fasern so angeordnet sind, daß eine Bildstruktur (z.B. Lochstruktur) entsteht.
4. Kurzer Hinweis auf die Ausrüstung von Vliesstoffen.
5. Kurzer Hinweis auf die Prüfung von Vliesstoffen.
6. Einige Anwendungsbeispiele sowie Vorlage von Mustern.
7. Entwicklungsaussichten der Vliesstoffe für die nächsten Jahre.

1. Production of fiber sheets from fibrous webs (straightened, crossed or in random position) with the help of carding machinery. Aerodynamic production of fiber sheets, i.e. air transport of fibers and their deposition on air-permeable bases. Spun webs produced in one operation by spinning fibers from melts or solutions of fiber-forming polymers.
2. Consolidation of such fiber sheets to obtain non-woven fabrics by the alternate insertion and withdrawal of barbed needles on needle machines: Consolidation by the partial dissolution of fibers by means of connective fibers or powders, or by means of swelling agents. Adhesive consolidation with the help of binders in the form of dispersions or solutions.
3. Special consolidation: The reinforcement of non-woven fabrics by the insertion of threads or fabrics. Structurized fabrics, in which the fibers are arranged so as to form configurations (e.g. eyelet structures).

4. Brief reference in regard to the finishing of non-woven fabrics.
5. Brief reference in regard to the testing of non-woven fabrics.
6. Some practical examples and showings of specimens.
7. The prospective developments in the field of non-woven fabrics during the next few years.

Meine Damen und Herren!

Ich habe die Freude, Ihnen einen Vortrag über Vliesstoffe zu halten:

- Vliesstoffe auf trockenem Weg hergestellt,
- Anwendungen, verknüpft mit wirtschaftlichen Aspekten,
- ergänzt durch "Spunbondeds", spinngebundene Vliesstoffe (Spunbonded non-woven fabrics).

Definition

Sie wissen, Vliesstoffe sind flexible, poröse Flächengebilde aus Textilfasern, die, gegebenenfalls nach Vorverfestigung auf mechanischem Weg (z.B. Nadeln), durch Verkleben mit Hilfe eines Bindemittels, durch Anlösen, durch Verschweißen oder durch eine Kombination dieser Verfahren untereinander verbunden sind.

Besonders in den letzten Jahren haben Vliesstoffartikel steigende Bedeutung als Gebrauchsgüter gewonnen.

*Produktion von Vliesstoffen
in t.
(teilweise gesch.)*

Jahr	BRD	Europa	USA	sonst. Länd.	Welt
1961	1800	2500	29000	2700	34.000
1962	2250	3500	36000	3200	42700
1963	2750	5000	44000	4200	53.200
1964	3200	6500	50000	5300	61.800
1965	5750	10000	58000	7000	75.000
1966	8600	15000	67000	8000	90.000
1967	10.000	17.500	77.000	10.500	105.000
1970	15.000	26.000	136.000	20.000	182.000

Abb. 1

Man vergleiche das Anwachsen der Produktion:

- a) in Europa in 10 Jahren um das 10-fache,
- b) in der BRD in 10 Jahren um das 9-fache und
- c) in den USA in 10 Jahren um das 5-fache.

Vor Jahren war das ein unbekanntes Gebiet, mit dem sich nur Außenseiter, die Interesse an neuen Entwicklungsgebieten hatten, beschäftigten. Jetzt ist es ein weltweites Arbeitsgebiet, um das sich große und kleine Firmen bemühen.

Das folgende Bild versinnbildlicht diesen Anstieg.

Anzahl der Vliesstoff-Hersteller

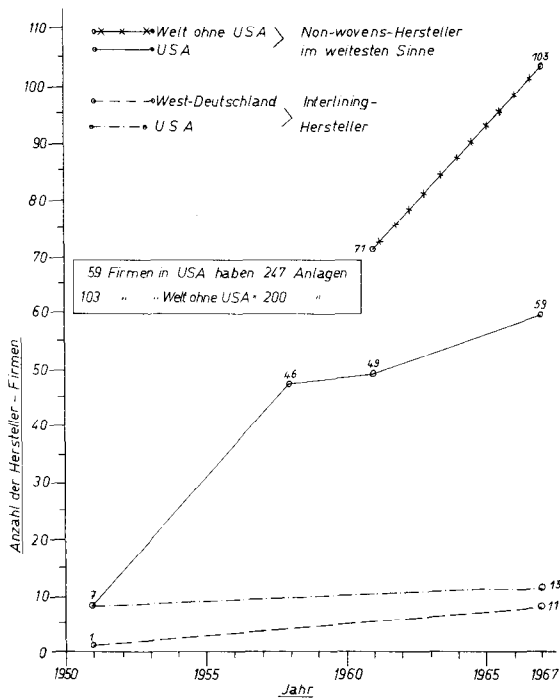


Abb. 2

Dargestellt ist das Wachstum der deutschen und der amerikanischen Nonwoven-Industrie, unterteilt nach textiler und allgemeiner Verwendung der produzierten Vliesstoffe. Interessant ist, daß in den USA 59 Firmen 247 Anlagen betreiben, während auf der gesamten übrigen Welt 103 Firmen nur 200 Anlagen in Betrieb haben.

Das war nicht immer so. In Konkurrenz zu Papiererzeugnissen kamen geringwertige Fabrikate erstmalig in den Zwanzigerjahren in den Handel. In Europa begann man 1930 mit der Fabrikation von sogenannten „Durable products“, das heißt dauerhaften Erzeugnissen.

Zum Unterschied zu den USA ging in Europa von Anfang an das Bestreben dahin, höherwertige Gebrauchsprodukte, aber keine Wegwerfartikel zu schaffen. In Europa waren es nicht die Textilfirmen, sondern vornehmlich Branchenfremde, die sich mit dieser neuen Vliesstofftechnik beschäftigten. Als Beispiel möge die Patentanmeldung von Kalff (damals Weißweiler & Kalff, Erfinder: Dr. Schöller, DRP Nr. 544 324 vom 26.8.1928) dienen. Gemäß diesem Patent wurden aus Vliesen, in Kombination mit Gewebe verklebt, Schuhversteifungstoffe hergestellt. Diese Produkte stellt auch heute noch die bekannte Firma Kalff in Stotzheim bei Euskirchen/Rhld. her.

Ein anderes frühes Verfahren ist jenes des Holländers Blau-pot ten C a t e . Mit diesem entwickelte ich um 1930 ein Verfahren zur Herstellung von Kunstlederunterlagen aus mit Naturkautschuk verklebten Faservliesen. Dieses Verfahren wurde später von der Firma Carl Freudenberg übernommen. Gemäß diesem Verfahren wurden erstmalig Kunstleder aus einheimischen Rohstoffen fabriziert; cottonisierter Hanf

und Zellwolle waren die Fasergrundlagen, Polyvinylazetat als Dispersion (damals gerade auf den Markt gekommen) das Bindemittel.

Ausgehend von der Notwendigkeit, Leder zu ersetzen, wandte sich damals die Firma Carl Freudenberg sehr früh dieser neuen Entwicklungsmöglichkeit zu - und ist inzwischen wohl zu einem der bedeutendsten Vliesstoffhersteller der Welt geworden, wobei das erste Ziel, nämlich Kunstleder zu erzeugen, heute nur noch ein Teil der umfangreichen Vliesstoffproduktion ist.

Ein erster starker Aufschwung setzte ein, als es uns nach dem zweiten Weltkrieg 1947 gelungen war, aus Vliesstoffen Einlagematerial auf den Markt zu bringen, das hochwertige Produkte aus der Textilindustrie (Roßhaar- sowie veredelte Zellwoll- und Baumwollgewebe) in der Bekleidungsindustrie ersetzen konnte. Einer dieser ersten Einlagestoffe - noch in Blattform - liegt hier als Muster vor. „Bügler nie auf Rot!“, so lautete damals das Gebot, weil sonst ein Haften des Einlagestoffes an dem Bügeleisen eintrat.

Weiteres Anschauungsmaterial ist vorhanden. Aus Zeitmangel kann dieses jedoch während des Vortrags nicht gezeigt werden. Ich bitte Sie, in den Pausen recht regen Gebrauch von dem Demonstrationsmaterial zu machen.

Strukturvergleich

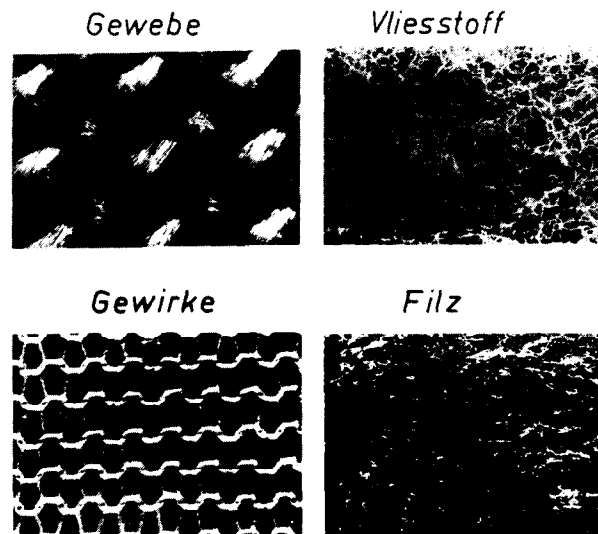


Abb. 3

Der grundsätzliche Unterschied zwischen Geweben, Gewirken und Filzen einerseits und Vliesstoffen andererseits besteht in ihrer Bindung. Bei den gewebten Textilien ist der Aufbau zu ca. 90 % und mehr aus Fasern gebildet, die durch den Vorgang des Spinnens zum Garn zusammengedreht und durch den Arbeitsprozeß des Webens oder des Wirkens zu mehr oder weniger dichten Gebilden zusammengeschlagen sind. Die Einzelfaser ist dabei untergegangen. Bei Vliesstoffen ist die Einzelfaser mehr oder weniger erhalten geblieben, wobei in den häufigsten Fällen im fertigen Vliesstoff Fasern zu einem Anteil von 40 bis 60 % vorhanden sind, daneben Bindemittel und Veredlungchemikalien.

Das Bestreben bei der Vliesstoffherstellung ist, die Eigenschaften der Einzelfaser im Verband zu erhalten. Dies wird am besten durch gleichmäßige Faserverteilung über die Fläche erreicht. Eine derart gleichmäßige Faserverteilung weiterhin zu bewahren, ist das Ziel bei den Verfestigungsprozessen jeglicher Art, und aus diesem Aufbau resultieren mehr oder weniger die besonderen Eigenschaften der Vliesstoffe, die ihren jeweiligen Verwendungszweck bestimmen.

Eigenschaften

Solche Eigenschaften sind beispielsweise

- die Porosität, z.B. angewendet bei Separatoren und Syntheseleder,
- die Steifheit der Flächengebilde (je nach dem Verhalten bzw. dem Verhältnis von Bindemitteln und Fasern), z.B. bei Filterstoffen und Filtermatten, Schleif- und Polierscheiben etc.,
- die Sprungelastizität, z.B. bei Einlagestoffen,
- das hohe Volumen, z.B. bei Wattierstoffen,
- die hohe Einreiß- und Weiterreißfestigkeit, insbesondere bei synthetischen Ledern,
- die geschlossenen, trotzdem porösen und hochsaugfähigen Oberflächen, z.B. bei Haushaltstüchern.

Vliesbildung

Bei der Herstellung von Vliesstoffen auf trockenem Wege bezieht sich diese Definition auf eine Vliesbildung ohne Zuhilfenahme von Wasser als Fasertransport- und Verteilungsmittel, wie es zum Beispiel bei der Papierfabrikation angewendet wird, und wie es Professor Ploetz in seinem nachfolgenden Vortrag schildern wird.

Eine solche Vliesbildung auf trockenem Wege geschieht - wie Ihnen wohl hinreichend bekannt sein dürfte - mit Hilfe von Karden, Krempeln und Garnetten. Auf diesen Maschinen werden Flore erzeugt, die durch Übereinanderlegen mittels entsprechender Aggregate zu Vliesen aufgebaut werden.

Im Zuge der Entwicklung der Vliesherstellung kommen seit ca. zehn Jahren stetig verbesserte Vliesbildemaschinen in den Handel, die nach dem Luftlegeprinzip arbeiten. Die bekanntesten Maschinen sind der Rando-Webber oder jene Maschinen, wie sie von den Firmen Dr. Fehrer und Angleitner hergestellt werden.

Fasern

Die Zeit ist zu kurz bemessen, sodaß ich an dieser Stelle nicht auf Einzelheiten eingehen kann. Bei den erwähnten Vliesbildungsprozessen werden alle Arten von Fasern angewendet: natürliche, halbsynthetische, synthetische und mineralische Fasern. Aus den drei ersten Faserarten werden die Vliesstoffe, denen dieses Thema gilt, gebildet. Die letzteren - unter ihnen Glasfasern und Asbestware - dienen speziell zur Herstellung technischer Produkte. Sie bleiben von dieser Betrachtung ausgeschlossen.

Folgende Tabelle möge zur allgemeinen Übersicht dienen:

Anteil der verschiedenen Faserstoffe am Aufbau der Vliesstoffe

in der Bundesrepublik Deutschland (Schätzungen)

Zellwolle	ca. 45 %
Polyamide	ca. 25 %
Polyester	ca. 12 %
Baumwolle	ca. 8 %
Polyacrylnitril	ca. 4 %
Azetat	ca. 1 %
Sonstige Fasern	ca. 5 %

(vorwiegend Wolle und Reißspinnfasern)

Abb. 4

Je höhere Anforderungen an das Fertigprodukt gestellt werden, umso mehr steigert sich der Anteil der synthetischen Fasern. Man kann sagen, daß erst durch den Einsatz der synthetischen Fasern hochwertige Vliesstoffe, die den textilen Ansprüchen genügen, hergestellt werden konnten. Erst dadurch wurde es möglich, dauerhafte Artikel zu erzeugen.

Bindungsprozesse

Die aus solchen Fasern hergestellten Vliese werden nun dem Bindungsprozeß zugeführt, und zwar unter möglichster Schonung der einmal erhaltenen - wie schon eingangs erwähnt - gleichmäßigen Vliesstruktur. Eine gute Vliesbindung ist die wichtigste Aufgabe der Vliesstoffherstellenden Fabriken.

Als rohe Übersicht über die Bindearten kann folgende Tabelle dienen:

Übersicht über die Bindearten von Vliesstoffen.

- 5% durch Verpressen gequollener Fasern,
- 10% durch Bindung auf rein mechanischem Wege,
- 15% durch Verkleben mit Hilfe von thermoplastischen Fasern oder thermoplastischen Pulvern,
- 70% durch Verkleben mit Hilfe von Bindemittellösungen oder Dispersionen.

Abb. 5

Einige dieser Bindungsprozesse sind:

1. Anquelltechnik

Das Verfestigen gequollener Fasern - hierbei verarbeitet man vornehmlich Zellulose, die bei niedrigen Temperaturen in Natronlauge angequollen ist - erfolgt über

Quetschwalzen, die die Vliese verdichten. Polyamidfasern werden dagegen zum Beispiel mit 1 bis 3 %iger Zinkchloridlösung angequollen und verkleben infolge des Quellungsvorgangs miteinander.

2. Nadeltechnik

Mechanisch verfestigte Vliesstoffe werden durch wechselndes Einstechen und Ausziehen einer Vielzahl geeigneter Nadeln in Faservliese verfestigt. Anwendungsgebiete sind zum Beispiel die Herstellung von Nadelvliessteppichen und Schlafdecken. Eine weitere Gattung mechanisch verfestigter Vliese sind die Nähwirkstoffe oder Fadenverbundstoffe, eine besonders in den Ostblockstaaten ausgeübte Technik. Bei diesem Arbeitsvorgang werden zum Beispiel Faservliese durch Maschenbildung eingnähter Fadenscharen (Kettenstichnähte) gebunden (Maliwatt- und Arachne-Verfahren).

3. Kalandertechnik

Vliese - ganz oder teilweise aus thermoplastischen Fasern bestehend - werden zur Bindung zwischen beheizten Kalanderswalzen verpreßt oder zur Herstellung von voluminösen Artikeln einer Wärmebehandlung in Trockenöfen oder Spannrahmen unterzogen.

4. Imprägniertechnik

Die Verfestigung von Vliesen mit Bindemitteln - speziell nach der Imprägniertechnik - ist das wichtigste Verfahren. Diese Verfestigung geschieht durch Lösungen oder durch Dispersionen, daß heißt in Wasser dispergierten Elastomeren oder Thermoplasten.

Von Wichtigkeit ist, daß bei solcher Imprägnierung das vorgebildete Faservlies nicht zerstört wird. Das Bindemittel muß daher so zugeführt werden, daß

- a) eine große Anzahl von Bindestellen entsteht,
- b) eine gleichmäßige Verteilung des Bindemittels sowohl im Inneren als auch an der Oberfläche des Vlieses gewährleistet ist, und
- c) daß die Struktur möglichst vollkommen erhalten bleibt.

Imprägnierungen bzw. Verfestigungen mit in Wasser gelösten Bindern, wie zum Beispiel Stärke oder Stärkeäther, Leimsubstanzen, Alginaten, Kaseinaten, Zellulosederivaten, Viskose, oder mit Polyvinylalkohol, werden für billige Artikel durchgeführt.

Bindemittel

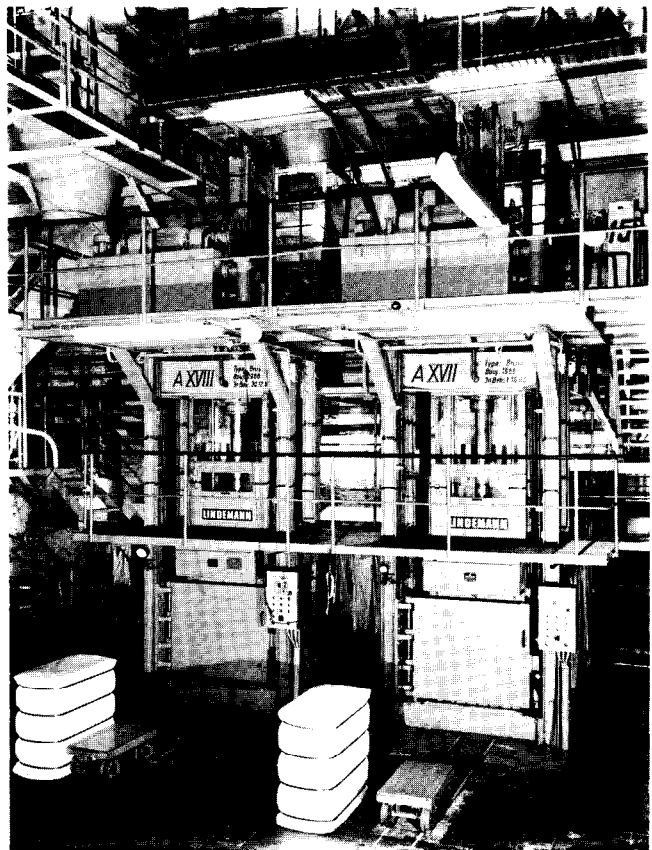
Der größte Teil aller imprägnierten Vliesstoffe findet jedoch für Artikel Verwendung, die eine längere Gebrauchsbeanspruchung aushalten sollen. Bei solchen erfolgt die Bindung mit *Elastoplasten* oder *Thermoplasten*.

A. Elastoplaste

Als Elastoplaste sind einzuordnen:

1. Naturkautschuklatices.

Lang erwartet, jetzt konstruiert – die neue Ballenpresse BRUSI



LINDEMANN Einkasten-Ballenpresse BRUSI

Eine Konstruktion – wie zwischen Ihnen und uns abgesprochen. Für Sie entwickelt – die neue LINDEMANN Einkasten-Ballenpresse, speziell für Faserstraßen (chemische und vollsynthetische Fasern) mit geringer Tonnen-Leistung und häufigerem Faser- bzw. Farbenwechsel.

Ihre wesentlichen Pluspunkte:

- Kontinuierliche Arbeitsweise bei entsprechender Zwischenbunkerung
- Hoher Preßdruck für die Herstellung von Export-Ballen
- Vollautomatische Faserzufuhr
- Automatische Ballengewichtskontrolle
- Hydraulischer Ballenkammerverschluß mit hydraulischer Voröffnung der Ballenkammertüren
- Störungsanzeige für die elektrische und hydraulische Steuerung
- Geringer Platzbedarf

Ausführliche Informationen halten wir für Sie bereit.



LINDEMANN KG
HYDR. PRESSEN · DÜSSELDORF

Bei diesen Elastoplasten muß eine Vulkanisation unter Zusatz von Schwefel, Vulkanisationsbeschleunigern und Alterungsschutzmitteln durchgeführt werden.

2. Synthetische Kautschuklatices auf Butadien-Styrol-Basis.
Eine Vulkanisation (ähnlich der unter Punkt 1 erwähnten) ist notwendig.
3. Synthetische Kautschuklatices auf Butadien-Acryl-Basis.

Vulkanisation

In letzter Zeit wurden Produkte entwickelt, bei denen reaktionsfähige vernetzbare Gruppen (z.B. Carboxyl- oder Hydroxylgruppen) in des Molekül eingebaut sind (z.B. Butadien-Acrylnitril-Methacrylsäure-Mischpolymerisat). Dadurch hat sich der Anwendungsbereich derartiger Kautschuklatices für die verbrauchende Vliesstoffindustrie beträchtlich erweitert. Man erreicht bei den reaktionsfähigen Dispersionen durch Zugabe von feinstverteiltem Zinkoxyd schon während der Trocknung bei nachfolgender erhöhter Temperatur oder längerer Lagerung eine Vernetzung.

B. Thermoplaste

Als Thermoplaste sind die wässrigen Dispersionen von Acrylester-Mischpolymerisaten einzuordnen.

Auch diese Binder werden mit eingebauten reaktionsfähigen Gruppen geliefert, die beispielsweise bei Zusatz von Zinkoxyd und Anwendung höherer Temperaturen vernetzen.

Der Verbrauch dieser Bindemittelmenge in gelöster oder in dispergierter Form teilt sich schätzungsweise wie folgt auf:

Wegwerfartikel	Tonnen (Trockengewicht)
Polyvinylazetat	110
Stärke, Zelluloseester	50
Polyvinylalkohol	20
Artikel für Dauerbeanspruchung	
Acrylester-Dispersionen	550
Acrylnitril-Butadien-Dispersionen	350
Styrol-Butadien-Dispersionen	60
	<hr/> <hr/>
	1140

Abb. 6

Diese Bindemittel können nach den beschriebenen Imprägniertechniken appliziert werden. Herauszuheben sind die 550 Tonnen Acrylester-Dispersionen sowie die 350 Tonnen Butadien-Acrylnitril-Dispersionen. Früher war das Verhältnis umgekehrt.

Die speziell mittels Bindemittel gebundenen Vliesstoffe sind - wie schon erwähnt - das interessanteste Arbeitsgebiet des Vliesstoffherstellers.

Imprägniertechnik

1. Schaumimprägnierung

Hiebei wird die Oberfläche des Vlieses vorgebunden und dann durch ein Schaumbad geführt, das sich über dem Spalt von Imprägnierwalzen befindet.

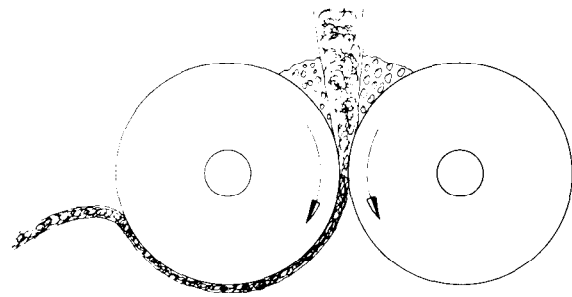
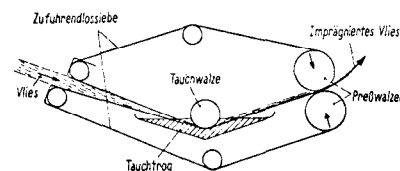


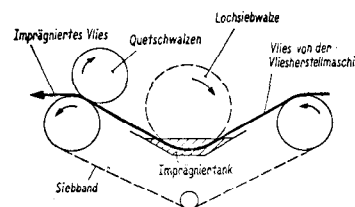
Abb. 7

2. Flüssigimprägnierung

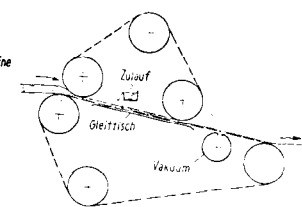
Das Vlies wird zwischen zwei Sieben (System Rodney-Hunt) oder zwischen einem Siebband und einer perforierten Trommel (System John Waldron) durch das Imprägnierbad geführt, oder es wird zwischen zwei Sieben durch die Imprägnierflüssigkeit hindurchgeleitet, wobei man für stets gleichmäßigen Zufluß und gleichbleibende Arbeitsbedingungen (wie Geschwindigkeit und Temperatur) sorgen muß (System Rando-Bonder).



Imprägniermaschine
System Rodney Hunt Saturator



Imprägniermaschine
System John Waldron



Imprägniermaschine
System Rando-Bonder

Abb. 8

3. Sprühverfahren

Ein drittes Verfahren ist das „Sprühverfahren“. Die Bindemitteldispersion wird mit Hilfe von Spritzpistolen auf das zu imprägnierende Vlies aufgesprüht. Bei dünnen Vliesen kann die Bindesubstanz zusätzlich durch Absaugen von unten sich durch das ganze Vlies verteilen; dickere Vliese besprüht man beidseitig. Das Bindemittel setzt

sich tropfenförmig in den Kreuzungspunkten der Fasern fest (Abb. 9).

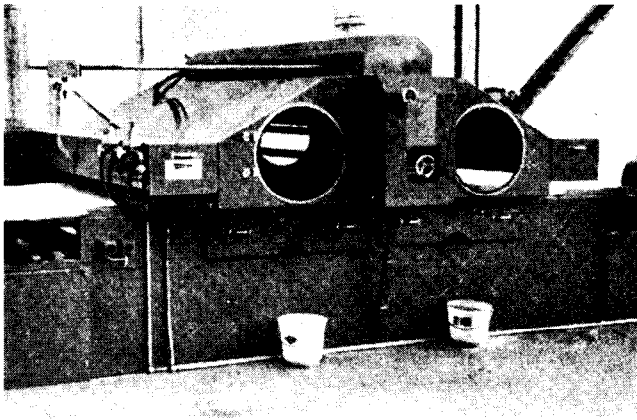


Abb. 9

Trocknungsmethoden

Nicht näher eingegangen wird auf die Trocknungsmethoden, wie zum Beispiel

- die Zylindertrocknung,
- die Sauglufttrocknung,
- die Düsentrocknung oder
- die Spannrahmentrocknung.

Beachten muß man dabei, daß eine Migration des Bindemittels während der Trocknung verhindert oder so gesteuert werden muß, daß man dadurch bestimmte Effekte an den Fertigprodukten erhält.

Theorie der Faser-Binder-Haftung

Bei den mit Bindemitteln verfestigten Faservliesen handelt es sich stets um ein Zwei-Komponenten-Gebilde. Als ein „Zwei-Komponenten-System“ ist somit das Fertigprodukt in seinen Eigenschaften sowohl von den Bindemitteln als auch von den Fasern abhängig. Die Abbildungen 10 und 11 (von Dr. Weber, Farbenrevue-Sonderheft Nr. 9, S. 25) zeigen die Kraft-Dehnungs-Diagramme bei unterschiedlichem Einfluß einiger Bindemittel bei gleicher Faser und umgekehrt das unterschiedliche Ergebnis bei verschiedenen Fasern mit gleichem Bindemittel, vorausgesetzt, daß das Vliesbild bei gleichem Fasergewicht und mit Fasern gleicher Stärke und Länge gleichmäßig aufgebaut und der Bindemittelgehalt derselbe ist.

In Abbildung 10 ist der Einfluß des verwendeten Bindemittels deutlich zu erkennen. Die Abbildung 11 zeigt einen steilen Anstieg der Vliesfestigkeit, denn bei Verwendung von hygroskopischen Fasern, wie Viskose- oder Zelluloseacetat, ist die Zugfestigkeit des Fertigproduktes wesentlich ausgeprägter als bei den weniger hygroskopischen synthetischen Fasern (Polyamid, Polyacrylnitril), bei denen dagegen die Zugdehnung besonders hervortritt.

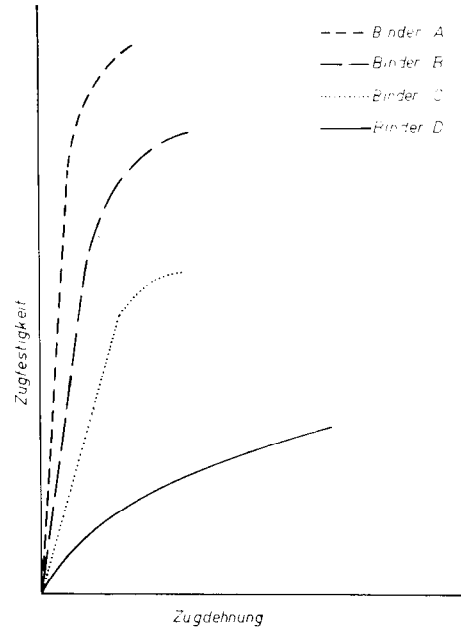


Abb. 10: KD-Diagramm bei gleicher Faser (Viskose-Zellulose) und verschiedenen Bindern (Acrylat-Basis)

- Binder A = Acralen AM
- Binder B = Acralen 4266
- Binder C = Acralen AB
- Binder D = Acrylsäurebutylester
Acrylsäure-2-äthylhexylester-Copolymerisat

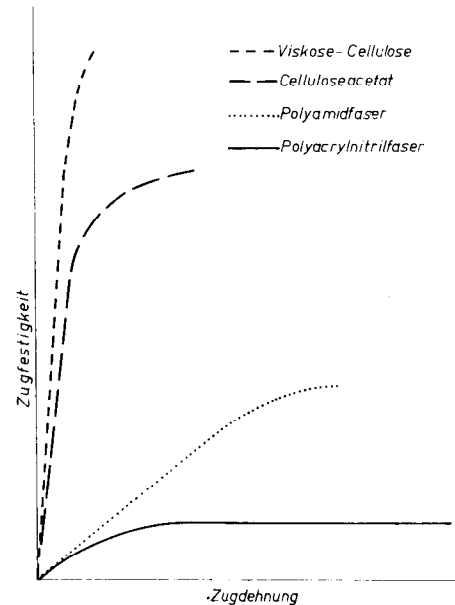


Abb. 11: KD-Diagramm bei verschiedenen Fasern mit gleichen Bindern (Acrylat-Basis, Binder = Acralen AB)

Die wichtigsten Kriterien der Vliesfestigkeit sind jedoch die Adhäsionskraft des Bindemittels zur Faser sowie die Kohäsionskraft des Bindemittels selbst. Wie stark sich die Bindemittel in Oberfläche und Form an den Fasern unterscheiden können, zeigen weitere Abbildungen aus der schon zitierten Arbeit Dr. Webers (Abb. 12, 13, 14 und 15).

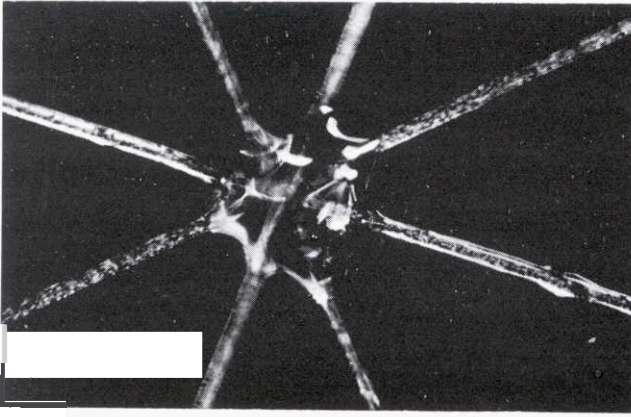


Abb. 12

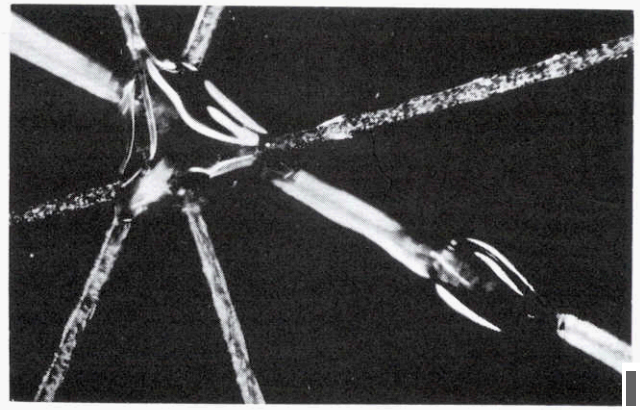


Abb. 15: Unterschiedliche Anlagerung des Binders an Fasern. Die Aufnahme zeigt neben einer Faserverklebung einen funktionlosen Bindertropfen.

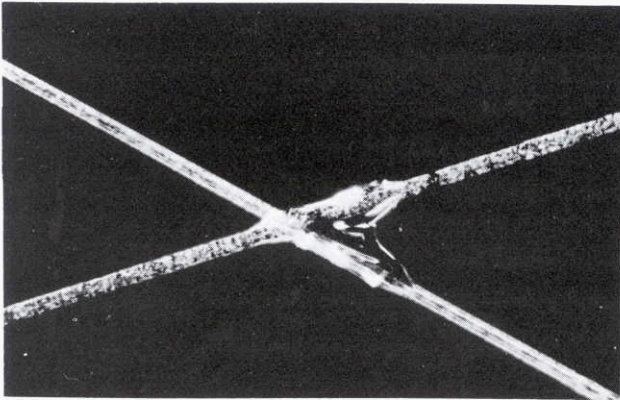


Abb. 13

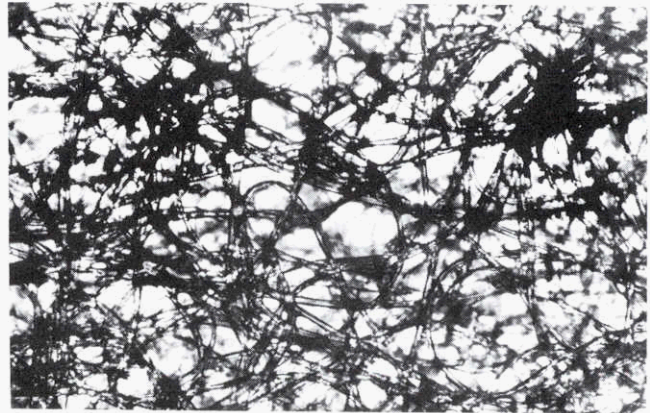


Abb. 16: Wies mit herausgelöster Azetatfaser

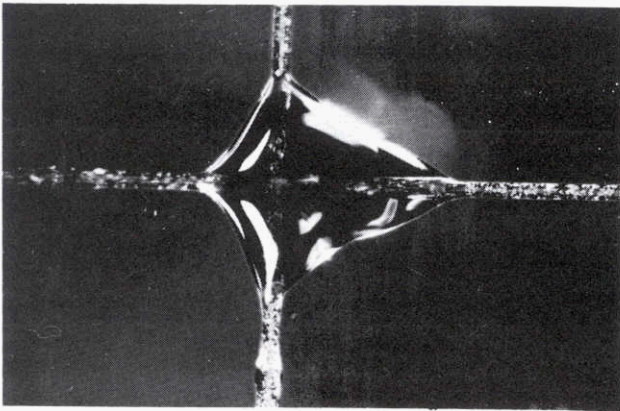


Abb. 14

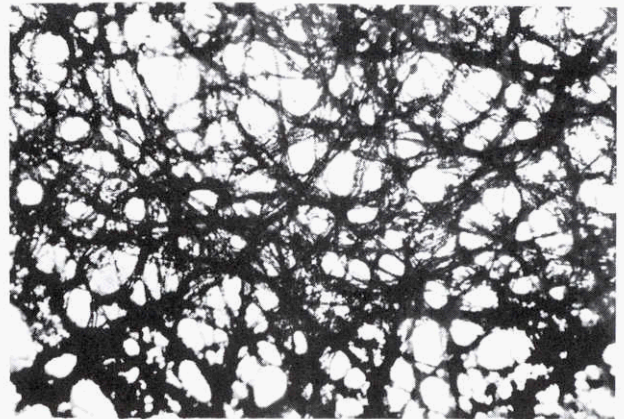


Abb. 17: Wies mit nicht herausgelöster Azetatfaser

Je größer die bindenden Punkte sind, umso größer ist die Festigkeit und der Stand des Vliesstoffes.

Statt der Bindepunkte erhält man aber - bei Verwendung von z.B. hygroskopischen Fasern - durch den Imprägnier-Vorgang **einen** vollständigen Überzug der Fasern mit Bindemitteln. Beim **Auflösen** solcher Fasern bleibt ein faserähnliches Gerüst aus Bindemitteln zurück.

Bindemittelverteilung

Der Binderverteilung selbst kommt eine große Bedeutung **zu**. Durch einen hohen Gehalt z.B. **an** Emulgatoren wird die Oberflächenspannung erniedrigt, die Netzfähigkeit des Binders nimmt zu, die filmbildenden Eigenschaften werden verbessert, **es** ergibt sich eine große Neigung **zur** Spannegelbildung, und **man** erhält beständige Einlagestoffe (Abb. 18).



Abb. 18: Spannegelartige Bindung: nichtsensibilisierte Mischung mit aktivem ZnO (500fach vergrößert)

Koaguliert man das gleiche Bindemittel, noch ehe die Flüssigkeit entfernt ist, so bilden sich Binderknötchen (Abb.19), wie es u.a. in den Abbildungen 12 bis 15 deutlich zu sehen war. Eine solche gleichmäßige Verteilung des Binders entlang der Fasern und an den Kreuzungspunkten ist ausschlaggebend für die hohe Reißfestigkeit des Fertigproduktes nach dem Trocknen.



Abb. 19: Punktförmige Bindung: sensibilisierte Mischung bei 22°C (Auflicht, 100fach vergrößert)

Mechanische Veredlung

Imprägnierte Vliesstoffe können durch Nachbehandlung für bestimmte Verwendungszwecke veredelt werden, vorausgesetzt, daß sie nach der Imprägnierung solche Festigkeiten aufweisen, die eine weitere Behandlung zulassen. Es können für Veredlungszwecke alle die Arbeitsgänge eingesetzt werden, wie sie in der Textilindustrie für Gewebe oder für Gewirke üblich sind.

Chemische Veredlung

Es ist darauf hinzuweisen, daß neben dem technologischen Ausrüstungsprozeß auch chemische Veredlungsbehandlungen für Vliesstoffe eingesetzt werden können.

Ich möchte aber auf zwei spezielle veredelnde Behandlungsverfahren gesondert eingehen, die für die Vliesstoffindustrie kennzeichnend sind und die als „Veredlungsvorgänge“ in der Textilindustrie nicht angewendet werden können, und zwar auf

I. Strukturierverfahren (durch Spritzen mit Wasser bzw. Blasen von Luft) sowie auf

11. Verfahren zur Herstellung hochsaugfähiger Pmdukte.

I. Strukturierung von Vliesstoffen

Diese dient dazu, den Vliesstoffen ein gewebe-, gewirke- oder spitzenähnliches Aussehen zu verleihen. Es gibt zwei Verfahren, von denen ich besonders dasjenige hervorhebe, welches in der Praxis - ausgehend von den USA - häufig angewandt wird.

1. Spritzen mit Wasser

Das gewebeähnliche Aussehen solcher Vliesstoffe wird erreicht, indem man das lose Vlies, das sich zwischen dem Siebband und einer Lochtrommel befindet, mit starken Wasserstrahlen behandelt.

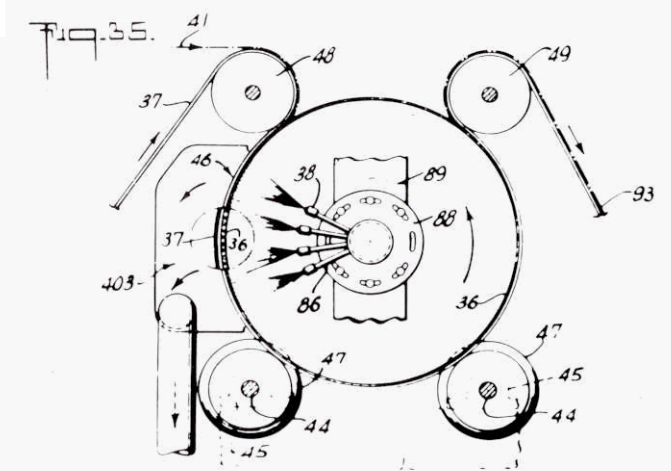


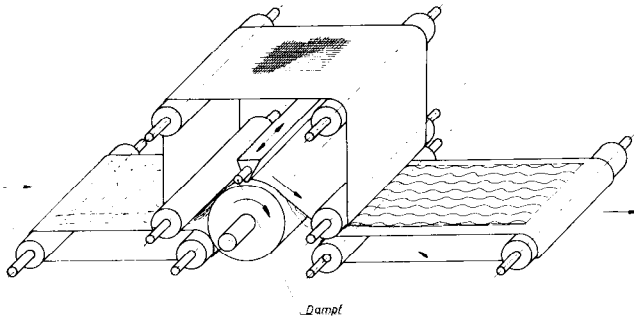
Abb. 20: Lochvliesmaschine (Völscher)

Im Innenraum dieser Lochtrommel werden diese Wasserstrahlen mit starkem Druck gegen die Wandungen der Trommel gespritzt. Das Wasser dringt durch die Löcher der Trommel gegen das aufliegende Vlies und zerteilt die Fasern entsprechend der Lochanordnung in die gewünschten Strukturen. Das so strukturierte Vlies wird durch den nachfolgenden Imprägnier- und Trockenprozeß verfestigt.

2. Blasen mit Luft

Eine andere Art, die Struktur eines Vlieses spitzen- oder gewirkeähnlich zu verändern, die von Freudenberg entwickelt wurde, ist folgende:

Ein Luftstrahl wird von außen gegen eine geschlossene Walzenoberfläche geblasen. Der Luftstrahl passiert dabei ein Sieb, welches das Vlies auf der Walzenoberfläche festhält (Abb. 21).



Apparatur zur Herstellung strukturierter Vliesstoffe (Freudenberg-Verfahren)

Abb. 21: Lochvliesmaschine (Luft), Verfahren nach C. Freudenberg

Der Aufprall sowie der Rückprall des Luftstromes schiebt die Fasern des Vlieses in die gewünschten Formen beiseite, die durch die Art des Siebes, die Geschwindigkeit des Vlieses und die Bewegung und Stärke des Luftstromes gesteuert werden können.

II. Verfahren zur Herstellung hochsaugfähiger Produkte - VILEDA-Artikel

Ein anderer „Ausrüstungsprozeß“ für Vliesstoffe wird bereits in den Imprägniervorgang hineinverlegt. Hiedurch erreicht man sämischlederartige Eigenschaften. Die Binderflotte weist einen hohen Gehalt an wasserlöslichen, gut kristallisierenden Substanzen auf. In gelöster Form durch den Imprägniervorgang in das Vlies eingebracht, kristallisieren sie beim Trocknen aus und werden später nach dem Trocknen und Vulkanisieren ausgewaschen.

An den ursprünglichen Einbettungsstellen dieser Kristalle entstehen Hohlräume, die miteinander in Verbindung stehen und infolge des elastischen Verhaltens der vulkanisierten Kautschukhäutchen als Poren erhalten bleiben. So erhält man hochsaugfähige Produkte mit Trocknungseffekten, wie sie dem Sämischleder eigen sind. Dies sind die Ihnen sicherlich bekannten VILEDA-Haushaltstücher.

Vliesstoff-Anwendungsgebiete

Zusammenfassend möchte ich nun versuchen, Ihnen einen Überblick über Vliesstoff-Anwendungsgebiete in bezug auf ihre Herstellungsverfahren zu geben. Ich habe dazu eine Tabelle zusammengestellt (Abb. 22).

Vliesstoff-Anwendungsgebiete in bezug auf ihre Herstellungsverfahren

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
	Imprägnierverfahren (Schäum-Verfahren)	Nadelverfahren	Spritzverfahren	Druckbindungsverfahren	Strukturierungsverfahren	Anquillverfahren	Nähwerkverfahren	Herbänderverfahren	Schmelzspinnverfahren
Einlagestoffe	1								
Haushaltsartikel	2								
Nadelvliessteppichböden	3								
Schuh- u. Lederwarenartikel	4								
Hygienische Vliesstoffe	5								
Technische Artikel	6								
Gebundene Füllvliesstoffe	7								
Backing-Materialien	8								
Einwegwäsche	9								
Filter- u. Separatormaterialien	10								
Synthese Papiere	11								
Oberbekleidung	12								
Dichtungsmaterialien	13								

Abb. 22

Links finden Sie die Artikel nach den ungefähren Verkaufsumsätzen wertmäßig zusammengestellt. In der oberen Rei-

he sind die dafür gebrauchten Verfahren angeführt, geordnet nach der Wertigkeit ihrer Anwendung. Die dunklen Felder im Koordinatensystem zeigen an, nach welchem Verfahren die einzelnen Artikel hergestellt werden können. Die Artikel gliedern sich in:

- Einlagestoffe
- Haushaltsartikel
- Nadelvliessteppichböden
- Schuh- und Lederwarenartikel
- hygienische Vliesstoffe
- technische Artikel
- gebundene Füllvliesstoffe
- Backing-Materialien
- Einwegwäsche
- Filter- und Separatormaterial
- Synthesepapiere
- Oberbekleidung
- Dichtungsmaterialien

Folgende Artikel können nach den bereits besprochenen Verfahren erzeugt werden:

1. nach dem Imprägnierverfahren:
 - Einlagestoffe
 - Haushaltsartikel
 - Schuh- und Lederwarenartikel
 - technische Artikel
 - Trägermaterialien
 - Einwegwäsche
 - Filter- und Separatormaterial
 - Dichtungsmaterialien
2. nach dem Nadelverfahren:
 - Nadelvliessteppichböden
 - gebundene Füllvliesstoffe
 - Schuh- und Lederwarenartikel
 - Filter- und Separatormaterial
3. nach dem Schmelzspinnverfahren:
 - Einlagestoffe
 - technische Artikel
 - Backing-Materialien
 - Oberbekleidung

Ich behandle nun zwei Sonderprodukte der angeführten Vliesstoffherzeugnisse, wobei ich bewußt den textilen Einlagestoff aus Zeitmangel ausklammere. Es sind jedoch viele Muster hievon ausgelegt, und ich bitte Sie, diese in der Pause zu betrachten.

A. Syntheseleder

Das synthetische Ledermaterial auf Vliesbasis hat für die gesamte Vliesstoffproduktion große Bedeutung erlangt. Nachfolgende Analyse des Weltschuhmarktes - aufgestellt vom USA-Landwirtschaftsministerium - zeigt in der Ver-

brauchspyramide, daß mit einer Verdrängung von Rindbox durch Synthetics gerechnet wird. Wenn wir Abbildung 23 ansehen, finden wir im Mittelfeld der Pyramide zwischen Rindbox und Schaumkunstleder auf Textil (durch Schraffurung gekennzeichnet) die Menge, die wir als „Versorgungslücke“ betrachten. In diesen Bereich fallen im allgemeinen gestrichene oder folienbelegte geringere Leder, auch zugerichtete Spalt- und Syntheseleder. Ebenso gehören dazu wasserdampfundurchlässige Kunstleder, Futterleder und Schlupfriemenmaterial.

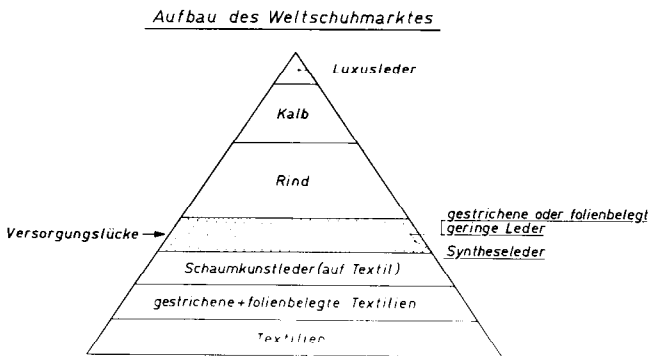


Abb. 23

Im Vergleich zu den hochwertigen Ledern im oberen Teil der Pyramide und den billigen Fußbekleidungsstoffen, den Textilien und den beschichteten Textilien im unteren Teil, ist dieser mittlere Sektor scheinbar nicht sehr erheblich. In realen Zahlen ausgedrückt, stellt diese Fläche aber eine sehr bedeutende Größe dar.

DuPont hat diese Versorgungslücke sehr frühzeitig erkannt. Ich erinnere wieder an den Pyramidenaufbau des Weltschuhmarktes, dem im Mittelfeld - nun in Zahlen ausgedrückt - für die europäischen Industrieländer plus den USA (ohne die großen Länder, wie Rußland und Japan, oder die übrigen Weltteile zu berücksichtigen) 1975 eine Bedarfssteigerung von ca. 60 Millionen Quadratmeter Syntheseoleder-material entspricht.

Zur Zeit sind in den USA zwei Firmen auf diesem Markt vertreten:

- DuPont mit „Corfam“ seit 1964 und
- Goodrich mit „Aztran“ seit 1967.

Einen Überblick hierüber vermitteln die nun folgenden Tabellen, worin Firmen, die bereits produzieren, und solche, die sich derzeit noch mit Großversuchen beschäftigen, angeführt sind (Abb. 24 und 25).

Interessant ist dabei eine Notiz im „Leder- und Schuh-Telegramm 9“, daß die ICI (die 1967 mit dem Synthesematerial „Ortix“ auf den Markt gekommen war) die synthetische Schuhmaterialfertigung abgestoppt hat, um zu einem späteren Zeitpunkt erneut herauszukommen, weil das Material den Anforderungen der Verbraucher nicht genügte. Dies ist ein sehr eindrucksvolles Beispiel dafür, welche große

Synthese-Leder
-Produktion-

Land	Firma	Produkt Name	Prod.-Beginn
Japan	Kurashiki Rayon	Clarino	1965
	Toyo Rubber	Patara	1965
	Hi-Telac Co verbunden mit Toyo Rayon Co und Toyo Cloth Co	Hi-Telac	1965
	Nippon Rayon Co	Eikas	1965
U.S.A.	Du Pont de Nemours & Co	Corfam	1964
	Goodrich	Aztran	1967
England	Imperial Chemical Industries Ltd (ICI)	Ortix	1967
	Bonded Fibre Fabric Ltd B.F.F.	Quox	
B.R.D.	Vereinigte Glanzstoff-fabriken AG	Xylee	1967
	Konrad Hornschuch	Skailen	1967

Abb. 24

Synthese-Leder
-Entwicklung-

Land	Firma
U.S.A.	Union Carbide
	Armour United
	US-Rubber
	United Shoe Machinery Co
	United Merchants & Manufacturers
	General Tire & Rubber Co (Genaire)
	Interchemical Corp
	Celanese Corp
	Rogers Corp (Poron Futter)
	Plymouth Rubber (Plytrex)
	Kendall Co (Webhide)
	3M Co ("Product X")
	Seagrave Corp
	Armstrong Cork
England	Porous Plastics
	Dunlop Rubber Co.
	J.B. Broadley (Porolux Futter)
Japan	Fijji Spinning
B.R.D.	Kalle AG
	Göppinger Kaliko
	Carl Freudenberg

Abb. 25

Schwierigkeiten sich der Syntheselederfabrikation entgegenstellen und welcher Arbeitsaufwand, welcher Bedarf, welche Vorsicht und welche Sorgfalt bei der Entwicklung gehandhabt werden müssen!

Die Firma Carl Freudenberg ist einen anderen Weg als die vorhin genannten Unternehmen gegangen. Sie ist seit 1967 mit einem synthetischen Futterledermaterial, das unter dem

Namen „*Ceef*“ gehandelt wird, auf dem Markt. Dieses eignet sich nach unserer kritischen Meinung noch nicht für höhere Beanspruchung, wie es zum Beispiel für Herrenschnabelleder verlangt wird. Es genügt den Ansprüchen eines Futterleders oder eines Schlupfriemenmaterials; auch leichte Damenschuhe lassen sich daraus anfertigen. Unsere großen Erfahrungen auf dem Oberledergebiet zwingen uns - schon unseres guten Namens wegen auf diesem Sektor - zu äußerster Sorgfalt und zu hohen Anforderungen an ein solches Oberledermaterial. Wir arbeiten daran, halten aber - so verlockend es auch wäre, in dieses Gebiet einzudringen - unser Material zur Zeit noch zurück.

Folgende Eigenschaften des Syntheseleders wären noch zu verbessern:

1. Erhöhung der Wasserdampfdurchlässigkeit

Sie beträgt bei Syntheseleder ca. 2 g/cm^2 , bei Rindsleder ca. 6 bis 8 g/cm^2 und bei Kalbsleder sogar bis 15 g/cm^2 .

2. Erhöhung der Feuchtigkeitsaufnahme

Leder kann bis zu 20 % seines Gewichtes an Feuchtigkeit aufnehmen, ohne daß ein Feuchtegefühl auftritt, Syntheseleder dagegen nur ca. 7 bis 8 % seines Gewichtes. Dabei ist zu beachten, daß das spezifische Gewicht von Syntheseleder um ca. 50 % niedriger liegt als das von Leder.

3. Erhöhung der Abriebfestigkeit der äußeren Schicht

Bei Beschädigung gibt es keine Ausbesserungsmöglichkeiten durch Nachbehandlung mit Schuhpflegemitteln. Es besteht die Gefahr einer Zersetzung und ist daher für strapazierfähige Schuhe noch nicht geeignet.

4. Verbesserung der Anpassungsfähigkeit an den Fuß

Es besteht wegen der zu geringen bleibenden Dehnung die Gefahr, Druckstellen am Fuß zu verursachen. Der Schuh tritt sich nicht ein.

Vergleichen wir schließlich anhand der nachfolgenden Aufnahmen auch noch den Aufbau eines Kalbsledermaterials mit dem von „*Corfam*“ im Vertikalschnitt (Abb. 26 u. 27).

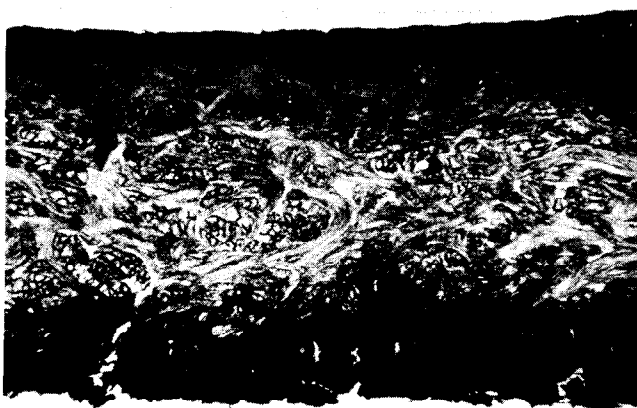


Abb. 26: Leder, Vertikalschnitt, gewachsener Aufbau (Auflicht, 50fach vergrößert)

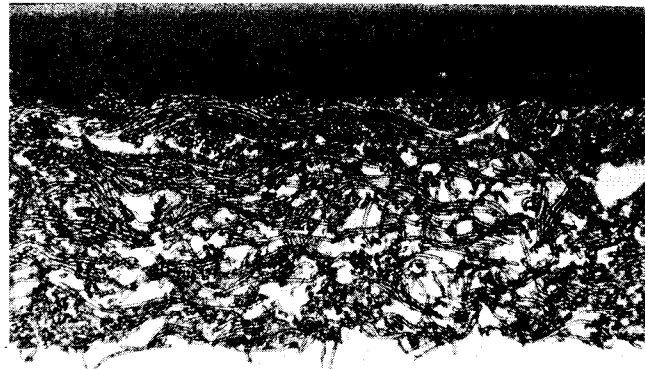


Abb. 27: Corfam, Vertikalschnitt: Vliesschicht + Polyurethan-Deckschicht + Finish-Schicht (Durchlicht, 50fach vergrößert)

B. Schmelzspinn-Vliesstoffe

Ich komme nun zu einem letzten, neuartigen, sehr aktuellen Produkt auf dem Vliesstoffgebiet, und zwar zu den „*Spinnvliesen*“ oder - wie sie in der englischen Literatur genannt werden - zu den „*Spunbonded Products*“.

Zur Zeit gibt es zwei Hersteller auf diesem Gebiet: in den USA DuPont und in Deutschland Carl Freudenberg. Beide Firmen arbeiten nach verschiedenen Verfahren, die patentrechtlich geschützt sind und deren jeweilige Hauptmerkmale im folgenden referiert werden.

Die Herstellung von Spinnvliesen teilt sich in drei Aufgaben:

A. Die Bildung des Fadens

Faserbildende Hochpolymere werden mit Hilfe spezieller Spinnköpfe - kombiniert mit Hilfe von Verstreckungs-luftströmen - zu endlosen Filamenten ausgesponnen. Solche Hochpolymere sind: Polyamid, Polyester, Polypropylen und Polyurethan. Hinsichtlich der Fadenbildung unterscheiden sich jedoch die Verfahren von DuPont bzw. Carl Freudenberg.

- DuPont arbeitet mit Vorrichtungen ähnlich den Spinnköpfen, in denen die einzelnen Düsen kreisförmig angeordnet sind und aus denen die Fäden in Strängen abgezogen werden.
- Carl Freudenberg arbeitet mit Spinnbalken. Die Düsen sitzen dort linear aufgereiht; es entstehen Fäden, die gleichermaßen in Schleifern weitergegeben werden.

B. Die Fadenablage

Die gebildeten Fäden müssen möglichst gleichmäßig abgelegt werden. Dadurch wird erreicht, daß eine statistisch ungeordnete Wirtvliesverteilung erhalten wird. Eine gewünschte gleichmäßige Fadenablage ist von der Anordnung der Spinnköpfe und den nachgeschalteten Führungs- und Verstreckorganen abhängig. Dabei ist die Hauptauf-

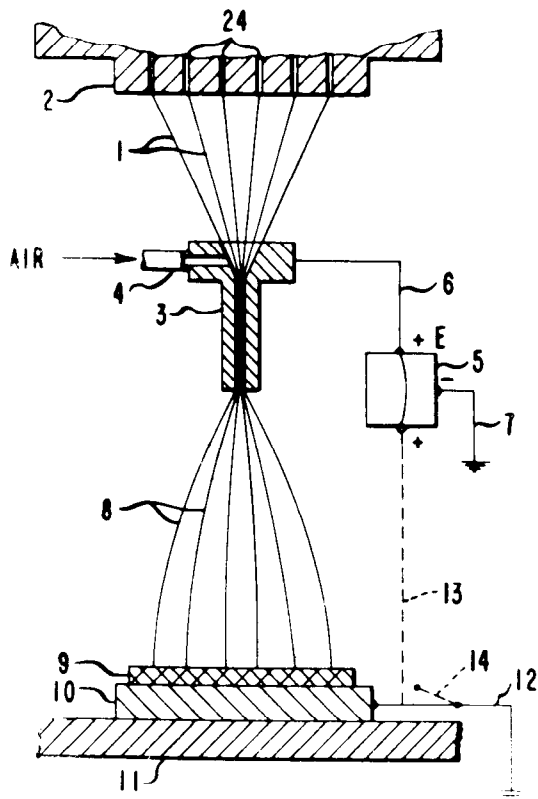


Abb. 28: DuPont-Verfahren

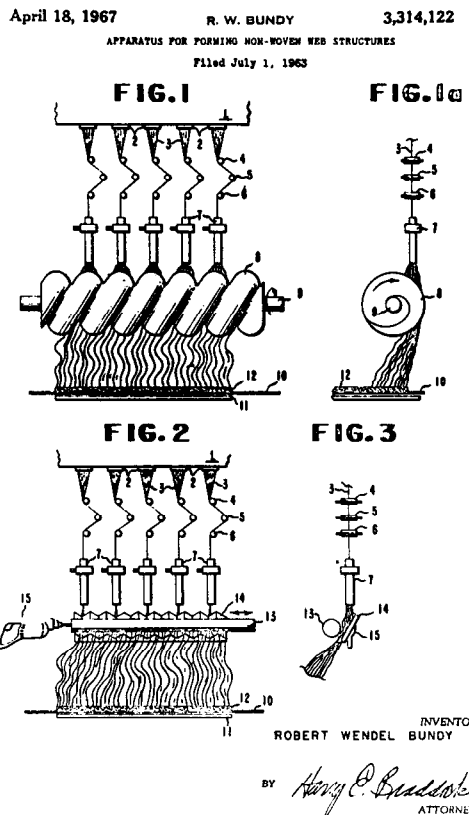


Abb. 29: Coanda-Effekt

gabe, die gebildeten Filamente vom Moment des Aus-spinnens bis kurz vor ihrer Ablage möglichst voneinander getrennt zu halten.

Abbildung 28 zeigt die DuPont-Verfahrensweise (entnommen aus dem US-Patent Nr. 3,117.053). Nach dem Verlassen der Spinnbrause werden die Fäden in einem gewissen Abstand von der Düse mit Hilfe eines runden Beschleunigungsjets abgezogen. Hierbei werden sie gleichzeitig elektrisch aufgeladen, sodaß sie sich nach dem Verlassen der Spindüsen auseinanderspreizen. Bei einer Produktionsapparat-ur müssen mehrere Spinnbrausen verwendet werden, die elektrischen Felder dürfen sich aber nicht überlagern. Es sollen sich auch keine Stoßstellen bilden.

Eine Methode, dieses Problem zu bewältigen, ist im US-Patent Nr. 3,314.122 beschrieben. Dort wird der „Coanda-Effekt“ geschützt (Abb. 29).

Beim „Coanda-Effekt“ handelt es sich bekanntlich um jenen Vorgang, daß beim Ausgießen (z.B. einer Flüssigkeit aus einem Behälter) der austretende Strahl etwas umgebogen wird und zunächst der Wand des Behälters folgen will. Diese Effekte sind zum Beispiel auch bei strömenden Gasen vorhanden und werden u.a. in der Luftfahrttechnik ausgewertet.

Beim Spinnvliesprozeß werden die gebildeten Fäden mit Hilfe von Luft weitergeführt. Durch einen derartigen Coanda-Effekt können die Luftströme und ebenso die damit transportierten Fäden beeinflusst werden. Sie können dazu die-

nen, die Schwierigkeiten, die bei Mehrstoffdüsen in der Überlappung auftreten, zu überspielen.

Beim Freudenberg-Verfahren werden die Schwierigkeiten des Zusammenlegens mehrerer Fäden und die daraus resultierende Vliesungleichmäßigkeit dadurch vermieden, daß die Fäden - wie schon erwähnt - reihenartig in Schleiern ausgesponnen werden, sodaß sie nicht erst zusammengefaßt und dann wieder getrennt werden müssen (Abb. 30).

Dies geschieht durch Luftführungsschächte, in denen durch Zweitluftströme eine erneute Verstreckung eintritt. Die Fäden werden somit vom Moment ihres Ausspinnens bis zur Ablage weitgehend getrennt gehalten, sodaß eine statistische Verteilung gewährleistet ist.

Die Luftgeschwindigkeiten betragen dabei bis zu 5000 m per Minute. Die Orientierung der Moleküle erfolgt während des Verstreckens. Beim Verlassen der Düse haben sie einen durchschnittlichen Querschnitt von 400 μ , welcher durch den Verstreckungsvorgang bis auf 10 μ verringert wird.

C. Die Vliesverfestigung

Die künftige Verwendung ist dafür entscheidend, nach welchen Prinzipien das gebildete Vlies verfestigt wird. Der normale Endlosfaden, bzw. das normale Filament, ist nach dem Verstrecken schon beim Vlieslegen durch die während des Verstreckens entstehenden Kristallisationsvorgänge nicht mehr klebrig, und es liegen somit die abgelegten Faserlagen gewissermaßen lose aufeinander.

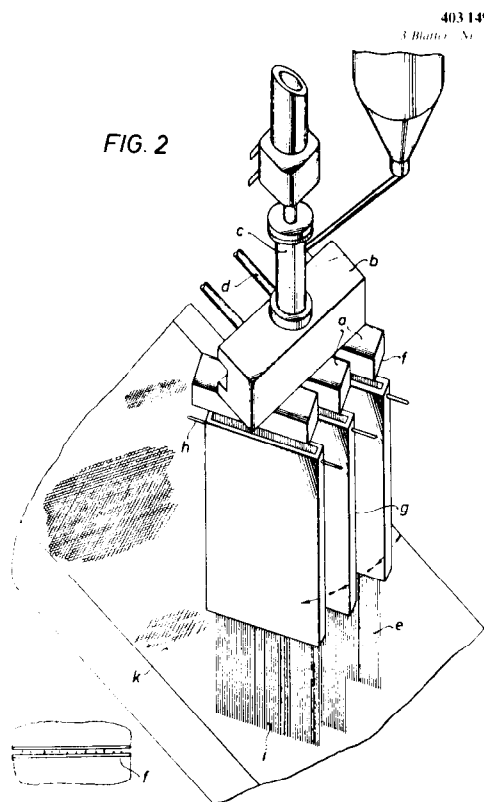


Abb. 30: Schmelzspinnverfahren nach Carl Freudenberg

Auch beim Verfestigen des Filamentvlieses sind in beiden Techniken Unterschiede vorhanden.

DuPont erhält:

- a) eine Vliesverfestigung durch Hitze- und Druckbehandlung zwischen beheizten Walzen. Die Verschweißung tritt speziell an den Kreuzungspunkten ein. Es entstehen relativ steife Produkte.
- b) Zur Vliesverfestigung können gleichzeitig auch Bindefasern miteingesponnen werden, wobei sich die Bindefaser dadurch von anderen Fasern unterscheidet, daß sie einen niedrigeren Erweichungspunkt hat als die restlichen im Vlies vorhandenen Fasern. So kann als Hauptspinnrohstoff Polyäthylenterephthalat, als Bindefaserrohstoff Copolyester aus Terephthalsäure und Isophthalsäure verwendet werden.

Freudenberg dagegen bindet durch Bindemittel in ähnlicher Weise in der eingangs erwähnten Art und berührt damit ein Gebiet, auf dem unsere großen Erfahrungen liegen. Infolge der sehr feinen Fasern (häufig unter $1,1 \text{ d/tex} = 1 \text{ den}$) resultiert eine große Faseroberfläche. Es ergeben sich viele Kreuzungspunkte, an denen die Bindungspunkte ansetzen können. Man erhält ein leichtes, textilartiges, poröses Gebilde, das auch für Oberstoffe Verwendung finden kann.

Eine zweite Bindungsart erfolgt durch den Einsatz entsprechender Rohstoffe, die besonders weiche Fasern ergeben. Hierbei findet die gegenseitige Verfestigung der Fasern im Moment der Vliesbildung statt. Die aus speziellen Copoly-

amiden in Kombination mit Weichmachern hergestellten Spinnrohstoffe sind noch einige Zeit nach dem Ausspinnen klebrig, sodaß sie sich gegenseitig an den Vereinigungsstellen binden. Infolge der Kristallisationsvorgänge verliert sich jedoch diese Klebrigkeit bald.

Ein solcher Stoff ist zum Beispiel *Viledon M*, ein sogenanntes Einbügelvlies, welches die Konfektionsindustrie als Schweißhilfsmittel zu Verklebungszwecken einsetzt. Damit werden Nähvorgänge durch entsprechende Verschweißungsvorgänge ersetzt.

Einsatzgebiete

Bei den soeben gebrachten Ausführungen habe ich schon einige Fertigmateriale erwähnt. Diese sind vom Rohstoff abhängig. Neben den bereits genannten Homopolymeren werden auch schon seit längerer Zeit eine Anzahl von Copolymeren eingesetzt, wie zum Beispiel Copolyamide und Copolyester.

Bekanntlich werden Spinnvliese auf dem Textilsektor als Einlagestoffe und als Oberstoffe verwendet. Als Einlagestoff ist das DuPont-Produkt „*Reemay*“ zu erwähnen.

Freudenberg hat mit „*Viledan*“ einen Spinnvliesoberstoff herausgebracht, von dem Muster und daraus hergestellte Kleider gezeigt wurden.

Auf dem technischen Einsatzgebiet finden Spinnvliesstoffe als Trägermaterial für Kunstleder und als Verstärkungsmaterial für Spaltleder Verwendung. Dadurch wird dieses wenig standfeste Leder veredelt.

DuPont ist mit seinem *Typar*-Material auf dem Markt, ein Produkt, das in der Tufted-Teppichindustrie als Unterlagematerial anstelle von Jute Verwendung findet.

Freudenberg liefert auf dem Verbandpflastersektor Spinnvliesstoffe, die besonders als Stretchvliese ausgerüstet sind.

Damit möchte ich meine Ausführungen über Spinnvliesstoffe abschließen und hoffe, nicht einseitig die Verfahren beleuchtet zu haben, sondern Ihnen das DuPont-Verfahren gleichwertig neben dem Freudenberg-Verfahren dargelegt zu haben. Bevor ich aber meinen Vortrag beende, möchte ich hervorheben: Unsere Erfolge auf dem Vliesstoffgebiet kommen nicht von ungefähr. Die Erfolge, die die Firma Carl Freudenberg - seit Jahrzehnten in der Vliesstoffherstellung tätig - erzielt hat, waren nur dadurch zu erreichen daß wir von Anfang an den allergrößten Wert auf vergleichende Prüfungen und strenge Überwachung der Fertigprodukte legten, sei es in textilen Artikeln, wie bei Vlieseline, sei es in technischen Artikeln, wie bei den Filterstoffen, sei es bei unseren Haushaltsartikeln: überall wird die Fabrikation überwacht oder die Fertigware auf ihren Sollwert geprüft, zum Teil sogar mit Prüfgeräten eigener Konstruktion.

Sie wissen aus der Praxis, meine Damen und Herren, welche hohen Kostensatz ein solcher „Wasserkopf“, wie ihn die Überwachung darstellt, mit sich bringt. Aber wie hätten wir diese Größe eines vliesstoffherstellenden Unternehmens erreicht, wenn die Firma Carl Freudenberg - auf Grund ihrer

großen Erfahrungen in der Lederfabrikation - nicht von vornherein überzeugt gewesen wäre, daß eine solche Überwachung auch für Vliesstoffe notwendig ist?

Ich sage dies mit einem gewissen Stolz, mit einer großen Hochachtung vor allen Herren, die mitgeholfen haben, diesen eingeschlagenen, nicht immer bequemen Weg einzuhalten.

Diskussion

Dir. Bürger: Der Ausgangspunkt für die Entwicklung des Schichtträgers für Syntheseleder, der uns als Faserhersteller besonders interessiert, war und ist die Polypropylenfaser mit ihren speziellen Schrumpfeigenschaften. Es gibt aber in letzter Zeit einige Firmen, die für den gleichen Zweck auch Polyamidfasern einsetzen. Wie beurteilen Sie diese Entwicklung und welche Chancen geben Sie diesen Fasern?

Sie haben in Ihrer Übersicht über den Einsatz der verschiedenen Rohstoffe für Vliese eindeutig gezeigt, daß von den Viskosefasern immerhin noch 45 % bestritten werden. Glauben Sie, daß auch in den kommenden Jahren deren Anteil in dieser Größenordnung bestehen bleiben wird? Wenn die Viskosefaser auch in Zukunft diesen Platz beherrschen soll, welche neuen Anforderungen müßte man dann an diesen Faserstoff stellen?

Dr. Nottebohm: Ob man Polyester oder Polyamid für Syntheseleder verwenden wird, kann ich nicht sagen. Ich glaube aber, daß der Viskosefasereinsatz für Vliesstoffe verstärkt werden wird. Wegwerfartikel werden in Deutschland bzw. in Europa noch wenig verwendet. Dieser Sektor wird sich aber ausdehnen. Gerade für diese Artikel sind die Viskosefasern ausschlaggebend. Ich denke dabei an Wegwerfwäsche und Haushaltstücher. Was die Wäsche anbelangt, so wäre es schön, wenn die Viskosefaser schwer brennbar wäre. Die Haushaltsartikel werden umso gefragter sein, je saugfähiger das Material ist. Der Viskosefaseranteil läßt sich wahrscheinlich auf 50 % steigern, wobei außerdem auch die Gesamtsumme konstant weiterwächst.

Dir. Bürger: Sie haben zum Schluß sehr ausführlich die Spinnvliese behandelt und auch eine Tabelle der Einsatzgebiete gezeigt. Wenn Sie eine Prognose für die kommenden Jahre wagen würden, welchen Anteil würden Sie den Spinnvliesen zubilligen?

Dr. Nottebohm: Ich könnte mir denken, daß die Spunbonded-Artikel für technische Zwecke gute Erfolge haben werden. Kleiderstoffe aus diesem Material sind soeben auf den Markt gekommen, und wir warten vorerst die Reaktion darauf ab. Es wäre verfrüht, etwas darüber zu sagen.

Dr. Albrecht: Ich möchte auf den ersten Teil der Frage nochmals eingehen, weil man sie meines Erachtens überhaupt nicht beantworten kann. Das Polyestervliesmaterial hat im Syntheseleder keine Eigenständigkeit, weil es stets mit anderen Schichten kombiniert werden muß. Diese Systeme müssen aufeinander abgestimmt sein.

Wir können uns ohne Schwierigkeit denken, daß sowohl Polyester als auch Polyamidfasern ihre Berechtigung in einem solchen Vlies haben, vielleicht sogar noch abgemischt mit weiteren Faserstoffen.

de Graaf: Wir haben gerade im Vortrag von Herrn Dr. Peuker über Folienfasern gehört. Haben Sie auf Ihrem Gebiet auch Erfahrung mit Polypropylenfasern und warum eignen sie sich eventuell dafür?

Dr. Nottebohm: Die Polypropylenfaser ist für das Teppichgebiet hochinteressant, insbesondere für Nadelfilze, weil bei diesen ihr schwaches Erholungsvermögen nicht ausschlaggebend ist. Auf Grund der Nadeltechnik unterliegt die Faser in ihrer ganzen Länge dem Abrieb des Fußes. Es gibt da keinen Flor, der zusammengedrückt werden kann. Für diesen Einsatzzweck halte ich die Polypropylenfasern

sehr geeignet. Für andere Verwendungsgebiete, zum Beispiel als wärmehaltiges Material oder als Filter, muß die Stellung der Polypropylenvliesstoffe noch ausgebaut werden.

Dr. Gessner: Heute morgen wurde bereits in einem anderen Zusammenhang von Non-wovens als Grundmaterial für Tufted-Teppiche gesprochen. Können Sie etwas über den Entwicklungsstand derartiger Produkte in Europa sagen? Vom möglichen Umsatzvolumen her dürfte ein solcher Artikel ja recht interessant sein!

Dr. Nottebohm: Meinen Sie damit wieder die Polypropylenfaser? Im vorhergehenden Vortrag wurde auch von einer Vliesherstellung auf dem Split- oder Fibrillierwege gesprochen. Ich kann dazu gar nichts sagen, denn ich habe ja selbst gefragt, ob diese Artikel schon als Vliesgrundmaterial hergestellt würden.

Dr. Balbach: Ich möchte Ihre Ausführungen zum Syntheseleder ergänzen und darauf hinweisen, daß es - wie wir aus unseren eigenen Messungen wissen - heute auf dem Markt schon Produkte gibt, die durchaus alle Ansprüche hinsichtlich der Dehnfähigkeit erfüllen. Auch die Unverträglichkeit mit Schuhcreme dürfte bereits überholt sein. Beim Vergleich der Wasserdampfdurchlässigkeit eines synthetischen Materials mit der von echtem Leder muß man immer berücksichtigen, in welcher Weise die Lederoberfläche vorbehandelt wurde, da diese die Wasserdampfdurchlässigkeit sehr stark beeinflusst.

Dr. Nottebohm: Nach der Meinung der Ledererzeuger ist das natürliche Oberleder eben so gut, daß das Syntheseleder diesen Ansprüchen noch nicht genügen kann. Wenn Sie sagen, Sie hätten schon ein ideales Syntheseleder gefunden, dann gratuliere ich Ihnen dazu. Meine Vorschläge, was noch für die Syntheselederfertigung erarbeitet werden müßte, nehme ich dann zurück. Wir haben allerdings noch Gründe genug, um weiterzuforschen. Sie waren anscheinend erfolgreicher.

Dr. Lepper: Vliesstoffe können aus Stapelfasern oder aus Endlosfäden hergestellt werden. Ist das Endprodukt prinzipiell in der Qualität verschieden?

Dr. Nottebohm: Ja. Endlosfäden als Spinnfasern geben einen ganz anderen Effekt. Sie verleihen den Vliesstoffen mehr Weichheit und Reißfestigkeit. In unserem eigenen Hause besteht eine Konkurrenz nur insofern, als man aus Stapelfasern den Spunbondeds ähnliche Gebilde zu erzeugen sucht. Wahrscheinlich werden die Verwendungszwecke jedoch andere sein. Für diese Produkte werden sich neue technische Einsatzmöglichkeiten anbahnen.

Vliesstoffe nach dem nassen Verfahren

Universitätsprofessor Dr. Th. P l o e t z
Forschungsleiter der Feldmühle AG., Viersen - Düsseldorf

Die mit dem Einsatz von Textilfasern an Papiermaschinen verbundenen Probleme werden aufgezeigt und diskutiert. Es sind dies insbesondere Fragen der Faser-Faser-Bindung, Konsequenzen, die sich aus den Faserabmessungen ergeben, und die technische Bewältigung der daraus resultierenden hohen Stoffverdünnungen. Schließlich werden die auf nassem Weg erzeugten Vliese an Hand wichtiger Eigenschaftswerte charakterisiert.

The problems connected with the use of textile fibers in paper-making machinery are described. They mainly involve questions of fiber-to-fiber bonding, effects of fiber dimensions, and technological answers to the problems posed by the resulting severe reductions in web thickness. Finally, webs produced by the wet process are described on the basis of important characteristics.

Wenn ich heute als Vertreter der Papierindustrie vor Ihnen - als einem im wesentlichen textilorientierten Gremium - sprechen darf, so fühle ich mich nicht allzusehr in der Rolle des Außenseiters. Ohne mich auf eine tausendjährige Vergangenheit zu berufen - zu jener Zeit sind in China die ersten Papierkleider nachweisbar - spreche ich vielmehr jene textilen Grenzgebiete an, in welchen sich die Papierindustrie unserer Zeit erfolgreich etablieren konnte. Es ist das Gebiet der Wegwerfartikel, wie Servietten, Taschentücher, Handtücher und Windelunterlagen - um einige Beispiele zu nennen -, auf dem die Papierindustrie ihren Beitrag zur Realisierung moderner Hygienevorstellung leisten konnte.

Diese hochspezialisierten Produkte, die Ihnen alle geläufig sind, zeigen uns gleichzeitig die Qualitätsgrenzen auf, die unserer Technik - dem „nassen Weg“, wie es in der Überschrift dieses Vortrags heißt - gesetzt sind, solange wir uns ausschließlich auf den Rohstoff Zellstoff stützen: Große Weichheit und Saugfähigkeit wird mit geringer Festigkeit erkaufte; steigende Festigkeit bedeutet gleichzeitig zunehmende Härte und Steifigkeit.

Die Faser-Faser-Bindung

Die Faser-Faser-Bindung im Papier ist nämlich eine harte und unelastische Wasserstoffbrückenbindung. Ihr Zustandekommen ist an gewisse Hydratations- und Quellungszustände, die die Papierfasern im wässrigen Medium annehmen, gebunden. Daraus ergibt sich vice versa, daß die übliche Papier-

faserbindung vermieden und auf andere Weise ersetzt werden muß, wenn man weiche Produkte mit höherer Festigkeit erzeugen will.

Dadurch entfällt für jene Produkte, von denen hier die Rede sein soll, das wichtigste Papiermerkmal, nämlich die Wasserstoffbrückenbindung von Faser zu Faser. Was uns veranlaßt, trotzdem an der Technik des Papiermachers - eben am „nassen Weg“ - festzuhalten, ist einmal die Tatsache, daß Wasser ein vorzügliches Dispergier- und Transportmedium für Fasern darstellt, zum anderen die äußerst attraktive Produktivität moderner Papiermaschinen.

Das Verbot der Wasserstoffbrückenbindung veranlaßt uns, vom Zellstoff auf - zumindest überwiegend - andere Faserstoffe überzugehen. Hier bietet sich die ganze Palette der natürlichen sowie der halb- und vollsynthetischen Textilfasern an. Von besonders quellfähigen Zellwollspezialtypen abgesehen, verbinden sich diese Fasern nicht durch Quellvorgänge.

Die vom äußeren Erscheinungsbild des Zellstoffs abgeleitete Vorstellung, daß eine mechanische Fibrillierbarkeit der Synthesefasern entscheidende Vorteile bringen würde, hat sich meines Erachtens nicht bestätigt.

Leider ist es nun nicht so, daß man nur einfach den Faserstoffeintrag an einer Papiermaschine zu ändern braucht, um hinter der Trockenpartie statt eines harten Packpapiers einen weichen Kleiderstoff aufzurollen. Die jahrzehntelangen Bemühungen namhafter Industrielaboratorien lassen ahnen, daß hier doch noch einige Probleme bestehen.

Die Herstellung des Faser-Faser-Verbundes in einem Wirrlagevlies aus Textilfasern ist eine Aufgabe, die sich grundsätzlich stellt, unabhängig vom Herstellungsverfahren des Vlieses. Ich darf deshalb diesbezüglich auf die Ausführungen meines Vorredners verweisen. Für unsere naß erzeugten Vliese gilt, daß die Bindung durch thermoplastische Kunststoffe, die dem Vlies zugesetzt werden, die Regel darstellt. Hier besteht die Alternative: entweder Binderzusatz zur Fasersuspension v o r dem Blattbildungssieb oder Binderzusatz zum Vlies h i n t e r dem Sieb. Es ist dies keine ganz echte Alternative, denn bei einem Vliesaufbau aus hydrophoben Synthesefasern hat die nasse Vliesbahn so wenig Festigkeit, daß sie vom Sieb nicht ohne Schwierigkeiten abgenommen werden kann. Was hier ein Muß, und bei anderen Vlieszusammensetzungen einen Vorteil darstellt, ist also die Anwesenheit verfestigender Elemente schon bei der Vliesbildung auf dem Sieb. Unter gewissen Voraussetzungen kann der Binderkunststoff diese Funktion übernehmen.

Grundsätzlich könnte man so vorgehen, daß man den Binderkunststoff (z.B. aus einer Dispersion) in der wässrigen Fasersuspension ausfällt. Die Zurückhaltung der gefällten Kunststoffpartikel auf dem Sieb der Papiermaschine ist aber - insbesondere bei dünnen, offenen Vliesen - so schlecht, daß der im Papiermaschinenkreislauf vagabundierende Kunststoffanteil eine ärgerliche Störungsquelle darstellt. Weltweite Hoffnungen wurden deshalb an die Fibridentwicklung geknüpft, die DuPont 1961 publizierte. Es handelt sich dabei um eine Ausfällung der Binderkunststoffe unter be-

stimmten Kautelen, insbesondere unter der Einwirkung starker Scherkräfte, sodaß die Fällung faser- bis häutchenförmig (d.h. mit großer spezifischer Oberfläche) erfolgt. Die Zurückhaltung solcher Fibrids auf dem Sieb ist in der Tat sehr viel besser als die einer formlos gefällten Dispersion. Da sie aber noch keineswegs quantitativ ist, werden die oben angedeuteten Probleme nur vermindert, aber nicht beseitigt. Hinzu kommt eine - infolge der Filterwirkung des Vlieses - unerwünschte Zweiseitigkeit, das heißt eine ungleiche Binderverteilung über den Vliesquerschnitt.

In unserer eigenen Entwicklung haben wir versucht, einen kostengünstigen und funktionell vorteilhaften Binder dadurch zu schaffen, daß wir eine *nicht*thermoplastische Faser mit einem Mantel aus thermoplastischem Kunststoff überziehen und dadurch eine echte „Bindefaser“ erzeugen. Dieses Prinzip haben wir im Laufe der Jahre beherrschen gelernt. Als zu überziehende Faser verwendeten wir Zellstoff, der nach seiner Verkleidung mit Kunststoff nicht mehr zur Ausbildung von Wasserstoffbrücken befähigt ist.

In Abbildung 1 möchte ich Ihnen eine solche Bindefaser, bestehend aus Zellstoff, überzogen mit thermoplastischem Kunststoff im Gewichtsverhältnis 1:1, vorstellen.

Abbildung 2 zeigt ein sehr dünnes Vlies aus 60 % Zellwolle und 40 % Bindefaser der eben gezeigten Art.

Wenn man aus diesem Vlies Zellwolle und Zellstoff mit Cuoxam herauslöst, so erlebt man die Überraschung zu sehen, daß ein dimensionell unverändertes Gerüst aus Kunststoffschläuchen hinterbleibt (Abb. 3).

Die Bindefasern bilden also ein Netzwerk, in welches die Strukturfasern eingebettet sind. Unter sorgfältig kontrollierten Bedingungen gelingt es, diese Bindefasern so zu erzeugen, daß vagabundierender Kunststoff praktisch nicht auftritt. Die Faserform des Binders verhindert eine ungleichmäßige Verteilung über den Vliesquerschnitt. Schon im nassen Vlies entwickeln die Bindefasern eine so weit ausreichende Bindekraft, daß das Vlies gut handhebbar ist; die eigentliche Aktivierung des Binders erfolgt aber erst bei erhöhter Temperatur, nämlich in der Trockenpartie der Papiermaschine.

In jüngster Zeit ist es uns auch gelungen, die Herstellung der Bindefasern kontinuierlich zu gestalten.

Im Endeffekt ist dieses Bindersystem vergleichbar mit dem Einsatz niedrigschmelzender oder solcher Synthesefasern, die nur einen niedriger schmelzenden Mantel haben, wie sie neuerdings von russischer Seite vorgeschlagen werden (*Tichomirov*). Unser System ist aber billiger, erlaubt die Erzeugung weicherer Bindungen und zeigt schon im Naßteil den erwünschten Effekt.

Thermoplastische Binder der geschilderten Art vermitteln keine sehr hohe Bindekraft. Dies nicht zuletzt deshalb, weil man es sich nicht erlauben kann, die von der Kunststoffseite gebotenen Möglichkeiten bis an ihre Grenzen auszunutzen. Auch hier besteht der fatale Zusammenhang, daß sehr feste Bindungen eben auch hart sind.

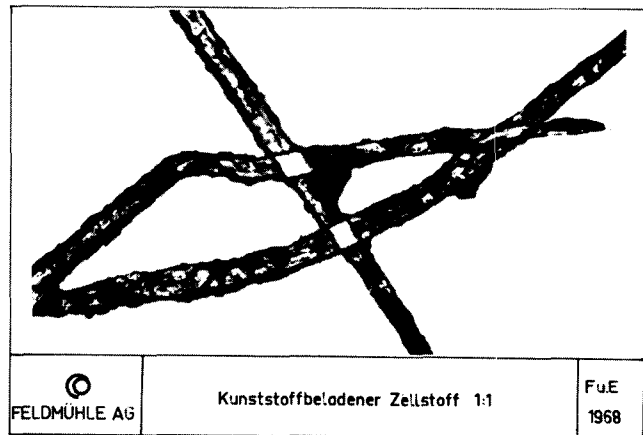


Abb. 1



Abb. 2

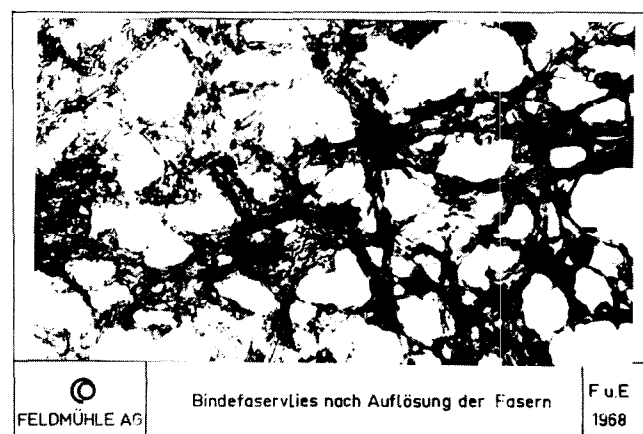


Abb. 3

Für textile Vliese brauchen wir weiche und damit auch relativ schwache Bindungen. Um die Textilfasern im Vlies bis an die Grenze ihrer Reißfestigkeit zu verankern, muß also jede Faser an möglichst vielen Haftpunkten festgehalten werden. Den Extremfall bilden hier die faserverstärkten Kunststoffe, bei welchen die Fasern voll in Kunststoff eingebettet sind. Solche Produkte besitzen aber keinen texti-

len Charakter. Ihnen allen ist geläufig, daß der textile Habitus einer Faserstoffbahn eine gewisse Eigenbeweglichkeit bzw. Verschiebbarkeit der Faser voraussetzt. Dies ist nur möglich, wenn die Faser-Faser-Bindungen nicht zu eng aufeinandersitzen, sondern ein weitmaschiges Netz bilden.

Die Faserlänge

Wenn wir die Forderung nach einer größeren Zahl von Bindungspunkten pro Faser mit der Abstandsforderung verbinden, dann resultiert daraus auch die Forderung nach größerer Länge der Einzelfasern. Und damit sind wir bei dem Punkt, der für den nassen Weg wohl das Hauptproblem darstellt.

Wäßrige Fasersuspensionen reagieren äußerst empfindlich auf die Faserlänge. Selbst normaler Nadelholz Zellstoff, der Faserlängen von 1,5 bis 3,5 mm aufweist (in Sonderfällen bis 5 mm), verursacht in der bei der Papiererzeugung üblichen Stoffdichte von 1 % (d.h. 10 g/l) oft eine untragbare „Wolkigkeit“ des Papierblattes. Der Papiermacher hilft sich, indem er die Fasern in sogenannten „Mahlaggregaten“ vorher kürzt. Ein anderer Ausweg wäre der, in höherer Verdünnung zu arbeiten. Dem sind aber technische Grenzen gesetzt, von denen gleich noch die Rede sein wird.

Wir haben uns mit dem Problem der Wolkigkeit wäßriger Faserdispersionen eingehend beschäftigt und kamen in Übereinstimmung mit schwedischen Autoren zu dem Ergebnis, daß das Achsenverhältnis der Fasern von entscheidender Bedeutung ist. Der scheinbare Raumbedarf gestreckter Fasern, bzw. die kritische Anzahl von Fasern pro Volumeneinheit, ist proportional $\frac{T}{L^2}$, wobei T den Titer und L die Faserlänge bedeutet.

Die Verhältnisse lassen sich dreidimensional wie folgt darstellen (Abb. 4):

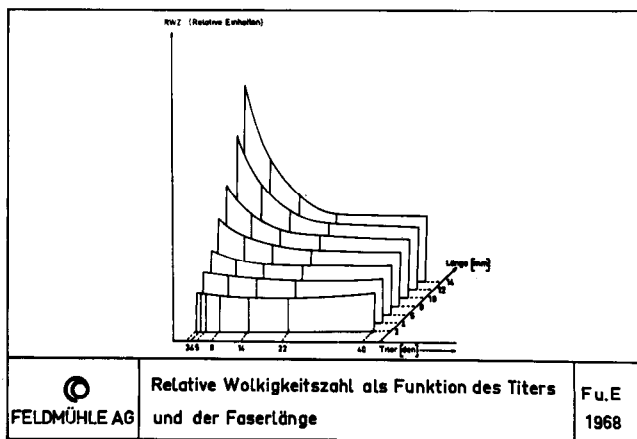


Abb. 4: Wolkigkeit von 0,03 % Zellwolle als Funktion des Titers und der Faserlänge.

Der Versuch, lange Fasern einzusetzen, führt sehr schnell zu astronomischen Verdünnungsverhältnissen, wenn man hohe Anforderungen an eine gleichmäßige, wolkenfreie Durchsicht des Vlieses stellt. Der Papiermacher neigt hier aus Tradition zu etwas überspitzten Forderungen. Wirklich

kritisch ist die Wolkigkeit allerdings nur bei niederen Flächengewichten (etwa von 50 g/m² abwärts). Bei hohen Flächengewichten sorgt der ungleiche Entwässerungswiderstand der ersten sich auf dem Sieb bildenden Faserschicht für einen Ausgleich.

Glücklicherweise hat sich gezeigt, daß die Langfasern in Suspension die gleichzeitige Anwesenheit von Kurzfasern weitgehend ignorieren. Man kann also die Stoffkonzentration auf diese Weise erhöhen, ohne die Wolkigkeit zu verschlechtern. Möglicherweise behindern die Kurzfasern sogar die Ausbildung einer Wolkigkeit, die der gegebenen Langfaserkonzentration zuzuordnen wäre. Dies geht so weit, daß man bekanntlich einem normalen Papierstoff einen gewissen Prozentsatz längerer Synthefasern zumischen kann, ohne dadurch die Stoffverdünnung wesentlich zu verändern.

Aus der vorhin erwähnten Formel $\frac{T}{L^2}$ läßt sich ablesen, daß der Einsatz dickerer Fasern die Probleme verringert. Dies ist aber sowohl wirtschaftlich als auch von den Vlieseigenschaften her nicht wünschenswert: Jedes Kilogramm Kunstfaser gegebener Länge im Stoffeintrag zeigt einen umso höheren Effekt, je dünner die Faser ist. (Hier spielt auch die Frage nach der Anzahl der Bindungspunkte pro Gewichtseinheit herein.)

Bei der Zielsetzung „textile Vliese“ sind allerdings die Langfasern immer vorherrschend, und deshalb sind hohe Stoffverdünnungen unvermeidbar. Als Standardlänge der Textilfasern hat sich beim nassen Weg 1/4 Zoll bzw. 6 mm international eingespielt. (Die Fasererzeuger haben mit diesen Stapellängen ihre eigenen Probleme.) Wir gehen aber auch Faserlängen bis 25 oder 30 mm nicht aus dem Wege. Als Konsequenz ergeben sich - immer für dünne Vliese - hundert- bis zehntausendfach höhere Stoffverdünnungen als normal.

Die Technik der Vliesbildung

Nun folgen Sie mir bitte durch diese Überlegung: Wenn auf einer normalen Langsiebmaschine ein 50 g/m²-Papier aus 1 % Stoffdichte erzeugt wird, so werden 5 l Fasersuspension pro m² Sieb aufgebracht, das heißt, diese Suspension hat anfänglich eine Schichtdicke von 5 mm. Wenn man nun ein 50 g/m²-Faservlies aus 0,01 bis 0,001 % Stoffdichte erzeugen will, dann beträgt die Schichtdicke der auf das Sieb aufzubringenden Fasersuspension 50 cm bis 5 m!

Es ist klar, daß solche Forderungen von den üblichen Langsiebmaschinen des Papiermachers nicht erfüllt werden können. An diesem Sachverhalt scheitern alle Wunschträume der Papierindustrie, nämlich schmale und unrentabel gewordene Papiermaschinen durch Umstellung des Produktionsprogramms auf textile Vliese wieder rentabel zu machen.

Zur Bewältigung des enormen Wasserdurchsatzes sind also neue Siebkonstruktionen erforderlich. Zweierlei konstruktive Lösungen haben sich hier bewährt: das Steilsieb und das Rundsieb. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, möchte ich Ihnen nur Prinzipskizzen zeigen (Abb. 5, 6 und 7).

Meine persönliche Auffassung bevorzugt das Steilsieb, das als Rundsieb mit unendlichem Radius verstanden werden

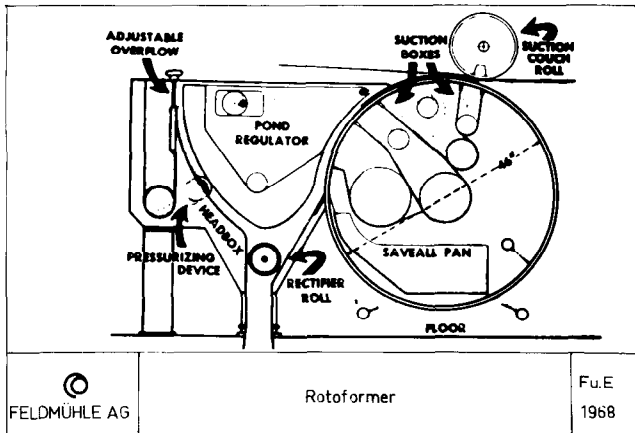


Abb. 5

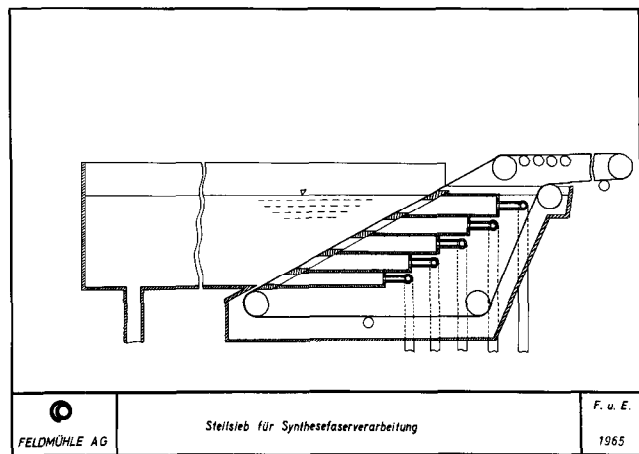


Abb. 6

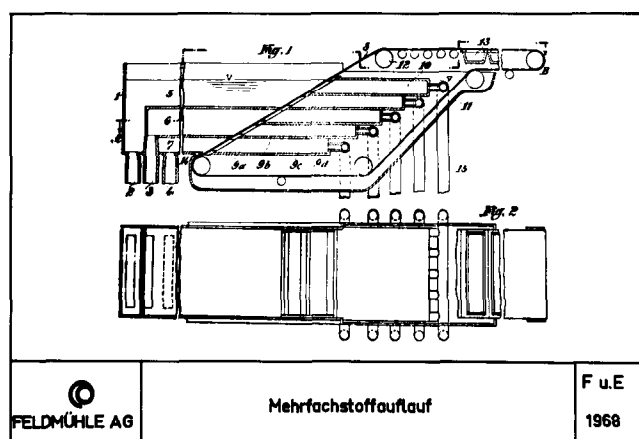


Abb. 7

kann. Dies nicht zuletzt deshalb, weil hinter dem Sieb keine räumliche Einschränkung für den Abtransport des Wassers existiert. In einer speziellen Konstruktion erlaubt das Steilsieb auch den Aufbau von Vliesen aus unterschiedlich zusammengesetzten Schichten.

Um eine bevorzugte Faserorientierung zu vermeiden, muß bei höheren Maschinengeschwindigkeiten Einfluß auf die Strömungsverhältnisse der Fasersuspension gewonnen werden.

Endlosfasern

Wenn ich vorhin sagte, daß der nasse Weg Zusätze von Fasern von 25 bis 30 mm Länge noch verarbeiten kann, so werden Sie davon sicherlich nicht sehr beeindruckt sein, da der Textilindustrie höhere Stapellängen geläufig sind. Für unsere Technik dürfte aber in dem genannten Bereich doch eine praktische Grenze erreicht sein. Wenn man sie überschreiten will, dann muß man gleich den Sprung zur Endlosfaser wagen. Bei ihr entfallen die durch das Verspinnen von Faserenden hervorgerufenen Schwierigkeiten.

Über die ersten auf der Papiermaschine erzeugten Wirrfaservliese aus Endlosfasern habe ich auf der Zellcheming-Jahrestagung 1965 in Baden-Baden berichtet. Nach der heutigen Nomenklatur könnte man von Spun-bonded-Erzeugnissen des nassen Weges sprechen. Gegenüber den trockenen Verfahren hat dieser den Vorzug, die Zumischung beliebiger Arten und Mengen von Kurzfasern zu den Endlosfasern zu ermöglichen.

Natürlich bedeutet die Koppelung der Papiermaschine mit einer Faserspinnanlage eine technische Komplikation, und ich muß gestehen, daß wir bei unseren produktbezogenen Entwicklungsarbeiten nicht immer von der Notwendigkeit der Einbeziehung von Endlosfasern überzeugt sind. Dies schließt natürlich nicht aus, daß sich Aufgaben stellen können, die den Einsatz von Endlosfasern angezeigt erscheinen lassen.

Ein grundsätzlicher Nachteil der auf nassem Weg erzeugten Vliese aus relativ kurzen Fasern ist deren dichte Packung, die nach Einbringung der benötigten Bindermenge resultiert. Hier bringt der Eintrag von schrumpffähigen Synthefasern durch eine fühlbare Volumenerhöhung Vorteile.

Wir haben nun kurz die wichtigsten Gesichtspunkte besprochen, die bei der Erzeugung eines Textilfaservlieses mit Binder eintrag in der Masse eine Rolle spielen.

Ausrüstung

Das Erzeugnis, das wir am Ende der Papiermaschine in Händen halten, ist aber in vielen Fällen erst als Halbprodukt anzusprechen. Zweifellos kann es in diesem Zustand Beschichtungs- und Laminierprozessen zugeleitet werden; als selbständiges Textilvlies (z.B. für Bettwäsche oder Bekleidung) bedarf es aber meist weiterer Veredlungsvorgänge.

Häufig erweist es sich als vorteilhaft, die Vorbindung nicht zu stark zu machen, sodaß noch Raum für eine weitere Binderapplikation verbleibt. Dieser zweite Kunststoffbinder mit ganz gezielten Eigenschaften kann allerdings schon innerhalb der Papiermaschine, oder aber in einem getrennten Arbeitsgang in das Vlies eingebracht werden. In letzterem Fall kann man die Vorteile einer berührungsfreien Trocknung nutzen. Neben der Binderapplikation kommen hier

wohl die meisten chemischen Veredlungsverfahren in Frage, die Ihnen vom Textilsektor her geläufig sind, wie Naßfest-, Knitterfest- oder Flammfestaurüstung. Am häufigsten ergibt sich die Notwendigkeit einer zusätzlichen Oberflächenbindung zur Erhöhung der Abriebfestigkeit. Hier sind reine Oberflächenbehandlungen, etwa in einem Druckverfahren, angezeigt. Der dekorative Druck kann damit verknüpft werden.

Zusätzliche Nachbehandlungsschritte, wie Prägen, Kreppen, Clupaken*) oder Kalandrieren, bringen spezifische Effekte.

Eigenschaften der Vliese

Nach diesem Überblick über die Technik des nassen Weges und die damit verbundenen Probleme erscheint es angebracht, einen Blick auf die Eigenschaften der Produkte zu werfen. Je nach Anwendungszweck können natürlich ganz verschiedene Eigenschaftswerte im Vordergrund des Interesses stehen. Da aber die Festigkeitswerte fast immer von Bedeutung sind, möchte ich mit den Kraft-Dehnungskurven beginnen.

Abbildung 8 vergleicht das Kraft-Dehnungsverhalten eines Baumwollstoffes, zweier Naßvliese und zweier Spun-bonded-Erzeugnisse. Die Mittelstellung der Naßvliese zwischen den Dehnungsextremen der beiden anderen Materialien wird hier deutlich.

*) Nach dem Clupak-Verfahren (ähnlich dem Sanfor-Verfahren) mechanisch gestauchtes Papier für Verpackungszwecke (Anm.d. Red.)



Abb. 8: Kraft/Dehnungs-Diagramm (trocken/längs)

Die Zahlenwerte in Tabelle 1 machen den Einfluß verschiedener Synthesefasern auf die Festigkeitswerte ersichtlich.

Vliesaufbau	45% Bindefasern 20% Polyamid, 3den, 15mm	45% Bindefaser: 30% Polyamid, 3den, 15mm	45% Bindefaser: 40% Polyamid, 3den, 15mm	45% Bindefaser: 50% Polyamid, 3den, 15mm	
Flächengewicht	g/m ²	57,3	54,9	50,5	52,0
Bruchlast	kp l/q	3,6/2,9	3,9/2,9	3,6/2,8	4,3/3,5
Dehnung	% l/q	13/15	16/16	18/19	22/21
Reißarbeit	kp cm l/q	7,2/7,6	9,3/7,7	10/9,1	12,7/10,6
Weiterreißfestigkeit	g l/q	425/568	485/544	565/600	652/662

Steigender Synthesefasernanteil

FELDMÜHLE AG F. u. E.
1968

Tabelle 1

Den Einfluß der Faserlänge zeigt am Beispiel von Polyamidfasern Abbildung 9.

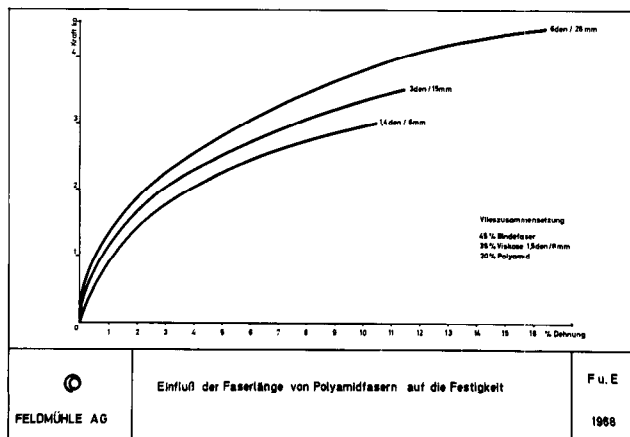


Abb. 9

Die Bedeutung steigender Synthesefasernanteile für die Vliesfestigkeit ist aus Tabelle 2 abzulesen.

Vliesaufbau	45% Bindefasern 35% Viskose, 15den, 8mm 20% Viskose, 3den, 15mm	45% Bindefasern 35% Viskose, 15den, 8mm 20% Polyester, 3den, 15mm	45% Bindefasern 35% Viskose, 15den, 8mm 20% Polyamid, 3den, 15mm	
Flächengewicht	g/m ²	57,4	55,8	57,3
Bruchlast	kp l/q	4,1/3,3	3,7/3,2	3,6/2,9
Dehnung	% l/q	10/10	11/13	13/15
Reißarbeit	kp cm l/q	6,5/5,3	6,9/6,5	7,2/7,6
Weiterreißfestigkeit	g l/q	154/160	211/248	425/568

Einfluß verschiedener Synthesefasern

FELDMÜHLE AG F. u. E.
1968

Tabelle 2

Diese wenigen Beispiele mögen belegen, daß durch den stofflichen Aufbau der Naßvliese ein erheblicher Spielraum im Festigkeitsniveau gegeben ist. Natürlich ist dies auch eine Kostenfrage, und man wird vernünftigerweise bemüht sein, für jedes Anwendungsgebiet die wirtschaftlichste Lösung zu finden.

Der für Vorhänge und Bekleidungsvliese wichtige textile Fall ist eine Eigenschaft, die jedem Vlieserzeuger besonderes Kopferbrechen bereitet. In Abbildung 10 möchte ich zunächst zeigen, wie wir diese Eigenschaft messen.

Das Schattenbild des Vlieses wird auf Papier aufgezeichnet, ausgeschnitten und gewogen. Der Meßwert gibt das Gewicht dieses Papierses in Prozenten des Papiergewichts der Gesamtfläche.

Tabelle 3 vergleicht die Meßwerte des textilen Falles diverser Materialien. Die Zahlen bedürfen keinen Kommentars.

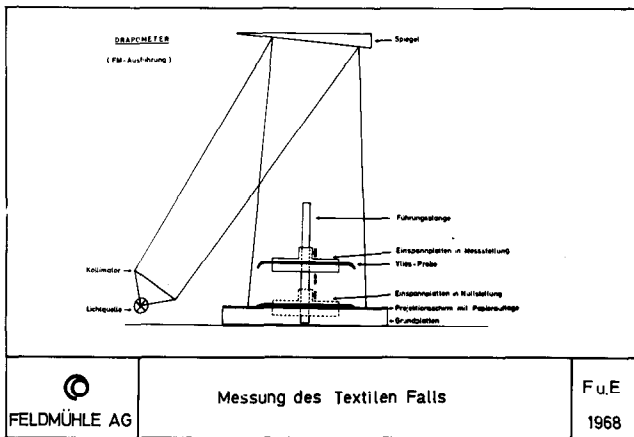


Abb. 10

	Flächengewicht g/m ²	Textiler Fall %
Spun-bonded Polyester-Binder	44	71
Spun-bonded Polyamid-Binder	55	58
Polyester-Wirkware	130	25
Fadenverstärktes Zellstoffvlies	84	78
NT 33/4	52	65
SV	58	70
Krempel-Vlies mit Fadengelege	47	79
Krempel-Vlies	64	76

Tabelle 3

Die für diesen Vortrag zur Verfügung stehende Zeit reicht natürlich nicht aus, um auf alle Eigenschaftswerte einzugehen, die für die verschiedenen Anwendungsgebiete von Faservliesen von Belang sind. Ich möchte deshalb abschließend nur noch auf die Wärme- und Wasserdampfdurchlässigkeit eingehen, die besonders für Bekleidung und Bettwäsche von Bedeutung sind.

Zur Messung des Wärmedurchgangs haben wir ein eigenes Verfahren entwickelt, dessen Prinzip Abbildung 11 darstellt.

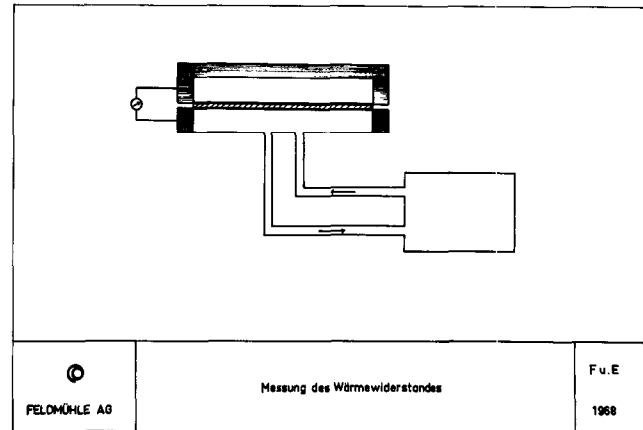


Abb. 11

Die kreisrunde kupferne Grundplatte (Durchmesser = 7 cm) ist an einen Thermostat angeschlossen und wird von 80°C-heißem Wasser durchströmt. Die gleichgroße Deckplatte ist seitwärts und oben durch eine dicke Schicht angegossenen Schaumkunststoffs wärmeisoliert. Die Deckplatte befindet sich auf Raumtemperatur (20°C). In beide Platten sind Thermolemente eingeführt. Man legt den Prüfling zwischen beide Platten und mißt die Zeit, die bis zu einer Verminderung der Differenz des elektrischen Widerstandes der beiden Thermolementgruppen auf 7/12 des Ausgangswertes (d.i. 12 mV) verstreicht. Als Meßgröße für den Wärmewiderstand ergibt sich also eine Zeit (in Sekunden gemessen). Das Verfahren liefert gut reproduzierbare Werte.

Unser Meßverfahren für die Wasserdampfdurchlässigkeit bedient sich der Prüfeinrichtung nach DIN 53 122. Die hohen Durchlässigkeitswerte dünner Vliese lassen aber sowohl eine Verminderung des Dampfdruckgefälles als auch der Meßzeit angezeigt erscheinen. Wir messen bei einem Feuchtigkeitsgefälle von 85 % r.F. auf 35 % r.F. und ermitteln die Wasseraufnahme nach zwei Stunden.

Meßdaten verschiedener Textilien und Vliesstoffe sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

	Fl.-gew. g/m ²	Wärmewiderstand (sec) D = 25sec	WDDu (g/m ² ·2h) 85% - 35% r.F. D = 1230
Baumwollkleiderstoff	128	181	719
Wollkanngarnkostümstoff	286	242	744
Bettlaken Leinen	200	110	639
Bettlaken 350x gewaschen	161	130	640
Spun-bonded (Polyamid-Binder)	58	191	700
NT 33/4	58	144	700
NT 41	55	129	638
SV I	80	236	654

Tabelle 4

Man sieht, daß die Vliesstoffe bei erheblich geringeren Flächengewichten im Wärmewiderstand und in der Wasserdampfdurchlässigkeit den üblichen Textilien angepaßt werden können.

Die Klimaabhängigkeit des Wärmewiderstandes zweier auf nassem Weg erzeugter Vliese zeigt Abbildung 12.

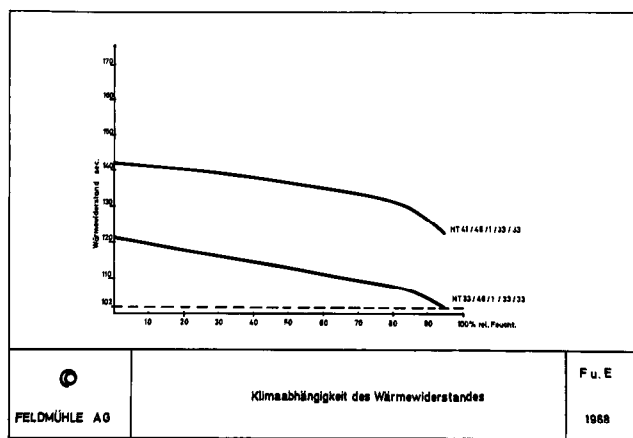


Abb. 12

Schließlich sei in Tabelle 5 noch auf die Abhängigkeit des Wärmewiderstandes vom Raumgewicht eines Vlieses hingewiesen. Man sieht, daß mit zunehmender Verdichtung der Wärmewiderstand abnimmt.

Dicke μ	Flächengewicht g/m^2	Raumgewicht g/cm^3	Wärmewiderstand sec
180	67,0	0,418	108
140	66,0	0,486	99
122	67,5	0,553	95
110	68,3	0,621	89
90	68,5	0,739	80

Tabelle 5

Meine Damen und Herren, man kann ein so vielschichtiges und umfangreiches Thema nicht im Rahmen eines einzigen Vortrags erschöpfend behandeln. Ich konnte deshalb nur Ausschnitte beleuchten und bitte um Ihre verständnisvolle Nachsicht dafür, wenn dabei unsere eigenen Kenntnisse und Erfahrungen etwas im Vordergrund standen.

Im ganzen hoffe ich den Eindruck vermittelt zu haben, daß der „nasse Weg“ begründete Chancen hat, sich mit seinen neuartigen Produkten in bestimmten textilen Anwendungsbereichen zu etablieren.

Bei voller Ausnutzung der Produktivitätsmöglichkeiten der Papiermachertechnik resultieren für bestimmte Produkte so niedrige Kosten, daß dem Wegwerfgedanken, der in unserer modernen, verbrauchsorientierten Gesellschaft immer weiter um sich greifen wird, neue Möglichkeiten eröffnet werden. Es wäre aber sicherlich ein Irrtum, wenn man die Produkte des nassen Weges ausschließlich unter den Oberbegriff „Wegwerfartikel“ einordnen möchte.

Ich danke dem Österreichischen Chemiefaserinstitut für die Einladung zu diesem Vortrag und Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

Diskussion

Prof. Köb: Inwieweit kann man zwischen den Produkten, die wir als Vliesstoffe bezeichnen (wobei man bisher zum Beispiel an eine Schafwolledacke dachte) und dem Papier, das man doch auch aus anderen Fasern als aus Zellstoff herstellen kann, Grenzen ziehen? Können Sie das im Hinblick auf die Vorstellungen eines Nichtfachmannes etwas voneinander trennen? Muß man nun „Vliesstoff“ oder „Papierkleid“ sagen, wenn das Produkt auf einer Papiermaschine hergestellt worden ist?

Prof. Ploetz: Der Begriff „Papierkleid“ ist durch eine unglückliche Werbekampagne entstanden, die von Amerika ihren Ausgang nahm. Dort handelte es sich aber tatsächlich um Papierkleider, das heißt, es wurden zwei Zellstoffbahnen mit einem Fadengelege verleimt. Da keinerlei Textilfaseranteil dabei war, handelte es sich um echtes Papier. Der Weg, den wir gehen, ist aber so anders geartet, daß man den Begriff „Papier“ in diesem Fall doch vermeiden sollte, weil dieser nur durch das Produktionsverfahren allein begründet werden kann. Unabhängig von der Herstellungstechnik nähern sich die Vliese des trockenen und des nassen Weges im Aufbau sehr weit einander an. Wenn ich vorher die „Wet spun-bond“ erwähnte, dann dürfte hinsichtlich ihrer Zusammensetzung kein großer Unterschied bestehen, ob das Produkt jetzt auf dem nassen oder auf dem trockenen Weg erzeugt worden ist. Dadurch ergibt sich die Antwort auf Ihre erste Frage, denn weite Bereiche der Eigenschaften überschneiden sich. Ich bin aber überzeugt, daß der nasse Weg nicht in allem dem trockenen folgen kann. Die trockene Technik hat mehr Möglichkeiten, um gute Fülligkeit und hohes Volumen zu erreichen.

Dr. Jörder: Ich möchte zur Terminologie kurz sagen, daß im September der Entwurf eines Normblattes erscheinen wird, das sich speziell mit der technologischen Gliederung der Vliesstoffe befaßt. Dabei wird grundlegend festgestellt, daß Erzeugnisse, die als „Papier“ verwendet werden, nicht unter den Begriff „Vliesstoffe“ fallen. Alle anderen - unabhängig, ob naß, trocken oder als Spun-bonded hergestellt - werden als Vliesstoffe bezeichnet. Diese Regelung ist sehr wichtig, weil zum Beispiel die Bundeszollverwaltung immer wieder Anfragen und Muster schickt, ob es sich dabei um einen Vliesstoff oder um ein Papier handle.

Dir. Harms: Wenn Sie ein weiches Papier oder ein Vlies machen und trotzdem nicht auf hohe Festigkeit verzichten wollen, dann müssen Sie, nach Ihren Ausführungen, möglichst viele Bindungen zwischen den Fasern schaffen. Dazu braucht man aber längere Fasern als die des Zellstoffs, die jedoch wiederum das Problem der Wolkigkeit mit sich bringen. Wenn man zu Endlofasern übergeht, dann tritt keine Wolkigkeit auf, und Sie haben außerdem die gewünschte Festigkeit. Ist meine Schlußfolgerung richtig, daß man, um ein ideales Vlies auf nassem Wege zu erhalten, Endlofasern verwenden bzw. mitverwenden muß?

Prof. Ploetz: Bei der Entwicklung gehen wir meist davon aus, daß wir ein ganz bestimmtes neues Produkt schaffen wollen. Dabei zeigt sich, daß man mit kurzen Fasern (15 bis 25 mm) häufig Eigenschaften erzielt, die selbst durch den Einsatz von Endlofasern nicht übertroffen werden können. Endlofasern erscheinen mir nur dort angebracht, wo sich das Produkt (z.B. für Damenoberbekleidung) durch extreme Weichheit und guten textilen Griff auszeichnen soll. Wenn ich dagegen an ein Bettlaken denke, dann wäre der Einsatz von Endlofasern sicher kein Vorteil.

Dr. Albrecht: Der Art und der Menge des Binders kommt eine wesentliche Funktion zu. Herr Dr. Nottebohm sagte schon, daß der Binder nicht nur die Aufgabe hat, zwei Dinge miteinander zu verbinden, sondern daß er auch den Abstand zwischen den Fasern gewährleisten muß. Erst dadurch bekommt das Material eine gewisse Beweglichkeit. Besonders über diesen letzten Punkt sollte man sich Gedanken machen.

Dr. Körtje: Welche Aussichten bestehen, daß Vliesstoffe - gleich welcher Art, bzw. ob trocken oder naß erzeugt - als Tufting-Grundgewebe zur Verfügung gestellt werden können? Breiten von 3 bis 5 m sind doch ein Erschwernismoment! Außerdem werden von diesem Material Dimensionsstabilität (möglichst bei höheren Verarbeitungstemperaturen, das heißt, nicht wie bei Polyolefin bereits bei 130°C endend!), ausreichende Perforationsbeständigkeit (damit das Einstechen kein Weiterreißen zur Folge hat) und Festigkeit (für die Verlegung nach dem Spannverfahren) im beschichteten Zustand gefordert.

Prof. Ploetz: Wir haben uns noch nicht mit Flächengebilden über 100 g/m² befaßt.

Dr. Nottebohm: Ich glaube, auf dem Spun-bonded-Weg kann all das erfüllt werden, was man von einer Teppichgrundlage verlangt. In Amerika hat dies DuPont in gewissem Sinne schon erreicht, in Europa stehen wir damit erst am Anfang. Spun-bonded-Vliese werden auch in Breiten von 5 m erzeugt werden können. Auch Weichheit und Spaltbarkeit werden bald kein Problem mehr darstellen.

Dr. Daimler: Ich wollte hinsichtlich der Verwendung von Endlofasern für die Herstellung von Vliesen auf dem nassen Weg noch etwas fragen. Wie weit gelingt es, eine Verteilung der Faserrichtungen "at random" zu erzielen? Gibt es Wege, um eine bestimmte Winkelverteilung bevorzugt zu erhalten?

Prof. Ploetz: Wir haben bei unseren Versuchen bisher immer nur eine Zufallsverteilung angestrebt. Das ist ein Problem, das zweifellos noch weiterer Bearbeitung bedarf. Ich sehe aber die Sache nicht für aussichtslos an.

Mohr: Ich möchte die Frage von Herrn Professor Köb beantworten. Es gibt tatsächlich gewirkte Kleider aus Papier. Sie werden in Amerika hergestellt und auch schon in Österreich verkauft. In die Wirkmaschine laufen Papierbänder mit Polyamidseelen ein. Die Wirkmaschine wird nicht trocken, sondern naß betrieben und von Zeit zu Zeit mit dem Wasserschlauch abgespritzt, wodurch das Papier dann die entsprechende Geschmeidigkeit bekommt. Gewirke solcherart herzustellen, weicht von den normalen textilen Verfahren stark ab.

Man kann nur wünschen, daß der im Vorjahr preislich etwas abgewirtschaftete Artikel des Vlieskleides von Ihnen durch eine Verbesserung des textilen Falls zu einem mittelfristigen Produkt aufgewertet werden kann. Von der Weichheit will ich gar nicht sprechen, weil sie sehr schwer zu definieren ist. Es hängt davon ab, ob man den Begriff „Weichheit“ mit einem gewissen Sprungvermögen oder mit Lappigkeit verbindet.

Dr. Peuker: Ich möchte abschließend noch etwas berichtigen. Im Vortrag wurde auf Polyvinylchloridbändchen zum Verwirken Bezug genommen. Bitte beachten Sie, daß verstreckte Polypropylenbändchen hierfür viel zu hart sind! Das gilt auch für Polyäthylen. Mit Weichmachern kann man das nicht so einfach wie bei Polyvinylchlorid ausgleichen. In Amerika werden PVC-Gewirke in großem Stil bei Ford zu Autositzbezügen verarbeitet. Unverstrecktes PVC wird vor allem auf Grund seiner Weichheit und Flexibilität bevorzugt.



BÜRO-ORGANISATION

Robert Streit

L I N Z - A M S T E T T E N - W I E N

- BÜROMASCHINEN-V.V. APPARATE
- BÜROBEDARF-ORGANISATIONSMITTEL
- TECHNISCHE ZEICHENARTIKEL - PAPIERE
- SPEZIAL-FACHREPARATURWERKSTÄTTE

Weltwirtschaft und Chemiefasern

Generaldirektor Komm.-Rat. Rudolf H. Seidl
Chemiefaser Lenzing Aktiengesellschaft, Lenzing/O.Ö.

Der Vortragende verweist einleitend auf den tiefgreifenden Strukturwandel in der Textilindustrie durch das Aufkommen neuer textiler Rohstoffe und die durch das Entstehen der Chemiefasern ausgelöste Entwicklung auf dem Gebiet der Weiterverarbeitung, der Textilmaschinenindustrie, der Konfektionsindustrie und im Handel. Er befaßt sich ferner mit der Entwicklung der Chemiefasern im Jahre 1967 sowie mit der Dynamik der Chemiefaserindustrie, die mittlerweile die Rezession der Jahre 1966/67 überwunden hat.

Die verschärfte Konkurrenz bedeutet für die Unternehmen die Konfrontation mit einer Vielzahl von Problemen, wie etwa der Notwendigkeit einer Spezialisierung, Technisierung und Kapazitätsausweitung, aber auch der damit verbundenen Verminderung der Elastizität in bezug auf Bedarfsänderungen, dem steigenden Anteil der Fixkosten, sowie der zunehmenden Bedeutung der Forschung für den Produktionsprozeß. Daraus resultiert auch die hohe Bedeutung der Investitionen gerade in einem so wachstumskräftigen Zweig wie die Chemiefaserindustrie. Der Vortragende beleuchtet die hohe Kapitalintensität durch einige markante Beispiele von Arbeitsplatzkosten in der Textilindustrie.

Im Hinblick auf die Zukunft der Textilindustrie muß sich auch die Chemiefaserproduktion den Marktbedürfnissen anpassen, weshalb der Vortragende den Wunsch nach verbesserter Kooperation und echter Industriepolitik - gerade im Zusammenhang mit den Problemen von Überkapazität und Markenpolitik der Chemiefasererzeuger - ausspricht.

Abschließend behandelt Generaldirektor Seidl die Bedeutung der österreichischen Chemiefaserindustrie für die hochentwickelte österreichische Textilwirtschaft. Österreichs Textil- und Bekleidungsindustrie stellt die wichtigste Industrieaggregation dieses Landes dar, und angesichts der ungewissen Situation zwischen EFTA und EWG sind die Betriebe mehr denn je zu intensiven Exportanstrengungen gezwungen, wobei allerdings sowohl die Exportbemühungen als auch der Inlandsabsatz durch Importe aus Niedrigpreisländern beeinträchtigt werden.

Introductory reference is made to the deep-reaching changes in the structure of the textile industry which have resulted from the use of new textile raw materials and from developments induced by the emergence of man-made fibers in the processing sector, the textile machinery and making up sectors, and in the commercial field. The lecturer further goes into man-made fiber developments during 1967 as well as into the dynamic potential of the textile industry which has, in the meantime, recovered from the 1966/67 recession.

Keener competition has confronted enterprises with numerous problems, such as the requirements of increased specialization, automation, and expansion of capacities as well as with a resultant drop in adaptability to changed demands, combined with a rise in the percentage of fixed costs and increased dependence of production processes on research activities. These also account for the high degree of importance attached to investments, particularly in the man-made fiber industry which represents a branch capable of considerable future growth. The lecturer gives some typical labor costs illustrative of the textile industry's high capital intensity.

In consideration of this industry's future, the man-made fiber branch must adapt itself to market requirements and, with this in mind, the lecturer expresses his hope for improved cooperation and for the establishment of appropriate industrial politics, particularly in respect of questions of surplus capacity and brand policy.

In concluding, Generaldirektor Seidl deals with the important position the Austrian man-made fiber industry occupies in relation to the highly developed textile economy of Austria. The Austrian textile and clothing industries represent the most important industrial groups in this country and, in consideration of the unclear relations existing between the EFTA and the EEC, enterprises are more than ever compelled to open up export markets, while both exports and domestic sales are handicapped by imports from low-wage countries.

Wenn wir die derzeitige wirtschaftliche Entwicklung in Europa betrachten, dürfen wir heute den politischen und soziologischen Hintergrund nicht übersehen. In sehr vielen europäischen Staaten ist mehr oder weniger ein Aufbruch der Jugend erfolgt, welche - vielfach verbunden mit der Industriearbeiterschaft - Änderungen der bestehenden Verhältnisse verlangt. In Frankreich werden diese Gedanken geradezu von einer revolutionären Bewegung getragen; aber wir wissen, daß auch in fast allen europäischen Ländern solche Bewegungen, wenn auch in einem bescheideneren Ausmaß, im Gange sind. Interessanterweise haben diese Bewegungen auch über den Eisernen Vorhang gegriffen und Länder wie die Tschechoslowakei, Rumänien, Ungarn und Jugoslawien erfaßt. Sie begannen auf den Hochschulen, von dem sicher nicht unberechtigten Wunsch getragen, daß eine Reform unserer Hochschulen der rasanten Entwicklung auf den geistigen Gebieten folgen möge.

Diese revolutionären Bewegungen haben aber vielfach auf andere soziologische und politische Bereiche übergegriffen. Die Gewerkschaften benützen die Bewegungen dazu, um nun ihrerseits die soziologische Struktur unserer Welt, also das "Establishment" zu ändern. Ganz vorne steht in diesem Zusammenhang die Forderung nach Mitbestimmung.

Wenn man die Studenten auf breiter Basis befragt, wie eigentlich eine Reform des Hochschulwesens beschaffen sein solle, so stößt man nur auf sehr unbestimmte und vage Vorstellungen, welche im wesentlichen dazu dienen sollen, das Leben an den Hochschulen angenehmer zu machen.

Wenn wir die Frage der Mitbestimmung in der Arbeiterbewegung aufwerfen, finden wir ebenfalls keine klare Vorstellung. Trotzdem müssen wir uns dessen bewußt sein, daß wir uns mit dieser Frage auseinandersetzen und sie in die richtigen Bahnen lenken müssen, wenn wir nicht einen Einbruch in unsere soziologische Struktur erleiden wollen, welche mit der westlichen Weltauffassung nicht vereinbar wäre.

Wir in Österreich diskutieren ebenfalls über dieses Thema, sind uns aber darüber im klaren, daß es einer revolutionären Entwicklung bedarf, wenn die Gewerkschaften auf der innerbetrieblichen Ebene die Mitbestimmung beanspruchen wollen. Dazu gehören geschulte Leute, die über gute Managementkenntnisse verfügen müssen. Diese sind aber heute noch nicht in genügendem Ausmaß vorhanden.

Wir haben daher in Österreich den Weg gewählt, zunächst

auf der Ebene der überbetrieblichen Mitbestimmung eine Lösung zu suchen. Ich darf auf einige wesentliche Punkte hinweisen:

In Österreich haben wir eine Paritätische Kommission, die sich in drei Unterkommissionen gliedert: eine Lohnkommission, eine Preiskommission und den Beirat für Wirtschafts- und Sozialfragen. Alle diese Kommissionen sind paritätisch von Arbeitgeber- und Arbeitnehmerorganisationen besetzt.

1. *Die Lohnkommission* befaßt sich mit den Lohnproblemen und entscheidet, wann und ob eine Kollektivvertragsverhandlung freigegeben werden soll oder nicht. Die Präsidentenkonferenz der Paritätischen Kommission an sich ist bemüht, im Rahmen einer allgemeinen wirtschaftlichen Betrachtung, wenn auch nicht direkt, so doch wenigstens andeutungsweise, einen Rahmen abzustecken, innerhalb welchem die Lohnbewegungen erfolgen sollen.
2. *Die Preiskommission* hat darüber zu wachen, daß das Preisniveau einigermaßen in Ordnung gehalten wird - eine außerordentlich schwierige Aufgabe, weil die Preise in unserem Wirtschaftssystem im allgemeinen durch die freie Marktwirtschaft bestimmt werden. Trotzdem ist noch ein Teil der Grundnahrungsmittel direkt durch das Innenministerium preisgebunden. Wir sind zum Beispiel bemüht, bei gewissen Waren vom Brutto- auf ein reines Nettopreissystem überzugehen und von den hohen Rabattsätzen, die heute oft gewährt werden, abzukommen. Dieses Rabattsystem hat nämlich den großen Nachteil, daß im Lebenshaltungskostenindex die Bruttopreise berechnet werden müssen, weil es nur von der Tüchtigkeit des einzelnen abhängt, welche Rabatte er sich beim Einkauf erhandelt. Außerdem ist es für ein Fremdenverkehrsland keine Empfehlung, wenn der Verkauf in Detailgeschäften auf das Handeln abgestellt ist.
3. *Der Beirat für Wirtschafts- und Sozialfragen* ist ein beratendes Instrument der Regierung, das sich mit den großen Problemen von Strukturänderungen der Gesamt- und Regionalwirtschaft beschäftigt und Vorschläge in großem Umfang unterbreitet, um Konjunkturen anzuregen, beginnende Konjunkturen zu beleben oder andererseits überhitzte entsprechend zu dämpfen.

Österreich wird oft als ein *Kammerstaat* bezeichnet, weil alle Teilnehmer der Wirtschaft und des öffentlichen Lebens irgendwie organisiert sind. Die wirtschaftlichen Interessen sind in der Bundeskammer der Gewerblichen Wirtschaft mit ihren Landesorganisationen zusammengefaßt; die Arbeitnehmer sind im Gewerkschaftsbund organisiert; die übergeordneten Interessen der Arbeitnehmerschaft werden durch die Arbeiterkammer wahrgenommen; die Bauernschaft Österreichs ist in der Landwirtschaftskammer organisiert. Diese Kammern haben das Recht, Gesetzesvorlagen, bevor sie ins Parlament zur Abstimmung kommen, zu begutachten und dazu entsprechende Gegenvorschläge zu unterbreiten, die von der Regierung auch meistens berücksichtigt werden. Selbstverständlich gibt es zu Gesetzesvorlagen oft gegensätzliche Stellungnahmen der Arbeitnehmer und der Arbeitgeber bzw. der Landwirtschaftsorganisationen. Oft ersucht

die Regierung die Kammern, dann direkt zu einer Koordination zu kommen. Ein von den Kammern erarbeiteter Kompromißvorschlag wird meistens in der Gesetzgebung berücksichtigt.

In unserem Aktiengesetz ist verankert, daß vom Betriebsrat ein bis zwei Abgeordnete in den Aufsichtsrat zu entsenden sind, und daß der Betriebsrat durch einen Vertreter in allen Arbeitsausschüssen des Aufsichtsrates vertreten sein muß.

So sind wir in Österreich auf dem Gebiet der Mitbestimmung - und hier gibt es noch viele andere Faktoren - schon wesentlich fortgeschritten. Wir wollen eine Mitbestimmung auf der überbetrieblichen Ebene und nicht eine Mitbestimmung innerhalb der Betriebe. Wir glauben, daß dies das bessere Verfahren ist, und daß es bis zu einer innerbetrieblichen Mitbestimmung ein langer Weg sein wird, der auch voraussetzt, daß entsprechend befähigte Menschen zur Verfügung stehen. Außerdem darf man die Mitbestimmung nicht von der Mitverantwortung trennen, sondern müßte als *conditio sine qua non* festlegen, daß Mitbestimmung und Mitverantwortung untrennbar miteinander verbunden sind. Doch auch dies ist zum Teil nur Theorie, denn die Verantwortung und das Risiko jeder unternehmerischen Entscheidung liegen im Geldeinsatz, und dieser stellt die wirkliche Hauptverantwortung dar. Besonders die moderne Industrieentwicklung zeigt außerhalb der Dienstleistungen immer mehr Kapitalintensität. Da ich aus der chemischen Industrie komme, weiß ich, daß in dieser Sparte das Risiko im wesentlichen beim Kapitaleinsatz liegt.

Die heftigen Aktionen der letzten Zeit haben zum Beispiel in Frankreich zu Verhandlungen zwischen Gewerkschaften und Unternehmerorganisationen geführt, die zu wesentlich höheren Löhnen, zu kürzerer Arbeitszeit und zu höheren Urlauben sowie sonstigen zusätzlichen sozialen Leistungen geführt haben. Ab 1.6.1968 wird der Minimalstundenlohn in Frankreich auf Francs 3,- und die Reallöhne werden um 7 % erhöht. Ab 1.10.1968 werden die Reallöhne gegenüber dem 1.1.1968 um insgesamt 10 % erhöht. Die Arbeitszeit wird in Etappen auf 40 Wochenstunden verkürzt. Es ist eine Anhebung der Familienbeihilfen, der Alters- und Invalidenrenten und eine Verbesserung des Systems der sozialen Sicherheit zur Diskussion vorgesehen. Man befürchtet, daß das Wachstumsziel der Wirtschaft von 5 % für das Jahr 1968 nicht erreicht wird, im Gegenteil, man glaubt, daß das Nationalprodukt des Jahres 1968 unter dem des Jahres 1967 liegen wird. Wir müssen darauf achten, wie sich die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit in Europa entwickeln wird, wenn wir solche Wege beschreiten und sich eine solche Bewegung über ganz Europa erstreckt. Wir haben es also nicht mehr mit einer Hochschulrevolution allein zu tun, sondern - ausgehend von den Hochschulen - kommen wir zu Entwicklungen, die die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit Europas zu tiefst berühren.

Wir dürfen dabei nicht übersehen, daß Europa zwischen den gewaltigen Großraumwirtschaften - im Westen die USA und im Osten die UdSSR mit dem Comecon - eingebettet liegt. Allein die riesigen Märkte, die diesen beiden zur Verfügung stehen, sind eine ganz andere Basis für eine moderne industrielle Wirtschaft wie das wirtschaftlich noch zersplitterte

Europa. Europa ist in zwei Wirtschaftsblöcke - EWG und EFTA - gespalten, wobei die EWG wenigstens ein regional geordneter Raum ist. Für die EFTA dagegen ist jedoch wirklich der Ausdruck „*the outer seven*“ zutreffend. Die EFTA-Länder liegen zerstreut am Rande: Portugal ganz abseits, noch zusammengeschlossen die beiden Alpenländer Schweiz und Österreich, und als wirkliche wirtschaftliche Einheit - auch regional gesehen - Großbritannien und die skandinavischen Länder, die durch einen kurzen, billigen Seeweg seit jeher wirtschaftlich eng miteinander verbunden sind.

Wir müssen nun die Struktur der beiden wirtschaftlichen Großräume USA und UdSSR (mit dem Comecon) betrachten und uns fragen: Wo steht Europa?

Gestatten Sie mir die Anführung einiger Beispiele aus einem Artikel in der Zeitung „*Die Industrie*“ der Vereinigung Österreichischer Industrieller, welche die ganze Entwicklung und die Lage charakterisieren:

„Heute stehen die Ingenieure, Wissenschaftler und Techniker in den großen Forschungszentren vor allem in drei Gebieten an den Grenzen des jetzt bekannten Wissens: in der Atomforschung, in der Elektronik und in der Weltraumforschung. Insbesondere die Weltraumforschung ist zu einem bedeutenden Faktor des wissenschaftlichen Fortschritts geworden. So haben die technischen Satelliten heute schon einen großen wirtschaftlichen Wert, z.B. auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik, der Meteorologie und der Navigation. Mindestens dreitausend Industrie-

betriebe haben zusammengeholfen, die amerikanischen Astronauten auf ihren Flug um die Erde zu bringen. Die Raumfahrtindustrie hat die Autoindustrie heute schon überflügelt. Heute sind Raumfahrt und Raumforschung in den USA ein ernstes öffentliches Anliegen, für das man etwa 40 Dollar pro Jahr und pro Kopf der Bevölkerung ausgibt und wofür die Regierung bis zu 70 Milliarden Dollar in diesem Jahrzehnt auszugeben beabsichtigt.

Eine unmittelbare Anwendung in der Wirtschaft findet sich auf dem Gebiet der Nachrichtensatelliten, die zur Einrichtung eines erdumspannenden Fernseh- und Telefonnetzes und zu einer Entlastung der Unterseekabel führen bzw. transatlantische Fernsehübertragungen erst möglich machen. Denn schon in naher Zukunft werden die Anforderungen an den Nachrichtenverkehr über weite Entfernungen die gegenwärtigen Möglichkeiten weit übersteigen. Man schätzt, daß bei der derzeitigen Entwicklung im Jahre 1980 etwa 10 000 Telefonkanäle mehr über den Ozean benötigt werden.

Eine Projektstudie zeigt auch einen enormen wirtschaftlichen Vorteil der Nachrichtensatelliten gegenüber Unterseekabeln. Ein weltweites System mit 100 Bodenstationen und 20 000 Kanälen würde mit Synchronsatelliten auf 277 Millionen Dollar kommen, mit Satelliten in Umlaufbahnen in mittleren Höhen auf 2,75 Milliarden Dollar, mit Unterseekabeln aber nach vorsichtigen Schätzungen auf 4 Milliarden Dollar.

Institut- und Laboreinrichtungen Belüftung, Entlüftung

in
korrosionsgeschützter Ausführung

Lüftungskanäle
aus Steinzeug und Kunststoff

Ventilatoren
aus Steinzeug und Kunststoff

lüftungstechnische Anlagen
für Laboratorien und Institute

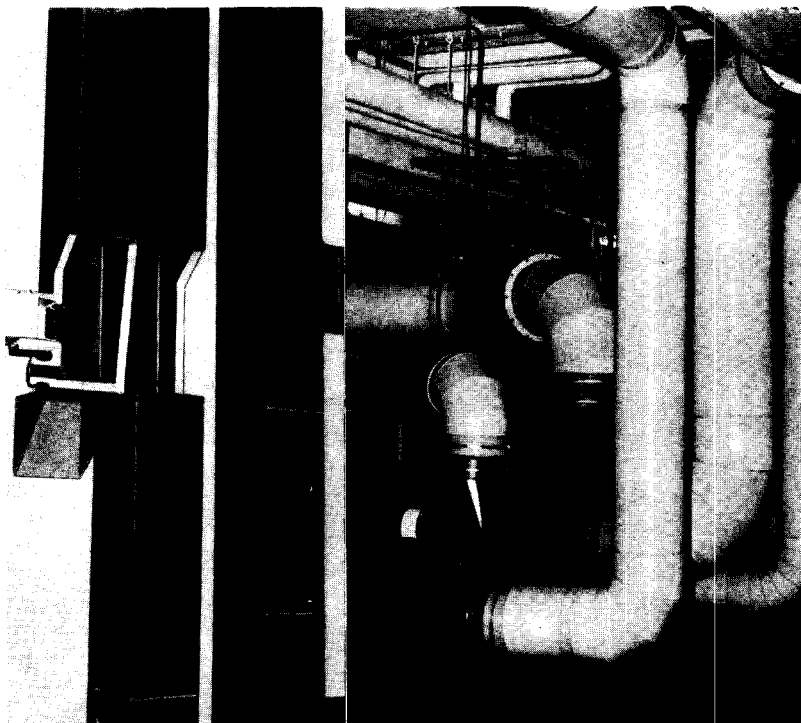
Ausguß-, Einbau- und Einsatzbecken
aus Steinzeug und Kunststoff

Labortischplatten großflächig, fugenlos
aus Spezialsteinzeug

FK-Abflußrohre aus PVC hart

FK-Dachrinnen aus PVC hart

in 4 Richtgrößen einschl. Traufstreifen



Deutsche Steinzeug- und Kunststoffwarenfabrik

D-6800 Mannheim-Friedrichsfeld · Telefon 45 61 · Telex 04 63103

Die indirekten Anwendungen der Weltraumforschung und all ihre Auswirkungen auf die Weltwirtschaft lassen sich natürlich heute gar nicht mehr verfolgen. Neben den völlig neuen Techniken und Produkten ist auch die Tatsache zu berücksichtigen, daß die Raumfahrt genötigt ist, besonders langlebige, verlässliche und unverwüstliche Produkte zu entwickeln. Einige Nebenprodukte und neue Technologien seien stichwortartig aufgezählt:

- Leichtmetalle, d.h. die Leichtbauweise überhaupt (Bienenwabenkonstruktion, glasfaserverstärkte Kunststoffe),
- neue Löt- und Schweißverfahren,
- neue Werkstoffe, sowohl metallischer Art als auch Kunststoffe (Teflon und Silikone werden heute schon allgemein verwendet) und keramische Stoffe,
- Klimaanlage,
- Vakuum- und Tieftemperaturtechnik,
- neue Energiequellen (Brennstoffzellen, Isotopengeneratoren, MFD-Generatoren),
- Mikrominiaturisierung,
- Hochgeschwindigkeitsrechner sowie andere Anlagen der Datenverarbeitung,
- Nahrungsmittel, welche in künstlicher Umgebung gezogen werden, mit entsprechenden Verarbeitungs- und Konservierungsmethoden,
- Hilfsmittel der Medizin (Herztaktgeber, 'Heidelberger Sonde', Biosensoren),
- Glasfaseroptik usw.

Die Raumfahrtwissenschaft revolutioniert die Technik und deren Industrieproduktionsverfahren, und eine Nation, die heute die Weltraumforschung vernachlässigt, wird in wenigen Jahren - gemessen am Maßstab der führenden Industriestaaten - auf vielen Gebieten zu einem Entwicklungsland werden. Was Europa betrifft, so ist von einer Summe unkoordinierter Einzelprogramme abgesehen, kein technischer Fortschritt zu erwarten, der den beiden Raumfahrtmächten angemessen wäre. Dagegen berechtigt eine gemeinsame Anstrengung zur Hoffnung auf einen Erfolg."

Was ich von den USA gesagt habe, ist genauso auf die UdSSR zutreffend, und es kann der Tag kommen, wo die Volksrepublik China ähnliche Wege beschreitet.

Bedenken wir zum Beispiel, daß das größte Gebäude der Welt heute die Montagehalle der Saturn V-Rakete ist. Die Tore dieses Gebäudes haben eine Höhe von 137 m. Sie sind so hoch wie der Stephansturm in Wien. Die ganze Montagehalle muß in jedem Raummeter gleichmäßig klimatisiert sein und vollkommen staubfrei gehalten werden. Die gewaltigen Tore müssen orkansicher sein. Was glauben Sie: Wer wird wohl in Zukunft die besten Klimaanlage für die Industrie bauen, wenn es Firmen gibt, die auf der Erfahrung mit derartigen Projekten aufbauen können? Wer wird die besten Radio- und Fernsehapparate bauen, wenn man bedenkt, daß heute Firmen dafür sorgen müssen, daß die von den Satelliten über Hunderttausende von Kilometern zur Erde gefunkten Bilder einwandfrei sind, wobei diese Satel-

iten über unendlich lange Strecken mittels Radar gelenkt werden?

Wir haben aus dem vorstehenden gesehen, welche gewaltige Rolle die Forschung in der industriellen Entwicklung der modernen Welt spielt. Meist wird übersehen, daß die riesigen Rüstungsbudgets sowohl in den USA als auch in Rußland nicht ausschließlich der Erzeugung von Kriegsmaterial dienen, sondern zu einem wesentlichen Teil ebenfalls der Forschung zugeleitet werden, die zwar militärische Zwecke verfolgt, doch wissen wir, daß jeder militärischen Entwicklung eine große zivile Nutzung folgt. Auch wenn wir hier auf einer Chemiefasertagung sind, dürfen wir sagen, daß die Entwicklung im Bereich der Chemiefasern und die Weiterentwicklung auf diesem Gebiet in vielen Richtungen auch oft mit Rücksicht auf militärische Bedürfnisse erfolgt.

Ich möchte hier besonders betonen, daß - wenn Europa zu einer wirtschaftlichen Einheit zusammenwachsen würde - das Nationalprodukt dieses geschlossenen Europas ein Volumen hätte, das dieselbe Forschung wie in den USA bzw. in Rußland ermöglichen würde, sobald man den gleichen Prozentsatz vom Nationalprodukt wie in diesen beiden Staaten für die Forschung vorsehen würde.

Wenn ich hier von Europa spreche, so wollen wir dabei nicht übersehen, daß dieses Europa zwar noch durch den Eisernen Vorhang in zwei Teile gespalten ist. Doch darf ich gerade vom österreichischen Gesichtspunkt aus sagen, daß im Osten Aufweichungserscheinungen festzustellen sind, die hoffen lassen, daß wir in Zukunft in Europa zwischen den westlichen und östlichen Ländern zu einer gewissen Zusammenarbeit kommen können, wenn auch die politischen und soziologischen Systeme verschieden sein mögen.

Manche von Ihnen werden vielleicht fragen, was mich zu einer solchen Äußerung berechtigt. Ich darf darauf antworten, daß heute in den Ländern Ungarn, Rumänien, Polen, der Tschechoslowakei - gar nicht zu reden von Jugoslawien - das Wort „Kooperation“ im Vordergrund jedes wirtschaftlichen Gesprächs steht. Diese Länder suchen eine Zusammenarbeit mit den westlichen Ländern Europas und sind besonders an Gemeinschaftsgründungen von großen Industriebetrieben interessiert. Denken Sie zum Beispiel daran, daß heute Renault eine große Automobilfabrik in Rumänien baut, die wieder die französische Renaultproduktion mit Bestandteilen versorgen wird.

So gibt es Wege, um zu einer Zusammenarbeit zu kommen, welche letztlich aus dem „Eisernen Vorhang“ einen „durchsichtigen Vorhang“ machen können. Wirtschaft und Sport waren immer Bannerträger eines besseren gegenseitigen Verstehens.

Wir stehen jedoch bei der wirtschaftlichen Entwicklung Europas noch vor einem anderen Problem. In den wirtschaftlichen Großräumen kommt es zu einer ausgesprochenen Industrieballung. Immer mehr Firmen schließen sich zu gewaltigen Konzernen zusammen, die die Gewähr bieten, daß die Produktion innerhalb dieser sehr ökonomisch und sehr rationell aufgebaut werden kann. Oft tragen diese Konzerne nahezu monopolartigen Charakter, oder die Produktion verteilt sich innerhalb eines riesigen Marktes auf einige

wenige Produzenten. Jedem einzelnen Hersteller steht ein großes Volumen im Markt zur Verfügung, welches eine sehr große und wirtschaftliche Ausrichtung der Produktion gestattet. Hier zeigt es sich wieder, daß wir in Europa stark im Rückstand sind. Durch das Ausfeilen der Kosten in der Großproduktion innerhalb solcher Firmen werden trotz steigender Löhne Herstellungskosten und Preise der modernen Industrieproduktion oft niedriger. Denken Sie zum Beispiel an die Entwicklung in der Chemiefaserindustrie. Man begann bei den Synthetics mit den Preisen zwischen 10,- bis 13,- DM per Kilogramm. Heute begnügt man sich mit 5,- bis 6,- DM per Kilogramm und darunter. Die Gesteungskosten konnten also einerseits durch Verbesserung der Prozesse, andererseits durch den Aufbau entsprechend großer Produktionen so wirtschaftlich gestaltet werden, daß eine derartige Preisbildung möglich war, ohne daß die Firmen dadurch finanziell gefährdet wurden. Das sind Probleme, die nicht zu lösen sind, wenn nur ein kleiner Markt zur Verfügung steht.

Was verstehen wir nun in Europa unter einem kleinen Markt? Die vier großen Märkte Deutschland, England, Frankreich und Italien mit je über 50 Millionen Menschen sind für solche Entwicklungen bereits zu klein, ganz zu schweigen von anderen Ländern, wie sie außerhalb Englands noch der EFTA angehören, und deren Bevölkerung sich zwischen 3,5 und 9 Millionen Menschen bewegt.

Wenn wir einen Vergleich mit den USA ziehen, dürfen wir nicht übersehen, daß viele der historisch gewachsenen Industrien Europas nach heutigen Gesichtspunkten an einem falschen Standort stehen. Betrachten wir einmal die USA. Hier konzentriert sich ein sehr wesentlicher Teil - auch historisch gewachsen - an der Atlantikküste. Doch die moderne, neue Industrie ist nach dem Westen - an die Pazifikküste - gezogen. Diesen gewaltigen Industrieballungen an den Küsten der USA stehen die billigen Wasserwege offen, um entweder Rohstoffe herbeizuführen oder Massenprodukte zu verfrachten.

Auch in Europa ist die Entwicklung dahingehend, daß die Produktion von Massengütern, wie Eisen, Stahl und Rohöl, sich an Küsten und Wasserwege verlagert. Die historisch gewachsene Industrie innerhalb des Kontinents liegt frachtmäßig ungünstiger und ist daher bei der Produktion von Massengütern weniger konkurrenzfähig. Es wird dabei allgemein unterschätzt, welche Bedeutung dem Ausbau der Wasserwege in Europa zukommt.

Nun lassen Sie mich auf die Probleme der Chemiefaser- und Textilindustrie eingehen, welche uns so nahe stehen.

Vorab möchte ich feststellen, daß insbesondere bei der Chemiefaserindustrie die Unterschiede zu den benachbarten Großraumwirtschaften nicht so groß sind wie in den vorstehend aufgezeigten Fällen.

Im letzten halben Jahrhundert hat sich aber auch ein tiefgreifender Strukturwandel in der Textilindustrie vollzogen. Das Angebot zahlreicher neuer textiler Rohstoffe, das durch die Entwicklung der Chemiefasern entscheidend bedingt ist, hat eine völlige Veränderung der Verbrauchergewohnheiten ausgelöst und damit eine Entwicklung eingeleitet, die glei-

chermaßen auch auf die Verarbeitungs-, Textilmaschinen- und Konfektionsindustrie bis zum letzten Fachhändler ausstrahlt. Der immer schnellere wissenschaftliche Fortschritt hat auch neue Technologien zur Herstellung textiler Flächegebilde aus Chemiefasern - gewissermaßen der „zweiten Generation“ - mit sich gebracht. Hieher gehören vor allem die sehr interessanten texturierten Garne, sowie Vliesstoffe, deren Bedeutung für die Textilwirtschaft immer mehr wächst.

Es ist unleugbar, daß bei allen diesen Entwicklungen von der Chemiefaserindustrie starke Impulse ausgegangen sind, die als ein immer bedeutungsvollerer Zweig der chemischen Industrie eine anhaltend stürmische Aufwärtsentwicklung nimmt und zu den dynamischsten Industriegruppen in allen Industriestaaten der Welt gehört.

Es erscheint notwendig, die Aufmerksamkeit auf die Entwicklung der einzelnen Gruppen der Chemiefasern zu lenken, wobei eine Zäsur im Jahre 1965 deutlich erkennbar wird. Nach diesem Jahr setzt ein allgemeiner Rückschlag im Gefolge einer weltweiten wirtschaftlichen Rezession ein, die etwa im Jahre 1966 ihren Tiefpunkt erreicht hatte und mit Ende 1967 merkbare Erholungstendenzen erkennen ließ.

Die Weltproduktion aller wichtigen Textilfasern zusammen (Baumwolle, Wolle, Zellulosefasern und Synthetics) hat 1967 18 Millionen Tonnen erreicht und damit einen Anstieg von 1 Prozent gegenüber 1966 verzeichnet.

Von diesen 18 Millionen Tonnen entfallen auf:

Baumwolle	.....	10,3 Millionen Tonnen,
Wolle	.....	1,5 Millionen Tonnen,
zellulosische Filamente	..	1,3 Millionen Tonnen,
zellulosische Stapelfasern		2,0 Millionen Tonnen,
synthetische Filamente	..	1,5 Millionen Tonnen,
synthetische Stapelfasern		1,4 Millionen Tonnen.

Insgesamt wurden somit 6,2 Millionen Tonnen an Industriefasern erzeugt, wovon auf den Viskosesektor 3,3 Millionen Tonnen und auf den Synthefaseranteil 2,9 Millionen Tonnen entfallen.

Die Synthetics unterteilen sich in folgende Hauptgruppen:

Polyamide	.....	1,320.000 t,
Polyester	.....	770.000 t,
Polyacryl	.....	550.000 t,
sonstige	.....	250.000 t.
(überwiegend Polyolefine)		

Die Baumwolle trägt nur noch 57 % der Weltversorgung an Textilfasern, die Wolle 8 % und die Chemiefasern bereits 35 %. Die Erzeugung von Zellulosefasern ist von 1966 auf 1967 um 50.000 Tonnen zurückgegangen, während sich die Produktion der synthetischen Fasern und Fäden im gleichen Zeitraum um 385.000 Tonnen erhöhte

In Westeuropa betrug die Zuwachsrates bei den Synthetics nur 1,7 %, in den USA jedoch bereits 4 % und in Japan gar 13 %. Aber auch die Staatshandelsländer zeigen ein stärkeres Ansteigen der Produktion von synthetischen Fasern und Fäden.

Bemerkenswert ist, daß im Jahre 1967 die synthetischen Endlosfäden erstmals die zellulosischen Filamente in der Produktion überflügelt haben, was aus den vorstehenden Zahlen entnommen werden kann. Die stärkste Zunahme liegt jedoch wieder bei den synthetischen Spinnfasern, welche 1967 einen um 230.000 Tonnen höheren Produktionsausfall aufwiesen im Vergleich zu jenem des Jahres 1966.

Die bisherige Entwicklung, wie sie aus den angeführten Zahlen erkennbar wird, läßt eine kurzfristige Voraussage bis zum Jahre 1975 mit einiger Wahrscheinlichkeit zu. Unter den gegenwärtigen Umständen dürfte sich der Pro-Kopf-Verbrauch an Textilien in Europa, der 1965 10,2 kg betrug, bis 1975 auf etwa 12,3 kg erhöhen, was allein in Europa gewichtsmäßig eine Steigerung des Verbrauchs um ein Drittel, nämlich von 3,56 Millionen Tonnen 1965 auf etwa 4,75 Millionen Tonnen 1975, bringen dürfte. Auf die wichtigsten Textilfasern verteilt, werden Baumwolle und Wolle von dieser Steigerung zu je 6 % profitieren, während die Chemiefasern eine Steigerung von 73 % erwarten lassen. Innerhalb der Chemiefasern selbst werden die Synthetics das stärkste Wachstum verzeichnen, nämlich 175 %, während die zellulosischen Fasern mit einer Wachstumsrate von etwa 1 % praktisch stagnieren dürften. Zweifellos steht fest, daß eine wachstumskräftige Industrie alles tun muß, um ihre Struktur stets den sich ändernden Marktverhältnissen anzupassen.

Für die Unternehmer bedeutet diese Entwicklung die Konfrontation mit einer Vielzahl von Problemen. Die Textilindustrie wird sich spezialisieren müssen. Sie wird bedeutende Investitionen vornehmen müssen, um dem heutigen Stand der Technik Rechnung zu tragen. Es wird einer ungeheuren Kapitalkraft bedürfen, um diesem strukturellen Prozeß folgen zu können. Man wird etwas von der bisher gewohnten Elastizität aufgeben müssen, um sehr wirtschaftlich zu produzieren. Hiefür wäre wieder die Schaffung großer Märkte eine der ersten und wichtigsten Voraussetzungen. Die Textilindustrie wird aber auch nicht übersehen dürfen - so wie dies beim Maschinenbau der Fall ist -, daß sie in einem gewissen Umfang Forschung betreiben muß, um den neuen Markterfordernissen rasch entsprechen zu können.

Mit dieser Zukunft der Textilindustrie vor Augen muß natürlich die Chemiefaserindustrie ihrerseits an der Rationalisierung und Automatisierung ihres Produktionsvorgangs arbeiten. Die in der Weiterverarbeitung eingesetzten Hochleistungsmaschinen stellen zudem immer höhere Beanspruchungen an das Material, sodaß in den Betrieben neben der Grundlagenforschung auch den laufenden Versuchen im Bereich der Anwendungstechnik erhöhte Bedeutung zukommt, umso mehr, als mit den neuentwickelten Produkten immer wieder neue Einsatzbereiche erschlossen werden sollen. Um den ständig steigenden Bedürfnissen gerecht zu werden, muß sich die Chemiefaserindustrie von Zeit zu Zeit zu Kapazitätsausweitungen entschließen, und es ist kein Zweifel, daß hier eines der entscheidendsten Wachstumsprobleme dieses Industriezweiges überhaupt berührt wird. Die Ausweitung der Kapazitäten von Großindustrien geht naturgemäß stufenweise vor sich, sodaß innerhalb eines größeren Zeitraumes mit einer gewissen Regelmäßigkeit Überkapazitäten, scharfe Wettbewerbskämpfe und Preiseinbrüche mit Perio-

den abwechseln, in denen die vermehrte Produktion durch den mittlerweile gestiegenen Verbrauch wieder aufgesogen wird. Wir haben gerade eine solche Periode hinter uns, in der das Überangebot noch durch eine weltweite Absatzkrise auf den Textilmärkten verschärft spürbar war. Am schwersten war hievon die Zellulosefaserindustrie betroffen, und es ist hier auch zu schmerzlichen Betriebsstillegungen gekommen, die allerdings vielleicht auch eine echte Marktberreinigung darstellen. Zweifellos werden jedoch die zellulosischen Fasern für die Zukunft ihre große Bedeutung behalten, wenn auch keine nennenswerte Wachstumsrate mehr zu erwarten sein dürfte.

Wünschenswert - sowohl für die Chemiefaser- als auch für die Textilindustrie - wäre, wenn bei den Industriefasern eine gewisse vernünftige Planung für den Kapazitätsausbau stattfinden könnte, damit diese Erschütterungen, die beiden Teilen viel Geld kosten, vermieden werden. Die Welt ist so klein geworden, daß man es als einen Fehler im System bezeichnen muß, wenn eine Industriesparte, die eigentlich aus wenigen Firmen in der Welt besteht, nicht zu einer Planung kommen kann, damit die Kapazitätsausweitungen sinnvoll und planmäßig erfolgen können. Die Produktion sollte im Rahmen einer marktgerechten Nachfrage durchgeführt werden. Ein wenig Planung über weite Räume gesehen, würde uns wirtschaftlich sehr dienen. Kartellgesetze und Bestimmungen von Verträgen (wie z.B. der EWG- und EFTA-Verträge) werden meines Erachtens nach mißverstanden, wenn man sich nicht zu solchen Gesprächen zusammenzufinden wagt. Wenn wir in einer freien Marktwirtschaft nicht den Mut haben, durch eine sinnvolle Planung die Produktion den Marktbedürfnissen vernünftig anzupassen, dann werden wir eines Tages mit dem Gedanken konfrontiert werden, daß eine sozialistische Planwirtschaft solche Fragen vielleicht besser zu lösen in der Lage ist.

Ein anderes Problem der Chemiefaserindustrie ist die Markenpolitik. Die Fülle von Markennamen kann vom Verbraucher kaum mehr erfaßt werden. Im allgemeinen wissen die Konsumenten auch nicht, welchem Gattungsbegriff (z.B. Polyamid, Polyester, Polyacryl) sie den jeweiligen Markennamen zuordnen sollen, was bei der Verarbeitung und Pflege der Finalprodukte zu Schwierigkeiten führen kann. Eine zusätzliche Bezeichnung der Marken mit dem jeweiligen Gattungsnamen der Faser, wie dies in den USA vorgeschrieben ist, könnte mehr Klarheit schaffen.

Es ist verständlich, daß die Chemiefasererzeuger ihre Marken, die sie durch Jahre mit großem Werbeaufwand propagieren und Qualitätsgarantien bis zum Endprodukt übernommen haben, diese nicht mehr aufgeben können, umso mehr, als anonyme Erzeugnisse immer stärker in den Chemiefasermarkt einbrechen. Eine diesbezügliche Diskussion zwischen Textilindustrie und Chemiefaserindustrie wäre wünschenswert. Bezüglich einer richtigen Pflege von Textilien aus Chemiefasern bzw. solcher aus Mischgespinnsten hoffen wir, daß sich die vom Symposium für die Textilpflegekennzeichnung in Paris herausgebrachten Pflegesymbole in Europa und in der übrigen Welt bald durchsetzen werden.

Lassen Sie mich zum Schluß noch einige Worte zur Lage der

österreichischen Textilwirtschaft und zu der der Chemiefaserindustrie im besonderen sagen.

Das zentrale Problem ist die Enge des Marktes, ein Problem, das für alle österreichischen Unternehmen seit der Zerschlagung des großen Wirtschaftsraumes im Jahre 1918 besteht. Da die österreichische Textil- und Bekleidungsindustrie zusammen unter allen Industriegruppen des Landes weitaus die größte ist - ihr Bruttoproduktionswert betrug 1967 fast 20 Milliarden Schilling und ihr Beschäftigtenstand belief sich auf ungefähr 110.000 Personen -, ist ihre Entwicklung für die österreichische Gesamtwirtschaft von besonderer Bedeutung.

In der Ungewißheit über die Möglichkeit einer Vereinigung der beiden großen Wirtschaftsblöcke EWG und EFTA kommt es in erster Linie darauf an, trotz aller Hindernisse die Exportmärkte zu halten und diese weiter auszubauen. Die leistungsfähigen Betriebe der österreichischen Textilwirtschaft sind zu intensiven Exportanstrengungen gezwungen, die aber immer mehr auf den Verkauf von hochmodischen, spezialisierten Erzeugnissen gerichtet sind. Die Niedrigpreisimporte, die ja vor allem Textilmassengüter umfassen, verdrängen den österreichischen Produzenten teilweise von der Stapelware. Vor diesem Problem stehen insbesondere die verschiedenen Zweige unserer Baumwollindustrie sowie die Strick- und Wirkwarenbranche.

Auch in dem kleinen Land Österreich hat die Chemiefaserindustrie große Bedeutung. Wir verfügen über drei Firmen, die sich mit der Produktion von Chemiefasern beschäftigen:

Das größte Werk ist das der Chemiefaser Lenzing Aktiengesellschaft, mit einer Produktion von etwa 62.000 Tonnen Viskosefasern pro Jahr. Davon werden im Inland ca. 20.000 Tonnen verbraucht, 40.000 Tonnen gehen in den Export. Damit bestreitet die Chemiefaser Lenzing Aktiengesellschaft etwa 10 bis 12 % des Weltexports von Viskosefasern.

Weiters hat die AKU in Österreich einen Betrieb, und zwar die Erste Österreichische Glanzstoff-Fabrik AG. in St. Pölten, die über 10.000 Tonnen Viskosefilamente pro Jahr erzeugt, wovon ca. zwei Drittel auf Reifenkord und ein Drittel auf Textilseide entfallen.

Die Farbwerke Hoechst haben zusammen mit der Chemiefaser Lenzing AG. in diesem Jahr eine Firma, die Austria Faserwerke Ges.m.b.H., für die Erzeugung von Polyesterfasern mit dem Markennamen „TREVIRA“ eröffnet. Diese Fabrik erzeugt ca. 4000 Tonnen pro Jahr. Die Produktion erweist sich jedoch bereits als zu klein. Es wird wahrscheinlich rasch zu einer Vergrößerung dieses Werkes kommen.

Betrachtet man nun die für die Chemiefaserindustrie so wichtigen Wachstumschancen der Textilindustrie, so kann man ganz allgemein sagen, daß es von industrialisierten Ländern einfach nicht hingenommen werden kann, wenn ihre in über einem Jahrhundert aufgebauten Industrien, die ein immenses Anlagenkapital darstellen, zur Stilllegung gezwungen würden, weil man Importe zuläßt, deren Preise marktwirtschaftlich nicht richtig kalkuliert sind, oder aber infolge unvergleichbar niedriger Löhne und ebenso niedriger Sozial-, Steuer- und Infrabelastungen solche für die Industrieländer

marktstörenden, ja zum Teil ruinösen Exporte ermöglichen.

Gleichartige Probleme gibt es auch teilweise gegenüber den Staatshandelsländern, und auch hier müßte auf Grund internationaler Verständigung dafür gesorgt werden, daß der Warenaustausch sich einigermaßen in vergleichbaren Preislagen bewegt. Und wenn unsere Industrie nach großen Märkten drängt, dann hat der erfolgreiche Abschluß der Kennedy-Runde mit seiner geplanten Zollsenkung natürlich auch für Österreich die positive Auswirkung, den entstandenen Graben zwischen EWG und EFTA wenigstens teilweise einzu-ebnen.

Abschließend gestatten Sie mir noch zu sagen, daß die wirtschaftlichen Probleme, die vor uns liegen und die von uns Wirtschaftsfachleuten gelöst werden müssen, heute nicht mehr nationalstaatlich, sondern nur europaweit betrachtet werden können.

Es wäre nun die Aufgabe der Politiker, das geeinigte Europa endlich zu schaffen, welches vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt bereits überfällig ist.

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

Rückblick und Ausblick

Generaldirektor Komm.-Rat Rudolf H. Seidl
Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts, Wien

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Wie ich Urteilen des Auditoriums entnommen habe, hat sich auch die 7. Internationale Chemiefasertagung wieder bewährt und großes Interesse gefunden. Wir haben drei große Themen gewählt. Zur Chemie der Faserstoffe sprachen am ersten Tag die Herren Professor Dr. Hopff, Professor Dr. Rogovin, Professor Dr. Konkin, Dipl.Ing. Herzog und Dr.-Ing. Winkler. Der nächste Tag war der Faserprüfung gewidmet. Ich erinnere an die Referate der Herren Dipl.Ing. Graf, Dr. Grünwald, Dipl.Phys. Weidner und Dipl.Ing. Hamana. Die Herren Dr.-Ing. Peuker, Dr. Nottebohm und Professor Dr. Ploetz behandelten in den Vorträgen des heutigen Tages die nächste Generation von Flächengebilden, die ohne Spinnen und Weben hergestellt wird.

Wir haben also wiederum ein Programm abgewickelt, und die lebhaften Diskussionen zeigten, daß alle Beteiligten wirklich ehrlich daran interessiert waren. Wenn ich an die Anfänge der Chemiefasertagungen in Dornbirn zurückdenke, so war es damals oft notwendig, daß unsere bewährten Diskussionsleiter oder auch ich mithelfen mußten, die Gespräche in Fluß zu bringen. Heute dagegen sind wir aus Zeitmangel sogar manchmal gezwungen, Debatten abzuwürgen, die an sich sehr interessant wären. In Zukunft werden wir aber darauf mehr Rücksicht nehmen. Es wird geraten sein, die Vorträge nicht so stark zu konzentrieren, um noch mehr Zeit für die Diskussionen zu gewinnen.

Ich möchte mit dem Dank an die über 500 Teilnehmer aus 21 Staaten schließen, die ein außerordentlich liebenswürdiges und diskussionsfreudiges Auditorium bildeten. Sehr herzlich möchte ich auch dem Hausherrn dieser Schule, Herrn Direktor Weigel, und den Diskussionsleitern, Herrn Dr. Albrecht und Herrn Professor Dr. Kób, danken. Vor allem aber gilt mein Dank den Vortragenden, denen es gelungen ist, die Tagung derart interessant und fesselnd zu gestalten. Sie sollen sich hier ganz besonders angesprochen fühlen und meinen herzlichsten Dank für die gewaltige Leistung entgegennehmen, die hier in zweieinhalb Tagen dargeboten worden ist.

Gestatten Sie mir noch, daß ich, als Präsident des veranstaltenden Instituts, auch allen meinen Mitarbeitern, an der Spitze Herrn Dr. Katschinka, hier ebenfalls meinen herzlichsten Dank ausspreche. Der Rahmen ist für unsere Tagung fast ein wenig zu eng geworden. Wir wissen heute noch nicht, ob wir sie 1969 wie bisher in der Textilschule abhal-

ten werden, obwohl ich mich von dieser nur schwer trenne. Wahrscheinlich werden wir die nächste Tagung in eine andere Dornbirner Räumlichkeit verlegen müssen. Dort werden wir dann die Möglichkeit haben, eine größere Anzahl von Teilnehmern unterzubringen. Wir haben die Absicht, die 8. Chemiefasertagung in der Woche vom 16. bis 20. Juni 1969 abzuhalten und sie unter das Thema

„Chemiefasern und ihre Verarbeitungsmaschinen“
zu stellen.

Damit, meine Damen und Herren, möchte ich die Chemiefasertagung 1968 schließen und Ihnen nochmals herzlich für das Mitgehen danken, das Sie alle gezeigt haben. Ich werde mich sehr freuen, wenn ich Sie nächstes Jahr wieder hier in Dornbirn begrüßen darf.

Rückblick und Ausblick

Generaldirektor Komm.-Rat Rudolf H. Seidl
Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts, Wien

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Wie ich Urteilen des Auditoriums entnommen habe, hat sich auch die 7. Internationale Chemiefasertagung wieder bewährt und großes Interesse gefunden. Wir haben drei große Themen gewählt. Zur Chemie der Faserstoffe sprachen am ersten Tag die Herren Professor Dr. Hopff, Professor Dr. Rogovin, Professor Dr. Konkin, Dipl.Ing. Herzog und Dr.-Ing. Winkler. Der nächste Tag war der Faserprüfung gewidmet. Ich erinnere an die Referate der Herren Dipl.Ing. Graf, Dr. Grünwald, Dipl.Phys. Weidner und Dipl.Ing. Hamana. Die Herren Dr.-Ing. Peuker, Dr. Nottebohm und Professor Dr. Ploetz behandelten in den Vorträgen des heutigen Tages die nächste Generation von Flächengebilden, die ohne Spinnen und Weben hergestellt wird.

Wir haben also wiederum ein Programm abgewickelt, und die lebhaften Diskussionen zeigten, daß alle Beteiligten wirklich ehrlich daran interessiert waren. Wenn ich an die Anfänge der Chemiefasertagungen in Dornbirn zurückdenke, so war es damals oft notwendig, daß unsere bewährten Diskussionsleiter oder auch ich mithelfen mußten, die Gespräche in Fluß zu bringen. Heute dagegen sind wir aus Zeitmangel sogar manchmal gezwungen, Debatten abzuwürgen, die an sich sehr interessant wären. In Zukunft werden wir aber darauf mehr Rücksicht nehmen. Es wird geraten sein, die Vorträge nicht so stark zu konzentrieren, um noch mehr Zeit für die Diskussionen zu gewinnen.

Ich möchte mit dem Dank an die über 500 Teilnehmer aus 21 Staaten schließen, die ein außerordentlich liebenswürdiges und diskussionsfreudiges Auditorium bildeten. Sehr herzlich möchte ich auch dem Hausherrn dieser Schule, Herrn Direktor Weigel, und den Diskussionsleitern, Herrn Dr. Albrecht und Herrn Professor Dr. Köb, danken. Vor allem aber gilt mein Dank den Vortragenden, denen es gelungen ist, die Tagung derart interessant und fesselnd zu gestalten. Sie sollen sich hier ganz besonders angesprochen fühlen und meinen herzlichsten Dank für die gewaltige Leistung entgegennehmen, die hier in zweieinhalb Tagen dargeboten worden ist.

Gestatten Sie mir noch, daß ich, als Präsident des veranstaltenden Instituts, auch allen meinen Mitarbeitern, an der Spitze Herrn Dr. Katschinka, hier ebenfalls meinen herzlichsten Dank ausspreche. Der Rahmen ist für unsere Tagung fast ein wenig zu eng geworden. Wir wissen heute noch nicht, ob wir sie 1969 wie bisher in der Textilschule abhal-

ten werden, obwohl ich mich von dieser nur schwer trenne. Wahrscheinlich werden wir die nächste Tagung in eine andere Dornbirner Räumlichkeit verlegen müssen. Dort werden wir dann die Möglichkeit haben, eine größere Anzahl von Teilnehmern unterzubringen. Wir haben die Absicht, die 8. Chemiefasertagung in der Woche vom 16. bis 20. Juni 1969 abzuhalten und sie unter das Thema

„Chemiefasern und ihre Verarbeitungsmaschinen“
zu stellen.

Damit, meine Damen und Herren, möchte ich die Chemiefasertagung 1968 schließen und Ihnen nochmals herzlich für das Mitgehen danken, das Sie alle gezeigt haben. Ich werde mich sehr freuen, wenn ich Sie nächstes Jahr wieder hier in Dornbirn begrüßen darf.

INSERENTENVERZEICHNIS

	Seite		Seite
Badische Anilin- und Soda-Fabrik AG. D-6700 Ludwigshafen am Rhein	41	Farbwerke Hoechst AG. D-6230 Frankfurt (M.)-Hoechst Vertretung: Vedepha Ges.m.b.H., 1070 Wien . . .	8/9
Barmag - Barmer Maschinenfabrik AG. D-5630 Remscheid Lennep	47	Fleissner Ges. m.b.H. & Co. D-6073 Egelsbach	35
H.F. Baumann, Mech. Kratzenfabrik GmbH. D-7260 Calw	89	Glas-Triebel, D-68 Mannheim-Käfertal	32
Gebr. Böhler & Co., AG., 1011 Wien	117	Maschinenfabrik Fr. Haas GmbH. & Co., KG. D-5600 Remscheid	107
Bran & Lübbe, D-2000 Hamburg	43	Ing. R. Hiebel KG., 1140 Wien	20
Bühring & Bruckner, 1040 Wien	132	W. Höhnel - Korrosionsschutz KG. 4021 Linz-Donau	109
Chemiebau, Dr. A. Zieren GmbH. & Co., KG. D-5000 Köln-Braunsfeld	115	E. Kampf, Maschinenfabrik D-5286 Bielstein	163
Chemiefaser Lenzing AG., 4860 Lenzing	23	Lindemann KG., D-4000 Düsseldorf	153
Chemiefaser Lenzing AG., 4860 Lenzing	93/94	W. Neuber KG., 1060 Wien	63
Chemische Fabrik Stockhausen & Cie. D-4150 Krefeld	19	Österr. Chem. Werke Ges.m.b.H. 1150 Wien	63
Deutscher Spinnereimaschinenbau Ingolstadt D-8040 Ingolstadt-Donau	17	Dr. Quehl & Co., Ges.m.b.H. D-6720 Speyer am Rhein	53
Deutsche Steinzeug- und Kunststoffwarenfabrik D-6800 Mannheim-Friedrichsfeld	175	K. Rosenbauer KG., 4021 Linz-Donau	60
Ebenseer Solvay-Werke, Solvay & Cie., KG. 1015 Wien	81	W. Schlafhorst & Co., Maschinenfabrik D-4050 Mönchengladbach	75
Elin-Union, AG. für Elektrische Industrie 1010 Wien	6	Schoeller-Bleckmann Stahlwerke AG., 1010 Wien . . .	87
Eternit-Werke Ludwig Hatschek 4840 Vöcklabruck/O.Ö.	27	Büro - Organisation R. Streit 3300 Amstetten/N.Ö.	172

*Wir laden nur jene Firmen ein, in dieser Hauszeitschrift zu inserieren,
die wir auf Grund jahrelanger Zusammenarbeit mit unserem Unternehmen unseren
Freunden und Lesern gewissenhaft weiterempfehlen können.*

DIE REDAKTION