

LENZINGER BERICHTE

Vorträge, gehalten auf der 16. Internationalen Chemiefasertagung vom 20. bis 22. September 1977 in Dornbirn, sowie die im Anschluß daran geführten Diskussionen (Teil I)

| | Seite |
|--|-------|
| 25 Jahre Lenzinger Berichte | 5 |
| Eröffnungsansprache Generaldirektor i. R. KR Rudolf H. Seidl, Wien | 7 |
| Grußbotschaft der Internationalen Chemiefaservereinigung Professor J. L. Juvet, Paris | 10 |
| Grußbotschaft des Fachverbandes der Österreichischen Textilindustrie Dr. Theodor Hladik, Wien | 11 |
| Grußbotschaft der Vorarlberger Landesregierung Dr. Herbert Kessler, Bregenz | 12 |
| Verleihung des Studienförderungspreises 1977 Generaldirektor i. R. KR Rudolf H. Seidl, Wien | 12 |
| Struktur von segmentierten Polyätheresteramiden Dipl.-Chem. Dr. Chung-Ji Tschang, Ludwigshafen | 13 |
| Spannungsrißkorrosion an Polyamid- und Polyester multifilamentgarnen Dr. Ing. Reinhardt W. Müller, Krefeld | 17 |
| Kleiderbrände und Verbrennungen Dr. med. Waltraut von Kothen, Tübingen | 18 |
| Forschung in einer sich wandelnden Welt Dr. Helmut Stöhr, Wuppertal | 20 |
| Photochemische Primärprozesse in synthetischen Polymeren Professor Dr. Walter Klöpffer, Frankfurt | 28 |
| UV-Degradation von Polymeren Dr. H. J. Hageman und Ing. F. J. Huntjens, Arnheim | 38 |
| Ein Direktspinnverfahren für Chemiefasergarne Professor Dipl.-Ing. H. W. Krause, Zürich | 42 |
| Eine neuartige Methode zur Herstellung von Polytetrafluoräthylen-Fasern und -Filamenten, deren Eigenschaften und Anwendung Dr. J. Lenz, Doz. Dr. H. Krässig, Dr. F. Saßhofer, Dr. F. Gotschy, A. Wimmer, Lenzing | 52 |
| Der Einfluß der Aufheiz- und Abkühlzeiten bei der Strecktexturierung W. J. Morris, Manchester | 60 |
| Die Verarbeitung von Chemiefasern auf der Superkarde Dipl.-Ing. Hans Landwehrkamp, Ingolstadt | 68 |

| | Seite |
|--|-------|
| Polypivalolakton als textiler Rohstoff Jan Woestenenk, Arnheim | 78 |
| Eine neue hydrophile Polyamidfaser Dr. Ch. Sármany, E. Szegó, Budapest | 85 |
| Spunlaced Stoffe — Eigenschaften, Verarbeitung, Endzwecke Dr. Robert Piroue, Genf | 90 |
| Das Aufbereiten und Mischen von Chemiefasern Friedrich Wilhelm Morgner, Bergisch Gladbach | 96 |
| Quo vadis, Chemiefaserindustrie? Dr. Horst G. Karus, Arnheim | 101 |
| Schlußwort Generaldirektor i. R. KR Rudolf H. Seidl, Wien | 106 |
| Inserentenverzeichnis | 107 |

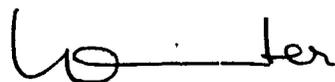
25 Jahre Lenzinger Berichte

Vor einem Vierteljahrhundert erschien das erste Heft der Lenzinger Berichte. Die Herausgeber wollten mit dieser Zeitschrift unseren Kunden und Geschäftsfreunden neue fachtechnische Erkenntnisse, Erfahrungen und Anleitungen für die Verarbeitung unserer Produkte vermitteln. Bewußt wurde das Äußere, das sich bis heute nicht änderte, solide und einfach gestaltet, denn der gediegene Inhalt sollte den Wert dieser Zeitschrift darstellen. So wurden die Lenzinger Berichte ein wertvolles Instrument, um unsere Freunde und Leser über die neuesten Produkte und Verfahren unserer Firma sowie über betriebliche Verbesserungen auf dem laufenden zu halten. Sie waren oft Wegweiser und halfen unseren Kunden, Probleme zu lösen.

Der vorerst von unserem Mitarbeiterstab bestrittene Inhalt wurde bald durch Beiträge und Anregungen aus dem Verarbeiterkreis unserer Produkte bereichert. Schließlich wurde auch der gesamte Tagungsbericht der alljährlich in Dornbirn abgehaltenen Internationalen Chemiefasertagung angeschlossen. Die offenen Diskussionen des internationalen Forums von Experten, Wissenschaftlern und Praktikern, die sich jedes Jahr in unserem von einer weit zurückreichenden Textiltradition geprägtem „Ländle“ treffen, über die neuesten technischen Errungenschaften und weltweiten Probleme der gesamten Textilindustrie sind ein aktueller Beitrag, der unsere Lenzinger Berichte zu einer weit über die Grenzen Österreichs anerkannten und oft zitierten Fachzeitschrift werden ließ.

Die Aufgaben, die sich unsere textiltechnische Hauszeitschrift vor 25 Jahren stellte, nämlich zu informieren, zu beraten und zu helfen, hat sie durchaus erfüllt, denn sie hat es verstanden, mit dem Wachsen unseres Unternehmens Schritt zu halten und seinen Ruf auf internationaler Ebene zu belegen. Es bleibt daher nur zu hoffen, daß es den Lenzinger Berichten auch in den kommenden 25 Jahren gelingen wird, sich weiterhin so erfolgreich in den Dienst unseres Unternehmens zu stellen, für dessen Freunde und Kunden sie geschaffen wurden.

Generaldirektor Dr. Hans Winter
Chemiefaser Lenzing AG



Eröffnungsansprache

Generaldirektor i. R. KR Rudolf H. Seidl,
Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts,
Wien

Meine Damen und Herren, die seit 1974, dem letzten Jahr der Hochkonjunktur, verstrichene Zeit mit ihrer schweren Rezession und der nur zögernd einsetzenden Wiedererholung der Wirtschaft hat uns gezeigt, wie untrennbar bzw. eng die Partnerschaft zwischen der Chemiefaser- und der Textilindustrie ist. Sie hat aber auch deutlich gemacht, welch hartes internationales Geschäft heute die Chemiefaserindustrie betreiben muß, um sich behaupten zu können. Rückschläge von bisher ungewohnter Härte haben die Chemiefasererzeuger der traditionellen Produktionszentren USA, Westeuropa und Japan getroffen, und wenn auch die Zahlen, die jetzt über das Jahr 1976 vorliegen, eine kräftige Zunahme der Chemiefaser-Weltproduktion um rund 15% auf 12,3 Mio t signalisieren, so handelt es sich bei genauerer Betrachtung hier doch ausschließlich um eine Mengenkonzunktur; dies nur im Vergleich zum Krisenjahr 1975. Alles in allem ist während des Jahres 1976 die Welttextilfaserproduktion um 9% auf 26.278 Mio t gewachsen. Mit einem Anteil von 49% oder 12.802 Mio t hält die Baumwolle nach wie vor die Spitze, wogegen die Wolle einen leichten Produktionsrückgang von 2% auf 1,470 Mio t verzeichnet. Die Chemiefasern in ihrer Gesamtheit haben einen Anteil von 45% eingenommen, wobei synthetische Stapelfasern um 22% auf 4,499 Mio t und synthetische Filamente um 10% auf 4,115 Mio t zunahmen und damit die kräftigsten Zuwachsraten aufwiesen. Zellulosische Stapelfasern haben mit einem Plus von 7% 2,206 Mio t erreicht und die Filamentproduktion ist um 5% auf 1,186 Mio t gestiegen, sodaß auch in dieser Chemiefasersparte ein Aufschwung zu verzeichnen war. Allerdings haben mit dem Mengenzuwachs leider die Erlöse nicht schrittgehalten, sodaß viele große Chemiefaserhersteller im Vorjahr in den roten Zahlen geblieben sind. Der enttäuschende Verlauf der bisherigen Konjunktorentwicklung 1977 hat nicht dazu beigetragen, Hoffnungen auf eine echte Besserung der Lage wachzurufen.

Versuchen wir nun, die Ursachen dieser krisenhaften Entwicklung zu analysieren, so zeigt sich als ein gravierendes Problem die weltweit entstehenden Überkapazitäten der diversen Faserproduzenten. Sie sind einerseits in den Jahren der Hochkonjunktur von den Erzeugern in einer allzu optimistischen Einschätzung der Möglichkeiten eines dynamischen Wachstums für die Zukunft aufgebaut worden. Andererseits haben ständig verbesserte Technologien noch das ihre dazu beigetragen, mit bereits vorhandenen Anlagen einen wesentlich vergrößerten Ausstoß zu erreichen. Auf diese Weise sind nicht mehr marktkonforme Kapazitäten entstanden, deren latente Gefahr schon vor dem großen Rezessionsjahr 1975 erkannt worden ist, ohne daß man dieser Entwicklung Einhalt geboten hätte. Dies wäre nur durch rechtzeitige Abstimmung der Erzeugungskapazitäten zwischen den wichtigsten Her-

stellern möglich, doch ist gerade jeder diesbezügliche Versuch schon wegen der erklärten Gegnerschaft aller nationalen und internationalen Gremien unterblieben.

Nicht übersehen sollte andererseits werden, daß viele Chemiefasererzeuger (wie ja übrigens auch potente Firmen der Textilindustrie) gerade durch die herrschende Kosteninflation in einen Ausbau ihrer Produktionskapazitäten gedrängt worden sind. Eine Expansion, verbunden mit erhöhter Rationalisierung, ist ja das einzige Mittel, der Kostenexplosion wenigstens einigermaßen auszuweichen und zu einer besseren Verteilung der Fixkosten zu gelangen.

Es muß aber doch die Situation der Viskosefaserindustrie getrennt von jener der Synthefasererzeuger gesehen werden, denn während bei letzteren auf der ganzen Welt die Überkapazitäten bereits bedrohlichen Umfang angenommen haben, sind die Viskosefaserfabriken besser ausgelastet. Dies ist auch darauf zurückzuführen, daß in dieser Sparte seit 1966 bedeutende Kapazitätsstillegungen erfolgt sind. Allerdings wird die Rentabilität immer wieder davon beeinflusst werden, ob die notwendige Zellulose im eigenen Betrieb hergestellt werden kann oder ob sie von dritter Seite eingekauft werden muß. Nachdem der Absatz zellulosischer Fasern entscheidend von der Höhe des Baumwollpreises abhängt, kommt diesem Faktor im weltweiten Konkurrenzkampf ganz besondere Bedeutung zu.

Neben den sehr verschiedenen Inflationsraten der einzelnen Produzentenländer, welche zu Konkurrenzverschiebungen im internationalen Geschäft führen, ist es die wachsende Umstrukturierung der Fasermärkte, die zu den Sorgen um die Zukunft beiträgt. Es tritt immer deutlicher zutage, daß der Zuwachs der Chemiefaserproduktion sich von den bisherigen Produktionszentren USA, Westeuropa und Japan weg in die übrige Welt verlagert. Gegenwärtig liegen die Schwerpunkte des Kapazitätsausbaues im Ostblock, wo speziell in der UdSSR, in der Volksrepublik Polen, in der DDR und in China umfangreiche Neuanlagen errichtet werden. Zahlreiche Entwicklungsländer forcieren gleichfalls den Bau neuer Anlagen. Von den Erdölländern setzt vor allem der Iran auf Synthetics, aber auch in Indonesien, Taiwan und Südkorea wächst das Interesse an derartigen Fabrikationsstätten. 1975 waren in den Entwicklungsländern bereits 47 Polyamid-, 50 Polyester- und 12 Acrylfaseranlagen installiert. In Lateinamerika erreichte die Jahreskapazität synthetischer Fasern bereits 750.000 t, was einer Zunahme um 50% seit 1960 entspricht. Alles in allem hat sich auf diese Weise Ende 1976 der Anteil der übrigen Welt an der Weltproduktion von Chemiefasern in den letzten 10 Jahren von 23 auf 34% erhöht, wobei der Anteil der Zellulosefaserproduktion schon zu 50% und jener der Synthefasern zu 28% von den Ländern außerhalb der genannten Zentren getragen wurde.

Schon allein durch diese Entwicklung haben sich die Wettbewerbsbedingungen für die Chemiefaserindustrie, soweit sie in den traditionellen Industriezentren des Westens und Japans stationiert ist, in tiefgreifender Weise geändert.

Speziell in Westeuropa zeigt sich außerdem eine Deroutierung der Textilmärkte, die zu größter Besorgnis Anlaß gibt. Ursache ist die Überschwemmung mit Textilien zu Preisen, die bei der heimischen Produktion

oitmals kaum den Rohstoffanteil decken würden. Diese Erzeugnisse kommen aus Staaten der dritten Welt, wo Löhne gezahlt werden, die kaum ein Zehntel der unsrigen ausmachen, und wo es fast noch keine sozialen Aufwendungen gibt, wohin aber — übersehen wir das nicht — gerade die westlichen Industriestaaten die modernsten Maschinen und Fabriksanlagen geliefert haben. Außerdem kommen solche Billigpreisartikel auch aus Staatshandelsländern, die ihre Waren zu politisch manipulierten Preisen verkaufen, um ihr Devisenmanko aufzufüllen. Hiedurch ist es zu einem echten Verdrängungswettbewerb gekommen, der manche Textilbranchen bereits große Marktanteile gekostet hat. Die leistungsfähigen Firmen der Textilindustrie, die demgegenüber ihr Heil im Export suchen, stoßen aber auf den Auslandsmärkten wieder auf die gleichen Wettbewerbsverzerrungen, weil ja dort die gleichen Konkurrenten mit den gleichen Praktiken in Erscheinung treten — und so schließt sich ein Teufelskreis, in dem unsere Industrien mehr und mehr an Substanz einbüßen. Begreiflich, daß bei Anhalten einer derartigen Entwicklung die Rückwirkungen auf die Arbeitsplätze nicht ausbleiben können. Das CIRFS hat in einer knapp vor Jahresfrist veröffentlichten Studie errechnet, daß in Westeuropa zwischen 1971 und 1975 in der Produktionskette von der Faserindustrie über Spinnereien, Webereien und Wirkereien bis zur Konfektion insgesamt 400.000 Arbeitskräfte ihre Beschäftigung verloren haben, was etwa einem Zehntel aller in diesen Branchen Tätigen entspricht. Für die Chemiefaserrindustrie allein hätte dies der Schließung von 6 Faserwerken und 18 Filamentfabriken entsprochen, wenn man nicht bemüht gewesen wäre, die Arbeitsplätze so weit als möglich zu halten. Dennoch waren Personaleinschränkungen, ja teilweise auch Betriebsstillegungen unvermeidlich. Wenn diese Entwicklung anhält, werden in der europäischen Textil- und Bekleidungsindustrie bis 1985 noch weitere 1,6 Millionen Arbeitsplätze bedroht sein. Entsprechende Rückwirkungen auf die Chemiefaserindustrie sind leicht auszurechnen. Eine Neuorientierung der Textilpolitik der Regierungen Westeuropas ist daher umso unvermeidlicher, als angesichts der enormen Wichtigkeit dieses Wirtschaftszweiges niemand an seinem Niedergang Interesse haben kann. auch die Entwicklungsländer nicht, denn für sie würde der Verfall der europäischen Wirtschaftskraft und die daraus resultierende Arbeitslosigkeit ihre heutigen Vorteile nur vermindern.

Das Multifaserabkommen im Rahmen des GATT, um dessen Verlängerung gerade in diesem Jahr so schwergerungen wird, könnte ein wirksameres Instrument als bisher zur Verhinderung von Textilmarktstörungen sein, wenn die Staaten der westlichen Welt etwas mehr Solidaritätsbewußtsein an den Tag legten. Auch die genauere Auslegung des Begriffes *Entwicklungsland* könnte weiterhelfen, denn dabei würde sich zeigen, daß gegenwärtig bereits Staaten die Vorteile und Hilfsmaßnahmen für unterentwickelte Länder in Anspruch nehmen, die sich auf bestimmten Produktionsgebieten zu hochmodernen Erzeugern entwickelt haben.

Zeigt allein schon dieses Beispiel, das uns alle auf das engste berührt, welche schwierige Problematik für die Produktion in unseren industrialisierten Ländern durch die Konkurrenz aus den Entwicklungsländern

entsteht, so sollte dennoch einer stärkeren Einbindung dieser Staaten in die Weltwirtschaft im Prinzip zugestimmt werden. Dies gilt einerseits aus langfristigen, exportorientierten Überlegungen, denn wenn man neue Märkte in Entwicklungsländern erschließen will, ist ein wirtschaftliches Wachstum dieser Länder die Voraussetzung hierfür. Andererseits kann die finanzielle Hilfe der industrialisierten Staaten an Entwicklungsländer nur dann ihr Ziel erreichen, wenn sie von wirtschaftsfördernden Anstrengungen der Entwicklungsländer selbst begleitet ist. Eine von manchen

Entwicklungsländern in diesem Zusammenhang geforderte neue Wirtschaftsordnung, die eine weltweite dirigistische Planwirtschaft etablieren soll, muß allerdings gerade auch im Interesse der Entwicklungsländer abgelehnt werden. Vielmehr sollte alles daran gesetzt werden, die freie Marktwirtschaft international zu erhalten und die notwendigen Strukturänderungen durch gegenseitigen Konsens in geordnete Bahnen zu lenken. Der bisherige Verlauf des Nord-Süd-Dialogs war im Hinblick auf diese Ziele wohl wenig ermutigend, doch muß er unbedingt fortgesetzt werden, wenn auf weite Sicht konstruktive Ergebnisse im Interesse der Erhaltung des Weltfriedens und der Linderung der Not von mindestens einem Drittel der Menschheit erzielt werden sollen.

Doch nun, meine Damen und Herren, noch einen kurzen Blick auf die Situation der Chemiefaser- und Textilwirtschaft in Österreich. Für uns hat die Entwicklung in den letzten Jahren zwar einige besondere Züge gezeigt, im großen und ganzen ist sie aber so enttäuschend wie die gesamte europäische Konjunktur verlaufen. Als kleines Land mit 7 Millionen Einwohnern, aber mit bedeutenden Unternehmen der Chemiefaser- und der Textilindustrie, sind wir hierzulande noch wesentlich stärker von den Exporten abhängig als große Staaten mit einem kräftigen nationalen Inlandsmarkt. Wieweit sich nun die totale Zollfreiheit, die ungeordneten Wechselkursrelationen und die Verschiedenheit der Steuersysteme in Zukunft auswirken werden, müssen wir noch abwarten. Das Jahr 1976 hat zwar in seiner ersten Hälfte Ansätze zu einer Belebung der Konjunktur gezeigt, doch flachte die Kurve im weiteren Verlauf rasch ab, und das laufende Jahr steht bereits wieder im Schatten schwerer Sorgen. Immerhin hat das vergangene Jahr den österreichischen Chemiefaserwerken eine Atempause gebracht, und in den meisten Fällen konnten die negativen Ergebnisse des Krisenjahres 1975 überwunden werden. In Lenzing, wo 85 % der österreichischen Chemiefaserproduktion herkommen, hat die Chemiefaser Lenzing AG ihren Umsatz um 17 % auf 2,5 Mrd. Schilling gesteigert, welcher auch schon 1974 erreicht worden war, und mit knapp 94.000 tato Viskosespinnfasern, einer Produktionszunahme von 20 %, ihre Position als führender europäischer Viskosefasererzeuger behaupten können. Die Acrylfaserproduktion, die sich allerdings erst im Aufbau befindet, wurde gesteigert und an die 10.000-t-Grenze herangeführt. Auch die PE-Faserfabrik der Austria-Faserwerke GmbH, die bekanntlich von der Hoechst AG und der Chemiefaser Lenzing AG gemeinsam betrieben wird, hat ihren Ausstoß nach Fertigstellung einer weiteren Ausbaustufe 1976 kräftig um 63 % erhöht und damit die 18.000-t-Grenze bei Trevirafasern erstmalig überschritten. Wegen des Marktdruckes war

die Ertragssituation allerdings wenig befriedigend. Auch die Erste Österreichische Glanzstoff-Fabrik St. Pölten konnte ihren Gesamtumsatz wieder auf 1 Mrd. Schilling bringen und damit die Höhe des Jahres 1973 erreichen. Wenn auch der Versand und die Produktion von Rayon auf insgesamt 15.196 jato anstiegen, ließen doch die Erträge auch hier weitgehend zu wünschen übrig, zumal das bisher so bedeutende Englandgeschäft durch den Kursverfall des Pfundes stark negativ beeinträchtigt wurde. Auf dem Spezialgebiet, das sich die Chemie Linz AG mit ihrer Polyolefinsparte im Bereich der Fasern, Fäden und Folien und Nadelvliese aus Polypropylen geschaffen hat, waren die Kapazitäten voll ausgelastet, und die Produkte konnten auch in erhöhtem Ausmaß vermarktet werden. Die in Enns errichtete neue Fabrik für monomeres Acrylnitril mit einer Kapazität von 75.000 jato befindet sich im Anlaufstadium und wird die Rohstoffbasis der österreichischen Kunststoffindustrie stärken.

Auf alle Faserproduzenten drücken gleichermaßen die lawinenartig wachsenden Kosten für Rohstoffe, Vorprodukte, Tarife, Fracht, wachsende Energiekosten und insbesondere für Löhne und Lohnnebenkosten. So lagen 1976 beispielsweise die Personalkosten in Lenzing um 9,7% höher als im Jahr vorher und überstiegen bei einem praktisch unveränderten Personalstand von 3800 Beschäftigten erstmals die 800-Millionen-Schilling-Grenze. In Linz sind die Personalkosten ebenfalls um rund 10% gestiegen, und auch in Sankt Pölten waren die Personalaufwendungen (trotz einer geringfügigen Verringerung des Personalstandes um 2%) um 11% höher als im Vorjahr. Kein Produzent kann jedoch die lawinenartig wachsende Kostenbelastung bei den Preisen unterbringen, was auf die Dauer gesehen die Ertragslage immer mehr verschlechtert, zu Rationalisierungsinvestitionen und damit eher zur Einschränkung der Arbeitsplätze zwingt, statt durch Aufwendungen für Forschung und Entwicklung zu echten Innovationen zu gelangen und Investitionen im Interesse der Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit vornehmen zu können. Daß der Cash-flow heute zu niedrig ist, um großzügig zu investieren, ist die harte Tatsache, der gegenüber sich die Vorwürfe, daß die Industrie zu wenig investitionsfreudig sei, von selbst erledigen.

Außerdem hat die Hartwährungspolitik der österreichischen Regierung konstant die Exporte erschwert und die Importe begünstigt. Der Importboom ist ja mit eine wesentliche Ursache des enormen Handelspassivums, das sich im Vorjahr schon auf 22 Mrd. Schilling belief. Eine konsequente Stabilisierungspolitik ist daher mehr denn je das Gebot der Stunde, zumal das enorme Defizit der österreichischen Zahlungsbilanz, das heuer über 50 Mrd. Schilling erreichen dürfte, keineswegs mehr durch kosmetische Mittel, sondern nur durch radikale Maßnahmen der Budgetpolitik von seiten des Staates beseitigt werden könnte. Es ist begreiflich, meine Damen und Herren, daß nicht nur wir von der Chemiefaser- und Textilindustrie aus all diesen Gründen der nächsten Zukunft mit Sorge entgegensehen, denn es liegt auf der Hand, daß ohne eine florierende Wirtschaft auch keine Arbeitsplätze gesichert werden können. Wenn wir uns

trotzdem eine gewisse Zuversicht bewahrt haben, so ist es vor allem die Leistungsfähigkeit unserer modernen Betriebe, die Tüchtigkeit der Mitarbeiter, das Wissen unserer Forscher und das Know-how unserer Techniker, was jene Grundlage schafft, auf der wir in den nächsten Jahren weiter aufbauen wollen und können.

Wir haben für die diesjährige 16. Internationale Chemiefasertagung das Thema „Moderne Verfahren zur Herstellung und Verarbeitung von Chemiefasern“ gewählt. Damit wollen wir einmal mehr unter Beweis stellen, mit welcher Intensität in allen Industriestaaten die Chemiefaserindustrie gemeinsam mit ihren nachgelagerten Verarbeitungsstufen für die Zukunft arbeitet. Es soll dadurch aber auch der Beweis erbracht werden, daß niemand daran denkt, vor den wirtschaftlichen Schwierigkeiten zu kapitulieren. Bei all den Problemen, die es zu lösen gilt, haben wir auch nie das Interesse der Verbraucher aus den Augen verloren, die von uns immer neue, verbesserte Textilien mit immer besseren Gebrauchseigenschaften erwarten. Daß die jüngste Vergangenheit hier interessante Neuentwicklungen gebracht hat -- man denke nur an die antistatischen oder an die flammhemmenden Fasern -- ist ein Zeichen unermüdlicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit in dieser Branche. Unsere Ausstellung im Foyer, an der sich sieben Chemiefaserfirmen von Weltrang beteiligen, steht gerade deswegen unter der Devise „Chemiefasern für die Zukunft“ und illustriert auf ihre Weise den nach wie vor vorhandenen Optimismus. Wenn wir außerdem heuer mit der Sonderschau „Die Textilwelt in der Briefmarke“ allen Freunden der Philatelie unter unseren Gästen eine besondere Überraschung bereiten konnten, so haben wir dies einem langjährigen Teilnehmer an unseren Tagungen zu danken, Herrn Direktor Siegl, früher in den Textilwerken F. M. Hämmerle tätig, der als begeisterter Sammler uns diese einzigartige Zusammenstellung von Textilmotiven in seiner reichen Briefmarkensammlung für eine Art *Weltpremiere* zur Verfügung gestellt hat. Schließlich verweisen wir auch noch auf die kleine Fachbuchausstellung und die interessante Schau von Mikrofotos der Frauenhofer-Gesellschaft, Karlsruhe, die als Rahmenveranstaltungen hier schon eine gewisse Tradition haben.

Noch auf eine Neuerung möchte ich abschließend hinweisen: die Simultanübersetzungsanlage für die englische Sprache, die wir heuer erstmalig dank der Unterstützung durch das CIRFS hier einrichten konnten. Wir hoffen, unseren Gästen damit eine Erleichterung im Tagungsablauf zu bieten und eine verstärkte Internationalisierung unserer künftigen Symposien zu erleichtern. Für die verständnisvolle Förderung dieses Vorhabens möchte ich dem Generaldirektor des CIRFS, Herrn Professor Juvet, besonders herzlich danken.

Und nun, meine Damen und Herren, wünsche ich Ihnen allen schöne und interessante Tage in Vorarlberg und erkläre die 16. Internationale Chemiefasertagung für eröffnet.

Grußbotschaft der Internationalen Chemiefaservereinigung

Professor J. L. Juvet
 Generaldirektor des CIRFS, Paris

Die Chemiefaserindustrie in Europa hat nun bereits seit drei Jahren mit ernsthaften Schwierigkeiten zu kämpfen, obwohl sich im Laufe des Jahres 1976 eine gewisse Erholung der Absatzlage abgezeichnet hat. Diese Situation ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen:

- die allgemeine wirtschaftliche Rezession von 1974 bis 1977.
- den Anstieg der Nettoimporte von Textil- und Bekleidungsartikeln außereuropäischen Ursprungs und
- den laufenden Ausbau neuer Produktionskapazitäten in fast allen westeuropäischen Ländern, trotz der erwiesenen Existenz von Überkapazitäten.

Eine Rezession muß, wie stark sie auch immer sein mag, als Wechselfall der marktwirtschaftlichen Ordnung in Kauf genommen werden, den die Industrie zu bewältigen hat. In diesem Zusammenhang möchte ich jedoch unterstreichen, daß die geringe Arbeitskraftflexibilität in Westeuropa sowie die in manchen europäischen Ländern in der Praxis bestehende Pflicht, den Beschäftigungsstand aufrecht zu erhalten, die Wettbewerbsposition der Firmen in Europa verschlechtert. Die US-amerikanischen Unternehmen können, zum Vergleich, im Falle von konjunkturbedingten Schwierigkeiten Personalentlassungen vornehmen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß das starre Beschäftigungsniveau in Europa ein wichtiger Faktor bei der Bildung von übermäßigen Lagerbeständen ist und beim Zusammenbruch von Preisstrukturen eine Rolle spielt.

Die schwere Rezession von 1974 bis 1976 ist bedauerlicherweise mit einer Periode außerordentlich raschen und unkontrollierten Wachstums der Nettoimporte von Textil- und Bekleidungsartikeln außereuropäischen Ursprungs zusammengefallen. Die westeuropäische Textilaußenhandelsbilanz der den Chemiefasern nachgeordneten Produktionsstufen, die sich noch 1971 im Gleichgewicht befand, wies 1976 ein Defizit von ca. 600.000 Tonnen auf, das sich mittelbar oder unmittelbar mit etwa 300.000 Tonnen auf die Chemiefaserproduktion auswirkte bzw. mit 250.000 Tonnen auf die Produktion synthetischer Fasern. Bis Ende des Jahres 1976 eroberten die Nettoimporte einen fast vierzehnzehnteligen Anteil am Faserendverbrauch in Europa. Im Gegensatz hierzu beträgt der entsprechende Prozentsatz in den USA nur vier Prozent, trotz langjähriger Marktpenetration.

Der Verlauf der gegenwärtigen Verhandlungen des GATT-Multifaserabkommens hat gerade gezeigt, daß die europäischen Behörden endlich erkannt haben, daß Europa den relativ größten Teil anormaler Importe zu verkräften hat und daß es an der Zeit ist, diese Situation zu korrigieren, um nicht Zeuge des raschen Verfalls eines Sektors zu werden, der mehr als vier Millionen Menschen beschäftigt. In den kommenden Jahren können wir also mit einer strikten Kontrolle der europäischen Nettoimporte seitens zahlreicher Länder unseres Kontinents rechnen, insbesondere in der EWG. Wie ich bereits im Vorjahr andeutete, wird Schritt für Schritt ein institutionelles System für die Wirtschaftsbeziehungen der westeuropäischen Nationen sowohl mit den Staatshandels- als auch mit den Entwicklungsländern errichtet werden.

Andererseits ist die Erweiterung der Produktionskapazitäten bei synthetischen Fasern weiter fortgeschritten, trotz der auf Grund der Konjunkturlage und der Nettoimporte nur zögernden Entwicklung. In Europa sind sogar neue Hersteller hinzugekommen, während ihre Zahl in Japan und in den USA tendenziell abnahm. Die meisten, wenn nicht sogar alle neuen Kapazitäten sind mit Regierungsbeihilfen errichtet worden, eine Politik, die in fast allen Ländern betrieben wurde, wenn auch nicht überall mit der gleichen Intensität.

Wie Sie sehen, hat es sich auch hier ungünstig ausgewirkt, daß die Länder Europas weder ihre Industriepolitik noch ihre Außenhandelspolitik koordinierten. Dies ist zwar keine leichte, aber doch eine wichtige Aufgabe, von der die Gesundheit der Chemiefaserindustrie teilweise abhängig ist, und die rasch von den Regierungsbehörden Westeuropas in Angriff genommen werden muß. Die europäischen Hersteller sind in dieser Frage zu einem Dialog mit den Regierungen, insbesondere mit der EG-Kommission in Brüssel, bereit.

Zum Schluß dieser kurzen Einleitung möchte ich unterstreichen, daß die beiden Voraussetzungen für eine Normalisierung der Situation in der westeuropäischen Chemiefaserindustrie — sowohl die Probleme des Außenhandels als auch die Kapazitäten betreffend — hauptsächlich von Maßnahmen auf Regierungsebene abhängig sind. Dieses Faktum ist, glaube ich, von den Behörden sehr wohl erkannt worden.

Es erscheint mir daher ganz besonders erfreulich, daß heuer in Dornbirn bei der sechzehnten Studentagung der schon große Zuhörererkreis noch durch die englischsprechenden Teilnehmer vergrößert worden ist. Ich möchte Herrn Präsidenten Seidl und Herrn Doktor Katschinka für diese Initiative sehr danken, weil damit der gesamten europäischen Textilindustrie Gelegenheit gegeben wird, sich im Laufe der nächsten Jahre dieser hochqualifizierten Veranstaltung anzuschließen, deren Erfolg aus der großen Zahl der Teilnehmer ersichtlich ist, die sich auch heute wieder in Dornbirn eingefunden hat.

Grußbotschaft

Dr. Theodor Hladik

(in Vertretung des Präsidenten des Fachverbandes der Textilindustrie Österreichs, Dipl.-Ing. Friedrich Adensamer)

Es freut mich außerordentlich, in Vertretung des Vorstehers des Fachverbandes der Textilindustrie Österreichs, Herrn KR Dipl.-Ing. Adensamer, der leider verhindert ist, an der heutigen Eröffnungssitzung teilzunehmen und einige Worte an Sie richten zu können. Ich darf hinzufügen, daß die alljährlich mit großem Erfolg und unter reger Beteiligung aus dem In- und Ausland durchgeführte Internationale Chemiefasertagung zu einer Institution geworden ist, auf die ich speziell als Vorarlberger Textilindustrieller stolz bin, lenkt sie doch Jahr für Jahr das Interesse der textilen Fachwelt auf Dornbirn und damit auch auf unser Land Vorarlberg, das mit einem Produktionsanteil von rund 40 % bekanntlich den Schwerpunkt der österreichischen Textilproduktion bildet.

Herr Präsident KR Seidl hat in seiner Begrüßungsrede auf das enge Partnerschaftsverhältnis zwischen Chemiefaserindustrie und Textilindustrie hingewiesen. Ich kann diese Worte nur bekräftigen.

Die österreichische Textilindustrie hat im Jahre 1975 — aus diesem Jahr datiert die letzte verfügbare Rohstoffstatistik — insgesamt 99.000 t Spinnstoffe und Endlosgarne aller Art verarbeitet. Davon waren:

| | |
|------------------------------------|-----------------|
| Schafwolle und andere Tierhaare | 5.900 t |
| Baumwolle | 16.500 t |
| Flachs, Hanfe, Jute und Sisal | <u>10.500 t</u> |
| somit Naturfasern insgesamt | 32.900 t |
| Zellwolle | 21.000 t |
| Kunstseidengarne | 3.600 t |
| synthetische Flocke und Spinnkabel | 27.100 t |
| synthetische Endlosgarne | <u>15.100 t</u> |
| somit Chemiefasern insgesamt | 66.800 t |

Mit einem Chemiefaserteil von 67 % aller verarbeiteten Rohstoffe liegt die österreichische Textilindustrie deutlich über dem internationalen Durchschnitt. Angesichts dieser Tatsache sind wir sehr froh, eine inländische Rohstoffbasis bei Zellwolle und Rayon sowie bei Polyester-, Acryl- und Polypropylenfasern zu haben. Wir haben diesen Umstand trotz aller Schwierigkeiten, besonders während der internationalen Chemiefaserverknappung, zu der es 1973 im Anschluß an die Ölkrise gekommen ist, schätzen gelernt.

Wenn man sich an die damalige Situation erinnert, so ist kaum zu glauben, aber doch wieder typisch für den rasch wechselnden Konjunkturverlauf unserer Branche, daß sich die heutige Angebots- und Nachfragesituation genau gegenteilig darstellt. Wenn Herr Präsident KR Seidl vorhin über das Problem der Überkapazitäten auf dem Chemiefasersektor berichtet hat, so möchte ich als Textilindustrieller, der ohne eine optimistische Grundeinstellung nicht existieren könnte, die Hoffnung zum Ausdruck bringen, daß es sich dabei nicht um eine strukturelle, sondern bestenfalls um eine temporäre Überkapazität handeln möge.

Ich bin fest davon überzeugt, daß die Zukunft unserer europäischen Textilindustrie, aber auch die der Chemiefaserindustrie, in der geistigen Kapazität unserer Wissenschaftler und Techniker, aber auch in der modischen Kreativität und in der Fähigkeit liegt, sich an wechselnde Anforderungen des Marktes flexibel anzupassen. Die Internationale Chemiefasertagung in Dornbirn ist eine äußerst wertvolle Gelegenheit zum Gedankenaustausch über neue Technologien und wissenschaftliche Erkenntnisse, wie wir sie in dem immer härter werdenden internationalen Konkurrenzkampf zur Erhaltung unseres Know-how-Vorsprungs dringend benötigen.

In diesem Sinne wünsche ich Ihrer Tagung einen sehr erfolgreichen Verlauf.

Wirtschaftslage und Textilindustrie Vorarlbergs

Landeshauptmann Dr. Herbert Kessler

Ich nütze die Gelegenheit, um vor dem prominenten Dornbirner Tagungsforum die Leistungsfähigkeit der Textilindustrie und ihre Bedeutung für die gesamte Wirtschaftspolitik Vorarlbergs ins rechte Licht zu setzen.

Diese Leistungsfähigkeit hat sich erst wieder im Verlauf der jüngsten Wirtschaftsrezession erwiesen. Dank ihrer Europareife hat die Textil- und Bekleidungsindustrie Vorarlbergs die auf sie zugekommenen Schwierigkeiten meisterhaft bewältigen können.

Bei aller Anerkennung einer wünschenswerten Verbreiterung der Vorarlberger Wirtschaftsstruktur ist an der dominierenden Stellung des textilen Elementes nicht zu rütteln. Allerdings ist die Wirtschaft heute an der Grenze ihrer Belastbarkeit angelangt. Man tritt nun mit Recht und mit der gebotenen Härte allen weiteren Belastungsversuchen entgegen. Der desolote Staatshaushalt läßt sich keinesfalls einseitig zu Lasten des privaten Unternehmertums und der Konsumenten

sanieren. Statt der Wirtschaft immer neue Lasten aufzubürden, sollte die staatliche Wirtschaftspolitik eher die Stärkung der Konkurrenzfähigkeit im Auge haben.

Auch in Vorarlberg ist die sich neuerdings anbahnende Konjunkturlaute nicht ohne Auswirkungen geblieben. Vor allem in der Textilindustrie ist es in den letzten Monaten zu spürbaren Einbußen gekommen. Das Produktionsvolumen sank in der ersten Hälfte des Sommers um zwei Prozentpunkte. Hatten die Exporte der Vorarlberger Textilindustrie in den ersten fünf Monaten dieses Jahres noch um 18 Prozent zugenommen, so ging im Juni und Juli die Zuwachsrate auf 7 Prozent zurück. Vor allem auf den Auslandsmärkten ist es zu einer sehr deutlichen Verschlechterung der Absatzlage gekommen. Aber trotzdem ist die Beschäftigungslage in der Vorarlberger Textilindustrie sehr gut. So stellt sie allein 22.000 von den insgesamt 36.000 industriellen Arbeitsplätzen des Landes.

Im Interesse der Arbeitsplatzsicherung geht es darum, diesen Wirtschaftszweig auch in Zukunft konkurrenzfähig zu erhalten. Jedenfalls darf es keine Abtretungen textiler Produktionszweige an das Ausland geben, und negative Diskussionen über die Textilindustrie in die Öffentlichkeit zu tragen, ist heute weniger den je ein Beitrag zur Arbeitsplatzsicherung. Auch in Zukunft wird die Vorarlberger Textilindustrie die tragende Säule der Wirtschaft des Landes bleiben.

Verleihung des Studienförderungspreises 1977

durch Herrn Generaldirektor i. R. KR Rudolf H. Seidl, Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts, Wien

Chemiefaserindustrie fördert Forschung

Der wachsende Wettbewerb läßt die Bedeutung der industriellen Forschungs- und Entwicklungsarbeit immer klarer werden. Will die Chemiefaserindustrie ihre Zukunft sichern, so kann dies nur durch intensive Grundlagenforschung, die Entwicklung neuer Technologien und überlegenes Know-how geschehen. Um diese Bestrebungen zu fördern, hat das Österreichische Chemiefaser-Institut 1971 anlässlich der 10. Internationalen Chemiefasertagung die Stiftung eines Studienförderungspreises beschlossen, der jährlich mit 50.000 Schilling dotiert und für abgeschlossene Arbeiten auf dem Gebiet der Hochpolymeren mit dem Schwerpunktthema *Chemiefasern* vergeben wird. Die Mittel

für den Preis, der international ausgeschrieben wird, werden von der österreichischen Chemiefaserindustrie, an ihrer Spitze von der Chemiefaser Lenzing AG, zur Verfügung gestellt. Die Entscheidung über die eingereichten Arbeiten obliegt einem Kuratorium, das aus Vertretern der wissenschaftlichen und der industriellen Forschung besteht. In Betracht kommen für die Auszeichnung Dissertationen oder Diplomarbeiten aus dem Bereich der chemischen und physikalischen Forschung, aber auch wirtschaftswissenschaftliche Arbeiten mit einschlägigen Themen können mit einem Preis ausgezeichnet werden. Schließlich ist auch die Verleihung von Stipendien vorgesehen, um die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Thema „*Chemiefasern*“ anzuregen.

Bisher ist die Arbeit der Juroren meist recht schwierig gewesen, weil häufig gleichwertige Arbeiten zur Beurteilung vorlagen. Aus diesem Grund wurde der Preis in den vergangenen Jahren öfter geteilt. Auch 1977 fiel die Entscheidung zugunsten eines Hauptpreises und zweier Anerkennungspreise im Gesamtwert von öS 25.000,— aus; ein weiterer Betrag in gleicher Höhe wird für ein Stipendium an der Technischen Universität Wien reserviert, das ab 1978 zur Auszahlung ge-

Wirtschaftslage und Textilindustrie Vorarlbergs

Landeshauptmann Dr. Herbert Kessler

Ich nütze die Gelegenheit, um vor dem prominenten Dornbirner Tagungsforum die Leistungsfähigkeit der Textilindustrie und ihre Bedeutung für die gesamte Wirtschaftspolitik Vorarlbergs ins rechte Licht zu setzen.

Diese Leistungsfähigkeit hat sich erst wieder im Verlauf der jüngsten Wirtschaftsrezession erwiesen. Dank ihrer Europareife hat die Textil- und Bekleidungsindustrie Vorarlbergs die auf sie zugekommenen Schwierigkeiten meisterhaft bewältigen können.

Bei aller Anerkennung einer wünschenswerten Verbreiterung der Vorarlberger Wirtschaftsstruktur ist an der dominierenden Stellung des textilen Elementes nicht zu rütteln. Allerdings ist die Wirtschaft heute an der Grenze ihrer Belastbarkeit angelangt. Man tritt nun mit Recht und mit der gebotenen Härte allen weiteren Belastungsversuchen entgegen. Der desolate Staatshaushalt läßt sich keinesfalls einseitig zu Lasten des privaten Unternehmertums und der Konsumenten

sanieren. Statt der Wirtschaft immer neue Lasten aufzubürden, sollte die staatliche Wirtschaftspolitik eher die Stärkung der Konkurrenzfähigkeit im Auge haben.

Auch in Vorarlberg ist die sich neuerdings anbahnende Konjunkturlaute nicht ohne Auswirkungen geblieben. Vor allem in der Textilindustrie ist es in den letzten Monaten zu spürbaren Einbußen gekommen. Das Produktionsvolumen sank in der ersten Hälfte des Sommers um zwei Prozentpunkte. Hatten die Exporte der Vorarlberger Textilindustrie in den ersten fünf Monaten dieses Jahres noch um 18 Prozent zugenommen, so ging im Juni und Juli die Zuwachsrate auf 7 Prozent zurück. Vor allem auf den Auslandsmärkten ist es zu einer sehr deutlichen Verschlechterung der Absatzlage gekommen. Aber trotzdem ist die Beschäftigungslage in der Vorarlberger Textilindustrie sehr gut. So stellt sie allein 22.000 von den insgesamt 36.000 industriellen Arbeitsplätzen des Landes.

Im Interesse der Arbeitsplatzsicherung geht es darum, diesen Wirtschaftszweig auch in Zukunft konkurrenzfähig zu erhalten. Jedenfalls darf es keine Abtretungen textiler Produktionszweige an das Ausland geben, und negative Diskussionen über die Textilindustrie in die Öffentlichkeit zu tragen, ist heute weniger den je ein Beitrag zur Arbeitsplatzsicherung. Auch in Zukunft wird die Vorarlberger Textilindustrie die tragende Säule der Wirtschaft des Landes bleiben.

Verleihung des Studienförderungspreises 1977

durch Herrn Generaldirektor i. R. KR Rudolf H. Seidl,
Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts,
Wien

Chemiefaserindustrie fördert Forschung

Der wachsende Wettbewerb läßt die Bedeutung der industriellen Forschungs- und Entwicklungsarbeit immer klarer werden. Will die Chemiefaserindustrie ihre Zukunft sichern, so kann dies nur durch intensive Grundlagenforschung, die Entwicklung neuer Technologien und überlegenes Know-how geschehen. Um diese Bestrebungen zu fördern, hat das Österreichische Chemiefaser-Institut 1971 anlässlich der 10. Internationalen Chemiefasertagung die Stiftung eines Studienförderungspreises beschlossen, der jährlich mit 50.000 Schilling dotiert und für abgeschlossene Arbeiten auf dem Gebiet der Hochpolymeren mit dem Schwerpunktthema *Chemiefasern* vergeben wird. Die Mittel

für den Preis, der international ausgeschrieben wird, werden von der österreichischen Chemiefaserindustrie, an ihrer Spitze von der Chemiefaser Lenzing AG, zur Verfügung gestellt. Die Entscheidung über die eingereichten Arbeiten obliegt einem Kuratorium, das aus Vertretern der wissenschaftlichen und der industriellen Forschung besteht. In Betracht kommen für die Auszeichnung Dissertationen oder Diplomarbeiten aus dem Bereich der chemischen und physikalischen Forschung, aber auch wirtschaftswissenschaftliche Arbeiten mit einschlägigen Themen können mit einem Preis ausgezeichnet werden. Schließlich ist auch die Verleihung von Stipendien vorgesehen, um die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Thema „Chemiefasern“ anzuregen.

Bisher ist die Arbeit der Juroren meist recht schwierig gewesen, weil häufig gleichwertige Arbeiten zur Beurteilung vorlagen. Aus diesem Grund wurde der Preis in den vergangenen Jahren öfter geteilt. Auch 1977 fiel die Entscheidung zugunsten eines Hauptpreises und zweier Anerkennungspreise im Gesamtwert von öS 25.000,— aus; ein weiterer Beitrag in gleicher Höhe wird für ein Stipendium an der Technischen Universität Wien reserviert, das ab 1978 zur Auszahlung ge-

langen soll. Über Details dieses Projekts wird noch verhandelt.

Im Rahmen der Eröffnungssitzung der 16. Internationalen Chemiefasertagung wurden die folgenden Preise vergeben:

Dr. Chung-Ji Tschang, Universität Stuttgart, Institut für Chemiefasern (Prof. Dr. Herlinger), für seine Dissertation „Segmentierte Polyätheresteramide — Synthese und Röntgenstrukturuntersuchung“,

Dr. Reinhard Werner Müller, Textilforschungsanstalt Krefeld (Prof. Dr. Valk), für seine Dissertation „Spannungsrißkorrosion an Polyamid-6- und -66-Multifilamentgarnen“.

Dr. Waltraut von Kothlen, Universität Tübingen, Chirurgische Klinik und Poliklinik (Prof. Dr. Koslowski), für ihre Dissertation „Kleiderbrände und Verbrennungen“.

Struktur von segmentierten Polyätheresteramiden

Dipl.-Chem. Dr. Chung — Ji Tschang, BASF AG, Ludwigshafen

An einem System segmentierter Elastomere sollten sowohl der Zusammenhang zwischen dem Dehnungszustand und der Anordnung der Hartsegmente als auch die Einflüsse der Stereochemie der Hartsegmente auf die Ausbildung parakristalliner Schichtgitter untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde eine Reihe von Polyätheresteramiden nach dem in Abbildung 1 gezeigten Reaktionsschema synthetisiert.

Elastomere dieses Systems wurden erstmals von P. Hirt¹ synthetisiert. Sie haben den Vorteil, daß sie eine definierte chemische Struktur besitzen und bei

ihrer Herstellung keine Nebenreaktionen, wie sie für segmentierte Polyurethan-Elastomere charakteristisch sind (Biuret- oder Allophanat-Bildung), auftreten. Zur Erzielung unterschiedlicher Hartsegmentstrukturen wurde eine Reihe verschiedener aromatischer Dicarbonsäurechloride verwendet:

- Terephthalsäurechlorid,
- 4,4'-Biphenyldicarbonsäurechlorid,
- 2,6-Naphthalindicarbonsäurechlorid,
- 1,5-Naphthalindicarbonsäurechlorid,
- 4,4'-Diphenylmethandicarbonsäurechlorid.

Mit Hilfe von Dreiding-Modellen wurde versucht, die Eigenschaften der Hartsegmente, die sich bei Verwendung der unterschiedlichen Dicarbonsäurechloride ergeben würden, abzuschätzen.

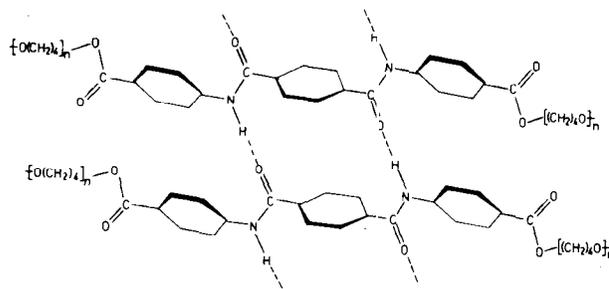


Abb. 2: Struktur eines Hartsegments, hergestellt unter Verwendung von Terephthalsäurechlorid; nach Dreiding-Modellen

Hiernach ist für diejenigen Polymeren, welche unter Verwendung von Terephthalsäurechlorid und 4,4'-Biphenyldicarbonsäurechlorid hergestellt wurden, bezüglich der Ausbildung von Wasserstoffbrücken keine größere sterische Hinderung als bei aromatischen Polyamiden zu erwarten (Abb. 2 und 3).

Bei den Hartsegmenten, welche durch die Verwendung von 2,6- und 1,5-Naphthalindicarbonsäurechlorid entstanden sind, ist anzunehmen, daß die Drehung einer Naphthylgruppe um 180° (um die Achse der Molekülkette) bewirkt, daß eine der zwei zwischen benachbarten Hartsegmentelementen möglichen

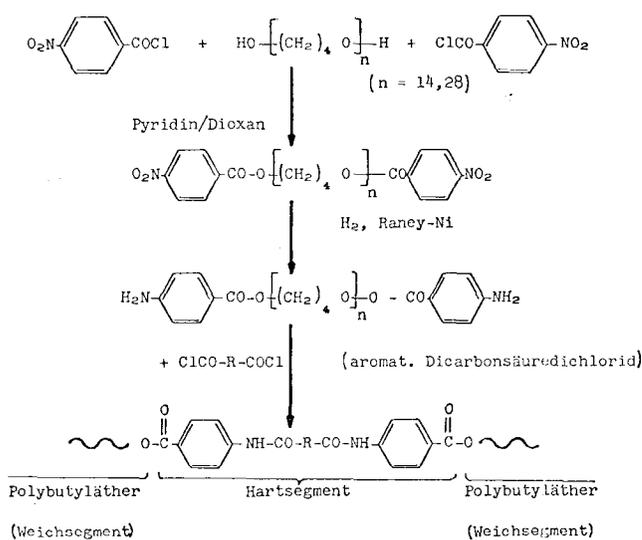


Abb. 1: Reaktionsschema

langen soll. Über Details dieses Projekts wird noch verhandelt.

Im Rahmen der Eröffnungssitzung der 16. Internationalen Chemiefasertagung wurden die folgenden Preise vergeben:

Dr. Chung-Ji Tschang, Universität Stuttgart, Institut für Chemiefasern (Prof. Dr. Herlinger), für seine Dissertation „Segmentierte Polyätheresteramide — Synthese und Röntgenstrukturuntersuchung“,

Dr. Reinhard Werner Müller, Textilforschungsanstalt Krefeld (Prof. Dr. Valk), für seine Dissertation „Spannungsrißkorrosion an Polyamid-6- und -66-Multifilamentgarnen“,

Dr. Waltraut von Kothén, Universität Tübingen, Chirurgische Klinik und Poliklinik (Prof. Dr. Koslowski), für ihre Dissertation „Kleiderbrände und Verbrennungen“.

Struktur von segmentierten Polyätheresteramiden

Dipl.-Chem. Dr. Chung — Ji Tschang, BASF AG, Ludwigshafen

An einem System segmentierter Elastomere sollten sowohl der Zusammenhang zwischen dem Dehnungszustand und der Anordnung der Hartsegmente als auch die Einflüsse der Stereochemie der Hartsegmente auf die Ausbildung parakristalliner Schichtgitter untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde eine Reihe von Polyätheresteramiden nach dem in Abbildung 1 gezeigten Reaktionsschema synthetisiert.

Elastomere dieses Systems wurden erstmals von P. Hirtl synthetisiert. Sie haben den Vorteil, daß sie eine definierte chemische Struktur besitzen und bei

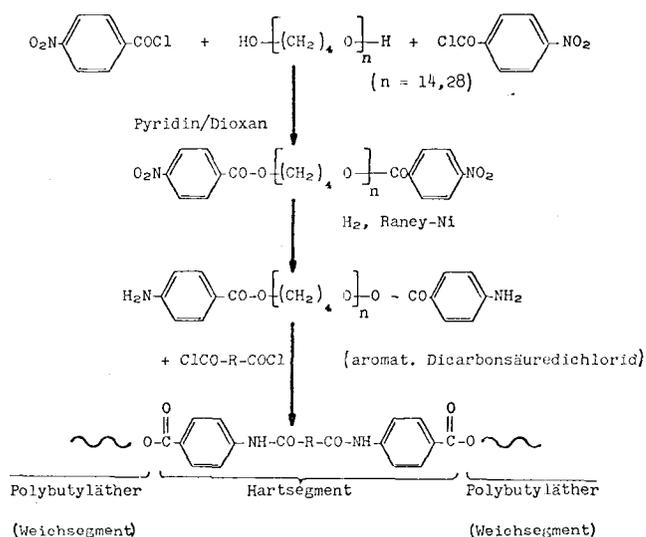


Abb. 1: Reaktionsschema

ihrer Herstellung keine Nebenreaktionen, wie sie für segmentierte Polyurethan-Elastomere charakteristisch sind (Biuret- oder Allophanat-Bildung), auftreten. Zur Erzielung unterschiedlicher Hartsegmentstrukturen wurde eine Reihe verschiedener aromatischer Dicarbonsäurechloride verwendet:

- Terephthalsäurechlorid,
- 4,4'-Biphenyldicarbonsäurechlorid,
- 2,6-Naphthalindicarbonsäurechlorid,
- 1,5-Naphthalindicarbonsäurechlorid,
- 4,4'-Diphenylmethandicarbonsäurechlorid.

Mit Hilfe von Dreiding-Modellen wurde versucht, die Eigenschaften der Hartsegmente, die sich bei Verwendung der unterschiedlichen Dicarbonsäurechloride ergeben würden, abzuschätzen.

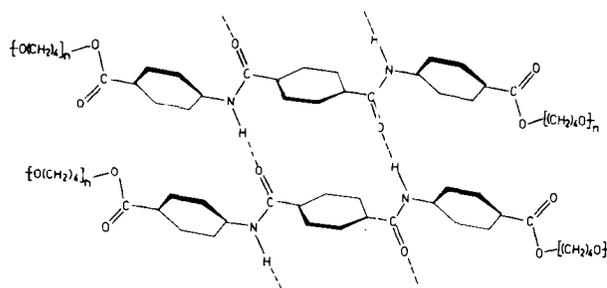


Abb. 2: Struktur eines Hartsegments, hergestellt unter Verwendung von Terephthalsäurechlorid; nach Dreiding-Modellen

Hiernach ist für diejenigen Polymeren, welche unter Verwendung von Terephthalsäurechlorid und 4,4'-Biphenyldicarbonsäurechlorid hergestellt wurden, bezüglich der Ausbildung von Wasserstoffbrücken keine größere sterische Hinderung als bei aromatischen Polyamiden zu erwarten (Abb. 2 und 3).

Bei den Hartsegmenten, welche durch die Verwendung von 2,6- und 1,5-Naphthalindicarbonsäurechlorid entstanden sind, ist anzunehmen, daß die Drehung einer Naphthylgruppe um 180° (um die Achse der Molekülkette) bewirkt, daß eine der zwei zwischen benachbarten Hartsegmentelementen möglichen

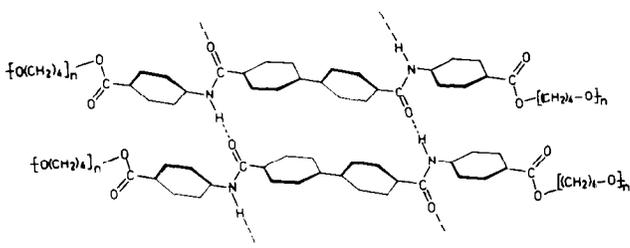


Abb. 3: Struktur eines Hartsegments, hergestellt unter Verwendung von 4,4'-Biphenyldicarbonylsäurechlorid; nach Dreiding-Modellen

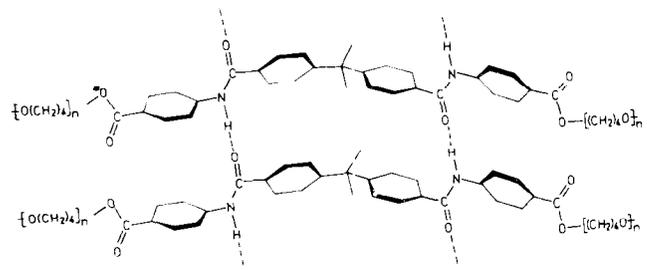


Abb. 6: Struktur eines Hartsegments, hergestellt unter Verwendung von 4,4'-Diphenylmethandicarbononylsäurechlorid; nach Dreiding-Modellen. Erste mögliche Form

Wasserstoffbrücken in der Ausbildung behindert ist oder ganz entfällt (Abb. 4 und 5). Weiter ist zu berücksichtigen, daß die Rotation der Naphthylgruppen viel Raum senkrecht zur Achse der Molekülkette beansprucht, sodaß im Vergleich zu den ersten beiden Hartsegmenten die Ausbildung von Wasserstoffbrücken generell behindert ist.

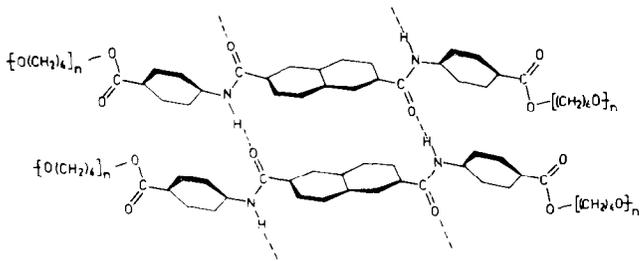


Abb. 4: Struktur eines Hartsegments, hergestellt unter Verwendung von 2,6-Naphthalindicarbononylsäurechlorid; nach Dreiding-Modellen

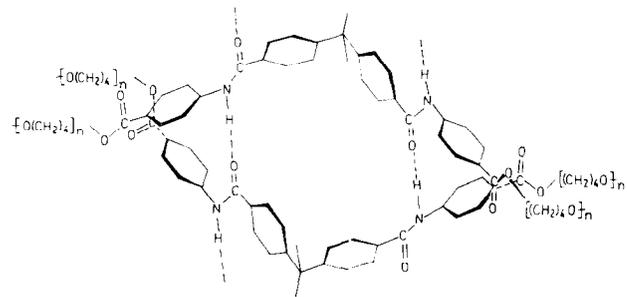


Abb. 7: Struktur eines Hartsegments, hergestellt unter Verwendung von 4,4'-Diphenylmethandicarbononylsäurechlorid; nach Dreiding-Modellen. Zweite mögliche Form

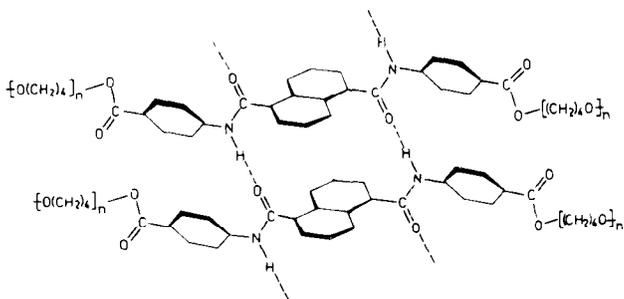


Abb. 5: Struktur eines Hartsegments, hergestellt unter Verwendung von 1,5-Naphthalindicarbononylsäurechlorid; nach Dreiding-Modellen

Die Verwendung von 4,4'-Diphenylmethandicarbononylsäurechlorid schließlich bewirkt eine gewinkelte Struktur der Hartsegmentelemente. Eine solche Struktur stellt ebenfalls eine sterische Behinderung der Ausbildung von Wasserstoffbrücken dar. Bei guter Parallellagerung benachbarter Molekülketten ergeben sich jedoch zwei Möglichkeiten zur Verknüpfung benachbarter Hartsegmentelemente (Abb. 6 und 7).

Nachdem die Polyätheresteramide im Lösungsspinnverfahren in Fadenform gebracht worden waren, wurden zur Röntgenstrukturuntersuchung verschiedene Dehnungszustände des ersten Dehnungszyklus ausgewählt. Durch Röntgenaufnahmen und -messun-

gen im Klein- und Weitwinkelbereich in diesen Dehnungszuständen konnte der Einfluß der Dehnung auf die Ausbildung und Orientierung der Hartsegmente sowie auf das Langperiodenverhalten untersucht werden. Dabei wurden die Röntgenkleinwinkelmessungen mit Hilfe einer Kratky-Kamera durchgeführt. Die erhaltenen Streukurven wurden entschmiert und nach Lorentz korrigiert. Die Ermittlung der Ausdehnung der Hartsegmente längs der Faserachse mit Hilfe der experimentellen eindimensionalen Korrelationsfunktion muß hier aus Zeitgründen übergangen werden.

Ergebnisse der Röntgenstrukturuntersuchung

Die unter Verwendung von Terephthalsäurechlorid und 4,4'-Biphenyldicarbononylsäurechlorid hergestellten Polymeren zeigen im wesentlichen ein einheitliches Streuverhalten (Abb. 8). Aus der Kleinwinkelstreuung geht hervor, daß bereits im ungedehnten, ursprünglichen Zustand Hartsegmente vorliegen, allerdings fast ohne Orientierung. Mit zunehmender Dehnung nimmt erwartungsgemäß die Orientierung der Hartsegmente zu und wird schließlich im Zustand der bleibenden Dehnung wieder etwas geringer. Das gleiche Verhalten ist aus der Weitwinkelstreuung zu entnehmen. Die Langperioden nehmen nur bei geringer Dehnung zu, um dann mit zunehmender Dehnung abzunehmen. Dieser Sachverhalt wird am Schluß nochmals aufgegriffen werden. Da bei den Weitwinkelaufnahmen außer den zwei Äquatorreflexen keine weiteren Reflexe auftraten, war eine Bestimmung der Elementarzelle nicht möglich.

Die unter Verwendung von 2,6-Naphthalindicarbon-

| Dehnung | 0 | ~ 30% | 1/2 Max. | Max. | Bleib. Dehnung |
|----------------------|----|-------|----------|------|----------------|
| Weitwinkel-Streuung | | | | | |
| Kleinwinkel-Streuung | | | | | |
| Langperioden [Å] | | | | | |
| TDC/1000 | 66 | 71 | 56 | 55 | 57 |
| TDC/2000 | 78 | 83 | 73 | — | 61 |
| 4,4'-BDC/1000 | 68 | 72 | 66 | 58 | 63 |
| 4,4'-BDC/2000 | 82 | 84 | 85 | 76 | 81 |

Nach DREIDING-Modellen: $L_{\text{ange}} = 0 \left[\frac{1}{2} (\text{CH}_2)_n \right]_{\text{L}} \approx 85 \text{ \AA}$
 $L_{\text{ange}} = 0 \left[\frac{1}{2} \right]_{\text{L}} \approx 170 \text{ \AA}$

Abb. 8: Röntgenweitwinkel- und -kleinwinkelstreuung sowie Langperioden von Elastomorfäden, hergestellt unter Verwendung von Terephthalsäurechlorid (TDC) und 4,4'-Biphenyldicarbonsäurechlorid (4,4'-BDC)

säurechlorid hergestellten Polymeren zeigen in der Weitwinkelstreuung einen starken Einfluß der Weichsegmentketten (Abb. 9): das Polymere mit den längeren Weichsegmentketten läßt bei maximaler Dehnung eine wesentlich bessere Orientierung erkennen, die allerdings im Zustand der bleibenden Dehnung wieder fast völlig verlorengeht. Die Kleinwinkelstreuung beider Polymerer ergibt keine Reflexe, sondern eine Streuung mit monoton fallender Intensität. Das Fehlen von Kleinwinkelreflexen weist im Zusammenhang mit der Weitwinkelstreuung (Orientierungsverlust beim Übergang von der Maximaldehnung zur bleibenden Dehnung) darauf hin, daß diese beiden Polymeren keine räumlich ausgedehnten Hartsegmente besitzen, sondern eine Netzstruktur, deren Verknüpfungspunkte aus einigen wenigen Hartsegmentelementen bestehen.

| Dehnung | 0 | ~ 30% | 1/2 Max. | Max. | Bleib. Dehnung |
|----------------------|---|--------|----------|------|----------------|
| Weitwinkel-Streuung | | | | | |
| 2,6-NDC/1000 | | wie 0% | — | 125% | — |
| 2,6-NDC/2000 | — | | | | |
| Kleinwinkel-Streuung | | | | | |
| 2,6-NDC/1000 | | | | | |
| 2,6-NDC/2000 | — | | | | |

Abb. 9: Röntgenweitwinkel- und -kleinwinkelstreuung von Elastomorfäden, hergestellt unter Verwendung von 2,6-Naphthalindicarbonsäurechlorid

Von den mit 1,5-Naphthalindicarbonsäurechlorid hergestellten Polymeren, konnte aufgrund der geringen Koagulationsneigung nur dasjenige mit den kürzeren Weichsegmentketten in Fadenform gebracht werden. Die Fäden dieses Polymeren zeigen in der Klein- und in der Weitwinkelstreuung ein widersprüchliches Verhalten (Abb. 10): während in der Weitwinkelstreuung mit zunehmender Dehnung eine Zunahme der Orientierung und der Ordnung zu erkennen ist, weisen die Kleinwinkelreflexe im ungedehnten Zu-

stand der Fäden auf räumlich ausgedehnte und senkrecht zur Faserachse orientierte Hartsegmente hin, die mit zunehmender Dehnung verschwinden. Dieser Widerspruch ist folgendermaßen zu erklären:

Aufgrund der geringen Koagulationsneigung erfährt ein Faden dieses Polymeren beim Spinnen im Fällbad eine starke Dehnung und somit entsteht eine Orientierung der Molekülketten. Dadurch wird die Ausbildung von Hartsegmenten möglich, die jedoch keinen regelmäßigen Aufbau besitzen, wie die Weitwinkelstreuung zeigt. Mit zunehmender Dehnung brechen diese Hartsegmente auf, sodaß schließlich eine Netzstruktur wie bei den mit 2,6-Naphthalindicarbonsäurechlorid hergestellten Polymeren entsteht.

| Dehnung: | 0 | 40% (= 1/2 Max.) | Max. |
|-----------------------|---|---|------|
| Weitwinkel-Streuung: | | | |
| Kleinwinkel-Streuung: | | | |
| | | $L = 63 \text{ \AA}; d_{11} = 24 \text{ \AA}$ | |

Abb. 10: Röntgenweitwinkel- und -kleinwinkelstreuung eines Elastomorfadens, hergestellt unter Verwendung von 1,5-Naphthalindicarbonsäurechlorid

Von den mit 4,4'-Diphenylmethandicarbonsäurechlorid hergestellten Polymeren schließlich war ebenfalls nur dasjenige mit den kürzeren Weichsegmentketten in Fadenform zu bringen. Die Fäden dieses Polymeren zeigen eine sehr interessante Kleinwinkelstreuung (Abb. 11). Das Fehlen von Kleinwinkelreflexen im ungedehnten Zustand läßt den Schluß zu, daß hier noch keine ausgedehnten Hartsegmente vorhanden sind. Dagegen tritt bei der Maximaldehnung neben einer Zweipunktstreuung noch eine Vierpunktstreuung auf, was darauf hinweist, daß hier zweierlei Hartsegmente vorhanden sind: die einen stehen senkrecht zur Faserachse, die anderen schließen einen Winkel von ca. 60° mit ihr ein. An diesem Punkt sei auf die bereits erwähnten zwei Möglichkeiten hingewiesen, Hartseg-

| Dehnung: | 24% | 340% | 780% | 367% |
|-----------------------|-----|------|------|---------------------|
| Weitwinkel-Streuung: | | | | |
| Kleinwinkel-Streuung: | | | | |
| Langperioden: | — | 94 | 88 | 84 // 7 (2. Ordng.) |

Abb. 11: Röntgenweitwinkel- und -kleinwinkelstreuung sowie Langperioden eines Elastomorfadens, hergestellt unter Verwendung von 4,4'-Diphenylmethandicarbonsäurechlorid

mentelemente dieses Polymeren miteinander zu verknüpfen. Im Zustand der bleibenden Dehnung dagegen sind alle Hartsegmente senkrecht zur Faserachse angeordnet.

Das Auftreten eines Maximums zweiter Ordnung läßt auf eine sehr regelmäßig aufgebaute übermolekulare Struktur schließen. Die Weitwinkelstreuung zeigt bei großer Dehnung einen bei kleinem Streuwinkel auftretenden Reflex, der einem Gitterebenenabstand von 16 Å entspricht. Nach Bonard² beschreibt ein solcher Reflex bei einer längsversetzten Anordnung von Hartsegmentelementen den Betrag der Versetzung. Anhand von Dreiding-Modellen konnte der Betrag

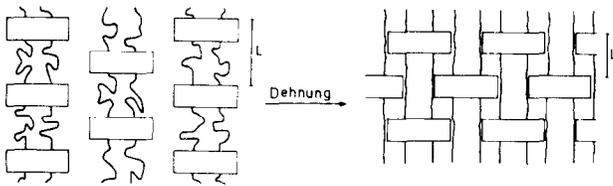


Abb. 12: Vereinfachtes Modell zur Erklärung des Langperiodenverhaltens der Polyätheresteramid-Fäden

der Versetzung für die Hartsegmentelemente dieses Polymeren tatsächlich mit 16 Å ermittelt werden.

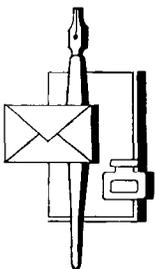
Abschließend soll der Befund erklärt werden, daß die gefundenen Langperioden der untersuchten Polymeren nur bei geringer Dehnung zunehmen, um dann mit stärker werdender Dehnung abzunehmen. Wie aus der stark vereinfachten Darstellung in Abbildung 12 hervorgeht, ist es möglich, mit zunehmender Dehnung infolge der Querkontraktion der Fäden eine kleinere Langperiode zu erfassen, obgleich die Weichsegmentketten gedehnt werden.

Abschließend möchte ich Herrn Professor Dr. Herlinger für das Thema sowie für die tatkräftige Förderung dieser Arbeit danken. Herrn Dr. Schollmeyer (Inst. für Chemiefasern, Stuttgart) möchte ich für die Erstellung der Rechenprogramme danken. Dem Österreichischen Chemiefaserinstitut gilt mein Dank für die Verleihung des Preises.

Literatur:

- 1) P. Hirt; Dissertation, Universität Stuttgart (1973)
- 2) R. Bonard; J. Macromol. Sci. Phys. B 21, 115 (1968)

moderne bürotechnik



robert streit

WIEN · AMSTETTEN · LINZ

Alle Büromaschinen
Sämtlichen Bürobedarf
Schreibwaren
Moderne Büromöbel und Registraturen
Papier und Schulartikel
Spezial-Reparaturwerkstätte

Spannungsrißkorrosion an Polyamid- und Polyester multifilamentgarnen

Dr. Ing. Reinhardt W. Müller,
Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West E. V.,
Krefeld

Das Deutsche Textilforschungszentrum Nord-West in Krefeld beschäftigt sich im Bereich der öffentlichen Prüfstelle unter anderem seit langer Zeit mit der Schadensforschung.

Immer wieder erhielten wir in unregelmäßigen Abständen Garne aus Polyamid und Polyester von verschiedenen Herstellern und aus den unterschiedlichsten Einsatzgebieten, z. B. aus Filtergeweben, Nähgarnen, gestrickten Venen und Entwässerungsfilzen, die ihre Zugfestigkeit verloren hatten und unter dem Mikroskop Risse zeigten. Eine Molekulargewichtsveränderung war jedoch nicht meßbar.

Die Schädigung, die in Abbildung 1 an einer PA-6-Faser in einem fortgeschrittenen Stadium zu sehen ist, ähnelt sehr der Spannungsrißkorrosion, wie sie bei Metallen schon seit langem bekannt und erforscht ist. Der bei Metallen bekannte elektrochemische Prozeß läßt sich aber nicht als Versagensmechanismus auf synthetische, hochmolekulare Werkstoffe übertragen, aus denen textile Fasern hergestellt werden.



Abb. 1: Durch Spannungsrißkorrosion geschädigte PA-6-Faser (Das Bild wurde freundlicherweise vom Institut für Angewandte Mikroskopie, Karlsruhe-Waldstadt, angefertigt)

Wird ein Polymeres von außen unter Spannung gesetzt, so kommt es zu einer ungleichmäßigen Kettenbelastung im Faserinnern.

Da nur wenige Ketten zur Faserfestigkeit beitragen und etliche gar nicht belastet sind, kommt es oberhalb einer kritischen Belastung und/oder Belastungszeit zur Spannungsrißbildung. Bei der Spannungsrißbildung entwickeln sich im Werkstoff Risse bei einer Spannung, die unterhalb der Kurzzeitfestigkeit liegt. Zur Spannungsrißkorrosion gehört aber auch unbedingt die chemische Umsetzung, d. h. gezieltes Aufbrechen von Ketten, die zur Werkstofffestigkeit wesentlich beitragen:

Wegen der großen technischen Bedeutung haben wir dieses Versagensphänomen der Spannungsrißkorrosion an synthetischen Fasern untersucht. Wir stellten eine repräsentative Palette von 32 Filamentgarnen aus Polyamid und Polyester aller bedeutenden Faserhersteller Europas zusammen und versuchten, im Labor das Schadensbild reproduzierbar zu erstellen. Dazu setzten wir Faserproben in einem Behandlungsbad unter eine definierte Spannung. In dieses Bad gaben wir Agenzien in unterschiedlichen Konzentrationen, von denen bekannt war, daß sie auf Polymere korrosiv wirken. Bei einer Verdünnungsreihe mit Wasserstoffperoxid gelang es an Polyamid, die Spannungsrißkorrosion reproduzierbar darzustellen; später auch an Polyester, allerdings unter etwas anderen Randbedingungen.

Systematische Erforschung der Randbedingungen

Es zeigte sich, daß es sich bei der Spannungsrißkorrosion um ein gezieltes Aufbrechen von Polymerketten handelt, einen vom pH-Wert abhängigen oxidativen bzw. hydrolytischen Vorgang.

Wie wir bei den Arbeiten im einzelnen vorgegangen sind, welche Ergebnisse dabei erzielt wurden und welche Konsequenzen das für den praktischen Einsatz dieser Faser hat, wird in Heft 45 der Lenzinger Berichte dargelegt werden.

Es soll nur vorangestellt werden, daß sich keinesfalls alle Provenienzen — selbst unter Berücksichtigung von Filamenttiter und Querschnittsform — gleich verhalten, sondern daß im Dauerstand Unterschiede von mehreren 10er-Potenzen beobachtet wurden.

Kleiderbrände und Verbrennungen

Dr. med. Waltraut von K o t h e n
Chirurgische Universitätsklinik, Tübingen

Seit dem Jahr 1974 wird an der Chirurgischen Universitätsklinik in Tübingen unter der Leitung des Klinikdirektors, Herrn Professor Dr. med. Leo K o s l o w s k i, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Textiltechnik in Reutlingen und dem Institut für Fasertechnik in Stuttgart, die Auswirkung von Kleiderbränden auf den menschlichen Organismus erforscht.

Dankbar möchte ich hier auch erwähnen, daß ich für den textiltechnischen Teil der Dissertation wesentliche Anregungen bei der 14. Internationalen Chemiefasertagung 1975 hier in Dornbirn erhalten habe.

Das Brennverhalten der Bekleidungstextilien, die bei einem Brandunfall getragen werden, ist mitbestimmend für die Schwere der Verbrennung. Es ist erwiesen, daß die Letalität bei primären Kleiderbränden mit 43 % wesentlich höher liegt als die sekundärer Kleiderbrände mit einer Letalitätsrate von 28 %.

Das Ausmaß der Schädigungen des menschlichen Organismus durch Verbrennungen wird bestimmt von der Höhe der Temperatur und der Dauer der Hitze einwirkung; bei Kleiderbränden zusätzlich auch noch vom Brennverhalten und der Schichtung der getragenen Textilien.

Auch der Verlauf der Gewebekonstruktion beeinflusst die Dauer und Intensität der Wärmeübertragung auf den Organismus. Bei den zu unseren Versuchen verwendeten Textilgestriicken mit einheitlicher Gesamt- und Flächenkonstruktion sowie gleichem Flächengewicht, verzögerten die quer zur Flammenausbreitungsrichtung auf die Hautproben aufgelegten Gestricke die Wärmeübertragung im Vergleich zu den längsverlaufenden Gestriicken um bis zu 50 sec, während die Temperaturdifferenz nur 0,6 °C betrug.

Wir haben festgestellt, daß bei Verbrennungen mit Bekleidungstextilien ab der Entflammung durchschnittlich 10—20 sec vergehen, ehe die Wärmeübertragung in der Haut zu Temperaturen von 50—60 °C führt, die thermische Schädigungen verursachen. Der Zeitgewinn von 50 sec bis zu diesem, den Organismus schädigenden Temperaturanstieg in der Haut, kann für den Verunglückten lebensentscheidend sein.

Die Analyse eines Unfalls durch brennende Kleidung, der in unserer Klinik behandelt wurde, bestätigt die Bedeutung der Reihenfolge, in der unterschiedliche Bekleidungstextilien übereinander getragen werden.

Es handelte sich um ein sechsjähriges Mädchen, dessen Kleidung beim Spielen Feuer gefangen hatte. Das Kind erlitt tödliche Verbrennungen mit einem Vollhautverlust von 80 %.

Die Kleidung bestand aus einem kittelähnlichen Überkleid aus Zellwolle, gemischt mit etwas Baumwolle, einem Pullover aus Wolle, Polyacrylnitril und Poly-

amid, einer Strumpfhose aus Polyacrylnitril und baumwollener Unterwäsche.

In Kenntnis des Brennverhaltens der einzelnen Textilien und der Schichtung, in der sie übereinander getragen wurde, läßt sich zu den Unfallursachen und -folgen feststellen, daß der kurze Kontakt mit dem Feuer genügte, um das aus Zellwolle und Baumwolle bestehende lose Oberkleid zu entflammen, das dann praktisch als sekundäre Zündquelle für die übrigen Kleidungsstücke diente. Die im Pullover enthaltene Wolle hat das heiße Schmelzmaterial des Polyamids, das sonst abgetropft wäre, im Gestrick festgehalten und so die Höhe und Dauer der Wärmeübertragung stark gefördert. Zusätzlich muß der Einfluß der Zersetzungstemperatur der Textilien berücksichtigt werden, die die Geschwindigkeit des Abbrennens beschleunigt.

Bei der Kombination unterschiedlicher Textilien wirkt sich das Brennverhalten des zuoberst liegenden und zuerst entflammten Textils am stärksten auf den Gesamtablauf der Verbrennung aus. Verbrennt man z. B. bei einer Hautprobe 3 Textillagen, von denen die oberste aus Baumwolle, die beiden unteren aus Polyacrylnitril bestehen, so bestimmt das Baumwollgestrick durch die Höhe seiner spezifischen Verbrennungstemperatur sowohl das intracutane Temperaturmaximum als auch die Dauer der Wärmeübertragung in die Haut, während die Acrylschichten durch ihr Brennverhalten vor allem die Dauer der transcutanen Wärmeübertragung bestimmen.

Textilien aus thermoplastischem Material beginnen schon vor der Entflammung zu schmelzen. Messungen in der Haut direkt unter der Faserschmelze ergeben langanhaltende, hohe Temperaturen, bei denen mit tiefen, jedoch begrenzten Haut- und Gewebeverbrennungen zu rechnen ist. Demgegenüber führen leichtentflammbare und rasch abbrennende Textilien zu weniger tiefen, aber sehr ausgedehnten Verbrennungen.

Wolle übt eine ausgesprochene Schutzfunktion aus. Der intracutane Temperaturanstieg bei Hitzeeinwirkung von 250 °C verursacht bei unbedeckter Haut eine Verbrennung dritten Grades, während an der mit einem Wollgestrick bedeckten Haut allenfalls ein Erythem, das heißt eine Verbrennung ersten Grades, entsteht.

Die Medizin kann die Folgen der Verbrennungen lindern und in glücklichen Fällen heilen.

Die Textil- und Chemiefaserindustrie kann durch zusätzliche Ausrüstung und Kennzeichnung ihrer Stoffe die Gefahr mindern.

Der Gesetzgeber kann entsprechende Vorschriften erlassen.

All diese Bemühungen können aber das einsichtsvolle, risikobewußte Verhalten jedes einzelnen Menschen nicht ersetzen.

Die öffentliche Aufklärung der Verbraucher bietet noch ein weites Arbeitsfeld für uns alle.

Ich danke Ihnen, auch im Namen von Herrn Professor Koslowski, für die Auszeichnung und das große Interesse, das Sie unserer Forschungsarbeit entgegenbringen.

Forschung in einer sich wandelnden Welt

Dr. Helmut Stöhr, Enka Glanzstoff, Wuppertal

Forschung und Entwicklung sind wichtige Voraussetzungen für den Fortschritt. So ist es dem hohen Entwicklungsstand der Chemiefaserherstellung zu verdanken, daß es heute möglich ist, alle Menschen mit Kleidung zu versorgen. Zahlreiche Probleme sind jedoch in der Welt noch zu lösen. Viele davon resultieren sogar daraus, daß der wachsende Fortschritt immer raschere Änderungen unserer Umwelt mit sich bringt. In zunehmendem Maß muß auch die Einstellung der Öffentlichkeit bzw. der gesellschaftlichen Gruppen zur Forschung berücksichtigt werden. Sowohl der Staat als auch die Unternehmen der Wirtschaft sind aufgerufen, in der Zielsetzung der Forschungsprogramme für ihre F u. E-Einrichtungen ihre Standpunkte zu den Zukunftsproblemen deutlich zu machen.

Die Schwerpunkte der Forschungstätigkeit in der Bundesrepublik Deutschland und in anderen westlichen Industrieländern werden besprochen. Dazu gehört auch eine Betrachtung über F u. E-Einrichtungen und der Wechselwirkung zwischen dem staatlichen Bereich und der Unternehmensforschung. Wirtschaft und Industrie müssen sich in der heutigen Zeit verstärkt mit der sich ändernden Umwelt auseinandersetzen. Besonders gilt das auch für die Forschung, ihre Ziele und die dafür geplanten Aufwendungen. Sie werden beeinflußt von binnen- und weltwirtschaftlichen Veränderungen, von politischen Kräften und von den sich wandelnden Vorstellungen und Ansprüchen der Gesellschaft.

Betrachtet man nun die Textilwirtschaft in Westeuropa von der Fasererzeugung bis zum Endverbrauch, so versteht man die starke Abhängigkeit dieser Branche von den Veränderungen in der Umwelt. Hieraus werden Schlußfolgerungen und Konsequenzen abgeleitet für die künftige Formulierung von Forschungs- und Entwicklungszielen, zugleich aber auch für mehr Koordinierung und Kooperation.

Es soll mit diesen Ausführungen über Forschung und Entwicklung ein Beitrag zu einer Zielsetzung geleistet werden, die zukunftsorientiert ist und weithin verstanden wird.

Research and development are important pacemakers of progress. Thus it is the advanced state of development in man-made fibre production that has made it possible to supply all people with clothing. However, there are still many problems facing mankind. Many of these are even due to the fact that growing progress involves faster changes in our environment. Increasing importance must be attached also to the attitude towards research displayed by the public at large and the various groups of society. The government as well as the business community are called upon to establish objectives for the research programmes of their research and development institutions that will clearly reflect their views on the problems of the future.

The main fields of the research activities of the Federal Republic of Germany and other Western industrial countries are discussed. This includes a description of the R & D institutions and the interaction between government-controlled research, on the one hand, and company research, on the other hand. Nowadays business management must make increasing efforts to meet the challenge of a changing environment. This applies in particular to research, its targets and the related expenditures. These are influenced by changes in the national and world economies, political forces and the changing concepts and demands of society.

If we now look at the textile industry in Western Europe from fibre production to end use, we will understand why

it depends on any environmental changes so strongly. This understanding leads to conclusions and consequences for the definition of research and development objectives, but also reveals the need for better co-ordination and co-operation.

This paper is designed to contribute to the establishment of R & D-targets that are oriented towards the future and will be widely understood and accepted.

Einleitung:

Niemals zuvor hatten die Menschen so vollkommene Methoden und so verworrene Ziele. Dieses Zitat von Einstein möchte ich an den Beginn meiner Ausführungen über Forschung von heute stellen; denn ist nicht tatsächlich eine sich steigernde Diskussion im Gange, die aus dem ureigensten wissenschaftlichen Bereich mehr und mehr in den politischen und zunehmend in den öffentlichen Bereich getragen wird? Haben nicht trotz steigenden Wohlstandes des letzten Vierteljahrhunderts mit den vielen technischen Neuerungen, wozu auch die Petrochemie, die Kunststoffe und Synthesefasern gehören, Ereignisse, wie die Ölkrise, oder Publikationen, wie die des Club of Rome, oder zunehmende Diskussionen über Umweltprobleme frühere und derzeitige Forschungsergebnisse oder Forschungsrichtungen bezweifelt oder gar in Frage gestellt, verbunden mit gleichzeitig neuen, zum Teil noch unpräzisen Forderungen an Forschung und Entwicklung? Werden daraus wissenschaftlich-technisch-logisch abgeleitete Forschungsprogramme (z. B. Energie- und Rohstoffsicherung) durch politisierte Diskussionen nicht erneut in Frage gestellt? Führen nicht z. B. Diskussionen über Neuordnung des Gesundheitswesens oder über Arbeitsplatzsicherung und Humanisierung der Arbeitswelt zu Konsequenzen für Forschung und Entwicklung? Werden alle diese Diskussionen leider nicht zu oft von Unberufenen geführt unter Gebrauch von Schlagworten und im Stile spektakulärer Meinungsumfragen?

Ohne Zweifel ist auch für die Forschung als Teil unseres politisch-wirtschaftlichen Systems eine neue Zeit angebrochen. Forschungspolitik muß sich mehr denn je weltweit orientieren, aber auch in unserer engsten Umgebung vollziehen sich Änderungen. Menschen leben bewußter und kritischer, Wertvorstellungen ändern sich.

Forschung im klassischen Sinne ist der uralte Drang der Menschheit, nach eigener Wahl neue Erkenntnisse und Zusammenhänge zu suchen. Bei aller Wertung der Freiheit dieses Strebens — es obliegt hauptsächlich Universitäten und einigen Instituten — sind heute Begrenzungen erkennbar, und es müssen in zunehmendem Maße Ziele gesetzt werden. Hierzu wenige Beispiele:

— Forschung und Anwendung der Ergebnisse müssen moralisch-ethischen Zielvorstellungen entsprechen (siehe z. B. atomare Forschung oder Molekularbiologie). Begrenzungen in dieser Richtung werden zumindest in der westlichen Welt mit Sicherheit zunehmen.

— Forschung wird immer kostspieliger und findet daher zum Teil auch ihre Begrenzung in Finanzierungsmöglichkeiten. Definierte Zielsetzung und Prioritäten sind die zwangsläufige Folge (siehe z. B. Raumforschung). Auch Fragen über Aufwand- und Nutzenverhältnis sowie Fragen nach Koordinierung wissenschaftlicher Forschung müssen ernsthaft diskutiert werden.

Forschungsaufwand und Forschungsziele

Begriffe und Definitionen

Es gibt drei in Tabelle 1 dargestellte *Forschungskategorien*. Die Chemiefaser- und Textilindustrie betätigt sich weitgehend im Bereich der Entwicklung und in kleinerem Umfang im Bereich der angewandten Forschung.

Tabelle 1:

| | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------|----------------|--|--|----------------------|------------------|-------------|-------------|
| | <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Grundlagenforschung</td> <td style="width: 50%;">basic research</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">zweckfreie Grundlagenforschung zweckorientierte Grundlagenforschung</td> <td style="font-size: small;">non oriented basic research oriented basic research</td> </tr> <tr> <td>Angewandte Forschung</td> <td>applied research</td> </tr> <tr> <td>Entwicklung</td> <td>development</td> </tr> </table> | Grundlagenforschung | basic research | zweckfreie Grundlagenforschung zweckorientierte Grundlagenforschung | non oriented basic research oriented basic research | Angewandte Forschung | applied research | Entwicklung | development |
| Grundlagenforschung | basic research | | | | | | | | |
| zweckfreie Grundlagenforschung zweckorientierte Grundlagenforschung | non oriented basic research oriented basic research | | | | | | | | |
| Angewandte Forschung | applied research | | | | | | | | |
| Entwicklung | development | | | | | | | | |
| Enka Glanzstoff | Forschungskategorien | | | | | | | | |

Die *Hauptwissenschaftszweige*, auf denen geforscht wird, sind:

- Naturwissenschaften,
- Ingenieur-Wissenschaften,
- medizinische Wissenschaften,
- Agrarwissenschaften,
- Sozialwissenschaften und
- Geisteswissenschaften.

Die Chemiefaser- und Textilforschung berührt die Zweige Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften, aber in geringem Ausmaß auch die medizinischen Wissenschaften.

Wer führt nun Forschung aus, und woher kommen die Mittel? Wichtigste Geldgeber sind die Wirtschaft und der Staat. Die ausführenden Stellen liegen wiederum bei der Wirtschaft oder bei staatlichen Institutionen.

Die *forschungsausführenden* Sektoren sind in Tabelle 2 gezeigt. Forschungseinrichtungen staatlicher Art werden im allgemeinen vom Staat allein finanziert. In Forschungseinrichtungen von Unternehmen und privaten Organisationen fließen Mittel der Privatwirtschaft und eventuell zusätzliche staatliche Gelder auf dem Wege von Auftragsforschung oder

Tabelle 2:

| | |
|--|--------------------------------|
| Unternehmen | business enterprise |
| Private Organisationen ohne Erwerbscharakter | private non profit |
| Staatliche Forschungsinstitute | government |
| Hochschulen / Universitäten | universities |
| Enka Glanzstoff | Forschungsausführende Sektoren |

Förderung bestimmter Forschungsprojekte. Darüber hinaus unterstützt der Staat F u. E in der Wirtschaft indirekt, z. B. durch steuerpolitische Maßnahmen.

Forschungsaufwand westlicher Industrienationen

In der Tabelle 3 finden Sie die F u. E-Ausgaben westlicher Industrienationen für 1973 und 1975. (Die Beträge sind bis 1977 entsprechend den Wachstums- und Inflationsraten gestiegen; die Relation pro Kopf und in Prozenten vom BSP haben sich praktisch nicht verändert.) An der Spitze in jeder Beziehung stehen die USA mit 35 Milliarden US-Dollar.

Im Gesamtvergleich von Forschung und Entwicklung stehen Japan und die Bundesrepublik etwa an zweiter Stelle, wobei übrigens in Japan, bezogen auf das Einkommen, ca. 544.000 Menschen, in der Bundesrepublik nur 304.000 Menschen in Forschung und Entwicklung im Jahre 1973 beschäftigt waren. Gemessen an den Forschungsausgaben pro Einwohner, zählen in Europa die Bundesrepublik, Niederlande, Schweiz, Frankreich und Großbritannien zu den forschungsintensivsten Ländern.

Tabelle 3:

| Land | Mrd. US \$ | | pro Kopf US \$ | | in % des Bruttoinlandsproduktes | | |
|------------------------|------------|-------------------|----------------|------|---------------------------------|-------------------|------|
| | 1973 | 1975 | 1973 | 1975 | 1973 | 1975 | 1976 |
| USA | 30,4 | 35,3 | 143 | 166 | 2,37 | 2,35 | 2,29 |
| Japan | 7,8 | 9,5 ^{x1} | 70 | 85 | 1,9 | 2,0 ^{x1} | - |
| BRD | 7,2 | 8,1 | 116 | 130 | 2,14 | 2,16 | 2,05 |
| Frankreich | 4,4 | 5,8 | 83 | 110 | 1,79 | 1,86 | - |
| UK | 3,3 | - | 59 | - | 2,1 | - | - |
| Italien | 1,35 | 1,82 | 24 | 33 | 0,94 | 0,93 | 0,95 |
| Niederlande | 1,2 | 1,56 | 88 | 114 | 1,92 | 2,06 | 2,07 |
| Österreich | 0,21 | 0,28 | 28 | 37 | 1,06 | 1,16 | 1,19 |
| Schweiz ^{xx1} | - | 1,14 | - | 178 | - | ca. 2,05 | - |

x1) 1974
xx) Quelle: Eidgen. Statist. Amt - vorläufige Angaben

| | |
|-----------------|--|
| Enka Glanzstoff | Nationale F + E - Aufwendungen 1973 und 1975 |
|-----------------|--|

Interessant ist nun die Frage, in welcher Weise sich die nationalen Forschungsmittel auf Forschungskategorien und ausführende Stellen verteilen. Leider

Tabelle 4:

| Ausführende Sektoren | Grundlagen-Forschung | Angewandte Forschung | Entwicklung | Total | % |
|---|----------------------|----------------------|-------------|--------|-----|
| | Mio US \$ | | | | |
| Unternehmen | 608 | 3 776 | 16 618 | 20 363 | 69 |
| Private Institute ohne Erwerbscharakter | 277 | 582 | 357 | 1 216 | 15 |
| Staatsinstitute | 579 | 1 591 | 2 389 | 4 561 | 4 |
| Hochschulen | 2 291 | 904 | 452 | 3 647 | 12 |
| Total | 3 755 | 6 853 | 19 816 | 30 409 | 100 |
| % | 12,5 | 22,5 | 65 | 100 | |

Quelle: OECD

Enka Glanzstoff F + E - Matrix USA 1973
Forschungskosten nach ausführenden Sektoren und Forschungskategorien

liegt nur für die USA eine komplette Statistik vor (Tab. 4).

Man kann allerdings unterstellen, daß die Relationen für die anderen westlichen Industrieländer ähnlich sind. Der Tabelle ist folgendes zu entnehmen: Die Gesamtforschungsmittel verteilten sich 1973 auf:

- 12,5 % für Grundlagenforschung,
- 22,5 % für angewandte Forschung und
- 65 % für Entwicklung.

Die analogen Planzahlen für 1977 sind 13 %, 21 % und 66 %, d. h. sie haben sich praktisch nicht geändert. Es ist weiterhin zu ersehen, daß die Unternehmen überwiegend Entwicklung sowie angewandte Forschung, jedoch kaum Grundlagenforschung betreiben, während Grundlagenforschung hauptsächlich an den Hochschulen und Staatsinstituten betrieben wird.

Die Tabelle 5 zeigt, daß die Entwicklungstätigkeit in der Industrie westlicher Staaten allgemein im Vordergrund des Interesses steht. Für Grundlagenforschung werden lediglich 3—7 % der Mittel zur Verfügung gestellt. Die Unternehmungen der Bundesrepublik wenden im Durchschnitt 5,3 % für Grundlagenforschung auf, wobei die Unternehmungen der chemischen Industrie mit dem Spitzenanteil von 8,3 % Grundlagenforschung beteiligt sind.

Von den gesamten Forschungsmitteln wird in einigen Ländern mehr als die Hälfte vom Staat bereitgestellt

Tabelle 5:

| Land | Grundlagen-Forschung % | Angewandte Forschung % | Entwicklung % |
|--------------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| USA | 2,9 | 18,0 | 79,2 |
| Japan | 6,7 | 19,5 | 73,8 |
| BRD | 5,3 | | 94,7 |
| Frankreich | 4,0 | 31,7 | 64,2 |
| UK ^{x)} | 2,9 | 18,0 | 79,2 |
| Niederlande | | 25,5 | 74,5 |
| Österreich ^{x)} | | 28,7 | 71,3 |

^{x)} 1972 Quelle: OECD

Enka Glanzstoff Unternehmensforschung nach Forschungskategorien, 1973

(Tab. 6). Da die Zuteilung dieser staatlichen Mittel nach sozio-ökonomischen Prioritäten politisch entschieden werden muß, stellt sich hier deutlich die Frage nach der Freiheit der Grundlagenforschung sowie nach der großen Verantwortung staatlicher Stellen.

Die einzelnen Länder haben verschiedene Prioritäten in ihren sozio-ökonomischen Zielen. Daraus ergeben sich für die USA Schwerpunkte ihrer staatlich geförderten Forschung in Verteidigung, in Raumfahrt und Gesundheitswesen, für Japan und die Bundesrepublik hingegen deutlich in allgemein-wissenschaftlichem Fortschritt und in der Energieerzeugung.

Tabelle 6:

| Land | 1973 % |
|-----------------------|--------|
| USA | 54 |
| Japan | 33 |
| BRD | 47 |
| Frankreich | 57 |
| UK | 48 |
| Italien | 41 |
| Niederlande | 40 |
| Österreich | 54 |
| Schweiz ^{x)} | 23 |

^{x)} 1971 Quelle: OECD

Enka Glanzstoff Staatsanteil an F+E - Kosten 1973

Forschung und Entwicklung in der BRD

Die sozio-ökonomische Zielsetzung der deutschen Bundesrepublik und die entsprechende Verteilung staatlicher Finanzmittel für 1973 geht aus Tabelle 7 hervor.

Man erkennt, daß ca. 70 % der staatlichen Finanzmittel für die Zentren der Grundlagenforschung, nämlich in Hochschulen 4,2 Milliarden und in staatlichen Institutionen 3 Milliarden, eingesetzt wurden mit dem absoluten Schwerpunkt der Förderung des allgemeinen wissenschaftlichen Fortschrittes, gefolgt im weiten Abstand von der Förderung im Energiesektor. 23 % der Staatsmittel flossen Forschungsinstituten der Industrie mit den Schwerpunkten Ver-

zusätzliche Belastungen aus Gründen der Sicherheit, so ist die kritische Grenze in der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Ländern, die diese Forderungen nicht kennen und noch dazu mit niedrigeren Löhnen arbeiten, sehr schnell erreicht. Dennoch ist Forschung auf diesem Gebiet sinnvoll und nötig. Die politische Forderung nach mehr Schutz der Umwelt und mehr Sicherheit ist ein Auftrag an Forschung und Entwicklung, schnell wirtschaftliche Lösungen zu schaffen. Eine Kooperation von Industrie und staatlichen Stellen über die Grenzen hinweg gerade auf diesem Gebiet erscheint mir mehr als bisher erforderlich. Die politischen Stellen, welcher Art auch immer, müssen aber auch die Einsicht zeigen, daß ein zu schnelles Fordern in dieser Richtung zusätzliche Arbeitsplätze in Gefahr bringt. Das Urteil einer zum Teil emotionalen Öffentlichkeit muß in Einklang gebracht werden mit volks- und betriebswirtschaftlichen Zwängen.

Immer mehr Länder der Dritten Welt sind bestrebt, ihre eigene Industrialisierung rasch voranzutreiben. Die Ölländer tun dies mit ihrem Reichtum in einem atemberaubenden Tempo, andere Rohstoffländer werden zumindest teilweise folgen. Dies dürfte zu einem kontinuierlichen Prozeß struktureller Anpassung in den betroffenen Wirtschaftszweigen der Industrieländer führen. Forschung bleibt davon nicht unberührt, und für das Setzen neuer Forschungsziele ist es nötig, diese Vorgänge weit vorausschauend zu erfassen. Die in vielen Industrieländern vorhandenen hervorragenden Kenntnisse über Industrie, Wirtschaft und Verwaltung und insbesondere auch im Bereich von Wissenschaft und Forschung, gilt es in dieser Zusammenarbeit und in diesen zukünftigen, weltweiten Verschiebungen und Veränderungen richtig einzusetzen.

Gesellschaftspolitische Auswirkungen

Es ist verständlich, daß Veränderungen in einem solchen Ausmaß auch erneut zu gesellschaftspolitischen Diskussionen und Zwängen führen. Während insbesondere die Jugend ihr Unbehagen mit Schlagworten, wie Leistungsdruck, Automation, Unternehmergewinne, multinationale Unternehmungen, deren Inhalt oft verworren dargestellt wird, äußert, müssen wir unsere Forschungsziele, verbunden mit Unternehmensstrategie und staatlicher Forschungspolitik, immer wieder klar auf die Zukunft ausrichten und deutlich erläutern. In diesem Zusammenhang taucht wieder einmal der Gedanke der zentralen Planung auf. Genau wie für Investitionen oder Absatzplanung möchte ich mit Nachdruck auch für die Innovationen feststellen, daß die Entscheidungsfreiheit des einzelnen Unternehmens am ehesten die Korrektur von Fehleinschätzungen ermöglicht.

Bei der staatlichen Forschung bzw. Forschungsförderung werden die sozio-ökonomischen Zielsetzungen in ähnlicher Weise von wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Veränderungen betroffen, wie es zuvor für die industrielle Forschung behandelt wurde. Diese politischen Zwänge sind für den Staat noch größer, unabhängig davon, ob es sich etwa um die Forschung auf dem Gebiet der Verteidigung oder Forschung auf dem Energiesektor, dem Gesundheitswesen oder der Agrarwirtschaft handelt. Hinzu kommen die Probleme der Außenhandelsbilanz und der angespannten Finanzlage der öffentlichen Haushalte, aber auch die

Politisierung mancher Universität, die Überhäufung mancher Professoren mit administrativer Tätigkeit, die Bewältigung der großen Studentenzahlen usw. Ich möchte in diesem Zusammenhang lediglich auf die Empfehlungen des Deutschen Wissenschaftsrates verweisen, der sich mit den Fragen der universitären Forschung beschäftigt hat. Seine wichtigsten Forderungen aus dem Jahr 1975 sind:

- Staat, Wissenschaft und auch Wirtschaft sollen Zielbestimmung und Programmplanung von F u. E besser koordinieren,
- Lehrtätigkeit und ein Freiraum in der Grundlagenforschung müssen sichergestellt werden,
- Bewertungsverfahren für Forschungsvorhaben sollen eingeführt und
- bessere F u. E-Statistiken und Informationen sollen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Konsequenzen für die Forschung

Zusammenfassend kann man sagen, daß sich sowohl die staatliche als auch die industrielle Forschung in den westlichen Industrieländern den weltweiten Veränderungen und gesamtwirtschaftlichen Bedingungen anpassen und auch weiterhin anpassen werden in bezug auf geringeres Wachstum, Energie- und Rohstoffverteuerung und -verknappung, auf Industrialisierung großer Teile der sogenannten Dritten Welt sowie auf ökologische und last not least politische Zwänge. Der industriellen Forschung kommt hierbei die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit, die Suche nach neuen Produkten und die schnelle Anpassung an Nachfrageänderungen zu. Staatliche Stellen setzen durch Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen Prioritäten auf dem sozio-ökonomischen Gebiet und tragen die Hauptsorge für eine erfolgreiche Grundlagenforschung. Beide Stellen müssen sich der Tatsache bewußt sein, daß einer zunehmenden Internationalisierung und einer entsprechenden Zusammenarbeit immer stärkere Bedeutung zukommt. Auch bei Zielsetzungen für die Forschung muß dieses ebenso sehr berücksichtigt werden wie die Tatsache, daß Herstellungsprozesse mit einer zunehmenden Arbeitsteilung immer komplexer werden, was wiederum zu verstärkter Kommunikation, zu Datenaustausch und Kooperation zwischen Unternehmensverbänden und staatlichen Stellen, auch über die Grenzen hinweg, führt. Wertordnungen sollten deutlicher sichtbar werden, nicht nur um einem Trend der öffentlichen Meinung zu folgen, sondern auch um die durch die Industrialisierung ihrerseits herbeigeführte Notwendigkeit zu berücksichtigen. Schutz der Umwelt, Hygiene und Sicherheit sind unabdingbare Rahmenbedingungen für Forschung und Entwicklung.

Forschung in der Chemiefaser- und Textilindustrie

Lage der Textilwirtschaft und Umfang der textilen Forschung

Es ist keine Frage, daß Chemiefaserindustrie, Textilindustrie und Bekleidungsindustrie in besonderem Maße von den oben geschilderten Einflüssen betroffen sind. Kostenanstieg infolge Unterauslastung der Pro-

Tabelle 9:

| Jahr | Chemiefaser- Industrie | Textilmaschinen- Industrie | Textil- Industrie | Bekleidungs- Industrie | Gesamt |
|---------------------------------------|---|-------------------------------|----------------------|---------------------------|--------|
| Umsatz - Mrd. DM | | | | | |
| 1973 | 4,6 | 4,3 | 27,7 | 16,8 | |
| 1974 | 4,9 | 4,6 | 28,7 | 16,8 | |
| 1975 | 4,0 | 3,8 | 26,9 | 17,0 | |
| 1976 | 4,3 | 3,9 | 29,4 | 17,9 | |
| Beschäftigte in 1000 | | | | | |
| 1973 | 47 | 63 | 434 | 360 | 904 |
| 1974 | 47 | 60 | 394 | 310 | 811 |
| 1975 | 43 | 53 | 357 | 288 | 741 |
| 1976 | 37 | 51 | 342 | 277 | 707 |
| Quellen: Gesamttextil, z.T. geschätzt | | | | | |
| Enka Glanzstoff | Umsatz und Beschäftigte in "textilen" Wirtschaftsgruppen in der BRD | | | | |

duktionsstätten und steigende Rohstoffpreise und Löhne bei gleichzeitigem Preisverfall durch verschärften Wettbewerb kennzeichnen die Situation. Die Lage der Chemiefaserindustrie muß in diesem Gremium nicht im Detail geschildert werden. Generell weisen die textilen Wirtschaftsgruppen in der Bundesrepublik seit mehreren Jahren stagnierende Umsätze auf sowie einen entsprechenden Abbau an Beschäftigten (Tab. 9).

1973 gab es noch 28 % mehr Beschäftigte in der Textilindustrie als 1976! Wir müssen berücksichtigen, daß in den EWG-Ländern das Bevölkerungswachstum weitgehend zum Stillstand gekommen ist. In einigen Ländern hat sich auch der Textilverbrauch mengenmäßig schon einem Sättigungswert genähert, wobei das steigende Einkommen der Konsumenten à conto Teuerung und anderer Ausgabearten verplant wird. So ist z. B. in der Bundesrepublik Deutschland der Textilverbrauch in den Jahren 1955 bis 1974 von 0,55 Mio Tonnen auf 1,15 Mio Tonnen gestiegen, hat sich aber seitdem auf ca. 1,2 Mio Tonnen eingependelt. Die geschilderte Entwicklung spiegelt sich auch darin wieder, daß der Anteil von Textil- und Bekleidungsindustrie an der Nettoindustrieproduktion der BRD von 12,6 % (1950) auf 5,1 % (1974) zurückgegangen ist. Man erwartet für die Weltbevölkerung bis zum Jahre 2000 eine Steigerung um 50 % und für den Welttextilverbrauch in diesem Zeitraum sogar eine Verdoppelung. Durch die Errichtung von Faser- und Textilproduktionskapazitäten in der ganzen Welt wird diesem Trend aber bekanntlich in einem Ausmaß Rechnung getragen, daß die Produzenten Westeuropas derzeit mit einem Absinken der im In- und Ausland insgesamt gebotenen Absatzmöglichkeiten konfrontiert werden. Alle Bemühungen um eine Konsolidierung der Situation in der EWG, insbesondere auch die Gespräche zur Neuverhandlung des Multifaserabkommens, sind hier in diesem Kreise genügend bekannt. Fazit jedoch ist, daß Chemiefaser- und Textilindustrie vor einer außerordentlich schwierigen Lage stehen, und es erhebt sich die Frage, welchen Beitrag Forschung und Entwicklung in einer solchen Lage leisten können.

Die Frage ist zunächst: Was hat die Forschung in Chemiefaser- und Textilindustrie bisher ausgegeben, und welche Leistungen hat sie erbracht? In der Bundesrepublik z. B. hat die Chemische Industrie im Jahre 1973 298 Mio DM für Chemiefaserforschung

Tabelle 10:

| BRD - 1973 | |
|--|---|
| Chemiefaserindustrie | 298 Mio DM |
| Textilmaschinenbau | 116 .. |
| Textil- und Bekleidungsindustrie incl. Gemeinschaftsforschung - Unternehmensanteil | 40 .. |
| Textil - Gemeinschaftsforschung - Staatsanteil | 9 .. |
| | 463 Mio DM |
| Quellen: Stifterverband, VDMA, Gesamttextil, z.T. geschätzt | |
| Enka Glanzstoff | Chemiefaser- und Textilforschungsaufwendungen in der Bundesrepublik Deutschland, 1973 |

aufgewandt, die Textilmaschinenindustrie für F u. E 116 Mio und die Textil- und Bekleidungsindustrie (Eigen- und Gemeinschaftsforschung) 40 Mio DM*. Demzufolge sind für diesen Bereich in der Bundesrepublik im Jahre 1973 insgesamt 454 Mio DM, entsprechend 4,4 % der Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen aller Wirtschaftsunternehmen, aufgewendet worden. Hinzu kommen noch Zuschüsse des Staates zu der öffentlichen textilen Gemeinschaftsforschung in der Größenordnung von 9 Mio DM für denselben Zeitraum (Tab. 10).

Ein Vergleich der Ausgaben für die öffentliche textile Gemeinschaftsforschung mit anderen EWG-Ländern ergibt sich aus der Tabelle 11. Man erkennt hieraus, daß neben der Bundesrepublik Großbritannien, Frankreich und die Niederlande erhebliche Aufwendungen für die Textilforschung erbringen. Dank dieser Aufwendungen in der Vergangenheit können die Bundesrepublik und in ähnlicher Weise natürlich auch die anderen Industrieländer auf 25 Jahre stürmischer und erfolgreicher Entwicklungen in der Chemiefaser- und Textilindustrie zurückblicken. Grundlegende Neuerungen und bedeutsame technische Fortschritte sind erzielt worden. Die Versorgung der Bevölkerung mit Bekleidungs-, Haus- und Heimtextilien und tech-

Tabelle 11:

| Land | Zahl der Institute | Mitarbeiter | Budget in 1000 DM |
|-----------------------------------|--|-------------|-------------------|
| BRD | 16 | 514 | 16 614 |
| Frankreich | 10 | 475 | 17 365 |
| UK | 7 | 644 | 11 944 |
| Italien | 4 | 95 | 1 574 |
| Niederlande | 1 | 27 | 8 298 |
| Belgien | 4 | 66 | 2 866 |
| Dänemark | 1 | 40 | 1 981 |
| Irland | 1 | 34 | 582 |
| Quellen: Gesamttextil, Comitextil | | | |
| Enka Glanzstoff | Potential der mit öffentlichen Mitteln geförderten Textilforschung in der EG, 1972 | | |

* Die Tabelle 8 enthielt nur die Eigenforschung der Textilindustrie (13 Mio DM).

nischen Textilartikeln auf hohem Qualitätsniveau ist sichergestellt. Die Großproduktion vielseitig verwendbarer Synthefasern, Spitzenleistungen der Textilmaschinenentwicklung an Präzision, Mengenleistung und Produktqualität zusammen mit modernen Ausrüstungsverfahren, insbesondere auch für Faser-mischungen, haben der Bekleidungsindustrie jederzeit funktionell und modisch ein auf Verbraucherwünsche angepaßtes Sortiment ermöglicht. Diese Erfolge basieren zum großen Teil auf den Ergebnissen von Forschung und Entwicklung der Unternehmen, flankiert durch die öffentliche Gemeinschaftsforschung. Der erreichte Stand der Technik wurde zum Vorbild auch für alle die Länder, die in jüngerer Zeit mit dem Aufbau einer eigenen Industrie begonnen haben. Die Schwerpunkte dieser Entwicklungen lagen bei der Chemiefaserindustrie und im Textilmaschinenbau und gipfelten in einem Sortiment an Polyamiden, Polyacrylen und Polyestern einschließlich Mischungen mit Naturfasern, die auf modernen Maschinen mit höchster Effizienz verarbeitet werden und weite Bereiche der Bekleidungs- und Heimtextilien sowie technische Einsatzgebiete abdecken.

Probleme der Chemiefaser- und Textilforschung heute

Wie stellt sich nun nach den eingangs geschilderten starken wirtschafts- und handelspolitischen Veränderungen die Lage von Forschung und Entwicklung in der Chemiefaser- und Textilindustrie heute dar? Fast alle Unternehmungen haben ihre Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen reduziert. Meiner Schätzung nach dürfte der inflationsbereinigte Abbau im Durchschnitt bei etwa 25—30 % liegen. Die textile Gemeinschaftsforschung in der BRD wurde in ihrem Umfang erfreulicherweise nicht gekürzt.

Nicht selten stellt man die Frage, ob Forschung und Entwicklung nach diesen Sättigungserscheinungen, insbesondere innerhalb der EWG, überhaupt noch erforderlich oder notwendig seien. Neue Fasern oder Polymere für breite Einsatzgebiete werden nicht mehr erwartet, da Entwicklungskosten und kleinere Rohstoffbasis im Vergleich zu den existierenden Massenprodukten immer zu teureren Produkten führen werden und der Markt auch immer weniger bereit ist, wegen marginaler Effekte sich auf neue Produktlinien umzustellen. Nur einige wenige Spezialfasern werden künftig noch Marktbedeutung erlangen können. Umgekehrt sind Fragen des Marktes an Forschung und Entwicklung in bezug auf die sowieso nicht berechenbare Mode fast immer mit vorhandenen Produkten bzw. Verfahren zu erfüllen. Lediglich im Hinblick auf Funktionseigenschaften ergeben sich noch Anhaltspunkte für ein vernünftiges Forschungsprogramm, was allerdings Kooperationsbereitschaft der verschiedenen Fertigungsstufen voraussetzt. Eine deutliche Verschiebung von Produkt- zu Prozeßinnovationen hat mehr und mehr stattgefunden. Damit verbunden, fließen immer mehr der noch verbleibenden Forschungsgelder in den reinen Verdrängungswettbewerb, wobei Kostenvorteile, Qualitätsvorteile oder marginale Änderungen in den Produkteigenschaften im Vordergrund stehen.

Das Fazit dieser Betrachtung der aktuellen Situation ist, daß die noch eingesetzten Geldmittel für Forschung und Entwicklung weitgehend für den Verdrängungswettbewerb verwandt werden und echte

Produktinnovationen kaum oder nur noch wenig stattfinden. Eine wirksame Kooperation in der textilen Pipeline bis zum Handel zur klaren Zielsetzung für Forschungsprogramme der Hersteller und Verarbeiter gibt es nicht. Auf diese Art ist die Forschung kaum in der Lage, einen positiven Beitrag für die derzeitigen schwerwiegenden Überlebensprobleme der Textilindustrie in Europa zu leisten.

Zukunft der Chemiefaser- und Textilforschung

Was ist nach diesen Ausführungen nun über die Zukunft der Chemiefaser- und Textilforschung zu sagen? Natürlich können Forschung und Entwicklung die wirtschafts- und handelspolitisch bedingten Strukturprobleme von heute nicht lösen. Man kann andererseits aber auch nicht Forschung und Entwicklung mehr oder weniger reduzieren und im übrigen in diesem Bereich so tun, als hätte sich 20 Jahre lang nichts geändert, als kämpfte diese Industrie in Westeuropa nicht um ihr Überleben. Ich bin der Überzeugung, daß Forschung und Entwicklung in der Chemiefaser- und Textilindustrie gerade heute ihre Berechtigung haben, wo es nicht mehr gilt, jedes Jahr stürmische Neuerungen zu präsentieren. Die noch verfügbaren Mittel sollen in Zukunft sehr bewußt und gezielt zur Erleichterung der Lage der gesamten europäischen Faser- und Textilindustrie eingesetzt werden.

Um nicht mißverstanden zu werden: Natürlich muß die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen erhalten bleiben, soll Kollektionsarbeit mit modischen Aspekten betrieben werden, die Qualität der Produkte verbessert und die Gestehungskosten noch weiter gesenkt werden. Verdrängungsforschung in marginalen Kleinigkeiten jedoch führt nur in Ausnahmefällen vorübergehend zu rentablen Ergebnissen. Das textile Geschehen muß mehr als bisher in seiner Gesamtheit über Branchen- und Verbandsgrenzen hinweg gesehen werden, und daraufhin die Forschungs- und Entwicklungsziele gemeinsam bis zum Handel und Verbraucher hin formuliert werden. Mehr Produktinnovationen, d. h. Verbesserungen, die dem kritischer gewordenen Verbraucher Verwendungsvorteile bieten, sollten wieder ins Programm genommen werden.

Insbesondere die Vorteile der Chemiefasern mit ihrer Haltbarkeit und Pflegeleichtigkeit sollten weiter ausgebaut und Tragekomfort und Ästhetik sollten zusätzlich verbessert werden. Auch Forderungen nach Antistatik, Anschmutzbarkeit und flammhemmende Eigenschaften haben bei angemessener Zielsetzung ihren Platz in einem solchen Forschungsprogramm. Fragen bezüglich der Prüfung von Gesundheits- und Umweltverträglichkeit bei textilen Prozessen bedürfen in einigen Fällen noch der Überprüfung. Energie- und Rohstoffbetrachtungen bedingen in manchen Fällen Überlegungen zur Erweiterung der Wiederverwendungsmöglichkeiten. Gefördert von dem Forschungsministerium der Bundesrepublik wird von der IVC derzeit eine Studie zur Erfassung sämtlicher Abfallströme in der Faser- und gesamten Textilindustrie erstellt.

Auch die Textilindustrie muß sich fragen, ob ihre Forschungsprogramme, insbesondere die der textilen Gemeinschaftsforschung, der heutigen Situation genügend angepaßt sind. Die Suche gemeinsam mit der Faserindustrie nach hochwertigen, verbesserten Pro-

dukten zum Nutzen der Endverbraucher — auch wenn es sicherlich nicht einfach ist und spektakuläre Ergebnisse nicht gleich zu erwarten sind — muß im Kampf gegen die Massenimporte aktiviert werden. Noch mehr Anpassungsfähigkeit und ständige Kommunikation in der Pipeline werden erforderlich sein, um dieser heutigen Herausforderung begegnen zu können. Forschung und Entwicklung, insbesondere auch im Maschinenbau zur Sicherstellung einer flexiblen Produktion mit dennoch günstigen Kosten erscheint sinnvoll. Es wäre weiterhin zu überprüfen, ob Gemeinschaftsforschung in bestimmten Bereichen nicht zu stärken und auszubauen wäre. Das Zitat von Bert Brecht: *Wehe dem, der nicht forscht!* gilt sicherlich nicht mehr uneingeschränkt für die Faser- und Textilindustrie, nachdem Technologietransfer deutlich billiger als Eigenforschung sein kann.

Schlufwort

Lassen Sie mich zum Abschluß zu den Zukunftsaspekten der Gesamtforschung zurückkehren und fragen: Sind die Ziele der Forschung heute tatsächlich verworrener denn je oder sind es überwiegend Kommunikationsschwierigkeiten, vergleichbar mit dem mißglückten Turmbau zu Babylon im Altertum? Die Situation stellt sich wie folgt dar:

1. Die industrielle Forschung dient im Schwerpunkt der Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft und ist, so verstanden, eine notwendige Investition.
2. Grundlagenforschung — im wesentlichen staatlich finanziert — ist langfristig angelegte Wagnisforschung; sie sollte verantwortungsvoll in freier Entfaltungsmöglichkeit betrieben werden. Von hier müssen auch in Zukunft Basisimpulse für die Wirtschaft kommen, die, gefolgt von Innovationen der Industrie, Probleme lösen und für Wachstum und Beschäftigung auch in der Zukunft sorgen.
3. Zu den Forschungsinhalten muß eine teilweise berechtigte Kritik von einer immer breiter werdenden Öffentlichkeit ernst genommen werden. Eine frühere Wissenschaftsgläubigkeit — alles ist lösbar und machbar — ist zunehmenden Ansprüchen einerseits und einer deutlichen Angst andererseits — siehe Atom- und Neutronenbomben oder genetische Veränderungen — gewichen. Definition und Selbstdarstellung, auch der wissenschaftlichen Ziele in einfacher Sprache, sind ein Muß für die Zukunft. Die Programme werden in der Tat auf die Frage auszurichten sein: Ist alles, was wissenschaftlich denkbar und machbar ist, auch wünschenswert? Eine kürzlich durchgeführte Umfrage in der EWG (bei ca. 9000 Menschen) ergab ein verblüffend einheitliches Meinungsbild, und zwar erkennt man die Forschungsbeiträge zum wirtschaftlichen Erfolg der letzten 25 Jahre an, und man erwartet auch für die Zukunft eine staatliche Förderung der grundlegenden Großprojekte im EG-Bereich. Man ist aber sehr beunruhigt über einige Ergebnisse und negative Konsequenzen für die Menschheit; die Dinge sind zu wenig überschaubar. Man erwartet in erster Linie Forschung auf dem Gebiet der Medizin, der Pharmazie, der Agrarwissenschaft und des Umweltschutzes; Energieforschung sieht man im Mittelbereich angesiedelt, und an der Negativ-Seite steht in erster Linie die Raumfahrt. Der erzielte technologische Fortschritt der letzten 50 Jahre hat die Menschheit teilweise überfordert. Eine gewisse Verschiebung der Forschungsinhalte von Naturwissenschaft und Technik zu sozialen Problemen (z. B. Lebensbedingungen der Menschen überhaupt oder die Zukunft der Menschen in Ballungsräumen oder ganz allgemein Probleme der Versorgung und der Vorsorge für die Menschheit) wird in der Zukunft stattfinden.
4. Speziell in der Bundesrepublik Deutschland sind die Rahmenbedingungen für Grundlagenforschung an Universitäten und bei der Industrie wieder zu verbessern. Ich erinnere hier an das Umfrageergebnis des Allensbacher Meinungsforschungsinstituts bei Universitätsprofessoren (5000 Professoren von 49 Hochschulen) und an den sogenannten „Grauen Plan“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Lage der Forschung in der Bundesrepublik. Die Probleme sind: zu viel administrative Tätigkeit, zu viele strukturelle Änderungen, Finanzierungsprobleme, Gefahr der Trennung von Forschung und Lehre und zu wenig Basisinnovationen. Zu den Problemen an Hochschulen und in der Industrie zählt auch die Ausgewogenheit staatlicher Forschungsförderung im Verhältnis von direkter und indirekter Förderung.
5. So besehen, scheint die Zielsetzung von Forschung und Entwicklung für die Zukunft nicht so sehr verworren zu sein. Anpassungen, wie beschrieben, sind erforderlich und werden erfolgen. Lassen Sie uns alle unseren Beitrag leisten zur Verbesserung der Definition der Ziele, zur Verbesserung der Kommunikation, zur Erhaltung der Freiheit der Grundlagenforschung und zur Stärkung von Forschung und Entwicklung in allen Bereichen von Wirtschaft und Gesellschaft!

Forschung — das kann von niemandem bestritten werden — ist mehr denn je zur Zukunftssicherung der Menschheit auf unserer Erde notwendig.

Photochemische Primärprozesse in synthetischen Polymeren

Professor Dr. Walter Klöpffer, Battelle-Institut, Frankfurt

Folgende photochemische (und photophysikalische) Primärprozesse werden im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Photodegradation und UV-Stabilisierung faserbildender Polymerer diskutiert:

- Optische Anregung und Desaktivierung (Absorption, Fluoreszenz, Phosphoreszenz, interne Konversion, Interkombination)
- Photochemische Reaktionen (Photolyse, Photoumlagerungen, Photoionisation)
- Energieübertragung durch Ein-Schritt-Übertragung (Dipol-Dipol-Resonanz und Elektronenaustauschwechselwirkung) und Excitonendiffusion

Es werden Polyäthylenterephthalat, aliphatische und aromatische Polyamide, Polyacrylnitril, Polypropylen und aromatische Polyurethane betrachtet. Zur Energieübertragung von Ketonen auf Stabilisatoren in PP werden neue experimentelle Ergebnisse berichtet.

The following primary photochemical (and photophysical) processes are discussed with regard to their relevance to photodegradation and UV-stabilisation of fibre-forming polymers:

- UV-excitation and desactivation (absorption, fluorescence, phosphorescence, internal conversion and inter-system crossing)
- Photochemical reactions (photolysis, photorearrangements, photoionisation)
- Energy transfer by single-step transfer (dipole interaction and electron exchange) and exciton diffusion

The polymers considered include polyethyleneterephthalate, aliphatic and aromatic polyamides, polyacrylnitrile, polypropylene and aromatic polyurethanes. New experimental results are presented on energy transfer from ketones to different stabilisers in PP.

1. Einleitung

Photochemische Reaktionen treten bei fast allen Polymeren auf, wenn sie ultravioletter Strahlung ausgesetzt werden^{1,2,3}. Unter natürlichen Bedingungen, also bei Anwesenheit von Sauerstoff, laufen komplizierte Reaktionsfolgen ab, bestehend aus rein photochemischen und autoxidativen Prozessen. Die Gesamtheit der Reaktionen, die zu Kettenbrüchen und Vernetzungen sowie zur Bildung von Chromophoren führt und in der Folge zur Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften und zu Verfärbungen, nennt man Photodegradation, die Summe der oxidativen Prozesse Photooxidation.

Nicht alle photochemischen Prozesse beschleunigen die Oxidation, da manche auch ohne Bildung von autoxidationsauslösenden Radikalen ablaufen.

Fasern sind auf Grund ihres kleinen Querschnitts und dem damit verbundenen großen Oberflächen/Volumen-Verhältnis dem kombinierten Angriff von UV-Strahlung und Sauerstoff besonders ausgesetzt. In dünnen

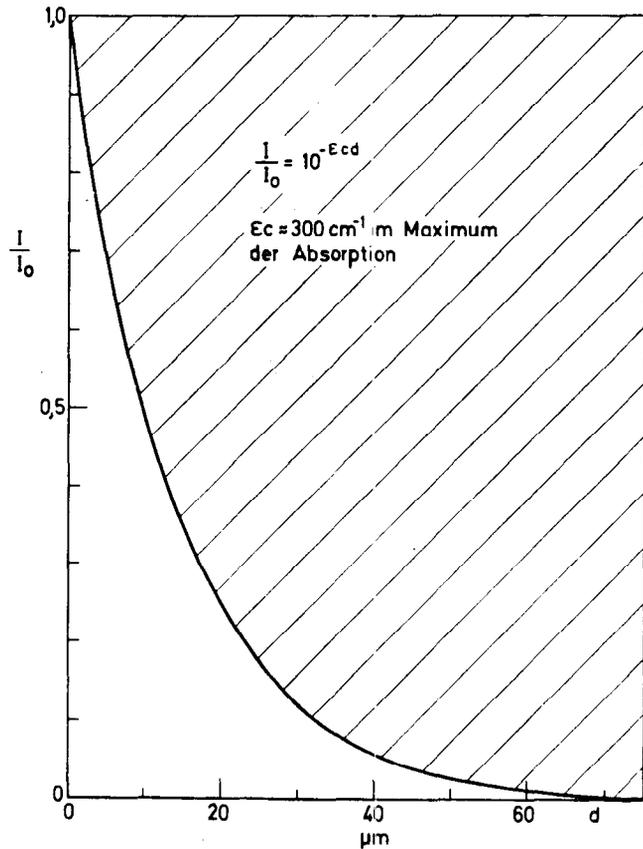


Abb. 1: Abschwächung der UV-Strahlung als Funktion der Eindringtiefe (d) in ein transparentes Polymeres + 0,5 % Absorber

Fasern und Folien kann die Strahlung durch UV-Absorber (Abb. 1) nicht vom Eindringen ins Innere und der Auslösung photochemischer Reaktionen gehindert werden.

Bei den faserbildenden synthetischen Polymeren, die technisch und kommerziell Bedeutung erlangt haben, treten großer Unterschiede im Hinblick auf ihre UV-Beständigkeit auf, wie in Tabelle 1 qualitativ dargestellt ist; PET kann trotz oberflächlicher Degradation¹ bei entsprechend sorgfältiger Herstellung unstabilisiert eingesetzt werden; PAN wird durch natürliche UV-Strahlung praktisch nicht angegriffen².

Alle anderen Faserpolymeren müssen stabilisiert wer-

Tabelle 1: Qualitative Einstufung der UV-Stabilität der wichtigsten synthetischen Faserpolymeren

| Polymeres | Abkürzung | UV-Stabilität |
|-------------------------|------------------|---------------|
| Polyäthylenterephthalat | (PET) | + |
| Polyamide | aliphatisch (PA) | — |
| | aromatisch | — (—) |
| Polyacrylnitril | (PAN) | ++ |
| Polypropylen | (PP) | — |
| Polyurethane | (PU) | — — |

den, wenn sie im Gebrauch natürlicher oder künstlicher UV-Strahlung ausgesetzt werden.

Während die Gesamtheit der Prozesse, die unter dem Begriff *Photodegradation* zusammengefaßt werden, äußerst komplex ist, lassen sich die ersten Schritte auf einige wenige photophysikalische und photochemische Erscheinungen zurückführen. Über diese unter dem Begriff *photochemische Primärprozesse* zusammengefaßten Phänomene soll im folgenden ein Überblick gegeben werden, wobei die faserbildenden Polymeren, dem Thema dieser Tagung entsprechend, im Vordergrund stehen.

Die photochemischen Primärprozesse sind nicht nur die ersten Schritte der Photodegradation, sondern auch völlig anders gearteter Prozesse wie der elektrischen Photoleitung⁶. Ihr Studium ist die Voraussetzung für das Verständnis der Photodegradation und für eine das Übel an der Wurzel packende und gezielte UV-Stabilisierung.

Allerdings sind unsere Kenntnisse über die photochemischen Primärprozesse in Polymeren noch sehr lückenhaft; ein Ziel dieser Arbeit ist es daher, zu Forschungsarbeiten anzuregen, die diese Lücken füllen sollen.

2. Übersicht über die photochemischen Primärprozesse

Die photochemischen Primärprozesse, die für die Polymeren von Bedeutung sind, lassen sich wie folgt einteilen:

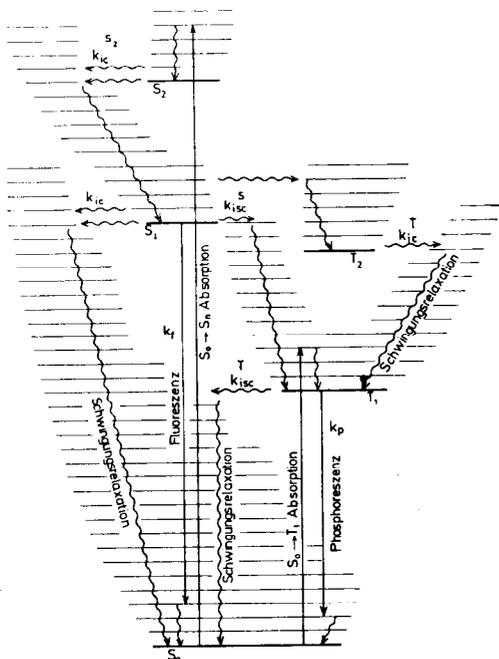


Abb. 2: Energieniveau-Diagramm der wichtigsten Absorptions- und Emissionsübergänge (Jablonski-Diagramm)

Legende zu Abb. 2:

- S_0, S_1, \dots, S_n Singulettzustände
- T_1, T_2, \dots Triplettzustände (paramagnetisch)
- $k_{ic}, k_{isc},$
- k_r, k_p, \dots Geschwindigkeitskonstanten (s^{-1}) der internen Konversion, des Intersystem-crossings, der Fluoreszenz und der Phosphoreszenz

A. Optische Anregung und Desaktivierung von UV-absorbierenden Chromophoren (Abb. 2)

- Absorption der Strahlung
- Emissionen (Fluoreszenz, Phosphoreszenz)
- Strahlungslose Desaktivierung (Interkombination, interne Konversion)

B. Photochemische Reaktionen

- Photolyse (Radikalbildung)
- Photoionisation (durch Abspaltung von Elektronen oder Protonen)
- Photoumlagerungen

C. Übertragung elektronischer Anregungsenergie

- Übertragung von einem angeregten Donor (Sensibilisator) auf einen Chromophor des Polymeren
- Übertragung vom angeregten Chromophor auf einen Akzeptor (Stabilisator) durch
 - Ein-Schritt-Energieübertragung (Dipol-Dipol-Resonanz; Elektronenaustausch)
 - Viel-Schritt-Energieübertragung (Excitonenhüpfmechanismus)
- Bildung von Singulett-Sauerstoff

Im folgenden soll von der optischen Absorption ausgegangen werden, die durch UV-absorbierende Chromophore erfolgt, und von der darauf folgenden Desaktivierung (Kapitel 3). Daraufhin sollen die wichtigsten photochemischen Reaktionen besprochen werden (Kapitel 4) und schließlich die verschiedenen Energieübertragungsprozesse, die ebenfalls zur Desaktivierung des angeregten Chromophors beitragen können (Kapitel 5).

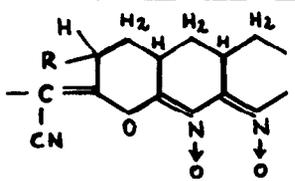
3. Optische Anregung und Desaktivierung von UV-absorbierenden Chromophoren

Das photochemische Grundgesetz besagt: *Nur solche Strahlen vermögen photochemisch zu wirken, die von dem System absorbiert werden* (Th. Grotthus, 1820, und J. W. Draper, 1845)⁷.

Die kurzwelligste Strahlung des Sonnenlichts auf der Erdoberfläche liegt auf Grund des Ozonschildes bei 290 — 300 nm. Es ergibt sich also zunächst die Frage, welche Gruppen imstande sind, diese Strahlung zu absorbieren. Die Antwort liegt auf der Hand für aromatische Polymere mit langwellig absorbierenden Grundbausteinen. Für andere Polymere, die im Bereich über 300 nm nicht absorbieren, also für die meisten technisch wichtigen Polymeren, ist diese Frage oft schwierig zu beantworten. Die Folgerung aus dem photochemischen Grundgesetz, daß diese Polymeren im reinsten Zustand völlig stabil sein sollten, ist zwar richtig, praktisch ist sie aber nur teilweise erfüllbar. Sorgfältige Herstellung, Entfernung des Katalysators, Verwendung von UV-stabilen und nichtsensibilisierenden Zusätzen etc. führen meist zu stabileren Polymeren; völlig ausschließen lassen sich UV-absorbierende Gruppen aber nicht. Sie gehören zu folgenden Gruppen:

- Fehlstellen von Polymerisation, Spinnen, Extrudieren, Verarbeitung (z. B. Carbonylgruppen)
- Katalysatorreste
- Additive für Verarbeitung und Gebrauch

Tabelle 2. UV-Absorption im Bereich der Sonnenstrahlung

| Polymer | Chromophor | Literatur |
|----------------|---|-----------|
| PET | $-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-$ (Grundeinheit) a) | 4,11 |
| PA aliphatisch | $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ b) | 15,16 |
| | $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ $-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{N}=\text{CH}-$ (?) | 20 |
| | konjugierte Doppelbindungen (bei Vergilbung) | 20 |
| PA aromatisch | $-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-$ (Grundeinheit) | 4,21,22 |
| PAN |  (bei Vergilbung thermisch) | 23 |
| | $-\text{CH}(\text{CN})-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}(\text{CN})-$ fluoresziert bei 400 nm | 23 |
| PP | $-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-$; $-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ c) | 4,24 |
| | $-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OOH})-\text{CH}_2-$ | 4,25,26 |
| | $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ | 27 |
| PU aromatisch | $-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{R}-$ (Grundeinheit) d) | 28 |
| | $-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_{10}-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{R}-$ (Grundeinheit) | 29 |

- a) PET-Filme zeigen eine noch nicht zugeordnete Lumineszenz mit Maximum nahe bei 400 nm^{12, 13, 14}, die einem weiteren Chromophor entsprechen könnten.
- b) Die Konzentration der Carbonylgruppen in nicht gealterten Fasern beträgt 2—9 mA/kg¹⁵. PA 6, 6.6, 11 und 12 und thermisch oxidierte Modellsubstanzen zeigen mehrere Phosphoreszenzen im Bereich von 400—500 nm^{17, 18, 19}, deren Zuordnung noch nicht gesichert ist. Die wichtigste Absorptionsursache in technischen Fasern ist das den Photoabbau beschleunigende^{19, 37} und durch Mn(II)salze desaktivierte^{3, 31} Mattierungspigment TiO₂. Die Absorption der photochemisch aktiveren^{37, 2} Anatasmodifikation setzt bei 390 nm, die des Rutiltyps bei 405 nm ein³⁸.
- c) Phosphoreszierender Chromophor wird auf Grund von spektralen Daten dieser Struktur zugeordnet.
- d) Die komplexe Zusammensetzung der PU³⁰ läßt derzeit keine sichere Zuordnung weiterer Chromophore zu; dasselbe gilt für die beobachteten Fluoreszenzen²⁹.

— Komplexbildung mit Sauerstoff^{8, 9}
 — Verunreinigungen aus der verschmutzten Luft
 (z. B. aromatische Kohlenwasserstoffe)¹⁰

Gruppe und sind gemeinsam mit den Grundeinheiten der aromatischen Polymeren in Tabelle 2 zusammengestellt.

Die wichtigsten Chromophore gehören zur ersten PET absorbiert im kurzwelligsten Bereich der Sonnen-

strahlung durch den Ausläufer der Terephthalesterbande.

Die Grundeinheit der aliphatischen Polyamide absorbiert nicht über 290 nm. Die wichtigsten Chromophore in schwach abgebautem PA 6 und PA 6.6 sind Aldehyde^{15,16} und Ketocarbonsäuren²⁰. Pyrrolgruppen²¹ absorbieren erst nahe 200 nm²²; Schiff'sche Basen, deren Bedeutung für den thermischen Abbau der Polyamide kürzlich von Rossbach^{20,23} gezeigt wurde, weisen nur eine schwache Absorption bei rund 250 nm²² auf. Die ebenfalls von Rossbach²³ als mögliche Abbauprodukte geforderten Schiff'schen Basen von Säureamiden könnten hingegen zur UV-Absorption beitragen, wenn ihr Absorptionsspektrum dem des N-(1,3-Dithiolan-2-yliden)harnstoffs (Spektrum G3/1 in²²) ähnlich ist.

Im aromatischen PA ist es wiederum die Grundeinheit selbst, die im Bereich bis 350 nm absorbiert²².

Die beim thermischen Abbau des PAN gebildeten Chromophore können bis ins sichtbare Spektralgebiet hinein absorbieren²², lösen aber praktisch keinen Photoabbau durch Sonnenlicht aus⁷.

PP absorbiert im reinsten Zustand im nahen UV nicht; Ketone und Hydroperoxide verleihen diesem Polymeren eine äußerst schwache, aber photochemisch bedeutsame Absorption im Bereich 300—350 nm.

Die aromatischen Polyurethane absorbieren im Gegensatz zu den aliphatischen durch ihre Grundeinheit. Die Chemie dieser Polymeren ist so komplex, daß weitere Chromophore beim heutigen Wissensstand nicht ausgeschlossen werden können. Ähnliches gilt allerdings für alle in Tabelle 2 aufgeführten Polymeren, da die Identifizierung von Chromophoren, die nicht durch charakteristische Absorptions- und Lumineszenzbanden oder analytische Reaktionen nachgewiesen werden können, äußerst schwierig ist.

Im Energieniveauschema (Abb. 2) sind die wichtigsten Wege der Anregung und Desaktivierung von Molekülen bzw. Polymerchromophoren schematisch dargestellt. Die Schwingungsniveaus sind schematisch mit nur einem für alle Zustände gleichen energetischen Abstand angedeutet. Übergänge, die unter Aufnahme oder Abgabe von Photonen erfolgen, sind durch gerade Pfeile symbolisiert, strahlungslose Übergänge und Relaxationsvorgänge durch Schlangenlinien.

Die für die Photodegradation wichtigsten Niveaus sind das erste angeregte Singulettniveau (S₁), das in der Regel vom Grundniveau (S₀) aus durch Absorption eines Photons bevölkert wird, und das erste Triplettniveau (T₁), das von S₁ aus durch den strahlungslosen Prozeß der Interkombination (oder *inter system crossing-isc*) erreicht wird. Die Desaktivierung erfolgt nur in den seltensten Fällen ausschließlich durch Emission von Photonen (Fluoreszenzquantenausbeute = 1). In allen anderen Fällen sind strahlungslose Desaktivierungsprozesse (interne Konversion-ic und Interkombination, gefolgt von Schwingungsrelaxation) beteiligt, die zur Erwärmung des Polymeren führen.

Die Phosphoreszenz (T₁ → S₀) wird infolge der großen Lebensdauer der Triplettzustände besonders durch den im Polymeren immer vorhandenen Sauerstoff effektiv gelöscht und daher meist nur bei tiefer Temperatur beobachtet.

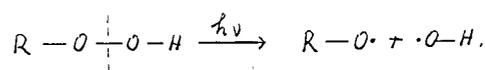
Die Emissionen der faserbildenden Polymeren sind teilweise noch nicht sicher zugeordnet (Tab. 2). Im allgemeinen geben sie jedoch wichtige Hinweise auf die chemische Natur der Chromophore, besonders in Verbindung mit dem Studium von Modellverbindungen und Messungen der Abklingdauer, die bei Fluoreszenzen im Bereich von 1—100 ns, bei Phosphoreszenzen meist im Bereich zwischen 1 ms und 10 s liegen. Unentbehrlich sind Fluoreszenz und Phosphoreszenz als Sonden beim Studium der Energieübertragung (vgl. Kapitel 5), wobei ihre Intensität als Maß für die Konzentration der angeregten Zustände dient.

Die im nächsten Abschnitt zu besprechenden echten photochemischen Reaktionen, treten ebenso wie die Energieübertragung in Konkurrenz zu den bisher besprochenen Desaktivierungsprozessen, die den Chromophor chemisch unverändert lassen.

4. Primäre photochemische Reaktionen

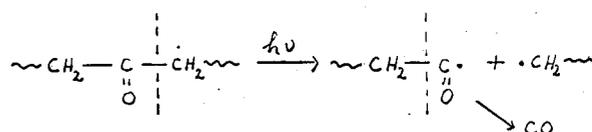
4.1. Photolytische Spaltung einer kovalenten Bindung

Die Energie der kurzwelligsten im Sonnenlicht enthaltenen Photonen (rund 300 nm, entsprechend 4 eV/Photon oder 400 kJ bzw. 100 kcal/Einstein) übersteigt die Stärke zahlreicher in organischen Molekülen vorkommender Bindungen und ist daher ausreichend, diese Bindungen zu spalten. Voraussetzung ist allerdings, daß die aufgenommene Energie auch in der zu spaltenden Bindung zur Verfügung steht und nicht über größere Bereiche des Moleküls (hier: Polymerchromophors) *verschmiert* wird. Im einfachsten Fall führt die Absorption eines Photons zu einem nichtbindenden Anregungszustand, wodurch das Molekül an der schwächsten beteiligten Bindung in zwei radikalische Bruchstücke zerfällt. Das für die Polymerdegradation wichtigste Beispiel ist die Photolyse der Hydroperoxide,



die zu sehr reaktionsfähigen Radikalen führt und eine Schlüsselrolle im Abbau des Polypropylens^{26, 34, 35, 36, 57} spielt. Die Quantenausbeute dieser Reaktion ist etwa $\Phi = 1$ ²⁶; die Rekombination der Radikale, die photolytische Reaktionen in fester Phase oft ineffektiv erscheinen läßt, ist in diesem Fall infolge der hohen Beweglichkeit des Hydroxylradikals nur gering. Diese Photolyse sollte in allen Polymeren ohne Eigenabsorption im nahen UV (die UV-Absorption der OOH-Gruppe ist sehr schwach) eine Rolle spielen, sofern sie eine endliche Konzentration an Hydroperoxidgruppen enthalten.

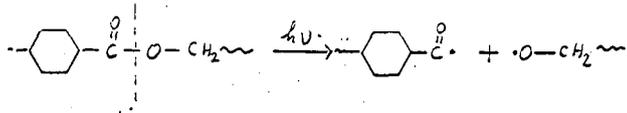
Eine weitere wichtige photolytische Reaktion ist die *Norrish-I-Spaltung* der Carboranylverbindungen^{24, 39, 40}. Sie führt primär zur Spaltung einer benachbarten Kohlenstoffbindung,



worauf die Abspaltung von Kohlenmonoxid folgen kann. Die Quantenausbeute dieser Reaktion ist in

festen Polymeren infolge der Radikalrekombination nur etwa $\phi = 0.01$, steigt aber infolge erhöhter Molekülbeweglichkeit mit der Temperatur an³⁹. Diese Reaktion führt zu Kettenbrüchen, wenn die Carbonylgruppe Teil der Hauptkette ist, also zur Verminderung des Molekulargewichts und letztlich zur Verschlechterung mechanischer Eigenschaften; darüber hinaus werden bei der Norrish-I-Spaltung Radikale gebildet, die in bekannter Weise mit Sauerstoff Kettenreaktionen auslösen. Löschexperimente mit Triplettfängern zeigten, daß die Norrish-I-Spaltung sowohl über den T₁- wie auch über den S₁-Zustand der Carbonylgruppe verläuft^{39, 40}.

Eine Norrish-I-Spaltung in der Estergruppe tritt bei der Photolyse des PET auf^{1, 11, 12, 13}



und führt ebenfalls zur Abspaltung von CO.

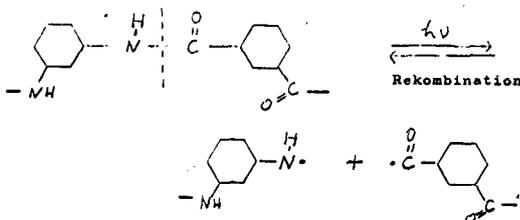
Eine weitere radikalische Spaltung führt zu ArCOO und in der Folge zu Carboxylendgruppen¹¹. Die beträchtliche UV-Beständigkeit von Polyesterfasern scheint weniger auf photochemischer Reaktionsträgheit zu beruhen als vielmehr auf der Beschränkung des Abbaus auf eine sehr dünne Oberflächenschicht und auf der Abwesenheit von Ribbildungen infolge des oberflächlichen Photoabbaus¹.

Die Ausbildung der stark fluoreszierenden o-Hydroxyterephthalatgruppen^{13, 41} ist nicht auf die Photolyse, sondern auf nachfolgende oxidative Prozesse zurückzuführen¹¹.

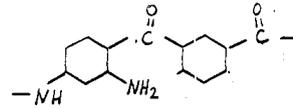
4. 2. Photoumlagerungen

Eine Reihe von Photoumlagerungen, nämlich die *Photo-Fries-Reaktion*⁴² und verwandte Reaktionen, sind ebenfalls primär photolytische Spaltungen, denen jedoch so schnell Rekombinationsreaktionen folgen, daß sie intramolekular verlaufen⁴³ und bei Polymermolekülen nur durch Nebenreaktionen zum Kettenbruch führen²¹.

Photo-Fries-Reaktionen bzw. die analoge Photoanilidumlagerung wurden an Modellsbstanzten für aromatische Polyamide²¹ und Polyurethane^{28, 30} beobachtet. Ob sie auch in den aus den Polymeren hergestellten Fasern auftreten, ist noch nicht erwiesen, es ist im Falle des Poly-(m-phenylen-isophthalamids) infolge seiner sehr geringen Molekülbeweglichkeit im festen Zustand jedoch nicht wahrscheinlich. Die geringe Quantenausbeute der photochemischen Reaktionen ($\Sigma \phi \sim 10^{-4}$), dieses nur auf Grund seiner sehr starken UV-Absorption problematischen Polymeren, deutet vielmehr auf ein Überwiegen der Rekombination in der Amidbindung⁴,

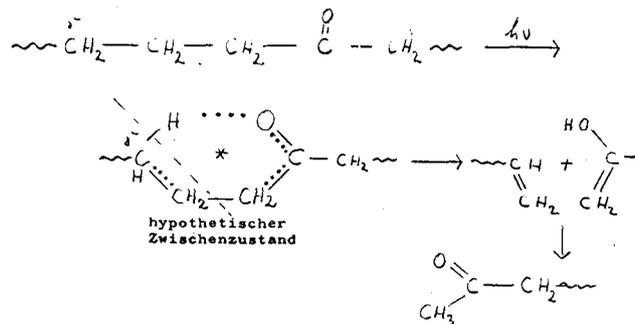


während die oben erwähnten Nebenreaktionen zu freien Aminogruppen, Carboxylgruppen und zum Kettenbruch führen^{1, 21}. Die ohne Kettenbruch verlaufende Photo-Fries-Umlagerung würde zu einer o- bzw. p-Amino-Benzophenonstruktur führen²¹, z. B.



In den aromatischen Polyurethanen trägt ebenfalls die oben skizzierte Aminbildung — mutatis mutandis — als Primärreaktion zur Photodegradation bei³⁰.

Die für Polymere wichtigste Umlagerung ist die *Norrish-II-Spaltung* der Carbonylverbindungen⁴⁰. Sie verläuft über einen ringförmigen Zwischenzustand mit 6 Atomen und führt zu einem endständigen Methylketon und zu einer Vinylgruppe als zweitem Bruchstück^{21, 39}.



In festen Polymeren reicht die Molekülbeweglichkeit in der Regel nicht aus, um die ringförmige Konformation während der Lebensdauer des Anregungszustandes der Carbonylgruppe auszubilden; es ist vielmehr nötig, daß solche Konformationen im Polymeren bereits vorliegen, was in den amorphen Bereichen leicht möglich ist. Die Quantenausbeute dieser Reaktion beträgt bei Zimmertemperatur rund $\phi = 0,1$ ^{39, 40}. In PP führt die Norrish-II-Spaltung langkettiger Methylketone zur Bildung von Aceton²¹.

Die Bedeutung der Norrish-II-Spaltung beruht auf ihrem Auftreten bei vielen Arten von Carbonylverbindungen⁴⁶, sofern diese am γ -C Atom wenigstens ein Wasserstoffatom tragen (siehe oben!) und sterisch in der Lage sind, den Zwischenzustand auszubilden. Auch für PET wurde eine Norrish-II-Spaltung als zusätzlicher Kettenbruchmechanismus vorgeschlagen⁴¹, sie ist aber experimentell nicht so gut abgesichert wie die oben diskutierte radikalische Spaltung.

Infolge des nahezu allgemeinen Auftretens von Carbonylgruppen bei der thermischen und photochemischen Degradation von Polymeren sind Norrish-I- und -II-Spaltungen auch bei solchen Polymeren anzunehmen, für die diese Prozesse noch nicht explizit nachgewiesen werden konnten.

4. 3. Photoionisationen

Die photochemische Bildung von Ionen kann prinzipiell durch Abspaltung von Protonen oder von Elektronen erreicht werden. Die Protonenabspaltung im

angeregten Zustand wird oftmals durch die um viele Größenordnungen erhöhte Acidität des S_1 -Zustandes ermöglicht und spielt als intramolekular-reversibler Prozeß bei der strahlungslosen Desaktivierung von UV-Stabilisatoren und photochromen Molekülen eine zentrale Rolle¹⁷.

Die direkte oder indirekte Abspaltung von Elektronen führt zur Bildung von positiven Löchern (Defekt-elektronen, Radikalkationen), die unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes beweglich sind, während die Elektronen im Polymeren meistens in tiefen Fallen eingefangen werden¹⁸. Der Prozeß der elektrischen Photoleitung wurde bisher für faserbildende Polymere nur sporadisch untersucht; eine kürzlich erschienene Arbeit berichtet über die Photoleitung des PET (als Film) bei Anregung mit UV-Strahlung im Bereich von 250 bis 400 nm¹¹. Unabhängig von der Bedeutung als Ladungsträger können die chemisch instabilen Radikationen auch zur Photodegradation beitragen⁶.

5. Energieübertragung

5.1. Mechanismus der Energieübertragung

Die Übertragung elektronischer Anregungsenergie stellt einen potentiell wichtigen Weg sowohl zur Sensibilisierung wie auch zur Verhinderung der Photodegradation dar¹⁹. Besonders der zweite Aspekt erregte Interesse, da es sich bei der Energieübertragung um einen von der Schichtdicke bzw. vom Faserdurchmesser unabhängigen Effekt handelt, womit die in Abbildung 1 dargestellte Schwierigkeit der Stabilisierung nach dem Filtereffekt zu umgehen wäre.

Zur Beantwortung der Frage nach dem Mechanismus der Energieübertragung muß zunächst zwischen *Ein-Schritt-Energieübertragung* und *Viel-Schritt-Energieübertragung* (Excitonenhüpfmechanismus) unterschieden werden. Beide Arten von Energieübertragung können sowohl auf dem Singulett-niveau wie auch auf

dem Triplett-niveau erfolgen. Bei der Ein-Schritt-Energieübertragung wird die Anregungsenergie von D^* direkt auf A überführt. Das Medium zwischen D und A beeinflusst den Prozeß relativ wenig, solange seine Energieniveaus deutlich über denen von D und A liegen. Beim Excitonenhüpfmechanismus andererseits ist eine enge Nachbarschaft von Molekülen oder Polymergruppen nötig (Abb. 3).

Die effektivste Art der Energieübertragung ist die durch Triplettexcitonen, wobei eine Delokalisierung bis zu 10 μm beobachtet wurde — allerdings nur in reinen Kristallen¹⁰. Die Ein-Schritt-Energieübertragung erfolgt auf dem Singulett-niveau durch Dipol-Dipol-Resonanz²⁰ bzw. bei Triplets nach dem Elektronenaustauschmechanismus²¹. Die Energieübertragung durch Dipol-Dipol-Resonanz läßt sich nach den bekannten Förster'schen Formeln²⁰ aus den spektralen Daten des Energiedonors (D) und -akzeptors (A) berechnen (Abb. 4).

$$R_0^6 = 9 \times 10^{-25} \kappa^2 \eta_0 \Omega / n^4$$

- R_0 = kritischer Radius
- κ^2 = Orientierungsfaktor ($\approx 0,6$)
- η_0 = Quantenausbeute der Donorfluoreszenz
- n = Brechungsindex

$$\Omega = \int_0^\infty f_D(\nu') \epsilon_A(\nu') \frac{d\nu'}{\nu'^4} \approx \sum_{\nu_1}^{\nu_2} f_D(\nu') \epsilon_A(\nu') \frac{\Delta\nu'}{\nu'^4}$$

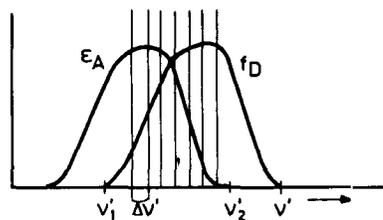
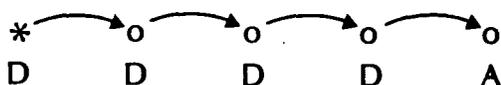


Abb. 4: Berechnung der Energieübertragung durch Dipol-Dipol-Resonanz nach Förster.
 ν' Wellenzahl; ϵ_A = molekularer, dekadischer Absorptionskoeffizient des Akzeptors; f_D = normierte Fluoreszenzintensität des Donors

A Viel - Schritt Energieübertragung (Excitonen hüpfmechanismus, Singulett - oder Triplettexcitonen)



B Ein - Schritt Energieübertragung (Dipol - Dipol Resonanz (S_1) oder Elektronenaustausch (T_1))



Abb. 3: Mechanismus der Übertragung elektronischer Anregungsenergie

Der aus diesen Daten berechnete kritische Radius ist ein Maß für die Effektivität der Energieübertragung und liegt in günstigen Fällen bei rund 50 Å.

Energieübertragung durch Elektronenaustauschwechselwirkung kann nicht aus spektralen Daten berechnet werden, da sie im wesentlichen von der Überlappung der Wellenfunktionen abhängt und eine Art Tunnel-effekt darstellt. Der kritische Radius und die kritische Konzentration können daher nur experimentell aus der Phosphoreszenzlöschung ermittelt werden. Zur Auswertung bedient man sich des Modells von Perrin²², das annimmt, daß innerhalb einer Kugel mit Radius r_0 augenblickliche Energieübertragung stattfindet (Abb. 5). Experimentelle r_0 -Werte liegen meist bei rund 15 Å.

r_0 = kritischer Radius nach dem Perrin Modell:

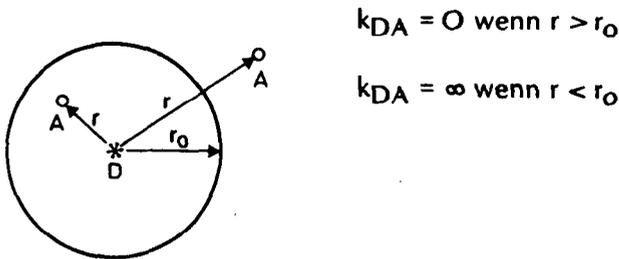


Abb. 5: Energieübertragung bei exponentiell abfallender Übertragungswahrscheinlichkeit (Perrin-Dexter)

5. 2. Energieübertragung durch Excitonendiffusion

Excitonendiffusion in einem festen Polymeren wurde erstmals am Poly-N-vinylcarbazol mit Sicherheit nachgewiesen³³; gleichzeitig wurde die überragende Bedeutung der nur im angeregten Zustand existierenden Komplexe, der sog. Excimeren, als begrenzende Faktoren der Excitonendiffusion erkannt^{33,34}. Der Bildung dieser Komplexe müßte ein eigener Abschnitt gewidmet werden, wenn wir die photochemischen Primärprozesse ausführlicher behandeln könnten, als es hier in diesem Rahmen möglich ist; allerdings wissen wir trotz gelegentlicher Zuordnungsversuche^{12,29} noch wenig Gesichertes über ihr Auftreten in Faserpolymeren.

Excitonendiffusion bei Anregung durch UV-Strahlung oberhalb 300 nm ist nur in aromatischen Polymeren möglich und kann unter den Faserpolymeren daher nur in PET, aromatischem PA und PU auftreten. Experimente liegen nur für das aromatische PA Poly(m-phenylen-isophthalamid)^{21,22} vor, worüber in dieser Tagungsreihe von Herlinger³¹ bereits berichtet wurde. Es wurde versucht, modifizierte Stabilisatoren vom Hydroxyphenylbenzotriazoltyp³⁵ als Fallen für die Excitonen des Polyamids zu verwenden; tatsächlich ergab sich eine stärkere Stabilisatorwirkung als nach der reinen Lichtfilterwirkung, die in einem Polymeren mit starker Eigenabsorption auch bei größeren Dicken nicht bedeutend sein kann, zu erwarten gewesen wäre²¹. Als Mechanismus der Energieübertragung wird nach Untersuchungen von H. E. A. Kramer²² eine Triplettexcitonendiffusion angenommen. Dieser Schluß ergibt sich aus dem Auftreten von sensibilisierter Akzeptorphosphoreszenz.

5. 3. Ein-Schritt-Energieübertragung

Polymere, deren Eigenabsorption erst im kurzwelligen UV (< 300 nm) einsetzt, absorbieren und emittieren Licht nur auf Grund von spurenweise vorhandenen chromophoren Gruppen (Tab.2); von diesen kann die Anregungsenergie durch Ein-Schritt-Energieübertragung auf geeignete Akzeptormoleküle übertragen werden, was zur Stabilisierung des Polymeren führen kann, vorausgesetzt, die Akzeptoren sind ihrerseits photochemisch stabil und wirken nicht sensibilisierend.

Im folgenden sollen einige durch Phosphoreszenz-

löschung am PP erzielten Ergebnisse mitgeteilt werden³⁶. Die wichtigsten emittierenden Chromophore des PP sind Ketone (Tab. 2), deren Phosphoreszenz durch geeignete Zusätze gelöscht wird. Aus experimentellen Gründen arbeitet man mit Modellchromophoren (z. B. Diheptylketon, Benzophenon) als Donoren, die gemeinsam mit den Stabilisatoren (= Akzeptoren) in PP gelöst werden und deren Phosphoreszenzintensität bei 77 K als Funktion der Stabilisatorkonzentration gemessen wird. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Tabelle 3: Phosphoreszenzlöschung — Ketone in Polypropylen*

| Additiv | Typ | r_0 (Å) | C_{50} (%) |
|-----------------|-------------------|-----------|--------------|
| Irgastab 2002 | Ni-Komplex | 25 (31) | 1,1 (0,7) |
| Cyasorb UV 1084 | Ni-Komplex | 23 | 1,4 |
| Tinuvin 328 | Benzotriazol | 19 | 1,6 |
| Cyasorb UV 531 | Benzophenon | 20 | 1,3 |
| Ionol | Ster. geh. Phenol | — | — |
| Tinuvin 120 | Phenylbenzoat | — | — |
| DABCO | Modell (Amin) | — | — |
| COD | Modell (Dien) | 17 | 0,7 |

* experimentell

Aus Tabelle 3 geht hervor, daß Ionol, Tinuvin 120 und DABCO keinerlei Löschwirkung zeigen. Irgastab 2002 ist ein erstaunlich guter Triplettakzeptor, dessen Löschwirkung wohl kaum mit homogener Verteilung im Polymeren zu erklären ist. Vielmehr ist eine zumindest teilweise Assoziation mit den Carbonylgruppen anzunehmen. Auch der zweite untersuchte Ni-Komplex hat einen kritischen Radius von 23 Å. Die Additivkonzentrationen, die 50 % Löschung bewirken (C_{50}), liegen zwischen 1 und 2 %. Der kleinere C_{50} -Wert des COD beruht auf seinem niedrigen Molekulargewicht.

Zur Abrundung sind in Tabelle 4 noch einige theoretische

Tabelle 4: Fluoreszenzlöschung — Aromatischer Chromophor in Polypropylen*

| Additiv | Typ | R_0 (Å) | C_{50} (%) |
|-----------------|---------------|-----------|--------------|
| Tinuvin 328 | Benzotriazol | 31 | 0,30 |
| Cyasorb UV 531 | Benzophenon | 28 | 0,42 |
| Irgastab 2002 | Ni-Komplex | 12 | (12) |
| Cyasorb UV 1084 | Ni-Komplex | 24 | 1,2 |
| Tinuvin 120 | Phenylbenzoat | 10 | (13) |

* berechnet nach Förster

tische Berechnungen zur Fluoreszenzlöschung, also zur Singulettübertragung, wiedergegeben. Erwartungsgemäß sind die UV-Absorber gute Stabilisatoren im Sinne der Energieübertragung, während die schwach absorbierenden Additive erst bei sehr hoher Konzentration wirksam werden. Cyasorb UV 1084 nimmt auf Grund seiner relativ starken UV-Absorption eine Mittelstellung ein.

Eine weitere theoretische Abschätzung zeigte, daß die Carbonylgruppen nicht durch Singulettübertragung geschützt werden können. Die Ursache dafür liegt in der schwachen Quantenausbeute und der relativ langwelligen Lage der Carbonylfluoreszenz.

Zusammenfassend lassen die Experimente und theoretischen Abschätzungen den Schluß zu, daß die Energieübertragung für einige Additive als Stabilisierungsmechanismus zweifellos in Betracht kommt. Für die Singulettübertragung (Fluoreszenzlöschung) gilt die Faustregel, daß die besten Absorber auch die besten Energieakzeptoren sind.

Als alleiniger Stabilisierungsmechanismus kommt die Energieübertragung in PP und wohl auch in den anderen aliphatischen Polymeren nicht in Frage, vor allem deshalb, weil sehr kurzlebige Anregungszustände nicht deaktiviert werden können. Die Hydroperoxidgruppe z. B. wird durch Absorption eines Photons unmittelbar in Radikale gespalten, so daß sich ein genügend langlebiger Anregungszustand nicht ausbilden kann.

Gute Stabilisatoren wirken gleichzeitig nach mehreren Mechanismen (UV-Filterwirkung, Energieübertragung -S und -T, Singulettauerstofflöschung, Radikalfängerwirkung und Hydroperoxidzerersetzung), die in verschiedenen Polymeren gänzlich unterschiedliches Gewicht haben können.

6. Schlußbetrachtung

Ich hoffe gezeigt zu haben, daß das Studium der photochemischen Primärprozesse wichtige Aufschlüsse über die Photodegradation und deren Verhinderung bringt sowie auch über scheinbar ganz anders geartete Vorgänge, wie die Photoleitung. Allerdings sind unsere Kenntnisse über diese Primärprozesse und selbst über die UV-absorbierenden Chromophore in vielen Polymeren noch äußerst spärlich.

Am Schluß möge noch die Warnung stehen, Ergebnisse, die an einem Polymeren erzielt wurden, ungeprüft auf andere Polymere zu übertragen. Aus der Praxis der Stabilisierung ist bekannt^{57,58}, daß selbst dasselbe Polymere bei unterschiedlicher Vorbehandlung, Kristallinität, mechanischer Beanspruchung etc. sich unterschiedlich verhalten kann.

Literatur:

- 1) W. L. Hawkins (Herausgeber): „Polymer-Stabilization“; Wiley-Interscience, New York (1972)
- 2) G. Geuskens (Herausgeber): „Degradation and Stabilisation of Polymers“; Appl. Sci. Publ., London (1975)
- 3) J. Voigt: „Die Stabilisierung der Kunststoffe gegen Licht und Wärme“; Springer Verlag, Berlin (1966)
- 4) D. M. Wiles: „The Photodegradation of Fibre-Forming Polymers“; in Zitat 2, S. 137
- 5) L. H. Peebles: Encyclopedia of Polym. Sci. Technol., Supplement, Vol. 1 (1976)
- 6) H. Bauser: „Delokalisierte Anregungszustände und Elektronenabspaltung“; Battelle-Information 9, 65 (1970)
- 7) zitiert nach Eucken-Wicke: „Grundriß der physikalischen Chemie“; 10. Auflage, Akad. Verlagsges., Leipzig, S. 622 (1959)
- 8) J. C. W. Chien: „On the Possible Initiation of Photo-oxidation by Charge-Transfer Oxidation“; J. Phys. Chem. 69, 4317 (1965)
- 9) K. Tsuji und T. Seiki: „Observation of Absorption Spectra Due to CT Complexes of Polymers with Oxygen and Its Possible Contribution to Radical Formation in Polymers by UV Irradiation“; Pol. Lett. 8, 817 (1970)
- 10) J. Aspler, D. J. Carlsson und D. M. Wiles: „Initiation of Polypropylene Photooxidation, 1. Polynuclear Aromatic Compounds“; Macromolecules 9, 691 (1976)
- 11) Y. Takai, T. Osawa, T. Mizutani und M. Ieda: „Photoconduction in Poly (ethylene Terephthalate). I. Mechanism of Carrier Generation“; J. Pol. Sci., Pol. Phys. Ed. 15, 945 (1977) (Die Absorptionskoeffizienten in Fig. 2 sind um den Faktor 10 zu hoch)
- 12) D. H. Phillips und J. C. Schug: „Luminescence from Aromatic Polymers, Monomers and Dimers under High-Energy Electron Excitation“; J. Chem. Phys. 50, 3297 (1969)
- 13) G. Valk, M. L. Kehren und I. Daamen: „Über die Photooxidation von Polyäthylenglykolterephthalat-Fasern“; Angew. Makromol. Chem. 13, 97 (1970)
- 14) M. Day und D. M. Wiles: „Photochemical Degradation of Poly (ethylene Terephthalate). II. Effect of Wavelength and Environment on the Decomposition Process“; J. Appl. Pol. Sci. 16, 191 (1972)
- 15) V. Roszbach: „Formation of Carbonyl Groups during Production, Spinning and Finishing of Polyamide 6 and 6.6“; Angew. Makromol. Chem. 57, 175 (1977)
- 16) G. Valk, H. Krüssmann, S. Dugal und C. Gentzsch: „Nachweis von ω -Aminocarbonsäuren und Carbonylverbindungen in thermo-oxidativ abgebautem Polycaprolactam“; Angew. Makromol. Chem. 10, 127 (1970)
- 17) N. S. Allen, J. F. McKellar und G. O. Phillips: „Luminescence from Thermally Oxidized Model Amides in Relation to Nylon 66 Degradation“; J. Pol. Sci., Pol. Chem. Ed. 12, 2623 (1974)
- 18) N. S. Allen, J. F. McKellar und D. Wilson: „Luminescence and Degradation of Nylon Polymers: Part I: Photo-Oxidation Processes Involving Phosphorescent Species“; J. Photochem. 6, 337 (1976/77)
- 19) H. A. Taylor, W. C. Tincher und W. F. Hammer: „Photodegradation of Nylon 36. I. Phototendering by TiO₂“; J. Appl. Pol. Sci. 14, 141 (1970)
- 20) V. Roszbach: „Polymergebundene Aldehyd- und Ketocarbonylgruppen in Nylon 6 und 6,6 — ihre Bestimmung, Struktur und Bedeutung für den Thermoabbau“; Habilitationsschrift, Aachen (1977)
- 21) B. Küster und H. Herlinger: „Stabilisierung aromatischer Polyamide gegen UV-Licht — gezielte Synthese von Stabilisatoren“; Angew. Makromol. Chem. 40/41, 265 (1974)
- 22) T. Werner, H. E. A. Kramer, B. Küster und H. Herlinger: „Mechanismus der Stabilisierung aromatischer Polyamide gegen UV-Licht“; Angew. Makromol. Chem. 54, 15 (1976)
- 23) H. N. Friedlander, L. H. Peebles, Jr., J. Brandrup und J. R. Kirby: „On the Chromophore of Polyacrylonitrile VI. Mechanism of Color Formation in Polyacrylonitrile“; Macromolecules 1, 79 (1968)
- 24) D. J. Carlsson und D. M. Wiles: „Photodegradation of Polypropylene Films II. Photolysis of Ketonic Oxidation Products“; Macromolecules 2, 587 (1969)

- 25) J. J. Adams: „Analysis on Nonvolatile Oxidation Products of Polypropylene I. Thermal Oxidation“, *J. Pol. Sci. A-1* **8**, 1077 (1970)
- 26) D. J. Carlsson und D. M. Wiles, (S. 24): „II. Photolysis of Polypropylene Hydroperoxides“, *Macromolecules* **2**, 597 (1969)
- 27) W. Klöpffer und G. Kaufmann; unpublizierte Ergebnisse
- 28) H. C. Beachell und I. L. Chang: „Photodegradation of Urethane Model Systems“, *J. Pol. Sci. A-1* **10**, 503 (1972)
- 29) Z. Osawa, E. L. Cheu und K. Nagashima: „Study of the Polyurethanes. III. Mechanism of the Photodegradation of Polyurethane“, *J. Pol. Sci., Pol. Chem. Ed.* **15**, 445 (1977)
- 30) H. Schultze: „Über den photochemischen Abbau von Polyurethanen“, *Makromol. Chem.* **172**, 57 (1973)
- 31) H. Herlinger: „Katalyse und Inhibierung des Abbaus aliphatischer und aromatischer Polyamide im Gebrauch“, *Lenzinger Ber.* **36**, 76 (1974)
- 32) DMS UV-Atlas, Butterworth-Verlag-Chemie
- 33) V. Rossbach: „Zur Bedeutung von Aldehyd- und Ketogruppen für das Alterungsverhalten von Polyamiden“, Vortrag an der FH Aachen am 20. 4. 1977; erscheint in der Reihe Informationen der FH Aachen
- 34) D. J. Carlsson, A. Garton und D. M. Wiles: „Initiation of Polypropylene Photooxidation. 2. Potential Processes and Their Relevance to Stability“, *Macromolecules* **9**, 695 (1976)
- 35) F. Gugumus: „Progés dans la protection des matières plastiques contre le rayonnement UV“, *Kunstst. Plast. (Solothurn)* **22**, 11 (1975)
- 36) J. C. W. Chien: „Hydroperoxides in Degradation and Stabilisation of Polymers“, in 2), S. 95
- 37) G. Irick, Jr.: „Determination of the Photocatalytic Activities of Titanium Dioxides and Other White Pigments“, *J. Appl. Pol. Sci.* **16**, 2387 (1972)
- 38) G. Kortüm: „Reflexionsspektroskopie“, Springer Verlag, S. 301. (1969)
- 39) G. H. Hartley und J. E. Guillet: „Photochemistry of Ketone Polymers. I. Studies of Ethylene-Carbon Monoxide Copolymers“, *Macromolecules* **1**, 165 (1968)
- 40) S. 39: „II. Studies of the Model Compounds“, *Macromolecules* **1**, 413 (1968)
- 41) S. 14: „III. Determination of Decomposition Products and Reaction Mechanism“, *J. Appl. Pol. Sci.* **16**, 203 (1972)
- 42) L. H. Buxbaum: „The Degradation of Poly(ethylene Terephthalate)“, *Angew. Chem. Int. Ed.* **7**, 182 (1968)
- 43) F. B. Marcotte, D. Campell, J. A. Cleaveland und D. T. Turner: „Photolysis of Poly(ethylene Terephthalate)“, *J. Pol. Sci. A-1* **5**, 481 (1967)
- 44) J. G. Pacifici und J. M. Straley: „Photolysis of Terephthalate Polyesters. Hydroxylation of the Aromatic Nuclei“, *Pol. Lett.* **7**, 7 (1969)
- 45) H. J. Hageman: „The Photoreactions of Some Acryl-Esters. Photo-Fries Rearrangement vs. Photodecarboxylation — Substituent and Solvent Effects“, *Tetrahedron* **25**, 6015 (1969)
- 46) J. G. Calvert und J. N. Pitts, Jr.: „Photochemistry“, Wiley, New York, S. 382 (1967)
- 47) W. Klöpffer: „Intramolecular Proton Transfer in Electronically Excited Molecules“, *Advances in Photochemistry* (Herausgeber J. N. Pitts, Jr., G. S. Hammond und K. Gollnick); Wiley, New York, Band **10**, S. 311 (1977)
- 48) W. Klöpffer: „Neuere Vorstellungen über den Mechanismus der UV-Stabilisierung von Kunststoffen“, *Kunststoffe* **60**, 385 (1970)
- 49) H. C. Wolf: „Energy Transfer in Organic Molecular Crystals“, *Advances in Atomic and Molecular Physics*, Band 3, Academic Press, New York, S. 119 (1967)
- 50) Th. Förster: „Fluoreszenz organischer Verbindungen“, Vandenhoeck v. Ruprecht, Göttingen (1951)
- 51) D. L. Dexter: „A Theory of Sensitized Luminescence in Solids“, *J. Chem. Phys.* **21**, 836 (1953)
- 52) F. Perrin: „Loi de décroissance du pouvoir fluorescent en fonction de la concentration“, *Compt. Rend. Acad. Sci.*, **178** (1924)
- 53) W. Klöpffer: „Transfer of Electronic Excitation Energy in Polyvinylcarbazole“, *J. Chem. Phys.* **50**, 2337 (1969)
- 54) W. Klöpffer: „Intramolecular Excimers“, in *Organic Molecular Photophysics* (Herausgeber J. B. Birks), Wiley, London, Band **1**, S. 357 (1973)
- 55) B. Küster, C. J. Tschang und H. Herlinger: „Synthese von substituierten Benzotriazolen zur Stabilisierung aromatischer Polyamide gegen UV-Licht“, *Angew. Makromol. Chem.* **54**, 55 (1973)
- 56) W. Klöpffer: „Zusammenhänge zwischen Energieübertragung und Stabilisierung in Kunststoffen“, Vortrag an der FH Aachen am 20. 4. 1977, erscheint in der Reihe „FH-Information“
- 57) H. Gysling: „Lichtschutzmittel und deren Wirkungsweisen“, Vortrag und Publikation wie bei 56)

UV-Degradation von Polymeren

Dr. H. J. Hageman und Ing. F. J. Huntjens
(Akzo Research Laboratories, Arnhem, Corporate
Research Department, NL)

Im Anschluß an den Vortrag von Herrn Professor Klöpffer möchte ich kurz ein praktisches Beispiel der UV-Degradierung und Stabilisierung von Polyphenylenoxid = PPO (Abb. 1) geben.

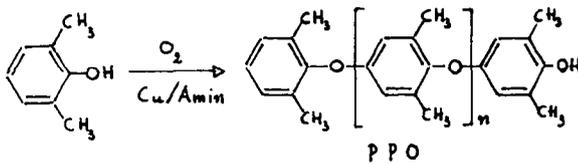


Abb. 1: Stabilisierung von Polyphenylenoxid

Bei Textilien ist es zweckmäßig, zwischen zwei PPO-Phänomenen, die durch Photodegradierung ausgelöst werden, zu unterscheiden:

- die Abnahme der mechanischen Eigenschaften (Zugfestigkeit und Dehnung), die durch Kettenabbruch und Vernetzung verursacht werden, und
- die Verfärbung von Textilien, die in den meisten Fällen eine Vergilbung ist und sich wahrscheinlich ebenso nachteilig auswirkt wie ein Verlust der mechanischen Eigenschaften.

Die Empfindlichkeit von unstabiliertem PPO im Vergleich zu einigen anderen textilen Materialien bei unterschiedlicher Strahlungsart mögen die Abbildungen 2 und 3 veranschaulichen.

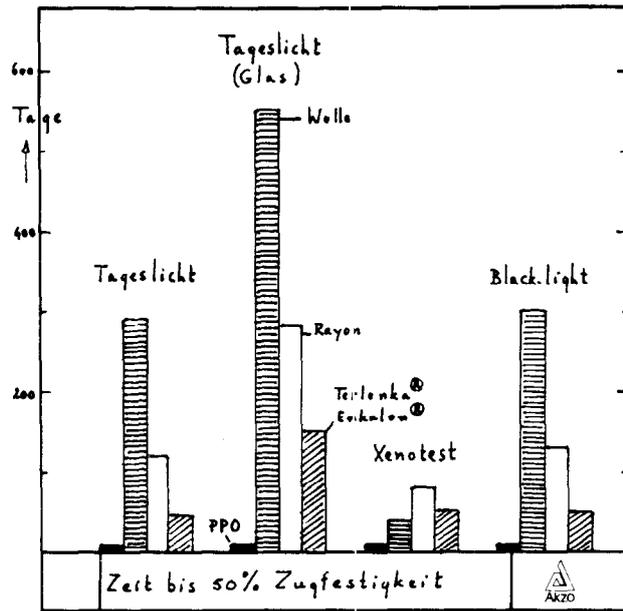
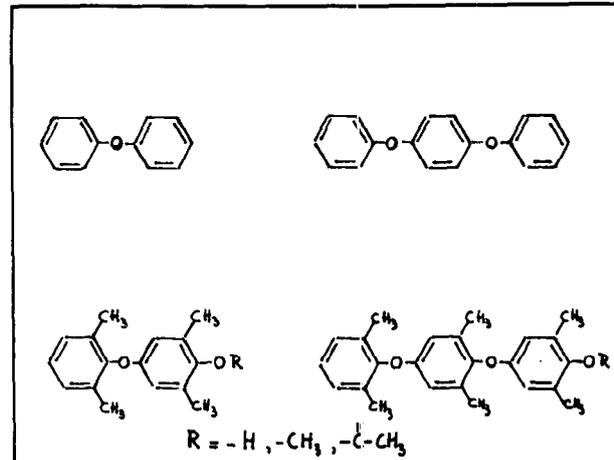
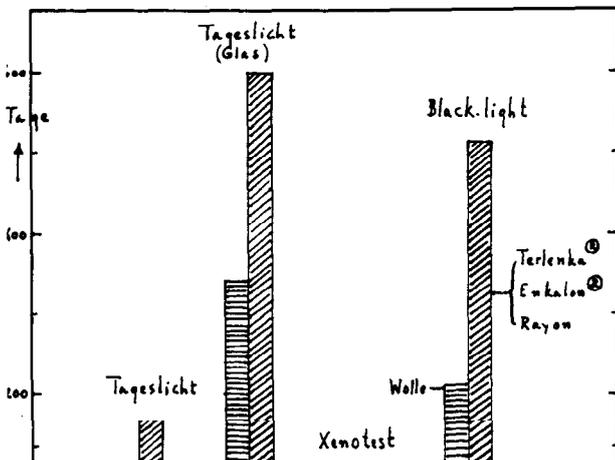


Abb. 3: Verlust der Reißfestigkeit (bis 50%) der Zugfestigkeit von der Zeit

Die Empfindlichkeit des PPO gegenüber UV-Licht kann folgende Ursachen haben:

- Die Empfindlichkeit der idealen Struktureinheit des Polymeren. Dies führt zu einer *Radom*-(unkontrollierten)*Spaltung* der Polymerkette. Betrifft es eine Endgruppe, so würde dies zu einem *Unzipping* (Reißverschlußeffekt) führen.
- Die Empfindlichkeit bestimmter Fehlstrukturen im Polymeren gegenüber UV-Strahlung. Dies führt ebenfalls zu einer *Radom*-*Spaltung* der Polymerkette.
- Die Empfindlichkeit der im Polymeren vorhandenen Verunreinigungen. Man könnte dabei an verhältnismäßig niedermolekulare Substanzen denken, welche die Radikalbildung initiieren, oder im wahren Sinne an Sensibilisatoren, die die elektronische Anregungsenergie übertragen.



Da die Methoden zur Verbesserung der UV-Stabilität des Polymeren in obengenannten Fällen verschieden sind, ist es klar, daß die Kenntnisse über die wirklichen Vorgänge absolut notwendig sind. Mit Hilfe der in Abbildung 4 gezeigten Modellsbstanzten wurden diese Kenntnisse erhalten. Da es vor allem niedermolekulare Substanzen sind, ist in viel stärkerem Maße als bei den entsprechenden Polymeren die ideale oder, besser gesagt, die gewünschte Struktur gegeben; auch sind aus diesem Grund diese Verbindungen einfacher zu handhaben. Die Bestrahlung dieser Modellsbstanzten unter unterschiedlichen Bedingungen (Inertgas, Sauerstoff) hat uns den Ablauf der folgenden Prozesse gezeigt:

- Absorption und Anregung zu einem Singlett-Zustand,
- Spaltung der aromatischen Ätherbildung als Folge für das Polymere, den
- Radom-Kettenabbruch sowie
- Vergilbung durch anschließende Oxidation zu chinoiden Strukturen,
- oxidativer Abbruch über die Methylsubstituenten und als Folge davon
- Vergilbung und
- Vernetzung.

Bei der Bestrahlung der PPO-Lösungen wurden auch niedermolekulare Verbindungen isoliert (Abb. 5), deren Bildung auf ähnliche Reaktionen zurückzuführen ist.

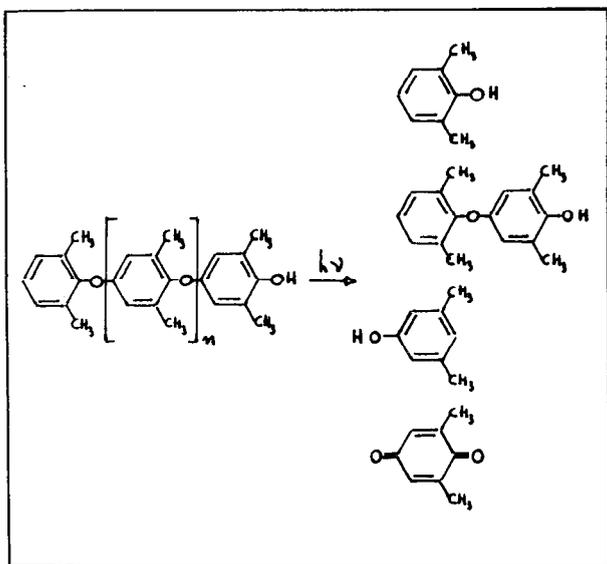


Abb. 5: Zerfallsprodukte

Zum Schluß möchte ich noch einige Bemerkungen zur Stabilisierung von PPO-Fasern machen. Aus der Tatsache, daß der für die Reaktion verantwortliche Zustand ein Singlett ist, folgt, daß Triplet-

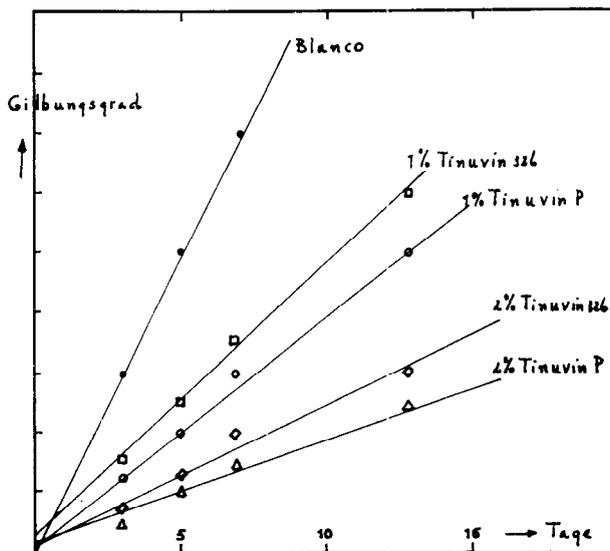


Abb. 6: Wirkung der Stabilisatoren

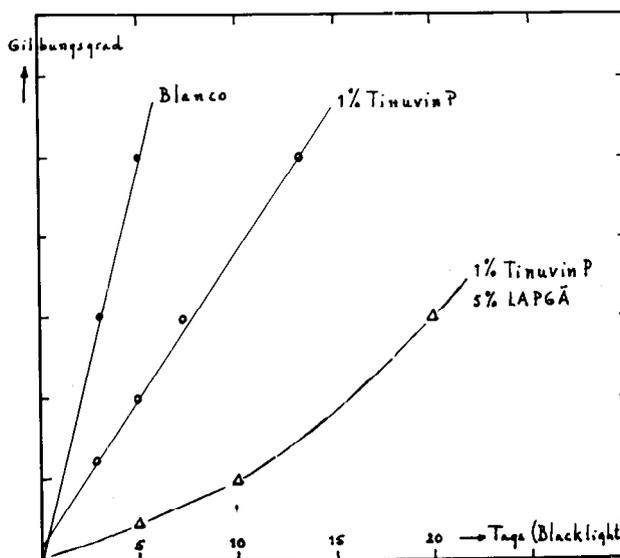
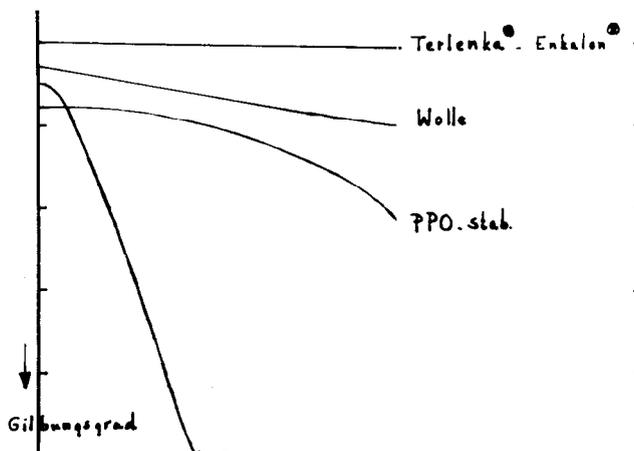


Abb. 7: Wirkung der Stabilisatoren



Als beste UV-Absorber schnitten hier einige Absorber aus der Tinuvinserie ab, die eine Stabilität mit dem Faktor 2,5 erhielten (Abb. 6).

Außerdem war auch Lauroxypolyglycoläther (LAPGÄ) als H-Donor zur Verhinderung oxidativer Folgereaktionen geeignet (Abb. 7).

Die besten Ergebnisse erzielte man mit der Kombination von UV-Absorber und LAPGÄ (Abb. 8), doch reichte auch diese Verbesserung mit dem Faktor 6 nicht aus, um PPO als textilen Rohstoff einsetzen zu können.

Diskussion

Albrecht: Es scheint, daß bei den Polymeren die Energieleitungen etwas anders geartet sind, als wir sie von der anorganischen Chemie her kennen, so daß wir dieses Fachgebiet doch noch genauer überdenken müssen.

Riggert: Polyamidfasern werden häufig durch Mangan- und manchmal auch durch Kupferverbindungen stabilisiert. Zu welchem Stabilisierungsmechanismus würden Sie diesen Vorgang rechnen?

Klöpffer: Soviel mir bekannt ist, ist die Stabilisierung durch Manganionen mehr eine Desaktivierung des zugesetzten Mattierungsmittels Titandioxid. Ich habe aber keine eigenen Versuche auf diesem Gebiet durchgeführt, weshalb ich auch die Sensibilisierung durch anorganische Stoffe aus meinem Vortrag ausgeschlossen habe. Es scheint aber, daß diese Zusätze bei Polyamiden die Degradation entscheidend beeinflussen und daß die Desaktivierung dieser Zusätze durch Manganionen der entscheidende Mechanismus ist.

Riggert: Auch bei nichtmattierten Fasern, d. h. bei solchen, die kein Titandioxid enthalten, wird meiner Erfahrung nach die Licht- und Wärmestabilität verbessert.

Klöpffer: Ein denkbarer Weg wäre die Beschleunigung strahlenloser Prozesse durch den sogenannten äußeren Schweratomeffekt. Ich glaube aber nicht, daß es bereits Experimente in dieser Richtung gibt, die diese Vermutung bestätigen.

Herlinger: Wir haben in Melliand Heft 8 (1977) eine Arbeit über den Desaktivierungsmechanismus von Peroxiden durch Mangan- und Kupferverbindungen bei Polyamiden veröffentlicht.

Albrecht: Könnten Sie etwas Genaueres darüber sagen?

Herlinger: Es tritt eine konzentrationsabhängige Peroxidzersetzung ein, die bei bestimmten Konzentrationen ein Maximum hat. Wirksam sind alle Ionen, die einen leichten Wertigkeitswechsel aufweisen ($Mn^{2+} \rightarrow Mn^{3+}$). Es ist im Grunde ein katalytischer Prozeß, der im Endeffekt die Zersetzung des Polyamids 6 inhibiert.

Albrecht: Könnte man dann nicht eine Reihe anorganischer Oxide und deren Wechsel in der Wertigkeit aufstellen, aus der man derartige Mechanismen ablesen kann?

Herlinger: Dr. Klöpffer hat ganz klar herausgestellt, daß wir zwischen photolytischen und photooxidativen Prozessen unterscheiden müssen, wobei letztere noch komplexer sind, da sie durch die Wirksamkeit der Metallionen und auch der dazugehörenden Anionen (z. B. wirkt Kupferjodid ganz anders als Kupferchlorid) beeinflusst werden. Dazu kommen noch Radikalabfangreaktionen, die noch Symposium gäben.

haben ja nur immer von Wellenlängenbereichen über 300 nm gesprochen.

Klöpffer: Der gefährlichste Bereich dürfte zwischen 300 und 350 nm liegen, weil dort die einzelnen Quanten schon eine ansehnliche Energie aufweisen — ca. 100 Kcal/mol, und dort auch zahlreiche Absorptionen liegen, wie beispielsweise die der Hydroperoxidgruppe, Ausläufer der Carbonylgruppe, und bei den aromatischen Polymeren die Ausläufer der Polyesterbande. Über 350 nm gibt es relativ wenig Absorption und daher werden reine Polymere in diesem Bereich nicht mehr angegriffen.

Stamm: Es sind also keine spezifischen Wellenlängen für das eine oder andere Polymere wesentlich?

Klöpffer: Man findet in der Literatur oft sogenannte Aktivitätsmaxima, die aus Bewitterungsversuchen abgeleitet werden, doch bin ich skeptisch, ob diesen so viel Bedeutung zukommt.

Herlinger: Sie haben über Energieübertragung gesprochen und dabei Distanzen von 20 Å angegeben. Normalerweise springt aber meiner Meinung nach, Energie nicht durch die Luft. Bei Dipolübertragungsmechanismen rechnet man doch mit Distanzen von 40 Å. Wie groß schätzen Sie die minimale Distanz, die zwei Moleküle haben müssen, daß eine Energieübertragung, sei es über Triplett oder Singlett-Triplett oder Singlett-Singlett, stattfinden kann?

Klöpffer: Bei homogener Verteilung und Zugrundelegung des Förstermechanismus kommt man im UV zu R_0 -Werten von 50 Å — 100 Å, was oft in der Literatur angegeben wird, gilt für Farbstoffe im roten Spektralbereich. Nach dem Triplett-Mechanismus würde ich im UV 15 — 20 Å angeben, wobei ich bei 20 Å auch schon unhomogene Verteilung voraussetzen würde.

Beim Excitonen-Mechanismus liegen ganz andere Übertragungsdistanzen vor; nach dem Irrflugmodell bis zu 10 μ , z. B. in reinen Anthracenkristallen. Das ist aber die oberste Grenze, die man bei Energieübertragung durch Excitonen erreichen kann, aber nur in reinsten Systemen und ganz bestimmt nicht in Polymeren.

Dimov: Ich halte Ihre Versuche für sehr interessant, die Bedingungen dafür jedoch für äußerst steril. Man kann sie daher nur als einen Ausgangspunkt ansehen.

In der Praxis sind alle Fasern mit Farbstoffen gefärbt und ausgerüstet (wash-wear, knitterfrei usw.). Es wäre daher nötig, die Fasern bzw. die Polymeren in diesem Zustand und unter diesen Bedingungen zu untersuchen.

Albrecht: Wenn ich daran noch gleich anschließen darf. In Ihrer Einleitung gehen Sie davon aus, daß alle Polymeren gefährdete Gruppen enthalten, sich aber doch unterschiedlich verhalten. Wenn nun aber die Polymeren alle diese gefährlichen Gruppen enthalten, dürfte es doch im Verhalten keine Unterschiede geben?

Klöpffer: Das ist völlig richtig, ich stimme Ihnen zu. Man kann aber nur äußerst schwierig von einem Polymeren Rückschlüsse auf das andere ziehen. Schon bei einem Polymeren kann die verschiedene Morphologie, wie sie von Gysling und anderen gezeigt wurde, einen entscheidenden Einfluß haben. Diese Einwände laufen darauf hinaus, daß wir auf das beschleunigte Testen noch sehr lange, vielleicht nie verzichten werden können.

Ich wollte in meinem Vortrag zeigen, daß wir die grundlegenden Prozesse auch verstehen sollten, um in Verbindung mit den Praxistests ein Gesamtbild des Degradationsverhaltens der Polymeren zu erhalten. Ich wollte aber in keiner Weise den Eindruck erwecken, daß es einfach möglich ist, von dem Verhalten des einen Polymeren auf das des anderen zu schließen.

Albrecht: War es dann nur Glück und Zufall, daß wir Standardpolymere fanden, die eigentlich doch recht stabil sind, und nun erst hinter die Kulissen sehen und die weit-

Klöpffer: Ich glaube, Polymere sind es für Zufall war, sondern ich glaube vielmehr, daß die Stabilität ein Auswahlkri-

berührt wird? In der Praxis hat dieses Phänomen doch weitaus größere Bedeutung.

Hageman: Wir haben Versuche mit besonders gereinigten Polymeren gemacht und solchen, die bei niedrigen Temperaturen aus Dimeren, also nicht aus 2,6 Dimethylphenol, sondern aus dem Dimeren davon, hergestellt worden waren. Dabei stellten wir fest, daß die Anzahl der möglichen Strukturfehler erniedrigt war, was auch spektroskopisch bewiesen wurde und daß es eine bessere Absorption aufweist, d. h. die Bestrahlung im Bereich von 350 bis 400 nm ist nicht mehr aktiv. Eine Absorption von 300 bis 350 nm war jedoch vorhanden, d. h. sie gehört zum Polymeren, obwohl keine Strukturfehler zu finden waren und es sich um reinste Polymere handelte.

Schneider: Wir haben bei Polypropylen, das wenig oder nicht stabilisiert war, festgestellt, daß man durch einen einfachen Xenontest oder durch Tageslichteinwirkung eine Faser zum Zerfallen bringen kann. Analysiert man diesen Staub, so sieht man, daß sich das Molekulargewicht nicht verändert, wohl aber die Festigkeit verlor, denn das Polymere ist Staub. Wir haben für diese Erscheinung noch keine Erklärung, doch scheint es, daß sich die photochemischen Reaktionen eher auf die Struktur der amorphen und kristallinen Bereiche auswirken als auf den eigentlichen Kettenabbau.

Hageman: PPO ist an und für sich nicht kristallin, und es gelang uns erst nach Bemühungen, einen kristallinen Zustand zu finden; die meisten Versuche wurden daher an nichtkristallinem PPO ausgeführt.

Klöpper: Ich bin ganz sicher, daß bei Polypropylen die wesentlichen Vorgänge in den amorphen Bereichen verlaufen und daß es möglich wäre, diese herauszuoxidierten. Sauerstoff diffundiert durch die amorphen Bereiche weit- aus schneller.

Herlinger: Beim Abbau von Polymeren untersucht man ja meistens integrale Eigenschaften, beispielsweise wird bei der Viskositätsmessung die Masse untersucht. Wenn wir aber Festigkeiten untersuchen wollen, und das lassen wir meistens außer acht, müssen wir örtliche Beständigkeiten und Veränderungen der Bruchmechanismen erforschen. Auch die Vergilbung ist, wenn auch schlecht sichtbar, eine integrale Eigenschaft. Wie sich aber die Abbruchmechanismen bei stabilisierten Fasern verhalten, darüber wissen wir noch sehr wenig.

Albrecht: Wir müssen sehr dankbar sein, daß hier sowohl ein Thema aus der Grundlagenforschung als auch aus dem Anwendungsbereich angeschnitten wurde, auf einem Gebiet, wo es noch einiges zu erkunden und noch vieles zu erlernen gibt.

ING. GOTTFRIED TSCHAMLER

POSTFACH 134

DÖBLINGER GÜRTEL 3

A-1191 WIEN

TELEFON 34 66 65

TELEX 07-5364

- TEXTILTECHNISCHES BÜRO
- SCHWEIZER TEXTILMASCHINEN

Ein Direktspinnverfahren für Chemiefasergarne

Prof. Dipl.-Ing. H. W. Krause, Eidg. Techn. Hochschule, Zürich

Auf einer am Institut für Textilmaschinenbau und Textilindustrie der ETH-Zürich entwickelten Versuchsmaschine, die aus einer Streck-, Reiß- und OE-Spinnzone besteht, wurden Garne unter verschiedenen Prozeßbedingungen hergestellt. Als Vorlage dienten POY-Polyesterfäden, wie sie normalerweise für das Strecktexturieren Verwendung finden. Die bezüglich Reißverhalten und erreichbarer Fasereigenschaften optimalen Streckbedingungen wurden ermittelt. Mit einem Lufttransport in der Reißzone und unter Verwendung einer stationären Reißkante ließ sich ein Kurzstapel von günstiger Längenvariation erzielen, der mit einem Rotor von 50 mm Durchmesser versponnen werden konnte. Infolge fehlender Faserkräuselung war allerdings ein hoher Drehungskoeffizient und eine Mindestfaserzahl im Garnquerschnitt von 150 erforderlich. Der spinnbare Feinheitsbereich lag zwischen 60 und 270 tex bei Spinngeschwindigkeiten bis zu 50 m/min, wobei Reißfestigkeiten von 20 CN/tex und 20 % Bruchdehnung erreicht wurden.

Eine Kostenrechnung zeigt, daß ein Direktspinnverfahren im Vergleich zum Kurzreißverfahren mit Verspinnung auf einer OE-Maschine nur für grobe Titer über 40 tex wirtschaftlicher sein kann. Verglichen mit konventioneller Stapelverarbeitung dürfte das OE-Direktspinnen infolge der bestehenden Preisdifferenz zwischen Stapelfaser und Spinnkabel für Garne unter 100 tex kaum konkurrenzfähig sein.

On a laboratory spinning unit, consisting of a stretch-, break- and open-end spinning zone, yarns under various spinning conditions have been produced. Feed yarns were POY Polyester yarns as commercially used for draw-texturizing. Optimum stretch-breaking conditions for obtaining best yarn properties were established. Air flow was used in the breaking zone to support the broken fibers. The breaking point was localized using a stationary knife edge placed in proximity to the stretching rollers. It was possible to obtain a staple short enough to be spun on an open-end rotor of 50 mm diameter. Due to the poor fiber crimp a relatively high twist level had to be employed and the minimum of fibers necessary in the yarn cross-section was about 150. Yarns could be spun in a range from 60 tex to 270 tex at spinning speeds up to 50 m/min, with yarn properties of 20 cN/tex breaking strength and 20 % elongation.

A cost evaluation indicates, that in comparison with a short staple stretch-breaking process using standard open-end spinning machines, the directspinning is only more efficient for yarns of higher than 40 tex. With respect to standard ring-spinning or open-end spinning with staple fibers, open-end directspinning cannot be competitive below 100 tex, mainly due to the difference in raw material price between staple and filament tow.

Einleitung

Seit Beginn der maschinellen Fertigung von Textilgarnen sind Mittel und Wege gesucht und gefunden worden, um die Anzahl der notwendigen Verarbeitungsstufen zu reduzieren. Das echte Direktspinnen, also von der Faser zum Garn in einem Schritt, bleibt aber bis heute immer noch der Handspinnerin vorbe-

halten. Zunächst nicht unmittelbar verständlich ist in diesem Zusammenhang auch die Tatsache, daß etwa 53 % der gesamten Chemiefaserproduktion¹ über den Umweg der Stapelherstellung und einer vielstufigen Spinntechnik in ein brauchbares Textilgarn umgewandelt wird. Die Gründe, weshalb dieser an sich technologische Widersinn — das Zerstückeln eines endlosen, gleichmäßigen Faserstrangs und nachfolgendes mühsames Zusammenfügen der ungeordneten Fasermasse zu einem wiederum endlosen Gebilde — dennoch eine überwältigende industrielle Bedeutung besitzt, sind dem Textiltechnologen natürlich durchaus bekannt. Das Filamentgarn, glatt aber auch texturiert, ist infolge seiner spezifischen Materialeigenschaften für mancherlei Einsatzgebiete schlecht geeignet (Tragkomfort, Isolationseigenschaft, Luftdurchlässigkeit, Faser-Faser-Mischung nicht möglich, relativ hohe Garnerzeugungskosten). Es sind in erster Linie die bekleidungsspezifischen Aspekte, welche auch noch heute den Einsatz von gesponnenen Garnen mit ihrer größeren Voluminosität, der besseren Überdeckung und den günstigeren Wärmeisolationseigenschaften verlangen. Es ist deshalb auch naheliegend, daß immer wieder versucht wird, durch direkte Umwandlung vom endlosen Filamentgarn zum Stapelfasergarn zu gelangen.

Die Routen, welche von der Chemiefaserherstellung bis zum verwendbaren Garnprodukt eingeschlagen werden können, sind in Abbildung 1 dargestellt. Der direkteste Weg zum textilen Flächegebilde ist in der Spinnvliesfabrikation verwirklicht, der längste Weg führt via Stapelfaser über die Faserspinnerei zum Ringspinngarn. Eine gewisse Abkürzung — leider nur für einen relativ kleinen Garnsektor geeignet — bietet die Offen-End-Spinnerei, wobei die Konvertervorbe-

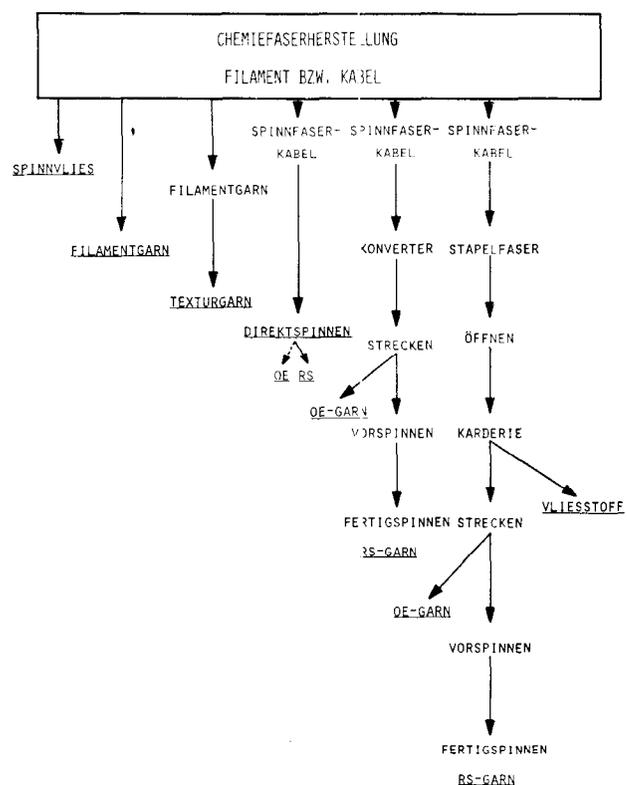


Abb. 1: Technische Möglichkeiten für die Garnherstellung

reitung sich allerdings noch in Entwicklung befindet und vorläufig erst in kleinem Rahmen für Acrylfasern zur Anwendung gelangt. Der kürzeste Verarbeitungsprozeß bis zum gesponnenen Garn ergibt sich aber aus der direkten Umwandlung des Spinnfaserkabels auf einer Maschine, was mit tow-to-yarn- bzw. mit Direktspinnverfahren bezeichnet wird.

Entwicklungsweg der Direktspinnverfahren

Um 1945 bis 1950 sind wohl die meisten Anstrengungen unternommen worden, um mittels Reiß- oder Schneidvorrichtung auf einer Ringspinnmaschine direkt zum gesponnenen Garn zu gelangen. Aber bereits schon wesentlich früher versuchte man das Problem zu lösen, lange Fasern in einen verzugsfähigen Faserstrang umwandeln zu können. In einem aus dem Jahre 1923 stammenden englischen Patent (Abb. 2),

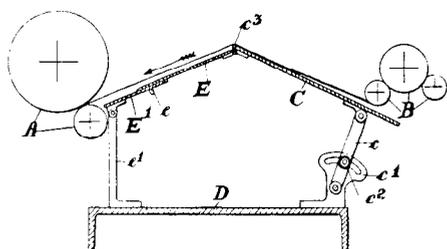


Abb. 2: Patent für das Reißen von Hanffasern (1923)

wird zwischen dem Walzentrio und dem Abreißwalzenpaar eine Reißzone mit Lokalisierung der Bruchstelle an einer Umlenkante gebildet, deren Abstand zum Klemmpunkt des Abreißwalzenpaares variiert werden kann. Diese Methode soll für die Stapel-

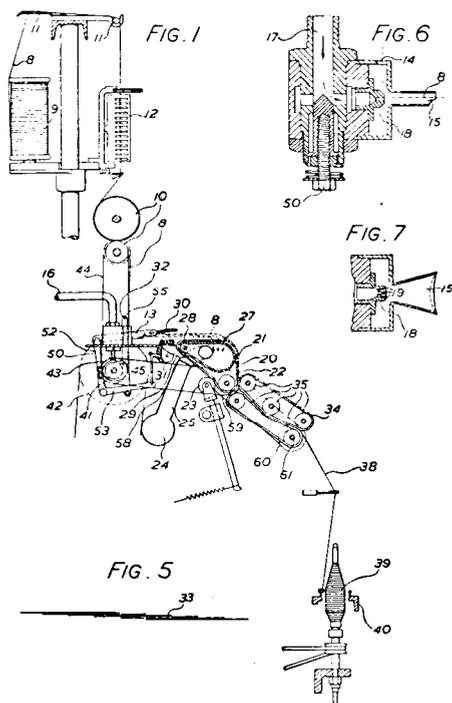


Abb. 3: Direktspinnmaschine von Henry Dreyfuß (1936)

kürzung von langen Hanffasern eingesetzt worden sein.

Die ersten Methoden, um Filamentgarne im Kontinuumprozeß zu Stapelfasern zu verarbeiten, finden wir unter den Patenten von Henry Dreyfuß, British Celanese Corporation, stammend aus dem Jahre 1936 (Abb. 3)². Das Patent zeigt ein Schneidverfahren, kombiniert mit einem Streckwerk und einer Ringspinnvorrichtung. Das Filamentgarn wird kontinuierlich einer Luftdüse zugeführt, welche den Faden ansaugt und in breitgefächerter Form einer Schneidvorrichtung zubläst. Diese Schneidvorrichtung ist schräg zum Faserstrom gestellt und schneidet nach dem Prinzip eines Haarschneiders einzelne Faserpakete ab, die hernach unter Saugwirkung auf einem Transportband gehalten und dort durch teilweise Überlappung dubliert werden. Mit einer Art von Nitschelwerk wird der Faserverband noch kompaktiert und schließlich zur Spinnzone geführt. Das Patent enthält 35 Ansprüche im Zusammenhang mit der Umwandlung von drehungsfreiem Filamentgarn in ein Stapelfasergarn, die sich auf die Aufteilung des Filamentgarnes in Einzelfibrillen mittels Luftstrom, auf die besondere Schneideinrichtung, auf das bündelweise Zusammenfügen und auf den Nitschelvorgang beziehen.

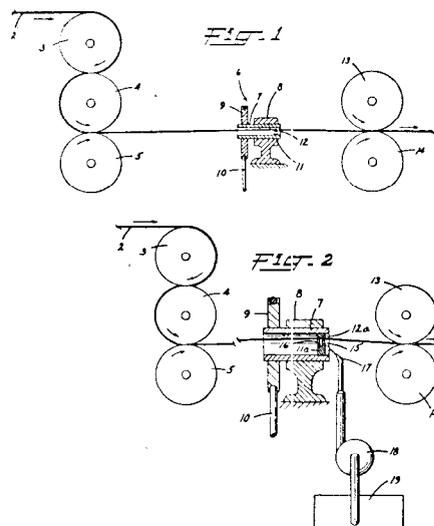


Abb. 4: Reißen mit Drallgeber; American Viscose Corp. (1945)

Ernsthafte Bemühungen, ein Direktverfahren zur industriellen Reife zu bringen, setzten jedoch erst nach Ende des zweiten Weltkrieges ein³⁻⁷. Von American Viscose Corporation wurde 1945 ein Verfahren patentiert, welches eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Rotofil-Verfahren von Dupont zeigt (Abb. 4)⁶. Die Verwendung eines Drahtgebungelementes in der Reißzone dient zunächst dazu, die beim Faserbruch frei werdenden Faserenden sogleich einzudrehen, den Faserverband also zusammenzuhalten, wodurch gemäß Patentanspruch die Möglichkeit gegeben ist, relativ feine Filamentgarne von ca. 10 bis 100 tex direkt zu verarbeiten.

Woods von Burlington Mills, USA, beschreibt in einem aus dem Jahre 1946 stammenden Patent⁹ einen

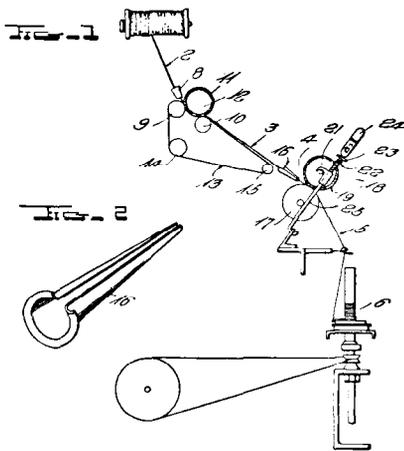


Abb. 5: Direktspinnmaschine ohne lokalisierte Bruchstelle; Burlington Mills, USA (1946)

vollständigen Direktspinnprozeß (Abb. 5). Der Reiß- und Verzugsvorgang wird in einer einzigen Streckfeldzone bewerkstelligt. Für den Transport des Faserverbandes und für den Zusammenhalt der gerissenen Fasern ist ein Führungsbändchen und ein trichterartiger, geschlitzter Kondensator vorgesehen. Dem Abreißwalzenpaar folgt direkt die Spinnzone nach dem Ring/Läufer-Prinzip. Das Verfahren ist außerordentlich einfach, doch hat sich in der Folge gezeigt, daß mit einer Aufteilung von Reißen und Verziehen in zwei separate Zonen bessere Resultate erreichbar sind.

Etwas aus der gleichen Zeit stammt ein Patent der Firma Rieter, Winterthur¹⁰, welches ein modifiziertes Streckwerk zeigt, bestehend aus einer Reiß- und einer Verzugszone (Abb. 6). Ein konventioneller Ringspinnprozeß ist angeschlossen. Für einen gleichmäßigen Einlauf in die Reißzone ist das Filamentgarn vorerst sorgfältig auszubreiten. Unmittelbar nach der Reißzone befindet sich ein Kondensator, um den nunmehr verzugsfähigen Faserverband in geschlossener Form in das Riemchenstreckwerk einzuführen, wo der Ver-

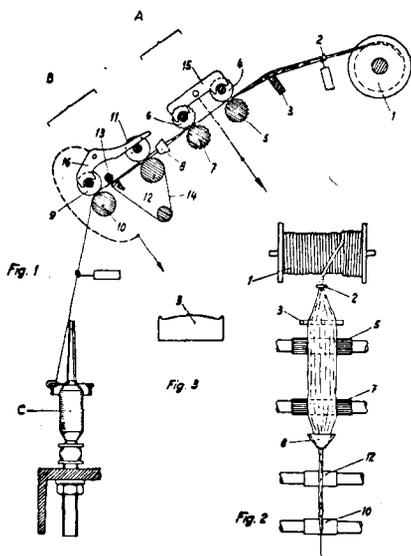


Abb. 6: Direktspinnmaschine, Reißen und Verzug in separater Zone; Rieter AG, Schweiz (1947)

zug auf den gewünschten Garnquerschnitt erfolgt. Bei diesem Reißverfahren ohne Lokalisierung der Bruchstelle entsteht ein Stapel, der ohne Berücksichtigung allfälliger bleibender Dehnung praktisch zwischen der Länge des Klemmpunktabstandes und Null variiert (im Prinzip ein Dreieckstapel). Diese stark variable Faserlänge bietet zwar Gewähr, daß der Faserverband während des Reißens einigermaßen kompakt bleibt, wirkt sich aber in bezug auf das nachfolgende Verziehen und Verspinnen nachteilig aus; ferner können durch die extreme Dehnbeanspruchung unerwünschte Materialeigenschaftsänderungen eintreten. Um diese Nachteile zu beheben, sind in der Folge Reißvorrichtungen entwickelt worden, bei denen die Bruchstelle auf einen kleinen Längenbereich lokalisiert ist. 1948 patentierte Du Pont ein Verfahren¹¹, bei dem die Bruchstelle durch starke Umlenkung des Faserdurch-

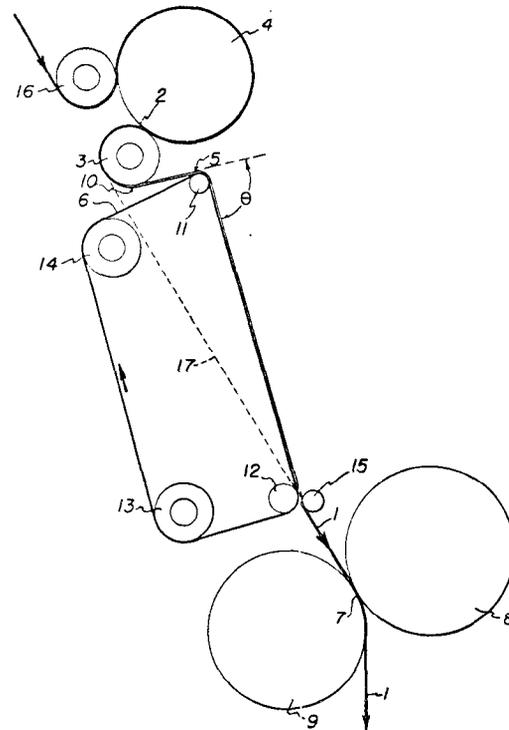


Abb. 7: Lokalisierung der Bruchstelle durch Umlenkung; Du Pont, USA (1948)

laufes in der Reißzone definiert wird; ähnlich wie wir dies bereits beim Reißstreckwerk für lange Hanffasern gesehen haben (Abb. 7). Der Abstand zwischen Umlenkstelle und Abreißwalzenpaar beträgt ca. 30 cm; es entsteht also ein ausgesprochen langer Stapel. Es soll damit möglich gewesen sein, aus einem Viskosekunstseidenstrang von 5000 dtex durch 42fachen Verzug ein gesponnenes Garn von Nm 84 mit 8 m/min Spinn- geschwindigkeit auf einer Ringspindel zu erzeugen.

Die Direktspinnmaschine der Firma Constructions Mécaniques de Stains, welche zu den bekanntesten Fabrikaten dieser Verarbeitungstechnik gehört, basiert auf Patenten, welche in der Reißzone ein rotierendes Prisma mit ausgeprägten, jedoch nicht schneidenden Kanten¹² vorsehen, womit eine Auslenkung und Scheuerung des Faserstranges und damit eine Lokalisierung der Bruchstelle erreicht wird (Abb. 8).

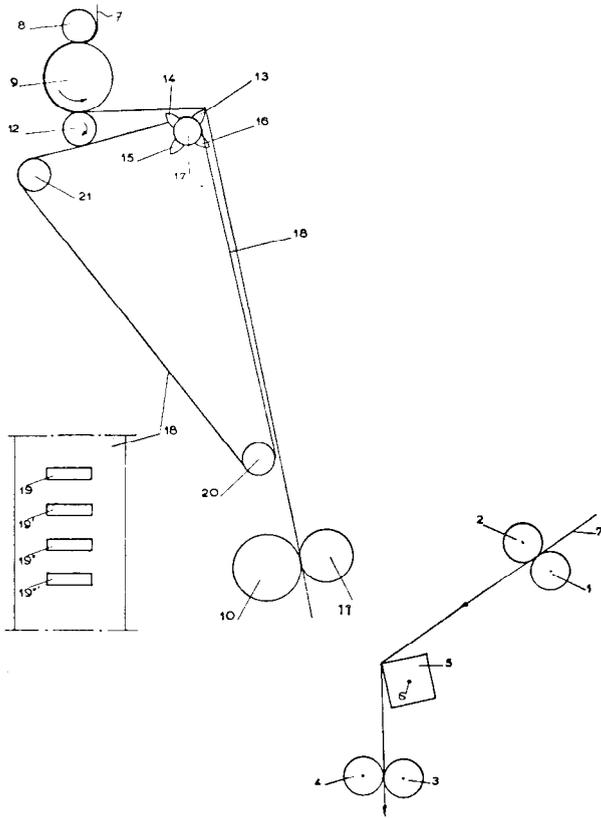


Abb. 8: Lokalisierung der Bruchstelle durch rotierendes Prisma; Soc. de Constructions Mecanique de Stains, Frankreich (1951)

Die Ecken des Prismas bewirken außerdem ein Vibrieren des Kabels, sodaß sich Faserverklebungen lösen können. Eine gute Faserführung wird durch ein Riem-

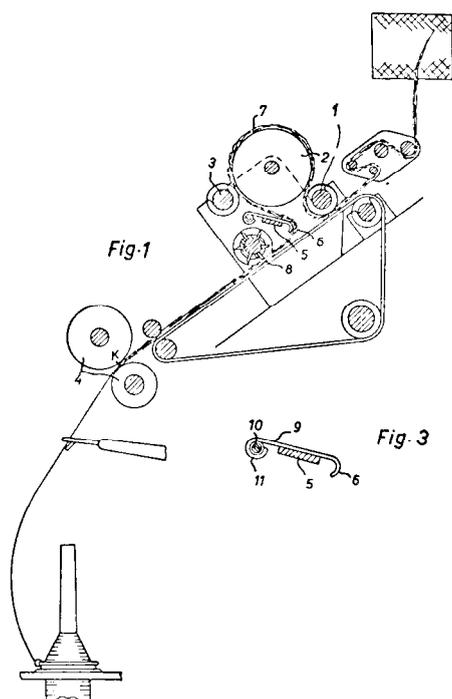


Abb. 9: Direktspinner mit einstellbarem Umlenkwinkel und Messerwalze; Rieter AG, Schweiz (1952)

chenstreckwerk bewerkstelligt, worauf die Spinnzone folgt.

Anstelle des Prismas verwendet Rieter bei der *Cutdraftil-Maschine*¹³, die 1953 auf den Markt kam, eine spiralförmige Schneidwalze (Abb. 9). Sie arbeitet ohne Gegenlage. Der Zerteilungsvorgang gleicht daher mehr einem Reißen als einem Schneiden. Da die Erfahrung zeigte, daß sich die zu verspinnenden Filamentkabel je nach Material, Fabrikation und Avivage beim Reißprozeß verschieden verhalten, kann der Umlenkwinkel um das Trennorgan unterschiedlich eingestellt werden. Bei zu scharfer Umlenkung genügt eine geringe Reißspannung und der Stapel ist äußerst regelmäßig, hingegen besteht die Gefahr, daß die Fasern paketweise abgetrennt werden. Arbeitet man mit kleinerer Auslenkung des Spinnkabels am Trennorgan, so ist allgemein eine größere Spannung notwendig, die Bruchstelle ist weniger genau definiert und der Stapel ist weniger regelmäßig, hingegen entsteht eine bessere Garnregelmäßigkeit, da die Fasern nicht mehr paketweise abgetrennt werden. Infolge der höheren Faserdehnung aber nimmt die Schrumpftendenz der Fasern zu. Man erkennt hieraus, daß im Hinblick auf die wünschbaren Garneigenschaften die beim Reißprozeß vorzunehmenden Maßnahmen sich teilweise zuwiderlaufen, und es darum geht, einen möglichst guten Kompromiß einzugehen. Die besten Ergebnisse wurden in den fünfziger Jahren durch Verwendung von hochorientierten, verseiften Azetätfäden (Fortisan-36 der Celanese Corp. of America) erreicht¹⁴, die sich infolge der niedrigen Bruchdehnung von ca. 8 % und des geringen Fibrillentiters von etwa 0,8 dtex zu ausgezeichneten Fasergarnen verarbeiten ließen. Auch das von Bayer produzierte Cuprama war gut geeignet. Infolge der hohen Rohmaterialkosten für diese speziellen Filamentgarne blieb das Verfahren aber industriell uninteressant.

Die stärkere Verbreitung der Direktspinn-technik dürfte wohl hauptsächlich an der ungenügenden Wirtschaftlichkeit gescheitert sein. Die anlässlich der 3. Internationalen Chemiefasertagung in Dornbirn 1964 von Professor Wegener¹⁵ gemachte Aussage, wonach zu erwarten sei, daß das Direktspinnverfahren im Laufe der Zeit noch weiter verbessert werde und sich einen Platz besonders für die Herstellung feiner Garne sichern werde, hat sich bis heute nicht erfüllt. Wegener machte damals die abschließende Bemerkung: „Nach Überwindung der noch bestehenden Schwierigkeiten ist zu vermuten, daß sich die höheren Kosten für die Herstellung der Kabel durch die niedrigen Investitions- und Verarbeitungskosten in der Spinnerei aufheben. Im Direktspinnverfahren werden unmittelbar sehr feine und relativ gleichmäßige Garne ohne jegliche Vorbereitung und bei relativ niedrigen Maschinenkosten hergestellt werden können.“

Bis heute hat das tow-to-yarn-Verfahren keine nennenswerte Bedeutung erlangt, da die Herstellung von dünnen, verdrehungsfreien Kabeln mit guter Beweglichkeit der Einzelfibrillen und mit relativ geringer Bruchdehnung eine gegenüber der Stapelfasermasseproduktion beträchtliche Erschwerung und damit Verteuerung des Ausgangsmaterials für das Direktspinnen bedeutet. Ferner ist die Mischung mit anderen Fasern nicht ohne weiteres möglich, und die Farbaffinität ist infolge des Reißvorganges nicht in jedem Fall genügend gleichmäßig. Enka Glanzstoff kommen-

tiert das tow-to-yarn-Verfahren im technischen Informationsblatt: „Das Verfahren führt zwar zu qualitativ sehr interessanten Garnen, hat aber zu beachtende wirtschaftliche Grenzen. Größere Garne sind unrentabel; Feinstgarne von guter Gleichmäßigkeit sind ab Nm 100 wirtschaftlich, wobei fast ausschließlich Rayonkabel verwendet werden.“

Weshalb Direktspinnen mit OE-Rotor?

Auf Grund der bisherigen Ausführungen ist die Frage berechtigt, ob ein Direktspinnverfahren, gekoppelt mit dem Prinzip des Offen-End-Spinnens, bessere Chancen für die industrielle Anwendung besitze. Man kann sich ohne weiteres eine Direktspinnmaschine bisheriger Bauart vorstellen, bei der die Ringspindel durch einen OE-Rotor mit passender Einspeisung ersetzt wird. Ist der Reißstapel genügend kurz, so lassen sich mit einem Rotor von kleiner Abmessung Drehzahlen von 50.000 U/min und mehr erzielen, womit die Produktivität bereits das 3- bis 4fache einer Ringspindel ausmacht. Aus dieser Sicht ergeben sich ohne Zweifel gewisse wirtschaftliche Vorteile. Einschränkend muß aber festgestellt werden, daß Rotorgarne infolge der relativ hohen Minimalfaserzahl im Garnquerschnitt nur in groben Feinheiten hergestellt werden können. Technologisch gesehen ergeben sich aus einer Kombination von Reißverfahren mit dem OE-Rotor ebenfalls einige signifikante Vorteile: Die Schwierigkeit beim bisherigen tow-to-yarn-Spinnen, nach dem Reißen den Faserverband in kompakter Form zusammenzuhalten, entfällt bei OE-Spinnen, da bei letzterem ja eine Trennung des Faserzusammenhaltes eine notwendige Bedingung darstellt. Ferner hilft insbesondere die im Rotor stattfindende Rückdublierung¹⁶, allfällige kurzweilige Masseschwankungen infolge unregelmäßigen Reißens auszugleichen. Im weiteren lag unseren Vorstellungen auch der Gedanke zugrunde, daß heute POY-Garne mit passendem Titer preisgünstig vom Chemiefaserwerk geliefert werden könnten.

Wie die Patentliteratur zeigt, sind die Möglichkeiten von OE-Direktspinnmethoden schon seit längerer Zeit in Betracht gezogen worden. T.M.M. (Research) Ltd., GB, patentierte 1968 ein Verfahren und eine Vorrichtung zum End-offenen-Spinnen von Textilgarnen, wie es in der Version (Abb. 10) des Schweizer Patentes heißt¹⁷. Die beim normalen OE-Spinnen vorhandene Auflöseeinheit mit Kardierwalze wird bei dieser

Methode zu einem Stapelschneidwerkzeug umfunktioniert. Der aus Endlosfäden bestehende Faserstrang wird mit einer Speiseeinrichtung der Schneidwalze mit spiralförmigen Messern zugeführt. Der Faserschnitt erfolgt zwischen Messer und einer stationären Kante, worauf die Stapelfasern in den Bereich einer Schläger- oder Auflösewalze gelangen und von dort per Luftstrom in den Rotor transportiert werden. Die Funktionstüchtigkeit dieses Faservorbereitungssystems muß allerdings angezweifelt werden, denn es dürfte kaum möglich sein, die Faserschnittpakete mit der Schlägerwalze genügend auflösen und verteilen zu können. Auch die Version mit nachgeschaltetem Streckwerk wird sich in dieser Beziehung nicht wesentlich besser verhalten. Ein drittes Ausführungsbeispiel zeigt schließlich auch ein Streckbrech-Verfahren, welches nach unserer Auffassung für die zu lösende Aufgabe am ehesten in Frage kommt. Im Patent wird ferner auf die Möglichkeit der Faser-mischung hingewiesen, indem Faserstränge verschiedener Materialien zur Stapelschneidevorrichtung oder — im Falle der Beimischung von Kurzfasern — direkt zum Spinnbereich geleitet werden könnten.

Eine ganz andere Art der Stapelerzeugung sieht die japanische Firma Toray AG gemäß einer Patentschrift aus dem Jahre 1968 vor¹⁸. Mittels Falschdrahtelement wird ein Fadenballon erzeugt, der in den Bereich einer Art Schmirelscheibe gerät, welche das Faserkabel in gewissen Abständen äußerlich aufraut. Unterhalb des Drallgebers folgt dann eine Reißzone und schließlich die OE-Spinneinrichtung. Mit der Scheuerung soll offenbar eine Lokalisierung der Bruchstelle erreicht werden. Die Methode erscheint reichlich umständlich und aufwendig, sodaß man sich eine praktische Verwirklichung nur schwer vorstellen kann.

Unseres Wissens sind ganz allgemein die Entwicklungen von OE-Direktspinnmaschinen bis heute nicht über das Stadium von Versuchseinrichtungen gekommen, und es ist kaum zu erwarten, daß in nächster Zeit kommerziell brauchbare Einheiten auf dem Markt erscheinen werden. Wenn wir uns trotzdem mit der OE-tow-to-yarn-Spinntechnik auseinandersetzen, so deshalb, um die Möglichkeiten und grundsätzlichen Schwierigkeiten dieses Garnerzeugungsweges näher kennenzulernen.

Aufbau der OEX-Direktspinnmaschine

Das Pflichtenheft einer zu entwerfenden Spinnmaschine sah im wesentlichen folgende Punkte vor:

- Verarbeitbarkeit von POY Polyester
- Streckzone mit Heizung
- getrennte Reißzone für Kurzstapel verarbeitbar im Spinnrotor von 50 mm Durchmesser
- Spinneinheit ohne Auflösevorrichtung (vollständige Auflösung hat während des Reißvorgangs zu erfolgen)
- Garnfeinheitsbereich 30 tex bis 300 tex
- Rotordrehzahl 20.000 bis 50.000 U/min.

Der prinzipielle Aufbau, der am Institut für Textilmaschinenbau und Textilindustrie der ETH-Zürich entwickelten einspindligen Versuchsspinneinrichtung, ist in Abbildung 11 veranschaulicht. Je nach gewünsch-

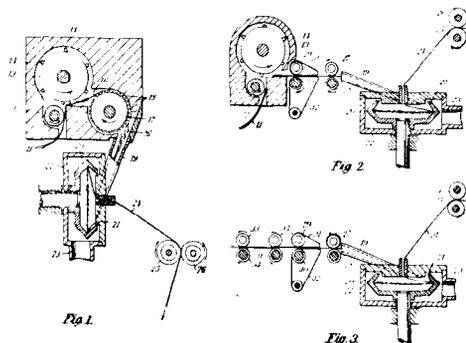


Abb. 10: Offen-End-Direktspinnmaschine, TMM Research, England (1968)

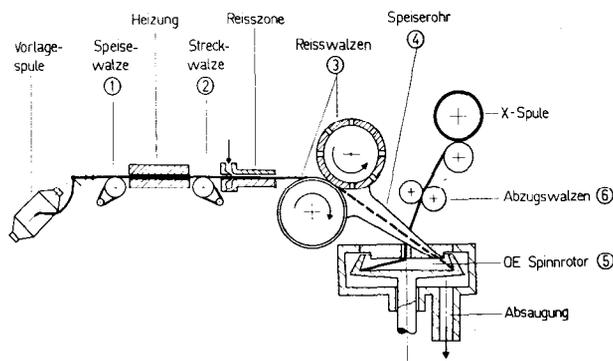


Abb. 11: Offen-End-Direktspinnmaschine schematisch; Eidg. Techn. Hochschule, Zürich

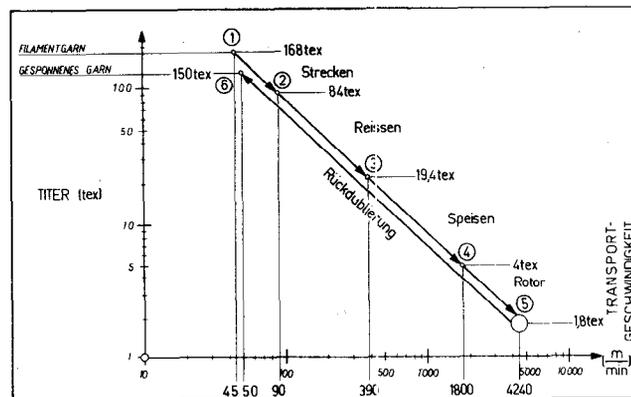


Abb. 12: Typisches Titer- und Geschwindigkeitsprofil beim OE-Direktspinnverfahren

tem Spinn-titer und Gesamtver-streckungsverhältnis werden die Fäden von einer oder mehreren Vorlage-spulen am Einlauf unter kontrollierter Fadenspannung zusammengefaßt und mit der Speisewalzen-geschwindigkeit der Streckzone zugeführt. Die Ver-streckung erfolgt mit Kontaktheizung, wobei für Polyester POY-Material vorzugsweise mit 140°C und einem Streckverhältnis von 2,0 gearbeitet wurde. Zwischen Streckwalze und dem Reißwalzenpaar wird der Faserstrang über eine Reißkante gezogen und so zu einem Kurzstapel zerrissen. Der Transport der gerissenen Faserenden erfolgt unter Wirkung eines Luft-stromes einer Injektordüse, welche gleichzeitig auch für die Ausbreitung und gute Auflösung des Filament-bündels sorgt. Damit die Faserenden sich nicht gegen die Reißwalzen aufstauen und seitlich ausgelenkt oder umgebogen werden, ist der Transportluftstrom mög-lichst gering zu wählen. Die Fasereinführung in die Klemmstelle der Reißwalzen wird zusätzlich weiter unterstützt durch die spezielle Gestaltung der Druck-walze. Die Walze ist derart perforiert, daß die für die Einspeisung in den Rotor erforderliche Luftmenge durch diese Walze hindurchgesaugt wird, und die Fasern somit ausgestreckt und rechtwinkelig zur Klemmlinie von den Reißwalzen erfaßt werden. Das konische Speiserohr ist den Radien der Reißwalzen einigermaßen angepaßt und bildet so eine gewisse Abdichtung. Im Luftstrom werden die Fasern be-schleunigt und weiter ausgestreckt, bis sie sich an die mit höherer Geschwindigkeit bewegende Rotorrille anlagern. Drahtgebung, Garnabzug und Aufwicklung auf konische Kreuzspulen erfolgen auf bekannte Art und Weise.

Die Verwendung einer stationären Reißkante bietet gegenüber einem rotierenden Prisma oder einer Schneidwalze den Vorteil, daß die Reißstrecke kürzer gewählt werden kann, was für das Verspinnen mit OE-Rotor von besonderer Wichtigkeit ist. Andererseits würde sich im Dauerbetrieb die Kante relativ rasch abnutzen, womit sich die Reißbedingungen und damit das Stapeldiagramm ändern würden. Dieses Problem ließ sich aber technisch ohne weiteres lösen.

Überlegt man sich, daß der Fasermassefluß in einem Spinn-system, bei dem keine Faserverluste eintreten, an jeder Stelle im Durchlauf konstant sein muß, so heißt dies, daß das Produkt aus Transportgeschwin-digkeit mal Materialfeinheit für gegebene Spinnbedin-gungen konstant bleibt:

$$\text{Fasermassefluß (g/min)} = v(\text{m/min}) \cdot \text{tex (g/1000 m)} \cdot 1000$$

Ein typischer Fall ist in Abbildung 12 dargestellt, wobei infolge doppelt-logarithmischer Darstellung der Zusammenhang als Gerade erscheint. Ausgehend von einem Gesamt-titer von 168 tex bei einer Speisegeschwindigkeit von 45 m/min, erfolgt eine 2fache Verstreckung. Das Reißen wird bei einem Geschwin-digkeitsverhältnis von 390 m/min zu 90 m/min ausge-führt, sodaß an der Reißwalze durchschnittlich noch eine Feinheit von 19,4 tex auftritt. Am Ende des Spei-serohrs, also unmittelbar vor der Ablagerung im Rotor, beträgt die Feinheit noch 4 tex, was bei einer ursprünglichen Fibrillenzahl von 204 noch rund 10 Fasern bedeutet. An der Rotorwand schließlich wird die absolut höchste Geschwindigkeit erreicht, worauf die rund 85fache Rückdublierung auf die Abzugsgeschwindigkeit von 50 m/min folgt.

Spinnversuche mit Polyester POY-Material

a) Streck- und Reißbedingungen

Da anzunehmen war, daß sich die Streckbedingungen auf den Reißvorgang auswirken würden, sind Ver-suche zur Bestimmung des Einflusses von Streck-temperatur und Streckverhältnis unternommen wor-den. Ohne zu verspinnen, wurden die Fasern nach dem Passieren der Reißwalzen abgesaugt, damit eine Stapelbestimmung einfacher durchgeführt werden konnte. In Tabelle 1 sind einige Daten der Faserprü-fung festgehalten. Es geht daraus hervor, daß mit zunehmendem Verstreckungsgrad der Filamenttiter abnimmt, allerdings nicht umgekehrt proportional zum Streckverhältnis. Bei geringer Verstreckung wird die Faser während des Reißens zusätzlich noch etwas bleibend verdehnt. (Der Titer nach 1,5facher Ver-streckung beträgt ohne Dehnungserholung 5,5 dtex.)

Tabelle 1: Fasereigenschaften nach der Verstreckung und dem Reißen, Ausgangsmaterial PES 280 dtex/34 POY

| VERSTRECKUNGS-FAKTOR | HEIZERTEMP. °C | FEINHEIT | | BRUCHFESTIGKEIT | | BRUCHDEHNUNG | | MITTL. FASERLÄNGE NACH GEWICHT MM |
|----------------------|----------------|----------|-----|-----------------|-----|--------------|-----|-----------------------------------|
| | | DTEX | CV% | GN/TEX | CV% | % | CV% | |
| 1.5 | 110 | 5.25 | 13 | 41.7 | 24 | 35 | 54 | 48 |
| 1.5 | 170 | 5.2 | 12 | 41.0 | 25 | 29 | 43 | 53 |
| 2.0 | 140 | 4.3 | 8.4 | 50.3 | 34 | 15 | 28 | 45 |
| 2.3 | 110 | 4.0 | 8.5 | 64.4 | 13 | 14 | 24 | 45 |
| 3.0 | 170 | 3.8 | 8.9 | 70.6 | 20 | 10 | 20 | 49 |

Bei starker Verstreckung, z. B. 3fach, resultiert hingegen ein höherer Titer infolge der großen reversiblen Dehnung (statt 2,75 dtex erhält man 3,8 dtex).

Erwartungsgemäß verhalten sich Bruchfestigkeit und Bruchdehnung gegenläufig zur Funktion des Streckverhältnisses. Eine hohe Strecktemperatur ergibt ferner niedrigere Dehnwerte. Die Streuung der dynamometrischen Eigenschaften ist in allen Fällen außerordentlich hoch und müßte noch weiter reduziert werden können. Da bei Streckverhältnissen über 2,3 die Fasern zu steif werden und jegliche Kräuselung verschwindet und weil bei Heiztemperaturen über 140 °C Fasern gelegentlich an der Reißwalze kleben, wurde als günstigste Einstellung eine 2fache Verstreckung bei 135 ° — 140 °C gewählt.

Die Einflüsse der Reißkantenbeschaffenheit und deren Abstand von der Reißwalzenklemmlinie sind sehr deutlich aus den Stapelmessungen zu ersehen. Die Resultate sind auf Abbildung 13 in Form von Fibrogrammen dargestellt. Muster 1 und 2 wurden mit einer stumpfen Reißkante, Muster 3 mit einer scharfen Reißkante erzeugt. Die minimale Faserlänge entspricht in

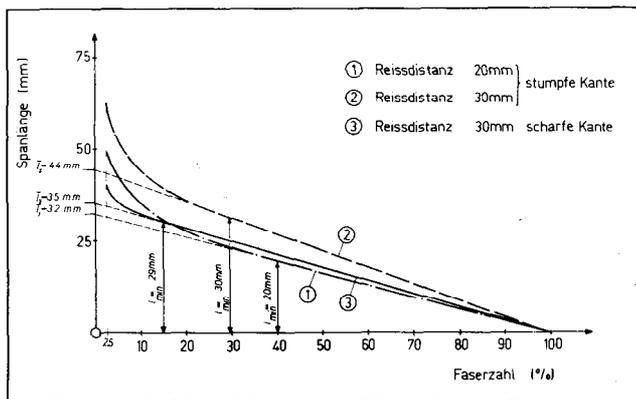


Abb. 13: Fibrogramme für verschiedene Reißbedingungen

jedem Falle praktisch der eingestellten Reißdistanz (20 bzw. 30 mm). Wird eine scharfe Reißkante benützt, so wird beinahe ein Rechtecksstapel erzeugt (im Fibrogramm ein Dreieck). Die Faserlängenunterschiede beim Reißen mit stumpfer Kante sind wesentlich größer, was aus der Differenz zwischen der Spannlänge bei 2,5 % und der mittleren Stapellänge ersichtlich ist.

Das Geschwindigkeitsverhältnis in der Reißzone erwies sich als nicht sehr kritisch, solange im Bereich von 1 : 4 bis 1 : 10 gearbeitet wurde und die Saugwirkung im anschließenden Transportrohr genügend hoch war, um die Fasern von der Reißwalzenoberfläche abzulösen.

b) Spinnbedingungen

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Spinnmaschineneinstellungen ist in Tabelle 2 enthalten. Bei den Versuchen 1—7 wurde ein feines Garn von 60—80 tex erzeugt, bei den restlichen Versuchen Feinheiten im Bereich von 150—270 tex. Die besten Spinnbedingungen mit einer Abzugsgeschwindigkeit von 50 m/min waren für ein Garn von 150 tex zu erreichen, welches auch die besten dynamometrischen Eigenschaften auf-

Tabelle 2: Versuchsdaten

| SPINNVERSUCH NR. | AUSGANGSTITER TEX/FIBRILLENZAHL | SPEISEGESCHWINDIGKEIT M ³ /MIN | STRECKWALZENGESCHWINDIGKEIT M ³ /MIN | REISSWALZENGESCHWINDIGKEIT M ³ /MIN | ROTORDREHZAH. MIN ⁻¹ /1000 | ABZUGSGESCHWINDIGKEIT M ³ /MIN | GARNDREHUNG PRO M THEOR. | GARNTITER THEOR. TEX | MITTLERE FASERZAHL IM GARNQUERSCHNITT |
|------------------|---------------------------------|---|---|--|---------------------------------------|---|--------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| 1 | 140/170 | 8 | 16 | 100 | 15 | 16 | 957 | 70 | 170 |
| 2 | 140/170 | 8,5 | 17 | 160 | 15 | 20 | 750 | 60 | 144 |
| 3 | 140/170 | 10 | 20 | 200 | 16 | 22 | 727 | 64 | 154 |
| 4 | 84/102 | 17 | 34 | 240 | 19,4 | 22 | 880 | 65 | 158 |
| 5 | 84/102 | 17 | 34 | 240 | 18,7 | 22 | 850 | 65 | 158 |
| 6 | 84/102 | 19 | 36 | 275 | 20 | 23 | 870 | 69 | 160 |
| 7 | 84/102 | 28 | 57 | 275 | 23 | 29 | 793 | 81 | 200 |
| 8 | 168/204 | 45 | 90 | 390 | 30 | 50 | 600 | 151 | 367 |
| 9 | 196/238 | 40 | 80 | 390 | 30 | 50 | 600 | 157 | 380 |
| 10 | 196/238 | 40 | 80 | 390 | 24 | 39 | 615 | 201 | 488 |
| 11 | 196/238 | 40 | 80 | 390 | 18 | 29 | 620 | 270 | 657 |
| 12 | 196/238 | 40 | 80 | 390 | 23 | 38 | 605 | 206 | 501 |
| 13 | 196/238 | 40 | 80 | 390 | 26,5 | 42 | 630 | 187 | 453 |

wies. Es war auffallend, daß außerordentlich hohe Drehungsbeiwerte ($\alpha_{tex} = 6000$ bis 9000 , bzw. $\alpha_m 190$ bis 285) erforderlich waren, um überhaupt ein Garn

Tabelle 3: Garneigenschaften

| VERSUCHS-NR. | FEINHEIT TEX | DREHUNG PRO M | BRUCHFESTIGKEIT CN/TEX | VARIATIONSKOEFF. BRUCHF. % | BRUCHDEHNUNG % | GARNGLEICHMÄSSIGKEIT U % | KOCHSCHRUMPF % |
|--------------|--------------|---------------|------------------------|----------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| 1 | 81,4 | | 8,7 | | 16,1 | | |
| 2 | 65,8 | | 12,2 | | 11,1 | | |
| 3 | 81,3 | | 10,2 | | 15,1 | | |
| 4 | 65 | 800 | 18,6 | 8,2 | 15 | 18 | |
| 5 | 66,5 | 740 | 20,0 | 6,3 | 13,1 | 17,7 | |
| 6 | 70 | 700 | 19,4 | 11,1 | 18 | 15 | 10,7 |
| 7 | 80 | | | | | | |
| 8 | 160 | 445 | 21,2 | 7,9 | 21,2 | | |
| 9 | 157 | 450 | 18,8 | 15,4 | 18,5 | | |
| 10 | 200 | 440 | 17,2 | | 20,5 | | |
| 11 | 270 | 395 | 14,4 | 12,7 | 19,3 | 12,7 | 15,7 |
| 12 | 208 | 351 | 16,6 | 10,5 | 21 | 13,2 | 13,7 |
| 13 | 187 | 330 | 19,1 | 19,6 | 20,7 | 14,2 | 15,0 |

spinnen zu können. Wir führen diesen Umstand auf die fehlende Faserkräuselung zurück, was den Einspinneffekt stark reduziert. Besonders bei den groben Garnen zeigt sich dies sehr deutlich, indem die gemessene Garnndrehung nur etwa 60 % der theoretisch möglichen ausmacht.

Wie die Zusammenstellung der Garnmeßresultate (Tab. 3) zeigt, lassen sich im untersuchten Feinheitsbereich spezifische Garnbruchfestigkeiten von 19 bis 21 CN/tex bei einer Bruchdehnung von 15—20 % erzielen. Im allgemeinen entstehen bessere Garne, wenn Garnmasse und Fibrillenzahl des Ausgangsmaterials klein gehalten werden, jedoch mit entsprechend höherer Geschwindigkeit in die Streckzone einlaufen. Ohne Zweifel verläuft der Reißvorgang umso besser, je niedriger die Fibrillenzahl ist. Andererseits muß dafür gesorgt werden, daß die Faserzahl im Garnquerschnitt nicht unter 150 sinkt, da sonst die Spinnkontinuität nicht mehr gewährleistet ist. Problematisch ist auch noch der relativ hohe Kochschrumpfwert von 10—15 Prozent. Es wäre an sich denkbar, mittels Heizzone zwischen Rotor und Aufwicklung eine Längenfixierung am laufenden Garn zu erreichen.

Die Abbildung 14 veranschaulicht schließlich noch die Veränderung des Kraft/Dehnungsverhaltens, welche bei diesem Garnumwandlungsprozeß stattfindet. Das Rohmaterial weist eine, auf den Anfangstiter bezogene, spezifische Bruchfestigkeit von 21 CN/tex und eine Bruchdehnung von 110 % auf. Der Streckvorgang ändert diese Werte auf 44 CN/tex bzw. 16 % Dehnung. Nach dem Reißen und Verspinnen entsteht schließlich ein hochfestes Garn mit 20 CN/tex Reißfestigkeit und einer relativ hohen Bruchdehnung von 20 %.

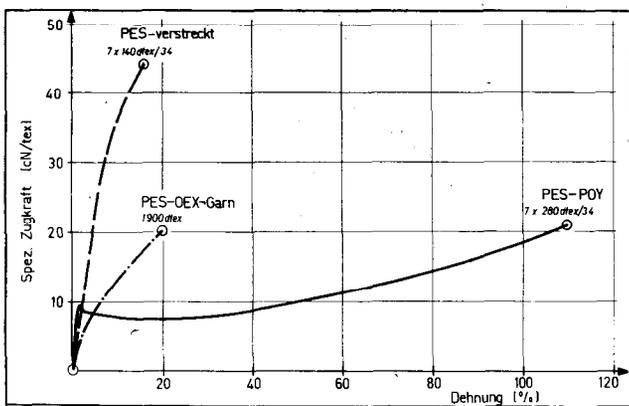


Abb. 14: Kraft/Dehnungsdiagramme vor, während und nach dem Spinnprozeß

Mit diesen Versuchen, welche erst einen Anfang darstellen können, ist demonstriert worden, daß es im Prinzip möglich ist, mit dem Streck-Reißverfahren, kombiniert mit der OE-Spinntechnik, Garne mit akzeptablen Eigenschaften zu erzeugen. Der Anwendungsbereich müßte allerdings eher im groben Titerbereich liegen, doch sind verschiedene Probleme, wie Kochschrumpfung und hohe Drehungswerte, Mischbarkeit usw. noch nicht gelöst. Insbesondere ist auch die Wirtschaftlichkeit abzuklären, bevor eine Weiterentwicklung ernsthaft in Betracht gezogen werden kann.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Es war von Anfang an klar, daß der Rohmaterialpreis von ganz entscheidender Bedeutung in der Wirtschaftlichkeitsfrage sein würde. Wir haben deshalb zunächst in einer genaueren Untersuchung nur einen Vergleich zwischen dem OE-Direktspinnen (OEX) und dem Konverter-Verfahren mit anschließender OE-Spinnstufe (OER) angestellt. Die Rohmaterialpreise für diese beiden Verarbeitungsprozesse sind vermutlich nicht allzusehr verschieden, außerdem steht auch beim OER-Spinnen eher der grobe Garnbereich im Vordergrund des industriellen Einsatzes. Über die Möglichkeiten der Verarbeitung von Acrykabeln via Konverter — Kurzfaserreißmaschine — Dämpfer — Strecke — OE-Spinnmaschine sind in letzter Zeit einige Publikationen erschienen¹⁹. Die Entwicklung dieses sog. *Kurzfaser-Reißverfahrens* geht vor allem auf eine Zusammenarbeit zwischen Fabelta, Duranitre und dem französischen Textilinstitut Nord (Lille) zurück. Inzwischen bieten auch Seydel und Tematex für diesen Prozeß geeignete Maschinen an. Ob allerdings Polyesterkabel ebenfalls industriell nach diesem Verfahren versponnen werden können, ist uns noch nicht bekannt.

Dem Vergleich der Fertigungskosten zwischen OE-Direktspinnen und OE-Konverterverfahren liegen folgende Annahmen zugrunde:

| | |
|---|---|
| Garnproduktion | 250 kg/h |
| Jährliche Betriebsstunden | 7200 h |
| Abschreibung und Zins auf Maschinen | 14 % p. a. |
| Abschreibung, Zins, Unterhalt auf Gebäude | 9,5 % p. a. |
| Gebäudekosten | 850,— Fr/m ² |
| Lohnkosten | 10,— Fr/h |
| Zuschlag für Overhead | 0,045 Fr/kg Garn |
| Energiekosten | 0,06 Fr/kWh |
| Betriebsmaterialkosten pro Spinnstelle | 65,— Fr/Jahr |
| OE-Rotor Drehzahl | 50.000 min ⁻¹ |
| Drehungskoeffizient | $\alpha_{tex} = 5.000$ bzw. $\alpha_m = 158$ |
| Spindelpreis für normale OE-Maschine | 2.500,— Fr |
| Spindelpreis für OEX-Maschine | 4.000,— Fr |
| Wirkungsgrad Spinnmaschine | 95 % |

Tabelle 4: Berechnungsgrundlagen für Fertigungskostenvergleich (250 kg/h)

| | REISSKONVERTER | NACHRECH-STRECKE | DAEMPFER | STRECKE | OE-SPM | OE-VERFAHREN |
|---------------------------------------|---------------------|------------------|----------|---------|---|---|
| MACHINENZAHL | 1 | 3 | 2 | 2 | Z = 440000 (TEX) ³⁴ SPINDELN | Z = 440000 (TEX) ³⁴ SPINDELN |
| MASCHINENINVESTITION FR. | ← TOTAL = 760'000 → | | | | Z · 2500 | Z · 4000 |
| PLATZBEDARF M ² | ← TOTAL = 290 → | | | | Z · 0,6 | Z · 0,9 |
| BEDIENUNGSPERSONAL | ← TOTAL = 5 → | | | | Z · 200 | Z · 120 |
| ELEKTR. LEISTUNG KW INCL. BELEUCHTUNG | 100 | 3 · 12 | 2 · 12,5 | 2 · 5,5 | Z · 0,38 | Z · 0,38 + 0,71 kWh PRO KG GARN |

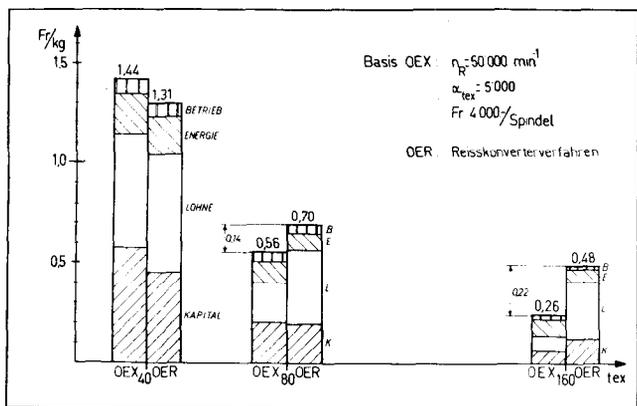


Abb. 15: Fertigungskostenvergleich zwischen Direktspinnen und Kurzfaserverfahren mit OE-Spinnstufe

Der Energie- und Lohnaufwand für die OEX-Maschine mußte geschätzt werden. Eine Zusammenstellung der Berechnungsunterlagen ist in Tabelle 4 enthalten.

Aus dem Gesamtvergleich der wichtigsten Kostenanteile (Abb. 15) geht hervor, daß ein Direktspinnverfahren erst Garnfeinheiten größer als 40 tex günstiger fabrizieren könnte. Bei feinen Titern ergeben sich beim OEX infolge der großen Spinnstellenzahl erheblich höhere Kapital- und Lohnkosten. Umgekehrt fallen bei sehr groben Garnen beim Kurzreißverfahren die titerunabhängige Investition der Vorbereitungsmaschinen und deren Bedienung stark ins Gewicht und ergeben eine Verteuerung gegenüber dem Direktverfahren. Bei 160 tex sind die Fertigungskosten von OEX nur noch etwa die Hälfte im Vergleich zu OER. Absolut gesehen ist die Differenz (Fr. 0,22 pro kg Garn) natürlich gering und würde somit keinen großen Preisunterschied beim Rohmaterial zulassen. Der hier berechnete Einzelfall darf als repräsentatives Resultat für den Prozeßvergleich in Abhängigkeit von der Garnfeinheit gewertet werden. Gewisse Verschiebungen ergeben sich selbstredend, wenn andere Annahmen getroffen werden. Für das OEX-Verfahren läßt sich die Berechnung der Fertigungskosten F (Fr/kg Garn) auf eine relativ einfache Formel reduzieren, in welcher der Drehungskoeffizient (α_{tex}), die Rotordrehzahl n (U/min), der Spinnstellenpreis S (Fr) und die Garnfeinheit (tex) als variable Größen erscheinen:

$$F = \frac{\alpha_{tex}}{\left(\frac{n}{1000}\right) \cdot (tex)^{1.5}} \left[0.323 \cdot \frac{S}{1000} + 2.087 \right] + 0.0876$$

Schließlich wurde noch untersucht, in welcher Relation ein OE-Direktspinnverfahren zum konventionellen Ringspinnen bzw. OE-Spinnen stehen würde. Mit denselben Ausgangsdaten wie beim Vergleich mit der OER ergibt sich der in Abbildung 16 veranschaulichte qualitative Vergleich. Beim Ringspinnen sind Spulereikosten miteingerechnet, bei den OE-Verfahren jedoch weggelassen. Wiederum zeigt sich, daß OEX nur im größeren Garnfeinbereich vorteilhafter produzieren kann. Berücksichtigt man nun noch die Rohmaterialpreise, die für Spinnkabel durchaus 1 Fr/kg und mehr über dem Stapelfaserpreis liegen, so ergibt sich — zumindest im abgebildeten Feinheitsbe-

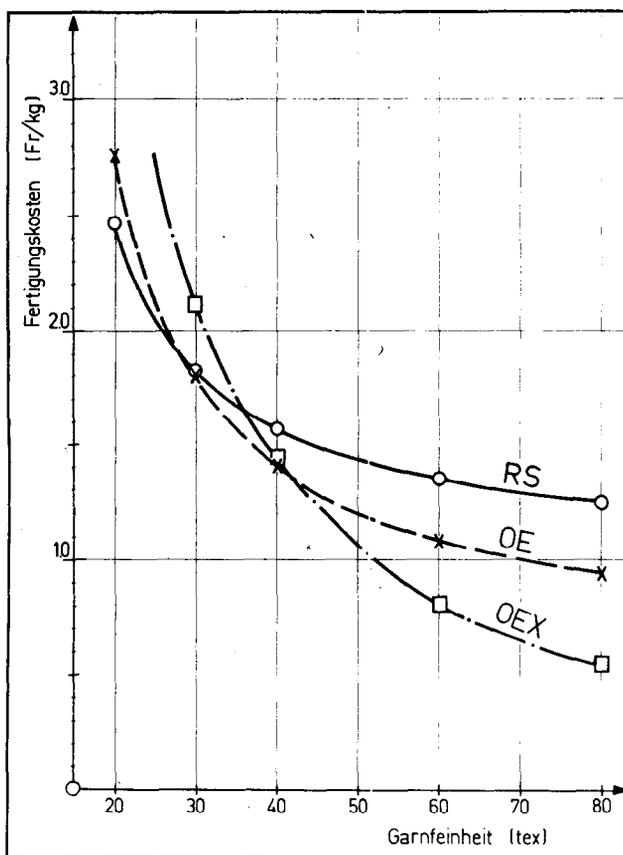


Abb. 16: Fertigungskostenvergleich zwischen Direktspinnen und konventioneller Stapelverspinnung

reich — kein wirtschaftlicher Vorteil für das Direktspinnen.

Zusammenfassung

Direktspinnverfahren für die Verarbeitung eines endlosen Chemiefaserstranges zu einem Stapelfasergarn unter Verwendung der Ring/Läufer-Drahtgebungstechnik sind Anfang der fünfziger Jahre in verschiedenen Varianten entwickelt worden, konnten sich aber infolge schlechter Wirtschaftlichkeit, ungenügender Garnqualität und wegen begrenzter Mischbarkeit industriell nicht durchsetzen. In der vorliegenden Studie wird der Versuch unternommen, unter Verwendung des OE-Rotorprinzips vom POY-Garn zum gesponnenen Garn zu gelangen. Da bei der OE-Spinn-technik eine Faserflußunterbrechung ohnehin erforderlich ist und zudem die Rückdublierung im Rotor für eine Ausgleichung kurzweiliger Schwankungen sorgt, sind die Voraussetzungen, zu einem brauchbaren Direktspinnverfahren zu gelangen, erheblich günstiger, zumal heute preisgünstiges, teilorientiertes Filamentgarn als Ausgangsmaterial zur Verfügung steht.

Auf einer am Institut für Textilmaschinenbau und Textilindustrie der ETH Zürich entwickelten Versuchsmaschine, die aus einer Streck-, Reiß- und OE-Spinnzone besteht, wurden Garne unter verschiedenen Prozeßbedingungen hergestellt. Als Vorlage dienten POY-Polyesterfäden, wie sie normalerweise für das Strecktexturieren Verwendung finden. Die bezüglich Reißverhalten und erreichbaren Fasereigenschaften

optimalen Streckbedingungen wurden ermittelt. Mit einem Lufttransport in der Reißzone und unter Verwendung einer stationären Reißkante, ließ sich ein Kurzstapel von günstiger Längenvariation erzielen, der mit einem Rotor von 50 mm Durchmesser versponnen werden konnte. Infolge fehlender Faserkräuselung war allerdings ein hoher Drehungskoeffizient und eine Mindestfaserzahl von 150 im Garnquerschnitt erforderlich. Der spinnbare Feinheitsbereich lag zwischen 60 und 270 tex bei Spinnungsgeschwindigkeiten bis zu 50 m/min, wobei Reißfestigkeiten von 20 CN/tex und 20 % Bruchdehnung erreicht wurden.

Eine Kostenrechnung zeigt, daß ein Direktspinnverfahren im Vergleich zum Kurzreißverfahren mit Verspinnung auf einer OE-Maschine nur für grobe Titer über 40 tex wirtschaftlicher sein kann. Verglichen mit konventioneller Stapelverarbeitung dürfte das OE-Direktspinnen infolge der bestehenden Preisdifferenz zwischen Stapelfaser und Spinnkabel für Garne unter 100 tex kaum konkurrenzfähig sein.

Für die finanzielle Unterstützung dieses Projektes möchte ich der Firma Rieter AG, Winterthur, meinen besten Dank aussprechen. Mein Dank gilt auch den Herren Dipl.-Ing. C. Adam, A. Koopmann und S. Mayer für die Entwicklungsarbeiten und die Durchführung der Versuche.

Literatur:

- 1) CIRFS; Zahlen über Chemiefasern (1976)
- 2) Brit. P. 484.190
- 3) Cocke, Crowe, Woodel; Text. Res. J. 21, Nr. 4 (1951)
- 4) K. Schell; Text. Prax. 10, 140 (1955)
- 5) K. Mihira; J. Text. Mach. Soc. Jpn. 2, Nr. 2, 22 (1956)
- 6) Frenzel, Störer; Faserforsch. Textiltech. 7, 241 (1956)
- 7) J. Lünenschloß, Text. Prax. 13, 249 (1958)
- 8) US P. 2.432.355
- 9) US P. 2.523.854
- 10) Brit. P. 658.420
- 11) US P. 2.688.160
- 12) CH P. 299.993
- 13) DB P. 928.578
- 14) Fortisan-36, von Celanese Corp. of America von 1952-55 produziert
- 15) W. Wegener; Chemiefasern 14, 647 (1964)
- 16) H. W. Krause, H. A. Soliman; Text. Ind. 73, S. 216 (1971)
- 17) CH P. 512.598
- 18) Jpn. P. Sho 47-1573
- 19) P. Pimbert; L'industrie textile S. 75 (1976) 2

Diskussion

Köb: Die früheren Versuche bezüglich Direktspinnen gingen von fertigverstreckten Bändern aus, deren feine Fasern nach dem Spinnen verstreckt worden waren. Die heute besprochenen Materialien wie Polyester POY werden direkt nach der Spinnmaschine von Spulen nur durch die Verzugsgeschwindigkeit vororientiert.

Sie besitzen eine hohe Dehnung und werden strecktexturiert, wobei die endgültige Verstreckung mit dem Textu-

rierprozeß verbunden wird. Da dieses Rohmaterial handelsüblich ist und billig zur Verfügung steht, war es nahelegend, diese Untersuchung durchzuführen. Wie wir nun gehört haben, sind die Preisvorteile nicht so gelagert, daß man in absehbarer Zeit zu einem positiven Ergebnis für diese Prozesse kommen kann. Vielleicht werden diese Verfahren interessant, wenn es gelingt, den Rotorspinnprozeß auf so hohe Geschwindigkeiten zu bringen, daß man ihn mit dem Herstellungsprozeß rentabel koppeln kann.

Ankudowicz: Vor 15 Jahren war das Spinnen vom Kabel zum Garn ein sehr wichtiges Problem, und einige Firmen haben sich damit beschäftigt, doch wird bis heute dieser Prozeß noch nirgends im Industriemaßstab ausgeführt. Ich halte es daher für sehr interessant, dieses Verfahren dem OE-Spinnen gegenüberzustellen und die wirtschaftlichen Aspekte hervorzuheben. Das Garn, bei dem die Wirtschaftlichkeit noch am besten abschnitt, war ein 10 tex unelastisches Garn, eine Art totes Garn, das nur für bestimmte Verwendungszwecke, z. B. Fischnetze oder technische Anwendungsmöglichkeiten, eingesetzt werden konnte. Vielleicht werden durch die Möglichkeit, mehr Bausch in das Garn zu bringen, neue Vorteile im Vergleich zum Ringspinnen oder OE-Spinnen sichtbar.

Ich könnte mir auch vorstellen, daß andere Materialien, wie beispielsweise Polyacrylnitrilfasern, eventuell besser abschneiden könnten als Polyester.

Wenn es unwirtschaftlich ist, so niedrigtitrige Kabel zu verarbeiten, werden dann vielleicht die ökonomischen Aspekte günstiger werden, wenn man dickere Kabel verarbeitet?

Krause: Die Verarbeitung von Polyacrylnitril anstelle von Polyester wäre auch uns lieber gewesen, doch gibt es derzeit kein Endlosgarn auf dem Markt, obwohl früher Du Pont und Union Carbide solche herstellten. Wenn wir nun anstelle der feintitrigen höhertitrige Spinnkabel verarbeiten — und wir wollen ja von einem Ausgangsprodukt direkt zu einem Endprodukt gelangen —, dann müßten wir pro Spinnstelle eine relativ aufwendige Streck- und Reißvorrichtung bauen, um dieses Spinnkabel verarbeiten zu können. Dadurch wird der Preis für die einzelne Spinnstelle teurer und wir wissen, daß das Verfahren nur Erfolg haben kann, wenn die Spinnstellen relativ billig sind. Für diese POY-Fäden ist es sicher möglich, eine einfache Streck- und Reißvorrichtung zu bauen. Wollte man aber an jeder Spinnstelle ein Kabel von einigen 1000 tex vorlegen und dieses zu einem Garn von 50 bis 100 tex umwandeln, so würde der Spindelpreis einer derartigen Direktspinnmaschine nach unserer Auffassung viel zu hoch ausfallen.

Bauer: Ich habe den Eindruck, daß Sie doch noch weiterarbeiten wollen, oder sehen Sie keine Chance, das Verfahren wirtschaftlich zu gestalten?

Krause: Im Moment sehe ich kaum eine Chance. Es müßten hier von der Rohstoffseite wesentliche Änderungen eintreten. Außerdem ist unsere Forschungsneugierde befriedigt, wir haben gezeigt, daß es möglich ist — Muster liegen vor, obwohl sie nicht von erster Qualität sind, doch könnte man diese sicher noch verbessern —, die angebotenen Rohmaterialien zu verarbeiten, aber die wirtschaftliche Seite spricht dagegen.

Siegl: Die Egalität des Garnes scheint mir ähnlich der der Cutdrafilgarne, d. h. es hat eine relativ hohe Ungleichmäßigkeit. Da das Rotorspinnen aber nur auf kurze Längen ausgleicht, nehme ich nicht an, daß sich die Färbereigenschaften wesentlich ändern, d. h. das Garn wird also doch schlechte Färbereigenschaften haben.

Krause: Färbeversuche wurden von uns nicht durchgeführt. Garne wurden zwar zu einer Art Blue-Jeans-Stoff gewebt, aber wir machten keinerlei Färbeversuche. Ich stimme Ihnen aber durchaus zu, daß eine Verbesserung der Farbegalität nicht zu erwarten ist.

Köb: Ich glaube aber schon, denn was heute angeliefert wird, ist doch für die Verarbeitung von Endlosfäden gedacht, und es dürften sich in diesen Reißprozeß keine Ungleichmäßigkeiten einschleichen. Früher war das Problem Bändchen bereitzustellen, die eine gleichmäßige Färbung liefern, wohl schwerwiegender, weil die Spinntechnik ja dafür gar nicht vorgesehen war, und man vor allem nach einem Faserverfahren versponnen hat. Von dieser Seite habe ich also keine Bedenken.

Eine neuartige Methode zur Herstellung von Polytetrafluoräthylen-Fasern und -Filamenten, deren Eigenschaften und Anwendung

Dr. J. Lenz, Doz. Dr. H. Krässig, Dr. F. Saßhofer, Dr. F. Gotschy, A. Wimmer, Chemiefaser Lenzing Aktiengesellschaft

Die ungewöhnlichen Eigenschaften des Polytetrafluoräthylens werden beschrieben und durch die chemische Struktur und molekulare Konformation des Makromoleküls erklärt.

Anschließend wird die Erzeugung von PTFE-Fasern und -Filamenten nach dem Matrix-Spinnverfahren und der Pastenextrusion geschildert.

Es wird gezeigt, daß das Problem der Herstellung von Fasern und Filamenten aus PTFE besonders einfach und elegant nach einem Spalt-Schäl-Verfahren zu lösen ist. Die einzelnen Prozeßstufen

- Pressen,
- Sintern,
- Spaltschälen und
- Verstrecken

werden besprochen und die Eigenschaften der Garne eingehend behandelt. Es wird auf die besonderen Vorteile der nach diesem Verfahren hergestellten Garne für die praktische Anwendung in der Industrie hingewiesen.

Abschließend werden die wichtigsten Anwendungsbereiche für PTFE-Fasern und -Filamente — unter Berücksichtigung neuester Entwicklungen — dargestellt und zu den Zukunftsaussichten von PTFE-Fasern im textilen Bereich wird Stellung genommen.

The unusual properties of polytetrafluorethylene are stated and explained by its chemical structure and the molecular conformation of the macromolecule.

Then the production of PTFE-fibres and -filaments according to the matrix spinning process and paste-extrusion is described.

It is shown that the problem of the production of fibres and filaments of PTFE can be solved in a very simple and elegant way by the split-peeling process. The individual stages of the process

- pressing,
- sintering,
- split-peeling and
- stretching

are discussed and the yarn properties are dealt with in detail. The particular advantages of yarns produced according to this process for practical application in industry are pointed out.

Finally, the most important fields of application for PTFE-fibres and -filaments are shown — considering the latest developments — and the future prospects of PTFE-fibres in the field of textiles are commented on.

Einleitung

Auf der 10. Internationalen Chemiefasertagung in Dornbirn im Jahre 1971 berichtete Herr Dr. Harms über ein neuartiges bei der Chemiefaser Lenzing AG entwickeltes Verfahren zur Erzeugung von Filamenten, das als Zwischenstufe die Herstellung eines Films

vorsieht¹. Mittels einer speziellen Schneidetechnik war es gelungen, aus Folien Filamente mit einem Optimum an Titergleichmäßigkeit in Annäherung an übliche Faserspinnverfahren herzustellen.

Der neue Prozeß wurde produktionstechnisch zunächst auf Thermoplaste angewendet. Es wurde jedoch schon früh erkannt und in dem diesbezüglichen Grundpatent vermerkt², daß diese Art der Technologie der Fasererzeugung speziell für solche Polymere geeignet ist, welche wie Polytetrafluoräthylen (im folgenden kurz PTFE genannt) einerseits nach konventionellen Methoden nicht zu verspinnen sind, aus denen jedoch andererseits über Sinterblöcke Schälfolien hergestellt werden können.

PTFE ist bekanntlich in sämtlichen Lösungsmitteln unlöslich und außerdem wegen seines hohen Schmelzpunktes thermisch nicht plastifizierbar. Aus diesem Grund können die klassischen Verfahren zur Verspinnung von Chemiefasern, wie Naßspinnen, Trockenspinnen und Schmelzspinnen, auf PTFE nicht angewendet werden.

Die Eigenschaften von PTFE

PTFE ist ein Hochpolymeres mit besonders interessanten und ungewöhnlichen Eigenschaften. Es ist extrem widerstandsfähig gegen die Einwirkung von Wärme und Chemikalien, hat den niedrigsten bekannten Reibungskoeffizient, ist außerordentlich antiadhäsiv, schwer brennbar und beständig gegen UV-Strahlung und Bewitterung. PTFE ist ein sehr guter elektrischer Isolator, durch Flüssigkeiten schwer benetzbar und auch noch bei extrem tiefen Temperaturen flexibel. Diese große Zahl ungewöhnlicher Eigenschaften läßt sich nur aus der chemischen Struktur des Makromoleküls verstehen. Es handelt sich um eine lineare, unver-

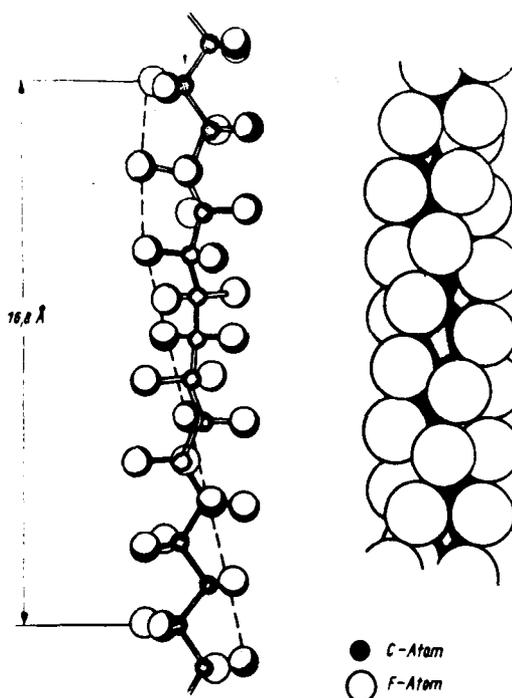


Abb. 1: Molekulare Konformation des PTFE

zweigige und unvernetzte Kette von Kohlenstoffatomen.

Jedes Kohlenstoffatom trägt zwei Fluoratome, und zwar derart, daß sich die Fluoratome wie eine kompakte Hülle um die Kohlenstoffatome legen. Man kann es auch so ausdrücken, daß die Kohlenstoffkette quasi mit Fluoratomen gepanzert ist.

Die als Kettenglieder anzusehenden CF_2 -Gruppen sind spiralförmig angeordnet. Je nach herrschender Temperatur dreht sich die Kette nach 13 bzw. 15 Kohlenstoffatomen einmal um 180° (Abb. 1).

Derart regelmäßig aufgebaute Moleküle kristallisieren sehr leicht. PTFE ist demnach zu über 60 % kristallisiert. Die Kristallite schmelzen zwar bei $327^\circ C$, doch ist das Molekül derart steif, daß oberhalb des Schmelzpunktes keine flüssige Schmelze entsteht, sondern ein Gel mit der sehr hohen Viskosität von $10^{11} - 10^{13}$ Poise. Für den Schmelzspinnprozeß soll die Viskosität aber unter 1000 Poise liegen.

Die vollkommene Abschirmung der Kohlenstoffatome durch den Panzer aus Fluoratomen hat zur Folge, daß von den Makromolekülen nur äußerst schwache Anziehungskräfte auf andere Moleküle ausgehen. Die aus diesem Grund fehlende Solvatation erklärt die absolute Unlöslichkeit des PTFE in sämtlichen bekannten Lösungsmitteln.

Somit entfällt neben dem Schmelzspinnen auch die Möglichkeit des konventionellen Trocken- oder Naßspinnens. Die schwachen intermolekularen Kohäsionskräfte haben einen sehr niedrigen Reibungskoeffizienten von $\mu = 0,07$ bis $0,11$ im Falle von PTFE gegen Stahl zur Folge. Für die praktische Anwendung ist außerdem wichtig, daß bei PTFE der dynamische und statische Reibungskoeffizient gleich sind. Von Bedeutung ist ferner seine schwere Benetzbarkeit. PTFE

stößt alle Flüssigkeiten ab, deren Oberflächenspannung über 20 dyn/cm liegt⁴.

Die Valenzkraft der Kohlenstoff-Fluorbindung gehört zu den stärksten Kräften, die in der organischen Chemie bekannt sind. Infolgedessen ist die Substanz extrem widerstandsfähig gegen Chemikalien, Witterung, UV-Strahlung, insbesondere aber gegen Temperatureinflüsse (Tab. 1). Noch bei $260^\circ C$ kann PTFE problemlos verwendet werden. Bis $300^\circ C$ sind kurzzeitige Beanspruchungen möglich, es werden allerdings schon Zersetzungsprodukte nachgewiesen. Eine thermische Zersetzung in großem Ausmaß erfolgt aber erst über $400^\circ C$ ⁵.

PTFE ist in Luft unbrennbar und selbstverlöschend. Es brennt erst in einer Atmosphäre, die 40 % Sauerstoff enthält.

Von technischer Bedeutung ist außerdem seine geringe elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit und als Folge der geringen Kohäsionskräfte ein hoher Wärmeausdehnungskoeffizient.

In Tabelle 2 werden die physikalischen Eigenschaften von PTFE und Niederdruck-Polyäthylen einander gegenübergestellt. Wie ersichtlich, nehmen durch die Substitution der Wasserstoffatome durch Fluoratome am Kohlenstoffgerüst Dichte, Bruchdehnung, elektrischer Widerstand und Wärmeausdehnung zu, Zugfestigkeit, Härte, Dielektrizitätskonstante, Wasserdampfdurchlässigkeit und Oberflächenspannung ab.

Das Matrixspinnen

Man kann sich angesichts dieser ungewöhnlichen Eigenschaften von PTFE vorstellen, wie schwierig es war, ein Verfahren zu finden, mit dessen Hilfe PTFE zu Fäden verformt werden kann. Seit Entdeckung des Polymeren im Jahre 1938 wurde hier ein sehr großer

Tab. 1: Thermische Eigenschaften von PTFE

| | |
|--|-------------------------|
| Mindestgebrauchstemperatur | -190 °C |
| Einfriertemperatur der amorphen Phase | -97 °C |
| Übergang der kristallinen Phase von der triklinen in die hexagonale Struktur | 19 °C |
| Umwandlungstemperatur | } Struktur- änderung |
| Umwandlungstemperatur | |
| Übergang der amorphen Phase in eine unterkühlte Flüssigkeit | 90 °C |
| Höchsttemperatur bei Dauerbeanspruchung | 127-130 °C |
| Höchsttemperatur bei Kurzzeitbeanspruchung | 260 °C |
| Kristallitschmelzpunkt | 300 °C |
| Zersetzung unter Depolymerisation | 327 °C |
| | > 400 °C |

Tab. 2: Physikalische Eigenschaften von PTFE

| Bezeichnung | PTFE | ND-PE |
|---|-----------|-------------|
| Dichte [g/cm ³] | 2,18 | 0,96 |
| Zugfestigkeit gereckter Filme [N/mm ²] | 80-110 | 330-450 |
| Bruchdehnung gereckter Filme [%] | 50-100 | 20-30 |
| Shorehärte D Skalent. | 50-60 | 70-75 |
| Spez. Durchgangswiderstand [$\Omega \cdot \text{cm}$] | 10^{18} | $> 10^{17}$ |
| Rel. Dielektrizitätszahl ϵ [10^2 Hz] | 2,1 | 2-3 |
| Lineare Wärmeausdehnung α ($\cdot 10^6$) [$20-50^\circ C$] | 160-200 | 150 |
| Wasseraufnahme in 24 Stunden [Gew. %] | 0,0 | 0,01 |
| Wasserdampfdurchlässigkeit | 0,4-0,6 | 0,5-1,0 |
| Oberflächenspannung [dyn/cm] | 19 | 30 |

Forschungsaufwand getätigt, der zur Entwicklung mehrerer Technologien führte.

Das älteste, auch heute noch geübte Verfahren ist das Matrixspinnen. Als Ausgangsprodukt werden wäßrige PTFE-Dispersionen verwendet, die direkt durch Emulsionspolymerisation des monomeren Tetrafluoräthylens in einem Autoklaven gewonnen werden. Das Prinzip des Matrixspinnens besteht darin, daß die PTFE-Teilchen mittels einer polymeren Matrixsubstanz, z. B. Zellulose⁶ oder Polyvinylalkohol⁷, zu fadenförmigen Gebilden verbunden werden. In der praktischen Durchführung wird die Dispersion mit Viskose vermischt und durch Düsen in ein saures Koagulationsbad gesponnen. Das Verhältnis von PTFE zu Zellulose muß innerhalb enger Grenzen eingestellt werden. Bei einem PTFE-Gehalt von weniger als 75 %, bezogen auf die Gesamtmenge an PTFE und Zellulose, sintern die dispergierten Teilchen nicht mehr zu einem homogenen Faden zusammen. Liegt der PTFE-Anteil dagegen über 96 %, reicht der Gehalt an matrixbildender Zellulose nicht aus, um die Teilchen im Koagulationsbad zusammenzuhalten. Es entsteht naturgemäß ein sehr schwacher Faden, der seine Festigkeit erst durch anschließendes Erhitzen und Verstrecken im Verhältnis 1 : 7 erhält. Dabei zersetzt sich die Matrixsubstanz, die PTFE-Teilchen sintern zusammen und werden durch Recken orientiert. Die Temperatur bei der dies geschieht, soll oberhalb des Kristallitschmelzpunktes liegen, aber auch noch deutlich unter der Temperatur, bei welcher die Zersetzung einen größeren Umfang annimmt, d. h. in der Praxis zwischen 350 und 400 °C. Im Faden verbleibt ein Rest von ca. 4 % Abbauprodukten, welche die Fasern dunkelbraun färben.

Sofern die braune Eigenfarbe der Fäden anwendungstechnisch stört, kann die rohe Faser mit einem Gemisch aus heißer, konzentrierter Salpetersäure und Schwefelsäure gebleicht werden.

Trotz hoher Streckverhältnisse sind die erzielbaren Festigkeitswerte mit ca. 13–14 cN/tex bei einer Reißdehnung von 30 % relativ niedrig. Die Ursache hierfür liegt u. a. in den geringen Kohäsionskräften zwischen den Makromolekülen begründet.

Die PTFE-Fäden werden sowohl als Filamentgarn in verschiedenen Titern angeboten als auch als Stapelfasern. Eine Verspinnung zu Fasergarnen ist aber schwierig, weil die geringe Haftung zwischen den Einzelfasern es kaum ermöglicht, gute Garnfestigkeiten zu erreichen. Verwendung finden die Stapelfasern speziell zur Herstellung von Nadelfilzen.

Die Pastenextrusion

Erheblich bessere Reißfestigkeitswerte werden nach einem vollkommen andersartigen Verfahren erzielt, welches mit dem Begriff Pastenextrusion umschrieben werden kann⁸. Auch in diesem Fall geht man von der wäßrigen Dispersion aus. Abweichend vom Matrixspinnverfahren wird das Polymere nun jedoch vor dem eigentlichen Verformungsprozeß durch Koagulation ausgefällt, von der wäßrigen Phase abgetrennt und getrocknet. Man gewinnt ein weißes Pulver, das aus Agglomeraten besteht, die sich aufgrund ihrer großen inneren Oberfläche mit Gleitmitteln, wie z. B. Paraffinöl, zu einer pastenförmigen Masse verarbeiten lassen. Die zirka 20 % Weißöl enthaltende Paste wird in ei-

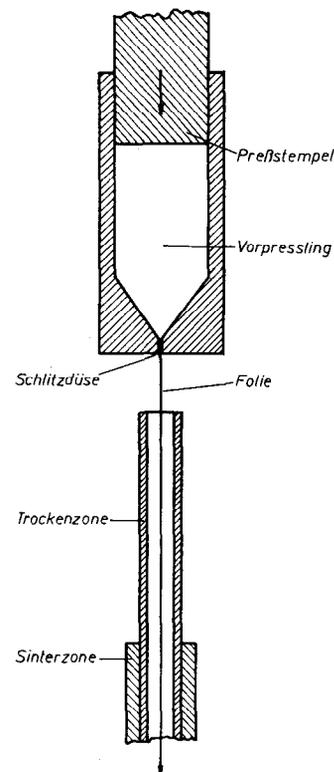


Abb. 2: Pastenextrusion

nem sogenannten Ramextruder mittels eines Stempels unter einem Druck von 150–200 bar durch eine schmale Breitschlitzdüse extrudiert (Abb. 2).

Es entsteht ein endloses Band, das anschließend auf einem Kalandar ausgewalzt wird⁹. Nun wird das Extrudat getrocknet, wobei das Öl verdampft und bei einer Temperatur von ca. 250 °C im Verhältnis 1 : 14 verstreckt. Interessanterweise wird bei diesem Vorgang keine homogene Phase, sondern eine Art Schaumstruktur gebildet. Das Band ist mit mikroskopisch feinen Poren durchsetzt, wodurch die Dichte von 2,16 auf 1,0 bis 1,6 g/cm³ erniedrigt wird. Nach dem Verstrecken wird das Band unter Spannung bei einer Temperatur von ca. 360 °C gesintert und fixiert. Es entsteht ein Folienfaden, dessen Reißfestigkeit mit 31 cN/tex auf Grund seiner besseren Orientierung doppelt so hoch liegt wie die der matrixgesponnenen Garne. Die Dehnung liegt bei dieser Höchstzugfestigkeit allerdings bei nur 3 %.

Um diesem 2–6 mm breiten und 10–30 µ starken Folienfaden einen textilen Charakter zu verleihen, wird er mit rotierenden Nadelwalzen zu feinen Fibrillen aufgespalten. Im Gegensatz zu den definierten Einzelkapillaren der matrixgesponnenen Garne erhält man netzartig verbundene Fibrillen mit unregelmäßigen Querschnitten¹⁰ (Abb. 3).

Ein Vergleich beider Verfahren zeigt, daß sie in Analogie zu den klassischen Spinnprozessen entwickelt wurden. Das Matrix-Spinnverfahren hat das Naßspinnen zum Vorbild, das Pastenextrusionsverfahren arbeitet nach dem Prinzip des Trockenspinnens. Die Notwendigkeit, mit Hilfsstoffen zu arbeiten, gestaltet jedoch beide Prozesse relativ kompliziert.

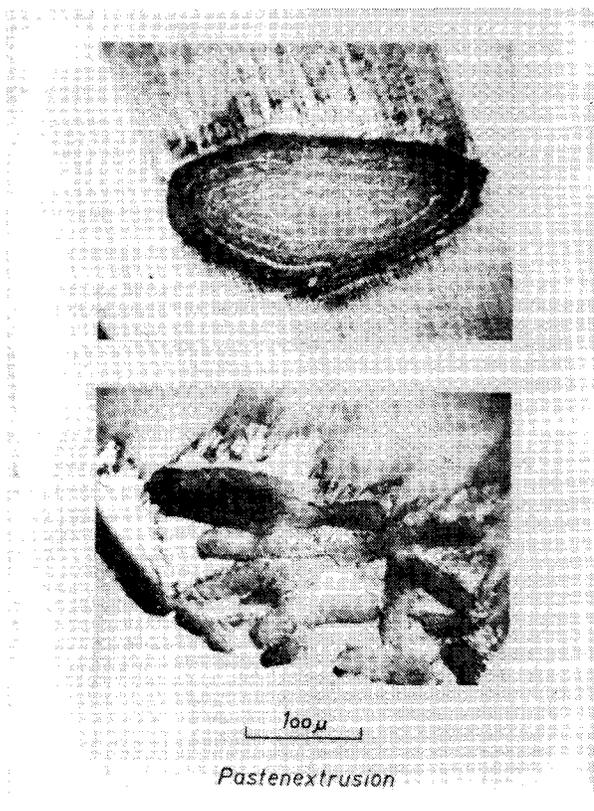


Abb. 3: Querschnitte von PTFE-Fäden (Pastenextrusion)

Ein neuer Weg zur Herstellung von PTFE-Fäden

Wie eingangs erwähnt, beschäftigen wir uns schon seit Jahren mit der Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von Faserprodukten auf dem Weg über eine Folie. Es lag natürlich nahe, diese Technologie auch auf Filme aus unsmelzbaren, dafür aber sinterfähigen Polymeren anzuwenden¹¹.

Als Ausgangsprodukt dient ein Suspensionspolymerisat, wie es zur Erzeugung von Formteilen aller Art in sehr großem Ausmaß zur Verwendung kommt. Im ersten Schritt wird das weiße, leicht fließfähige Pulver zu einem zylindrischen Körper verpreßt, eine Technik die mit Hilfe der HOECHST AG zur notwendigen Perfektion entwickelt werden konnte. Das Pulver wird dabei auf 1/7 seines ursprünglichen Volumens ver-

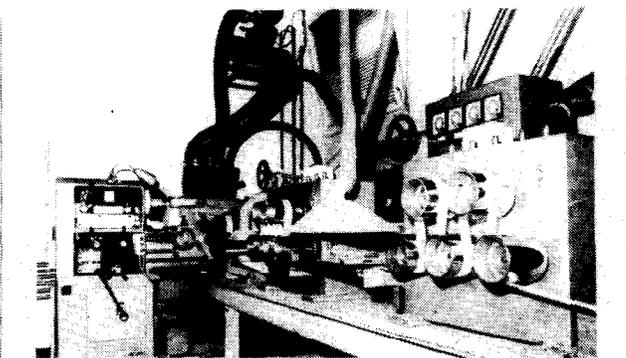


Abb. 4: Anlage zur Erzeugung von PTFE-Multifilament-Garn

dichtet, um so einen vollkommen porenfreien Preßling zu erhalten. Absolute Porenfreiheit sowie höchste Reinheit sind für die weitere Verarbeitbarkeit oberstes Gebot. Anschließend wird der Preßkörper in einem Ofen drucklos zu einem homogenen Block gesintert. Die Temperatur, bei der dies geschieht, liegt oberhalb des Kristallitschmelzpunktes. Das Durchschreiten dieser Temperatur erkennt man an dem glasigen Aussehen der Blöcke. Die folgende Abkühlung muß nach einem kontrollierten Temperaturprogramm vorgenommen werden, um das Auftreten von inneren Spannungen zu vermeiden, eine weitere wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung des Verfahrens.

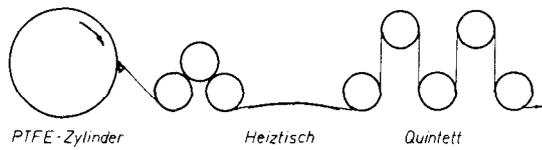
Nun erst beginnt die eigentliche Fadenbildung. Der zylindrische Block wird in rotierende Bewegung versetzt und dabei gegen einen Balken gepreßt, der aus zahlreichen feinen Stahlklingen besteht. Mittels dieses Schäl-Schneid-Werkzeuges werden die einzelnen Filamente diskret aus dem umlaufenden Block herausgeschält (Abb. 4).

Durch unterschiedliche Einstellung der Schneidelemente kann der Titer der verstreckten Einzelkapillaren zwischen 5 und 25 dtex variiert werden. Im selben Arbeitsgang werden die Fäden auf ein Vielfaches ihrer ursprünglichen Länge heißverstreckt. Wird die Strecktemperatur auf über 325 °C erhöht, erhält man eine Reißfestigkeit von 13 cN/tex bei einer Reißdehnung von 20 %. Diese Werte entsprechen denen der matrixgesponnenen Fäden. Die Streckfähigkeit des mechanisch abgeschälten Fadens ist demnach genauso gut wie die eines konventionellen Spinnfadens (Tab. 3).

Nach Passage des Streckfeldes werden die zu einzelnen Garnen definierten Titer zusammengefaßten Filamentbündel aviviert, getrocknet und aufgespult. Ge-

Tab. 3: Textile Eigenschaften von PTFE-Garn

| | Matrixspinnung ungebleicht | Pasten- gebleicht | Lenzinger extrusion | Verfahren |
|--|-------------------------------|----------------------|------------------------|-----------|
| Gesamt- titer [dtex] | 470 | 470 | 440 | 790 |
| Einzel- titer [dtex] | 7 | 7 | 440 | 10 |
| Höchstzug- spannung [cN/tex] | 13,9 | 11,8 | 31,0 | 12,7 |
| Reiß- dehnung [%] | 25,0 | 38,4 | 34,4 | 20,4 |
| Bezugs- dehnung bei 10 cN/tex [%] | 14,2 | 26,6 | 2,7 | 15,4 |



PTFE-Zylinder Heiztisch Quintett

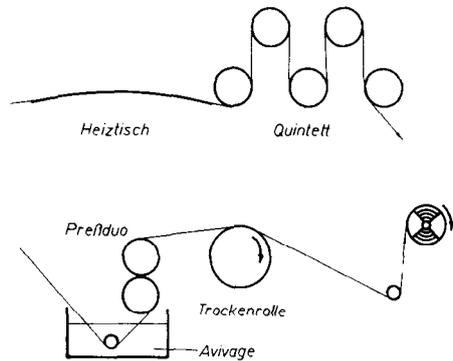


Abb. 5: Verfahrensschema der PTFE-Multifilamentgarn-erzeugung

samt- und Einzeltiter der Garne können so in weiten Grenzen variiert werden, ohne daß eine Fachung notwendig wäre (Abb. 5).

Aus der Beschreibung des Verfahrens ist ersichtlich, daß es zu keinen der bekannten Spinnfehler kommen kann. Es treten weder Kapillarverdickungen noch Kapillarunterbrechungen auf. Flusen, Schlaufen oder

Verklebungen sind unbekannt. Die Konstanz des Einzeltiters ist ausgezeichnet und nur eine Frage der Präzision des Schneidebalkens in bezug auf die Gleichmäßigkeit der Schneid- und Schälfunction (Abb. 6). Die Eigenfarbe der Garne ist reinweiß, Abbildung 7 zeigt die Spannungs-Dehnungs-Diagramme von PTFE-Garnen.

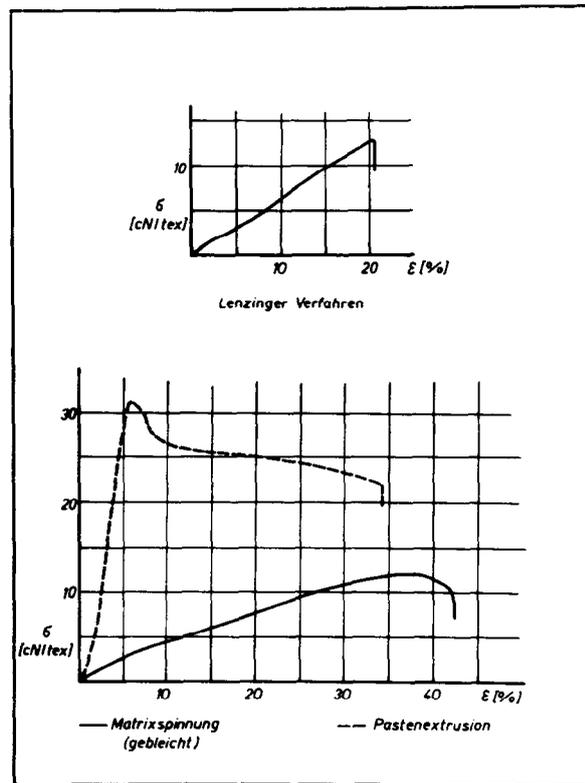


Abb. 7: Spannungs-Dehnungsdiagramme von PTFE-Garnen

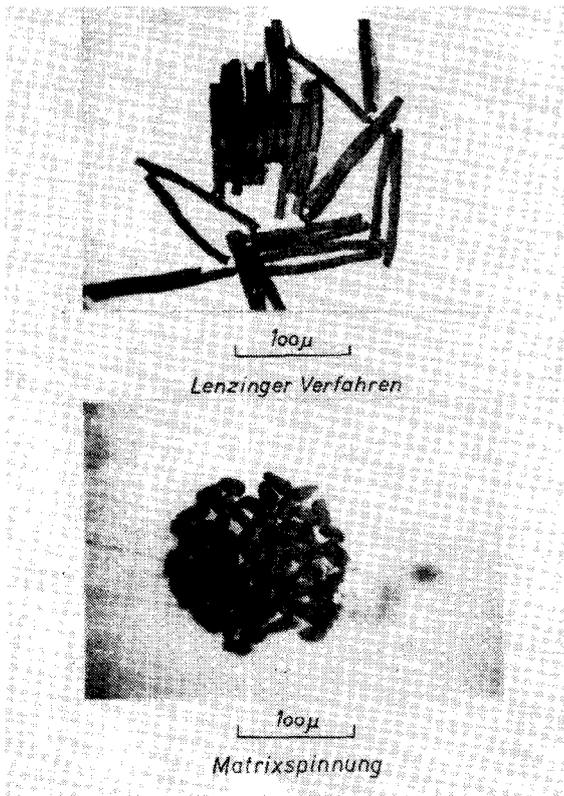


Abb. 6: Querschnitte von PTFE-Fäden nach dem Lenzinger Verfahren und durch Matrixspinnen erhalten

Da das vorgelegte Polymere ohne Vermischung unmittelbar in die Fadenform überführt wird, vereinfachen sich Prozeßsteuerung und Stoffumsatz wesentlich. Es müssen keine Hilfsstoffe zu- und wieder abgeführt werden. Es entstehen keine unerwünschten Nebenprodukte und keinerlei nichtverwertbarer Abfall. Der Platzbedarf der Anlage ist gering, die Bedienung einfach und personalsparend.

Die mechanische Fadenbildung anstelle des Düsenextrusionsverfahrens dürfte überall dort kostengünstig zur Anwendung kommen, wo die betreffenden Polymeren nicht plastifiziert werden können, aber eine Filmbildung über Blocksinterung und Schälung möglich ist.

Die Anwendungsbereiche von PTFE-Fasern und -Filamenten

Die Bedeutung der PTFE-Garne liegt derzeit weniger auf dem eigentlich textilen Bekleidungssektor als auf technischen Gebieten.

Insbesondere verhindern die Nichtanfärbbarkeit, der wachsartige Griff und nicht zuletzt der hohe Rohstoffpreis die Verbreitung von PTFE im textilen Bereich. Andererseits eröffnen aber die spezifischen Eigenschaften des Polymeren, wie Temperaturresistenz,

Chemikalienbeständigkeit, niedrige Reibung etc., den PTFE-Fäden viele Einsatzmöglichkeiten in der Industrie¹².

Das älteste und bis heute bedeutendste Einsatzgebiet sind geflochtene Schnüre für Dichtungspackungen in Stopfbuchsen von Pumpen, Rührkesseln und Ventilen (Abb. 8).

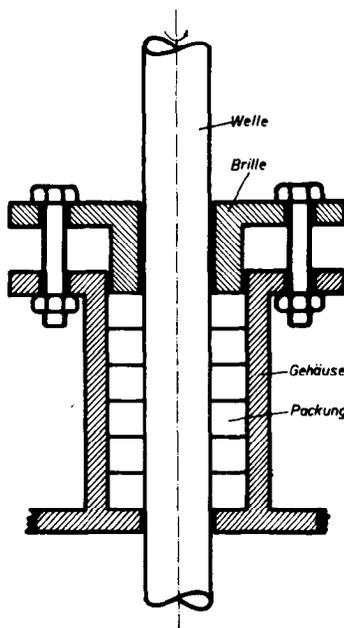


Abb. 8: Stopfbuchse mit Packung aus PTFE

Die Ursache für die gute Eignung der PTFE-Garne auf diesem Sektor liegt in dem extrem niedrigen Reibungskoeffizienten, einer hohen Temperaturbeständigkeit, hohem Dichtungsvermögen und einer langen Lebensdauer.

Ein Nachteil des Materials besteht in der geringen Wärmeleitfähigkeit, verbunden mit einem bedeutenden Wärmeausdehnungskoeffizienten. Bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten der abgedichteten Wellen wird die Reibungswärme ungenügend abgeführt, und es kommt durch Wärmeausdehnung zu einer Volumensvergrößerung der Packung. Dies kann wiederum eine Beschädigung der Welle zur Folge haben.

Es ist uns nun neuerlich gelungen, durch Aufbringen von Graphit auf die Filamente, die Wärmeleitfähigkeit der Dichtungselemente erheblich zu verbessern, sodaß nun keinerlei Wärmestau auftritt.

Die Realisierung dieses an sich einfachen Gedankens ist nur mit einem Garn möglich, das aus flachen Filamenten besteht. Bei runden Fäden ist die Haftung einer ausreichenden Graphitmenge wegen des antiadhäsiven Charakters von PTFE nicht gegeben.

Ein weiteres, wichtiges Einsatzgebiet für PTFE-Fasern ist die Filtration von aggressiven Gasen und Flüssigkeiten. Hierfür werden PTFE-Stapelfasern benötigt, die in Form von Krempelvliesen auf ein Stützgewebe aus PTFE-Filamentgarn aufgenadelt werden. Nadelfilze dieser Art ermöglichen die Lösung vieler Filtrationsprobleme, bei denen die Beständigkeit des Filtermediums gegen Chemikalien und Hitze einwirkung von ausschlaggebender Bedeutung ist. Neben langen Standzeiten im Dauerbetrieb besteht der Vor-

teil, daß sich der Filterkuchen leicht von der Filterfläche ablösen läßt.

Das Problem für den Faserhersteller liegt in der geeigneten Avivierung der Stapelfasern. Die Avivage hat die Funktion, den Fasern gute Haft-Gleit-Eigenschaften zu verleihen und sie antistatisch auszurüsten. Eine extrem glatte, schwer benetzbare Faser wie diese, kann mit normalen Textilhilfsmitteln jedoch nicht aviviert werden. Es wurde eine Avivage auf Basis von polymeren Substanzen entwickelt, um eine Stapelfaser zu schaffen, die den Ansprüchen der Vliesbildung auf einer Krempel und der Aufnadelung auf ein Stützgewebe genügt.

Die Tatsache, daß PTFE auch bei hohen Temperaturen eine geringe Haftfähigkeit aufweist, macht man sich noch in einer Reihe anderer Anwendungsfälle zunutze. Als Beispiele seien die Bombage von Preßwalzen und der Filzbezug der Untereisen von Bügelpressen genannt.

Abgesehen von diesen Verwendungszwecken werden PTFE-Fasern in Apparaturen für spezielle Funktionen eingesetzt, wo es darauf ankommt, daß an den Fasern keinerlei Schmutzstoffe haften bleiben.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß PTFE das Spektrum der realisierbaren Eigenschaften textiler Flächengebilde derart erweitert hat, daß es in der Textilindustrie an Bedeutung gewinnen könnte. Insbesondere ist hier an die Möglichkeit zu denken, welche PTFE als Beimischfaser bietet, um Reibung, Benetzbarkeit und Adhäsion von Geweben herabzusetzen. Wir stehen hier noch am Anfang einer zukunfts-trächtigen Entwicklung, die leider immer noch durch den hohen Preis des Ausgangsproduktes eingeschränkt wird.

Abschließend sei der HOECHST AG für die anerkennenswerte Hilfe auf der Rohstoffseite und in bezug auf die Anwendungstechnik gedankt. Unser spezieller Dank gilt Herrn Dr. Fitz vom Werk Gendorf und Herrn Dr. Beyer von der ATA-Textil in HOECHST Frankfurt.

Unser Dank gilt weiters dem Forschungsförderungsfonds der Gewerblichen Wirtschaft Österreichs, der unsere Arbeiten auf dem Gebiet der Entwicklung unseres Spaltfaserverfahrens und speziell der Entwicklung eines hochfesten Polytetrafluoräthylen-Webgarnes über Jahre hinaus großzügig unterstützte.

Literatur:

- 1) J. Harms, H. Krässig, F. Saßhofer; Lenzinger Ber. **32**, 81 (1971)
- 2) F. Saßhofer, H. Krässig; Chemiefaser Lenzing AG: Österr. Patent 290.710: angemeldet 29. 1. 1969 erteilt 11. 6. 1971
Brit. Patent 1.287.874
Franz. Patent 7.003.032
- 3) Plaste und Kautsch. **18**, (7), 516 (1971)
- 4) Encycl. of Polymer Science and Technology **13**, 623
- 5) K. L. Paciorek, R. H. Kratzer, J. Kaufmann; J. of Polymer Sci. **11**, 1465 (1973)

- 6) Burrows et al: USP 2.772.444
Gallup et al: USP 3.655.853
- 7) Schott: USP 3.038.870
- 8) A. Steininger, P. Stamprech; Kunststoffe 63, (9), 588 (1973)
- 9) Gore: DAS 1.504.291
- 10) Eddleston et al: DOS 25 56 130
- 11) H. Krässig, F. Saßhofer, F. Gotschy, A. Wimmer; Chemiefaser Lenzing AG: DOS 25 55 275 angemeldet 9. 12. 75, Österr. Prior. 3. 1. 1975
- 12) J. T. Rivers, R. L. Franklin; Tex. Res. J. 805, Oktober 1956

Diskussion

Luksch: Aus Ihren Ausführungen ging hervor, daß sowohl die Gleichmäßigkeit der Fasern als auch der reibungslose

Ablauf des Verfahrens mit der Schneideinrichtung eng verbunden sind. Wie sind die Standfestigkeiten der Schneidwerkzeuge und welche Maschinenstandzeiten verursacht das Auswechseln?

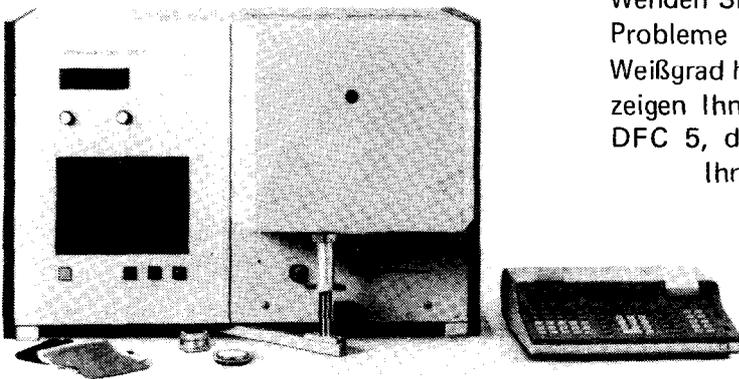
Lenz: PTFE ist ein relativ weiches Material mit geringer Härte, sodaß die Standzeiten sich kostenmäßig auf das Produkt nicht auswirken.

Halterbeck: Haben sie bei der Herstellung von Nadelfilzen für die Filtration reine PTFE-Fasern verarbeitet oder in Mischung?

Lenz: Es wurden bisher nur PTFE-Fasern verarbeitet. Auch von der Konkurrenz sind uns nur Filze aus 100% PTFE bekannt. Ich könnte mir aber vorstellen, daß der Einsatz von Mischungen sich günstig auf den Preis auswirkt; dazu sind Entwicklungsarbeiten aber erst im Gange.

Farbmeßgerät ElrephoMAT

für normgerechte Farb- und Weißgradmessung



Wenden Sie sich an Zeiss, wenn Sie Probleme mit der Farbe oder dem Weißgrad haben, unsere Spezialisten zeigen Ihnen mit dem ElrephoMat DFC 5, daß sich Farbmessung in Ihrem Betrieb lohnt.

ZEISS ÖSTERREICH GESELLSCHAFT M. B. H.

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

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

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

ZEISS

Der Einfluß der Aufheiz- und Abkühlzeiten bei der Strecktexturierung

W. J. Morris, Shirley Institute, Manchester

Durch eine Exponentialgleichung, die die Garnbauschigkeit mit der Aufheizzeit in Beziehung bringt, wurde gezeigt, daß die Fixierungsgeschwindigkeit von PA- und teilorientierten PES-Garnen zwei- bis dreimal höher ist, als diejenige eines vollverstreckten Garnes. Höhere Verarbeitungsgeschwindigkeiten bei der Strecktexturierung werden dadurch ermöglicht.

Es wird gezeigt, daß eine ähnliche Beziehung auch zwischen Garnbauschigkeit und Abkühlzeit nach dem Heizkörper gilt.

Gute Bauschigkeit benötigt genügende Abkühlung, wobei Plattenkühlung eine größere Wirkung als Luftkühlung hat. Änderungen der Aufheizzeit haben auch einen Einfluß auf das Färbeverhalten; die färberischen Eigenschaften verändern sich noch nach den Aufheizzeiten, die für stabile Bauschigkeitswerte nötig sind.

By the use of an exponential equation relating bulk level and heating time it is shown that in the draw texturing process the rates of setting of partly oriented polyester and nylon yarns are two to three times higher than those of fully drawn yarns. This enables much higher processing speeds to be used in draw texturing.

A similar exponential relation is shown to hold between bulk level and cooling time after the heater. Adequate cooling is necessary for good bulk; plate cooling is more effective than air cooling.

Variations in heating time also affect the dyeing behaviour of yarns; dyeing characteristics are still changing after heating times necessary to reach steady values of yarn bulk.

1. Einleitung

In den Anfängen der Texturierung, das heißt in den fünfziger Jahren und zu Beginn der sechziger Jahre, waren die Verarbeitungsgeschwindigkeiten durch die damals zur Verfügung stehenden Drehzahlen der Diabolspindeln begrenzt, und möglichen Begrenzungen der Fixiergeschwindigkeit wurde wenig Beachtung geschenkt. Die Entwicklung der Friktionsdrallgebung an den Maschinen des Typs EP 1 mit der Möglichkeit hoher Drallgebungsgeschwindigkeiten und hoher Garnlaufgeschwindigkeiten führte zu einer bedeutenden Untersuchung durch Arthur und Jones¹ über die Geschwindigkeit der Wärmeübertragung an Garne mit hoher Drehung und über Heißfixierungsgeschwindigkeiten von PA-Garnen. Es zeigte sich, daß der Fixiervorgang nicht vollkommen beendet war, wenn das Garn die Temperatur des Heizkörpers erreichte; die Fixiergeschwindigkeit wurde durch einen Geschwindigkeitswechsellvorgang begrenzt, der wahrscheinlich mit Änderungen in dem Molekülverband des Polyamids in Beziehung stand.

Im Shirley Institute durchgeführte Arbeiten zeigten, daß dies tatsächlich der Fall war. Messungen der Temperatur und Retraktion (mittels des HATRA Crimp

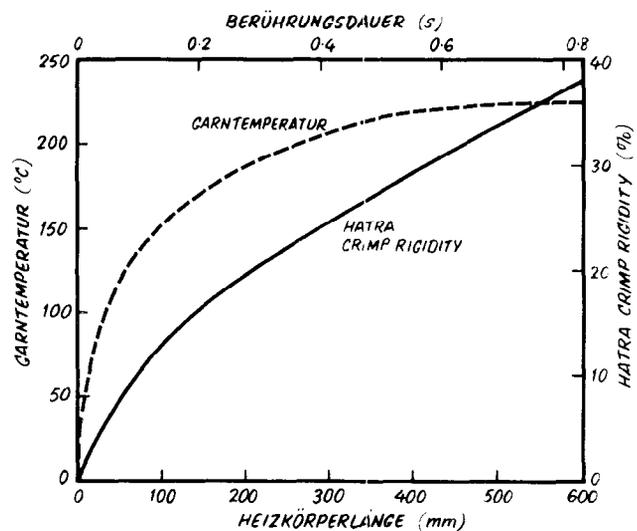


Abb. 1: Zunahme der Temperatur und der Kräuselsteifigkeit eines PA-Garns von 78 dtex mit zunehmender Heizkörperlänge

Rigidity Tests) an Garnen, die mit verschiedenen Aufheizzeiten verarbeitet worden waren, deuteten an (Abb. 1), daß Polyamid 6,6-Garne, 78 dtex, die Maximaltemperatur innerhalb ca. 0,5 sec erreichten, jedoch über eine Sekunde brauchten, um den maximalen Kräuselsteifigkeitswert annähernd zu erreichen. Der HATRA Crimp Rigidity Test definiert keineswegs das Verhalten des Garns in einem textilen Flächengebilde, was auch kein anderer einzelner Garntest vermag, doch zeigen Messungen des Färbeverhaltens, des Schrumpfens und der Maschendichte einer Ware dieselben Tendenzen.

Völlig verstreckte Polyestermaterialien verhalten sich jedoch anders (Abb. 2). Beim Vergleich von Garnmengen gleichen Gewichts ist festzustellen, daß PES etwa zweimal so schnell aufgeheizt werden kann wie PA 6,6, weil die spezifische Wärme niedriger ist, sodaß ein PES-Garn von 167 dtex ungefähr genau so schnell aufgeheizt werden kann wie ein PA-Garn von 78 dtex.

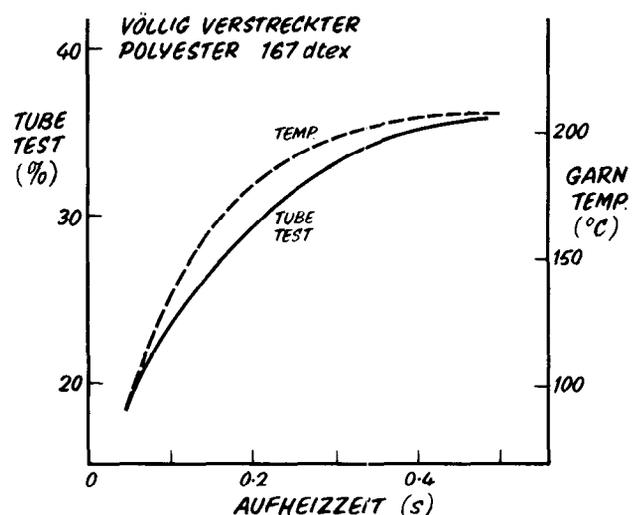


Abb. 2: Zunahme der Temperatur und der Tube-Test-Retraktion eines PES-Garnes von 167 dtex mit zunehmender Aufheizzeit

PES kann auch schneller fixiert werden als PA, wie aus Abbildung 2 ersichtlich ist.

Die Abbildung 3 zeigt, daß teilweise orientiertes PES-Garn, das nach dem Simultan-Strecktexturierverfahren behandelt wird, sogar noch schneller fixiert werden kann.

Man vermutet, daß diese schnellere Fixierung zwei Gründe hat:

- weil die Verstreckungsarbeit das Garn erhitzt und
- weil das unverstreckte oder teilweise orientierte Garn nicht die stabile Struktur des völlig verstreckten, flachen Garns besitzt; diese Struktur muß aufgelockert werden, bevor der neue verdrehte Zustand im Garn fixiert werden kann.

Berechnungen zeigen, daß der Einfluß der Verstreckungsarbeit auf die Garntemperatur verhältnismäßig klein ist. Im Falle eines auf 167 dtex verstreckten PES-Garns könnte man erwarten, daß ein Streckverhältnis von 4 eine Temperaturerhöhung von 11 °C hervorriefe und ein Streckverhältnis von 1,6 eine Temperaturerhöhung von 6 °C ergäbe. (Ein Wärmegefühl im Garn, das durch Strecken hergestellt wird, entsteht deshalb, weil die Kaltstreckungsspannungen ungefähr 4 mal so hoch sind wie die Spannungen beim Warmverstrecken: ca. 165 g für kaltverstrecktes PES-Garn von 167 dtex im Vergleich zu 40 g für warmverstrecktes.)

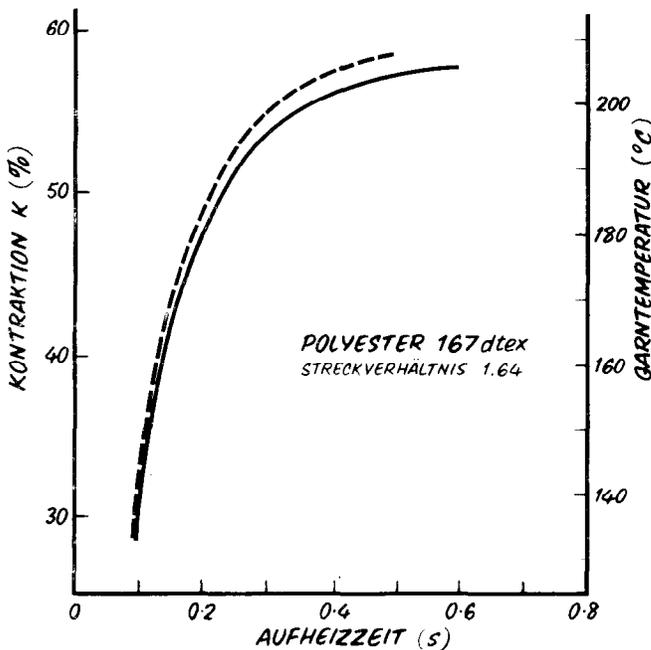


Abb. 3: Beziehung zwischen der Zunahme der K-Kontraktionstemperatur und der Zeit bei der Strecktexturierung von PES-Garn

2. Beurteilung der Fixiergeschwindigkeiten

Das Kurvenpaar in Abbildung 3 veranschaulicht, daß die Temperatur und die Fixierung in dem Garn, die in diesem Falle mittels des Hoechst K-Tests gemessen wurde, bei zunehmender Aufheizzeit auf sehr ähnliche Weise zunahm, was darauf hindeutet, daß man für das Fixierverhalten von Garnen eine Exponentialgleichung ansetzen könnte, die der allgemein gebräuch-

lichen Gleichung, die Garntemperatur und Aufheizzeit miteinander in Beziehung bringt, ähnlich ist. Wenn man eine solche Gleichung aufstellen kann, wird dadurch Gelegenheit geboten, die Fixierzeiten numerisch zu vergleichen. Wenn H die Heizkörpertemperatur und Y die Garntemperatur zum Zeitpunkt t darstellt, dann kann mittels einer Berechnung² und eines Versuchs³ bewiesen werden, daß

$$(H - Y) = (H - Y_0) \cdot e^{-ht}$$

In dieser Formel stellt die Konstante h eine Funktion der Wärmeübergangszahl, des Garntiters und der spezifischen Wärme des Garns dar, deren Wert die Aufheizgeschwindigkeit bestimmt.

Die Lücke zwischen der Garntemperatur und der Heizkörpertemperatur wird daher mit zunehmender Aufheizzeit auf exponentielle Weise verringert.

Wird nun die Kräuselkontraktion eines Garns, die nach irgendeinem genormten Verfahren zu messen ist, auf gleiche Weise von der Aufheizzeit beeinflusst, könnte man erwarten, daß die Differenz zwischen dem Istwert der Kräuselkontraktion C zum Zeitpunkt t und dem Maximalwert C_m der bei langer Aufheizzeit erzielt wird, aus folgender Gleichung zu berechnen ist,

$$(C_m - C) = C_m \cdot e^{-St}$$

worin S ein Maß für die Fixiergeschwindigkeit des Garns auf der für den Versuch verwendeten Maschine darstellt.

Durch Differenzieren nach t erhalten wir:

$$\frac{dC}{dt} = S \cdot C_m \cdot e^{-St}$$

oder

$$\frac{dC}{dt} = S \cdot (C_m - C)$$

Auf diese Weise sollte der Anstieg der Kräuselkontraktion, in Abhängigkeit von der Garnkontraktion aufgetragen, eine Gerade ergeben, deren Neigungswinkel dem Wert der Exponentialkonstanten S gleicht und die die C-Achse an einem Punkt mit dem Wert C_m schneidet, welcher die bei langen Aufheizzeiten erreichbare maximale Kräuselung darstellt. Dieser Ansatz hat sich für völlig verstreckte PA-Garne¹ als nützlich erwiesen und kann auf das Strecktexturierverfahren angewendet werden.

3. Strecktexturierte Polyestergarne

Völlig verstreckte und teilweise orientierte Polyestergarne wurden mit Laufgeschwindigkeiten von 150 bis 750 m/min auf einer Maschine mit einem 1 m langen Heizkörper unter Verwendung eines Positorqfriktionsaggregats mit Polyurethanscheiben als Drallgebungselemente verarbeitet. Zwischen dem Heizkörper und dem Positorqfriktionsaggregat befand sich eine 1 m lange wassergekühlte Stabilisier- und Kühlplatte. (Um die Auswertung der Ergebnisse zu vereinfachen, wurde nur ein Heizkörper verwendet; das Vorhandensein eines zweiten Heizkörpers zur Erzeugung eines fixierten Garns würde die Auswertung der Ergebnisse beinahe unmöglich machen.)

Die Versuchsergebnisse werden in Abbildung 4 veranschaulicht. Aus diesen ist zu ersehen, daß strecktexturierte Garne höhere Kräuselwerte als die völlig verstreckten Garne erzielen und daß ein bestimmter

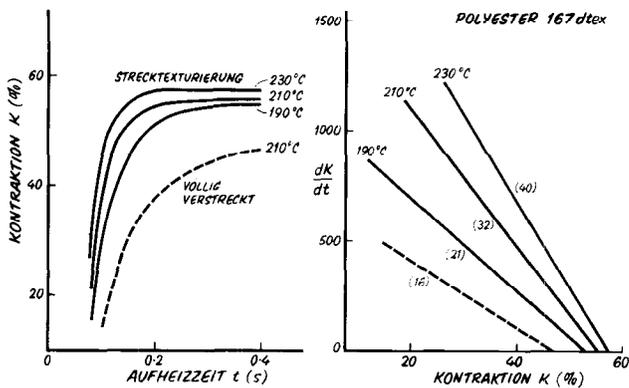


Abb. 4: Beziehungen zwischen den Aufheizzeiten, der K-Kontraktion, Temperatur und den Fixiergeschwindigkeiten von Polyestergerarnen

Hochst K-Wert, beispielsweise 40—45 %, bei strecktexturierten Garnen in weniger als der Hälfte der Zeit erreicht wurde, als es bei den völlig verstreckten Garnen der Fall ist.

Eine Auswertung des Anstiegs der K-Werte ergibt die Geraden auf der rechten Seite der Abbildung 4. Der Neigungswinkel S dieser Geraden ist ein Maß für die unter den verschiedenen Verfahrensbedingungen erzielten Fixiergeschwindigkeiten. Es ist klar ersichtlich, daß ein Wechseln von völlig verstrecktem Garn auf teilweise orientiertes Garn den Wert von S verdoppelt und dadurch die zum Erreichen eines gewissen Anteils der maximalen Kräuselung erforderliche Zeit auf die Hälfte verkürzt.

Auch eine Temperaturerhöhung von 40 °C beim Strecktexturierverfahren verdoppelt den Wert von S, beispielsweise eine mäßige Temperaturerhöhung von 210 °C auf 230 °C verursacht eine 25%ige Zunahme des Wertes von S. Bei Aufrechterhaltung des K-Wertes würde dies eine 25%ige Erhöhung der Verarbeitungsgeschwindigkeit gestatten.

Unter Einsatz dieser hohen Werte für S in der Gleichung kann man berechnen, daß 95 % der maximalen Kräuselung innerhalb von etwa 0,1 sec erreicht werden. Das entspricht aber ganz eindeutig nicht den Tatsachen, und es scheint daher, daß die oben verwendete einfache Gleichung zu ungenau ist.

Die Ergebnisse in Abbildung 4 können auch auf etwas andere Weise untersucht werden, wodurch auf dieses Hochleistungstexturierverfahren etwas mehr Licht fällt.

Wenn man die ursprüngliche Exponentialgleichung, die Kräuselung und Aufheizzeit miteinander in Beziehung bringt, statt sie zu differenzieren logarithmiert, erhält man die Beziehung:

$$\log (C_m - C) = \log C_m - St$$

Ist die Größe C_m bekannt oder aus dem Schaubild schätzbar, kann man den Logarithmus der Differenz zwischen der maximalen Kräuselung und der Istkräuselung gegen die Aufheizzeit auftragen. Auch hier sollte eine Gerade mit dem Neigungswinkel gleich S resultieren. Der Schnittpunkt mit der $\log (C_m - C)$ -Achse gleicht dem $\log C_m$ bei $t = 0$; der Schnittpunkt mit der t-Achse gibt die Zeit an, die C braucht, um einen Wert zu erreichen, der um 1 niedriger als C_m ist [d. h. wenn $\log (C_m - C) = 0$].

Die Ergebnisse dieser Abbildung für die bei 210 °C verarbeiteten vollverstreckter und teilweise orientierten Garne sind unter Verwendung dieses mathematischen Verfahrens in Abbildung 5 neu aufgetragen worden.

Es geht daraus deutlich hervor, daß

- das vollverstreckte Garn ca. 0,4 sec brauchte, um einen Wert zu erreichen, der um 1 niedriger als sein Maximalwert ist im Vergleich zu 0,2 sec für das strecktexturierte Garn, wobei beachtet werden muß, daß das strecktexturierte Garn einen beträchtlich höheren Maximalwert erreicht und
- die Kräuselung in beiden Garnen zwischen den Zeitpunkten 0 bis ca. 0,07 sec anscheinend 0 beträgt.

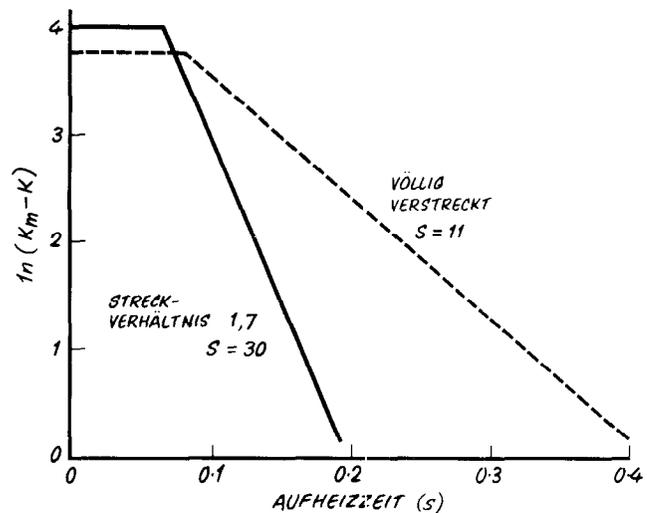


Abb. 5: Der Einfluß der Aufheizzeit auf die unerreichte Kräuselung

Diese Tatsache läßt sich aus dem anderen Auswertungsverfahren nicht ableiten. Es wird schätzungsweise angenommen, daß die Temperaturen der Garne zu diesem Zeitpunkt ca. 100 bis 120 °C betragen. Im Fall der vollverstreckten und teilweise orientierten PES-Garne findet anscheinend eine Fixierung, wie sie mittels des Hoechst K-Tests gemessen wird, erst bei Überschreitung dieser Temperatur statt.

Es muß hervorgehoben werden, daß die für die Exponentialkonstante S angeführten Werte keine absoluten Werte darstellen, sondern von dem Kräuselungsmeßverfahren, der Garnart und der maschinellen Texturierausrüstung abhängen.

So ist beispielsweise das Verhalten von völlig verstreckten und teilweise orientierten PES-Garnen (Abb. 6) dem äußeren Anschein nach demjenigen der Abbildung 4 ähnlich. Eine Auswertung dieser Kurven ergab jedoch S-Werte von 7 bzw. 12 für völlig verstrecktes und strecktexturiertes Garn. In diesem Falle wurde zwar eine Verdopplung der Fixiergeschwindigkeit durch Anwendung des Strecktexturierverfahrens erzielt, aufgrund der verschiedenartigen Verfahrensbedingungen lagen die Werte von S aber tiefer.

Nichtsdestoweniger stellen die mit Hilfe dieser Analyse für gewisse Verfahrensbedingungen erhaltenen Werte nützliche Anhaltspunkte für den Einfluß der

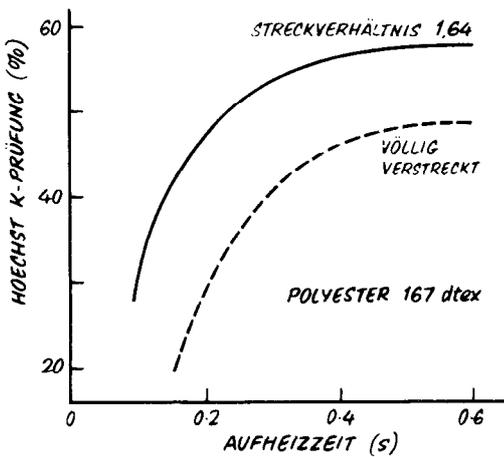


Abb. 6: Vergleich zwischen völlig verstrecktem und teilweise orientiertem PES-Garn

Verfahrensbedingungen auf die Fixiergeschwindigkeit dar.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß Kräuselungswerte, obgleich sie bei der Qualitätskontrolle von großem Nutzen sind, das Verhalten des Garns in einem textilen Flächengebilde nicht definieren, und man sollte daher vorsichtshalber solchen Werten keine zu große Bedeutung zuschreiben. So kann beispielsweise für die *Tube Test Retraction* oder für den Hoechst K-Test in einem fixierten Garn ein gewisser Wert erzielt werden, in dem man das Garn auf einer Maschine mit zwei Heizkörpern bei einer vorgegebenen Temperaturdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Heizkörper verarbeitet. Werden die Temperaturen beider Heizkörper gleichzeitig erniedrigt, wobei aber die Temperaturdifferenz zwischen ihnen aufrecht erhalten wird, so wird auch die Kräuselung ungefähr den gleichen Wert beibehalten, aber ihre Beständigkeit gegen hohe Spannungen wird verringert. Das ist eine bekannte Tatsache.

Man kann durch Erhöhung der Verarbeitungsgeschwindigkeit eine ähnliche Wirkung erzielen. Gewöhnlich erhöht eine Beschleunigung der Betriebsgeschwindigkeit auf einer Doppelheizkörpermaschine den

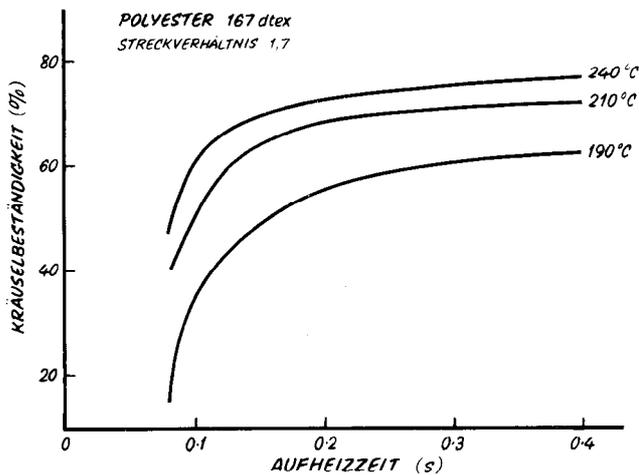


Abb. 7: Zunahme der Kräuselbeständigkeit bei zunehmender Aufheizzeit und Temperatur

Kräuselwert wegen der verringerten Fixierwirkung des zweiten Heizkörpers. Die Auswirkung der verkürzten Aufheizzeiten auf die Kräuselbeständigkeit von Garnen, die unter Verwendung von nur einem Heizkörper strecktexturiert wurden, zeigt Abbildung 7. Die Kräuselbeständigkeit wird durch das prozentuale Verhältnis der Retraktion einer Garnsträhne ausgedrückt, das vor und nach einer Belastung mit 1,5 g/dtex 30 sec lang gemessen wurde. Offensichtlich verringern hohe Verarbeitungsgeschwindigkeiten die Kräuselbeständigkeit, besonders bei niedrigeren Verarbeitungstemperaturen. Wenn ein strecktexturiertes Garn seine Kräuselung bei der Verarbeitung zu textilen Flächengebilden beim Färben und Ausrüsten beibehalten soll, dann ist es offensichtlich erforderlich, Fixierzeiten von nicht viel weniger als 0,2 sec und so hohe Temperaturen wie praktisch möglich zu verwenden.

Das Färbeverhalten eines texturierten Garns sowie auch seine Bauscheigenschaften sind von erstrangiger Bedeutung. Im Shirley Institute ausgeführte Arbeiten zeigten, daß eine Erhöhung der Verarbeitungsgeschwindigkeit auf der Texturiermaschine bei der Verarbeitung von völlig verstrecktem oder teilweise orientiertem Garn einen satteren Farbton im gefärbten Garn ergibt. Diese Beobachtung führte zu einer systematischen Untersuchung der Aufheizzeiten sowie deren Einfluß auf den eingefärbten Farbton (Abb. 8). Aus dieser Arbeit geht hervor, daß

- strecktexturiertes Garn bei der Färbung einen satteren Farbton ergibt als völlig verstrecktes Garn und daß
- der Reflexionsfaktor des gefärbten Garns mit zunehmender Aufheizzeit nach einem Exponentialgesetz in ähnlicher Weise zunimmt wie die in Abbildung 4 gezeigte K-Retraktion.

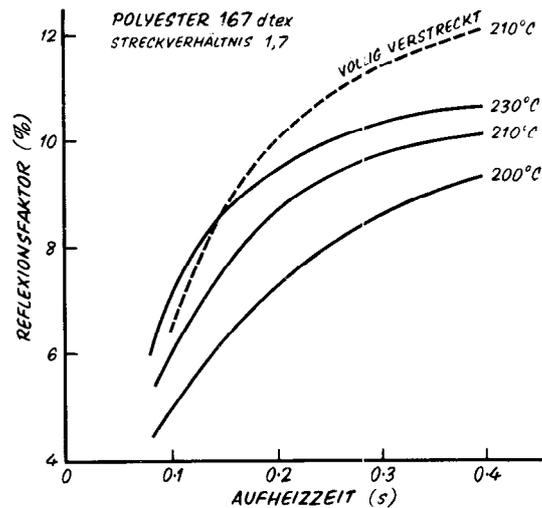


Abb. 8: Der Einfluß der Aufheizzeit auf den Reflexionsfaktor gefärbter Polyestergarne von 167 dtex

Unter Zuhilfenahme desselben mathematischen Verfahrens konnten die Werte für die Exponentialkonstanten der Formel aus den Beziehungen zwischen den in Abbildung 9 gezeigten Anstiegen des Reflexionsfaktors und den Istwerten dieses Faktors berechnet

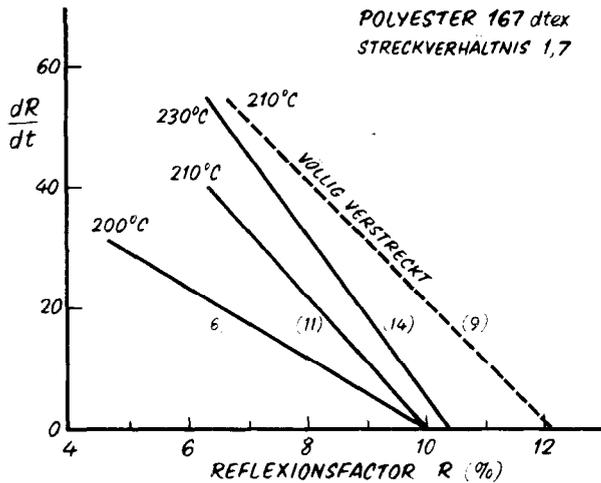


Abb. 9: Beziehung zwischen dem Anstieg des Reflexionsfaktors und dessen Istwert

werden. Es ist daraus ersichtlich, daß die Werte dieser Exponentialkonstanten (welche die Geschwindigkeitsänderung des Färbeverhaltens bestimmen) bei den völlig verstreckten und strecktexturierten Garnen ähnlich sind. Diese Ergebnisse deuten daher an, daß der Einfluß der zunehmenden Aufheizzeit auf das Färbeverhalten auch dann noch fort dauert, wenn die Garnbauschigkeit bereits einen Maximalwert erreicht hat. Die Garnbauschigkeit bei der Strecktexturierung erreicht einen Maximalwert innerhalb ca. 0,2 sec, das Färbeverhalten ändert sich zu diesem Zeitpunkt noch immer und erreicht erst nach Ablauf von 0,4 sec Aufheizzeit einen Konstantwert.

Diese Tatsache könnte wesentliche praktische Folgen nach sich ziehen.

Eine geringe Änderung des Wärmeübergangs, die zu einer effektiven Verkürzung der Aufheizzeit von beispielsweise 10 % führen würde, hätte bei einer Aufheizzeit von 0,2 sec kaum einen Einfluß auf die Garnbauschigkeit, könnte jedoch eine Verringerung des Reflexionsfaktors von 0,5 % hervorrufen (was das dreifache der sichtbaren Grenze darstellt) und dadurch einen Fehler im textilen Flächengebilde verursachen.

Der Einfluß von Änderungen in der Aufheizzeit auf

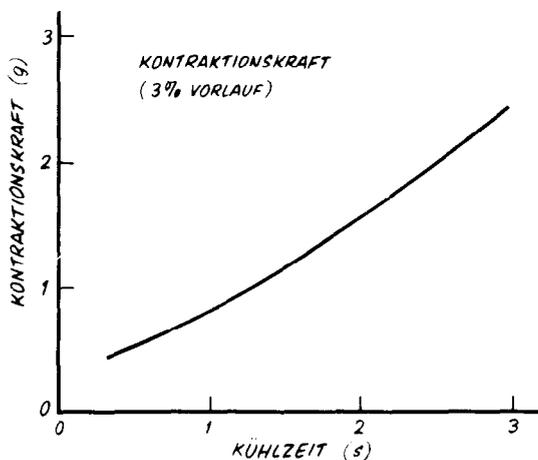


Abb. 10: Einfluß der Abkühlzeit auf die Kontraktionskraft

das Grundgefüge des Polymeren wird gegenwärtig untersucht.

Es wurde schon seit langem erkannt, daß die Abkühlzeit vor dem Aufdrehen eine wesentliche Bedeutung für Polyestergarne hat. Sie beeinflusst die Härte der Spulen an Maschinen mit einem Heizkörper und das Verhalten des Garns in dem zweiten Heizkörper an Maschinen mit zwei Heizkörpern. Es wurden Messungen über den Einfluß von Änderungen der Abkühlzeiten auf die Retraktionskraft nach der zweiten Einzugswalze an einer Zwirnmachine und auf die Kräuselkontraktionswerte des verarbeiteten Garns angestellt.

Die Abbildung 10 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen der Retraktionskraft eines Garns von 167 dtex bei 3 % Voreilung an der Texturiermaschine und der Abkühlzeit vor der Aufdrehungsstelle. Die Retraktionskraft verringerte sich mit abnehmender Abkühlzeit ständig.

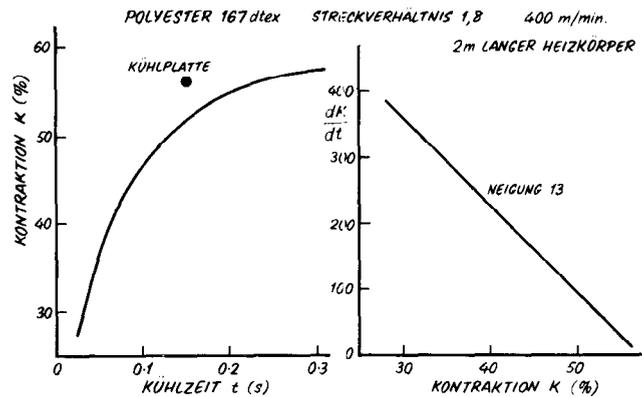


Abb. 11: Einfluß der Abkühlzeit auf die Höchst K-Kontraktion

Die Auswirkung einer verringerten Abkühlzeit in Luft auf den K-Retraktionswert einer weiteren Gruppe von Garnen von 167 dtex veranschaulicht Abbildung 11. Daraus ist ersichtlich, daß die Zusammenhänge denjenigen der Aufheizzeit sehr ähnlich sind, und zwar daß der K-Retraktionswert auf exponentielle Weise mit zunehmender Abkühlzeit zunimmt. Das bereits oben angewandte mathematische Verfahren führt zu einem linearen Zusammenhang zwischen dem Anstieg der K-Retraktion ($\frac{dK}{dt}$) und dem Retraktionswert K, dessen Neigungswinkel der Exponentialkonstante bei der Abkühlung in Luft einen Wert von 13 zuschrieb. Aus dem einen Punkt für Plattenkühlung in Abbildung 10 geht hervor, daß diese dieselbe Wirkung innerhalb ca. zwei Drittel der für die Luftkühlung erforderlichen Zeit erzielte.

Es geht daraus auch hervor, daß der Einfluß der Kühlung auf die Garnbauschigkeit bei der Strecktexturierung von Polyestergarnen beinahe genauso wesentlich wie der der Aufheizung ist.

Jedoch deuteten Messungen der Kräuselbeständigkeit an, daß diese von Änderungen in der Abkühlzeit nicht sehr beeinflusst wird.

4. Strecktexturierte Polyamidgarne

Früher wurden Polyamidgarne hauptsächlich mittels

des Sequentialverfahrens, und zwar gewöhnlich aus unverstrecktem Vorlagematerial strecktexturiert. Erst seit kurzer Zeit steht teilweise orientiertes Polyamidgarn zum gewerblichen Einsatz zur Verfügung.

Es besteht ein offensichtliches Interesse für das einfachere Simultan-Strecktexturierverfahren bei teilweise orientiertem PA-Garn, welches Vorteile wie verringerte Rohmaterialkosten und höhere Verarbeitungsgeschwindigkeiten bietet, wie bereits bei Polyester gezeigt wurde, und andererseits bei niedrigeren Verarbeitungskosten zu verbesserter Qualität führt.

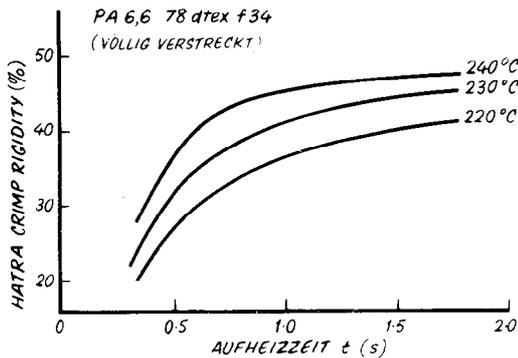


Abb. 12: Einfluß der Aufheizzeit auf die Kräuselsteifigkeit von PA-Garnen von 78 dtex, f 34

Wie bereits erwähnt, geht die Fixierung von völlig verstrecktem PA langsamer vor sich als bei PES. Die Abbildung 12 veranschaulicht die Ergebnisse von Versuchen, die vor etwa 10 Jahren mit völlig verstrecktem PA 6,6 ausgeführt wurden⁴. Diese deuten an, daß PA 6,6-Garn von 78 dtex, f 34, eine Aufheizzeit zwischen 1 und 2 sec im Vergleich zu 0,2 sec für ein strecktexturiertes PES-Garn von 167 dtex (Abb. 4) benötigt, um ungefähr den maximalen Kräuselungswert zu erreichen. Der Zusammenhang zwischen dem Anstieg der Kräuselsteifigkeit und dem Istwert der Kräuselsteifigkeit (Abb. 13) deutet an, daß die Exponentialkonstante (die in diesem Falle mit k bezeichnet wird) Werte zwischen 2,2 und 3,8 im Vergleich zu Werten um 30 für strecktexturierte PES-Garne aufweist.

Im Laufe von Arbeiten, die vor kürzerer Zeit ausge-

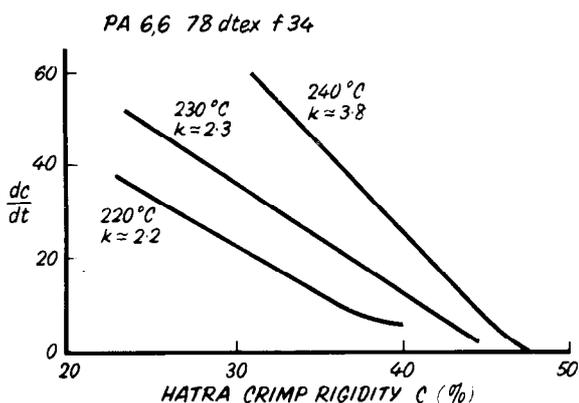


Abb. 13: Beziehung zwischen dem Anstieg der Kräuselsteifigkeit und deren Istwert in Abbildung 12

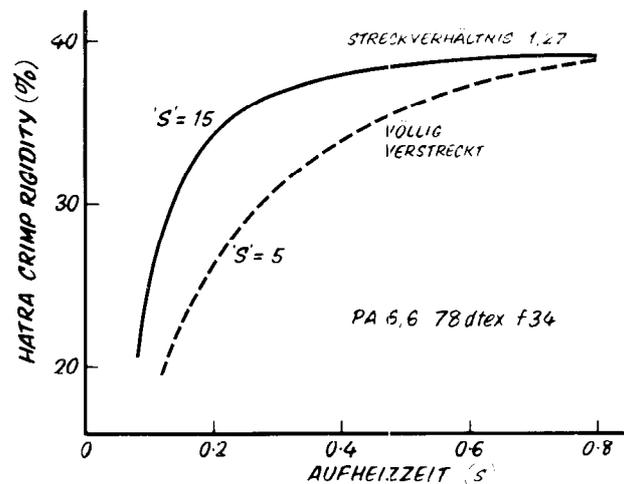


Abb. 14: Vergleich zwischen völlig verstreckten und teilweise orientierten PA 6,6-Garnen von 78 dtex

führt wurden, haben wir die Fixiergeschwindigkeiten von völlig verstreckten und teilweise orientierten PA 6,6-Garnen derselben Provenienz verglichen. Beide Garnarten wurden bei einer Temperatur von 225°C verarbeitet, wobei die Aufheizzeiten zwischen ca. 0,1 sec bis 0,8 sec lagen und die in Abbildung 14 veranschaulichten Ergebnisse lieferten. Eine Auswertung der Ergebnisse zeigt, daß sämtliche Kräuselsteifigkeitswerte bis zu denen gerade unterhalb des Maximalwerts mit Hilfe des Strecktexturierverfahrens in etwa der Hälfte der Zeit erreicht wurden, die für völlig verstreckte Garne erforderlich ist. Die Werte der diesen Ergebnissen zugehörigen Exponentialkonstanten betragen 15 für das strecktexturierte im Vergleich zu 5 für das völlig verstreckte Garn.

Zwei weitere Proben mit einem teilweise orientierten PA 6,6-Garn verhielten sich etwas anders (Abb. 15). Während der Anstieg der Kräuselung bezüglich der Zeit sich ähnlich verhielt (und einen Wert von 14 für die Exponentialkonstante ergab), lag der erzielte Maximalwert der Kräuselsteifigkeit unterhalb dem für ein völlig verstrecktes Garn. Im Falle dieser letzteren Garne würde also die Strecktexturierung keine technischen Vorteile bieten.

Ein Vergleich von PA 6-Garnen, die nach dem Sequen-

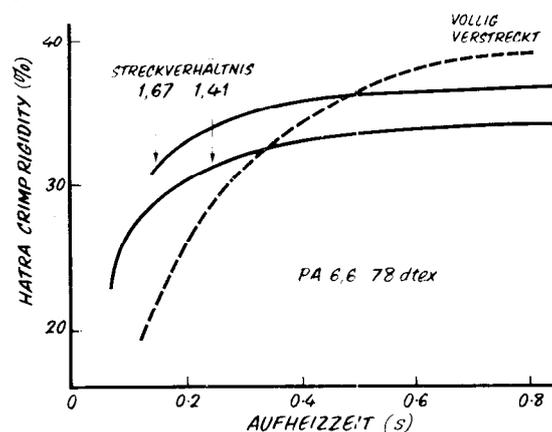


Abb. 15: Ergebnisse von Versuchen mit anderen Proben von teilweise orientierten PA 6,6-Garnen

tial- bzw. Simultanverfahren verarbeitet und auf 44 dtex gestreckt wurden zeigt (Abb. 16), daß das Simultanverfahren über den größten Teil des Bereiches der Aufheizzeiten Garne mit Kräuselsteifigkeitswerten liefert, die unterhalb den der nach dem Sequentialverfahren verarbeiteten Garne lagen. In diesem Falle führte das hohe Streckverhältnis im Verein mit der niedrigen Kapillarzahl in den nach dem Simultanverfahren verarbeiteten Garnen zu *fliegenden Kapillaren*, was diese vom technischen Standpunkt noch weniger attraktiv macht. Die Auswertung von Proben aus teilweise orientiertem PA-Garn wird weiter fortgesetzt.

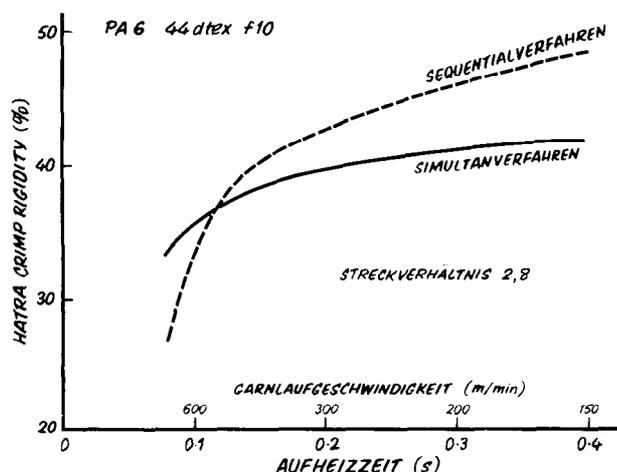


Abb. 16: Vergleich zwischen der Sequential- und Simultanverarbeitung eines PA 6-Garnes von 44 dtex

5. Schlußfolgerungen.

Die Fixiergeschwindigkeiten bei der Simultan-Strecktexturierung von teilweise orientierten Garnen aus PA 6,6 und PES liegen zwei- bis dreimal höher als bei der Texturierung von völlig verstreckten Garnen, so daß es möglich ist, die Verarbeitungsgeschwindigkeiten zu verdoppeln und dabei dieselben Kräuselwerte zu erzielen. PES von 167 dtex kann ca. doppelt so schnell wie PA 6,6 von 78 dtex fixiert werden, und das trifft auch bei völlig verstreckten Garnen zu.

Die Kräuselbeständigkeit darf nicht vernachlässigt werden: sie wird durch längere Aufheizzeiten (niedrigere Verarbeitungsgeschwindigkeiten) und höhere Verarbeitungstemperaturen verbessert.

Literatur:

- 1) D. F. Arthur, C. R. Jones; J. Tex. Inst. 55, T 217 (1962)
- 2) W. H. McAdams; Heat Transmission (Wärmeübertragung), McGraw Hill, New York (3. Auflage) 34 (1954)
- 3) C. R. Jones, T. Mason; J. Tex. Inst. 62, 147 (1971)
- 4) W. J. Morris, A. S. Roberts; Shirley Inst. Memoirs 1, 39. Jahrgang

Diskussion

Köb: Es war äußerst interessant zu hören, daß sowohl bei Polyester als auch bei Polyamiden kürzere Aufheizzeiten beim Strecktexturieren von unverstrecktem Garn ausreichen, um eine entsprechende Kräuselung und Kräuselstabilisierung sowie Anfärbbarkeit zu erzielen. Für den Maschinenbauer ist das sicherlich eine wesentliche Erkenntnis.

Riggert: Sie erwähnten, daß die Streckarbeit beim Simultanstrecktexturieren als Ursache für die Erwärmung angesehen werden kann. Bei Polyester muß man aber doch auch zusätzlich die Kristallisationsenergie berücksichtigen, da der vorgelegte Faden weitgehend amorph ist, sodaß die Kristallisationsenergie einen wesentlichen Beitrag zur Aufheizung leistet.

In Ihrem letzten Bild zeigten Sie, daß beim Sequentialtexturieren die Kräuselsteifigkeit, verglichen mit dem Simultanprozeß, höher ist. Welche Erklärung gibt es dafür?

Morris: Wir haben keine. Wir versuchten sogar, die Kräuselsteifigkeit beim Simultanprozeß durch Vorverstrecken zu erhöhen, die Garnqualität war aber in keinem der Fälle so gut wie nach dem Sequentialprozeß. Auch ergaben sich Verstreckungsunterschiede im Garn zwischen den innen- und außenliegender Filamenten im gezwirnten Zustand. Wenn man das Garn entwirrt, so wird aus einigen Filamenten die Kräuselung herausgezogen, und es bilden sich Schlaufen, die an der Garnoberfläche liegen.

Beyreuther: Ihre Ausführungen bezogen sich hauptsächlich auf experimentelle Ergebnisse. Haben Sie für die teils großen Unterschiede der Aufheizgeschwindigkeit eine physikalisch anschauliche Erklärung? Warum kann die Energieübertragung auf den Fäden unter den Streckbedingungen so variieren?

Köb: Es ist ja nicht eindeutig festgestellt, ob hier der Wärmeübergang selbst variiert oder ob die Auswirkung eine andere ist.

Morris: Wir messen ja nur Temperaturen. Ich glaube aber kaum, daß ein Unterschied in der Geschwindigkeit der Wärmeübertragung besteht. Da man aber beim Strecktexturieren von einem fast strukturlosen Garn ausgeht, baut es eine neue Struktur viel schneller auf, als dies beim verstreckten Garn der Fall ist, bei dem erst die ursprünglichen Strukturen abgebrochen werden müssen und dann neue gezwirnte Strukturen wieder aufzubauen sind. Bei der Kombination von Strecken und Zwirnen erhält man einen rascheren und fließenderen Übergang.

Beyreuther: Ihre Untersuchungen betrafen doch ausschließlich das Simultanverfahren. Tritt dieser Effekt auch bei Polyester ein, wenn man nach dem Sequentialverfahren arbeitet, das heißt wenn der Texturierzone der fertigverstreckte Faden zugeführt wird?

Morris: Wir haben Polyester nur nach dem Simultanverfahren untersucht, weil das Sequentialverfahren kommerziell kaum eine Bedeutung besitzt. Ursprünglich wurde der Einfluß der Verfahrensparameter, Verstreckungsgrad, Temperatur usw. auf die Garneigenschaften sowohl beim Simultan- als auch beim Sequentialverfahren geprüft, doch als wir dann die Hitzefixierung untersuchten, war in Großbritannien kaum jemand, der noch nach dem Sequentialverfahren gearbeitet hätte, sodaß wir es nicht für wichtig hielten.

Bauer: Haben Sie praktische Erfahrung bezüglich des Einflusses der Rillenform — Tiefe und Breite — in der Heizplatte auf den Wärmeübergang und die Kräuselkontraktion oder wenn nicht, was würden Sie theoretisch erwarten?

Morris: Praktische Erfahrung habe ich keine. Die Heizplatten, die wir benützten, hatten sehr tiefe Rillen, sodaß die Wärmeübertragung sicherlich sowohl durch Konvektion, Kontakt, aber auch durch Strahlung erfolgte. Auch aus der Oberfläche des gezwirnten Garnes erkennt man, daß die Energieübertragung in dieser Weise vor sich geht. Ich würde jedoch annehmen, daß der Rillenform in der Heizvorrichtung keine allzu große Bedeutung zukommt.

Rüttiger: Aus Ihren Ausführungen ergeben sich weitreichende Folgerungen für das Färben von texturierten

Polyestermaterialien bzw. für die Streifigkeit und Ringligkeit. Bisher war es jedoch so, daß man beim Auftreten von Streifigkeit nach Spannungsunterschieden beim Texturieren suchte. Lagen diese nicht vor, so wurde dem Farbstoff oder dem Färber die Schuld gegeben. Nun zeigen Sie aber, daß man, wenn man entlang des Steilanstieges der Zeitkurve texturiert, sehr genau vor dem Endpunkt abbrechen muß, um eine konstante Texturierung zu erhalten. Auf die Reflexionskurve übertragen bedeutet dies, daß auch dort ein relativ konstanter Punkt liegt. Erreicht man aber bei der Texturierung das Ende der Kurve und damit eine hohe Stabilität, hat man noch lange nicht das Ende der Änderung der Reflexion bzw. der Farbstoffaufnahme erreicht. Daraus kann man nun folgern, daß, selbst wenn in der Streifigkeitszone in der Maschenware keine geometrischen Unterschiede sichtbar sind, so doch die Streifigkeit von Strukturunterschieden der Faser aus dem Texturierprozeß herrühren kann, weil das Ende des Gleichgewichtes der Farbstoffaufnahme nicht erreicht wurde. Darf man nun daraus schließen, daß man bei stabiler Texturierung annähernd bis zum Endpunkt texturiert hat und mit großen Unterschieden in der Farbstoffaufnahme rechnen muß, während man bei weniger stabiler Texturierung früher abbrach und dafür einen relativ guten Fixpunkt für die Farbstoffaufnahme voraussetzen kann?

Morris: Bei der Untersuchung fehlerhafter Materialien schauen wir zuerst Kräusel- und Farbstoffunterschiede an, und prüfen mechanische Eigenschaften und den Schrumpf. Wie in einer Detektivgeschichte werden alle Variationsmöglichkeiten ausprobiert und summiert, um die Ursache festzustellen. Findet man einen Zusammenhang zwischen Farbtonvariationen und Kräuselunterschieden, dann ist normalerweise der Texturierer dafür verantwortlich. Nun sieht es aber so aus — wir haben allerdings nur einen einzigen Farbstoff eingesetzt und müssen die Untersuchungen mit weiteren Farbstoffen noch fortführen —, daß Verfahrenszeitunterschiede nur geringe Kräuselunterschiede verursachen können; sie können aber auch zu Farbtonvariationen führen. Die Fadengeschwindigkeit entlang der Heizplatte muß sich dabei noch gar nicht ändern, sondern diese können auch durch Ablagerungen und dadurch ungünstigeren Kontakt entstehen.

Rüttiger: Gilt der Unterschied der Geschwindigkeitskonstanten bei der Kräuselfixierung und Änderung der Farbstoffaufnahme generell oder vermuten Sie, daß dies nur bei den von Ihnen untersuchten Fällen eintritt?

Morris: Wir müssen noch sehr viel weiterarbeiten, denn wir haben nur eine Garnart aus teilweise verstrecktem Polyester untersucht. Parallel zu unseren Arbeiten läuft aber eine Untersuchung über die grundlegende Struktur und die Geschwindigkeit der Strukturänderung bei Polyester und Polyamid in Abhängigkeit von der Aufheizgeschwindigkeit; wir hoffen darüber im nächsten Jahr berichten zu können, sodaß ich Sie mit der genauen Beantwortung dieser Frage auf weitere 12 Monate vertrösten muß.

Morawek: Sie erwähnten die EP 1, die einen Heizer mit einer Strecke für sehr hohe Temperaturen hat. Sehen Sie eine Möglichkeit, diese durch einen solchen Vorheizer zu verkürzen, denn die Konstruktion ist ja äußerst hoch?

Morris: Natürlich werden Maschinen mit 2 und 2,50 m Heizerlänge sehr groß. Die grundlegende Konzeption bei der EP 1 war recht gut, sie hatte aber eine schlechte Temperaturkontrolle und wurde unglücklicherweise für vollverstrecktes Polyamid eingesetzt, das eine sehr lange Fixierzeit besitzt. Sicher könnte man die Heizer durch eine Hochtemperatur-Strecke verbessern, wodurch die Länge verkürzt werden könnte. Doch glaube ich, daß die Verbesserung nur sehr gering ist, da die Aufheizrate am Heizereingang sowieso schon sehr hoch ist; die Temperatur beträgt 240°C. Bei Schwankungen in der Temperaturübertragung von einer solchen Hochtemperatur-Strecke kann dann die Garntemperatur leicht sehr hoch werden. Das Ingangsetzen würde auch Probleme verursachen.

Lünenschloß: Ich möchte noch auf die Fragen von Herrn Dr. Beyreuther — bezüglich der Wärmeübertragung — und von Herrn Dr. Riggert zurückkommen, der den Einfluß der Kristallisationswärme ansprach. Wir haben auch einmal geglaubt, daß diese einen großen Einfluß hätte und haben das Temperaturprofil eines Fadens ausgemessen und gefunden, daß bei langsam gesponnenem Material im Vergleich zu konventionell hergestelltem Garn der Temperatur sprung geringer war. Die Erwärmung des Fadens am Heizereingang begann also später. Sicher muß ein Einfluß der Kristallisationswärme vorhanden sein, doch bin ich überzeugt, daß er durch andere Effekte kompensiert wird, zum Beispiel der Wärmeübertragung, die von der Rotationsgeschwindigkeit des Fadens abhängt, was wir durch Versuche mit verschiedenen geschwind rotierenden Fäden zeigen konnten. Betrachtet man das Drehungsdichteprofil des Fadens, so sieht man, daß bei einem konventionell hergestellten Faden der Drehungssprung sehr gering ist, und zwar zwischen dem Heizereingang und dem Punkt, an dem sich die Drehung aufbaut. Im Gegensatz dazu haben wir bei einem langsam gesponnenen Material einen sehr hohen Drehungsdichtesprung. Berechnet man die axiale Geschwindigkeit des Fadens, so sieht man große Unterschiede in der Umfangsgeschwindigkeit, aus der sich die stark verschiedenen Wärmeübertragungsverhältnisse erklären. Ich stimme daher mit Herrn Dr. Morris überein, daß es keine Unterschiede in der Wärmeübertragung selbst sind, sondern nur unterschiedliche Effekte auf die Kräuselung.

Weissbeck: Können Sie eine physikalische Erklärung für die besseren Kräuselwerte bei Polyester mit niedrigem Verstreckungsgrad geben im Vergleich zu Polyamid mit höherem Verstreckungsgrad?

Morris: Wir haben dafür keine Erklärung. Verschiedene Polyamide zeigten unterschiedliche Ergebnisse, je nach ihrer Provenienz; es sind die Verhältnisse bei Polyamid weitaus unklarer als bei Polyester.

Die Verarbeitung von Chemiefasern auf der Superkarde

Dipl.-Ing. Hans Landwehrkamp, Ingolstadt

Die technologischen Grundlagen des Kardierens von Chemiefasern umfassen: Speisung, Vorauflösung am Vorreißer, Kardierung und Abnahme.

Der Aufbau und die Funktion der Superkarde werden beschrieben und die Verarbeitung von Chemiefasern unter Berücksichtigung des Einflusses der Stapellänge, der Kardierergergebnisse und der Garnwerte diskutiert.

Anschließend wird die Superkarde in der Produktionslinie gesehen, und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ergänzen die Ausführungen.

The technology of carding of man-made fibres comprises: feeding, opening by taker-in, carding and doffing.

The design and function of the Superkarde are described and carding of man-made fibres considering the influence of staple length, carding results and yarn properties are discussed.

Finally the Superkarde is seen in the production line and economic calculations complete the talk.

1. Einleitung

Das Kardieren synthetischer Fasern erfolgt unter anderen technologischen und anwendungstechnischen Aspekten als beispielsweise das der Baumwolle. Ist bei der Baumwolle neben der Auflösung der Flocke und der Parallelisierung der Fasern die Reinigung des Fasermaterials von ausschlaggebender Bedeutung, vor allem im Hinblick auf die Verarbeitung auf Rotorspinnmaschinen, so steht bei den Chemiefasern die Reinigung nicht mehr im Vordergrund. Hier geht es vor allem darum, die Vorlage bis zur Einzelfaser möglichst nissenfrei aufzulösen und für eine gute Parallelisierung der Fasern zu sorgen.

Die Möglichkeiten, die wir heute für das Kardieren von Chemiefasern haben, sind:

- die Krempel mit Arbeiter und Wender,
- die Wanderdeckelkarde,
- die Karde mit stationären Deckelsegmenten.

Im folgenden sollen einige grundsätzliche Aspekte zu diesem Fragenkomplex behandelt werden. Dabei spielt die Stapellänge der Chemiefasern eine wichtige Rolle. Chemiefasern sind hauptsächlich im Stapelbereich von 40 mm über 60 mm bis 80 mm angesiedelt, also im Bereich der Kurz- bzw. Mittelstapelfasern. Dieser Stapelbereich hat sich vor allem aus wirtschaftlichen Gründen mehr und mehr in den Bereich der 3-Zylinderspinnerei verlagert. Nahezu alle auf dem Markt befindlichen Spinnereimaschinen der Kurzfaserspinnerei sind auch in der Lage, Faserlängen bis 60 und 80 mm zu verarbeiten.

Die Frage, ob nicht für verschiedene Garne bzw. Fertigartikel grundsätzlich kürzere Fasern als 60 oder

80 mm eingesetzt werden können, braucht in diesem Zusammenhang nicht näher erörtert zu werden.

Wenn wir also heute über die Kardierung von Chemiefasern sprechen, so muß dies über den reinen Kurzfaserbereich hinaus auch die Faserlängen von 60 oder 80 mm einschließen. Nur so läßt sich die heute mehr denn je notwendige Flexibilität in der Spinnerei erreichen. Die Marktanforderungen wechseln heute so schnell, daß es sich kein Spinner leisten kann, seine Produktion auf solchen Maschinen durchzuführen, die nur für bestimmte Fasertypen gebaut wurden.

Gerade der sogenannte Mittelstapelbereich ist deswegen von besonderem Interesse, weil er dem Kurzstapelspinner die Herstellung solcher Garne ermöglicht, die früher dem Kammgarn- oder Halbkammgarnspinner vorbehalten waren. Es ist deswegen kein Wunder, daß dieser Bereich — was das Kardieren betrifft — sowohl von der Technologie der Kurzstapelverarbeitung als auch von der der Langstapelverarbeitung her angegangen wurde, und wir es heute mit den drei eingangs erwähnten Karden- oder Krempeltypen zu tun haben.

Am Beispiel der Superkarde von SCHUBERT & SALZER sollen nachfolgend einige grundsätzliche Überlegungen zur Technologie und Wirtschaftlichkeit des Kardierens von Chemiefasern angestellt werden. Eine Anzahl Maschinen dieses Typs laufen bereits heute in verschiedenen Spinnereien, und zwar sowohl mit Baumwolle als auch mit Chemiefasern von 40, 60 und 80 mm Faserlänge (Abb. 1). In ihrer Konzeption stellt die Superkarde eine Weiterentwicklung der Hochleistungskarde dar, die ihrerseits wiederum aus der Normalkarde hervorgegangen ist. Wesentliches Merkmal dieser Maschine ist die Möglichkeit der Produktionssteigerung bis 100 kg/h bei einwandfreier Kardenbandqualität, großer Flexibilität und Wirtschaftlichkeit.

Die Gründe, die SCHUBERT & SALZER bewogen haben, sich für die Beibehaltung des Wanderdeckelprinzips zu entscheiden, liegen vor allem darin, daß der Garnhersteller bereits aus Investitionsgründen gezwungen ist, sowohl für Baumwolle als auch für synthetische Fasern in seinem Spinnprozeß ein universelles Kardieraggregat einzusetzen. Ein besonderes Gewicht erhält diese Überlegung für die Verarbeitung von Mischgespinnsten aus Baumwolle und Chemiefasern



Abb. 1: Superkarden im Einsatz für die Verarbeitung von Chemiefasern

sern, deren Anteil immer mehr Bedeutung auch im Kurzfaserbereich erhalten wird.

Welcher Grad an Flexibilität dem Spinner heute zugemutet wird, das haben wir alle in den letzten Jahren durch das Auftauchen und Zurückgehen der sogenannten Jeans-Welle erlebt.

Niemand kann heute vorher sagen, welche Anforderungen der Markt in 2 oder 3 Jahren stellen wird, und man tut deswegen gut daran, die Möglichkeiten eines sich ändernden Marktbedarfs auch bei seinen Investitionen in der Karderie zu berücksichtigen.

Nun ist es sicher nicht ohne weiteres möglich, die Produktion der bestehenden Hochleistungskarden auf die genannte Leistung bis 100 kg/h hinaufzutreiben. Versuche in dieser Richtung zeigten, daß durch die übermäßige Beanspruchung der Karden Verschleiß und Schäden auftraten, auch wenn die technologischen Ergebnisse auf den ersten Blick gar nicht einmal so schlecht ausfielen. Einer echten Produktionssteigerung, die über lange Zeit aufrecht erhalten werden kann, muß jedoch auf jeden Fall die Konstruktion der Maschine angepaßt sein.

Welche Gesichtspunkte hierbei zu berücksichtigen sind, soll im folgenden an den einzelnen Arbeitsstellen der Karde erläutert werden.

2. Technologische Gesichtspunkte des Kardierens von Chemiefasern

Bei der Verarbeitung von Chemiefasern auf Wanderdeckelkarden gilt es in erster Linie, die spezifischen Eigenschaften der Chemiefasern zu beachten (Faserstruktur, Faseroberfläche, Kräuselung, Empfindlichkeit gegen thermische Beanspruchung usw.).

Je länger der zu verarbeitende Stapel ist — und wir bewegen uns hier im Bereich zwischen 40 und 80 mm — umso größer werden die Probleme bei der Verarbeitung.

Als weiteres Kriterium bei der Verarbeitung von Chemiefasern kommt hinzu, daß zwar weitgehend auf eine Reinigung des Fasermaterials verzichtet werden kann.

Jeder Spinner weiß aber aus Erfahrung, daß die ihm in Ballen angelieferte Chemiefaser nicht so sauber ist, wie es auf den ersten Anschein aussehen mag, so daß auch hier auf eine Reinigung nicht völlig verzichtet werden kann. Diesen hohen Anforderungen müssen die Auflöse- und Kardierelemente der Karde, vor allem die Garnituren, angepaßt und optimal aufeinander abgestimmt sein.

Speisung

Die Vorlage des Fasermaterials erfolgt, wie es bei Hochleistungskarden heute üblich und notwendig ist, mittels Flockenspeisung.

Charakteristisch für die Vorlage aus der Flockenspeisung ist die gegenüber der Wickelvorlage wesentlich weniger gepreßte Vorlage und auf der anderen Seite das höhere Metergewicht des einlaufenden Materials. Diesen Aspekt gilt es vor allem bei der Verarbeitung von Chemiefasern zu berücksichtigen. Während wir es bei der Baumwolle mit Flocken zu tun haben, die sehr stark miteinander verbunden und verschlungen sind und eine hohe Wirrlage aufweisen,

ist dies bei Chemiefasern weniger der Fall. Gerade hier ist jedoch eine sorgfältige und zuverlässige Zuführung der Vorlageflocke zum Vorreißer eine der wesentlichsten Voraussetzungen für ein erfolgreiches Kardieren.

Bedingt durch die auf 1,50 m vergrößerte Kardierbreite der Superkarde war eine grundsätzliche Neudimensionierung der Zuführwalze und der Speisemulde erforderlich (Abb. 2).

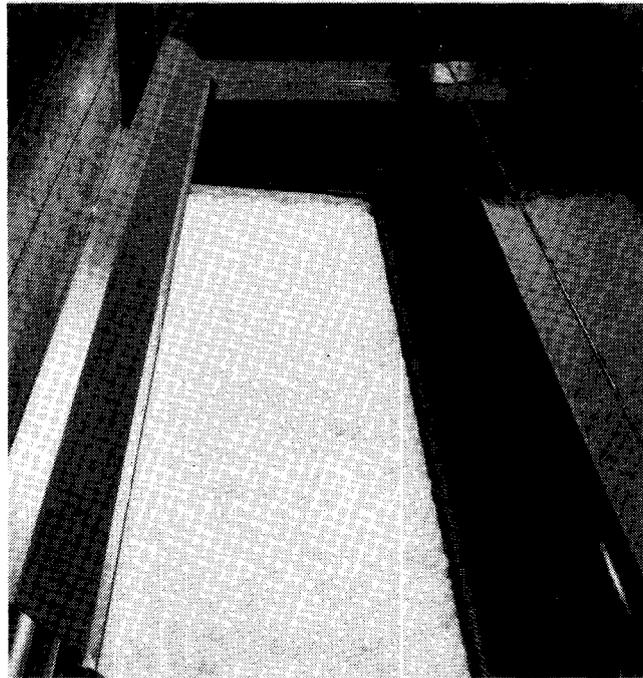


Abb. 2: Einzug der KU 12 mit Garniturwalze und Mulde (geöffnet)

Hier wird durch eine Vergrößerung des Einzugswalzendurchmessers und eine stärkere Belastung derselben sowie durch die Verwerdung einer Spezialgarnitur anstelle der meist üblichen Riffelwalzen eine kontrollierte Rückhaltung der Fasern erzielt. Gleichzeitig wird das Herauslösen von Faserflocken durch den Vorreißer erleichtert, was insbesondere für die Kardierung längerer Stapel erforderlich ist, um die Gefahr einer Stapelschädigung zu vermeiden. Je besser voraufgelöst die Flocke der Karde zugeführt wird, desto gründlicher und schonender wird die Feinstauflösung zur Einzelfaser vor sich gehen. Chemiefasern sind hier in besonderer Weise in der Gefahr der thermischen Schädigung, womit die Vorauflösung eine besondere Bedeutung gewinnt. Die meisten Flockenspeisungssysteme tragen dem dadurch Rechnung, daß im Füllschacht eine zusätzliche Auflösestelle angeordnet ist, welche gleichermaßen für eine kleine Flockengröße und eine gleichmäßige Verteilung dieser Flocken im unteren Füllschacht sorgt (Abb. 3).

Vorauflösung am Vorreißer

Die hohe Produktion der Hochleistungskarden bringt auch im Bereich des Vorreißers technologische Probleme mit sich. Die für das Kardieren erforderlichen hohen Kardiergeschwindigkeiten dürfen nicht dazu

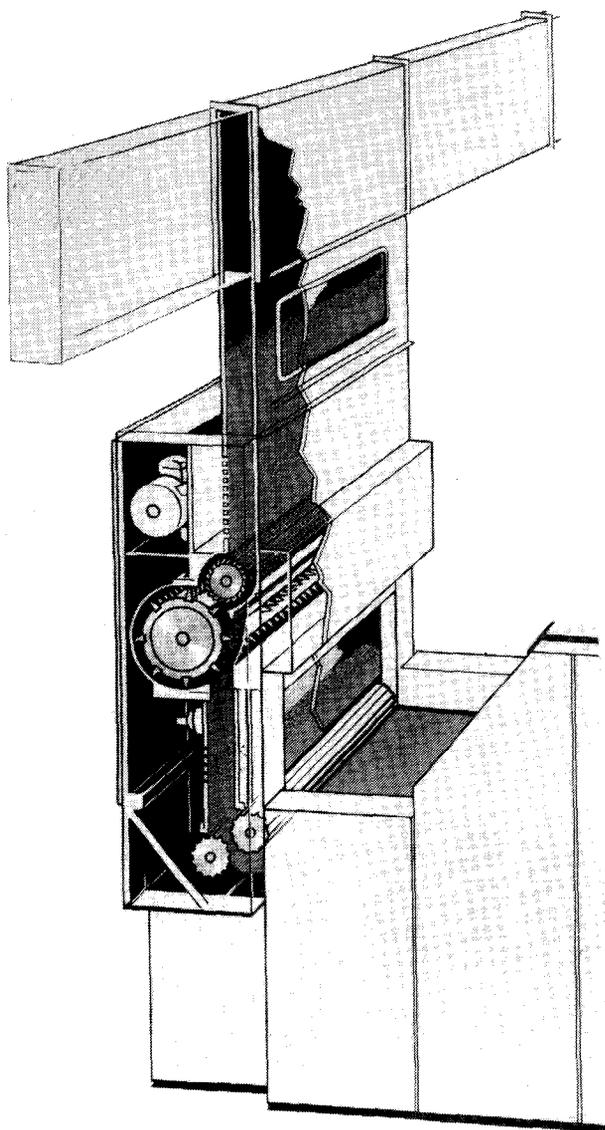


Abb. 3: Flockenspeisungssystem — Füllschacht mit Auflösestelle

führen, daß die Auflösearbeit das Opfer der hohen Drehzahlen wird. Bei der *Superkarde* wurde deswegen das Konzept der Vorauflösung so abgeändert, daß 2 miteinander zusammenarbeitende Vorreißer verwendet werden, die die erforderliche gründliche und schonende Vorauflösung der Flocke erlauben (Abb. 4).

Diese Anordnung beruht auf der Erkenntnis, daß ein Vorreißer grundsätzlich nur imstande ist, aus der vorgelegten Watte Flocken, kaum aber Einzelfasern herauszulösen. Je gleichmäßiger verteilt diese Flocken an den Tambour abgegeben werden, desto intensiver kann die eigentliche Auflösung zwischen Tambour und Deckeln vor sich gehen¹. Durch die gewählte Anordnung der Vorreißer wird das Fasermaterial erst dann an den Tambour abgegeben, wenn es zu kleinsten Flocken voraufgelöst wurde, und somit eine homogene Faserbelegung der Tambouroberfläche sichergestellt ist.

Die Vorreißerdrehzahlen können beim oberen Vorreißer zwischen 940 und 1770 U/min und beim unteren Vorreißer zwischen 440 und 830 U/min variiert wer-

den. Die Wahl der richtigen Vorreißerdrehzahl hängt nicht nur von der Auskämmung an der Speisemulde ab, sondern auch davon, wie die Faserflocke an den Tambour übergeben wird. Vorreißer- und Tambourgeschwindigkeiten stehen hier in einem „Abhängigkeitsverhältnis“. Eine Steigerung der Vorreißerdrehzahl ohne gleichzeitige Steigerung der Tambourdrehzahl würde zu Nissenbildung und somit zu einem schlechteren Kardierergebnis führen.

Über die Möglichkeiten der Drehzahlvariiierung hinaus sind selbstverständlich alle anderen technologischen Einflußgrößen, wie Vorreißergarnitur, Speisemuldenform, Einstellung, Vorreißer/Mulde etc. von Bedeutung. Auf die bei der Verarbeitung von Baumwolle erforderliche Reinigungswirkung der Messer kann bei Chemiefasern meist verzichtet werden. In diesem Fall werden die Messer entsprechend weit abgestellt.

Für eine intensive, gleichzeitig aber schonende Auflösearbeit ist ein niedrigeres Vorlagegewicht mit schnellem Materialdurchsatz einer schweren Vorlage vorzuziehen. Für Chemiefasern haben sich Vorlagegewichte zwischen 400 und 700 g/m² als geeignet erwiesen.

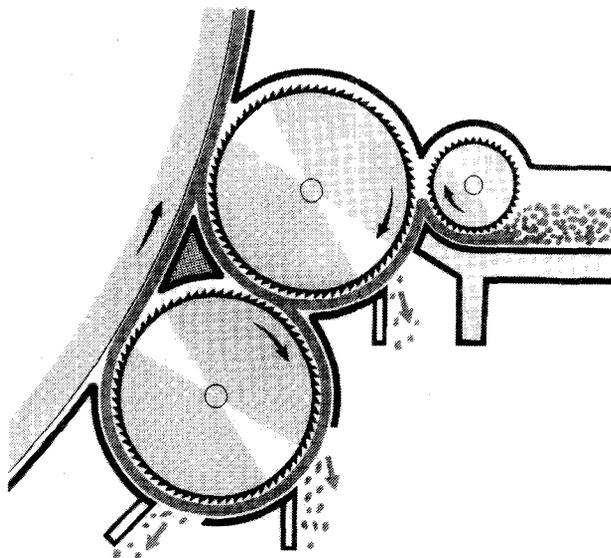


Abb. 4: KU 12 — Einzug und Vorauflösung durch 2 Vorreißer

Kardierung

Die Kardierqualität einer Karde hängt einerseits von der gleichmäßigen Verteilung der Fasern auf der Tambouroberfläche ab, zum anderen von der Einstellung der Deckel zum Tambour und den entsprechenden Garnituren.

Die Forderung nach einer Vergrößerung der technologisch wirksamen Kardierfläche läßt sich grundsätzlich durch folgende Maßnahmen realisieren:

- Steigerung der Drehzahlen,
- Größere Maschinenbreite,
- Vergrößerung des Trommeldurchmessers.

Es hat in den vergangenen 15 Jahren nicht an Versuchen gefehlt, Karden mit höheren Tambourdreh-

zahlen zu entwickeln, wobei dann meistens der Tambourdurchmesser entsprechend verkleinert wurde. Daß dies keine Vergrößerung der technologisch wirksamen Kardierfläche bringt, ist klar. Eine Steigerung der Tambourdrehzahl ist nur dann sinnvoll, wenn gleichzeitig der Tambourdurchmesser zumindest beibehalten wird. Sie wurde bereits in der Vergangenheit beim Übergang von der Normkardie auf die Hochleistungskardie erforderlich, um die spezifische Garniturbelastung durch den höheren Materialdurchsatz in etwa konstant zu halten.

Gegenüber den Normkarden mit 180 Tambourtouren laufen heute die Hochleistungskarden mit 350 bis 400 Tambourtouren.

Eine weitere Steigerung der Tambourdrehzahl auf max. 600 U/min wurde auf der *Superkardie* erstmals realisiert. Diese Drehzahl wird bei der Verarbeitung von Baumwolle voll ausgenützt.

Für die Chemiefaserkardierung müssen einerseits wegen der thermischen Empfindlichkeit der Chemiefasern, andererseits wegen der meist größeren Stapellänge die Tambourdrehzahlen reduziert werden, so daß hier Drehzahlen von 300 bis 400 U/min nicht überschritten werden sollten. In diesem Bereich ist ein faserschonendes Kardieren gewährleistet, welches durch die verbesserte Vorauflösung begünstigt wird.

Eine Vergrößerung des Tambourdurchmessers über die heute üblichen rund 1300 mm hinaus wäre konstruktiv mit erheblichem Aufwand und zusätzlichen Kosten verbunden, so daß sich hier für die Zukunft keine grundsätzlichen Änderungen ergeben dürften.

Anders sieht es mit der Vergrößerung der Maschinenbreite aus. Die Maschinenbreite wird nicht so sehr durch die Trommel selbst, sondern durch die mit ihr zusammenarbeitenden Aggregate bestimmt. Bei Walzenkrepeln sind Tambourbreiten von 2,50 m heute normal. Entschließt man sich hingegen, das Prinzip der Wanderdeckelkardie aus den eingangs erwähnten Gründen beizubehalten, dann dürfte sich hier aus konstruktiven Gründen eine maximale Arbeitsbreite von 1,50 m als oberste Grenze ergeben, so wie sie auf der *Superkardie* verwirklicht wurde. Gegenüber der 1 m breiten Kardie bedeutete dies eine Steigerung der effektiven Kardierfläche um 50 %.

Deckel oder Arbeiter/Wender?

Bei der Behandlung dieser Frage muß festgestellt werden, daß bei der Kardierung mittels Deckel eine geschlossene Kardierfläche entsteht gegenüber mehreren hintereinander folgenden Kardierlinien mittels Arbeiter und Wender. Eine geschlossene Kardierfläche ist in ihrer Wirkung wesentlich intensiver als eine punktuelle Kardierstelle. Damit wird einerseits eine bessere Auflösung der Fasern erreicht, andererseits nimmt jedoch die Gefahr von Faserbeschädigungen zu. Letzteres tritt besonders stark bei langen Fasern in Erscheinung, weswegen für die Langfaserkardierung mit Sicherheit dem Arbeiter/Wender-Prinzip der Vorzug zu geben ist.

Eine intensive Kardierung mittels Deckel ist hingegen besser imstande, dem aufgelösten Faserverband den „Strich“ zu geben, d. h. die Parallellage im abgelieferten Band ist deutlich besser.

Eine Möglichkeit, die Vorteile beider Systeme mit-

einander zu kombinieren, stellt die sogenannte Doppelkompaktkrepel dar, bei welcher 2 Tamboure hintereinander angeordnet werden, von denen der erste Tambour mit Arbeiter/Wender-Paaren ausgerüstet ist, der zweite Tambour mit stationären Deckelsegmenten (Abb. 5). Hierbei wird das Fasermaterial auf dem ersten Tambour voraufgelöst, während es auf dem zweiten Tambour zu Einzelfasern mit guter Parallellage kardiert wird.

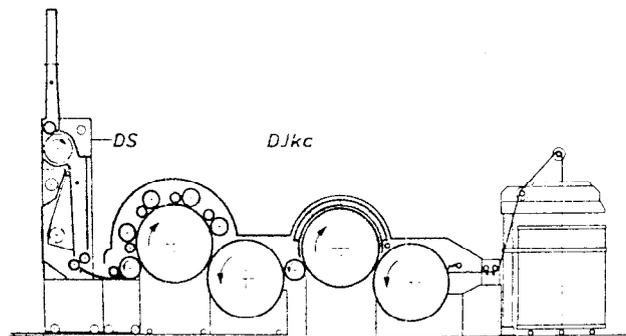


Abb. 5: Doppel-Kompaktkrepel Typ 850 DJKc von Hergeth²

Der Vorteil der geschlossenen Kardierfläche, der sich durch die Verwendung von Deckeln (egal, ob Wanderdeckel oder stationär) ergibt, kann nur dann ausgenützt werden, wenn vorher eine sehr gute Vorauflösung stattgefunden hat. Diese erfolgt bei der Doppelkompaktkrepel durch die bereits erwähnte doppelte Vorreißerkombination.

Die geschlossene Kardierfläche läßt sich sowohl durch den Einsatz von Wanderdeckeln als auch von stationären Deckelsegmenten erreichen.

Der augenfälligste Vorteil der Wanderdeckel besteht zweifellos darin, daß diese imstande sind, Deckelstrips, d. h. Schmutz, Nissen, Kurzfasern usw., auszuscheiden. Die Praxis hat gezeigt, daß auch für die Chemiefaserkardierung die zusätzliche Reinigungswirkung durch den Deckelstrips durchaus wünschenswert ist.

In jeder Partie finden sich Grobfasern, verschweißte Faserbüschel etc., die später während der Verarbeitung störend wirken. Eine Entfernung dieser Substanzen ist sowohl aus verarbeitungstechnischen, vor allem aber aus qualitativen Gründen erforderlich.

Verglichen mit den stationären Deckelsegmenten, stellen die Wanderdeckel in ihrer Zusammenarbeit mit dem Tambour keine 100%ig geschlossene Kardierfläche dar, sondern eine Hintereinanderreihung von einzelnen Kardierzonen. Darüberhinaus liegen die Deckel nicht exakt tangential zur Tambouroberfläche, sondern in einem gewissen Winkel auf. Somit kann eine einlaufende Flocke eher in die Deckelgarnitur ausweichen, als dies bei stationären Deckelsegmenten der Fall ist.

Beim Einsatz stationärer Deckelsegmente muß deren Garnierung so ausgewählt werden, daß ein Zusetzen auch nach längerer Laufzeit nicht eintreten kann. Das bedeutet, daß die Garnitur niedrig sein sowie die Zahnform einen entsprechenden Winkel aufweisen

muß, um die Garniturfüllung möglichst gering zu halten.

Im Gegensatz dazu kann bei der Verwendung von Wanderdeckeln die Deckelgarnitur ausschließlich im Hinblick auf ihre optimale Kardierwirkung ausgewählt werden, eben weil die Deckel kontinuierlich von ihrer Füllung wieder befreit werden. Wanderdeckelgarnituren haben meist eine Spitzenhöhe von 5,5 mm, während die Ganzstahlgarnituren eines stationären Deckelsegments nur eine Zahnhöhe von rd. 2 mm haben. Die Speicherwirkung der letzteren Garnitur ist damit ausgesprochen gering.

Dies soll nicht heißen, daß der Einsatz stationärer Deckelsegmente anstelle von Wanderdeckeln grundsätzlich nachteilig wäre. Zu ihren Gunsten spricht, daß der Deckelstripsabgang eingespart werden kann, was einen nicht unbeträchtlichen Kostenfaktor in der Rentabilitätsrechnung darstellt. Ob dieser Vorteil jedoch ausreicht, um die nicht zu übersehenden Nachteile aufzuwiegen, muß von Fall zu Fall entschieden werden. Hier eine Gegenüberstellung der jeweiligen Vor- und Nachteile der beiden Deckelsysteme:

Vorteile der Wanderdeckel:

1. Die Garnitur kann ausschließlich nach kardier-technologischen Gesichtspunkten gewählt werden, da die Gefahr des Zusetzens nicht gegeben ist.
2. Die Speicherfähigkeit, auch bei hoher spezifischer Flächenbelegung durch das Fasergut, ist gut.
3. Die Kardierung erfolgt durch die große Spitzenhöhe und Ausweichmöglichkeit für die Faserflocken stapelschonend.
4. Nissen, Noppen und Fremdbestandteile im Fasergut werden ausgeschieden.
5. Das Nachschleifen der Deckelgarnituren ist problemlos.
6. Eine visuelle Überwachung des Deckelgarniturenzustands ohne Demontage ist jederzeit möglich.

Nachteil der Deckelgarnituren:

Anfall eines gewissen Prozentsatzes von Deckelstrips, doch läßt sich die Stripsmenge sowohl durch die Einstellung des Stripsblechs als auch durch die Deckellaufgeschwindigkeit in weiten Grenzen beeinflussen.

Vorteile der stationären Deckelsegmente:

1. Es gibt keine bewegten Teile, somit bestehen keine Verschleißprobleme an Antriebsorganen.
2. Kein Deckelstrips.
3. Eine unterschiedliche Garnierung der verschiedenen Platten ist möglich. So läßt sich beispielsweise, in Faserlaufichtung gesehen, die erste Platte mit einer groben Garnitur und die nachfolgenden Platten mit einer jeweils feineren Garnitur beziehen, was bei Wanderdeckeln natürlich nicht möglich ist.

Nachteile der stationären Deckelsegmente:

1. Die Speicherwirkung ist gering und damit bestehen wenig Ausweichmöglichkeiten für einlaufendes Fasermaterial, vor allem bei hohen Produktionen.
2. Ein Zusetzen der Garnitur muß unter allen Umständen verhindert werden. Damit wird die Auswahl einer geeigneten Garnitur problematischer als bei Wanderdeckeln.

3. Der Garniturzustand läßt sich nicht ohne Demontage auf Verschleiß oder Beschädigung überprüfen.
4. Bei stationären Deckeln tritt mit der Zeit ebenfalls eine gewisse Garniturfüllung ein, die jedoch in unregelmäßigen Intervallen wieder abgegeben wird und zu einer unkontrollierten Verschmutzung des Kardenvlieses führen kann.

Neben den kardier-technologischen Gesichtspunkten ist folgende Überlegung, die die Lebenserwartung bzw. den Verschleiß der Deckelgarnituren betrifft, erwähnenswert: 104 Wanderdeckel, wie sie auf der Superkarde eingesetzt sind, haben eine gesamte Kardierfläche von rd. 4,4 m², wovon sich jeweils 42 Deckel, d. h. 1,7 m², im Einsatz befinden.

Die Kardierfläche von stationären Deckelsegmenten beträgt bei der Verwendung von 3 Deckeln rd. 1,4 m² und bei 4 Deckeln rd. 1,9 m².

Damit beträgt jedoch beim Wanderdeckel die gesamte für das Kardieren zur Verfügung stehende Deckelfläche das nahezu Dreifache des stationären Deckels, was nichts anderes heißt, als daß die Garniturbelastung für eine bestimmte Produktionsmenge dreimal geringer ist.

Die heute bekannten Preise für stationäre Deckel sind mit denen für Wanderdeckel durchaus vergleichbar. Bei 3 Deckelsegmenten ergibt sich ein leichter Preisvorteil zugunsten der stationären Segmente; bei 4 Segmenten ist der Wanderdeckel etwas kostengünstiger. Das bedeutet fürs gleiche Geld einmal eine nutzbare Kardierfläche von 1,4—1,9 m², im anderen Fall eine nutzbare Fläche von 4,4 m². Entsprechend größer ist die Lebenserwartung der Wanderdeckelgarnitur.

Das gegenüber konventionellen Deckeln beträchtlich größere Deckelgewicht bei der KU 12 erforderte auch konstruktiv neue Lösungen. So laufen die Deckel auf einer Lauffläche, die durch ein Federstahlband gebildet wird. Die Deckelkette wurde durch einen sich nicht längenden Zahnriemen mit Stahleinlage ersetzt (Abb. 6).

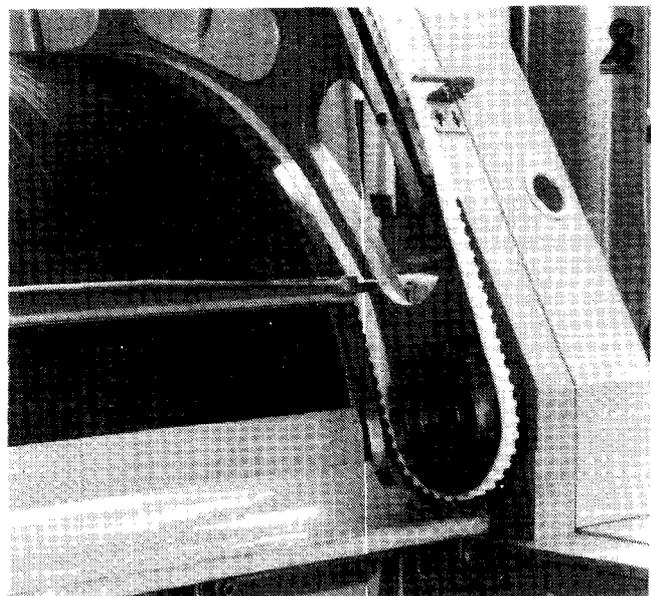


Abb. 6: KU 12 — Deckelführung mit Zahnriemen und Lauffläche aus Federstahlband

Abnahme

Neben den bereits besprochenen Kriterien für die Kardierfähigkeit spielt der Faserübergang vom Tambour auf den Abnehmer eine wesentliche Rolle. Je besser der Faserübergangsfaktor, desto niedriger ist bekannterweise die Tambourfüllung, was eine unbedingte Voraussetzung für das Hochleistungskardieren ist.

Die beste Möglichkeit, einen hohen Faserübergangsfaktor zu erhalten, besteht in einer möglichst engen Einstellung zwischen Tambour und Abnehmer sowie in einem großen Brustwinkel der Abnehmergarnitur. Eine Einstellung Tambour/Abnehmer von 3/1000“ bis 4/1000“ ist notwendig und muß durch eine entsprechend stabile Maschinenkonstruktion realisierbar sein.

Die Meßverfahren für die Ermittlung des Faserübergangsfaktors sind an anderer Stelle ausführlich beschrieben worden³ und brauchen deswegen hier nicht mehr erläutert zu werden. Erwähnung verdient jedoch die Feststellung, daß durch die konstruktive Gestaltung der Übergangszone vom Tambour zum Abnehmer der „Strich“, d. h. die Parallellage der Fasern auf dem Abnehmer, wesentlich beeinflusst werden kann, insbesondere durch die Gestaltung des Spitzblechs und der Rostzunge sowie durch die Gestaltung der Luftführung an dieser Stelle. Einerseits ist die Häkchenbildung beim Übergang der Fasern vom Tambour auf den Abnehmer mit der Dominanz der Schlepphäkchen unbestritten. Trotz aller Versuche ist es bisher nicht gelungen, die Entstehung der Häkchen zu vermeiden. Andererseits bietet die Deckelkarde einen Grad der Faserparallelisierung im Vlies, der bislang von keiner Walzenkrempeel erreicht werden konnte.

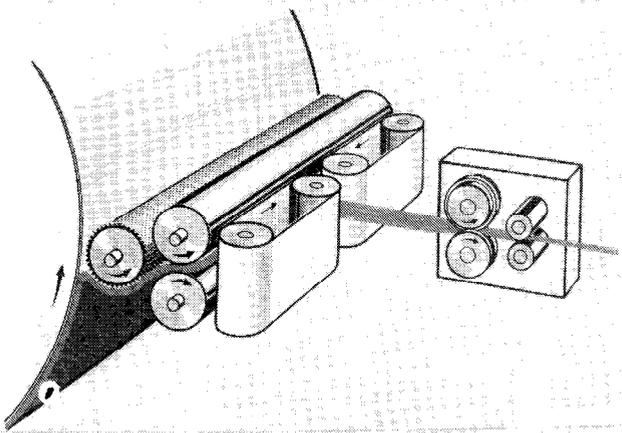


Abb. 7: Walzenabzug mit Querband (schematisch)

Bei der Kardierung mit hohen Produktionsgeschwindigkeiten sind an die Vliesabnahme besondere Anforderungen zu stellen. Die Abnahme mit Hilfe von Walzenabzügen anstelle des Hackers ist heute allgemein üblich. Probleme können entstehen, wenn bereits auf der Karde relativ feine Vliesgewichte bzw. Bandnummern erzeugt werden sollen, was vom technologischen Standpunkt aus durchaus wünschenswert ist. Das Einreißen des Vlieses bei hohen Liefergeschwindigkeiten, was immer wieder zu Störungen und Stillständen führt, wurde auf der KU 12 durch 2 kombinierte Maßnahmen wirksam verhindert:

1. Durch die Vliesteilung auf dem Abnehmer und die Ablieferung in 2 Kannenstöcke wird die Abnehmer- und damit die Vliesgeschwindigkeit auf die Hälfte reduziert.
2. Selbst bei dieser reduzierten Geschwindigkeit, die immer noch bis 150 m/min betragen kann, ist ein sicherer Vliestransport problematisch. Hier findet ein sog. Querbandabzug Verwendung, dessen Aufbau und Funktion aus Abbildung 7 hervorgeht.

Die mit diesem Abzug kombinierten Vliesquetschwalzen werden bei der Chemiefaserverarbeitung entlastet und dienen als Transportwalze.

Regulierung

Das Kapitel Vliesabnahme wäre unvollständig ohne die Erwähnung der Regulierungsmöglichkeiten auf der Karde. Die Erkenntnis, daß im Spinnprozeß eine notwendige Regulierung so früh wie möglich stattfinden muß, wurde bereits auf Hochleistungskarden mit den verschiedenen Regulierungssystemen der Kurz- und Langzeitregulierung realisiert.

Bei der von SCHUBERT & SALZER angebotenen Kardenregulierung (Abb. 8) handelt es sich um eine am Ausgang angeordnete Kurzzeitregulierung, bei der das Kardenband durch ein Nutwalzenpaar abgetastet wird und durch ein nachfolgendes Verzugswalzenpaar mit $\pm 20\%$ ausreguliert wird.

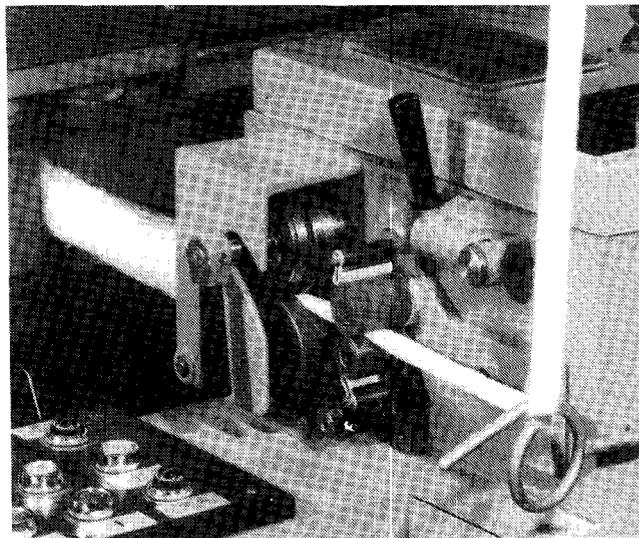


Abb. 8: KU 12 — Kurzzeit-Regulierungseinrichtung

3. Kardierergebnis der KU 12

Die bereits erwähnte Produktionsleistung von max. 100 kg/h der Superkarde ist das Resultat einer konsequenten technologischen Weiterentwicklung des bestehenden Kardierprinzips und einer Neukonstruktion, über die bereits an anderer Stelle ausführlich berichtet wurde¹.

Für den Spinnereipraktiker ist neben der Produktionsleistung die Frage nach der Qualität des Kardierprozesses das Wichtigste. Anders gefragt: Wird die hohe Produktion mit einem Abfall der Band- und Garnqualität erkauft?

Ein Praxisbeispiel aus einer deutschen Spinnerei, in welcher *Superkarden* für die Verarbeitung von Chemiefasern eingesetzt werden, soll hier stellvertretend für viele ähnlich lautende Ergebnisse genannt werden (Tab. 1).

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Superkarde und Hochleistungskarde

| Material | Orlon 1,7/40 | Orlon 1,7/40 |
|-------------------------|--------------|--------------|
| Produktion (kg/h) | 80 | 35 |
| Garnfeinheit (tex) | 42 | 42 |
| Mittl. Bruchlast (g) | 358 | 369 |
| CV der Bruchlast (%) | 15,7 | 13,9 |
| Rkm (CN tex) | 15,1 | 15,3 |
| Mittl. Bruchdehnung (%) | 19,7 | 19,9 |
| U % | 13,75 | 14,30 |
| Dickstellen pro 1000 m | 34 | 43 |
| Dünnstellen pro 1000 m | 102 | 96 |
| Nissen pro 1000 m | 24 | 83 |

4. Die Karde in der Produktionslinie

Mit dem Einsatz einer Wanderdeckelkarde für 80 bis 100 kg/h läßt sich erstmals eine direkte Produktionslinie, bestehend aus Kastenspeiser, Feinöffner, Flockenspeisung, *Superkarde*, 1 oder 2 Streckpassagen und Rotorspinnmaschine, realisieren (Abb. 9).

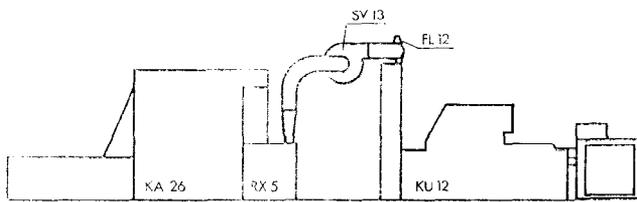


Abb. 9: Kurzzug für die Verarbeitung von Chemiefasern, bestehend aus: Kastenspeiser, Reservebox mit Kirschnerflügel, Flockenspeisung und *Superkarde*

Bei der Herstellung von Mischgarnen erfolgt die Öffnung und Kardierung der beiden Komponenten getrennt. Die Bänder werden an der Karde reguliert und anschließend auf den nachfolgenden Streckpassagen gemischt und dubliert. Alternativ hierzu ist die Regulierung der Komponenten auf der ersten Streckpassage möglich. Anschließend sind jedoch zwei weitere Passagen zur Mischung und Dublierung erforderlich (Abb. 10).

Gerade an diesem Beispiel wird deutlich, daß die Kardenregulierung nicht nur eine Alternative zur Streckenregulierung darstellt, sondern die Einsparung einer Streckpassage ermöglichen kann.

Eine Umstellung von 100 % Chemiefasern auf 100 % Baumwolle oder aber die Herstellung von Mischgarnen ist hierbei ohne großen Aufwand möglich.

5. Wirtschaftliche Gesichtspunkte

Die Einführung einer Karde mit einer Stunden-

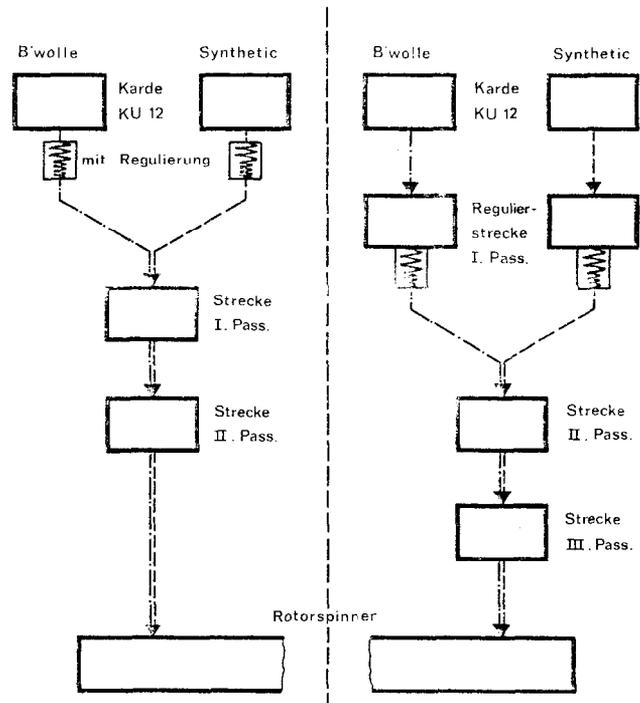


Abb. 10: Produktionslinie für die Herstellung von Mischgarnen. Links mit Kardenregulierung; rechts mit Streckenregulierung

leistung von 100 kg in die 3-Zylinder- oder Rotorspinnerei schafft neue Gesichtspunkte für die Aufstellung von Rentabilitätsberechnungen. Für die gleiche Produktion mußten vor ca. 25 Jahren noch 20 bis 30 Karden eingesetzt werden. Natürlich kostet eine solche Karde beträchtlich mehr als eine Normalkarde aus dem Baujahr 1955. Insgesamt gesehen hat sich jedoch das Preis/Leistungsverhältnis zugunsten der hochproduktiven Maschinen verbessert.

Zusätzliche Vorteile ergeben sich:

- durch einen im Vergleich zur konventionellen Karderie geringeren Abfallprozentsatz,
- durch einen höheren Wirkungsgrad,
- durch geringeren Personalbedarf,
- durch bessere Flächennutzung,
- durch geringere Instandhaltungs- und Wartungskosten.

Andererseits wird vielleicht mancher fragen, ob denn gerade die hohe Produktion einer solchen Karde nicht auch besondere Risiken in sich birgt. Überspitzt formuliert: Steht nicht bei Ausfall einer einzigen Superkarde die halbe Spinnerei?

Die konsequente Akzeptierung dieses Arguments würde zu einer grundsätzlichen Infragestellung aller Hochleistungsmaschinen führen. Es ließe sich gegen Hochleistungsstrecken genauso anwenden wie gegen Putzereimaschinen oder Rotorspinner. Tatsache ist jedoch, daß heute Hochleistungsmaschinen ihre Wirtschaftlichkeit in der Spinnereipraxis vielfältig unter Beweis gestellt haben. Warum also sollte es sich mit der Karde anders verhalten?

Sicher ist der Produktionsausfall bei Stillsetzen einer *Superkarde*, z. B. das Nachschleifen oder Neugarnieren, pro Maschine höher, nicht jedoch bezogen auf

die Monats- oder Jahresproduktion insgesamt. Die Wartung und Instandhaltung von z. B. 20 Hochleistungskarden bedingt in jedem Fall einen größeren Produktionsausfall als von 7 *Superkarden*.

6. Zusammenfassung

Ausgehend von der Notwendigkeit, auch in der Karderie zu höherer Wirtschaftlichkeit und größerer Flexibilität zu gelangen, wurde mit der *Superkarde* eine Maschine entwickelt, welche die konsequente Anwendung und Optimierung der Kardiertechnologie beinhaltet.

Die Beibehaltung des Prinzips der Deckelkarde erbringt auch und gerade bei der Verarbeitung von Chemiefasern bei hoher Produktion eine Band- und Garnqualität, die der bisherigen Hochleistungskarde ebenbürtig ist. Die Tatsache, daß heute in einer Anzahl Spinnereien *Superkarde* für die Verarbeitung von Chemiefasern erfolgreich eingesetzt werden, darf wohl als Bestätigung des hier eingeschlagenen Weges gewertet werden.

Literatur:

- 1) Artzt: „Meßtechnische Erfassung der wichtigsten Einflußgrößen bei Hochleistungskarden“; Dissertation TH Stuttgart 1971
- 2) Wirth: „Neue Methoden der Faserverarbeitung für OE-Spinnen“; Textil-Praxis 1187 (1974)
- 3) Kaufmann: „Untersuchungen an der Wanderdeckelkarde“; Dissertation TH Stuttgart 1957
- 4) Landwehrkamp: „Möglichkeiten und Grenzen der Produktionssteigerung von Hochleistungskarden“; Chemiefasern-Text. Ind. 26, 777-781 (1978)

Diskussion

Welzel: Kann man diese Karde auch für die Herstellung von Vliesstoffen verwenden, insbesondere für solche, die schwerer als 50 g/m² sind? Dann haben Sie vielleicht nicht mehr die Schwierigkeiten beim Abzug.

Landwehrkamp: Diese Frage kann ich positiv beantworten. Grundsätzlich ist die KU 12 auch für die Herstellung von Wattedevliesen einsetzbar. Versuche in dieser Richtung erbrachten positive Ergebnisse.

Thoma: Welcher ist der feinste Einzelfasertiter bei einer Stapellänge von max. 80 mm, der verwendet werden kann?

Landwehrkamp: Bis jetzt wurden 80 mm Fasern mit 6,7 und 3,3 dtex verarbeitet. Noch feinere Titer wurden bislang nicht versucht. Bei Bedarf werden wir uns diesem Problem jedoch gerne widmen.

Krause: Ist die Doppelkannenablage in jedem Fall angewendet oder haben Sie auch Konstruktionen mit nur einer Kanne?

Landwehrkamp: Die Ablage in 2 Kannen ist für die *Superkarde* grundsätzlich vorgesehen. Dies ergibt sich aus den hohen Produktionen und den daraus resultierenden hohen Bandgeschwindigkeiten. Bei Einzelbandablagen die Geschwindigkeiten bei über 300 m/min. Durch die Aufteilung in 2 Bänder wird eine Halbierung dieser Geschwindigkeiten erreicht.

Krause: Sind Sie nicht gerade wegen der Doppelbandablage gezwungen, eine Regulierung anzuwenden? Ich könnte mir vorstellen, daß Sie ohne Regulierung große Unterschiede zwischen den beiden Bändern hätten.

Landwehrkamp: Die Speisung im Füllschacht verteilt die Flocken sehr gleichmäßig auf die gesamte Kardenbreite, so daß von da her gesehen eine Regulierung nicht unbedingt erforderlich ist. Allerdings wäre die Verarbeitung solcher unregulierter Bänder ohne eine zwischengeschaltete Streckpassage nicht sinnvoll. Ob die Regulierstelle auf der Karde oder an einer Strecke arbeitet, ist mehr eine Kostenfrage.

Albrecht: Auf Grund Ihrer Ausführungen wird sich mancher Rotorspinner überlegen, ob er nicht etwas kürzere Fasern mit 28 oder 30 mm mit Vorteil einsetzen könnte. Oder bringt das vielleicht Nachteile?

Landwehrkamp: Grundsätzlich bestehen hier keinerlei Nachteile. Die Frage, welche Stapellänge für den Spinnprozeß eingesetzt wird, konnte in diesem Vortrag natürlich nicht behandelt werden. Hierüber entscheiden ausschließlich die Marktforderungen. Deshalb ist ein wesentliches Kriterium für die Kardierung in der Zukunft, daß die Flexibilität über einen größeren Stapelbereich gewahrt bleiben muß. In diesem Punkt verhält sich die *Superkarde* nicht anders als die bisher bekannten Hochleistungskarden.

Albrecht: Die Chemiefasern werden entweder in sogenannter Watteform oder als Stapelpakete angeliefert. Was ist Ihrer *Superkarde* lieber, das Stapelpaket — Auflösungswilligkeiten sollen im Prinzip ähnlich sein — oder die Watte?

Landwehrkamp: Ich würde hier keine Unterschiede machen zwischen der Hochleistungskarde und dem, was heute in der Praxis verarbeitet wird. Die Hochleistungskarde ist praktisch auf dem gleichen technologischen Stand wie auch die *Superkarde*.

Beyreuther: Ich hätte eine Frage bezüglich der dynamischen Eigenschaften der angewandten Regulierung beim Ausgang der Karde. Bei welcher Länge des Bandes funktioniert die Regulierung noch einwandfrei?

Landwehrkamp: Da die Bandgeschwindigkeit wesentlich geringer ist als bei einer Regulierstrecke, können auch kürzere Längen erfaßt werden. Es wäre jedoch falsch, von der Kardierung eine Verbesserung der kurzwelligen Schwankungen zu erwarten. Diese kurzwelligen Amplituden können nur durch einen nachfolgenden Dublierprozeß auf der Strecke vermindert werden. Die Regulierung auf der *Superkarde* ist zwar eine Kurzzeitregulierung, da sie ausgangsseitig abtastet und gleichzeitig reguliert. Wir haben jedoch nicht den Ehrgeiz, damit die kurzwelligen Amplituden zu verringern. Sie ist eine Nummernregulierung, und als solche sollte man sie auch sehen. Die CV σ -Werte für 1 m-Sortierung liegen beispielsweise bei Baumwolle im Bereich von 0,8 bis 1,5 %.

Ankudowicz: Sie haben viel über die Flexibilität der Maschine gesprochen. Wäre es möglich, 2 Arten von Maschinen zu konstruieren, eine speziell für alle Arten von Chemiefasern und eine für verschiedene Sorten von Baumwolle, reine und sehr niedrige Sorten, vor allem wegen der Vorreiber?

Bei den Chemiefasern könnte ja die Reinigungsarbeit entfallen. Wie würde sich das auswirken?

Landwehrkamp: Die Anordnung der beiden Vorreiber ist nicht auf die Verarbeitung von Baumwolle beschränkt. Die Anforderungen an eine gute Kardierung können nur dann erfüllt werden, wenn dafür gesorgt wird, daß die Flocken in gleichmäßiger Belegung auf den Tambour kommen. Es nützt wenig, wenn nur eine Stelle des Tambours übermäßig stark belegt ist und die benachbarte Stelle überhaupt nicht, auch wenn der Mittelwert im normalen Bereich liegen würde. Über die Erzielung einer gleichmäßigen Tambourbelegung gibt es verschiedene Untersuchungen, die teilweise mit Hochfrequenzmessungen und Kurzzeitfotos durchgeführt wurden. Als Ergebnis dieser Forschungsarbeiten wurde die Anordnung der 2 Vorreiber in die KU 12 übernommen, auch und besonders für die Kardierung von Chemiefasern.

Albrecht: Wenn man die Reinigungsarbeit mit 100 kg schafft, kann man dann ohne Reinigungsarbeit bei einer

etwas anders gebaute Maschine vielleicht etwas mehr produzieren?

Landwehrkamp: Sicher wäre mit einer anders gebaute Maschine eine weitere Leistungssteigerung möglich, was ja die heute am Markt befindlichen Kompaktkrempeln beweisen. Es muß jedoch hier eine Trennungslinie gezogen werden zwischen einer reinen Chemiefasermaschine

einerseits und einer universell einsetzbaren Karde, die im Bereich der Kurzfasern bis zu einer Stapellänge von 80 mm ein Höchstmaß an Flexibilität aufweist.

Albrecht: Ich glaube, das war die Antwort. Sie wollen die flexible Maschine, und der Fragesteller fragt nach einer Spezialmaschine, um noch weiter differenzieren zu können.



TREVIRA®

**AUSTRIA FASERWERKE Gesellschaft m.b.H.
A-4860 Lenzing**

Herstellung und Vertrieb von Polyester-Stapelfasern sowie -Konverterkabeln und -Konverterzügen

Polypivalolaktone als textiler Rohstoff

Jan Woestenenk, AKZO Research Laboratories, Arnheim

Seit der Erfindung der Polyacrylnitrilfasern, der Polyamid 66- und 6 Fasern sowie der Polyesterfasern hat man nach weiteren Polymeren geforscht, die eine noch bessere Kombination von Eigenschaften aufweisen.

Hier soll über Untersuchungen berichtet werden, bei denen Polypivalolaktone als Faserrohstoff eingesetzt wurde. Die Herstellung des Monomeren und Polymeren, die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Polymeren und der Fasern sowie die textile Beurteilung dieser sollen behandelt und die daraus abgeleiteten Schlußfolgerungen diskutiert werden.

Since the invention of the polyacrylonitrile fibres, polyamide 66- and 6 fibres and polyester fibres research has been aiming to discover further polymers of an even better combination of properties.

This paper reports about investigations in which polypivalolactone was used as the fibre raw material. The production of monomer and polymer, the chemical-physical properties of polymer and fibres, and their textile estimation are dealt with and conclusions are drawn and discussed.

1. Monomer und Polymer

Polypivalolaktone ist ein aliphatischer Polyester, der aus Hydroxypivalinsäure oder aus dem entsprechenden Laktone, Pivalolaktone oder α, α -Dimethyl- β -propiolaktone hergestellt werden kann (Abb. 1).

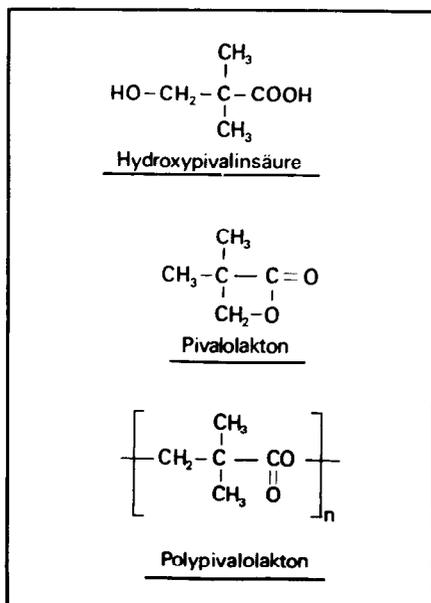


Abb. 1: Formelschema für Hydroxypivalinsäure, Pivalolaktone und Polypivalolaktone

Hydroxypivalinsäure hat einen Schmelzpunkt von 127°C, das Laktone ist eine farblose Flüssigkeit, die schon bei ziemlich niedriger Temperatur (über 70°C) polymerisiert. Es wurde 1924 zum ersten Mal von Hagman¹ isoliert und seine Polymerisationsfreudigkeit erkannt.

Das Interesse der Industrie an Hydroxypivalinsäure und Pivalolaktone und das daraus hergestellte Polymere stammt aus dem Anfang der fünfziger Jahre. Im Jahre 1953 wurde ein Patent von Du Pont² offen gelegt, das die Herstellung von Polyhydroxypivalinsäure schützt. Bei diesem Verfahren wird die Säure als Monomeres verwendet².

Anscheinend ist es aber Du Pont nicht gelungen, auf dieser Basis ein befriedigendes Verfahren zu entwickeln. Wahrscheinlich konnten trotz sehr langer Polymerisationsdauer (12—70 Stunden im Vakuum bei hoher Temperatur) nur ungenügend hohe Molekulargewichte erreicht werden.

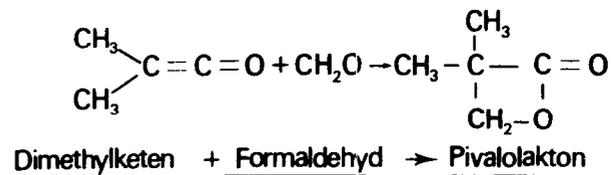


Abb. 2: Laktoneherstellung aus Dimethylketone und Formaldehyd

Die Ursache liegt in der sehr trägen Veresterung der Säure, welche durch die sterische Hinderung durch die beiden Methylgruppen und die thermische Instabilität des nicht stabilisierten Polymeren gegeben ist.

Im Jahre 1957 erschien eine britische Patentschrift von ICI, in der die Herstellung einer Polyesterfaser durch Polymerisation von Pivalolaktone beschrieben wird³. Dieses Patent ist aber 1963 erloschen, so daß angenommen werden muß, daß es auch in diesem Falle nicht gelang, die Entwicklung positiv abzuschließen.

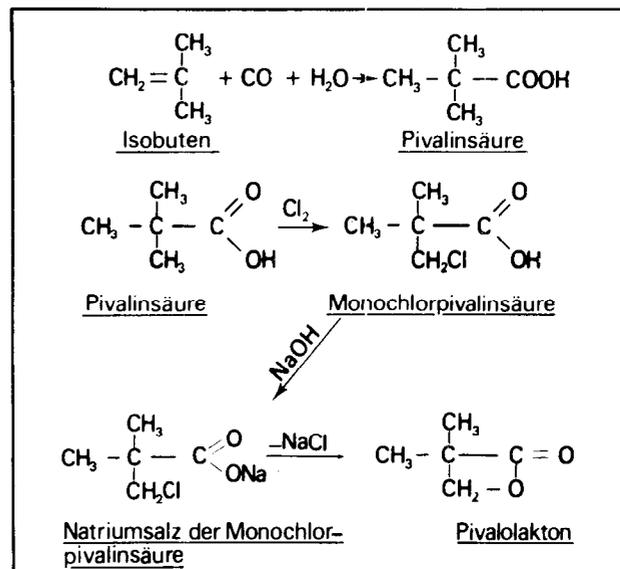


Abb. 3: Laktoneherstellung über die Pivalinsäure

In derselben Zeit sind — wie aus der ausgedehnten Patentliteratur ersichtlich ist — auch verschiedene andere Firmen auf dem Gebiet der Monomer- und Polymerherstellung aktiv gewesen.

Für die technische Laktoneherstellung gibt es zwei Wege: der eine geht von Dimethylketen und Formaldehyd (Abb. 2) aus (Goodrich, Eastman Kodak) und der zweite Weg führt über die Pivalinsäure (Abb. 3) oder die Trimethylsigsäure (Shell).

Die Chemie der Polymerisation von Pivalolaktone und die Baseigenschaften des Polymeren sind von Mayne¹ und Oosterhof² von Shell eingehend beschrieben worden.

Es ist den Shell-Mitarbeitern gelungen, durch Verwendung von Aminen oder Phosphinen als Initiatoren der Polymerisationsreaktion ein thermisch stabiles Polymeres herzustellen. Die Reaktion mit Tributylphosphin verläuft gemäß der Abbildung 4¹.

Als Abbruchsreaktion ergeben sich zwei Möglichkeiten (Abb. 5).

Durch sie werden die endständigen Carboxylgruppen aufgebraucht, wodurch eine Depolymerisationsreaktion,

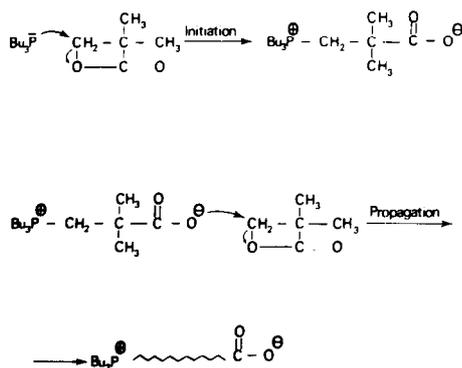


Abb. 4: Tributylphosphin als Polymerisationsinitiator

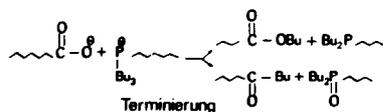


Abb. 5: Abbruchsreaktionen

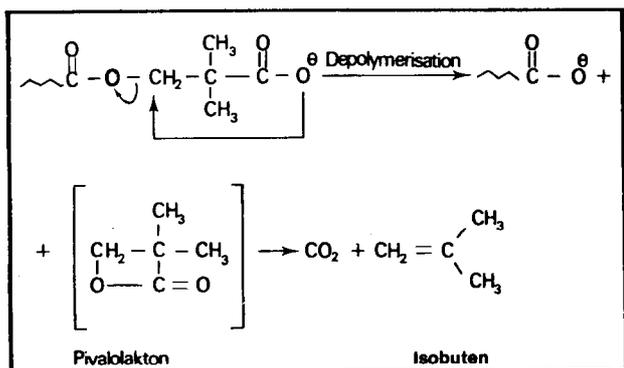


Abb. 6: Depolymerisation

tion, welche die thermische Instabilität des Polymeren verursacht, verhindert wird (Abb. 6).

Es hat sich gezeigt, daß Polymere von guter Qualität auf dieser Grundlage industriell produziert werden können, so daß sich die Frage nach den textilen Eigenschaften der aus diesem Polymeren gesponnenen Fasern stellt.

2. Chemisch-physikalische Eigenschaften von Polymerem und Fasern

Die wichtigsten bekannten Polymer- und Fasereigenschaften sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die Kraft-Dehnungsdiagramme von Polypivalolaktone, nach Verstreckung und mit anschließender Wärmebehandlung, sind in Abbildung 7 wiedergegeben. Zum Vergleich enthält die Abbildung auch noch K-D-Diagramme für Polyamid 6- und Polyesterfasern.

Tabelle 1: Die wichtigsten bekannten Polymer- und Fasereigenschaften

| | |
|----------------------------------|---|
| Schmelzpunkt | 240 °C |
| Dichte | 1.18 x 10 ³ kg/m ³ |
| Kristallinität | bis 70—80 % |
| Glasübergangspunkt | -- 10 °C |
| Reißfestigkeit | 23 — 45 cN/Tex |
| Reißdehnung | 30 — 100 % |
| Rücksprungfähigkeit (5% Dehnung) | 80 — 95 % |
| Hystereseverlust (5 % Dehnung) | 40 — 10 % |
| Verleißfestigkeit | zwischen Wolle und Baumwolle |
| Texturierfähigkeit | gut |
| Wasseraufnahme (20 °C, 65 % RF) | 0.2 % |
| Chemische Beständigkeit | sehr gut |
| Hydrolysebeständigkeit | sehr gut |
| Anfärbung | weniger gut als für Polyäthylenterephthalat |
| Weißgrad | gut |
| Licht- und Hitzebeständigkeit | gut |
| Schmelzspinnbarkeit | schmelzspinnbar |

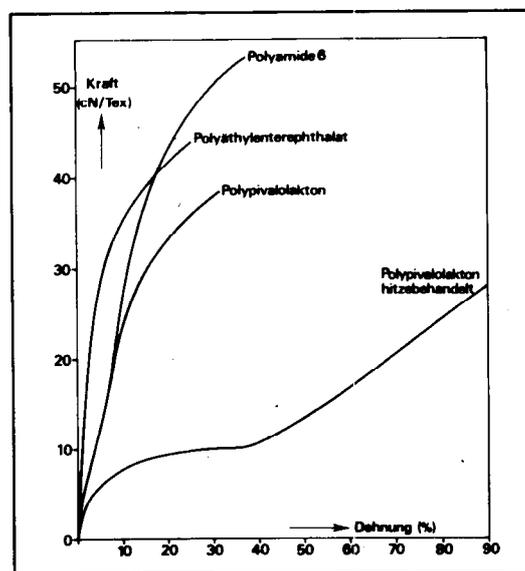


Abb. 7: Kraft-Dehnungsdiagramme

3. Die textile Beurteilung

Für die Beurteilung von Polypivalolakton als Rohstoff für Textilien haben wir eine Methode verwendet, die intern als *die Silhouettenmethode* bezeichnet wird.

Wie bekannt, sind die von den unterschiedlichen textilen Verwendungszwecken gestellten Anforderungen verschieden. Von einem textilen Material kann aber bereits angegeben werden, wie wichtig seine Eigenschaften für bestimmte Einsatzmöglichkeiten sind.

Die textilen Eigenschaften werden dazu in drei Gruppen unterteilt:

- Perzeptionseigenschaften,
- Gebrauchseigenschaften und
- Pflegeeigenschaften (Tab. 2).

Tabelle 2: Gliederung textiler Eigenschaften

| | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Perzeptions- eigenschaften | 1. Weißgrad und Farbauffinität |
| | 2. Glanz |
| | 3. Griff und Fall |
| | 4. Volumen |
| | 5. Deckfähigkeit |
| | 6. Komfort |
| Gebrauchs- eigenschaften | 7. Elastizität |
| | 8. Formstabilität |
| | 9. Knitterbeständigkeit |
| | 10. Faltenfestigkeit |
| | 11. Verschleißfestigkeit |
| | 12. Pillingverhalten |
| | 13. Farbechtheit |
| | 14. Elektrostatische Aufladung |
| Pflege- eigenschaften | 15. Waschbarkeit |
| | 16. Trockenverhalten |
| | 17. Knitterverhalten nach dem Waschen |
| | 18. Schrumpf |
| | 19. Bügeleigenschaften |
| | 20. Trockenreinigungsverhalten |

- Die Waschbarkeit hängt mit der Glasübergangstemperatur und dem Wasseraufnahmevermögen zusammen.
- Die Knittereigenschaften werden vom Hystereseverlust mitbestimmt.
- Die Stabilität wird vom Kriechverhalten bestimmt.
- Die Pilleigenschaften sind vom Biegescheuwert abhängig.

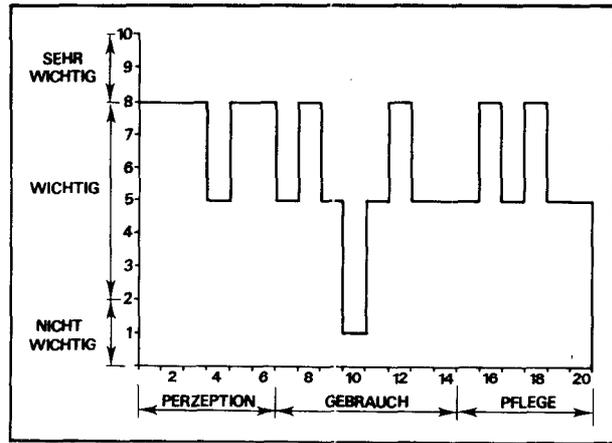


Abb. 8: Anforderungsprofil für die Verwendung als Jackenmaterial

Für ein bestimmtes Material (gegebene Polymerart, textile Konstruktion) können wir auf Grund der erhaltenen Eigenschaften ein Leistungsbild erstellen, bei dem wieder die Noten 1 — 10 vergeben werden. Das Leistungsprofil wird nun mit den Anforderungsprofilen verschiedener Einsatzgebiete verglichen. Daraus geht hervor, für welche Anwendungsgebiete das Material geeignet ist und für welche nicht. Daran können Berechnungen über Produktionsmengen angestellt und Folgerungen für notwendige Verbesserungen gezogen werden.

Für jeden Verwendungszweck wird jetzt mittels Noten von 1 — 10 angegeben, ob diese Eigenschaften sehr wichtig sind. So entsteht ein Anforderungsprofil für eine gewisse Anzahl von Verwendungsmöglichkeiten oder aber auch für ein einzelnes Einsatzgebiet. Zur Illustration wird in Abbildung 8 ein solches Anforderungsprofil für Jacken gegeben.

Die Anforderungen für den jeweiligen Verwendungszweck werden durch interne und externe Befragungen ermittelt.

Wir können auch angeben, welcher Zusammenhang oder vermutlicher Zusammenhang zwischen den in Tabelle 2 genannten textilen Eigenschaften und den bestimmaren Polymereigenschaften besteht. Wir unterscheiden dabei zwischen wirklichen Polymereigenschaften und Mehrwerteigenschaften. Eine Übersicht ist darüber in Tabelle 3 gegeben.

Einige Beispiele sollen diese Überlegungen verdeutlichen:

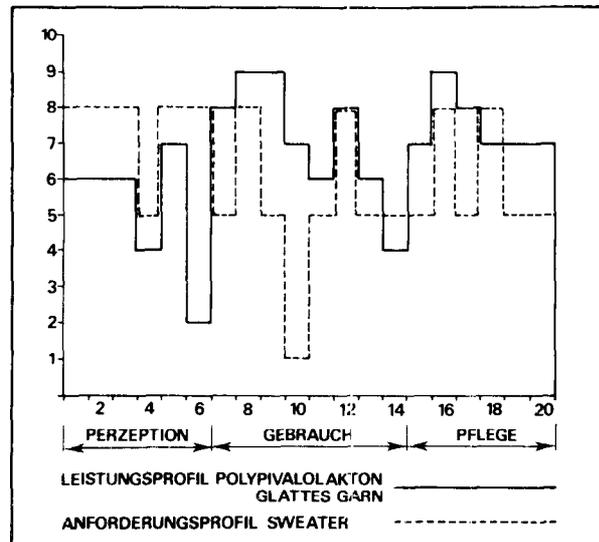


Abb. 9: Leistungsprofil Polypivalolakton

Tabelle 3: Übersicht über die textilen Eigenschaften

| | | | |
|---------------------------|---------------------------------------|------------------|--|
| Bestimmbare Eigenschaften | | | |
| | Physikalisch-chemische Eigenschaften | | Chemische Struktur Physikalische Struktur Übergangstemperaturen Lichtbeständigkeit Hitzebeständigkeit Löslichkeit usw. |
| Wirkliche Eigenschaften | | in Längsrichtung | Kraft-Dehnungsdiagramm Spannungsrelaxation Kriechverhalten Elastizitätsmodul Wiedererholvermögen usw. |
| | Mechanisch-rheologische Eigenschaften | in Querrichtung | Torsionsfestigkeit Biegefestigkeit Biegemodul Knotenfestigkeit Biegescheuerwert usw. |
| Mehrwerteigenschaften | | Morphologie | Formgebung der Faser Mikrostruktur Garnkonstruktion Konstruktion des Flächengebildes usw. |
| | | Additive | Mattierungsmittel Stabilisatoren Modifikationsmittel Finish usw. |

Die Noten für Polypivalolakton sind in Tabelle 4 wiedergegeben, wobei zu bedenken ist, daß sie zunächst für glatte Garne gelten. Für texturierte Garne und Spinnfasern müßte entsprechend vorgegangen werden.

Das Leistungsprofil für Polypivalolakton ist in Abbildung 9 dargestellt, das Anforderungsprofil für Jacken (vgl. Abb. 8) ist strichliert eingetragen.

Auf Grund festgestellter Daten und ähnlicher Überlegungen für Stapelfasern und für industrielle Garne und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Berechnungen wurde beschlossen, die Auswertung des Polypivalolaktions als Projekt fortzusetzen. Deshalb wurden größere Mengen Filamentgarne und Spinnfasern zu verschiedenen Textilien verarbeitet, sowie Trageversuche und Verbraucherbefragungen durchgeführt.

Es würde hier zu weit führen, alle Ergebnisse im De-

tail zu besprechen. Ich werde deshalb nur das Endergebnis behandeln.

Im Verlauf der Untersuchungen wurde klar, daß Polypivalolakton mit dem bereits eingeführten Polyester Polyäthylenterephthalat konkurrenzfähig wäre. Deshalb wurden Vergleiche vorgenommen, wobei sich für Polypivalolakton folgende Vorteile ergaben:

- sehr gutes Verhalten während des Trocknens nach dem Waschen,
- bessere Knitterbeständigkeit,
- geringeres Pillen,
- bessere Deckfähigkeit,
- besserer Griff unter bestimmten Umständen.

Außerdem wurden folgende Nachteile festgestellt:

- geringere Farbstoffaufnahme,
- weniger gute Lichtechtheit und Waschechtheit,

Tabelle 4: Darstellung des Leistungsprofils (Benotung 1 - 10)

| | Polypivalo- laktone | Polyäthyl- terephthalat | Polyamid 6 |
|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|------------|
| Weißgrad, Farbauffinität | 6 | 7 | 8 |
| Glanz | 6 | 6 | 6 |
| Griff und Fall | 6 | 6 | 5 |
| Volumen | 4 | 4 | 4 |
| Deckfähigkeit | 7 | 6 | 8 |
| Komfort | 2 | 2 | 2 |
| Elastizität | 8 | 7 | 7 |
| Formstabilität | 9 | 7 | 8 |
| Knitterbeständigkeit | 9 | 8 | 7 |
| Faltenbeständigkeit | 7 | 9 | 7 |
| Verschleißfestigkeit | 6 | 8 | 10 |
| Pillingverhalten | 8 | 6 | 4 |
| Farbechtheit | 6 | 7 | 7 |
| Elektrostatische Aufladung | 4 | 4 | 4 |
| Waschbarkeit | 7 | 8 | 7 |
| Trockenverhalten | 9 | 9 | 9 |
| Knitterverhalten nach dem Waschen | 8 | 7 | 7 |
| Schrumpf | 7 | 7 | 7 |
| Bügeleigenschaften | 7 | 6 | 7 |
| Trockenreinigungsverhalten | 7 | 7 | 7 |

- größere Schwierigkeit, permanente Falten herzustellen,
- geringe Lichtstabilität in mattierter Form,
- Fasern neigen zum Fibrillieren.

Dazu kam von der Verarbeitung her noch die Erkenntnis, daß das Polypivalolaktone weniger vielseitig einsetzbar sei als das Polyäthylenterephthalat, weil beim Schmelzspinnen nur ein beschränktes Titersortiment hergestellt werden konnte. Die Kristallisationsgeschwindigkeit des Polypivalolaktone ist so groß, daß bei normaler Luftkühlung 5 — 6 dtex als maximaler Filamenttiter erreichbar ist, womit die Anwendung für Teppiche und technische Garne fragwürdig wäre.

Einige der genannten Nachteile sind auf die kristallinen Eigenschaften des Polymeren zurückzuführen. So führt z. B. die sehr hohe Kristallinität zu einem geringen Farbstoffaufnahmevermögen, obwohl die Zugänglichkeit des amorphen Anteils sehr gut ist, was zur Folge hat, daß die Naßechtheiten weniger gut sind.

Die Fibrillierneigung, welche sich auch im sogenannten *Frosting* zeigt, ist auf die sehr hohe Kristallinität und die geringe Festigkeit in Querrichtung zurückzuführen.

Dies ist aus den Biegescheuerwerten (Tab. 5) ersichtlich.

Wie schon erwähnt, ist die Kristallisationsgeschwindigkeit des Polymeren sehr hoch. Dies führt unter anderem dazu, daß bei normalem, das heißt luftgekühltem Schmelzspinnen, schon bei sehr feinen Fasern Sphärolite entstehen.

Auch bei isotroper Kristallisation ist bei langsamerer Abkühlung der Unterschied zwischen den verschiedenen Faserpolymeren, wie aus der Tabelle 6 ersichtlich ist, noch vorhanden.

Diese Daten sind das Ergebnis von differential-scanning-calorimetry Untersuchungen, bei denen das Material um 4°C pro Minute auf 295°C erhitzt, dort 2 Minuten gehalten und anschließend um 8°C pro Minute abgekühlt wurde. Es zeigt sich, daß die Kristallisationsgeschwindigkeit des Polypivalolaktone am größten ist, auch gegenüber den beiden Polyamiden.

Eine weitere Besonderheit im Kristallisationsverhalten des Polypivalolaktone ist, daß es in zwei Modifikationen vorkommt, der sogenannten α -Modifikation mit spiralenförmigen Ketten und einer β -Modifikation mit Zickzackketten³⁾. Nach dem Spinnen und Verstrecken wird die β -Modifikation gefunden,

Tabelle 5: Biegescheuerwerte

| | Polypivalo- laktone | Polyäthyl- terephthalat — pillarm — | Polyäthyl- terephthalat | Polyamid 6 |
|-----------------------------|------------------------|---|----------------------------|------------|
| Biegescheuerwert, Touren | 500 | 1200 | 5000 | 30000 |

Tabelle 6: Unterschied der Kristallisationsgeschwindigkeit zwischen den verschiedenen Faserpolymeren

| | Kristallisations- | | Kristallisations- breite °C | Unter- kühlung °C |
|-------------------------|-------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | Anfang °C | Ende °C | | |
| Polypivalolaktone | 171 | 165 | 6 | 69 |
| Polyamid 66 | 239 | 227 | 12 | 26 |
| Polyamid 6 | 197 | 179 | 18 | 30 |
| Polyäthylenterephthalat | 198 | 178 | 20 | 56 |

die bei thermischer Nachbehandlung in die α -Modifikation übergeht. Einerseits erhalten die Fasern dadurch sehr gute elastische Eigenschaften mit hoher Bruchdehnung, welche unter anderem für das gute Knitterverhalten verantwortlich sind, andererseits hat es zur Folge, daß eine Formfixierung bei der Stabilisierung auf einem Spannrahmen nicht gut möglich ist: es findet immer nachher ein Einlaufen statt, das, obwohl es dem textilen Flächengebilde eine bestimmte Elastizität gibt, auch dafür verantwortlich ist, daß die Oberfläche des Flächengebildes sehr unruhig wird.

4. Schlußfolgerung

Trotz eines guten Leistungsprofils des Polypivalolaktone, das auf einer beschränkten Anzahl von Labormessungen am Polymeren und an Fasern beruht, haben erst erweiterte textile Prüfungen die notwendigen quantitativen Aussagen über Vor- und Nachteile erbracht.

Aufgrund dieser Ergebnisse und aus ökonomischen Erwägungen wurde beschlossen, das Projekt nicht fortzusetzen. Die Vorteile gegenüber anderen Faserpolymeren waren zu gering und die Nachteile im Vergleich zu bestehenden Produkten doch gravierend.

Das Beispiel zeigt wieder einmal, was es alles zu untersuchen gibt und daß selbst optimistische Prognosen einer gewissen Überprüfung bedürfen. In diesem Sinne soll dieser Beitrag helfen, unnütze Arbeit zu vermeiden und die Textilindustrie vor schwierigen Entwicklungen zu bewahren.

Literatur:

- 1) Hagman; Chem. Abstr. **18**, 2497 (1924)
- 2) U.S. Pat. 2,658.055
- 3) Brit. Pat. 766.347
- 4) N. R. Mayne; Chem. Techn. S. 728 (1972)
- 5) H. A. Oosterhof; Polymer **15**, 49 (1974)
- 6) S. J. van der Meer; Thesis Delft (1970)
- 7) L. F. Beste, R. M. Hoffman; Text. Res. J. **20**, 441-453 (1950)
- 8) W. W. Daniels; Text. Res. J. **30**, 656-661 (1960)
- 9) Holländische Pat. Anfrage 650.455 (Du Pont)

Diskussion

Lebensaft: Wir danken Ihnen, daß Sie dieses Problem in so klarer und übersichtlicher Form vorgestellt haben und auch die Schwierigkeiten, die ein so vielversprechendes Projekt mit sich bringt, aufzeigten. Es ist weit aus schwieriger, eine so ehrliche und sachliche Stellungnahme zu geben, als von großen Errungenschaften und Siegen zu berichten.

Berger: Mir ist aus der Literatur bekannt, daß die β -Form hinsichtlich der Reißfestigkeit (70–90 g/tex und 8–10 % Reißdehnung) eigentlich gute Werte besitzt. Habe ich Sie richtig verstanden, daß es die α -Form war, die eigentlich ungünstige Eigenschaften besaß? Scheint Ihnen ein Weg möglich, diese β -Form zu erhalten? Wie ist die Glasumwandlungstemperatur dieser Fasern, die ja für die Gebrauchseigenschaften ganz wesentlich ist?

Woestenenk: Es ist mir bekannt, daß es Möglichkeiten gibt, mit Hilfe der β -Form bessere Festigkeiten zu erhalten, doch ist die β -Form instabil, d. h. bei Wärmebehandlung geht sie in die α -Form über, wobei die damit verbundenen Eigenschaften wieder auftreten. Man kann die β -Form nur erhalten, wenn man in Wasser spinn und rasch abkühlt, sodaß die Kristallisation behindert wird, doch ist die Wirtschaftlichkeit äußerst gering, da die Spinnungsgeschwindigkeiten sehr niedrig sind. Die Glasumwandlungstemperatur ist -10°C .

Berger: Diese niedere Glasumwandlungstemperatur scheint doch mit der hohen Kristallisation von 70–80 % nicht zu korrelieren?

Woestenenk: Warum nicht, auch bei Polypropylen liegen die Verhältnisse ähnlich.

van Krimpen: Wurde auch Naßspinnen erprobt? In manchen Fällen ist das nämlich gar nicht so unwirtschaftlich.

Woestenenk: Es wurde erprobt, aber in diesem Fall als unwirtschaftlich beurteilt.

Dawczynski: Welche Fasereinzeltiter bzw. Garntiter haben Sie verwendet? Wurden auch Mischungen von normalem Polyester mit dieser Polypivalolaktonefaser verarbeitet, wobei die positiven und negativen Eigenschaften sich kompensieren?

Woestenenk: Die maximalen Einzeltiter waren 5–6 dtex, der maximale Totaltiter wird nur vom Einzeltiter bestimmt, und es gibt keine weiteren Einschränkungen.

Bei unserer Beurteilung erschienen uns Stapelfasern am interessantesten. Es gibt auch ein Du Pont-Patent für Mischungen aus Polypivalolaktone- und Baumwollstapelfasern. Wir haben die Mischung mit Polyäthylenterephthalat nicht untersucht, da die Anwendung nur als Stapelfaser unserer Meinung nach nicht wirtschaftlich erschien, da damit nicht der interessanteste Marktanteil erreicht wird.

Blaschke: Wie würden Sie die Hydrolysebeständigkeit charakterisieren, und wie weit erscheint diese bei der Gebrauchstüchtigkeit als Positivum?

Woestenenk: Die Hydrolysebeständigkeit ist durch die sterische Behinderung der Methylgruppen sehr gut, es kann hier kein Abbau stattfinden. Auf das Waschverhalten und andere Gebrauchseigenschaften hat sie aber keinen Einfluß.

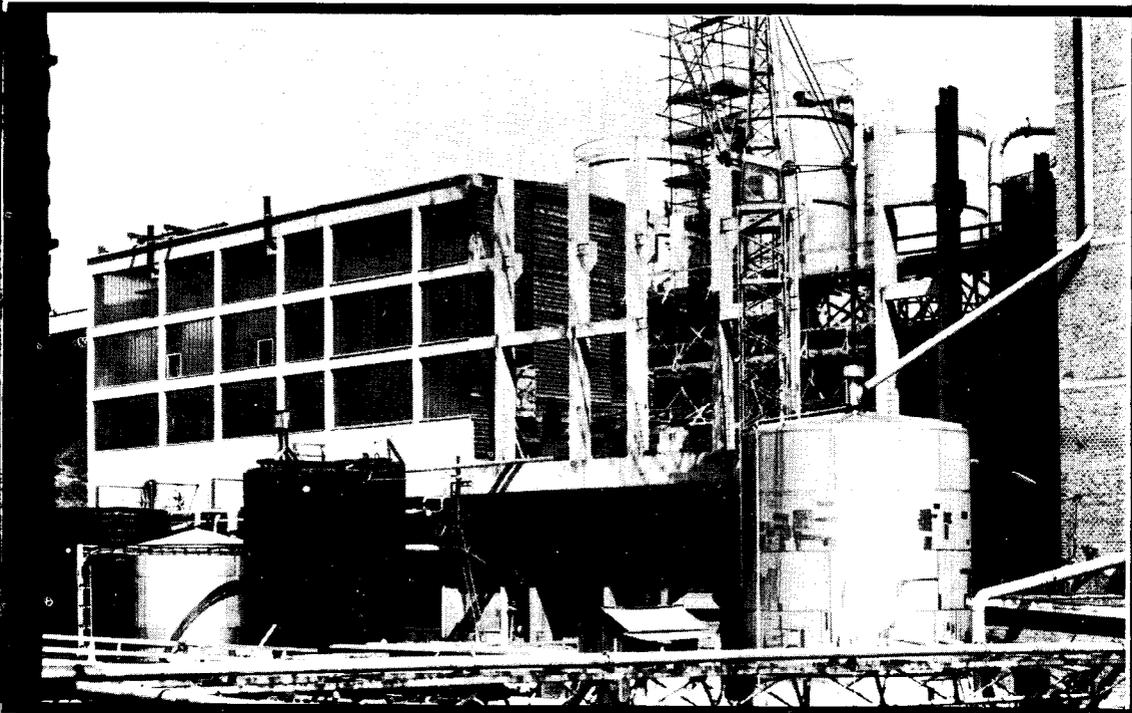
Harms: Die Beurteilung von Fasereigenschaften erscheint mir in einem Entwicklungslabor als besonders wichtig. Hat man eine Faser hergestellt, so möchte man doch auch die Gebrauchseigenschaften ermitteln. Ihr Vorgehen erschien mir als sehr wertvoll, da normalerweise die praktische Beurteilung sehr aufwendig ist. Haben Sie bei dieser Art der Beurteilung auch Zusammenhänge mit der praktischen Bewertung und den aus Ihren Daten erhaltenen Werten gefunden, bzw. haben Sie diese Beurteilung auch bei anderen als bei Polypivalolaktonfasern eingesetzt?

Woestenenk: Wir haben uns nicht nur auf Polypivalolakton beschränkt. Diese systematische Bewertung ist selbstverständlich noch weiterhin ausdehnbar, erscheint uns aber für eine richtige Beurteilung neuer Polymerer außerordentlich nötig.

Herlinger: Wie ist das Wassertransportvermögen, bzw. wie schnitt das bekleidungsphysiologische Verhalten bei den Trageversuchen ab?

Woestenenk: Es war mit normalem Polyester völlig vergleichbar; jedenfalls konnten wir keine Unterschiede feststellen.

MAYREDER



INGENIEURE MAYREDER, KRAUS & CO.
Baugesellschaft m.b.H.
4021 Linz, Sophiengutstraße 20

CHEMIEFASER LENZING AG.
Bauvorhaben Rauma Repola, Filtergebäude
Bauausführung in A R G E

Eine neue hydrophile Polyamidfaser

Dr. Ch. Sármany — E. Szegó
Forschungsinstitut für die Textilindustrie, Budapest

Es werden die in dem Forschungsinstitut für die Textilindustrie Budapest entwickelten, patentierten und in der Industrie realisierten strahlungsschemisch bzw. chemisch initiierten Pfropfverfahren dargelegt.

Zur Zeit werden aus den gepfropften Polyamidfasern Socken hergestellt und auch die Möglichkeiten ihrer anderwärtigen Anwendung laufend geprüft.

A description of grafting methods initiated chemically or by irradiation, which are established, patented and adapted to a large scale industrial production by the Textile Research Institute of Budapest is given.

At present, hosiery is made of grafted polyamidfibers. Application possibilities in other fields are subjected to consideration.

Einleitung

Seit langem sind die Forscher mit der Möglichkeit der Fasermodifizierung durch Pfropfen und ihrer industriellen Realisierung beschäftigt.

Der Zweck dieser Fasermodifizierungen ist sehr mannigfaltig und kann auf die Änderung folgender Eigenschaften abzielen:

- Beeinflussung der Anfärbbarkeit
- Herabsetzung der Knitterneigung
- Erhöhung der Wärmestabilität
- Erhöhung der Wasseraufnahme
- Verleihung von hydrophoben Eigenschaften
- Erzielung von Schwerbrennbarkeit

Die Fasermodifizierung durch Pfropfen kann auf viele Arten erfolgen, die dem Initiatorsystem entsprechend in 4 Gruppen geteilt werden: Modifizierung durch

- strahlenchemische,
- chemische,
- photochemische und
- wärmeaktivierbare Initiierung.

Bei der *strahlenchemischen Initiierung* kann eine gleichzeitige oder eine vorangehende Bestrahlung angewendet werden. Bei der gleichzeitigen Bestrahlung sind die zu pfropfenden Fasern und das Monomere während der Radikalbildung nahe beisammen. Es ist dabei eine gute Ausnützung der Strahlung möglich, wobei allerdings mit der Entstehung eines Homopolymers gerechnet werden muß. Bei vorangehender Bestrahlung muß die Abbaugeschwindigkeit der entstandenen aktiven Radikale sowie die Lagerfähigkeit des bestrahlten Stoffes berücksichtigt werden. Die strahlenchemische Initiierung ist einfach, doch ist die Aufstellung der Strahlungsquelle und ihr Betrieb problematisch.

In den letzten Jahren trat die *chemische Initiierung* immer mehr in den Vordergrund. Sie kann durch Redox-Systeme realisiert werden. Zahlreiche Methoden sind bekannt, wobei Per-Verbindungen und mehrwertige Metalle als Initiatoren Verwendung finden. Am meisten wird mit Hilfe von Persulfaten sowie Co-, Mn- und Fe-Salzen initiiert.

Die *photochemische Initiierung* ist zwar wirtschaftlich und kann auch leicht im Kontinuerverfahren eingesetzt werden, hat jedoch nur begrenzte Anwendungsmöglichkeiten und wird deshalb nur wenig verwendet.

Über die *wärmeaktivierbare Initiierung* sind in der Literatur nur wenige Arbeiten publiziert worden.

Nach dieser kurzen Übersicht der Fasermodifizierungsmöglichkeiten sollen nun die in unserem Institut entwickelten, patentierten und bereits großbetrieblich realisierten Pfropfverfahren mit strahlenchemischer und chemischer Initiierung sowie einige Charakteristika der nach diesem Verfahren modifizierten Fasern dargestellt werden.

Pfropfen durch strahlenchemische Initiierung

In beiden Fällen wurde mit einer wäßrigen Lösung von Acrylamid gepfropft, um die Wasseraufnahme der Fasern zu erhöhen. Im Laufe der Arbeiten wurde zuerst das Pfropfen durch strahlenchemische Initiierung eingeleitet. Es wurde mit Gammastrahlen aus Kobalt-60 bestrahlt. Die optimale Dosis betrug 2,5 Mrad bei einer Intensität von 200 rad/h.

Aus den Untersuchungen an dem bestrahlten Polyamid kann geschlossen werden, daß die freien Radikale an den $-CH_2-$ Atomgruppen neben den $-CO-NH-$ Gruppen entstehen. Bekanntlich wird die radikalische Polymerisation vom Sauerstoff und auch vom Sauerstoffgehalt der Luft inhibiert.

Im weiteren Verlauf der Arbeiten wurde daher die Entwicklung einer Pfropfmethode angestrebt, die mit Rücksicht auf die Möglichkeit der großtechnischen Realisierbarkeit nicht die absolute Ausschließung des Sauerstoffes bzw. die Anwendung eines Inertgases erforderlich macht. Es wurde daher eine Technologie entwickelt, bei der geringe Mengen Sauerstoff im System nicht stören. Bei diesem Verfahren konnte neben der Erreichung der gewünschten Ausbeute an Pfropfpolymeren auch der Homopolymergehalt der Pfropfflotte auf ein Minimum reduziert werden. Dies bietet den bedeutenden wirtschaftlichen Vorteil, daß die Pfropfflotte durch Zusetzung geeigneter Monomermengen auf die ursprüngliche Konzentration gebracht und so öfters, beispielsweise 10 bis 15-mal, gebraucht werden kann. Begründet wird die mehrfache Benützung der Pfropfflotte damit, daß im Laufe eines Pfropfvorganges nur 20 — 25 % des Monomergehaltes der Flotte auf das Polyamid angelagert wird. Das Ausmaß der Acrylamidkonversion konnte durch Änderung der Pfropfparameter, z. B. durch Reduzierung der Konzentration bzw. des Flottenverhältnisses, nicht beeinträchtigt werden, da auf diese Weise der prozentuelle Pfropfungsgrad jedesmal herabgesetzt wurde.

Pfropfen durch chemische Initiierung

Da aber keine Strahlungsquelle in der Nähe einer Textilfabrik zur Verfügung stand, wurden Versuche

zur Lösung des Pfropfens durch chemische Initiierung eingeleitet. Über die Ergebnisse diesbezüglicher Laborergebnisse berichteten wir 1975 in Barcelona beim 10. Kongreß der IFVTCC.

Von den Laborversuchen bis zum großbetrieblichen Pfropfen mußten jedoch noch viele Schwierigkeiten bewältigt werden. Aus der Vielzahl der erprobten Initiatorsysteme wählten wir schließlich die $KMnO_4$ Methode von Teichmann¹. Die Versuche zeigten, daß das erprobte System viel weniger gegen die Anwesenheit des Sauerstoffes empfindlich ist als bei strahlenchemischer Initiierung, aber der Pfropfungsgrad wird stark von dem Anfangsflottenverhältnis und der Flottenströmungsgeschwindigkeit beeinflusst.

Die geringe Sauerstoffempfindlichkeit des Systems bot die Möglichkeit, das Pfropfen in herkömmlichen Färbeapparaten durchzuführen. Dies hat auch den Vorteil, daß das gepfropfte Material unmittelbar nachher gefärbt werden kann.

Erfahrungsgemäß ist die Ausnützung der Flotte beim chemisch initiierten Pfropfen 50 — 60 %. Es konnte mit Versuchen bewiesen werden, daß die Pfropfflotte nach entsprechender Verstärkung dreimal nacheinander gebraucht werden kann und immer denselben prozentuellen Pfropfungsgrad gibt.

Es werden Partien von 80 — 150 kg aus 0,5 — 1,0 kg Kuchen- oder Strangaufmachung gepfropft. Die zu verarbeitenden Polyamid-6 Fäden werden von der Magyar Viscosagyár hergestellt und das Pfropfen und Texturieren erfolgt bei der Firma Magyar Selyemipari Vállalat.

Gepfropft wurden die folgenden Garnsorten:

- 2x100/24 dtex HE-Garn
- 2x78/20 dtex HE-Garn
- 160/40 dtex SET-Garn

Eigenschaften der gepfropften Fasern

In Abbildung 1 ist die Wasseraufnahme der gepfropften

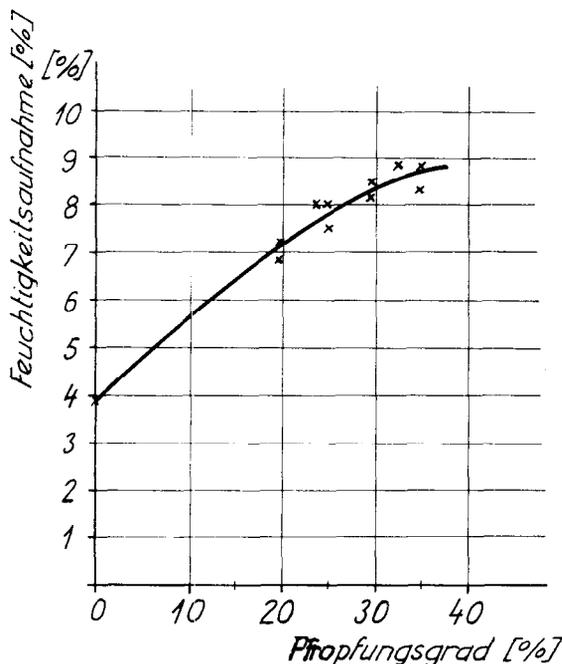


Abb. 1: Wasseraufnahme der gepfropften Faser

ten Faser gezeigt. Es ist ersichtlich, daß durch das 30%ige Pfropfen die Wasseraufnahme der Baumwolle erzielt werden kann.

Die Wasseraufnahme bzw. die Wasserabgabe der ungepfropften und der 30 % gepfropften Polyamid-6 Faser sowie die der Baumwolle sind in Abbildung 2 in Abhängigkeit von der rel. Luftfeuchtigkeit zu sehen. Die gepfropfte PA-Faser und die Baumwolle haben nahezu den gleichen Wasserhaushalt.

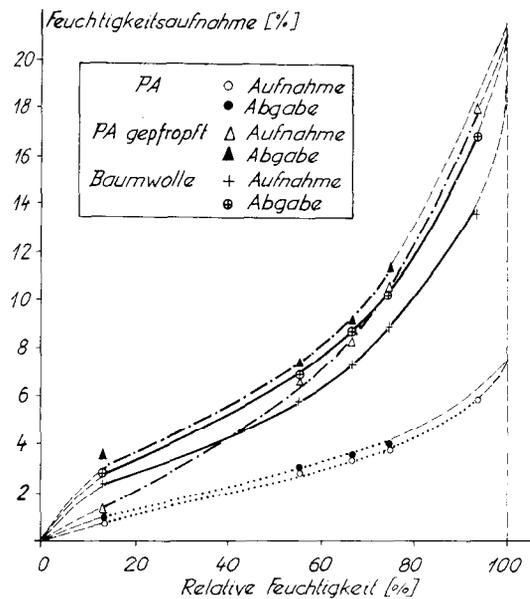


Abb. 2: Wasserhaushalt der Baumwolle, der gepfropften und der ungepfropften PA-Faser

Als Folge des Pfropfens wird die Kristallinität der PA-6 Faser reduziert. Die Reduktion des kristallinen Anteils in dem von uns untersuchten System wird in Tabelle 1 dargestellt.

Der Verlauf der Festigkeit und der Reißdehnung der gepfropften Fasern ist auch in Einklang mit der Strukturänderung.

Tabelle 1: Untersuchung von PA-6 HE-Fasern mittels Röntgendiffraktion

| Pfropfgrad in % | Orientationsfaktor | kristalliner Anteil |
|-----------------|--------------------|---------------------|
| ungepfropft | 0,886 | 21,5 |
| 26 | 0,887 | 17,1 |
| 34 | 0,872 | 15,9 |

In der Tabelle 2 werden die Kenndaten des gepfropften und ungepfropften 2x100/24 dtex HE-Garns sowie des gepfropften und ungepfropften 160/40 dtex SET-Garnes angeführt.

Die Änderungen der wichtigsten Eigenschaften der 30 % gepfropften Garne im Verhältnis zu den ungepfropften Garnen sind:

Zunahme der Garnnummer in tex um 40 — 50 %
 Zunahme der Reißkraft um 15 — 25 %
 Zunahme der Reißdehnung um 20 — 60 %
 Zunahme der Wasseraufnahme um 100 — 130 %

Tabelle 2: Einige Kenndaten von gefropften und ungefropften Garnen

| Geprüfte Parameter | HE | | SET | |
|--------------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | mit Pfpfen | ohne Pfpfen | mit Pfpfen | ohne Pfpfen |
| Pfropfgrad in % | 30 | — | 30 | — |
| Garnnummer dtex | 295 | 200 | 227 | 160 |
| Reißkraft p | 790 | 620 | 704 | 605 |
| Festigkeit p dtex | 2,4 | 3,1 | 3,1 | 3,78 |
| Reißdehnung in % | 36 | 23 | 39 | 33 |

Die elastische Rückformung des gefropften HE-Garnes nach einer Dehnung von 5 % nach der ersten bzw. zwanzigsten Beanspruchung ist in Tabelle 3 ersichtlich.

Die elastische Rückformung des gefropften Garnes ist demnach auch nach der zwanzigsten Beanspruchung gleich der des ungefropften Garnes.

Tabelle 3: Elastische Rückformung gefropfter und ungefropfter PA-Garne

| Pfropfgrad in % | elastische Rückformung % | | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | erster Beanspruchung | nach zwanzigster Beanspruchung | zweiter Beanspruchung |
| 0 | 85,4 | 75,3 | 73,7 |
| 34 | 86,5 | 73,7 | 73,7 |

Weiters wurde der Einfluß der Thermofixierung bei 190 °C auf die Elastizität, Reißkraft und Reißdehnung des HE-Garnes geprüft. Der Verlauf der Reißkraft und Reißdehnung in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung ist in den Abbildungen 3 und 4 veranschaulicht.

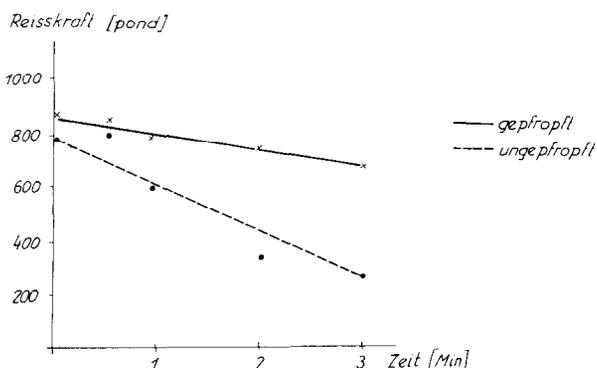


Abb. 3: Änderung der Reißkraft in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung

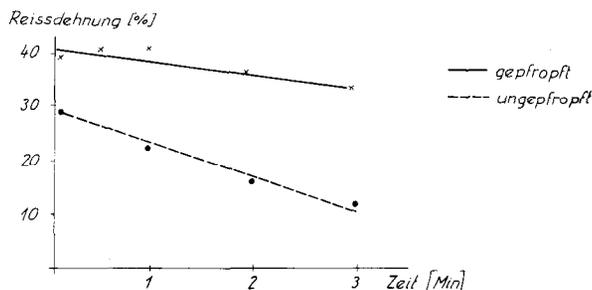


Abb. 4: Änderung der Reißdehnung in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung

Durch die thermische Behandlung sinkt die Reißfestigkeit und die Reißdehnung der ungefropften Faser wesentlich stärker als die der gefropften HE-Faser. Die elastische Rückformung der gefropften HE-Faser wird in Tabelle 4 gezeigt.

Tabelle 4: Die elastische Rückformung in Abhängigkeit von der Wärmebehandlung

| Dauer der Wärmebehandlung min | Elastische Rückformung in % | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|------|---------------|------|
| | ungefropft | | 33 % gefropft | |
| | Zahl der Beanspruchungen | | | |
| | 1 | 20 | 1 | 20 |
| 0 | 85,4 | 75,3 | 86,5 | 73,7 |
| 0,5 | 83,5 | 70,2 | 80,1 | 57,3 |
| 1 | 89,5 | 80,2 | 81,6 | 61,4 |
| 2 | 88,0 | 77,2 | 83,0 | 60,5 |
| 3 | 87,4 | 73,7 | 84,8 | 61,0 |

Die wiederholte Beanspruchung hat an dem ungefropften HE-Garn eine kleinere Änderung zur Folge als an dem gefropften Garn.

Es wurde auch die Voluminosität der gefropften Garne mit der Heberlein-Methode geprüft. Die Meßergebnisse sind in der Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5: Texturierung gefropfter Garne

| Geprüfte Parameter | HE | gefropft | SET-Garn |
|--------------------------------------|-------|----------|----------|
| Kräuselungskontraktion in % | 30—40 | 20—25 | 5—6 |
| Strukturdehnung nach dem Kochen in % | 40—50 | 30—35 | 6—8 |

Die Elastizität des gefropften HE-Garnes liegt zwischen der Elastizität des hochelastischen HE-Garnes und der des SET-Garnes mit Normalkrumpfung. Dasselbe Resultat wurde auch mit der Crimp-Rigidity-Methode erzielt, wie aus Tabelle 6 zu sehen ist.

Gemessen mit der Crimp-Rigidity-Methode liegt der CR-Wert des gefropften HE-Garnes zwischen den Werten des ungefropften HE- und des SET-Garnes. Beim Pfpfen der SET-Garne wird der CR-Wert

Tabelle 6: Elastizität gefropfter Garne

| Geprüfter Parameter | HE | | SET | |
|---------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | ohne Pfropfung | mit Pfropfung | ohne Pfropfung | mit Pfropfung |
| Cr:mp-Rigidity in % | 30—40 | 13—15 | 7—8 | 6—7 |

kaum geändert, was auf ihre Struktur zurückzuführen ist.

Es wurde weiters die Färbbarkeit der gefropften Garne sowie die Änderung der Farbstoffaufnahme als Folge des Pfropfens bei Verwendung von Reaktiv-, Säure- und Dispersionsfarbstoffen geprüft.

Unter sonst gleichen Bedingungen konnten die gefropften Proben tiefer angefärbt werden als die ungefropften, wodurch bei gleichzeitigem Einsatz von gefropften und ungefropften PA-Garnen im Einbadverfahren Farbeffekte erzielt werden.

Parallel mit der Anfärbbarkeit wurden auch die Farbechtheitswerte der gefärbten Proben geprüft. Die Wasch-, Schweiß-, Licht- und Reibechtheitsprüfungen erwiesen, daß die Farbechtheitswerte der ungefropften und gefropften Proben bei der gleichen Farbtiefe praktisch dieselben sind.

Die Anwendungsmöglichkeiten werden durch die Krumpfung der Faser begrenzt. Die SET-Garne, wie auch die HE-Pfropfgarne, erfahren in der ersten Naßbehandlung eine bedeutende Krumpfung, und zwar 2 — 10 ‰ bei SET-Garnen und 10 — 40 ‰ bei HE-Garnen. Das Maß der Krumpfung ist von der Struktur des Textilproduktes sowie von dem Ausrüstungsvorgang abhängig, jedoch nicht progressiv.

Die Fasermodifizierung durch Pfropfen sollte die Wasseraufnahmefähigkeit der PA-Faser verbessern. Dieses Ziel wurde erreicht und ein großbetrieblich anwendbares, gut reproduzierbares technologisches Verfahren entwickelt.

Das neue gefropfte Faserprodukt kann zur Herstellung von Unterkleidung und Socken, aber auch in Mischung mit nichtkrumpfenden Faserstoffen für Spezialprodukte angewendet werden.

L i t e r a t u r :

1) R. Teichmann; Faserforsch. Textiltech. 24 (9), 351 (1973)

D i s k u s s i o n

Dimov: Haben Sie die Lichtbeständigkeit der gefropften Polyamidfasern untersucht?

Wie lange waren die gefropften Anteile und wie war die Verteilung dieser bzw. ihre Auswirkung auf die Fasereigenschaften, z. B. die Färbung oder Feuchtigkeitsaufnahme?

Sarmany: Die Lichtbeständigkeit war etwas schlechter, aber sie hat sich nicht wesentlich gegenüber der ungefropften Faser verändert.

Albrecht: Führen Sie die Unterschiede in der Feuchtigkeitsaufnahme und Färbbarkeit auf die gefropften Anteile zurück oder auf die gelockerte Kristallinität?

Sarmany: Färbeverhalten und Feuchtigkeitsaufnahme werden durch die gelockerte Kristallinität beeinflusst.

Berger: Wie hoch ist der Polymerisationsgrad der gefropften Kettenanteile, oder glauben Sie, daß nur monomeres Acrylamid aufgepfropft wurde?

Haben Sie die Wassersorption als eine Gleichgewichtsmessung durchgeführt? Dies ist ja sehr wesentlich für das Gebrauchsverhalten. Sie haben ja nur die höhere Wasseraufnahme angesprochen.

Sarmany: Grundlagenforschung haben wir eigentlich nicht betrieben. Die Ergebnisse aus den Viskositätsmessungen lassen uns einstweilen noch keine Aussagen über den Polymerisationsgrad der angepfropften Anteile machen. Uns ging es in erster Linie darum, ein industriell gut reproduzierbares Pfropfverfahren auszuarbeiten.

Dawczynski: Haben Sie Trageversuche zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt? Dies ist unserer Meinung nach sehr wesentlich. Konnten Sie auch antistatische Effekte beobachten? Wie sieht der textile Griff aus?

Sarmany: Bis jetzt haben wir keine Trageversuche unter verschiedenen Bedingungen, d. h. zu verschiedenen Jahreszeiten, durchgeführt. Der Griff ist sehr angenehm. Leider ändert sich die antistatische Aufladung gegenüber dem ungefropften Polyamid kaum.

van Krimpen: Wie wird die Gleichmäßigkeit der Anfärbbarkeit beeinflusst?

Sarmany: Die Gleichmäßigkeit ist ausgezeichnet, wir haben Färbungen in sehr großen Partien durchgeführt, und es haben sich dabei keine Probleme gezeigt.

Albrecht: Bezogen sich die Festigkeiten, die Sie angaben, auf die endgültige Fasersubstanz, d. h. auf die aus Polyamid und Pfropfmateriale, oder bezogen sich diese nur auf das ursprüngliche Polyamid?

Sarmany: Die Festigkeit bezog sich auf das endgültige Material. Die Faser wurde um 50 ‰ gröber, die Festigkeit stieg aber nur um 15-25 ‰, wodurch nur ein relativer Festigkeitszuwachs entstand.

Albrecht: Wodurch, glauben Sie, entstand der hohe Schrumpf, und warum wird er von Ihnen so negativ beurteilt?

Sarmany: Dieser hohe Schrumpf stellt für uns eine Überraschung dar, und wir wollen ihn nun ausnützen und stellen aus dem Material Socken her, die ganz ausgezeichnete Eigenschaften aufweisen.

Truckenmüller: Haben Sie Schmelzpunktsbestimmungen vorgenommen und den Kochschrumpf bestimmt? Wie hoch ist die Glastemperatur?

Sarmany: Der Schmelzpunkt erhöht sich um ca. 20-30 °C, der Kochschrumpf beträgt 10 - 40 ‰, hängt aber vom Fasertiter ab. Die Glastemperatur wurde von uns nicht bestimmt.

Schwartz: War die Abnahme der amorphen Anteile durch das erhöhte Fasergewicht nach dem Pfropfen verursacht, oder kristallisierten die amorphen Anteile teilweise?

Sarmany: Wahrscheinlich trat keine Kristallisation in den amorphen Anteilen ein.

Kratsch: Ist Ihre Modifikation auch mit basischen Farbstoffen anfärbbar? Sie könnten daraus ja die Verteilung Ihrer Pfropfsysteme erkennen. Läßt sich der hohe Schrumpf über Thermofixierung des Materials stabilisieren, oder ist dies eine Eigenschaft, die die Thermofixierung übersteht?

Sarmany: Wir haben nicht mit basischen Farbstoffen gearbeitet. Durch Thermofixierung kann der Schrumpf teilweise verringert werden.

Skwarski: Sie haben einen hohen Pfropfgrad bis 30 ‰ angegeben, wie ändert sich in diesem Fall die Scheuerfestigkeit und die Elastizität der Fasern? Ist das Material nicht sehr steif?

Sarmany: Die Elastizität ist gegenüber der der ungefropften Faser kaum verändert, das Material ist nicht steif, Sie können sich hier davon überzeugen.

Mori-König: Sie haben von strahlungs- und chemisch-

initiiertes Pfropfung gesprochen. Wirkt sich das auf die Eigenschaften des Fertigprodukts aus?

Sarmany: Wir haben 2 Jahre lang strahlunginitiiert und arbeiten seit einigen Jahren mit chemischer Initiierung. Im Fertigprodukt zeigen sich keine Unterschiede.

Frith: Ich würde doch erwarten, daß das Produkt in seinen statischen Eigenschaften ein ähnliches Verhalten wie Zellulose zeigt.

Sarmany: Wir haben hierfür auch keine Erklärung, doch sind die Eigenschaften denen der ungepfropften Faser gleich.

Woestenenk: Vielleicht könnte ich hierzu eine Erklärung geben. Wahrscheinlich sind die antistatischen Eigenschaften bei gleichem Wassergehalt auch gleich. Diese Pfropfcopolymeren haben aber bei gleicher relativer Feuchtigkeit ein besseres Aufnahmevermögen und zeigen

dadurch gegenüber den normalen Polymeren auch ein besseres antistatisches Verhalten.

Sarmany: Danke für diese Anregung, vielleicht haben Sie recht.

Brocks: Haben Sie Ihre Arbeiten auf Polyamid beschränkt oder gibt es Möglichkeiten, ähnliches bei Polyester zu erreichen?

Sarmany: Im Labormaßstab arbeiten wir auch mit Polyester, aber bisher mit wenig Erfolg.

Albrecht: Ich möchte hier nochmals recht herzlich danken dafür, daß Sie nicht nur in Deutsch, sondern auch in Englisch ausgezeichnet geantwortet haben. Wir wünschen Ihnen noch weiteren Erfolg für Ihre Arbeiten.

Ich glaube, wir sollten doch eingehend überlegen, was mit dem Pfropfen als einem interessanten Modifizierungsweg noch alles erreicht werden könnte.



WASSERSTOFFPEROXID

IN ALLEN
HANDELSÜBLICHEN
KONZENTRATIONEN

UND FÜR ALLE ANWENDUNGSGEBIETE

ANWENDUNGSTECHNISCHE BERATUNG

ÖSTERREICHISCHE CHEMISCHE WERKE

GESELLSCHAFT M. B. H.

WIEN 15., MARIAHILFER GÜRTEL NR. 39
POSTANSCHRIFT: A-1151 WIEN, FACH 55

H₂ O₂

Spunlaced Stoffe — Eigenschaften, Verarbeitung, Endzwecke

Dr. Robert Piroué, Du Pont de Nemours International S. A., Genf

Spunlaced-Stoffe werden von Du Pont de Nemours & Co., Inc., nach einem patentierten Verfahren aus Spinnfasern hergestellt. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber Vliesstoffen besteht darin, daß sich in spunlaced Stoffen die Fasern im Stoff gegeneinander bewegen können. In bezug auf Fall und Anschmiegevermögen stehen daher spunlaced Stoffe den klassischen Webwaren näher als den typischen Vliesstoffen. Ferner haben spunlaced Stoffe einen relativ weichen Griff, da freie Faserenden aus dem Stoff herausragen und da die Fasern im Stoff beweglich sind.

Die heute in Europa eingeführten spunlaced Stoffe bestehen aus 100% Polyester. Die Weiterverarbeitung ist ähnlich der für konventionelle Ware aus 100% Polyester: Thermofixierung (30 sec bei ca. 210°C) erhöht die Reißkraft und verbessert die Oberflächenstabilität. Spunlaced Stoffe können ohne Vorwäsche nach den gebräuchlichen Methoden gefärbt und bedruckt werden (einschließlich Thermosol-Färbung und Transferdruck). Häufig werden spunlaced Stoffe mit Harzen ausgerüstet.

Spunlaced Stoffe, die zur Zeit in einer Reihe von Strukturen und mit Gewichten von ca. 40 bis ca. 80 g/m² geliefert werden, werden vor allem dort eingesetzt, wo es auf „textile“ Aussehen ankommt, also z. B. für Tischdecken, Vorhangstoffe und Tapeten mit Stoffeffekten.

Spunlaced fabrics are manufactured by Du Pont de Nemour & Co., Inc., from staple fibers using a proprietary process. A significant difference between spunlaced fabrics and non-wovens is that in the former the fibers can move relative to each other. As a consequence, spunlaced fabrics resemble woven fabrics rather than non-wovens with respect to drape and compliance. They have a relatively soft hand since free fiber ends protrude through the surface and since fibers can move relative to each other in the fabric.

The spunlaced fabrics which are available in Europe today are made from 100% polyester. Their further processing is similar to that which would be used for conventional fabrics of 100% polyester: Heat-setting (for 30 sec at 210°) improves strength and surface stability. Spunlaced fabrics may be dyed and printed, without prescour, by conventional dyeing and printing methods (including thermosol dyeing and transfer printing). In many instances, spunlaced fabrics are subjected to resin treatments.

Spunlaced fabrics are now supplied in a variety of structures and in the weight range from approx. 40 to approx. 80 g/m². They are frequently used in applications where a textile-like appearance is essential, such as in table clothes, curtains, draperies, and wall paper with a textile structure.

Einleitung

Der Markt für Vliesstoffe und Produkte aus Vliesstoffen weitet sich auf beiden Seiten des Ozeans rasch aus. 1976 erreichte die europäische Produktion an Vliesstoffen über 100.000 Tonnen. Das bedeutet so viel wie 3.000 Millionen Quadratmeter Vliesstoff. Der Großteil dieses Wachstums fand in den letzten 20 Jah-

ren statt, vor allem durch die Verdrängung der herkömmlichen Gewebe in Industrie, Medizin und Raumausstattung. Die treibende Kraft für diese Verdrängung ist vor allem wirtschaftlicher Natur, da die Vliesstoffe in einigen Anwendungsgebieten einen größeren Gebrauchswert bieten als Web- oder Wirkwaren.

Vom Standpunkt des Verwendungszweckes her teilt man die Vliesstoffe in zwei Kategorien:

- a) Wegwerfmaterialien
- b) haltbare Materialien

Die erste Kategorie umfaßt Deckstoffe für Windeln sowie Materialien für medizinische und chirurgische Verwendungszwecke, Reinigungstücher, Filtertücher, Teesäcke etc. Sie macht etwas weniger als die Hälfte des Gesamtverbrauchs aus (Abb. 1).

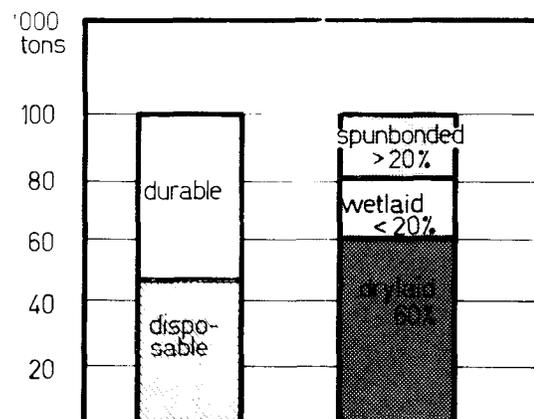


Abb. 1: Der Vliesstoffmarkt 1976 in Westeuropa

Die zweite Kategorie umfaßt Bett- und Tischwäsche, einige Bekleidungsstoffe, Futterstoffe, Beschichtungs-substrate, Teppichgrundmaterialien und Futter sowie schwere Membrane für technische Verwendungszwecke.

Trotz des spektakulären Wachstums der Vliesstoffe wurde das Vordringen dieser Materialien auf einer Reihe von Märkten durch die ihnen eigene Steifigkeit, Bockigkeit und ihren allgemein weniger attraktiven Griff behindert. Daher ist es eines der Hauptziele der Vliesstoffindustrie gewesen, textilen Fall, Weichheit, Bausch und visuelle Vielfalt zusammen mit Festigkeit und Haltbarkeit zu erreichen, ohne die Fasern zu Garn und das Garn zu Gewebe verarbeiten zu müssen.

Arten der Vliesstoffe

Die herkömmlichen Vliesstoffe werden nach dem zu ihrer Produktion eingesetzten Verfahren eingeteilt in:

- a) nach dem Trockenverfahren hergestellte Vliesstoffe
- b) nach dem Naßverfahren hergestellte Vliesstoffe
- c) spunbonded Vliesstoffe

In vielen dieser Strukturen werden Binder eingesetzt, um Festigkeit zu erhalten (Abb. 2). Mit zunehmendem Bindemittelgehalt nehmen jedoch die Weichheit und der Fall ab, da das Bindemittel die Faserbeweglichkeit einschränkt. Bei spunbonded Strukturen, die aus Filamenten hergestellt werden, wird die Stoffbahn

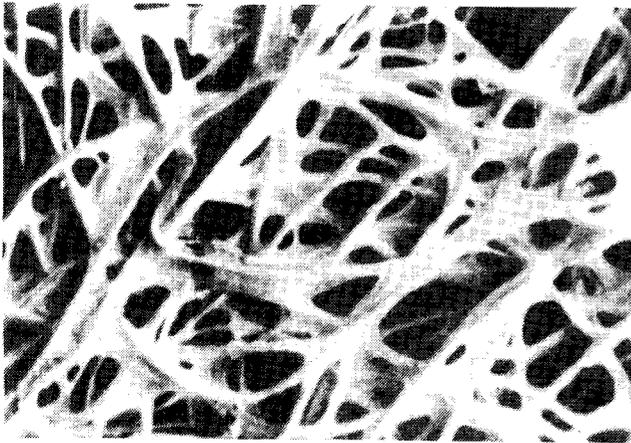


Abb. 2: Mit Binder verfestigte Struktur

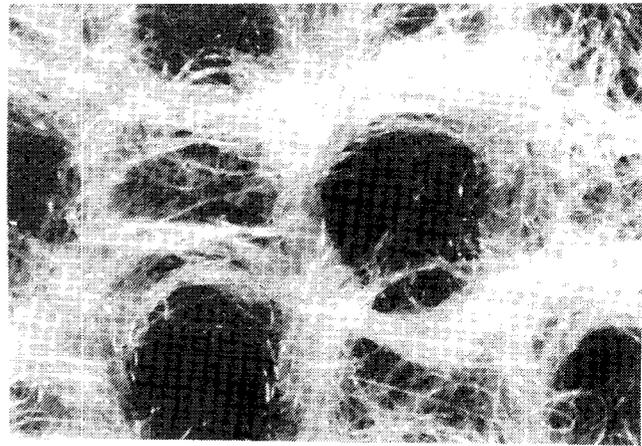


Abb. 4: Spunlaced Strukturen

Entweder mit Bindern konsolidiert, vernadelt oder durch Verschmelzung der Filamente an den Überschneidungspunkten verfestigt (Abb. 3). Letztere Methoden reduzieren zwar auch die Faserbeweglichkeit innerhalb der Struktur, aber in geringerem Maß als die Harzbindung, und ermöglichen im allgemeinen eine hohe Festigkeit bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung eines bestimmten Grades an Weichheit und Fall.

fachen Flanell auf eine komplizierte spitzenähnliche Struktur übergeht (Abb. 5).

Bei dem Verfahren kann theoretisch fast jede Art von Stapelfaser eingesetzt werden. Seit 1973 bringt Du Pont *spunlaced* Stoffe auf den Markt, die aus 100 % Polyester, 100 % Rayon sowie Mischungen aus Polyester mit Rayon und mit Holzstoff hergestellt werden. Alle haben die gleiche grundlegende Kombination von Festigkeit, Weichheit, Bausch und Fall.

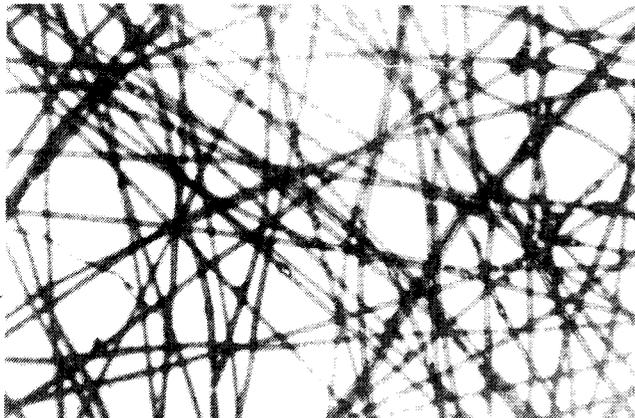


Abb. 3: Spunbonded Strukturen

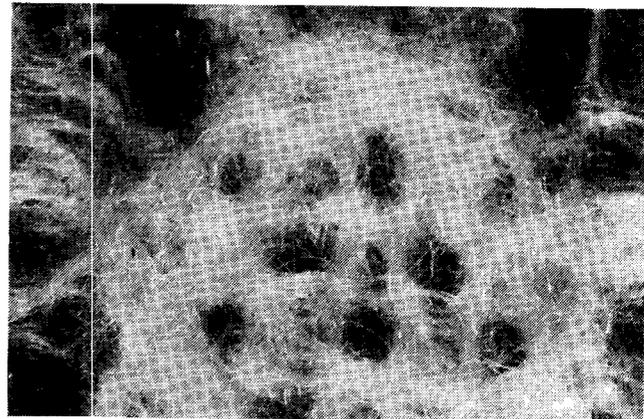


Abb. 5: Spunlaced Stoff mit spitzenähnlicher Struktur

Aber auch bei den *spunbonded* Vliesstoffen bleibt die gegenseitige Unvereinbarkeit von Fall und Festigkeit bestehen. Diese Unvereinbarkeit ist größtenteils durch eine Stofffamilie gelöst worden, die man als *spunlaced* Stoffe bezeichnet. Das von Du Pont entwickelte Herstellungsverfahren wird nicht beschrieben, da es geschützte Informationen enthält. Ich möchte nur sagen, daß *spunlaced* Strukturen aus Stapelfasern hergestellt werden, die ohne Bindemittel oder Faservererschmelzung, wie es bei einigen *spunbonded* Materialien der Fall ist, zu Vliesstoffen geschlungen werden (Abb. 4).

Eine Reihe von Mustern und Oberflächeneffekten können erreicht werden, indem man von einem ein-

Eigenschaften der Spunlaced Stoffe

Fall, Schmiegsamkeit und Festigkeit

Bei herkömmlichen Geweben und Gewirken werden Fall und Schmiegsamkeit dadurch erreicht, daß sich Fasern und Garne untereinander frei bewegen können. Das gilt auch für die *spunlaced* Stoffe.

Außerdem sind sie an und für sich fest, da die Fasererschlingung die Reibung zwischen den Fasern unter Belastung erhöht, ebenso wie die Drehung in einem Stapelgarn. Tatsächlich sind *spunlaced* Stoffe aus 100 % Polyester mindestens ebenso fest wie Baumwollgewebe des gleichen Gewichts (Abb. 6).

Die Festigkeit kann leicht gemessen und in Newton

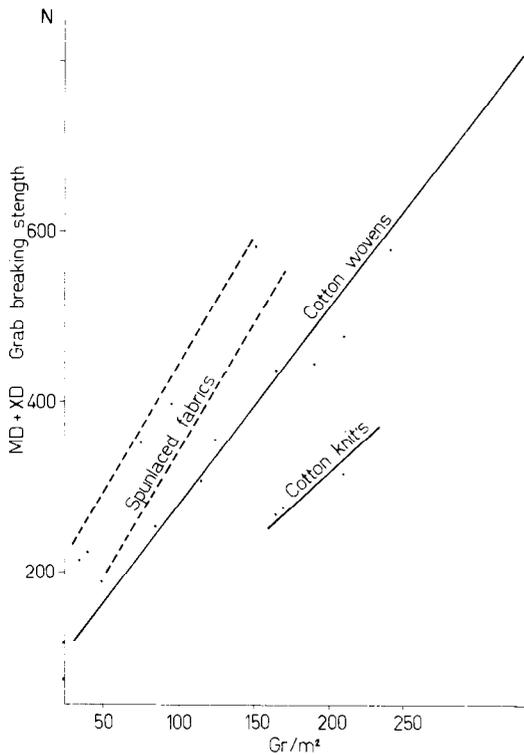


Abb. 6: Vergleich der Festigkeit von Baumwollmaterialien und spunlaced Stoffen

oder anderen Einheiten ausgedrückt werden. Wie aber steht es mit dem Fall?

Stoffe fallen gut, wenn sie sich leicht biegen und gekrümmten Oberflächen anschmiegen. Um sich anzuschmiegen, muß ein Stoff durch Dehnen, Zusammenziehen oder Scheren von Stelle zu Stelle die Oberfläche ändern. Der Fall hängt von der Leichtigkeit ab, mit der die erforderliche Formänderung erreicht wird. In einem Referat bei einer Tagung der Vereinigung der Vliesstoffindustrie (INDA) im März 1976, brachte Joseph Shivers¹ von Du Pont die Biegesteifigkeit und den Schermodul als die grundlegenden

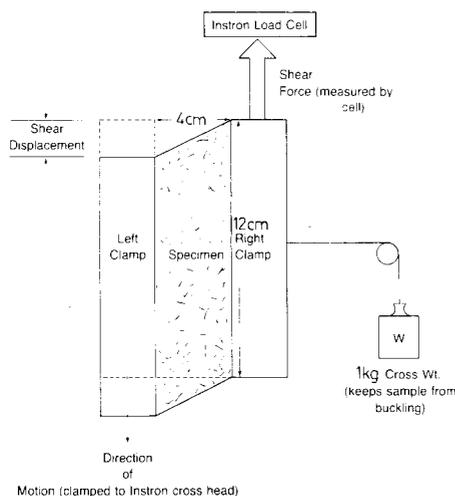


Abb. 7: Schematische Darstellung der Schermoduluntersuchung

Materialeigenschaften, die für den Fall verantwortlich sind, miteinander in Beziehung. Dies beruhte auf früheren Versuchen von Cusick² und anderen. Der Schermodul ist ein Maß für den Widerstand eines Stoffes gegenüber einer Formänderung von einem Rechteck zu einem Parallelogramm unter dem Einfluß der Scherkraft. Die in Abbildung 7 gezeigte Vorrichtung ist eine Modifikation der von Spivak³ vorgeschlagenen. Eine Kraft in Querrichtung wirkt auf das Stoffmuster. Die Kraft und die Verschiebung werden gemessen. Abbildung 8 zeigt anhand der Konfiguration von drei sehr verschiedenen Stoffen, wie der Schermodul den Fall beeinflusst.

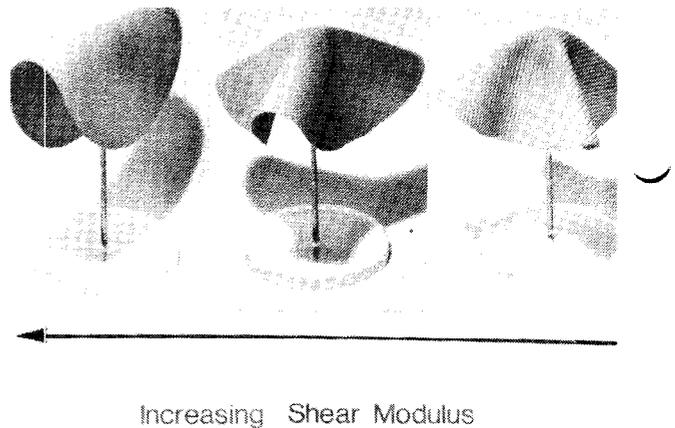


Abb. 8: Der Fall von Stoffen mit verschiedenem Schermodul

In Abbildung 9¹ ist qualitativ dargestellt, wie Stoffe in bezug auf Festigkeit und Schermodul definiert werden und die Kombination dieser zwei Eigenschaften durch eine „Eigenschaftskarte“ dargestellt werden kann. Diese Karte ist in Bereiche guten und schlechten Falls und guter und schlechter Festigkeit unterteilt

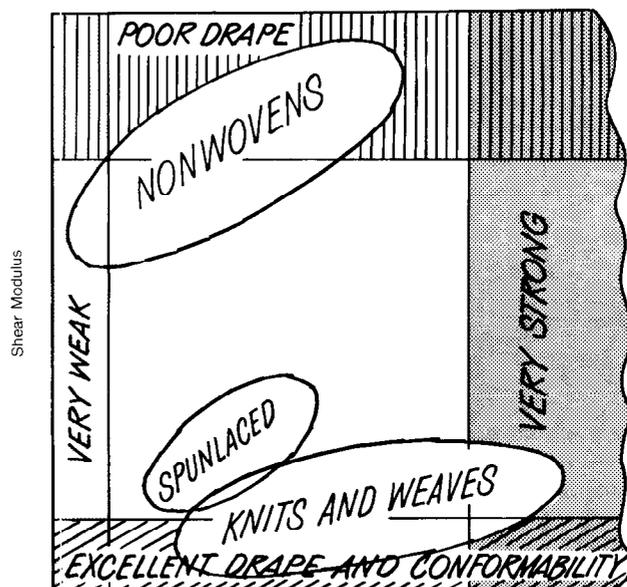


Abb. 9: Eigenschaftskarte für Schermodul und Festigkeit von Stoffen (qualitativ)

und erlaubt eine rasche Beurteilung dieser Eigenschaften für jedes Material.

Wie angedeutet, liegen die herkömmlichen Gewirke, Gewebe und Strukturen, die auf Garnen beruhen, im Bereich ausgezeichneten Falls und annehmbarer Festigkeit. Hingegen liegen die klassischen Vliesstoffe an und für sich schlechter, besonders mit zunehmender Festigkeit. *Spunlaced* Stoffe jedoch sind in ihren Eigenschaften den Garnprodukten sehr ähnlich.

Erholung und Weichheit

Spunlaced Stoffe sind gewöhnlich weniger nervös und erholen sich weniger gut als herkömmliche Gewebe und Vliesstoffe. Das ist wahrscheinlich auf die Tatsache zurückzuführen, daß *spunlaced* Strukturen für

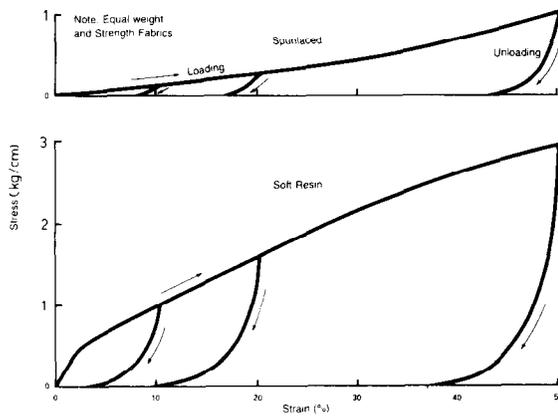


Abb. 10: Erholvermögen von harzgebundenen und *spunlaced* Stoffen

Reibungsverluste anfällig sind, wenn sie verformt werden. Wenn die Verformung ausreicht, um die Fasern gegeneinander zu verschieben, kehrt die Struktur nicht mehr in ihre ursprüngliche Konfiguration zu-

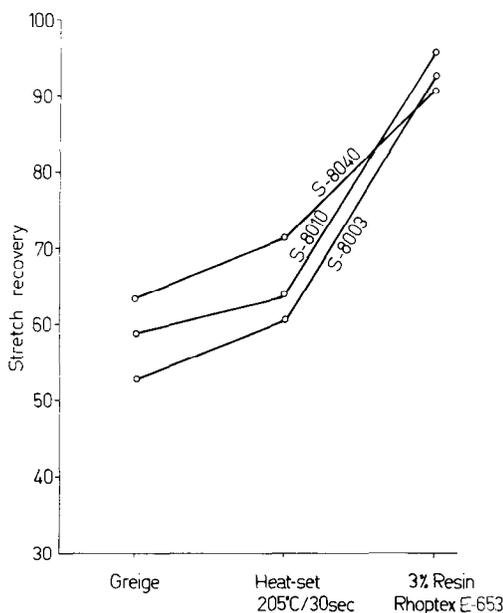


Abb. 11: Erholvermögen in Abhängigkeit von der Ausrüstung

rück. Hingegen erholen sich die an und für sich steifen verklebten oder verschweißten Vliesstoffe von Zugverformungen besser (Abb. 10). Beide Eigenschaften können modifiziert werden, indem man die Steifigkeit und die Reibungsmerkmale der Ausgangsfaser ändert und entsprechende Ausrüstungsmethoden anwendet (Abb. 11).

Die Weichheit hängt von zwei Faktoren ab:

Erstens von der Fähigkeit eines Stoffes, bei angewandtem Druck die Dicke zu ändern. Das läßt sich messen. Wir stellen fest, daß *spunlaced* Stoffe besser komprimierbar — und damit weicher als verklebte oder verschweißte Vliesstoffe (Abb. 12) sind.

Zweitens tragen die zahlreichen Faserenden, die von der Oberfläche vorstehen, auch zum angenehm weichen Griff der *spunlaced* Stoffe bei.

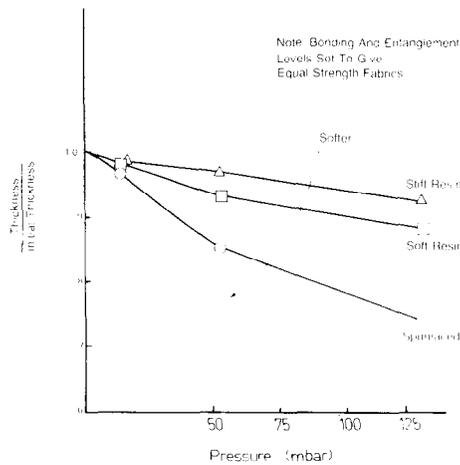


Abb. 12: Kompressibilität von harzgebundenen und *spunlaced* Stoffen

Verarbeitung von Spunlaced Stoffen aus 100% Polyester

Wie früher erwähnt wurde, könnte man die *spunlaced* Stoffe aus fast jeder Stapelfaser herstellen. In Europa sind sie jedoch kommerziell nur aus 100% Polyester verfügbar, und wir werden kurz die häufigsten bei diesen Materialien angewandten Verarbeitungsmethoden beschreiben.

1. Thermofixierung

Spunlaced Stoffe reagieren auf Thermofixierung ähnlich wie gewebte und gewirkte Materialien aus Polyesterfasern. Während des Thermofixierens werden die Fasern in der verschlungenen Position fixiert, wodurch die Strukturen stabilisiert werden. Das führt zu höheren Festigkeiten, geringeren Dehnungswerten und verbesserter Oberflächen- und Formbeständigkeit. Gewöhnlich verwendet man Temperaturen um 210°C bei einer Behandlungszeit von 30 Sekunden.

2. Harzbehandlung

Für viele Verwendungszwecke ist eine Harzausrüstung erwünscht, z. B. wenn bessere Nervosität, bessere Erholung, ein festerer Griff und/oder Pillingwiderstand erforderlich sind. Das ist der Fall bei Tischwäsche, wofür die unbehandelten *spunlaced* Stoffe zu schlaff

für ein optimales Aussehen sein würden. Gewöhnlich werden vernetzende Acrylharze durch Foulardieren mit anschließender Vernetzung aufgebracht. Während der Wärmebehandlung ist es immer möglich, die Breite des Stoffes zu korrigieren, indem man mit Voreilung arbeitet. Das Strecken ist dann am günstigsten, wenn die Streckzone so nah als möglich vor der Wärmezone der Anlage liegt.

3. Färben und Bedrucken

Spunlaced Stoffe enthalten nur Spuren von Öl und Appreturen. Daher erfordern sie kein Bleichen oder Entschlichten vor dem Färben oder Bedrucken. Herkömmliche Thermosol- oder Baumfärbeverfahren unter Druck mit Dispersionsfarbstoffen werden eingesetzt. Wegen ihrer großen Oberfläche sind *spunlaced* Vliesstoffe aus 100% Polyester ausgezeichnete Substrate für das Bedrucken, egal ob Pigment- oder Dispersionsfarbstoffe verwendet werden. Sehr gute Ergebnisse wurden auch mit Transferdruck erhalten.

4. Andere Behandlungen

Spunlaced Stoffe können mit einer Vielzahl von Substraten verklebt und laminiert werden. Auch hier bietet die große Oberfläche des Stoffes ausgezeichnete Haftungseigenschaften, die zur Laminierfestigkeit und guten Formbeständigkeit beim Waschen und bei der chemischen Reinigung beitragen. Alle Arten neuer Oberflächeneffekte können durch Prägen oder Kalandern erreicht werden. Das geschieht bei Temperaturen zwischen 120°C und 200°C und Drücken bis zu 45 Tonnen. Das Nähen bedeutet weder mit herkömmlichen noch mit Überschall-, Säum- oder Nähmaschinen ein Problem.

Produkte

Fünf grundlegende Typen aus 100% Polyester werden bisher kommerziell hergestellt (Abb. 13). Andere Typen, einige davon mit starkem Muster wie die offenmaschigen oder leinenartigen Stoffe, sind noch im Entwicklungsstadium.

Einsatzgebiete

Wegen ihres wirklich textilen Aussehens und Griffes sowie ihrer textilen Eigenschaften, zusammen mit

ihrer hervorragenden Festigkeit und Haltbarkeit, haben *spunlaced* Stoffe aus 100% Polyester ein breites Anwendungsgebiet. In Europa wurden folgende Verwendungszwecke entwickelt:

Raumausstattung

- Papiergestützte Tapeten
- Konfektions- und maßgeschneiderte Draperie
- Konfektions- und maßgeschneiderte Vorhänge
- Tischtücher
- Draperiefutter

Bettwäsche

- Fölster- und Steppdeckenzubehör einschließlich ultraschallgenähter Matratzenbezüge.

Industrie

- Substrate für PVC-Beschichtungen (Tischtücher, Bekleidung und Gepäck)
- Bucheinbände
- Reinigungstücher

Bekleidung

- Futterstoffe
- Substrate für PVC- oder Polyurethan-beschichtete Bekleidungsstücke

Außenmaterialien für Bekleidung sind ein sehr anspruchsvolles und kritisches Gebiet, in das die klassischen Vliesstoffe kaum vorgedrungen sind. *Spunlaced* Stoffe können für einige Arten der Bekleidung verwendet werden, vorausgesetzt, daß entsprechende Antipilling- und Stabilisierbehandlungen angewandt werden. Labormäntel, Operationsmäntel, sogar Brautkleider wurden daraus hergestellt und haben Komfort, gutes Aussehen und akzeptable Leistung bewiesen.

Verkauf

Die Firma Du Pont liefert *spunlaced* Stoffe in großen Rollen, die zwischen zwei- und viertausend Meter enthalten. In Europa werden diese Rollen an Verarbeiter verkauft, die die Produkte in der vom Handel gewünschten Breite weiterverkaufen. Diese Verarbeiter sind auch in der Lage, das Material je nach Verwendungszweck zu veredeln, färben, bedrucken oder zu laminieren.

Markenname

Du Ponts *spunlaced* Produkte werden — ausgenommen in Westdeutschland — für alle Verwendungszwecke außer für Tischtücher unter dem Markennamen „SONTARA“ verkauft.

Literatur:

- 1) J. C. Shivers et al: „Die mechanischen und geometrischen Eigenschaften der *spunlaced* Faserstrukturen.“ März 1976, Tagung der Vereinigung der Vliesstoffindustrie (INDA)
- 2) G. E. Cusick; Text. Inst. 56, T 596 (1965)
- 3) S. M. Spivak; Text. Res. J. 36, 1056 (1966)

| <u>Style</u> | <u>Weight, g/m²</u> | <u>Type</u> |
|--------------|--------------------------------|-------------|
| 8000 | 41 | Flannel |
| 8010 | 54 | Apertured |
| 8003 | 65 | Flannel |
| 8022 | 82 | Hopsack |
| 8040 | 58 | Snowflake |

Abb. 13: Typen von *spunlaced* Stoffen

Diskussion

Wagner: Können Sie das Wasch- und Reinigungsverhalten dieser Produkte beschreiben?

Piroue: Spunlaced-Strukturen können gewaschen und geputzt werden wie andere Materialien aus Polyesterfasern. Man muß allerdings eine entsprechende Ausrüstung verwenden, um das Pillen zu verhindern. Tischtücher wurden 50 bis 60 mal gewaschen.

Rushek: Ihre Strukturen enthalten keine klassischen Binder, doch haben Sie soeben von einer Ausrüstung gesprochen, um Elastizität und Waschbeständigkeit zu erhalten. Welche Bindungen liegen hier vor?

Piroue: Im Material ist kein Binder enthalten und die Strukturen besitzen ausreichende Festigkeit. Für einige Verwendungszwecke ist allerdings eine oberflächliche Beschichtung notwendig, um das Pillen zu verhindern. Diese Ausrüstung bewirkt aber keinerlei Bindung der Einzelfasern innerhalb der Struktur.

Albrecht: Sie unterscheiden also sehr streng zwischen der Bindung im Vliesstoff und einer Bindung auf dem Vliesstoff.

Piroue: Das Ausrüsten hat nur einen Oberflächeneffekt, so wie auch bei anderen Stoffen, um bestimmte Eigenschaften zu verleihen.

Albrecht: Sie gehen aber nach wie vor davon aus, daß die Flexibilität deshalb so gut ist, weil keine zusätzlichen Bindungen vorhanden sind?

Piroue: Ja, das ist richtig.

Rushek: Die Charakterisierung eines Flächengebildes durch die Reißfestigkeit erscheint aus der Sicht der Gebrauchseigenschaften sehr zweifelhaft, weil diese Produkte ja nur dort eingesetzt werden, wo eine Zerstörung nicht erreicht wird. Die mangelnde Elastizität und das unzureichende Wiederholvermögen deuten doch darauf hin, daß ein Binder nötig wäre?

Piroue: Wegen der geringen Elastizität und dem mangelnden Wiederholvermögen können die Materialien heute auch noch nicht für normale Bekleidungstextilien eingesetzt werden. Es könnte aber sein, daß mit neuen Fasern, die andere Reibungseigenschaften besitzen, dies durchaus möglich wäre.

Zschunke: Ich glaube, daß Sie Dacron 116 verarbeiten. Können Sie auch andere Faserstoffe bzw. Fasermischungen nach diesem System verarbeiten?

Piroue: Wir verwenden Dacron 106, das ist eine mittel- bis hochfeste Polyesterfaser. Man kann aber jede Faserstapel einsetzen, auch Reyon, nur Endlosfasern können nicht verwendet werden.

Zschunke: Sie erwähnten 5 verschiedene Muster. Gibt es auch noch andere Muster, und unter welchen Bedingungen können diese verschiedenen Designs wirtschaftlich hergestellt werden?

Piroue: Die Anzahl der Designs ist kaum beschränkt. Die Wirtschaftlichkeit erfordert aber eine Produktion von nicht nur hunderttausend m², sondern eher eine bis zu einer Million.

Albrecht: Beim Prüfen der Festigkeiten von Geweben benutzt man einen Streifen von einigen Zentimetern Breite (z. B. 5 cm). Beim Reißen bleibt die Gesamtstreifenbreite erhalten. Reißt man aber Vliesstoffe, so tritt eine Einschnürung ein, sodaß es Schwierigkeiten gibt, diese Festigkeitswerte mit den Festigkeitswerten von Geweben zu vergleichen. Ist das bei Ihren Angaben berücksichtigt oder gelten diese Feststellungen für Ihre Festigkeitsangaben nicht?

Piroue: Ihr Einwand ist richtig, wir nehmen darauf keine Rücksicht. Wir messen die Festigkeit in der Laufrichtung und quer dazu und bilden daraus einen Mittelwert. Das sind die gezeigten Werte.

Brown: Im ersten Diagramm wurde nicht die "Stripstrength", sondern die "Grabstrength" gemessen, das heißt aber, daß sehr breite Materialstücke verwendet wurden, sodaß beim Reißversuch keine Einschnürung eintrat.

Albrecht: Dies scheint aber denn doch ein prüftechnisches Problem zu sein.

.. und **KSB** liefert Pumpen,
Kompressoren, Armaturen ..

KSB ÖSTERREICH GESELLSCHAFT M. B. H. WIEN - SALZBURG - GRAZ - LINZ - INNSBRUCK

Das Aufbereiten und Mischen von Chemiefasern

Friedrich Wilhelm M o r g n e r , Bergisch Gladbach

Die Bedeutung der Chemiefasern für die Textilindustrie wird dadurch sehr deutlich, daß der gesamte Verbrauchszuwachs seit dem Jahre 1960 fast ausschließlich über synthetische Fasern und in geringerem Umfange auch über Cellulosefasern gedeckt wurde. Langfristig wird sich dieser Trend nicht ändern, sondern aus verschiedenen Gründen eher noch verstärken. Dabei wird es ein notwendiges Neben- und Miteinander von Chemie- und Naturfasern geben, das letztlich nur dem Zweck dient, ein Endprodukt mit maximalen Gebrauchswerten bei minimalem Kapitaleinsatz zu schaffen.

Für den Hersteller von Aufbereitungs- und Mischanlagen bedeutet dies, daß es auch in der Zukunft wesentlich darauf ankommt, die unterschiedlichen Fasermaterialien homogen zu mischen, um damit sowohl für den Produzenten als auch für den Verbraucher optimale Produkte zu schaffen. Dabei spielt es keine Rolle, ob Chemie- und Naturfasern oder Chemiefasern alleine verarbeitet werden. Selbst einkomponentige Partien erfordern in vielen Fällen eine Vergleichmäßigung des eingesetzten Fasermaterials.

Vom Mischverfahren her bieten sich dafür das komponenten-unabhängige und das komponenten-abhängige Mischsystem an. Abgesehen von einigen speziellen Verarbeitungsbereichen hat sich dabei die technologische Überlegenheit des komponenten-unabhängigen Mischsystems herausgestellt, dessen wesentliche Kriterien — bezogen auf eine entsprechende Anlagenauslegung — sind:

- die minimale und maximale Partiegröße,
- die geforderte Leistung,
- das zu verarbeitende Fasermaterial und
- das Endprodukt.

Das komponenten-unabhängige Mischsystem stellt eine verfeinerte und auf automatischem Wege erstellte Form des herkömmlichen Handmischbettes dar. Von primärer Bedeutung ist dabei die Partiegröße, die die Auslegung der Mischkammern bestimmt. Um die Homogenität der Mischung sicherzustellen, muß die gesamte Partie in möglichst zahlreichen und damit dünnen Lagen in der Kammer horizontal aufgeschichtet werden. Der Querausgleich erfolgt durch die vertikale Materialentnahme des Entleerungsaggregates. Da alle Partien in der Regel mit oder ohne Krepelwolffpassage in eine zweite Mischkammer umgesetzt werden, ist die homogene Vermischung aller Partiekomponenten sichergestellt.

Die Vorteile dieses Mischsystems lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- absolute Homogenität der Mischung,
- konstante und hohe Leistung,
- Flexibilität im Einsatzbereich,
- kurze Wartungszeiten und
- geringere Investition.

The importance of man-made fibres in the textile industry is clearly stated by the fact that since 1960 the total increase in consumption has been covered nearly exclusively by man-made fibres and to a lower extent also by cellulose fibres. The said tendency will remain unchanged for quite some time, on the contrary this development may even be gradually accentuating. Necessarily, man-made and natural fibres will be needed concurrently with the view of creating a final product of maximum productiveness at a minimum of capital investment.

For the manufacturer of fibre preparation and fibre blending plants this means that also in the future homogeneous blending of the various fibres will be most impor-

tant in order to offer an optimum product to the producer as well as to the consumer. In this connection it is a secondary consideration whether man-made and natural fibres are jointly processed or whether only man-made fibres are used. Even batches of one component only require equalization of the fibre material in many cases.

There are two blending systems for this purpose: the system being independent of the number of components and the one depending on the number of components. With exception to some special processing sectors the blending system being independent on the number of components proved to be the better one from the technological point of view. Its most important criteria — with respect to an appropriate plant layout — are the following:

- the minimum and maximum batch size,
- the production required,
- the fibre material to be processed and
- the final product.

The blending system being independent of the number of components is a refined and automatically prepared form of the manual blending bed. Here the batch size is of great importance and it is the batch size that determines the layout of the blending box. In order to ensure a homogeneous blend the whole batch has to be horizontally piled up in the box in as many thin layers as possible. The transverse compensation is then effected by vertically taking off the material through the discharging aggregate. All batches generally being re-blended into a second blending box — with or without passing the carding willow — homogeneous blending of all components is guaranteed.

The advantages of the blending system being independent of the number of components are the following:

- absolute homogeneity of the blend,
- constant and high production,
- flexibility in the application,
- short maintenance times and
- low capital investment.

Die Bedeutung der Chemiefasern für die Textilindustrie wird dadurch sehr deutlich, daß der gesamte Verbrauchszuwachs seit dem Jahre 1960 fast ausschließlich über synthetische Fasern und in geringerem Umfange auch über Cellulosefasern gedeckt wurde. Langfristig wird sich dieser Trend nicht ändern, sondern aus verschiedenen Gründen — die ich hier nicht näher zu erläutern brauche — eher noch verstärken. Dabei wird es ein notwendiges Neben- und Miteinander von Chemie- und Naturfasern geben, das letztlich nur dem Zweck dient, ein Endprodukt mit maximalen Gebrauchswerten bei minimalem Kapitaleinsatz bereitzustellen.

Für den Hersteller von Faseraufbereitungs- und Faser-mischanlagen bedeutet dies, daß es auch in der Zukunft wesentlich darauf ankommt, die unterschiedlichen Fasermaterialien homogen zu mischen, um damit sowohl für den Produzenten als auch für den Konsumenten optimale Produkte zu schaffen. Dabei spielt es keine Rolle, ob Chemie- und Naturfasern oder beide alleine verarbeitet werden. Selbst einkomponentige Partien erfordern in vielen Fällen eine Vergleichmäßigung des eingesetzten Fasermaterials.

Durch die heute zur Verfügung stehenden Spezialtypen von Chemiefasern, wie z. B. hoch-, normal- und niedrigschrumpfende Fasern oder dunkel-, normal- und hellanfärbende Typen, ist dem Hersteller von Textilien die Möglichkeit gegeben, seine Erzeugnisse

zu konstruieren. Die gewollten Effekte, wie z. B. Hochbausch oder Bicolor, sollen dabei in den meisten Fällen von Fadenmeter zu Fadenmeter über ganze Partien hinweg gleichmäßig sein, wobei aber in der Regel mehrere Komponenten in einer Partie enthalten sind.

Diese und nahezu alle Produkte des Garn- und Nonwovenssektors beruhen auf einem mehr oder weniger intensiven Mischprozeß. Dies trifft für die Tuch- und Teppichherstellung ebenso zu wie für die Erzeugung von Möbel- und Dekostoffen, von Syntheseledern oder für den großen Bereich der Disposables.

Daraus ergibt sich zwangsläufig, daß in den Mischanlagen die unterschiedlichsten Fasermaterialien zur Verarbeitung kommen, die eine entsprechende Anpassungsfähigkeit der Anlagen voraussetzen.

Zur Gewährleistung der gestellten Anforderung bieten sich heute zwei Mischverfahren an, und zwar:

- das komponenten-unabhängige und
- das komponenten-abhängige Mischsystem.

Als wesentlichstes Kriterium dieser Systeme ist anzusehen, ob partiebezogen gemischt wird oder nicht. Partiebezogenes Mischen heißt, daß die eingesetzten Mischaggregate in ihrem Aufnahmefolumen auf die zur Verarbeitung kommende maximale Partiegröße ausgelegt sind.

Das komponenten-unabhängige Mischsystem, dessen technologische Überlegenheit sich in nahezu allen Bereichen durchgesetzt hat, soll hier im Mittelpunkt stehen. Es stellt eine verfeinerte und auf automatischem Wege erstellte Form des klassischen Handmischbettes dar und praktiziert damit das partiebezogene Mischen. Bestimmende Faktoren für diese Anlagenauslegung sind:

- die minimale und maximale Partiegröße,
- die geforderte Leistung,
- die zu verarbeitenden Fasermaterialien und
- das Endprodukt.

Die Arbeitsweise einer nach dem komponenten-unabhängigen Mischsystem ausgelegten Anlage ist in Abbildung 1 und 2 gezeigt.

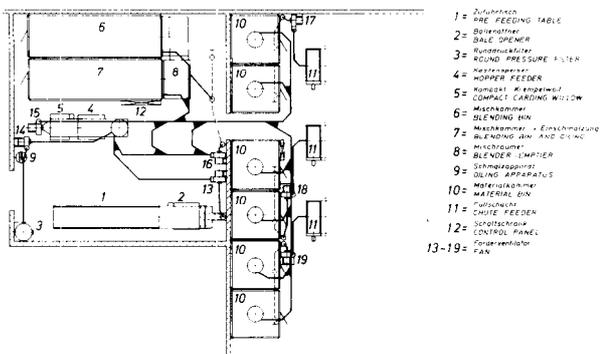


Abb. 1: Fasermischanlage

Die Partiekomponenten werden nach dem Entfernen der Emballage in angenähertem Mischungsverhältnis dem Zuführtisch des Ballenöffners aufgegeben und

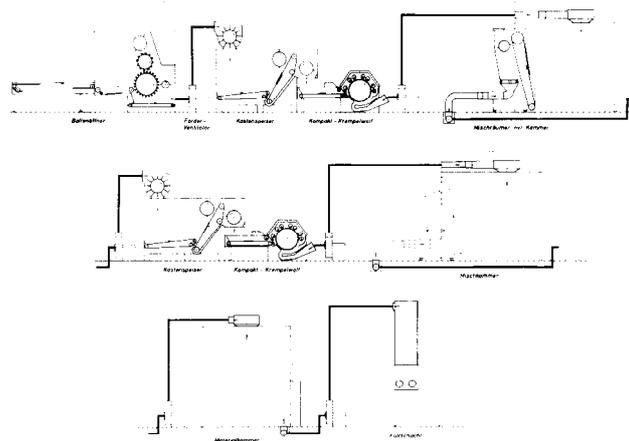


Abb. 2: Schematische Darstellung der Fasermischanlage zu Plan A 461

anschließend als ganze Ballen automatisch den Öffnungsaggregaten der Maschine zugeführt.

Kleinkomponenten bis etwa 10% müssen dabei als Haube über die restlichen Komponenten oder aber als Grundlage über den gesamten Zuführtisch verteilt werden. Anschließend wird das Material über den Maschinensatz Kastenspeiser/Kompakt-Krempelwolf verarbeitet.

Während der Kastenspeiser für eine kontinuierliche und gleichmäßige Beschickung sorgt, dient der nachgeschaltete Kompakt-Krempelwolf als reines Öffnungsaggregat. Über den Öffnungsgrad des Materials in Einzelflocken und der damit in Zusammenhang stehenden Förderleistung wird erheblicher Einfluß auf die Mischungsqualität genommen. Entsprechend dieser Bedeutung sind bei der Anlagenauslegung unterschiedliche Öffnungsaggregate in Betracht zu ziehen. Als Alternative zum Kompakt-Krempelwolf ist dabei der Feinöffner anzusehen, der — wie der Name bereits andeutet — speziell für feintierige Fasertypen eingesetzt wird (Abb. 3).

Das vom Kompakt-Krempelwolf abgesaugte Material wird lagenweise, d. h. horizontal, in der ersten Mischkammer aufgeschichtet.

Abgesehen von einigen partiellen Mischeffekten, die im Vorratsbehälter des Ballenöffners und Kastenspeisers sowie auf dem Krempelwolf und durch den pneumatischen Transport stattfinden, wird die Homogenität der Mischung ausschließlich von der Anzahl der Materiallagen in der Mischkammer bestimmt. Diese Kammer ist — wie alle anderen auch — in ihrem Volumen auf die maximale Partiegröße ausgelegt. Bei stark voneinander abweichenden Partiegrößen ist eine Anpassung des Kammervolumens durch Einsatz einer verstellbaren Rückwand erforderlich, um die notwendige Schichtanzahl in der Kammer zu erreichen. Eine allgemeine Regel besagt, daß eine Mischkammer mindestens bis zur Hälfte gefüllt sein muß, um die gewünschte Mischungsqualität zu erzielen. Nach dem ersten Niederschlag liegen die Partiekomponenten in der Reihenfolge übereinander, wie sie dem Zuführtisch des Ballenöffners aufgegeben wurden.

Je größer die Anzahl der Lagen in der Mischkammer ist, desto bessere Voraussetzungen sind zur Erzielung einer homogenen Mischung gegeben. Die Anzahl der

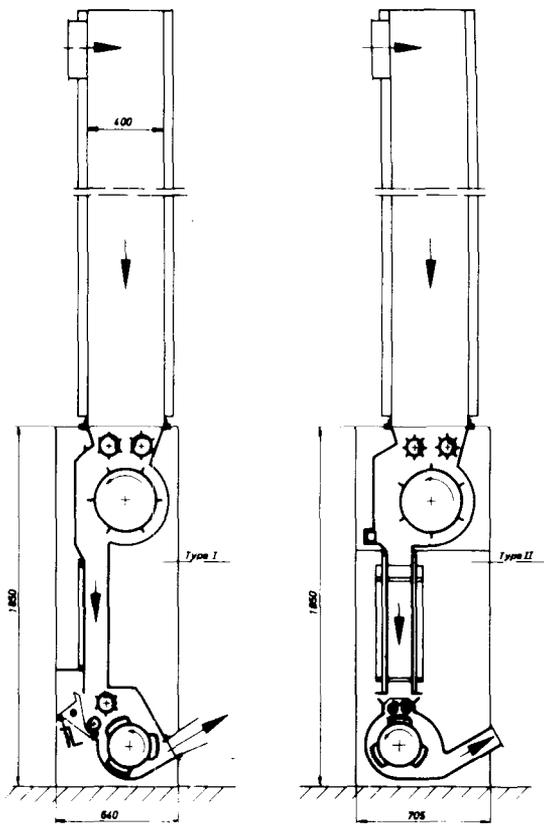


Abb. 3: Feinöffner

Lagen wird dabei durch die bereits erwähnte Förderleistung und die Geschwindigkeit des Beschickungsaggregates — hier ein Teleskoprohr mit feststehendem Zyklon — bestimmt.

Nach abgeschlossener Füllung der Kammer und damit Niederschlag der gesamten Partie, wird das Material durch den Mischräumer im Querausgleich von unten nach oben entnommen, wodurch sich eine Vermischung der horizontal aufgeschichteten Materiallagen ergibt. Es schließt sich das Umsetzen der Partie in die zweite Mischkammer an, wobei hier mit oder ohne Krempe(wolf)passage gearbeitet werden kann. Die zweite Mischkammerbeschickung ist nicht in allen Fällen erforderlich, aber je nach Anzahl und Zusammensetzung der Komponenten bzw. dem verlangten Endprodukt angebracht. Bei der Abscheidung in die Kammer wird das Material über Düsen im Zyklon aviviert.

Eine weitere Möglichkeit zur Aufbringung von Avivagemitteln ist mit dem sogenannten Pneumaschmäler gegeben, der innerhalb des pneumatischen Fördersystems die Avivierung während des Fördervorganges vornimmt. Die Aufbereitung der Avivagemittel erfolgt in einem Schmälerapparat.

Nach Einspeisung der gesamten Partie wird der Mischräumer vor die zweite Kammer gefahren und die erste Mischkammer mit einer Schiebewand verschlossen. Während der nachfolgenden Entleerung durch den Mischräumer und des Transports zu den Krempe(wolf)vorratskammern kann eine weitere Partie bereits angesetzt und in der ersten Mischkammer aufgeschichtet werden. Pro Krempe(wolf) werden in der Regel zwei Vorratskammern vorgesehen, um eine größere Flexibilität zu erreichen. Sobald eine Kammer ent-

leert ist, wird die nachfolgende Partie bereits teilweise abgelagert.

Der Füllschacht oberhalb des Kastenspeisers der Krempe(wolf) wird aus den Vorratskammern über eine Aussaugleitung beschickt, in die das Material manuell eingegeben werden muß. Minimaler und maximaler Füllstand werden dabei über Lichtschranken kontrolliert, die gleichzeitig mit einer Signaleinrichtung gekoppelt sind. Die Materialabgabe vom Füllschacht an den Kastenspeiser der Krempe(wolf) wird ebenfalls über eine Lichtschranke gesteuert.

Diese halbautomatische Krempe(wolf)beschickungsanlage kann auch voll automatisiert werden, indem für die Entleerung der Vorratskammern beispielsweise ein Mischräumer eingesetzt wird. Eine solche Auslegung kann primär bei Hochleistungsanlagen erforderlich sein.

Die Steuerung der Fasermisch- und Krempe(wolf)beschickungsanlage ist in zentralen Schaltschränken untergebracht, die eine schnelle und störungsfreie Bedienung gewährleisten.

In diesem Zusammenhang sei auch die Reinigung der Anlagen angesprochen. Alle Maschinen und Einrichtungen sind so ausgelegt, daß sie nur ein Minimum an Reinigungsaufwand erfordern. Dies schließt selbstverständlich den Reinigungsprozeß nach Durchlauf einer Partie nicht aus. Für das Rohrleitungssystem wird ein mit Borsten besetzter Ball verwendet, der unter Ausnutzung der Saug- oder Druckluft des Ventilators durch die Rohrleitung geblasen wird.

Um die technologische Überlegenheit des komponentenunabhängigen Mischsystems zu untermauern, wurde das Institut für Textiltechnik in Reutlingen¹ mit einer vergleichenden Analyse verschiedener Verfahren in bezug auf ihre Mischungsqualität beauftragt. Als Ausgangsbasis für die Analyse wurde eine Polyester-Wollmischung im Verhältnis 55 : 45 % gewählt. Untersucht wurden folgende 3 Mischverfahren (Abb. 4):

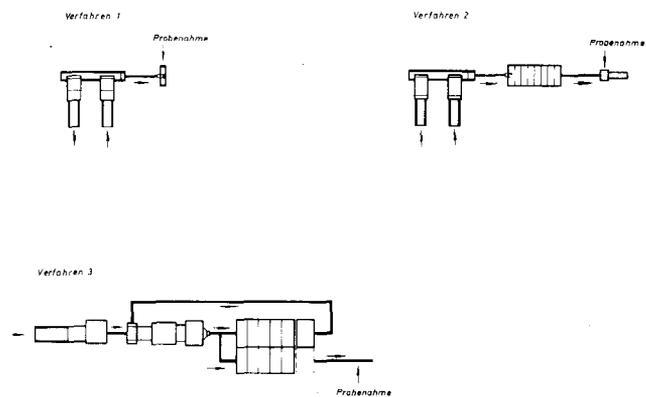


Abb. 4: Mischsysteme

Verfahren 1 umfaßt je einen Komponentenspeiser mit Wiegeeinrichtung für Polyester und Wolle mit überlappender Materialabgabe auf ein querlaufendes Transportband. Das Einblasen des so gemischten Materials erfolgte über einen Ventilator in einen Füllschacht.

Verfahren 2 entsprach im Prinzip dem Verfahren 1, jedoch wurde dem Transportband ein Schachtmischer

nachgeschaltet, von dem das Material an einen Füllschacht abgegeben wurde.

Verfahren 3 benützte die Maschinenanordnung und den Mischprozeß nach dem bereits ausführlich dargelegten komponenten-unabhängigen Mischsystem, d. h. das Ansetzen der Partie erfolgte auf dem Zuführtrichter des Ballenöffners, der Öffnungsprozeß lief über Kastenspeiser/Kompakt-Krempelwolf und die Einspeisung in eine Mischkammer. Die Entleerung bewirkte ein Mischräumer, und die komplette Partie wurde über Kastenspeiser/Kompakt-Krempelwolf in die zweite Mischkammer umgesetzt. Die erneute Entleerung erfolgte durch den Mischräumer mit nachfolgendem Einblasen in einen Füllschacht.

Im Gegensatz zum Mischverfahren 3, bauen die Verfahren 1 und 2 auf dem eingangs erwähnten komponenten-abhängigen Mischsystem auf. Dieses Mischsystem geht davon aus, daß jeder Partiekomponente ein separater Komponentenspeiser mit Wiegeeinrichtung zugeordnet wird, der das Material dosiert, d. h. in einzelnen Wiegechargen in die Anlage einspeist. Aus dem nachgeschalteten Schachtmischer erfolgt dann die Materialabgabe an die weiterverarbeitende Anlage.

Bei allen drei Mischverfahren erfolgte die Probeentnahme im jeweiligen Füllschacht. Als sinnvolle Probengröße erwiesen sich Fasermengen, deren mittleres Gewicht etwa 5 g betrug und deren visuelle Größe durch Vorversuche ermittelt wurde. Das tatsächliche Gewicht der Proben schwankte dann zwischen 2 und 11 g. Anhand ihres tatsächlichen Gewichtes erfolgte

eine Aufteilung in zwei Gewichtsklassen, deren mittleres Gewicht 5 bzw. 8 g betrug.

Die Mischungsanteile einer jeden Probe werden nach dem Kalilaugenverfahren bestimmt, wobei der Wollanteil herausgelöst wird. Dieses Verfahren hat aufgrund chemischer Vorgänge zur Folge, daß die ermittelten Polyesteranteile etwa 4 bis 5 % höher als der tatsächliche Wert liegen.

Die Analyse bestätigt, daß das Mischverfahren 3 nach dem komponenten-unabhängigen System im Hinblick auf die Homogenität der Mischung den anderen Systemen eindeutig überlegen ist. Dies gilt sowohl hinsichtlich der absoluten Schwankungsbreiten als auch der Variationskoeffizienten der Mischung. Die Gegenüberstellung der Schwankungsbreiten in Diagrammform (Abb. 5) zeigt die sehr breite Streuung der Proben um den Polyester-Sollwert von 60 % bei Verfahren 1, die geringere Streuung bei Verfahren 2 und die sehr ausgeprägte Konzentration der Probenwerte im geforderten Bereich bei Verfahren 3.

Die Vorteile des komponenten-unabhängigen Mischsystems lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Absolute Homogenität der Mischung
- Konstante und hohe Leistung
- Flexibilität im Einsatzbereich
- Kürzere Wartungszeiten
- Geringere Investitionen

Zusammenfassung:

Fehler, die sich bereits beim Mischen unter anderem durch unzureichende Öffnung und Homogenität ergeben, lassen sich in der Regel im weiteren Fertigungsprozeß nicht mehr ausgleichen. Welche Auswirkungen diese Fehler letztlich haben, kann nur unter Berücksichtigung des Endproduktes und der Technologie beurteilt werden, mit der es hergestellt werden soll.

In der Zukunft wird nach unserer Auffassung der Fasermischung eine noch größere Bedeutung zukommen.

Dabei gehen wir davon aus, daß der vermehrte Einsatz von Chemiefasern sowie die Entwicklung neuer Fasertypen und Technologien es mehr denn je erforderlich machen, die unterschiedlichen Partiekomponenten homogen zu mischen.

Literatur:

Prof. G. Egbers, W. Joas: „Das Mischen von Fasern“; *Tex. Prax. Int.* 4, 397—398 (1977)

Diskussion

Köb: Der Mischautomat von Rieter ist uns früher schon als Riese erschienen, jetzt haben wir einen Saurier vor uns, der gleich zweimal „passiert“ wird. Geht bei einer zweimaligen Passage das Material auch über die Öffnungsmaschinen oder wird es nur von einer Kammer in die andere übertragen?

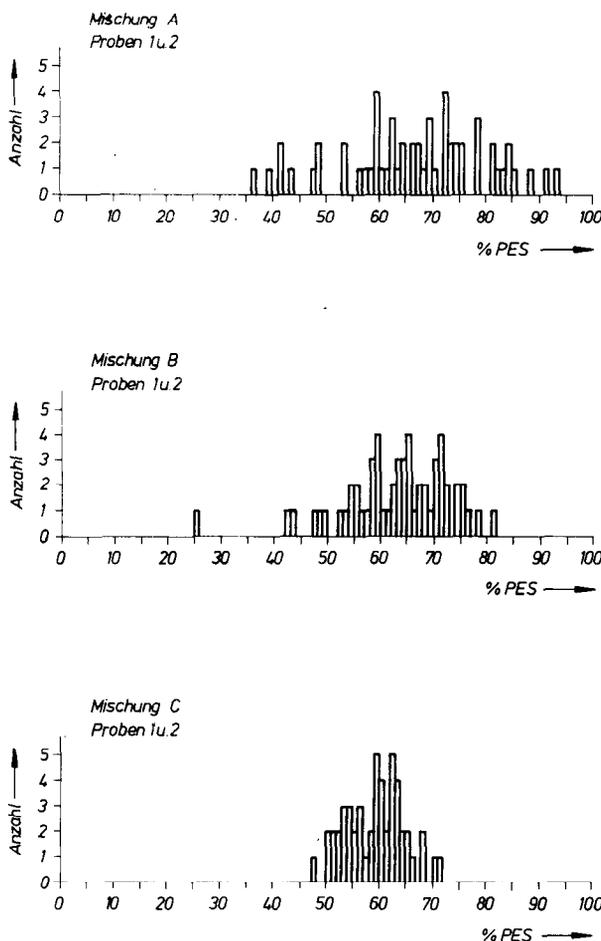


Abb. 5: Schwankungsbreiten bei verschiedenen Mischverfahren

Morgner: Durch Rohrweichen innerhalb der pneumatischen Förderanlagen sind alle Möglichkeiten gegeben. Sie können also, wenn Sie ummischen, sowohl über die Öffnungsaggregate gehen als auch einen Ummischprozeß von Kammer zu Kammer vorsehen.

Dies hängt davon ab, ob ein zusätzlicher Öffnungseffekt nötig ist oder nicht. Man kann nur dann gut mischen, wenn vorher gut geöffnet worden ist. Eine zu starke Öffnung kann dabei allerdings unter Umständen zu Faserschädigungen und Faserbrüchen, Nissen- oder Noppenbildung führen.

Köb: Die Baumwollspinner werden sich hier etwas weniger angesprochen gefühlt haben als die Verarbeiter von Wolle.

Morgner: Das ist richtig. Überwiegend arbeiten unsere Anlagen in Streich- und Halbkammgarnspinnereien sowie in allen Bereichen der Non-woven-Industrie, wo naturgemäß hauptsächlich Wolle und Synthetiks verarbeitet werden. Da Stapellänge und Titer jedoch nur bedingten Einfluß auf die Anlagen haben, gelten wesentliche Teile meiner Ausführungen auch für Baumwollspinnereien, soweit dort Synthetiks verarbeitet werden. Die eingesetzten Öffnungsaggregate können Fasermaterialien von ca. 1,25 bis über 100 dtex verarbeiten, wobei die Stapellänge zwischen 15 und 250 mm und darüber liegt.

Krause: Mich würde interessieren, warum Sie zur Methode des Mischräumens gegangen sind. Es erscheint mir im Vergleich zur stationären Vorrichtung, zum stationären Abnehmen der Schichten komplizierter. Warum haben Sie diese Konstruktion gewählt?

Morgner: Aus Zeitgründen habe ich die sogenannte automatische Mischkammer mit stationärer Fräse, die dem Mixmaster verwandt ist, nicht erwähnt. Mit dieser Einrichtung haben wir eigentlich begonnen. Dabei wurde das Material von einem Rohrstabtisch mit einer damit verbundenen Rückwand gegen die Fräse geführt. Der Übergang zum Mischräumer erfolgte allein aus preislichen Gründen, da die Rohrstabtischkonstruktion der automatischen Mischkammer teuer ist. Beim Mischräumer ist der Boden der Kammer mit dem Gebäudeboden identisch. Es sind

nur Schienen zu verlegen, auf denen der Mischräumer geführt wird. Voraussetzung ist dabei, daß der Boden einigermaßen ausnivelliert ist, damit bei Kurzschnittfasern keine Reste bei der Entleerung zurückbleiben. Der Mischräumer wird von uns zur Zeit mit einer Arbeitsbreite bis zu 4 m gebaut, während diese bei der automatischen Mischkammer bis zu 6 m betragen kann. Das heißt, daß mit den automatischen Mischkammern größere Partien verarbeitet werden können. Wir fertigen heute beide Kammertypen, wobei jedoch der Mischräumer absolut Vorrang hat.

Krause: Können Sie den Boden in der Kammer mit dem Mischräumer auch vollständig reinigen oder bleibt eine Schicht zurück?

Morgner: Nach unseren Erfahrungen bleibt nach der Entleerung tatsächlich nur noch eine Handvoll Material übrig. Dabei spielt die Stapellänge des Materials eine wesentliche Rolle. Bei langstapeligem Material gibt es keinerlei Probleme, während bei kurzstapeligen Fasern die bereits erwähnte Bodennivellierung sehr wichtig ist, da wir bis auf wenige Millimeter mit dem Nadellattentuch des Mischräumers an den Boden heranreichen.

Köb: Die Untersuchungen von Mischungen bei Rieter wurden am Garn durchgeführt, während hier Flockenmaterial zugrundeliegt. Dieses Material durchläuft noch die gesamte Maschinerie, und es ist wirklich kein Problem, wenn hier einmal kleine Schwankungen auftreten, denn im Laufe der Weiterverarbeitung über Krempeln usw. ist es möglich, diese Differenzen auszugleichen. Die Karde ist im „kurzwelligen“ Bereich auch eine gute Mischmaschine, nur im „langwelligen“ Bereich kann sie nichts.

Schlese: Wir haben mit einer von Herrn Morgner beschriebenen Anlage bei der Firma Fibrotex in Holland in der Rotorspinnerei sehr gute Erfahrungen gemacht. Das Verfahren ist einfach und kurz: Nach dem Mischen in Mischkammern mit Mischräumer kommt das Material über den Füllschacht auf eine Krempel, eine Strecke und eine Rotorspinnmaschine. Es werden Deckengarne im Nummernbereich zwischen 3 und 5 mit einer Produktionsleistung von 100 kg/h erzeugt.

KORROSIONSSCHUTZ W.HÖHNEL KG.

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

A-4021 LINZ/DONAU, BISCHOFSTRASSE 5

Tel. 07222/72606 Serie; FS 02 1469

Postfach 202, Telegrammadresse: Höhnel KG Linz
Korrosionsschutzwerk: Linz, Zamenhofstraße 41

Quo vadis, Chemiefaserindustrie?

Dr. Horst G. Karus, ENKA International bv,
Arnhem, Holland

Als ich vor wenigen Monaten die liebenswürdige Einladung des österreichischen Chemiefaserinstituts annahm, zum Abschluß der diesjährigen Tagung über ein wirtschaftliches oder unternehmenspolitisches Thema unserer Chemiefaserindustrie zu sprechen, war ich mir des Leichtsinnes nicht — oder nicht im vollen Umfang — bewußt, was es bedeutet, sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt zu diesem Thema zu äußern. Jeder, der in den letzten Jahren innerhalb unserer Industrie an verantwortlicher Stelle den schmerzlichen und mit großen Verlusten verbundenen Umbruchprozeß miterlebt hat, in dem sich unsere Industrie auch heute noch unvermindert befindet, wird zögern, sich zur Situation generalisierend zu äußern und Zukunftsperspektiven aufzuzeigen.

Zumindest in Westeuropa und Japan sowie in abgeschwächter Form auch in den USA wird es kein Unternehmen in unserer Industriesparte, wie auch in den mit uns verbundenen Industriezweigen (z. B. Textilmaschinenbau) geben, das nicht in der einen oder anderen Form von nennenswerten Verlusten betroffen ist und alle Energie darauf verwenden muß, um unternehmensspezifische Antworten auf die tiefgreifenden Probleme zu finden. Die in der Öffentlichkeit bekannte Schätzung, daß in der westeuropäischen Chemiefaserindustrie in den Jahren 1975 und 1976 Verluste in Höhe von rund 4 Mrd. DM eingetreten sind, ist noch in unser aller Erinnerung. Ob die Verluste des laufenden Jahres 1977 wesentlich niedriger als die in den beiden Vorjahren sein werden, wird sich noch zeigen müssen. Nach kürzlich erschienenen Zeitungsberichten gibt es einzelne Chemiefaserunternehmen, denen es in ihrer gesamten zum Teil mehr als 10jährigen Unternehmensgeschichte nicht möglich war, überhaupt jemals einen Gewinn zu erwirtschaften.

Angesichts einer solchen Situation werde ich kaum für die Mehrzahl der Unternehmen unserer Industrie oder gar die Chemiefaserindustrie sprechen können, sondern vielmehr einige persönliche Gedanken äußern. Vielleicht ist es jedoch mehr als ein Zufall, daß ich genau vor 10 Jahren Gelegenheit hatte, hier in Dornbirn auf der 6. Chemiefasertagung, ebenfalls das Abschlußreferat zu halten und zum Thema „Chemiefaserindustrie und Textilindustrie im Umbruch“ zu sprechen. Insofern betrachte ich mein heutiges Referat in einem gewissen Sinne als eine „Autoren- oder Produzentenhaftung“.

Es scheint auch, daß die Chemiefaserindustrie schon mehrfach Umbruchphasen miterlebt hat — wenn auch mit unterschiedlichen Vorzeichen — und daß lediglich die Ausschläge und die Tragweite während der letzten Jahre ein bisher nicht bekanntes Ausmaß erreicht haben. Bereits vor 10 Jahren hatte ich in meinem Referat die Frage gestellt, ob es uns gelingen wird, den möglichen technischen Fortschritt in einer

wirtschaftlich prosperierenden und modernen Industrie nutzbar zu machen, wie man es gemeinhin damals von der Textilindustrie in Westeuropa nicht mehr erwartete. Ferner hatte ich damals darauf hingewiesen, daß es in erster Linie Fragen der Unternehmensführung, d. h. des Managements sind, die im Rahmen der zu erwartenden strukturellen Veränderungen und der ersten sich bereits damals abzeichnenden Überkapazitäten (auf dem Polyamidsektor) vordringlich behandelt werden müssen. Die damaligen Antworten auf diese Fragen waren von einem optimistischen Grundton getragen, der, wie sich herausstellte, am Ende der 10-Jahresperiode zu optimistisch war. Die Antworten auf unsere heutigen Fragen werden sicherlich wesentlich zurückhaltender sein, wobei man nur hoffen kann, daß man nach einer neuen Periode von 10 Jahren feststellen kann, daß ein größerer Optimismus für die 2. Hälfte des vor uns liegenden Dezenniums angebracht gewesen wäre.

Nun wird man aber den Problemen unserer Industrie wie auch der mit uns aufs engste verbundenen Textilindustrie nicht gerecht, wenn man sie nur aus der kurzfristigen Perspektive und der Erfahrung der letzten zwei Jahre sieht und etwa die Chemiefaserindustrie als einen einmaligen Fall *sui generis* betrachtet.

Ich bin vielmehr der Auffassung, daß die Chemiefaserindustrie in der Entwicklung der letzten 30 Jahre ein außerordentlich eindringlicher Fall für die Wahrnehmung von ungewöhnlichen Wachstumschancen, wie auch für die Konsequenzen einer privatwirtschaftlich und staatlich überschätzten Wachstumspolitik bei gleichzeitiger Interdependenz mit tiefgreifenden gesamtwirtschaftlichen und weltwirtschaftlichen Veränderungen war.

Keiner dieser Vorgänge hätte allein ausgereicht, diese Krise herbeizuführen; zusammengenommen traten jedoch in 2 Jahren Verluste auf, die die Gewinne von mehreren Jahren aufzehrten, wodurch die Unternehmenspolitik unserer ganzen Sparte ad absurdum geführt wurde.

Es bedarf keiner großen Prophetie, um vorauszusagen, daß auch andere Industriezweige, wie etwa die Stahl- oder die Automobilindustrie, dem Muster der Chemiefaserindustrie folgen können, wenn nicht sehr frühzeitig Gegenmaßnahmen getroffen werden.

Lassen Sie mich nun versuchen, losgelöst von den aktuellen Tagessorgen unserer Industrie, die durchgehenden Tendenzen aufzuzeigen, die unseren Weg bis heute bestimmt haben und welche die weitere Entwicklung beeinflussen werden. Betrachten wir zunächst kurz das vergangene Dezennium. In der Zeitspanne von 1966 bis 1976 hat folgende Entwicklung stattgefunden:

Die Weltchemiefaserproduktion ist mengenmäßig in dieser Zeitspanne von 5,9 Mill. t auf 12,2 Mill. t angewachsen und hat sich damit mehr als verdoppelt. Der Zuwachs der Weltchemiefaserproduktion lag mit dieser Rate sowohl über dem Anstieg des Textilverbrauchs, der nur 44 % betrug, als auch über dem Bevölkerungswachstum in der Welt mit 18 %. Dies ist nichts anderes als der Ausdruck einer noch zunehmenden Bedeutung und Penetration der Chemiefasern. Entsprechend ist ihr Anteil am Textilverbrauch der Welt in der genannten

Periode von 31 % auf 45 % gestiegen. Nicht zu vergessen ist bei einem derartigen Vergleich allerdings, daß die Jahre 1974 und 1975 einen erheblichen Rückgang der Produktion um rund 10 % brachten, sodaß von einer linearen Entwicklung nicht mehr gesprochen werden kann.

Aufschlußreicher als diese in bezug auf die Mengen nicht unerfreulichen Zahlen der Chemiefaserindustrie der ganzen Welt sind jedoch einige Vergleiche, betrachtet man folgende Zahlen für Westeuropa:

- a) Der Außenhandel der Textil- und Bekleidungsindustrie ist von einem Exportüberschuß in der Höhe von 120.000 Tonnen im Jahre 1966 in einen Importüberschuß von 600.000 Tonnen im Jahre 1976 umgeschlagen. Die Auswirkungen auf die Chemiefaserindustrie können Sie mengenmäßig etwa auf die Hälfte der genannten Mengen veranschlagen.
- b) In der gleichen Zeitspanne haben sich die Lohnkosten pro Stunde in der Textilindustrie etwa verdreifacht und sind z. B. in der Bundesrepublik Deutschland von DM 5,50 auf DM 15.— gestiegen. In Österreich wird es kaum anders sein.
- c) Die Wechselkursparitäten haben ein übriges getan, um die Wettbewerbsfähigkeit der westeuropäischen Textilindustrie zu verschlechtern. So ist, gemessen am Dollar, der Kurs der DM von 1966 mit DM 4 bis heute auf etwa DM 2,30 gestiegen (mehr als 40 %).
- d) Trotz dieser für den westeuropäischen Standort nicht vorteilhaften Entwicklung sind die Kapazitäten in unserer Industrie teils durch Erweiterungen, teils durch Neugründungen und nicht zuletzt auch durch technologische Prozeßverbesserungen in der Zeitspanne von 10 Jahren um 80 % auf 4,4 Mio. Tonnen gestiegen.

Es ist nicht verwunderlich, daß, angesichts dieser ausgeprägten negativen Tendenzen, erhebliche Überkapazitäten entstanden sind, die im Durchschnitt über 30 % und in einzelnen Fällen mehr als 40 % der vorhandenen Kapazitäten ausmachen.

Ich habe mich auf wenige Kennzahlen beschränkt, die mir typisch erscheinen, um das Problem, dem wir heute gegenüberstehen, deutlich zu machen. Globale Weltproduktions- oder Verbrauchszahlen besagen für die Position unserer Industrie in Westeuropa immer weniger, da die frühere Gleichung „Expansion des Weltverbrauchs bedeutet gleichzeitig Expansion der Produktionsmöglichkeiten in Westeuropa“ nicht mehr besteht.

Die Expansion des Verbrauchs von Textilien und Bekleidung vollzieht sich zunehmend in außereuropäischen Regionen; die Versorgung dieser Zuwachsmengen erfolgt ebenso in deutlich abnehmendem Maß aus den klassischen Produktionsländern USA, Japan und Westeuropa. Wenn in den Ländern der übrigen Welt einmal Chemiefaser- und Industrieanlagen errichtet worden sind — und dieser Industrialisierungsprozeß ist unvermeidlich —, dann wächst diese Industrie nach ihren eigenen Gesetzen und neigt zwangsläufig dazu, nicht nur die eigenen Märkte abzuschließen, sondern auch angesichts der bestehenden Lohnkostenvorteile direkt oder indirekt ein Exportgeschäft aufzuziehen. So hat sich der Anteil der übrigen

Länder an der Weltchemiefaserproduktion in den letzten 10 Jahren von 22 % auf 34 % erhöht und wird weiter steigende Tendenz behalten.

Westeuropa als Region und die Textil- und Bekleidungsindustrie im besonderen sind darüber hinaus, wie dargelegt und bekannt, einem Importdruck ausgesetzt gewesen, der keine Vergleiche, sei es in anderen Wirtschaftsräumen der Welt oder einem anderen Industriezweig, kennt.

Diese Entwicklung wurde getragen von einer liberalen Handelspolitik, unterstützt durch wirtschaftliche Nachteile der westeuropäischen Industrie aufgrund von Kostensteigerungen einerseits und Wechselkursveränderungen andererseits, wenn man insbesondere an Österreich, die Bundesrepublik und Holland denkt. Hinzu kommt die unbestreitbare Fähigkeit, Produkte in der notwendigen Qualität und Quantität an Standorten außerhalb Europas herzustellen. Es ist ein Faktum, daß für eine ganze Reihe textiler Artikel außereuropäisches know-how zusammen mit transferiertem know-how ausreichen, um auf den westeuropäischen Märkten konkurrieren zu können. Ich lasse hierbei einmal Dumping-Fälle und politisch manipulierte Preise völlig außer Betracht.

Wenn wir früher gewohnt waren, von *technologischen Standortvorteilen* der großen Industrieländer zu sprechen, so müssen wir heute im gleichen Atemzuge über *wirtschaftliche Standortnachteile* sprechen, wenn man die Zukunftschancen realistisch einschätzen will. Zukunftsaussichten lassen sich für die Chemiefaserindustrie nicht mehr weltweit formulieren, sondern müssen für bestimmte Regionen und Standorte spezifisch definiert werden.

Im Lichte des bisher Ausgeführten kommt man nicht daran vorbei, deutlich festzustellen, daß in Westeuropa wie auch in Japan innerhalb der Chemiefaserindustrie — gemessen an dem vorhandenen Verbrauchsvolumen und der negativen Textilhandelsbilanz — Überkapazitäten größeren Ausmaßes bestehen, die je nach Produkt im Synthesebereich zwischen 20 und 40 % betragen.

Diese Überkapazitäten würden allein bei Fortbestehen der heutigen Situation bis in die achtziger Jahre hineinreichen, ehe von einem auch nur annähernd vorhandenen Gleichgewicht zwischen Produktion und Absatz gesprochen werden kann. Ob und auf welche Weise es gelingt, weitere Belastungen zu vermeiden, ist eine offene, aber entscheidende Frage. Zur Gesundung der Chemiefaserindustrie in unseren Ländern ist ein Abbau der Kapazitäten unerlässlich. Abbau heißt Reduzierung, Schließung, Stilllegung mit all ihren Folgen auf die Struktur der Unternehmen, die Zahl der Beschäftigten und die Zulieferindustrien wie den Textilmaschinenbau. Einmotten vorhandener Anlagen wäre sinnlos im Hinblick auf die zur Diskussion stehenden Zeitspannen und den in der Zwischenzeit weiter stattfindenden technologischen Fortschritt.

Ein Quotensystem unter der Schirmherrschaft von Brüssel würde das Problem nur hinausschieben und damit teurer und noch schwerer lösbar machen. Aus einer Wunde würde ein Geschwür.

Bereits bis heute ist die Zahl der Beschäftigten in der Chemiefaserindustrie der Bundesrepublik Deutschland von ihrem Höchststand von 49.000 im Jahre 1971

auf 40.000 zurückgegangen, und in der Kette Chemiefasern, Textilien und Bekleidung haben in Westeuropa in der Zeit zwischen 1971 und 1975 mehr als 400.000 Menschen ihren Arbeitsplatz verloren, davon mehr als die Hälfte in der Bundesrepublik Deutschland. Falls wir uns in einer wachsenden Volkswirtschaft befänden, wäre es durchaus denkbar, daß die notwendigen Umstrukturierungsprozesse der Chemiefaser- und Textilindustrie zugunsten anderer Zweige aufgefangen werden könnten. Bei einer anhaltenden Stagnation des wirtschaftlichen Wachstums in Westeuropa — und ich sehe keine Veranlassung für eine andere Annahme — halte ich es wirtschafts- und sozialpolitisch für unvermeidbar, diesem die Chemiefaser- und Textilindustrie in ihrem Kern bedrohenden Prozeß etwa durch eine unrevidierte Verlängerung des Multifaserabkommens (d. h. eine jährliche Mindestwachstumsrate von Importtextilien um 6 %) freien Lauf zu lassen. Bei der heute bereits bestehenden Arbeitslosigkeit in unseren Ländern wird die zusätzliche Freisetzung von Arbeitskräften ohne neue Beschäftigungsmöglichkeiten in absehbarer Zeit ein sehr kostspieliger und auch politisch sehr problematischer Vorgang. Es gibt kein Land in Westeuropa, das in der Lage wäre, auch nur annähernd ausreichende Beschäftigungsmöglichkeiten in anderen Branchen zu bieten. Dies wird besonders am Beispiel Großbritanniens deutlich, wo mehr als 800.000 Beschäftigte in der Textil- und Bekleidungsindustrie tätig sind; das sind mehr als zweimal so viele wie in der Eisen- und Stahlindustrie und beinahe doppelt so viele wie in der Automobilindustrie. Durch den bereits erreichten Lebensstandard und das Ausmaß der sozialen Sicherung könnten weitere Textilimporte, etwa als Instrument einer gewollten Entwicklungshilfe, einen Bumerangeffekt auslösen, dessen negative Folgen weit über den ursprünglich geplanten Entwicklungshilfeeffekt hinausgehen. Damit wäre letztlich den Entwicklungsländern auch nicht gedient.

Ich bin mir darüber im klaren, daß ich hiermit ein sehr schwieriges und vielschichtiges Thema aufgreife. Es ist sehr ausführlich, auch hier von Herrn Generaldirektor Seidl, über das Multifaserabkommen und seine Verlängerung sowie mögliche Modifikationen gesprochen worden. Sorgen um die Erhaltung eines freien Welthandels sind bis in die jüngste Zeit unüberhörbar geäußert worden. Ich halte jedoch die Möglichkeiten, unsere liberale Welthandelsordnung beizubehalten und sie noch weiter auszugestalten, nicht für ausgeschöpft. Es ist lediglich ein Punkt erreicht, an dem man in unseren Ländern Welthandel nicht mehr von der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und der Erhaltung des Lebensstandards lösen kann.

Jede gewaltsam erzwungene Umstrukturierung geht heute zu Lasten des Lebensstandards. Man wird zumindest auf selektiver Basis Höchstgrenzen bei den Importen einbauen müssen, wenn man nicht Zug um Zug eine Gefährdung aller Teile der Textil- und Chemiefaserindustrie herbeiführen will. Das CIRFS hat bereits vor einem Jahr eindringlich darauf hingewiesen, daß bei einer unrevidierten Fortführung des Multifaserabkommens 1,6 Mill. Arbeitsplätze in Westeuropa bis zum Jahre 1985 innerhalb der Textilwirtschaft (Chemiefasern, Textilien und Bekleidung) gefährdet sind. Bei dem Reifegrad, den unsere Volks-

wirtschaften in der Zwischenzeit erreicht haben, und der Stagnation sind Handelspolitik, Industriepolitik, Standortpolitik sowie Beschäftigungs- und Sozialpolitik ein interdependentes System, das von Industriezweigen wie der Textilindustrie mit seinen Beschäftigungszahlen wesentlich beeinflusst wird. Wenn in den Industrienationen die Möglichkeiten zu einer weiteren Erhöhung des Lebensstandards durch Wachstum kleiner geworden oder zum Teil sogar weggefallen sind, wird man sich in den Ländern der dritten Welt und in den Staatshandelsländern auf diese veränderten Daten ebenfalls einstellen müssen. Aber auch innerhalb der Europäischen Gemeinschaft bedarf es seitens der Regierungen und aller politischen Instanzen größerer Einsicht und Maßnahmen, um die notwendige Strukturbereinigung zu erreichen. Mit Befriedigung wurden die ersten Schritte der EG-Kommission zur Kenntnis genommen, mit denen die Regierungen der Länder des Europäischen Marktes aufgefordert wurden, keine staatlichen Finanzierungshilfen zur Schaffung neuer Chemiefaserkapazitäten zu geben. Die westdeutschen Chemiefaserhersteller haben diese Entscheidung sehr begrüßt und sich voll hinter diesen wichtigen Beschluß gestellt.

Dies kann man jedoch nur als ein absolutes Erfordernis sehen; es wird darüber hinaus notwendig sein, selbst Kompensationszahlungen für die Stilllegung oder Verschrottung bestehender und auf die Dauer unrentabler Kapazitäten zu erwägen, um den Anpassungsprozeß zwischen Angebot und Nachfrage zu beschleunigen und somit die Wettbewerbskraft der europäischen Industrie wieder herzustellen. Überkapazitäten bedeuten nicht nur Verschleuderung von Vermögen, sondern ebenso Gefährdung der Wirtschaftsstruktur, denn es ist noch nie gelungen, und es wird auch nicht gelingen, auskömmliche Preise zu erzielen, solange Überkapazitäten auf den Markt drücken. Der Preis für die Übertreibungen im Expansions-tempo unserer Industrie und für die politisch geförderten oder tolerierten Belastungen muß jetzt gezahlt werden — und je schneller, umso besser und billiger.

Versucht man nun, den vor uns liegenden Weg zu umreißen, so lassen sich folgende Aspekte aufzeigen.

1. Glücklicherweise kann keine Rede davon sein, daß etwa die Chemiefasern insgesamt am Ende ihres Lebenszyklus wären und durch andere Produkte ersetzt zu werden drohen. Ohne Risiko kann prognostiziert werden, daß der Verbrauch an Chemiefasern in den kommenden Jahren in der Welt insgesamt weiter wachsen wird. Wer jedoch an diesem Wachstum teilhaben möchte, muß zunächst einmal definieren, über welches Produktions- und Absatzgebiet er spricht. Westeuropa als bevorzugter Standort und Lieferant der Welt ist für absehbare Zeit passé. Wer über den in Westeuropa stagnierenden Markt hinaus an dem Verbrauchswachstum der Welt teilhaben möchte, muß zunehmend mehr eine *internationale Standortpolitik* als eine internationale Exportpolitik betreiben. Die finanziellen und politischen Voraussetzungen sind hierzu allerdings nicht groß.
2. Der Zuwachs innerhalb der Chemiefaserindustrie wird sich ebenfalls weiter differenzieren. Wir kennen sehr wohl Lebenszyklen einzelner Produkte,

sowohl mengenmäßig als mehr noch wirtschaftlich. Die Gesamtpenetration der Chemiefasern — vor allem gegenüber der Baumwolle — kann und wird jedoch weiter wachsen.

3. Überkapazitäten sind nicht nur statistische Größen, sondern existieren in den einzelnen Unternehmen. Neben der Schließung ganzer Unternehmen oder Betriebe wird jedes Unternehmen für sich ausmachen müssen, welche unrentablen Produkte aufgegeben werden müssen. Eine markt-, verbraucher- und renditeorientierte Produktsanierung ist unvermeidlich. Daß dies auf die Struktur der Unternehmen und ihre Unternehmenspolitik weitreichende Folgen hat, brauche ich nicht zu betonen.

Nicht in der Vielfalt, sondern in der marktgerechten Beschränkung und Begrenzung der Risiken wird sich der Meister zeigen. Nicht Kapazitätswahlen sind Indiz für Erfolge, sondern wirtschaftliche Daten.

Allein die Erwirtschaftung eines ausreichenden cash-flow zur Finanzierung von Modernisierungs- und Rationalisierungsinvestitionen sichert die Aufrechterhaltung der internationalen Konkurrenzfähigkeit unserer Industrie und damit den Fortbestand einer gesunden Textilindustrie in Westeuropa, die, um überleben und existieren zu können, eines großen europäischen Marktes und eines gesunden Partners bedarf.

4. Da die Kosten je Arbeitskraft sicherlich nicht sinken, sondern steigen werden und gleichzeitig neue Belastungen durch steigende Energiekosten und Umweltschutzmaßnahmen hinzukommen, wird man zukünftig mehr denn je bestrebt sein müssen, durch Effizienzmaßnahmen die Produktionskosten zu senken und durch Vereinfachung die Fixkosten unter Kontrolle zu halten.

Dies wird zwangsläufig für die Gesamtindustrie zur Freisetzung weiterer Arbeitskräfte führen. So unerwünscht diese Folgen für die Beschäftigungspolitik sind, so macht es auf der anderen Seite mehr als deutlich, daß wir an einem Punkt angelangt sind, an dem wir nicht über marginale Veränderungen der Beschäftigungsstruktur reden, sondern über die Aufrechterhaltung größerer Industriezweige.

Von der British Textile Confederation wurde kürzlich publiziert, daß der output pro Beschäftigten in der Textilindustrie in den letzten 10 Jahren um 57 % gestiegen ist und damit über dem Industriedurchschnitt liegt. Ähnliches könnte man aus anderen Ländern berichten.

5. Wie Herr Dr. Stöhr in seinem Eröffnungsreferat gezeigt hat, wird die Chemiefaserindustrie auch in Zukunft nicht ohne intensive Forschung und Entwicklung auskommen, wobei jedoch der Umfang geringer sein wird und der Akzent weniger auf Innovationen, sondern mehr auf Prozeßverbesserungen und auf Verbesserungen der Funktionstüchtigkeit liegen wird. Große Innovationsschübe auf dem Polymer- oder Produktgebiet zu erreichen, erscheint für die absehbare Zeit unwahrscheinlich. Chemiefasern liefern hierfür immer noch die besten Ansatzpunkte. So sehr technologische Prozeßverbesserungen in den letzten Jahren zu den Überkapazitäten beigetragen haben, so könnte sich dies

in den achtziger Jahren, wenn die Umstrukturierungsphase abgeschlossen sein wird, zum Vorteil unserer Industrie auswirken.

Ob man nicht eines Tages Bekleidung moderner und weniger arbeitsintensiv herstellen kann — und nicht wie teilweise noch vor 200 und 300 Jahren — ist eine andere Frage.

6. Nach der großen Marketing-Welle und der Einführung von Warenzeichen in den sechziger Jahren sind der Werbe- und Public-Relationsaufwand der Chemiefaserindustrie in den letzten Jahren im Zuge der rückläufigen Erträge stark eingeschränkt worden.

So zwangsläufig diese Entwicklung ist, so muß man sich auf der anderen Seite darüber im klaren sein, daß eine neue Generation heranwächst, die weniger vertraut ist mit den für uns selbstverständlichen Eigenschaften unserer Chemiefasern. Ich halte den Zeitpunkt für gekommen, daß trotz oder geradezu angesichts der Probleme unserer Industrie eine gezielte, vernünftige Public-Relation-Arbeit für Chemiefasern wieder begonnen wird, um das Feld in der Gunst der Konsumenten nicht einseitig den Naturfaserinteressenten zu überlassen.

7. Die chemische Industrie und auch die Chemiefaserindustrie sind in den Augen der Öffentlichkeit wegen befürchteter oder gegebener Umweltgefährdung vielfach suspekt geworden. Die Chemiefaserindustrie muß sich der damit verbundenen Verpflichtung bewußt sein und rechtzeitig dort Untersuchungen einleiten, wo von einer Gefährdung gesprochen werden kann, um zum frühestmöglichen Zeitpunkt Maßnahmen treffen zu können.

Unterschätzen wir nicht die Risiken und Gefahren, die auf diesem Gebiet liegen und zu einer Gefährdung einzelner Produktionszweige oder Standorte führen können!

8. Herr Dr. Stöhr hat darauf hingewiesen, daß von einer wirksamen Kooperation in der textilen Pipeline vom Produzenten bis zum Handel nicht gesprochen werden kann. Wenn man sich um die Struktur der Chemiefaser- und der Textilindustrie Sorgen macht, wird man nicht daran vorbeikommen, auch diese Strukturfragen zu überdenken. Sollte der Handel eine Politik betreiben wollen, einen ständig größeren Anteil aus dem Ausland zu importieren, unbeschadet der Produktionsinteressen in unseren Ländern, so würde er sich eines Tages einer wachsenden Arbeitslosenzahl mit rückläufiger Kaufkraft gegenübersehen.
9. Wie schon zu Beginn meiner Ausführungen angedeutet, haben die sich teilweise enorm veränderten Wechselkursparitäten wesentlich zur Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit unserer Branche beigetragen.

Die meines Erachtens realistische Erwartung, daß in der Zukunft so gravierende, strukturelle Veränderungen auf dem internationalen Valutamarkt — wie wir sie in den letzten zehn Jahren erfahren mußten — unwahrscheinlich sind, wird vielleicht zur Entlastung unseres Industriezweiges beitragen können.

10. Die Regionalstruktur der westeuropäischen Chemiefaserindustrie zeigt uns deutlich, daß West-

europa in der jüngsten Vergangenheit auf Grund seiner zahlreichen Markt- und Standortvorteile ein außerordentlich interessantes Investitionsgebiet für außereuropäische Chemiefaserhersteller gewesen ist. Vor dem Hintergrund des jetzt einsetzenden Wandlungs- und Anpassungsprozesses kann man feststellen, daß diese Phase der Vergangenheit zuzurechnen ist, was für die achtziger Jahre relativ weniger Kapazitäten und auch Unternehmen bedeuten wird.

Die Lösung dieser komplexen Probleme, die im Rahmen eines derartigen Referates nur angedeutet werden kann, verlangt Nüchternheit, Entschlossenheit, Bereitschaft zur Einsicht und auch Mut. Wenn man sich heute trotz all der aktuellen Sorgen von einem gewissen Optimismus tragen läßt, so ist es vor allem die Hoffnung auf wachsende Einsicht und Nüchternheit sowie die Anwendung einfacher Maßstäbe. Die Zeit strategischer und auch sozialpolitischer Träume neigt sich dem Ende zu. Selbst bei energischen Maßnahmen und politischer Bereitschaft wird es jedoch Jahre erfordern, ehe sich die westeuropäische Chemiefaser- und Textilindustrie wieder einigermaßen in einem Gleichgewicht befinden wird.

Vielleicht werden die achtziger Jahre nach den enormen Wachstumsschüben in den sechziger Jahren und den Krisen in den siebziger Jahren wieder *Normaljahre* werden.

Auch das Szenario *normaler* Jahre wird uns sicherlich noch genügend Probleme lassen.

Lassen Sie mich mit einem Zitat von Ernest Dichter aus seinem gerade erschienenen Buch etwas zuversichtlich und optimistisch im Hinblick auf die Bewältigung der vor uns liegenden Aufgaben enden. Er sagt: *„Wenn ihr mit Krisen fertig werden wollt, müßt ihr euch darüber im klaren sein, daß sie man-made, also vom Menschen gemacht sind. Es gibt nichts Mysteriöses in der Zukunft für den modernen Menschen und nicht viele Dinge, die unvermeidbar sind. Die Zukunft ist für uns da und kann von uns gestaltet und beeinflusst werden.“*

Diskussion

Seidl: Den Vortrag des Herrn Dr. Karus könnte man heute ebenso für Eisen und Stahl, für Aluminium, Textil und fast alle anderen Wirtschaftszweige halten.

Wir haben in Europa den Lebensstandard in den letzten 30 Jahren so gesteigert, daß er allein durch höhere Produktivität nicht verdient werden konnte, sondern wir mußten stark expandieren, um die gestiegenen Löhne und Gehälter wirtschaftlich verkraften zu können.

Wir erkennen nun, daß wir heute über unsere Verhältnisse leben. Wir haben Produktionskapazitäten geschaffen, welche nicht mehr marktkonform sind. Wir haben einen Teil des Osthandels verloren, weil der Osten, welchem wir selbst moderne Fabriken geliefert haben, immer mehr autark wird. Wir haben nach Zerstörung unseres internationalen Währungssystems auch vielfach nicht mehr den Zugang zu Märkten, in denen große Bedürfnisse vorliegen, welche aber nicht in der Lage sind zu bezahlen.

Es zeigen sich auch keine Anzeichen, daß ein wieder funktionierendes Weltwährungssystem geschaffen wird. Ein Wertmaßstab für Währungen, wie wir ihn in früheren Zeiten gehandhabt haben, existiert nicht mehr, und Währungen werden heute wie Ware gehandelt; und der Wert der Währungen erfolgt nach Angebot und Nachfrage.

Als Beispiel führe ich den US-Dollar an, hinter welchem die stärkste Produktionswirtschaft der Welt steht. Trotzdem wird der Dollar immer tiefer bewertet, weil die USA im Jahre 1977 über 43 Mrd. Dollar für Rohöl zahlen werden, und die Empfänger dieser Zahlungen verwandeln nun teilweise diese Dollar in Gold, in D-Mark und in Schweizer Franken. Daraus ergibt sich ein nicht konsumierbares Dollarangebot, weil aus den USA kein entsprechender Gegenbezug von Waren erfolgt.

Wenn wir für die Lösung dieser Frage keinen Weg finden, wird die Weltwirtschaft nicht gesunden können.

Warum ist das System Bretton-Woods zusammengebrochen?

Man erklärte eines Tages großzügig, das System der fixen Wechselkurse ist nicht mehr zeitgemäß. Eine Voraussetzung für das Funktionieren des Systems war, daß jeder Mitgliedsstaat seine Zahlungsbilanz in Ordnung hält. Das war den politischen Führungen der Mitgliedsstaaten, vor allem in Europa, unbequem. Man hat daher den Weg der Ordnung verlassen und es vorgezogen, mit großzügigen Versprechungen die Völker Europas über die Verhältnisse leben zu lassen.

Ich halte die Ausführungen von Herrn Dr. Karus für völlig richtig, möchte aber auf ein anderes Problem hinweisen, und zwar auf das der Jugendarbeitslosigkeit.

Hier zeigt sich eine politische Gefahr für die Zukunft, die eines eigenen Vortrages wert wäre.

Es war eine Genugtuung zu hören, daß es noch Menschen gibt, die nicht in einem Optimismus schwelgen, der keine Berechtigung hat, sondern die die heutige Situation real darstellen können, so wie sie tatsächlich ist. Wir haben uns mit diesen Tatsachen abzufinden, und wenn wir sie erkennen, so werden wir auch letzten Endes die Schwierigkeit meistern. Will man sich aber über die Tatsachen und die Schwierigkeiten hinwegtäuschen, dann stehen wir eines Tages vor einer Situation, die kaum mehr zu bewältigen ist oder einer politischen Lösung bedarf, die an sich sehr unerwünscht und gefährlich sein kann.

Vielen herzlichen Dank, Herr Dr. Karus!

Schlußwort

Generaldirektor i. R. KR Rudolf H. Seidl,
Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts,
Wien

Meine Damen und Herren! Erwarten Sie jetzt nicht, daß ich genau aufzähle, was in diesem dreitägigen Symposium vorgetragen wurde, sondern lassen Sie mich kurz zusammenfassen. Vorerst möchte ich dem Auditorium und den Vortragenden danken; es waren beide Säle praktisch immer voll, und wir haben fast immer 300 Anwesende bei den Vorträgen gezählt. Die anschließend meistens sehr regen Diskussionen sind einerseits eine Befriedigung für die Referenten und tragen andererseits zur Vertiefung der dargestellten Themata sehr wesentlich bei. Die Referenten haben sich sehr viel Mühe gemacht, vor allem mit den Literaturangaben zu den Vorträgen, die es möglich machen, später nachzublättern, um sich noch besser informieren zu können. Die Ausstellung im Foyer hat auch heuer wieder einen sehr großen Zuspruch gefunden. Zu Beginn unserer Tagung erhielten wir eine Grußbotschaft des österreichischen Handelsministers, die mich — und auch viele andere anwesende Österreicher — sehr gefreut hat, weil sie zeigt, daß man sich heute im Handelsministerium in Wien über die Probleme der Chemiefaser- und Textilindustrie ernste Sorgen macht. Auch Herr Dr. Karus hat zurecht das Multifaserabkommen erwähnt, das hoffentlich zu einer Lösung führt, die wenigstens eine gewisse Erleichterung der derzeitigen Situation bringt.

Herr Landeshauptmann Kessler hat das erstmal hier eine Ansprache gehalten, die sehr gut aufgenommen wurde, und besonders die Herren, die regional orientiert sind, sehr beeindruckt hat. Dem Auditorium hat sie gezeigt, warum wir uns gerade hier in Dornbirn in Vorarlberg seit 16 Jahren treffen. Denn hier sind sich sehr viele Menschen bewußt, daß der Wohlstand dieser Region überwiegend von einer lebensfähigen Textilindustrie abhängig ist, und daher besteht eine ganz andere Aufgeschlossenheit der Thematik gegenüber, für die wir hier auch zum Teil Lösungen finden wollen. Die Rede des Landeshauptmannes war ein Beweis, daß auch die Landesregierung sich des Wertes unserer Arbeit bewußt ist.

Ich möchte auch dem Herrn Generaldirektor Juvet vom Cirfs nochmals danken, daß er es uns ermöglicht hat, in Dornbirn eine Simultanübersetzung einzuführen. Leider ist die Verständigung und Einladung, besonders der englischsprachenden Kreise, nicht rechtzeitig erfolgt, doch erwarten wir für das nächste Jahr aus dem englischsprachenden Raum mehr Vortra-

gende und überdies ein wesentlich erweitertes Auditorium.

Wir haben in 30 Vorträgen über Chemie, Maschinenbau und über Neuentwicklungen gesprochen. Ich glaube sagen zu dürfen, daß es wieder eine befriedigende Tagung war. Es ist nicht leicht, eine solche Tagung 16 Jahre hindurch so zu gestalten, daß sie immer Anklang findet und das Auditorium zufriedenstellt.

Ich möchte nochmals die wirtschaftliche Problematik ganz kurz in Schlagworten skizzieren, die wir vorher eingehend diskutiert haben. Es peinigen uns die Überkapazitäten, und wir müssen dafür eine Regelung finden.

Es schaden uns die Importe aus Billigpreisländern, mit denen wir einfach nicht konkurrieren können, und wir müssen ohne ein international funktionierendes Währungssystem zurecht kommen, was den Welthandel außerordentlich erschwert.

Die 17. Internationale Chemiefasertagung wird im nächsten Jahr vom 19. bis 21. September 1978 wieder hier in der Stadthalle in Dornbirn abgehalten werden und wird sich über drei volle Tage erstrecken.

Sie wird sich mit einem für die Faserhersteller und -verarbeiter gleichermaßen aktuellen Thema befassen, nämlich mit der Herstellung und Verarbeitung von voluminösen, besonders attraktiven Garnen und Effektgarnen für Bekleidungszwecke, wobei unter anderem auch ganz neue Tendenzen dargestellt werden, die infolge der in den letzten Jahren entwickelten Filamentgarne von eminenter Bedeutung sind. Es ist selbstverständlich, daß zu diesen bauschigen und besonders attraktiven Garnen auch texturierte Garne zählen. Ich möchte aber die Textilindustrie darauf aufmerksam machen, daß auf dem Gebiet der Präparation von Filamenten und texturierten Garnen Entwicklungen im Gange sind, die die Textilindustrie genau beobachten sollte, denn es können sich Neuerungen entwickeln, die eines Tages von der wirtschaftlichen Seite her sehr interessant werden können.

In diesem Sinne darf ich Sie wieder einladen, auch an der 17. Internationalen Chemiefasertagung teilzunehmen. Wir werden uns sehr freuen, Sie wieder begrüßen zu dürfen.

Ich darf dem Auditorium nochmals herzlich für seine intensive Mitarbeit danken, denn durch diese wurde die Mühe und der Einsatz der Vortragenden und der Veranstalter am besten honoriert.

Ich danke vor allem Herrn Dr. Albrecht, dem Gestalter dieser Tagung, wie auch dem Büro Dr. Katschinka des Österreichischen Chemiefaserinstitutes, das für eine zufriedenstellende Abwicklung immer die entsprechende Sorge trägt, und darf die 16. Internationale Chemiefasertagung Dornbirn 1977 schließen.

Herzlichen Dank!

IN SERENTENVERZEICHNIS

| | Seite |
|--|-------|
| AUSTRIA FASERWERKE Ges. m. b. H., 4860 Lenzing | 76 |
| ayer AG, D-506 Leverkusen | 77 |
| emiefaser Lenzing AG, 4860 Lenzing | |
| Faserverkauf | 6 |
| Gewebeverkauf | 19 |
| SFA/SFM | 37 |
| ilhelm Höhnel KG, 4021 Linz/Donau | 100 |
| SB Österreich Ges. m. b. H., Wien | 95 |
| genieure Mayreder, Kraus & Co., ugesellschaft m. b. H., 4021 Linz | 84 |
| sterreichische Chemische Werke Ges. m. b. H., 1151 Wien | 89 |
| tockhausen & Cie., Chemische Fabrik, D-4150 Krefeld | 59 |
| obert Streit — Moderne Bürotechnik, 3300 Amstetten | 16 |
| g. Gottfried Tschamler, 1191 Wien | 41 |
| IEISS Österreich, Ges. m. b. H., 1096 Wien | 58 |

*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