

LENZINGER BERICHTE

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Chemiefasern — Image und Wirklichkeit Prof. Dr. Wilhelm Albrecht, Wuppertal, Bundesrepublik Deutschland	6
Die Bedeutung der Grundlagenforschung für die Zellstoff- und Papierindustrie Univ. Prof. Dipl.Ing. DDR Hans Krässig, Direktor i.R., Chemiefaser Lenzing AG, Lenzing, Österreich	14
Die Bedeutung der Avivage von Viskosefasern für den Nonwovensbereich Dr. Ingo Marini, Ing. H. Svoboda, D. Korger, Chemiefasern Lenzing AG, Lenzing Österreich	25
Modalfasern als Trend in Mode und Funktion Ing. Anton Kossina, Chemiefaser Lenzing AG, Lenzing, Österreich	32
Regenerated Cellulose Fibers from Cellulose Carbamate Solutions Kurt Ekman, Vidar Eklund, Jan Fors, Jouko I. Huttunen, Leo Mandell, Johan-Fredrik Selin and Olli T. Turunen, Neste Oy, Research Centre, Kulloo, Finnland	38
Neue Ergebnisse auf dem Gebiet der Regeneratfaserforschung Prof. Dr. Werner Berger, KdT Dresden, Dr. Matthias Keck, Technische Universität Dresden, DDR	43
Inserentenverzeichnis	51

Chemiefasern — Image und Wirklichkeit

Prof. Dr. Wilhelm Albrecht, Enka Glanzstoff AG, Bundesrepublik Deutschland

(Referat gehalten anlässlich der 23. ordentlichen Generalversammlung des Österreichischen Chemiefaserinstituts, Wien, 21. April 1983)

Im Zusammenhang mit der Untersuchung des Chemiefaserimages werden auch die wichtigen Fragen der zukünftigen Versorgung mit Textilfasern geprüft. Dazu zählen die Entwicklung der Naturfaserproduktion, die Rohstoffbereitstellung für die Chemiefaserindustrie, Standortüberlegungen für die Faserwerke, die Faserherstellungsprogramme und die notwendigen Produktionsmengen.

In connection with an analysis of the man-made-image, such important questions as future provisions of textile fibres are studied as well. These include trends in natural fibre production, raw materials for the man-made fibres industry, selection of sites for fibre producing plants, production programmes and required quantities.

Einleitung

Image und Wirklichkeit der Chemiefasern scheinen sich auseinanderzuentwickeln. Verfolgt jemand das Werben um Textilien im weitesten Sinne, so muß er zur Zeit den Eindruck gewinnen, daß Bekleidungs- und Heimtextilien weitestgehend aus Naturfasern bestehen und daß eine Abkehr von den jahrzehntelang herausgestellten Chemiefasern stattgefunden hat. Beschäftigt sich dieser Jemand dann aber mit den allgemein zugänglichen Statistiken über Textilproduktion und Textilkonsum, z.B. in der Bundesrepublik Deutschland, so sieht er sich einem gänzlich anderen Bild gegenüber. Die Abbildung 1 zeigt, daß seit 1974 die Naturfasern, d.h. Baumwolle und Wolle, etwa ein Drittel und die Chemiefasern circa zwei Drittel der in der Textilindustrie verarbeiteten Fasern stellen. Im Baumwolland USA ist der Chemiefaseranteil sogar noch höher.

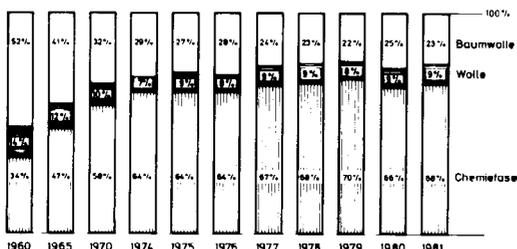


Abb. 1: Faserverarbeitung in der Textilindustrie

Diese Angaben gelten natürlich für das weite Gebiet der Textilwelt. Sie wird in Bekleidungs- und Heimtextilien und

technische Textilien eingeteilt. Die Größe dieser drei Sektoren und ihre fasermäßige Zusammensetzung lassen sich aus Abbildung 2 entnehmen. Wie nicht anders zu er-

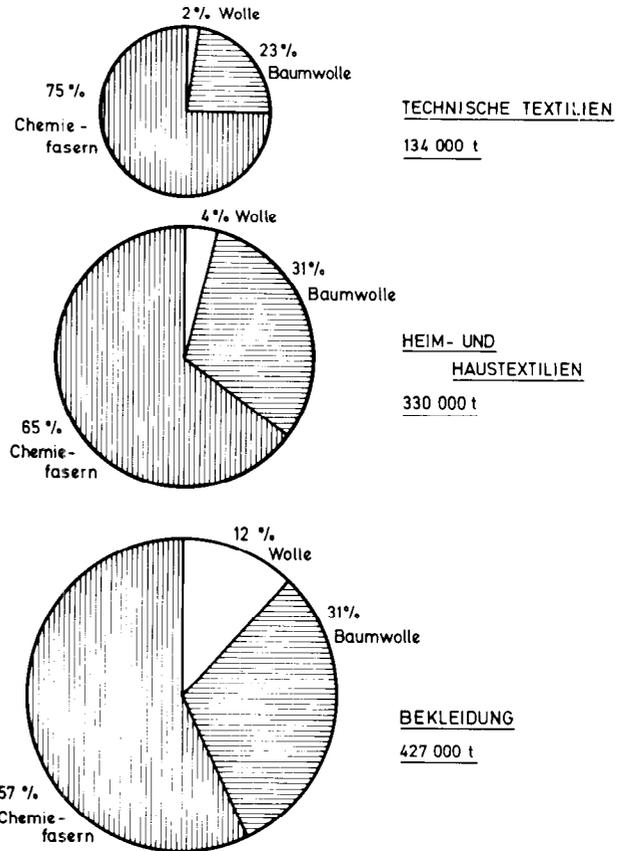


Abb. 2: Faserverarbeitung nach Einsatzgebieten in der Bundesrepublik Deutschland

warten ist, sind die Faserverbräuche für die drei Sektoren und ihre Durchdringung mit den verschiedenen Faserarten unterschiedlich. Der Bekleidungssektor benötigt etwa die Hälfte aller Textilfasern, wovon über 50% Chemiefasern sind. Zu Heimtextilien wird etwa ein Drittel der Textilfasern verarbeitet. Die damit ausgedrückte Entwicklung dieses früher nicht besonders bedeutungsvollen Textilssektors ist, wenn sie einmal ganz sachlich untersucht wird, erst durch den Einsatz von Chemiefasern möglich geworden. Noch ausgeprägter sind die Verhältnisse im Bereich der technischen Textilien. Sie sind im wahrsten Sinne des Wortes textile Werkstoffe und müssen, als solche eindeutig definiert, hohe physikalische und chemische Anforderungen erfüllen. Für die meisten dieser Artikel lassen sich deshalb keine Naturfasern erfolgreich einsetzen.

Diese immer noch relativ pauschalen Angaben für die drei Textilssektoren bedürfen, zumindest für die Bekleidungs- und Heimtextilien, noch einer artikelbezogenen Untersuchung. Ihre Ergebnisse sind in den Abbildungen 3 bis 5 zusammengefaßt. Aus Abbildung 3, Chemiefasern in der Damenoberbekleidung, ergibt sich eindeutig, daß die Chemiefasern in den genannten Bekleidungstextilien, und das sind die wichtigsten im Damenoberbekleidungsbereich, von entscheidender Bedeutung sind. Noch bedeutungs-

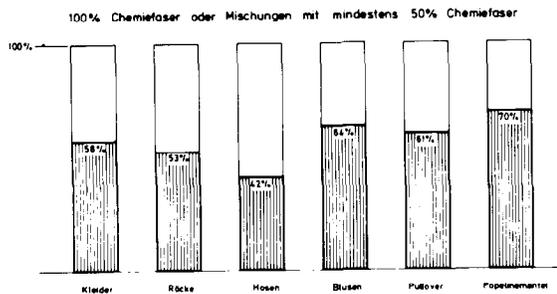


Abb. 3: Anteil der Chemiefasern in der Damenoberbekleidung

voller sind sie für die Sportbekleidung (Abb. 4). Hier ist ihr Einsatz so groß und so selbstverständlich, daß über ihn kaum gesprochen wird, was eigentlich schade ist, weil gerade in diesem Textilsektor die höchsten bekleidungsphysiologischen Anforderungen, die an Textilien gestellt werden müssen, hervorragend erfüllt werden. Für die in Abbildung 5 angegebenen Heimtextilien wird dagegen mit Chemiefasernamen sogar geworben. Darüber hinaus werden Marken- bzw. Gattungsbezeichnungen mit Arti-

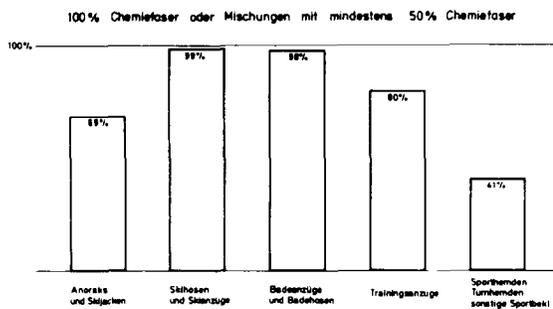


Abb. 4: Anteil der Chemiefaser in der Sportbekleidung 1979

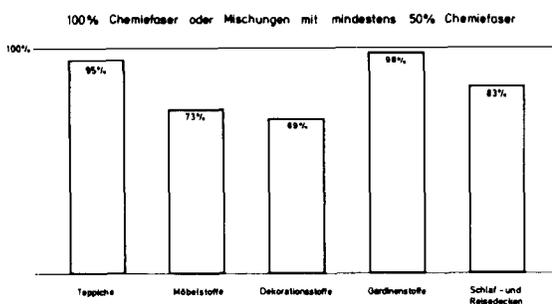


Abb. 5: Anteil der Chemiefaser in Heimtextilien 1980

kelnamen verbunden und die kombinierten Wörter werbewirksam eingesetzt, wie DIOLEN-Gardinen, PERLON-Teppiche, Acryl-Decken u.a. Offensichtlich akzeptiert und nutzt der Markt den Fortschritt und ist gleichzeitig konservativ in den Bereichen, in denen er den Fortschritt nicht unmittelbar fassen kann oder sich seiner nicht bewußt ist. Nur so läßt sich beispielsweise erklären, daß in Schlaf- und Reisedecken Acrylfasern die Wolle weitestgehend erfolgreich substituiert haben, aber für manche Beklei-

dungstextilien im Volksmund mit Vorurteilen bedacht werden. Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn etwa einmal Textilien den Konsumenten nicht befriedigen. Trifft dies auf Chemiefaserartikel zu, wird die Ursache in der Faserart gesucht; bei Naturfasertextilien, wo das auch der Fall sein kann, ist dies nicht üblich.

Diese Beispiele zeigen recht deutlich, daß es keine guten und schlechten Fasern geben kann, sondern lediglich mehr oder minder gut konstruierte Textilien und die Konstruktion eine Aufgabe des Ingenieurs ist. Zu ihrer Lösung ist es erforderlich, Anforderungsprofile für die jeweiligen Artikel zu formulieren und danach zu konstruieren. Emotionen sind dabei schlechte Ratgeber. Deshalb ist es auch falsch, den Chemiefasererzeugern die Aufgabe zu stellen, künstliche Baumwolle und künstliche Wolle zu entwickeln. Wir können — wie sie heute sind — dankbar sein, daß das Textilfaserangebot durch die Chemiefasern erweitert worden ist und es nunmehr möglich ist, optimale Textilien herzustellen und zu entwickeln.

Wie problematisch die im textilen Umfeld durch alle möglichen Maßnahmen geförderten Emotionen sind, zeigt die Entwicklung von Bettwäschetextilien in der Bundesrepublik Deutschland. Während der Einzelhandel den Konsumenten zuredet, baumwollene Garnituren zu kaufen, haben sich Krankenhäuser und Sanatorien weitestgehend auf Polyester/Baumwolle-Artikel umgestellt. Diese Bettwäsche wird entgegen dem *Volksmund* nicht nur nicht bestanden, sondern — wie Umfragen ergeben haben — sogar von den Patienten gelobt und sie ist für das jeweilige Institut im wahrsten Sinne des Wortes nützlich. Wären somit solche Garnituren nicht auch für den einzelnen Verbraucher nützlich? — Warum eine Entwicklung von der Sache her so verläuft, ist kaum zu verstehen. Das wird erst verständlich, wenn in die Überlegungen miteinbezogen wird, daß der Handel glaubt, daß er seinen Verkaufserfolg für Textilien am besten dann sichert, wenn er am Althergebrachten anknüpft bzw. sich der Gefühlswelt der Verbraucher anpaßt. In einer Zeit zunehmender Versachlichung bedarf diese Art des Handelns sowohl einer Überprüfung als auch eines sachdienlichen Angebotes. Dazu ist es aber auch notwendig, sich mit dem Fortschritt selbst auseinanderzusetzen und ihn anzuerkennen. Das bedeutet für die praktische Arbeit die Beschäftigung mit den Zusammenhängen zwischen den gewünschten Eigenschaften von Textilien und ihrer Konstruktion. Dabei wird dann schnell erkannt, daß die Artikelkonstruktion von entscheidender Bedeutung für die Realisierung des Anforderungsprofils ist. Deshalb kann es auch keine guten oder schlechten Fasern geben, schon gar nicht lebende oder aktive.

Diese Abhandlung soll keine Beweise für die getroffenen Feststellungen anführen, dafür gibt es inzwischen genügend einschlägige Literatur, wohl aber soll daran erinnert werden, daß man am besten nur über das redet, was man kennt und was wahr ist. Deshalb sollen hier auch noch einige andere Überlegungen gebracht werden. Diese werden in einer Zeit, in der die vorhandenen Chemiefaserkapazitäten nicht ausgelastet sind, zunächst abwegig erscheinen. Bei genauerem Hinsehen jedoch wird man schnell erkennen, daß es notwendig ist, *jetzt* die textile Wirklichkeit zu untersuchen, die sie tangierenden Einflußgrößen herauszuarbeiten und zu bewerten. Dazu gilt es, die Bedarfsentwicklung an Textilien zu ermitteln und die Frage zu klären, wie die dafür notwendige Rohstoffversorgung gesichert werden kann. Dies ist nämlich ein Teil der Wirklichkeit, der immer bedeutungsvoller wird.

Textilbedarf

Der weltweite Bedarf an Textilien hängt letzten Endes von zwei Parametern ab:

- der jeweiligen Bevölkerungszahl und
- dem Lebensstandard der Menschen.

Während sich die Bevölkerungsentwicklung für die nächsten 30 Jahre relativ sicher voraussagen läßt, vorausgesetzt, daß die Menschheit von Katastrophen verschont bleibt, so stößt der Versuch, die Entwicklung des Lebensstandards zu quantifizieren, auf gewisse Schwierigkeiten. Aus der Abbildung 6 (links) kann die Bevölkerungszunahme vom Jahre 1900 bis zum Jahre 2000 entnommen werden. Nachdem die der Darstellung zugrunde liegenden Zahlen schon circa 20 Jahre alt sind, lohnt sich die Feststellung, daß sie für die Gegenwart noch immer zutreffen, obwohl internationale Tagungen stattfinden mit dem Ziel, das Bevölkerungswachstum zu verlangsamen bzw. zu stoppen, und auch Kommunikationsmittel den Eindruck erwecken, daß die vielfältigen Bemühungen erfolgreich sind. Für die Verantwortlichen ist es also wichtig, auch für die Zeit bis zum Jahre 2000 den für die Bevölkerungsentwicklung vor Jahren schon prognostizierten Kurvenverlauf für die Planung zu berücksichtigen. Das allein würde aber für die Textilversorgung schon bedeuten, daß im Jahre 2000 etwa 40 bis 50% mehr Fasern als heute benötigt werden. Wenn nun noch zusätzlich unterstellt wird, daß der Lebensstandard auch in der dritten und vierten Welt ansteigt, so erhöht sich der Textilbedarf weiter. Dadurch werden die Pro-Kopf-Verbräuche, wie sie in Abbildung 6 (rechts) dargestellt sind, auch wenn

gen nationalen Entwicklungen lassen sich aus der Abbildung 7 entnehmen. Sie zeigen für vier ganz verschiedene Länder den eindeutigen Zusammenhang zwischen dem Einkommen der Bevölkerung und dem Textilkonsum. Dieser steigt besonders schnell bei niedrigen und auch noch bei mittleren Einkommen. Ein weiteres Beispiel hierfür ist die Volksrepublik China, deren Regierung gerade in den letzten Monaten die etwas gestiegenen Löhne mit einem etwas vergrößerten Textillangebot begleitet, um, wie man sagt, *die erhöhte Kaufkraft angemessen wieder abzuschöpfen*.

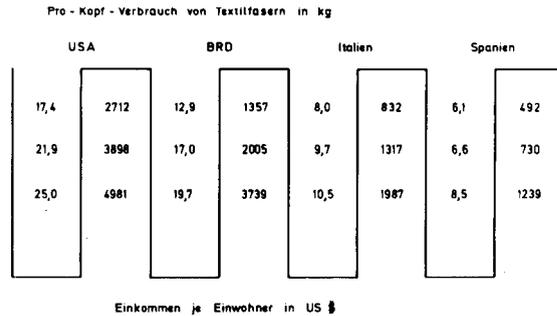


Abb. 7: Pro-Kopf-Verbrauch von Textilfasern im Vergleich zum Einkommen

Befriedigung des Textilbedarfs

Zur Befriedigung des prognostizierten Textilbedarfs werden Natur- und Chemiefasern eingesetzt. Dabei wird unter Naturfasern eigentlich nur Baumwolle und Wolle verstanden. Leinen, Jute, Ramie und ähnliche Faserarten gibt es zwar in relativ großer Menge, sie können aber aus ganz verschiedenen Gründen nur zu wenigen Textilerzeugnissen verarbeitet werden. Die Naturseide scheidet für die Realisierung der notwendigen Überlegungen praktisch aus, weil sich ihre Erzeugung wohl kaum auf ein wesentlich höheres Mengenniveau anheben läßt. — Die Gruppe der Chemiefasern besteht aus den bekannten cellulosischen und synthetischen Fasern. Ob die Faserarten noch vermehrt und/oder durch Modifikation noch weiter diversifiziert werden, bleibt noch zu untersuchen.

Die Mengenentwicklung von Baumwolle, Chemiefasern und Wolle in diesem Jahrhundert gibt die Abbildung 8 wieder. Die Kurve für die Wolle zeigt recht deutlich, daß sie keinen Beitrag zur Lösung des zur Diskussion stehenden Problems liefern kann. Es ist sogar zu befürchten, daß bis zum Jahre 2000 die erzeugten Mengen zurückgehen. — Die Baumwollkurve dagegen ist, von kleinen Unebenheiten abgesehen, lange Zeit stetig gestiegen. Der Anstieg in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts geht bevorzugt auf zusätzliche Anbauflächen zurück und der weitere Mengenzuwachs auf gestiegene Flächenerträge. Das unruhige Kurvenende verdient, besonders aufmerksam studiert zu werden. Dabei lassen sich drei, unter Umständen gleichzeitig wirkende Ursachen für die auf- und abwärts gerichteten Spitzen feststellen:

- die Baumwollpreise oder, korrekter gesagt, die Erlöse, die die Baumwollerzeuger erzielen,
- Naturkatastrophen, wie Überschwemmungen und Kälteeinbrüche, sowie
- der Wettbewerb zwischen Baumwoll- und Nahrungs- bzw. Futtermittelanbau.

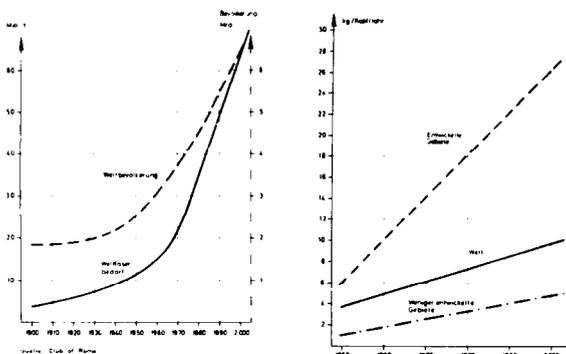


Abb. 6: Entwicklung der Weltbevölkerung, des Weltfaserbedarfs und des Pro-Kopf-Verbrauches von Textilfasern bis zum Jahr 2000

sie im Vergleich zu den industrialisierten Ländern recht niedrig liegen, sehr bedeutungsvoll. Durch Übertragung dieser Werte in das linke Diagramm entsteht die Trendkurve für den Faserbedarf. Sie läßt erkennen, daß der Verbrauch schnell ansteigt und um das Jahr 2000 bereits in etwa den doppelten Wert von heute erreichen wird. Diese Feststellung stimmt nachdenklich, auch wenn zur Zeit die Steuerung der Textilströme in der Welt noch große Sorgen bereitet und somit der Eindruck besteht, daß Textilien im Überfluß vorhanden seien. Offensichtlich sind die Zukunftsplaner aber doch aufgerufen worden, Maßnahmen einzuleiten, die Sicherung des Textilbedarfs, das nach der Ernährung wichtigste menschliche Bedürfnis, zu gewährleisten. Orientierungswerte für die jeweili-

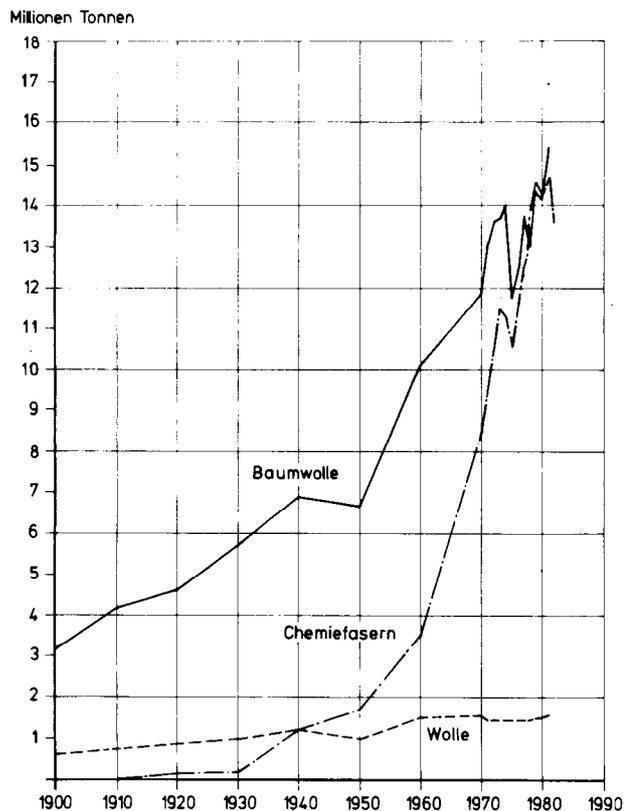
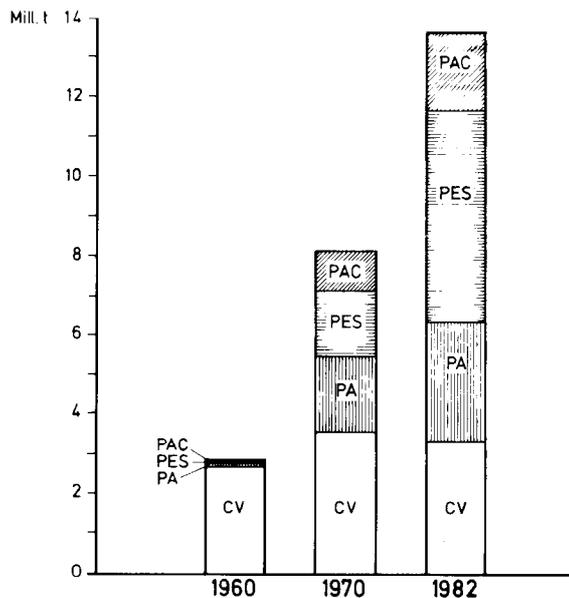


Abb. 8: Weltproduktion von Textilfasern in Millionen Tonnen



		%		%	%
Filament	1,26	44	3,70	46	5,6
Spinnfaser	1,59	56	4,41	54	8,0
CV	1,13		1,39		3,3
PA	0,11		1,67		3,0
PES	0,01		0,64		5,3
PAC	0,02		1,00		2,0

Abb.8a: Weltproduktion von Chemiefasern

Diese drei Einflüsse auf die Baumwollerzeugung hat es sicher auch schon früher gegeben, sie haben sich aber nicht in dem Maße ausgewirkt wie in den vergangenen zehn Jahren. Für die Zukunft, d.h. bei weiter steigender Baumwollproduktion, muß angenommen werden, daß die genannten Parameter an Gewicht gewinnen. So hat z.B. die Volksrepublik China zugunsten des Nahrungsmittelanbaus die Baumwollanbauflächen bereits verkleinert. Gleichzeitig gelang es aber, die Flächenerträge auf Werte über den Weltdurchschnitt zu steigern und damit den Flächenverlust zu kompensieren. Diese interessante Lösung hat, wie leicht einzusehen ist, natürliche Grenzen. Außerdem wird auch von den baumwollerzeugenden Ländern zunehmend erkannt, daß die ihnen von außen gegebenen Empfehlungen, Baumwolle anzubauen, ihnen doch nicht dienen. Insgesamt gesehen, wird geschätzt, daß es möglich ist, die Baumwollproduktion bis zum Jahre 2000 noch um circa 50% auf etwas über 20 Millionen Tonnen zu steigern. Das wäre rund ein Drittel des für diesen Zeitpunkt prognostizierten Textilfaserbedarfs. Somit errechnet sich die Notwendigkeit, die Chemiefaserproduktion von zur Zeit etwa 14 Millionen Jahrestonnen auf mehr als das Doppelte zu steigern. Das aber sind Größenordnungen, die dazu zwingen, die Sicherung der Rohstoffversorgung zu überprüfen, über die Standorte der Produktionsstätten nachzudenken und die Herstellungsprogramme zu untersuchen.

Die Entwicklung der Chemiefasern in den letzten 20 Jahren ist keineswegs nach einem Plan verlaufen. Dies läßt sich auch aus der Abb. 8a entnehmen, in der die Weltproduktion nach verschiedenen Gesichtspunkten aufgeschlüsselt ist.

Rohstoffversorgung der Chemiefaserindustrie

Die Basisrohstoffe für die Chemiefaserindustrie sind Holz für die cellulosischen Fasern und Erdöl für die synthetischen. Da jährlich auf der Erde über 3×10^9 Tonnen Holz nachwachsen, sollte die Versorgung der Chemiefaserindustrie mit einigen Millionen Tonnen Zellstoff keine Schwierigkeiten machen. Bei intensiverer Beschäftigung mit dem Fragenkreis zeigt sich aber sehr schnell, daß das Interesse der Zellstoffindustrie an der Produktion von Kunstseidenzellstoff, wie er heute noch immer heißt, von Jahr zu Jahr sinkt. Hierfür sind zwei Gründe verantwortlich:

- * Die anderen Zellstoffqualitäten nehmen von Jahr zu Jahr an Menge zu, wodurch die Kunstseidenzellstoffe heute nur noch zwischen 3 und 4% der Zellstoffproduktion ausmachen und keine besonderen Erlöse gestatten.
- * Für die anderen Zellstoffqualitäten geht die Entwicklung ihrer Herstellung in die Richtung »unreiner Zellstoffe«, d.h. einer höheren Ausbeute, bezogen auf den Holzeinsatz bei selbstverständlich geringerem Anfall von Nebenprodukten.

Diesem kurz skizzierten Trend folgend, haben bereits mehrere Zellstoffunternehmen die Erzeugung von Kunstseidenzellstoffen aufgegeben. Dies zeigt, daß auch ein geringer Bedarf keine Produktionssicherheit gewährleistet, wenn er von desinteressierten Lieferanten abhängig ist.

Für die synthetischen Fasern ist die Rohstoffversorgung in der Zukunft im wahrsten Sinne des Wortes spannend.

Die Abbildung 9 enthält dafür wichtige Angaben und läßt auf einen Blick die großen Unterschiede zwischen den Erdölproduktionsländern und Erdölverbrauchern sowie dem jeweiligen Verbrauch und dem regionalen Anteil der Weltbevölkerung erkennen. So wird in Nah- und Mittel-

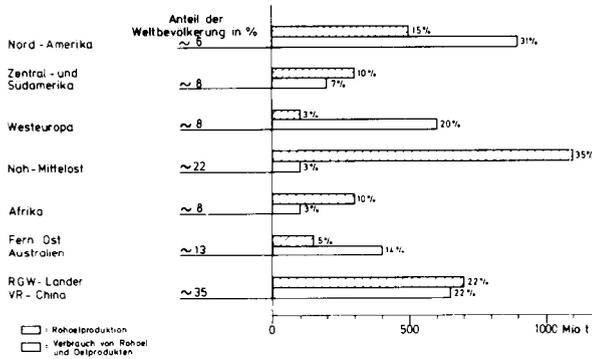


Abb. 9: Rohölproduktion und -verbrauch in verschiedenen Teilen der Welt in bezug zum jeweiligen Bevölkerungsanteil

ost ein Drittel der Erdölproduktion gefördert, aber nur 3% werden verbraucht, obwohl dieser Region auch das stark bevölkerte Indien zugezählt wird. Problematisch sind die Verhältnisse speziell für Westeuropa, das, bezogen auf seine hochentwickelte Industrie, nur über eine bescheidene Erdölförderung verfügt, der zudem noch keine allzulange Nutzung vorausgesagt wird. Für die Region Nordamerika ist bemerkenswert, daß dort 6% der Weltbevölkerung etwa 30% des konsumierten Erdöls verbrauchen. Diese Disharmonien zwischen Erdölerzeugung und -verbrauch müssen in einer Zeit nachlassender Produktion — und die ist absehbar und in den RGW-Ländern schon jetzt ein schwerwiegendes Thema — zu Spannungen führen, auch wenn es jetzt noch nicht danach aussieht. Weitere Spannungen stehen ins Haus, weil Erdöl auch in der absehbaren Zukunft ein äußerst wichtiger, ja wahrscheinlich der wichtigste Energieträger bleiben wird und Basisrohstoff für viele notwendige Chemikalien ist. Auch in diesem Fall nützt es sicher nichts, daß die Chemiefaserindustrie von den jährlich noch geförderten circa 3 Milliarden Tonnen nur einige 10 Millionen Tonnen benötigen wird. Ihre Lage wird noch spannender, weil wohl davon ausgegangen werden kann, daß aus mehreren Gründen das Auto — koste es, was es wolle — seinen Tribut, sprich Benzin, fordern wird. Es ist sicher nicht abwegig, sich klar zu machen, daß Erdöl in 30 oder 40 Jahren wohl noch für Benzin oder andere Produkte für spezielle Einsätze, um nicht zu sagen Potentaten, zur Verfügung stehen wird, aber nicht mehr in dem gewünschten Maße für die Herstellung anderer Massenprodukte, wie etwa für Textilfasern.

Diese relativ langfristige Betrachtung wird schon durch früher wirksame Einflüsse ins Bewußtsein der Menschen gebracht werden. Bestimmte Produkte aus Erdöl, wie Benzol, Benzolderivate und Glycol, werden für eine ganze Reihe von Verwendungen benötigt. Darunter sind Einsatzgebiete, die längst nicht so kostenempfindlich sind wie die Chemiefasern oder solche, für die der Konsument bereit ist, gerne zu zahlen (z.B. das Auto, für das er zune-

hend Benzol zur Verbesserung der Klopffestigkeit anstelle von Bleiverbindungen einsetzt, oder Glycol, ein wirksames Gefrierschutzmittel).

Die vielfach diskutierte Entwicklung der Rohölpreise in den vergangenen zehn Jahren (Abb. 10) gibt das Marktgeschehen nur unvollkommen wieder. Sicher hat sie zur Sparsamkeit angeregt und eine Reihe von Wirtschaftsproblemen verursacht, sie hat aber auch Aktivitäten entstehen lassen, die sich sonst nicht hätten entwickeln können. Deshalb bereiten die Preissenkungen für Rohöl in den vergangenen Wochen — letzten Endes verursacht durch den gewünschten Rückgang der Fördermengen — nicht nur Freude.

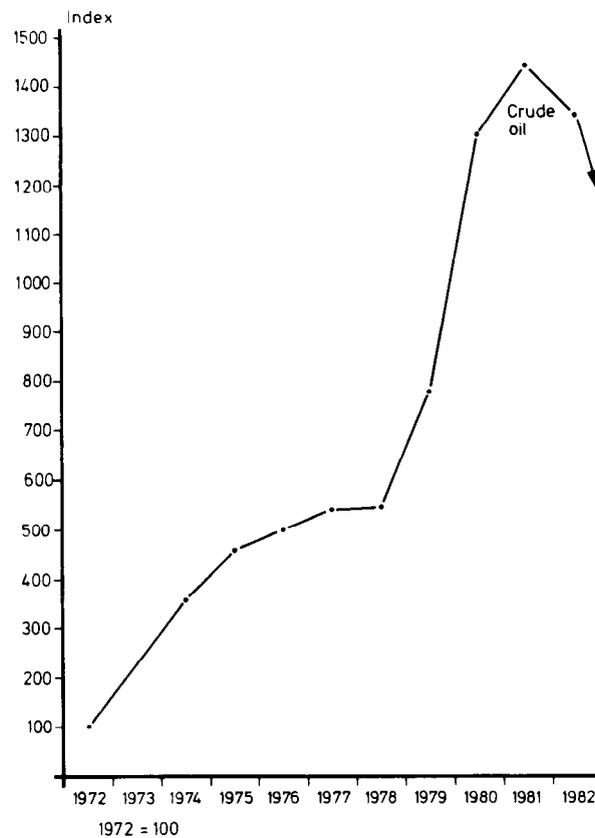


Abb.10: Rohölpreise 1972 — 1982 (1972 = 100)

Wie dem aber auch sei, für die hier zu untersuchende Frage der langfristigen Sicherung der Rohstoffbasis für die Versorgung mit Textilfasern hat sich sichtbar bisher noch nichts geändert. Offensichtlich konnten auch die Preiserhöhungen noch verkräftet werden. Zur Bereitstellung der diskutierten größeren Textilfasermengen sollten jedoch heute schon zusätzliche, neue Wege gesucht werden. Dafür bieten die nachwachsenden Rohstoffe, sinnvoll eingesetzt, sicher interessante Lösungsmöglichkeiten. Dies heißt nicht eine ausschließliche Umkehr von synthetischen zu cellulosischen Chemiefasern, sondern bedeutet, nach Chemiefasern zu suchen, die unter Mitverwendung von nachwachsenden Rohstoffen und unter Einsatz modernster petrochemischer Erkenntnisse hergestellt werden können. Dabei ist es durchaus denkbar, daß auch regionale Lösungen interessant werden; auf jeden Fall wird es aus den verschiedensten Gründen zu einer

weiteren Diversifizierung des Typenangebots kommen. Im Zusammenhang mit derartigen Überlegungen besteht auch die Aufgabe, den Transport von Gütern zu überdenken und die Frage zu beantworten, ob es in Zukunft noch machbar und richtig ist, Basisrohstoffe über sehr weite Strecken zu transportieren. Über dieses an sich noch komplexere Thema haben sich die Ägypter bereits Gedanken gemacht. Danach wollen sie zunehmend ihre Baumwolle mit der schnell wachsenden Zahl an Arbeitskräften selbst verarbeiten und mit höherem Veredelungsgrad, möglichst als Gewebe, verkaufen.

Ihre Planzahlen enthält Abb. 10a. Aus ihr sind die Bevölkerungszunahme, die erwartete Steigerung des Lebens-

Zu erwartender Faserverbrauch bis 2000			
Jahr	Bevölkerung (Mio.)	Pro-Kopf-Verbrauch (kg/Jahr)	Faserverbrauch (1000 t)
1982	43,03	5	218
1987	48,35	5,7	276
1992	53,91	6,4	345
1997	60,10	7,1	427
2000	64,16	7,1	456

Zu erwartender Faserverbrauch bis 1992			
Jahr	1982	1987	1992
Baumwolle	180	180	180
Wolle	8	10	10
zellulose Chemiefasern	7	5	4
Acryl	2	3	5
Polyamid	3	4	6
Polyester	18	74	140
Gesamt	218	276	345

Abb.10a: Ägypten — Entwicklung der Bevölkerung, des Lebensstandards und des Faserverbrauches

standards und die Textilkonsequenzen ersichtlich. Nachdem der Nahrungsmittelbedarf keine Produktionserhöhung für Baumwolle zuläßt, ist vorgesehen, die Polyester-Erzeugung zu verachtfachen und für den Inlandsbedarf bevorzugt PES/Baumwolle-Mischtextilien herzustellen. Diese Planvorstellungen der Ägypter bauen auf den Tatsachen auf, die in Abb. 10b zusammengestellt sind. Sie fassen Fragen der Rohstoffversorgung und der Anbauflächen zusammen.

Diese Skizze der Rohstoffversorgung der Chemiefaserindustrie läßt erkennen, daß

- die bisher üblichen Quellen keineswegs so sicher und mit Gewißheit nicht so dauerhaft sind, wie die bisherige Versorgungslage vermuten läßt,
- sich jedoch Alternativen anbieten, die aber für das Massenprodukt Textilfaser erst durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten technisch reif gemacht werden müssen,
- die erforderlichen Lösungen dieser Probleme wohl nur von Industrienationen erarbeitet werden können, die zudem noch selbst ein großes Interesse daran haben, die viel diskutierten Grenzen des Wachstums für alle weit in die Zukunft hinauszuschieben.

Standorte für die Chemiefaserindustrie

Bei der Untersuchung von Standorten für Industrien sind eine ganze Reihe von allgemeingültigen, aber auch von industriespezifischen Fragen zu beantworten. Dazu zählen beispielsweise das Vorhandensein von geeigneten Arbeitskräften, angemessene Verkehrsverbindungen, eine Reihe von technischen Voraussetzungen u.a. Für die Chemiefaserindustrie schien es deshalb notwendig,

Baumwolle	1 Tonne/Jahr - 26 400 m ² Anbaufläche
Wolle	1 Tonne/Jahr - 250 Schafe - 710 000 m ² Weidefläche
Viskose	Holznachwuchs - 3,6 Mrd. t Bedarf für Fasern - 8,2 Mio. t Holz - 0,2 %
Synthesefasern	Erdölförderung - 3,1 Mrd. t Synthesefasern - 11 Mio. t - 0,35 %

Produktion synthetischer Chemiefasern :
2 Tonnen - 1m² Produktionsfläche

Zahlen für 1980

Abb.10b: Rohstoffversorgung und Anbauflächen

sich in Industrieländern mit einer gut entwickelten chemischen Industrie anzusiedeln und die von ihr erzeugten Fasern auch über weite Strecken und Grenzen hinweg der Textilindustrie anzuliefern. Diese sicher auch noch vor zehn Jahren gültigen Überlegungen haben aus politischen, wirtschaftlichen und technischen Gründen im letzten Jahrzehnt viel von ihrer Bedeutung verloren. Viele Länder, in denen die Bevölkerung besonders schnell wächst, haben erkannt, daß es notwendig ist, ihre Einwohner mit Nahrungsmitteln und Textilien — die beiden wichtigsten Dinge zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse — so weit wie möglich selbst zu versorgen. Diesen Bestrebungen ist der chemische Anlagenbau mit seinen nahezu »narrensicheren« Apparaten und Maschinen entgegengekommen. So hat sich allein in den letzten zehn Jahren die regionale Aufteilung der Weltchemiefaserproduktion gewaltig verschoben (Abb. 11a). Diese

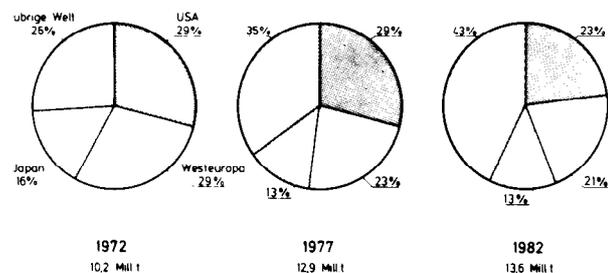


Abb.11a: Regionale Aufteilung der Weltchemiefaserproduktion

Verschiebung, die Abbildung 11b deutlich erkennen läßt, geht weiter und hat vielfältige Konsequenzen. Ohne auf

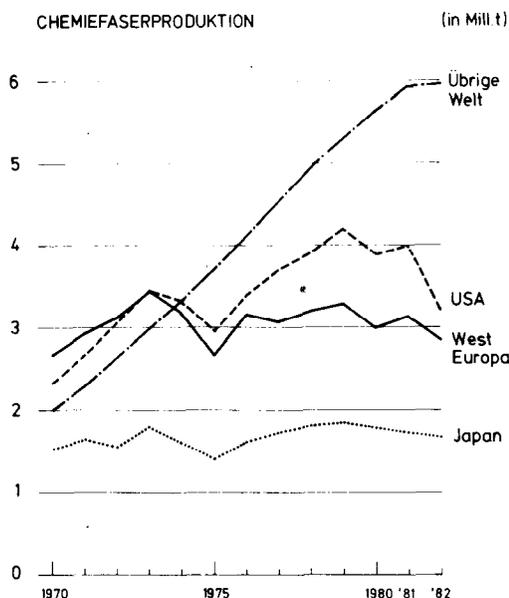


Abb.11b: Regionale Aufteilung der Chemiefaserproduktion

sie im Detail einzugehen, soll nur darauf hingewiesen werden, daß sie auch die Herstellungsprogramme betrifft, weil wohl berücksichtigt werden muß, daß die sogenannte »übrige Welt« in der überschaubaren Zukunft zwar bevorzugt, aber keineswegs ausschließlich Standardfasern produzieren wird. Praktisch heißt dies für die industrialisierten Länder, daß sie in Zukunft Textilfasern nur dann anbieten exportieren können, wenn sie etwas zu bieten haben und wenn irgendwo ein wirklicher Bedarf besteht. Außerdem wird ihr Chemiefaser-know how noch einige Zeit gefragt sein.

Faserherstellungsprogramme

Die kurze Diskussion der Standortfrage hat bereits zwangsläufig zu den Faserherstellungsprogrammen der jeweiligen Chemiefasererzeuger übergeleitet. Nachdem deren Anlagen über die Welt verstreut arbeiten werden, werden sich auch regionale Einflüsse deutlich auswirken. Dazu gehören die Rohstoffversorgung, das Zusammenspiel mit den Naturfasern, wie z.B. in Ägypten, der Bedarf und das Klima. Diese Parameter sind für die westeuropäischen Verhältnisse relativ wichtig. Die Rohstoffversorgung erscheint mir nach den besprochenen Überlegungsskizzen problematisch, wenn wir nicht bald anfangen, uns anzupassen. Der größte Anteil an Naturfasern wird auch in Zukunft importiert werden müssen, was positive und negative Seiten hat. Die absolute Menge ist bei dem gegebenen Lebensstandard, und den wollen wir uns je erhalten, relativ hoch. Die Klimabedingungen schließlich sind so breit, daß wir einer gewissen Ausrüstung mit Textilien bedürfen, um ihnen gerecht werden zu können.

Der Export wird sich, wie bereits angedeutet, mit bestimmten Bedürfnissen in den Empfängerländern auseinandersetzen müssen. Die Japaner scheinen sich auch auf diesem Gebiet als Vorreiter zu bewähren. Poromerics, seidenartige Polyesterfasertextilien, hervorragende Kohlenstofffasern und textile Effekte sind Beweise für ihre Denkmotive, während Europa und die USA der Volksrepublik China Standardfasern über den Preis zu verkaufen versuchen und gleichzeitig die Anlagenbauer aus diesen

Ländern sich mit allen Mitteln um die Errichtung von Chemiefaserkapazitäten für solche Standardfasern bemühen. Diese wenigen Beispiele zeigen recht deutlich, daß es an der Zeit ist, wieder strategische Konzepte zu entwickeln und sie zu befolgen. Dazu ist es aber notwendig, Fasern oder Produkte daraus herzustellen, die mehr können als die herkömmlichen. Diese Sonderleistung braucht nicht immer in der Faser selbst zu liegen, sie kann auch durch eine nachträgliche Veredlung, wie bei den seidenartigen Polyesterfasertextilien, oder durch einen Verbund, wie ihn die hochwertigen japanischen Poromerics darstellen, bzw. ein ganzes Anwendungssystem, z.B. bei Geotextilien, realisiert werden. Aufgaben gibt es noch genug. Sie ergeben sich aus der weltweiten Notwendigkeit, Energie, d.h. auch Wasser, zu sparen, um Umwelt zu schützen, Gewichte zu reduzieren sowie medizinische und technische Aufgaben zu lösen.

Sicher ist es in einer sorgenvollen Zeit nicht einfach, langfristige Konzepte zu entwickeln. Wenn es aber in der Hochkonjunktur versäumt wurde, bleibt jetzt keine andere Wahl, und wie die notwendigen Mengenentwicklungen gezeigt haben, ist es auch zwingend erforderlich. Hinzu kommt, daß wir eine vielfältige Verpflichtung gegenüber der dritten und vierten Welt haben. Ihre und unsere Lage wird aber sicher nicht verbessert, wenn wir uns zurückziehen und vom Fortschritt Abstand nehmen.

Zusammenfassung

Chemiefasern sind seit Jahren schon für Bekleidungs- und Heimtextilien und technische Textilien so selbstverständlich wie Naturfasern. Ihre Mengenentwicklung ist spektakulär und die Durchdringung der Textilsektoren auf hohem Niveau unterschiedlich. Der Konsument nutzt ihre Vorteile in vielen Textilien unbewußt, aber auch bewußt. Die Tatsache jedoch, daß die Chemiefasern das Image der Naturfasern nicht erreichen, stimmt nachdenklich, zumal es ja gerade ihre Eigenschaften sind, die uns auf dem Wege, optimale Textilien — auch mit Naturfasern — zu entwickeln, ein gutes Stück weiterbringen. Da es keine guten und weniger guten Fasern, sondern nur gut oder weniger gut geeignete Textilien gibt, kommt also ihrer Konstruktion, dazu gehört auch die Faserauswahl, eine entscheidende Bedeutung zu.

Das Vorwort »Natur« im Begriff *Naturfasern* schafft in der heutigen Zeit Assoziationen, die im Gegensatz zu jenen Vorstellungen stehen, die mit dem Wort »Chemie« verbunden sind. Trotzdem sollte es gemeinsam möglich sein, von den vielen akzeptierten Artikeln her und mit einem optimalen Angebot an Chemiefasertextilien ihr Image zu verbessern.

Diese Aufgabe hat weitreichende Bedeutung, zumal die Textilversorgung bereits in naher Zukunft nur durch Chemiefasern gewährleistet werden kann. Die damit verbundene Mengenentwicklung ist an eine Reihe von Voraussetzungen geknüpft, die bearbeitet und beachtet werden müssen. Sie betreffen die Rohstoffversorgung, die Standorte und Produktionsprogramme der Chemiefaserindustrie. Auch wenn es gegenwärtig nicht opportun erscheint, sich damit auseinanderzusetzen, so haben sicher die oberflächlichen Trendbetrachtungen bereits gezeigt, daß es dringend an der Zeit und notwendig wäre, es doch zu tun. Wir müssen also vorsorgen, so lange wir noch Zeit haben.

Die Bedeutung der Grundlagenforschung für die Zellstoff- und Papierindustrie

Univ. Prof. Dipl. Ing. DDr. rer. nat. et techn. habil. H. Krässig,
Direktor i.R., Chemiefaser Lenzing AG, A-4860 Lenzing

Der Wert und die Sinnhaftigkeit der Grundlagenforschung wird vielfach unterschätzt. Speziell in wirtschaftlich angespannten Zeiten tritt immer wieder die Meinung in den Vordergrund, daß man zwischen aktueller und nichtaktueller Forschung unterscheiden müsse und daß letztere auf wirtschaftlich bessere Zeiten aufzusparen sei.

Es stimmt bedenklich, wenn man wirtschaftlichen Statistiken entnehmen muß, daß die Forschungsaufwendungen in der Zellstoff- und Papierindustrie seit dem »Ölschock« des Jahres 1973 von vorher weltweit durchschnittlich etwa 0,8% auf nunmehr unter 0,5% des Umsatzes, d.h. auf praktisch die Hälfte, zurückgegangen sind. Zentrale Forschungslaboratorien vieler Zellstoff- und Papierfirmen wurden geschlossen oder in ihrem Bestand stark eingeschränkt. Selbst vor akademischen Forschungsinstitutionen, die auf dem Cellulosegebiet weltweiten Ruf besaßen, haben — zum Teil auch aus Gründen der Fehleinschätzung des Zukunftspotentials dieses Wissensgebietes — diese Einschränkungen nicht Halt gemacht.

Der vorliegende Beitrag will, soweit dies hier möglich ist, an ausgewählten Beispielen der Wissensentwicklung auf dem Gebiet der Cellulose, der Hemicellulosen und des Lignins den Wert grundlegender Forschung und ihrer Ergebnisse für die technische Entwicklung in einigen wenigen Bereichen der Zellstoff- und Papierindustrie aufzeigen. Berührt werden hierbei Beispiele, betreffend den Einfluß der Molekülgröße der Cellulose auf die Eigenschaften von Cellulosesubstraten, Studien zur unterschiedlichen Wirkungsweise der Sulfite- und Sulfatkochung auf die Holztracheiden, Erkenntnisse über die Einwirkung hydrolytisch und oxidativ wirkender Medien auf die Polysaccharide und andere Holzinhaltstoffe und Strukturstudien zum besseren Verständnis physikalischer und chemischer Eigenschaften von Cellulosefasern.

Abschließend wird in stark geraffter Form zu Problemen Stellung genommen, die in der Zukunft die Zellstoff- und Papierindustrie beschäftigen werden und bei deren Lösung die Mitarbeit von akademischen und industriellen Forschungseinrichtungen erwünscht und erforderlich sein wird. Diese Probleme betreffen die Sicherung der Rohstoffversorgung, die optimale Rohstoffnutzung, die Lösung von Umweltproblemen, die sparsamste Energienutzung und die bessere Kapitalnutzung.

The value and the significance of basic research is often underrated. Especially in times of economical difficulties the opinion arises that one can distinguish between actual research needs and desirable research goals and that one should postpone efforts driving for the latter objectives for economically more favorable times.

It is alarming to note from statistic economical data that the research expenditures in the pulp and paper industry which amounted before the oil crisis of 1973 in the worldwide average to approximately 0,8% have dropped to about half today, i.e. 0,5% of the total turnover. Central research laboratories of several pulp

and paper companies were either closed or remarkably reduced. Even academic research institution active in the cellulose field and possessing worldwide reputation were affected by such measures, partially due to the wrong estimation of the future potential of the cellulose science.

The publication on hand intends — so far as possible — to point out with a few selected examples of the development of the knowledge in the cellulose, hemicellulose, and lignin field the value of basic research and its results for the technical development in certain areas of the pulp and paper industry. Discussed are examples dealing with the influence of cellulose molecular weight on properties of cellulose substrates, such as paper, studies on the different action of sulfite and kraft pulping on the wood tracheides, findings on the action of hydrolytic and oxidative agents on polysaccharides and other wood constituents, and structure studies for the better understanding of physical and chemical properties of cellulosic fibers.

Finally, the problems the pulp and paper industry faces in the future will be shortly discussed. The solution of these problems calls for comprehensive and fundamental studies performed in close cooperation under academic and industrial research establishments. These problems concern the guarantee of the raw material supply, the optimum raw material use, the solution of environmental problems, the most economical use of energy, and the best utilization of investment capital.

Einführung

An den Anfang dieser Ausführungen soll ein Ausspruch des großen Naturforschers Justus von Liebig gestellt werden, der, wie kein anderer, treffend einen der Gründe für das oftmals so widersprüchliche Verhältnis der Grundlagenforschung und der Praxis wiedergibt:

Die Naturforschung hat das Eigene, daß alle ihre Resultate dem gemeinen Menschenverstand des gebildeten Laien ebenso klar, einleuchtend und verständlich sind wie dem Gelehrten. Letzterer hat vor dem anderen nicht mehr voraus als die Kenntnis der Mittel und Wege, durch welche sie erworben sind. Diese aber sind für die nützliche Anwendung der Resultate in der Praxis in den meisten Fällen völlig gleichgültig.

Diese Selbstverständlichkeit vergangener Leistungen der grundlegenden Wissenschaften führt naturgegeben vielfach zur Unterschätzung ihres Wertes. Die Frage, in welcher Weise wissenschaftliche Forschung den Bedürfnissen des Lebens und der Wirtschaft dient, ist stets Gegenstand teilweise heftiger Diskussionen gewesen. Zumal in Zeiten wirtschaftlicher Schwierigkeiten rückt immer wieder die Meinung in den Vordergrund, daß man zwischen aktueller und nichtaktueller Forschung unterscheiden müsse und die letztere auf wirtschaftlich günstigere Zeiten aufgespart werden könne. — Heute leben wir in einer derartigen Zeit, und es stimmt den mit der Materie Vertrauten bedenklich, wenn er in wirtschaftlichen Statistiken die Entwicklung der Forschungsaufwendungen, speziell in der Zellstoff- und Papierindustrie, während der beiden letzten Jahrzehnte betrachtet. War es noch vor dem ersten Ölschock im Jahre 1973 in dieser Schlüsselindustrie üblich, im weltweiten Schnitt zwischen 0,5 und 1,0% des jeweiligen Umsatzes für echte Forschungsaufgaben aufzuwenden, so sank im letzten Jahrzehnt der Forschungseinsatz auf unter 0,5% des Umsatzes ab. Hiervon betroffen waren vor allem die Aufwendungen

zur Förderung langfristiger und grundlegender Forschungsziele. Eine Reihe großer Papier- und Zellstofffirmen haben im Zuge dieser bedauerlichen Entwicklung ihre firmeneigenen Forschungslaboratorien entweder ganz geschlossen oder stark eingeschränkt. Parallel hierzu, und dies ist noch weitaus bedenklicher, ging auch im akademischen Bereich in zunehmendem Maße ein Abbau von Forschungseinrichtungen und Instituten vor sich, die auf Zellstoff und Papier spezialisiert waren und die stets ein wesentlicher Träger langfristiger Forschungsbemühungen waren und noch sind.

Welche Folgen diese Entwicklungen langfristig für alle auf der Cellulose basierenden Industrien im negativen Sinne haben werden, kann nur die Zukunft zeigen. Man kann sich über den Sinn und den Stellenwert der Grundlagenforschung in ihrer Auswirkung auf den technischen Fortschritt, auf kurze Zeiträume bezogen, streiten, auf lange Sicht kommen aber aus dem Bereich stetig und umfassend arbeitender industrieller und akademischer Forschungsgruppen wissenschaftliche und technische Resultate, die zu neuen Entwicklungen führen. Die fachlich spezialisierten akademischen Institute sind außerdem für die Praxis und als Ausbildungsstätte für junge Mitarbeiter bedeutsam, aber auch für die, die bereits mit der Materie vertraut sind und in diesen Instituten arbeiten.

Welchen Erfolg eine langfristig, stetig und konsequent durchgeführte Forschungstätigkeit hat, zeigt die Entwicklung der US-Handelsbilanz von forschungs- und entwicklungsintensiven Industrien im Vergleich mit der von Produktionszweigen, die nur geringe Forschungs- und Entwicklungstätigkeit betreiben¹. Während die Bilanz ersterer in den beiden vergangenen Dekaden immer positiv und im Ansteigen begriffen war, entwickelte sich die Bilanz letzterer in zunehmendem Maße ins Negative, wie das die Abbildung 1 zeigt.

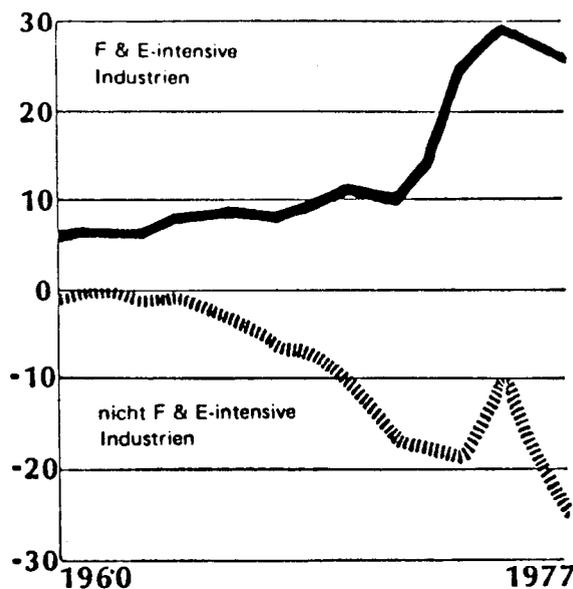


Abb. 1: Handelsbilanz von US-Unternehmungen mit intensiver und weniger intensiver Forschungs- und Entwicklungsaktivität

Forschung — Stimulans der Praxis

Nach dieser Einführung sei nun auf das eigentliche Thema dieser Ausführungen eingegangen. In der Behand-

lung desselben kann natürlich nicht auf alle die vielfältigen Erkenntnisse eingegangen werden, durch die die chemische, physikalische und ingenieurtechnische Grundlagenforschung in den letzten Jahrzehnten die Zellstoff- und Papierindustrie befruchtet hat. Der Versuch, solches zu tun, würde den Rahmen, der für diese Ausführungen zur Verfügung steht, bei weitem überschreiten. Außerdem, und das sei freimütig gestanden, kann der Verfasser nicht alles wissen und bescheidet sich gerne damit, nur Dinge zu behandeln, die ihm tatsächlich vertraut sind. Aus diesen Gründen seien im Folgenden die Leistungen der Grundlagenforschung für die Zellstoff- und Papierindustrie an Beispielen der Wissensentwicklung über die chemische und physikalische Struktur der Cellulose, der Hemicellulosen und des Lignins, das neben der Cellulose ebenfalls wesentlicher Bestandteil des Rohstoffes Holz ist, dargestellt. Daß trotz dieser Beschränkung die Ausführungen kurz gefaßt sein müssen, dürfte dem Eingeweihten verständlich sein. Dies ist umso mehr eine Notwendigkeit, damit zum Abschluß der Ausführungen noch genügend Raum bleibt, um auf Aufgabenstellungen einzugehen, die für die Zellstoff- und Papierindustrie in der Zukunft von Bedeutung sein dürften und bei deren Lösung die Grundlagenforschung Hilfestellung geben kann.

Als im Jahre 1851 Burgess und Watt beobachteten, daß bei der Behandlung von Birkenschnitzeln mit kochender Lauge zerfaserbarer Holzstoff resultierte, und wenig später Ekman in Schweden, Tilghman in den Vereinigten Staaten, Mitscherlich in Deutschland sowie Ritter und Kellner in Österreich ihre grundlegenden Beiträge zur Entwicklung des sauren Sulfitaufschlusses erbrachten, war die Natur der wichtigsten Holzbestandteile, nämlich von Cellulose, Hemicellulose, Lignin, noch weitgehend unbekannt. Noch siebzig Jahre hatten zu vergehen, bis durch die Arbeiten von Haworth² und anderen die atomaren Bindungsverhältnisse innerhalb der Glukose Grundeinheiten und deren Verknüpfung im Cellulosemolekül geklärt wurden.

Bis zum Beginn der zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts hatte man noch angenommen, daß im Cellulosemolekül nur wenige Glukosemoleküle zu ringförmigen Strukturen bzw. kurzen Ketten miteinander verknüpft seien und daß die besonderen Eigenschaften, wie z.B. die Faserstruktur und die Bildung hochviskoser Lösungen, durch Molekül-assoziationszustände kämen.

Das Verdienst, die Polymernatur des Cellulosemoleküls erkannt und nachgewiesen zu haben, ist Staudinger und seinen Mitarbeitern³ zuzuerkennen. Die aus den Arbeiten von Haworth und Staudinger hervorgegangene Darstellung des chemischen Aufbaus der Cellulose und ihrer Konstitution wurde erstmals gegen Ende der zwanziger Jahre von Haworth formuliert und ist bis heute gültig (Abb. 2).

Diese äußerst wichtige Erkenntnis legte die Grundlage für das Verständnis und das exakte Studium des Verhaltens der Cellulose beim Holzaufschluß, bei Bleichbehandlungen und bei chemischen Umsetzungen.

Durch grundlegende Arbeiten wissen wir inzwischen, daß die Cellulose in ihren natürlichen Vorkommen, je nach dem Umfang des Abbaues im Verlaufe ihrer Isolierung, Polymerisationsgrade n , d.h. die Anzahl von in der Molekülkette miteinander verknüpften Glukoseeinheiten, von ca. 1000 bis 15 000 aufweist, was einem Molekulargewicht von etwa 160 000 bis 2.500 000 bedeutet. Offen geblieben sind hierbei noch bis heute die viel diskutierten Fragen, betreffend den Ablauf der Biosynthese der Cellulose, die

Größe der hierbei ursprünglich erzeugten Cellulosemoleküle und die Frage, inwieweit diese alle anfänglich von der Natur gleich groß aufgebaut werden.

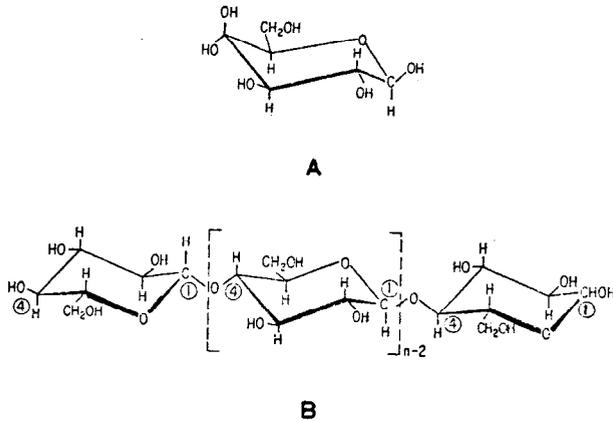


Abb. 2: ⁴C₁-Sesselkonformation des D,β-Glucosemoleküls (A) und des Cellulosemakromoleküls (B)

In den Formen, in denen uns Cellulose in der Praxis zur Verfügung steht, z.B. auch im Zellstoff, ist die Cellulose stets, wie alle natürlichen und synthetischen Polymere, mehr oder weniger *polydispers*, d.h. ein Gemisch von gleichgebauten Molekülen verschiedener Molekülgröße: eine Erkenntnis, die wir gleichfalls *Staudinger* und seinen Mitarbeitern verdanken.

Das Molekulargewicht ist eine der wichtigsten Einflussfaktoren auf die mechanischen Eigenschaften von Cellulosefasern und anderen Celluloseprodukten, eine Tatsache, die *Staudinger* und Mitarbeiter⁴ erstmals in den späten dreißiger Jahren festgestellt haben. Sie erkannten, daß die Reißfestigkeit, die Einreißfestigkeit, die Berstdruckfestigkeit und die Falzfestigkeit von Papieren, die aus Zellstoffen gleichen Mahlgrades, aber verschiedenen Molekulargewichts hergestellt waren, eindeutig von letzterem bestimmt werden. Die Abbildung gibt ein Beispiel für die Beeinflussung der Reißlänge von Papieren durch das Molekulargewicht bzw. den Polymerisationsgrad (Abb. 3).

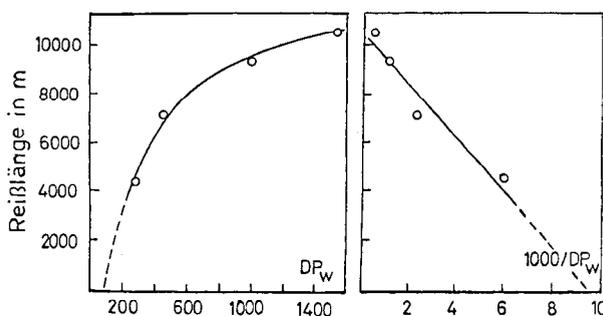


Abb. 3: Abhängigkeit der Reißlänge von Papieren vom Molekulargewicht bzw. vom Polymerisationsgrad (links) und dessen reziproken Wert (rechts) von bis zum gleichen Mahlgrad gemahlene Zellstoffen

Analoges haben *Staudinger* und seine Mitarbeiter auch betreffend des Einflusses der Molekülgröße auf die

Festigkeit natürlicher und künstlich hergestellter cellulosischer Fasern bereits damals beobachtet⁵.

Die Kenntnis der Konstitution des Cellulosemoleküls und die Art der Bindung der Atome in diesem Molekül waren seither die Grundlage für das Verständnis seines chemischen Verhaltens. So ist die Hydrolysenempfindlichkeit der 1,4glukosidischen Verknüpfung der Glukosereste untereinander von Bedeutung, speziell im sauren Holzaufschlußprozeß der Sulfatkochung.

Auch die sogenannte *Peelingreaktion*, d.h. der in der Hitze erfolgende Abbau des Cellulosemoleküls, der beim alkalischen Holzaufschluß und in der Heißalkaliveredlung hochreiner Sulfatchemiezellstoffe vor sich geht, ist in seinem Mechanismus, ausgehend vom reduktiven, aldehydischen Ende des Cellulosemoleküls, und in seiner Beeinflussung durch Reduktions- oder Oxidationsmittel bereits seit Mitte der fünfziger Jahre durch die grundlegenden Arbeiten von *Richards* und Mitarbeitern⁶ bekannt (Abb. 4).

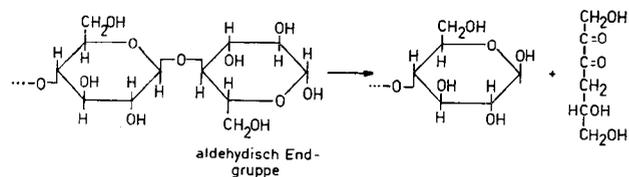


Abb. 4: Alkalischer *Reißverschluß*-Abbau von Cellulose vom Molekülende her

Ebenso bedeutsam ist die Empfindlichkeit der glukosidischen Bindung gegenüber Alkali bei Temperaturen oberhalb 150°C⁷ und die Oxidationsanfälligkeit⁸ der Glukosebausteine, speziell im alkalischen Medium, für das Verständnis des Ablaufes des alkalischen Holzaufschlusses und der Bleichprozesse sowie deren Beeinflussung durch Metallkatalysatoren, die den Abbau beschleunigen, wie z.B. Kobaltionen, bzw. durch Antioxidantien, die den Abbau verzögern, wie z.B. organische Chinonverbindungen: Erkenntnisse, die bereits in das Ende der vierziger Jahre zurückgehen. Das folgende Formelschema gibt Beispiele über den Ablauf des alkalischen und alkalisch-oxidativen Abbaus (Abb. 5).

Die relative Unempfindlichkeit des Cellulosemoleküls gegenüber Chlordioxid und dessen Präferenz zum Ligninabbau, die später von *Rapson* mit Erfolg in der Praxis der Zellstoffbleiche Anwendung fand, wurde bereits im Jahre 1937 von *Staudinger* und *Jurisch*⁹ im Rahmen einer Arbeit über den Abbau von Cellulose durch Oxidationsmittel beobachtet und berichtet.

In ähnlicher Weise hat die Aufklärung des chemischen Aufbaus des Ligninmoleküls¹⁰, für die sich vor allem: *Brauns, Erdtman, Adler, MacCarthy, Foss, Fremer* und besonders *Freudenberg* und deren Mitarbeiter verdient gemacht haben, das Verständnis der Vorgänge beim Holzaufschluß und bei der Zellstoffveredlung gefördert. Die von *Freudenberg* vorgeschlagene Ligninformel läßt in ihrer Komplexität erahnen, welche gewaltigen Anstrengungen die Abklärung des chemischen Aufbaus des Lignins erforderte (Abb. 6).

Um die Aufklärung der Natur der Reaktionen¹⁰, die beim Sulfit- und Sulfataufschluß am Lignin ablaufen, haben sich vor allem die Arbeitsgruppen der bereits genannten Wissen-

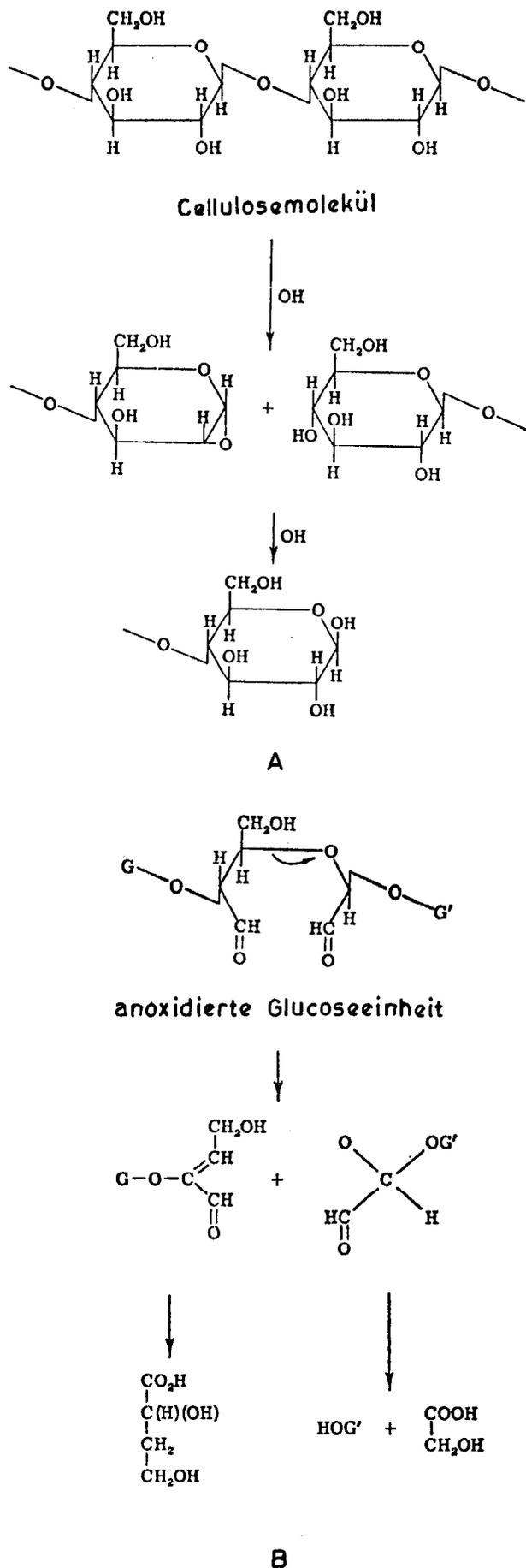


Abb. 5: Mechanismus der alkalischen Kettenspaltung (A) und des oxidativen Alkaliabbaus (B)

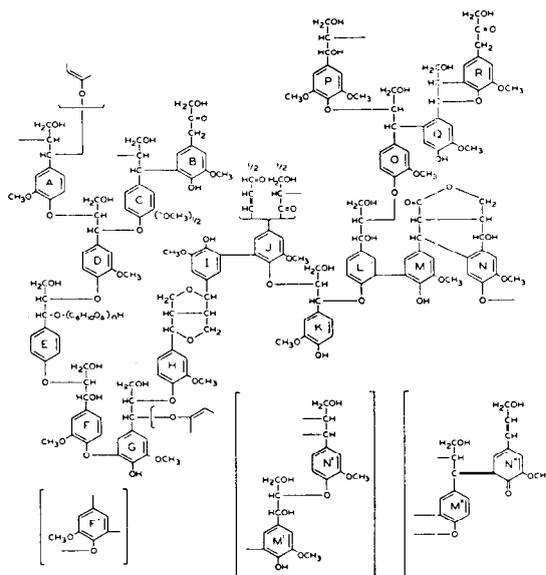


Abb. 6: Formelschema des Ligninmoleküls nach Freudenberg

schaftler sowie die von *Klason, Hägglund, Hibbert, Maass, Mikawa, Leopold, Gierer, Lindgren, Kratzl* (Wien) und *Gratzl* (Raleigh, N.C.) neben vielen anderen bemüht. Hier waren es vor allem Arbeiten über den hydrolytischen Abbau, die Sulfonierung und Oxidationsvorgänge — vielfach an geeigneten Modellsubstanzen durchgeführt —, die das Wissen und das Verständnis über den Ligninabbau und dessen Solubilisierung während des Holzaufschlusses und in der Bleiche entscheidend gefördert haben.

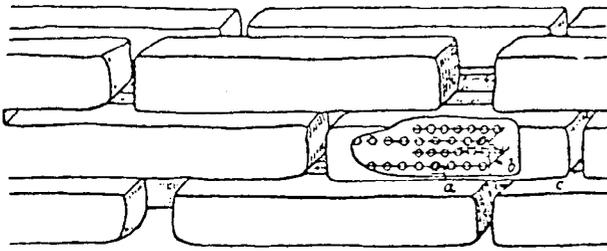
Es sei an dieser Stelle auch auf die von vielen Arbeitsgruppen betriebene Aufklärung der chemischen Natur der Hemicellulosen¹¹ (Xylane, Glucomannane, Galactoglucomannane, Arabinogalactane) hingewiesen, deren Kenntnis und deren Verhalten bei der Einwirkung von Säuren, Basen oder Oxidationsmitteln für die Zellstoff- und Papierindustrie wichtige Anregungen erbrachten.

Von weiterem maßgeblichem Einfluß auf das Verständnis des chemischen und physikalischen Verhaltens waren die Erkenntnisse grundlegender Arbeiten, betreffend den morphologischen und feinstrukturellen Aufbau natürlicher und künstlicher Cellulosefasern.

Ausgangspunkt der Modellvorstellungen, betreffend den inneren Aufbau der faserigen Gerüstsubstanzen der Natur, bildete das um die Mitte des vorigen Jahrhunderts von den Schweizer Biologen *Nägeli* und *Schwendener* entwickelte *Mizellarmodell*¹². Nach dieser Vorstellung sollten die Bausteine aus Teilchen der Bausubstanz von kolloidaler Größe, den sogenannten *Mizellen*, bestehen, die von quell- und lösungsfähigen Kittsubstanzen zusammengehalten würden.

Nachdem man zu Beginn der zwanziger Jahre, zusätzlich gestützt durch erste röntgenographische Bestimmungen der Mizell-Längen, den chemischen Aufbau der Cellulose als ringförmiges oder kurzketziges Oligomeres der Glukose von allenfalls bis zu 120 Gliedern erkannt zu haben glaubte, entstand das in Abbildung 7 wiedergegebene, aus der Nägelischen Vorstellung abgeleitete Mizellarmodell cellulosischer Faserstoffe, wie es von *Meyer*¹³ u.a. vorgeschlagen worden war.

Mit der Anerkennung des von *Staudinger* bewiesenen makromolekularen Baus der Cellulose und anderer

Abb. 7: Mizellarstruktur nach K.H. Meyer u.a.¹³

natürlicher Gerüstsubstanzen zu Beginn der dreißiger Jahre entwickelte sich in der Folge die über viele Jahre unbestrittene *Fransenmizellar*-Vorstellung des inneren Aufbaus des Festzustandes polymerer Substrate. Die Abbildung 8 zeigt Beispiele, wie sie von verschiedenen Wissenschaftlern vorgeschlagen worden sind¹⁴.

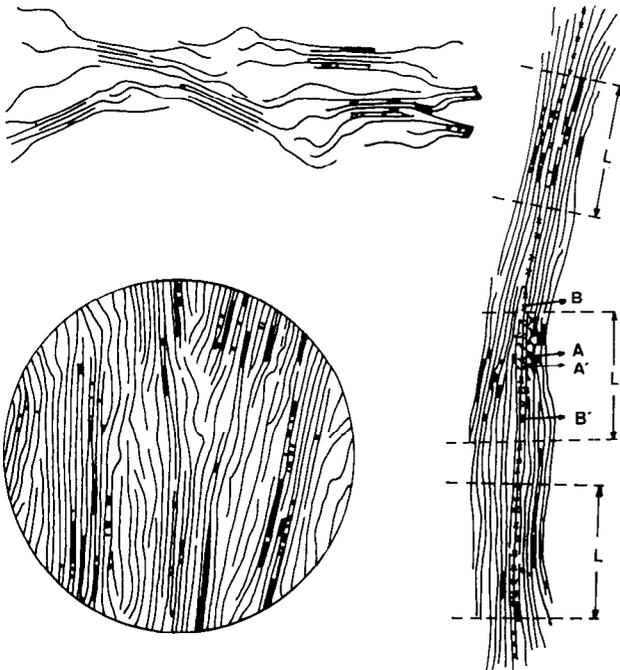
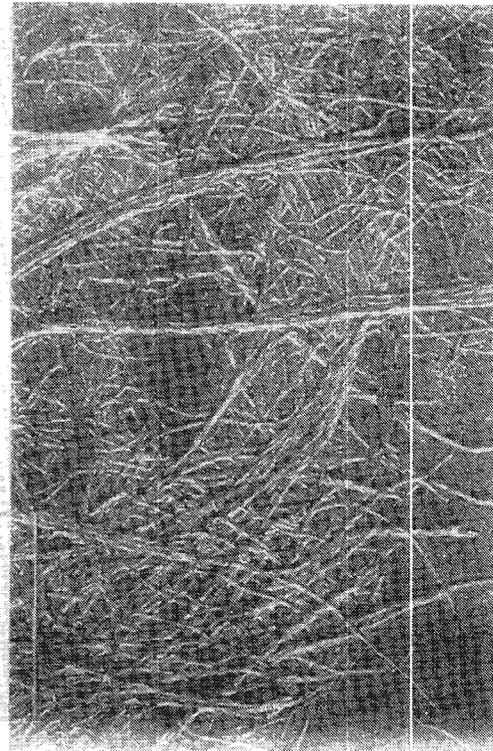


Abb. 8: Beispiele fransenmizellarer Modellvorstellungen

Dieses überwiegend von chemischen und physikalischen Erkenntnissen getragene Strukturmodell ließ jedoch wesentliche Beobachtungen der Biologen, wie etwa den fibrillären Aufbau der natürlichen Faserstoffe, unbeachtet. Durch lichtmikroskopische Studien war schon damals, vor allem den Biologen, bekannt, daß cellulosische und andere Faserstoffe aus fibrillären Bausteinen aufgebaut sind. Die zu beobachtenden Dimensionen derselben variierten jedoch je nach Vergrößerung und Auflösungsvermögen mit der Weiterentwicklung der Mikroskope und der Mikroskopiertechnik in Richtung immer kleinerer Querdimensionen.

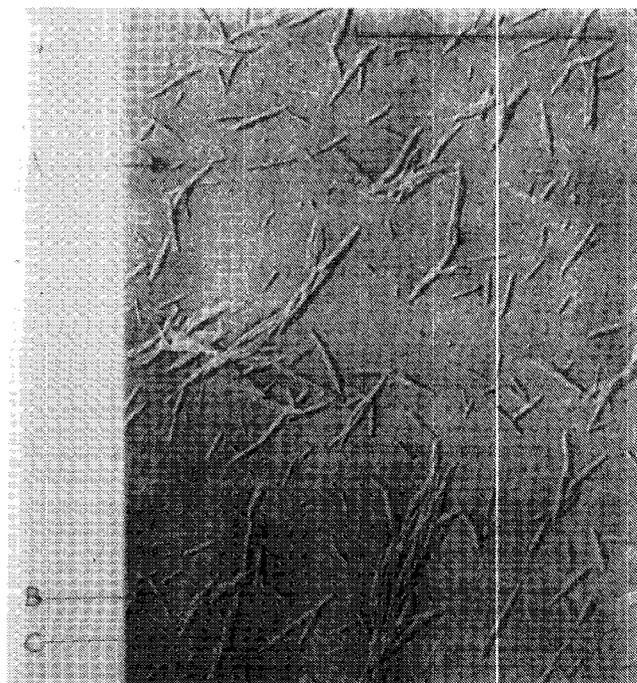
Mit dem Verfügbarwerden des Elektronenmikroskops gegen Ende der dreißiger Jahre erkannte man, daß die bislang lichtmikroskopisch beobachtbaren *Makrofibrillen* selbst Aggregate von *Mikrofibrillen* sind, und diese wieder ihrerseits solche von offensichtlich grundlegenden *Elementarfibrillen*, wie dies aus Abbildung 9 zu erkennen ist¹⁵.

Für letztere wurden an natürlichen und künstlichen Cellulosefasern gleichermaßen Querdimensionen von 30

Abb. 9: Elektronenmikroskopische Aufnahme der Fibrillarstruktur von Cellulosefasern (Holzzellstoff)¹⁵

bis 200 Ångström und Längen bis zu mehreren zehntausend Ångström in den folgenden Jahren von Frey-Wyssling, Hess und vielen anderen Bearbeitern vermessen.

Baut man eine Faserzellulose stark hydrolytisch ab, zerlegt diese durch Ultraschall und präpariert Proben für die elektronenmikroskopische Beobachtung, so kann man im Elektronenmikroskop, wie die aus eigenen Untersuchungen stammende Abbildung 10 zeigt, sowohl spin-

Abb. 10: Elektronenmikroskopische Aufnahme von: (A) Elementarkristalliten, (B) Bruchstücken von Elementarfibrillen und (C) Bruchstücken von Mikrofibrillen¹⁶

delförmige Fragmente von Mikrofibrillen als auch verschieden lange Bruchstücke der Elementarfibrillen erkennen¹⁶.

Eine Vermessung der letzteren ergab in der Studie, der diese Aufnahme entstammt, für eine stark abgebaute Baumwolle ein Zahlenmittel der Längsdimension der Elementarfibrillenbruchstücke von 400 Ångström (40 nm), was der Länge von etwa 80 miteinander verknüpften Glukoseeinheiten entspricht¹⁷. Eine analoge Untersuchung an einer Fortisanfaser, eine über das Celluloseazetat erhaltene Celluloseregeneratfaser, ergab in der gleichen Studie einen Zahlenmittelwert der Länge von etwa 200 Ångström, d.h. von ca. 40 Glukoseeinheiten. Bei lange fortgesetztem Säureabbau pendelt sich aber die Längsverteilung bei allen natürlichen und künstlichen cellulosefasern bei einem Mittelwert zwischen 130 bis 200 Ångström, d.h. etwa 25 bis 40 Glukoseeinheiten, ein. In Annäherung an diesen numerischen Polymerisationsgrad kommt der Säureabbau praktisch zum Stillstand, und die Faser verliert jeden inneren Zusammenhalt, wie die Abbildung 11 zeigt¹⁸.

Solche Ergebnisse bestätigten die von Hess, Kratky, Frey-Wyssling u.a. erstmals in den fünfziger Jahren geäußerte Ansicht, daß die Elementarfibrille ein quasi Perlenband von Elementarkristalliten sei, wobei die durch mehrere Kristallite innerhalb derselben Fibrille alternierend hindurchgehenden Cellulosemoleküle den Zusammenhalt bewirken, wie dies die einer Veröffentlichung von Hess und Mitarbeitern¹⁹ entnommene Abbildung 12 zeigt.

Die Existenz von Elementarkristalliten mit der Länge von 130 bis 200 Ångström wurde auch durch Langperiodenmessungen mittels Röntgenkleinwinkelstreuung und durch Vermessung und Auswertung der Halbwertsbreite meridionaler Röntgenweitwinkelstreubanden nach Scherrer bestätigt. Auch die Kristallit- bzw. Elementarfibrillenquerdimension, die man bei der elektronenmikroskopischen Beobachtung fand, konnte ebenso durch Vermessung und Auswertung der Halbwertsbreiten äquatorialer Streubanden verifiziert werden.

Durch die mehr oder weniger geordnete Zusammenlagerung von Elementarfibrillen entstehen die Mikro- und Makrofibrillen und schließlich die Fransenfibrillarstruktur der natürlichen und künstlichen Cellulosefasern, auch

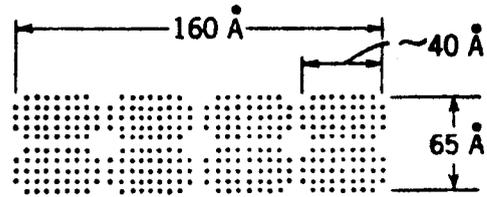
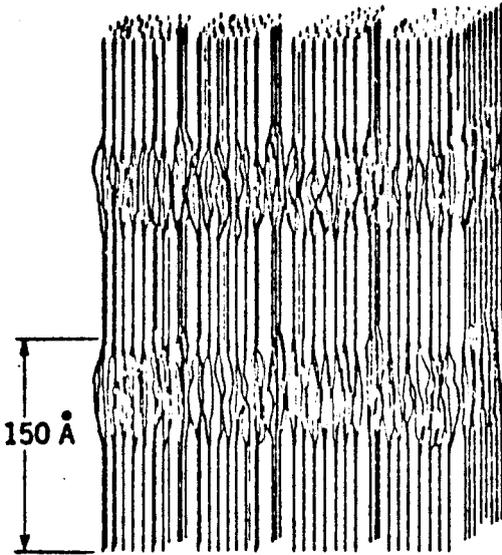


Abb. 12: Aufbau der Elementar- und Mikrofibrillen von Cellulosefasern nach Hess und Mitarbeitern, Frey-Wyssling und Kratky¹⁹

der Zellwandschichten der Holztracheiden, wie sie erstmals gegen Ende der sechziger Jahre von H e a r l e²⁰ vorgeschlagen wurde. Die Abbildung 13 gibt schematisch dieses heute weitgehend akzeptierte Faserstrukturmodell wieder.

Die Bestimmung von molekularen und feinstrukturellen Charakteristika erlaubt es uns heute, das Zustandekom-

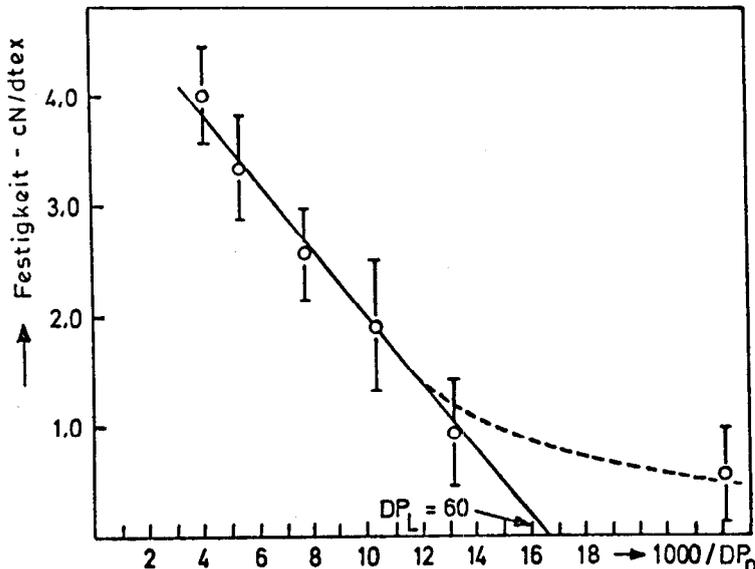
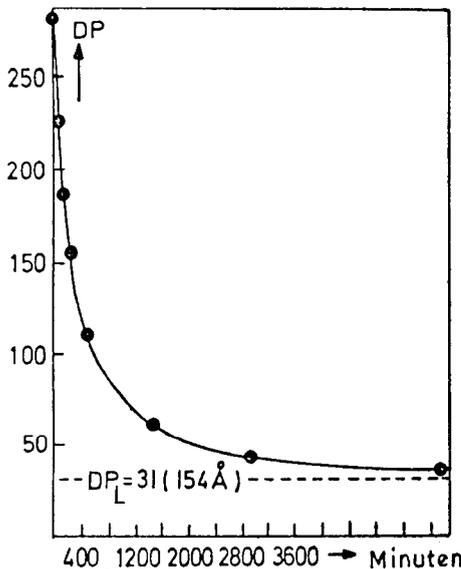


Abb. 11: Abfall des Molekulargewichts bzw. des Polymerisationsgrades einer Faserzellulose im Verlaufe des Säureabbaus (links) und der dabei erfolgende Abfall der Reißfestigkeit (rechts)

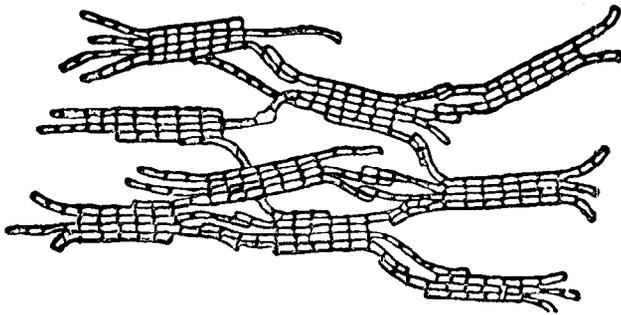


Abb. 13: Schematische Darstellung der Fransenfibrillarstruktur

men vieler mechanischer Eigenschaften cellulosischer Fasern zu verstehen, wie es das in Abbildung 14 gezeigte Beispiel der Einflußfaktoren der Reißfestigkeit demonstriert²¹.

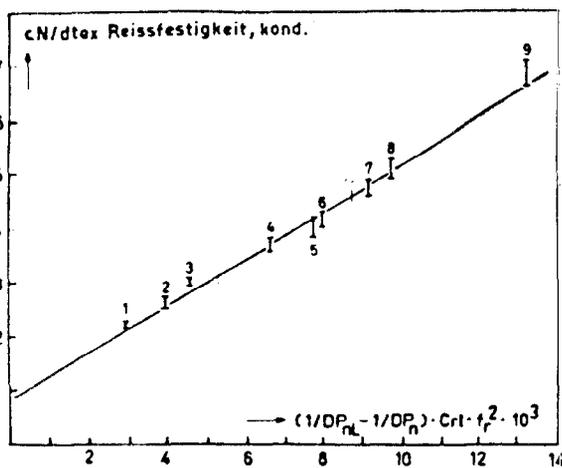


Abb. 14: Beziehungen zwischen Molekular- und Strukturparametern und der Reißfestigkeit von Regeneratcellulosefasern im konditionierten Zustand (vgl. Lit. 21)

Aus den röntgenographisch ermittelten Kristallitdimensionen kann man auch die Zugänglichkeit der Hydroxylgruppen an der Oberfläche der Elementarkristallite bzw. der Elementarfibrillen ableiten und den Umfang von Austauschreaktionen, z.B. des Hydroxylwasserstoffs, gegen Deuterium oder die Wassersorption durchaus plausibel erklären²². Auch die Bestimmung der inneren Oberfläche, die sonst nur mittels der sehr diffizilen Gassorptionsmessung möglich ist, kann aus röntgenographisch bestimmter Kristallitdimension mit guter Übereinstimmung abgeleitet werden²³. Orientierungs- und Kristallitlängenbestimmungen erlauben es, Informationen über die mittlere Porengröße von Hohlräumen innerhalb von Cellulosefasern zu erhalten, die Unterschiede in der Zugänglichkeit für chemische Agentien, z.B. von Farbstoffen, erklären lassen²⁴. Beispiele hierfür sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

Das Wissen um das Prinzip des feinstrukturellen Aufbaus zusammen mit den Erkenntnissen über die Morphologie der natürlichen Cellulosefasern und der Holztracheiden, in denen die Cellulosefibrillen von der Natur in verschiedener Weise in Wachstumsschichten bezüglich der Lage

der Elementarfibrillen unterschiedlich niedergelegt sind, bilden die Grundlage für das Verständnis um das chemische und physikalische Verhalten cellulosischer Fasern und der Holzzellen. Im besonderen Verhalten von Baumwollfasern im textilen Bereich und von Holzstoff bei der Papierherstellung kommt den Primärwandschichten, in denen die Elementarfibrillen in verschiedenen dünnen Lagen im gegenläufigen Sinne spiralg in steilem Winkel zur Faserachse, um die weitaus paralleler ausgerichteten Fibrillenschichten der Sekundärwand geschlungen, niedergelegt sind, eine wichtige Rolle zu.

Nimmt man beispielsweise mittels einer von E I ö d entwickelten *Abschälmethode*, die auf topochemischer Acetylierung und Weglösung des äußerlich entstandenen Triacetats mittels Trichloräthylen beruht, einer Baumwollfaser die Primärwand, so verliert sie die ihr eigene vorteilhafte Eigenschaft, nämlich eine höhere Naßfestigkeit als Trockenfestigkeit zu besitzen²⁶. Die Ursache für diese Besonderheit scheint die Quellungsbegrenzung durch die Primärwand für die Cellulose der Sekundärwand zu sein, die diese zu einer besseren Orientierung in die Faserachse im nassen Zustand zwingen. Fällt diese Quellungsbegrenzung weg, so benimmt sich die Baumwolle wie eine Normalviskosefaser.

Die gleiche Methode hatten wir in der Vergangenheit auch zum Studium von lateralen Unterschieden quer durch Zellstofffasern verwendet, die mittels Sulfat- bzw. Sulfitaufschluß zu gleichem durchschnittlichem Polymerisationsgrad aufgeschlossen worden waren. Es zeigte sich hierbei, daß der Sulfitaufschluß speziell in den Oberflächenschichten der Holztracheiden einen weitaus stärkeren molekularen Abbau hervorruft als der gleichmäßiger wirkende Sulfataufschluß. Inwieweit dieser stärkere Abbau der Primärwandschichten, welche den Zusammenhalt der Holzfaser bewirken, mit die Ursache für die bekannt leichtere Mahlbarkeit, d.h. die schnellere Entwicklung der Schopper-Rieglerwerte, aber auch für die bei gleichem Mahlgrad stets niedrigere Glättfestigkeit von Sulfitzellstoffpapieren ist, sei abschließend zur Diskussion gestellt. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist in Abbildung 15 dargestellt.

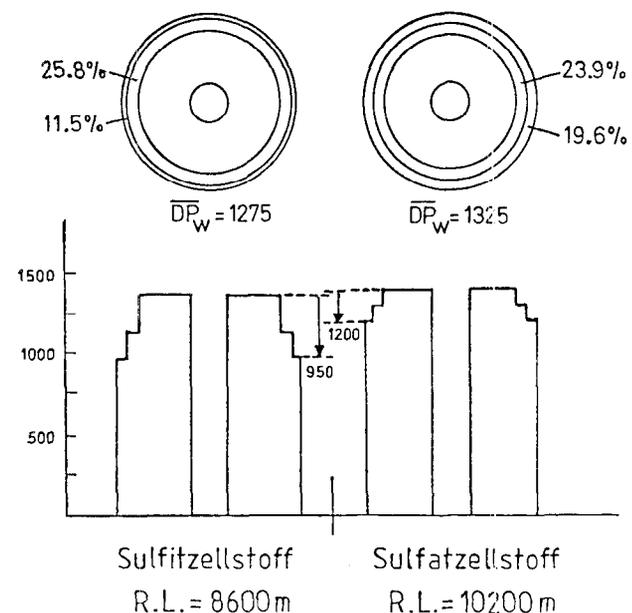


Abb. 15: Radiale Molekulargewichtsverteilung in den Fasern von Sulfit- und Sulfatpapierzellstoffen

Tabelle 1: Beziehungen zwischen Strukturcharakteristika und wichtigen physikalisch-chemischen Eigenschaften von verschiedenen Cellulosefasern

Strukturcharakteristika Eigenschaften	Baumwolle	Viskosefasern			Fortisan
		Polynosic	Hochmodul	Normal	
Strukturdaten:					
Kristallitdimensionen (Å)					
— quer zur 101-Ebene	200	95	80	90	140
— quer zur 10 $\bar{1}$ -Ebene	155	80	70	75	100
— quer zur 002-Ebene	230	100	85	95	160
— Kristallitlänge	128	189	154	156	160
Mittlerer Orientierungsgrad	—	27° 20'	31° 05'	38° 55'	7° 55'
% Moleküle:					
— in geordneten Bereichen	83	70	65	67	80
— in amorphen Bereichen	17	30	35	33	20
— in zugänglichen Bereichen	47	60	69	65	54
Eigenschaften:					
% Deuteriumaustausch	—	61,5	72,0	66,5	53,5
% Wassersorption (20°C u. 65% rF)					
— theoretisch*	7,8	10,0	11,5	10,8	9,0
— experimentell	8,1	10,9	12,4	11,6	9,6
Interfibrillare Oberfläche (m ² /g)	64,5	139,6	163,9	147,6	95,7
Porencharakteristika					
— Rel. Porendurchmesser (in Å)**	—	90	78	86	41
— Rel. Porenquerschnittsfläche (in Å ²)**	—	8220	6090	7550	1760
— Rel. Porenanzahl***	—	1,75	1,11	1,36	0,85
— Rel. innere Porenfläche***	—	1360	900	1080	660
Relative anfängliche					
Färbegeschwindigkeit	—	2,04	1,34	1,64	0,80

* Die theoretische Wassersorption wurde unter der Annahme berechnet, daß jede zugängliche Glucoseeinheit 1,5 Mol Wasser bindet (vgl. Lit. 21)

** Aus Kristallitlängen und mittleren Orientierungsgraden mittels trigonometrischer Funktion ermittelt (vgl. Lit. 24)

*** Aus der äquatorialen, diffusen Röntgenkleinwinkelstreuung ermittelte Kenndaten (vgl. Lit. 24)

Die Schilderung der Wissensentwicklung auf einigen Gebieten, die der Zellstoff- und Papierindustrie in der Vergangenheit grundlegende Erkenntnisse und vielfältige Anregungen gegeben haben, möge die Bedeutung der akademischen und industriellen Grundlagenforschung gegenwärtig und deutlich gemacht haben. Die Beschränkung auf eine äußerst kleine Selektion und die Behandlung von Gebieten, die aus eigenen Arbeiten vertraut sind, mögen Verständnis und Nachsicht finden.

Die Leistungen der Praxis

Bevor zum Abschluß in Form eines kurzgefaßten Überblicks auf zukünftige Entwicklungsziele, die die Zellstoff- und Papierindustrie in den kommenden Jahrzehnten beschäftigen werden und bei deren Bearbeitung der akademischen und industriellen Grundlagenforschung neue große Aufgaben zufallen werden, eingegangen werden soll, sei auf die Bedeutung und die Erfolge der angewand-

ten industriellen Forschung und die Entwicklung dieses Industriezweiges kurz eingegangen.

Die Ergebnisse grundlegender Forschung allein haben die industrielle Praxis in der Regel meist nur befruchtet, jedoch nur in relativ wenigen Fällen die technische Lösung bzw. Anwendung praxisgerecht der Industrie anbieten können. Praktiker mit solidem technischem Wissen, Intuition, das gebotene Neue zu erkennen, und mit Durchschlagskraft, die neuen Erkenntnisse zur nützlichen Anwendung zu führen, und deren Zusammenwirken mit der Grundlagenforschung sind das entscheidende Glied in der Kette, grundlegende Erkenntnisse zu nutzen. In diesem Zusammenspiel kommt vor allem auch dem Ingenieur und Konstrukteur, der für die notwendigen besseren oder neuen Produktmittel verantwortlich zeichnet, eine nicht zu unterschätzende Rolle zu. Viele der Entwicklungen, die die Zellstoff- und Papierindustrie in den letzten dreißig Jahren machen konnte, wie die Realisierung der kontinuierlichen Kochung, die Realisierung neuer Naßpreß- und Trockensysteme, die generelle Erhöhung der Maschinengeschwindigkeiten (Verdopplung innerhalb von etwa 10 bis 15 Jahren), die Entwicklung der Schräg- und Doppelsiebeinrichtungen, die Verwirklichung der Doppelscheibenmahlung, die Konstruktion neuer Rackelstreichleinrichtungen verschiedenster Bauprinzipien, die Einführung des Clupak-Kompaktierungsverfahrens und viele weitere Neuerungen und Fortschritte, zeugen von der aktiven praktischen Innovationstätigkeit der Zellstoff- und Papierindustrie während der letzten vier Dekaden.

Neben den technischen Innovationen sind auch mit gleichem Gewicht die vielen Verfahrensentwicklungen zu nennen, wie die Bemühungen um das thermomechanische Zellstoffverfahren, den Alkali-Sauerstoffaufschluß, die Perfektionierung und Einführung der Kochlaugenrückgewinnung, die Bemühungen um die chlorfreie bzw. chlorreduzierte Bleiche, wie bei der Wasserstoffperoxid- und Sauerstoffbleiche, die Entwicklung der *Verdrängungsbleiche*, die Durcharbeitung und Einführung des geschlossenen Bleichsystems nach *R a p s o n*, die Einführung moderner Filter- und Extraktionsverfahren zur Chemikalienrückgewinnung bzw. Wasserreinigung und Lösung dringender Umweltprobleme und die erfolgreiche Anwendung elektronischer Meß-, Steuer- und Prozeßführungseinrichtungen.

Man könnte diese Aufzählung von Fortschritten in der Zellstoff- und Papierindustrie noch endlos fortsetzen und das Bild einer »heilen« Welt aufzeigen. Dennoch ist eines zu beachten, und das soll die Leistungen der Praktiker in den Produktionsstätten und den Werklaboratorien nicht schmälern, Studien über die Produktivitätsentwicklung verschiedener Industriezweige, wie sie von *J o r g e n s e n* und *G o l l o p* von den Universitäten Harvard und Wisconsin für den Zeitraum 1947 bis 1973 vor Jahren durchgeführt wurden, zeigen, daß der Zuwachs des totalen Produktivitätsfaktors für die Zellstoff- und Papierindustrie jährlich kaum verschieden von Null war. Demgegenüber wies beispielsweise die chemische Industrie im gleichen Zeitraum jährlich einen Zuwachs von 2,3% und die Kommunikationsmittelindustrie einen solchen von über 5% auf. Der amerikanische Wirtschaftsforscher *M e a d o w s*²⁶ nennt in einem Bericht als wesentlichsten fördernden Faktor für das Produktivitätsergebnis den geleisteten Forschungs- und Entwicklungseinsatz gleichwertig neben einem guten Marketing. Wie eingangs bereits erwähnt, liegt der Einsatz für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben in der Zellstoff- und Papierindustrie deutlich unter 1% des Umsatzes und bleibt

damit weit hinter den nahezu 4% der chemischen Industrie oder den 7,5% der Kommunikationsmittelindustrie zurück.

Problemstellungen der Zukunft

An den Schluß dieser Ausführungen seien noch einige kurze Bemerkungen über die Problemstellungen der Zukunft gestellt. Die zukünftigen Probleme der Zellstoff- und Papierindustrie werden sich auf folgende Gebiete konzentrieren:

- die Sicherung der Rohstoffversorgung,
- die optimale Nutzung der Rohstoffe,
- die ökonomisch günstigsten Lösungen für Umweltprobleme,
- die Bemühungen um sparsamste Energienutzung,
- die Suche nach einfacheren, weniger kapitalintensiven Prozessen, die Entwicklung dauerhafterer Einrichtungen und eine bessere, am Markt orientierte Steuerung der Kapazitätsausweitung unter den Industriepartnern.

Die Bemühungen um die Sicherung der Rohstoffversorgung verlangen eine Intensivierung der Grundlagenforschung, betreffend die Mechanismen der Biosynthesen von Cellulose, Hemicellulose und des Lignins, zur Erarbeitung der Grundlagen von wachstumssteigernden und zusammensetzungsregulierenden Genmanipulationen. Erfolge auf diesen Gebieten würde die Bemühungen der Forstwirtschaft durch Zellkulturforschung, genetische Auslese, art-, landschafts- und bodengerechte Pflanzenwahl, Bekämpfung von Umweltschäden, intensive Waldpflege, Düngung und andere bereits geübte Maßnahmen beträchtlich fördern und die bessere Nutzung des wertvollen Kulturlandes verstärken. Soweit es möglich ist, erscheint auch ein vermehrter Einsatz von Einjahrespflanzen zur Zellstoffgewinnung überlegenswert.

Eine der wichtigsten Maßnahmen zur optimalen Nutzung des Rohstoffes Holz liegt in der konsequenten Anwendung des Konzeptes der *Gesamtnutzung des Baumes* (whole tree utilization). Durch die Erschließung der Nutzung bisher ungenutzter Teile des Baumes als Rohstoff, z.B. für die Plattenindustrie oder zur Gewinnung von Bioalkohol, könnten beachtliche Mengen für die Herstellung von Zellstoff und Papier freigemacht werden. Von mindestens ebenso großer Bedeutung ist die Weiterentwicklung der Hochausbeute-Holzaufschlußverfahren. Hier stehen vor allem die mechanischen und thermomechanischen Gewinnungsverfahren mit Ausbeuten von 85 bis 95% im Blickpunkt des Interesses. Das Wunschziel wäre hier, wie es *N i s s a n*²⁷ einmal formulierte, einen Holzstoff zu entwickeln, der bei 90% Ausbeute durch geeignete Veredelung einen Weißgrad von $90 \pm 2\%$ besitzt und gleichzeitig das gleiche Bindungsvermögen und die gleiche Langzeitfarbstabilität wie die heutigen Sulfatzellstoffe besitzt. In das Kapitel optimaler Rohstoffnutzung sind auch die Auswertung von Nebenprodukten, die bei der Kochung entstehen, z.B. Essigsäure, Ameisensäure, Furfurol u.a., sowie die Entwicklung neuartiger Anwendungen für Hemicellulosen und Lignin zu rechnen. Es wird in der Zukunft sicherlich einmal die Zeit kommen, da die unermeßliche Rohstoffquelle *Lignin* zur Herstellung von niedermolekularen, organischen Zwischenprodukten für die chemische Industrie eine Notwendigkeit sein wird. Bemühungen um die gezielte Krackung des Ligninmoleküls sind langfristig ein herausforderndes, interessantes und sicherlich einmal auch lukratives Forschungsziel.

Eine weitere Zielrichtung, die bereits in das Gebiet der Lösung von Umweltproblemen hineinreicht, betrifft die Bemühungen um die Entwicklung von schwefelfreien Aufschluß- und chlorfreien Bleichverfahren. Größtes Interesse verdienen hier der Soda-Sauerstoffaufschluß und die Organosolv-Verfahren von Kleiner und von Baille, Genf, die sich der Alkohol/Wasser- bzw. Phenol/Wassergemische als Aufschlußflüssigkeiten bedienen. Die Anstrengungen um die ökonomisch besten Lösungen für Umweltprobleme konzentrieren sich vor allem um die Kreislaufschließung und optimale Prozeßführung bei der Zellstoffbleiche sowie die Entwicklung chlorfreier Bleichverfahren. Das Konzept der *Closed Mill* von Rapson, die Verdrängungsbleiche, die Bemühungen um die Peroxid- und Sauerstoffbleiche sind hier wegweisend. Auch der Einsatz moderner Filtrations- und Extraktionsverfahren, wie die Umkehrosmose, die Ultra- und Mikrofiltration oder die Flüssig-Flüssig-Extraktionsverfahren zur Entfernung von Schadstoffen und teilweise auch ihrer Isolierung und Verwertung, seien hier erwähnt.

Schließlich sind auch die Bemühungen anzusprechen, die auf die bessere Energienutzung und Energieeinsparung hinzielen. Hier haben vor allem all die Maßnahmen zur Reduktion des Wasserbedarfes in den verschiedensten Stufen der Zellstoff- und Papierherstellung entscheidenden Einfluß. Auch die gezielte Nutzung bisher ungenutzter Abwärme sei in diesem Zusammenhang erwähnt.

Diese Ausführungen sollen mit einem Zitat aus einem Vortrag von Nissa²⁷ schließen, der den bedeutendsten Faktor für die zukünftige Entwicklung in einer Weise zum Ausdruck gebracht hat, wie es kaum besser auszudrücken ist:

Aber als Allerwichtigstes brauchen wir eine neue Generation junger Wissenschaftler und Ingenieure, die die Dinge nicht auf unsere Art handhaben, die unbescheidene Fragen zu jedem unserer Verfahren und Grundprozesse stellen und die mit neuen Wegen kommen, die Fasern vom Stamm zu trennen, sie aufzuhellen, sie zu reinigen, ihr Bindungspotential zu entwickeln und sie zu einem Blatt zu formen, das glatt, hell, von kontrollierter Opazität und Permeabilität ist und spezifische mechanische, elektrische und textuelle Anforderungen in seiner Anwendung erfüllt.

Der Autor dankt Herrn Doc. Dr. Erich Treiber vom Svenska Träforskningsinstitutet Stockholm herzlich für wertvolle Anregungen und Diskussionen zum Thema der Bedeutung der Forschung für die Zellstoff- und Papierindustrie.

Literatur

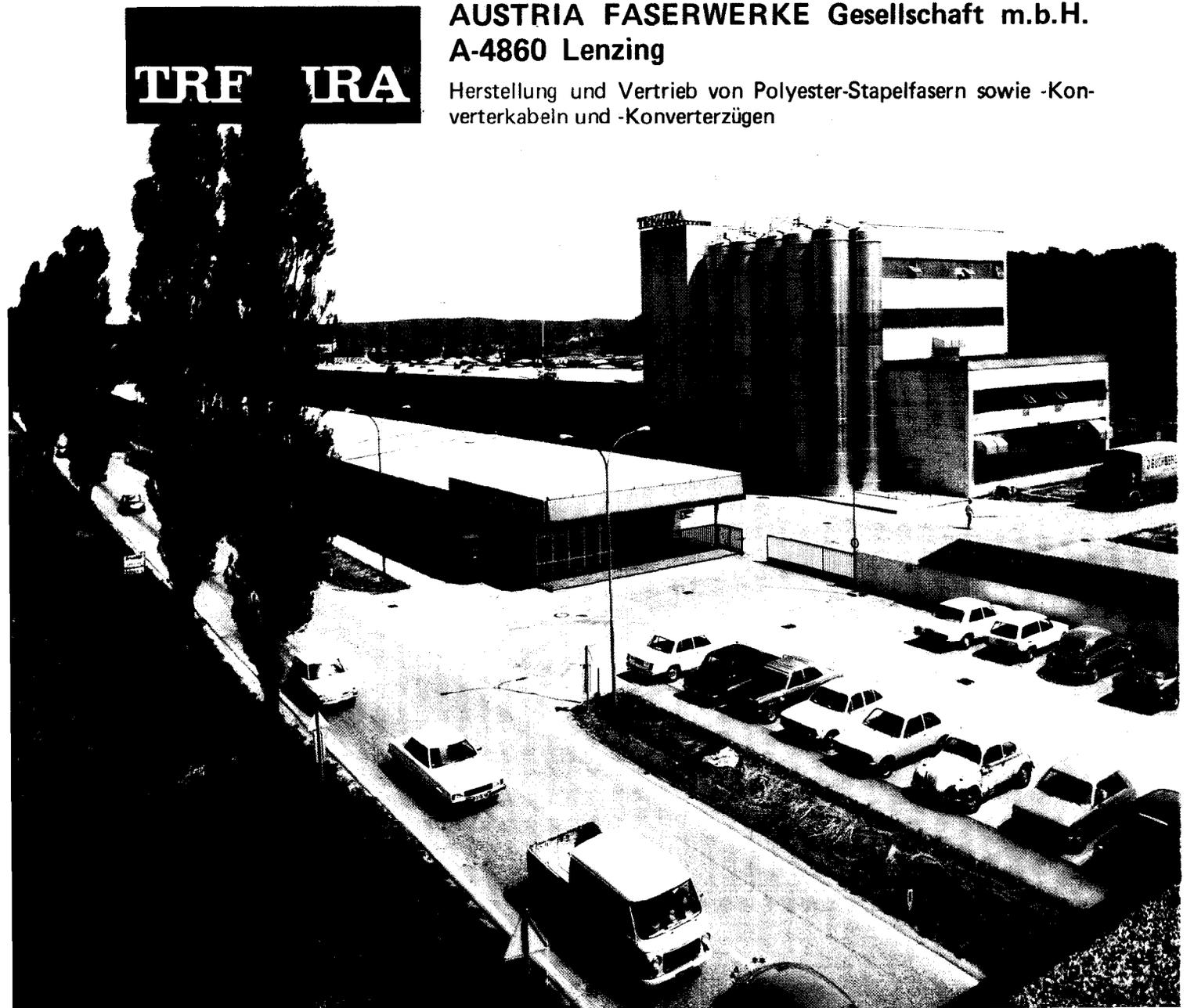
- 1) Science Indicators 1978 (Bericht des National Science Boards der USA an den Präsidenten und den Kongreß der Vereinigten Staaten von Amerika), US Government Printing Office, Washington (1979)
- 2) Haworth, W.N.; *Helv.Chim. Acta* **11**, 534 (1928); *Ber. dtsh.chem.Ges. (A)* **65**, 43 (1932)
- 3) Das wissenschaftliche Werk von H. Staudinger, Bd.2, Teil 1 u. 2, Hüthig & Wepf Verlag, Basel-Heidelberg 1972
- 4) Staudinger, H.; *Zellstoff-Faser* **33**, 153 (1936)
- 5) Staudinger, H., M. Sorkin, E. Franz; *Melliand Textilber.* **18**, 681 (1937)
- 6) Staudinger, H., I. Jurisch; *Zellwolle, Kunstseide, Seide: XLIV*, 375 (10/1939); *Melliand Textilber.* **20**, 693 (1939)
- 7) Richards, G.N., H.H. Sephton; *J.Chem.Soc.* 4492 (1957); Machell, G.; *J.Chem.Soc.* 4500 (1957), 1924, 1938 (1960); *Tappi* **41**, 12 (1958)
- 8) Dryselius, E., B. Lindberg, O. Theander; *Acta Chem. Scand.* **12**, 340 (1958)
- 9) Machell, G., G.N. Richards; *J.Chem.Soc.* 4500 (1957); *Betr. Hinweis auf Abbruchreaktionen des heißalkalischen Abbaus durch Bildung von Carboxylendgruppen*
- 10) Davidson, G.F.; *J.Text.Inst.* **29**, T 195 (1938); **31**, T 81 (1940); **32**, T 109 (1941)
- 11) O'Meara, D., G.N. Richards; *J.Chem.Soc.* 1204, 4504 (1958); R.L. Whistler, P.K. Chang, G.N. Richards; *J. Amer.Chem.Soc.* **81**, 4058 (1959)
- 12) Staudinger, H., I. Jurisch; *Papierfabrikant* **35**, 462 (1937)
- 13) Pearl, J.A.: »The Chemistry of Lignin«; Marcel Dekker Inc., New York 1967
- 14) Treiber, E.: »Die Chemie der Pflanzenzellwand«; 2.Teil, Kap. 4, § 21; *Hemicellulosen*, S 224—248, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1957
- 15) Nikitin, N.I.: »The Chemistry of Cellulose and Wood«; Chapter XVI; *Hemicelluloses*, S 369—385; *Academy of Science USSR*; Verleger S. Monson, Jerusalem 1966
- 16) Nägeli, C.: »Mizellartheorie«; Neudruck der Originalveröffentlichung in *Oswalds Klassiker Nr. 227*, Verleger A. Frey, Leipzig 1928
- 17) Hengstenberg, J., H. Mark; *Z. Krist.* **69**, 271 (1928); H. Mark, K.H. Meyer; *Z. physik. Chem.* **2**, 115 (1929); W. Seifritz; *Am Naturalist* **63**, 423 (1929)
- 18) Kratky, O., H. Mark; *Z. physik. Chem.* **B 36**, 129 (1937); H. Mark; *J.Phys.Chem.* **44**, 764 (1940)
- 19) Ranby, B.G., E. Ribi; *Experientia (Basel)* **6**, 12 (1950); B.G. Ranby; *Tappi* **36**, 8B (1953); *Makromol. Chem.* **13**, 40 (1954)
- 20) Krässig, H., W. Käppner; *Makromol. Chem.* **44/46**, 1 (1961)
- 21) Krässig, H.; *Papier* **33**, V9 (1979)
- 22) Krässig, H.; *Lenzinger Ber.* **43**, 141 (1977); *Tappi* **61**, 93 (1976); H. Krässig, W. Kitchen; *J.Polym.Sci.* **51**, 123 (1961)
- 23) Hess, K., H. Mahl, E. Gütter; *Kolloid-Z.* **155**, 1 (1957); K. Hess, E. Gütter, H. Mahl; *Kolloid-Z.* **158**, 115 (1958); O. Kratky, G. Porod; »Physik der Hochpolymeren«; Herausgeber H.A. Stuart; Band 3, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955; A. Frey-Wyssling; »Submikroskopische Morphologie des Protoplasmas und seiner Derivate«; Gebrüder Bornträger, Berlin 1938; »Submicroscopic Morphology of Protoplasma«; Elsevier, Amsterdam 1949
- 24) Hearle, J.W.S.: »Fiberstructure«; Herausgeber J.W.S. Hearle u. R.H. Peters; *Butterworth-T. Text. Inst.*, London-Manchester 1963, S 224—231
- 25) Krässig, H.; *TAPPI-Conf. Papers (4th Int. Dissolv. Pulps Conf. 1977)*; H. Krässig; *Kolloid-Z. u. Z. Polym.* **259**, 1 (1981); vgl. auch Lit. 18
- 26) Grass, F., H. Siesler, H. Krässig; *Melliand Textilber.* **52**, 1001 (1971); H. Siesler, H. Krässig, F. Grass, K. Kratzl, J. Derkosch; *Angew. Makromol. Chem.* **42**, 139 (1975); H. Krässig; *Kolloid-Z. u. Z. Polym.* **259**, (Jan. 1981) 1
- 27) Krässig, H.; *Lenzinger Ber.* **43**, 141—151 (1977)
- 28) Krässig, H., G. Faltlhansl, H. Schmidt; *Textilbetrieb* **99**, 27, Dez. 1981; *Lenzinger Ber.* **53**, 5—13 (1982)

- 25) Elöd, E., H.G. Fröhlich; Text.Res.J. **18**, 487 (1948); E. Elöd; Text. Rundsch. **9**, 13 (1954); Melliand Textilver. **34**, 1 (1953)
- 26) Bisher unveröffentlichte Ergebnisse des Autors (vgl. Hinweis in: H. Krässig; Papier **33**, 10A/1979, S V18
- 27) Meadows, E.: »A Close-Up Look at Productivity Lag«; Fortune, Dec. 4th, 1978, pp. 82—90
- 28) Nissan, A.H.; Tappi **63**, 35 (10/1980); Papier **34**, V138 (10A/1980)

The logo consists of the word "TREIRA" in a bold, serif font, with "TRE" and "IRA" separated by a vertical line. The letters are white and set against a dark rectangular background.

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

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



Die Bedeutung der Avivage von Viskosefasern für den Nonwovensbereich

Dr. Ingo Marini, Ing. H. Svoboda, D. Korger, Chemiefaser Lenzing AG, A-4860 Lenzing, Österreich

Für jeden Fasereinsatz innerhalb des großen Nonwovens-Bereiches ist eine ganz bestimmte Bandhaftung und ein ganz bestimmter Haft-Gleit-Bereich gefordert. Durch Variation von Avivage-Zusammensetzung und Avivageauflage lassen sich diese Grundgrößen für jede Viskosefasertypen in einem gewissen Ausmaß verändern. Während bei den Synthefasern vielfach die Lösung des Problems der statischen Aufladung bei der Avivageauswahl im Vordergrund steht, ist dies für Viskosefasern mit einem Wassergehalt von ca. 10% ohne Bedeutung. Die Quellfähigkeit der Viskosefaser gestattet es, die verschiedenartigsten Substanzen und Wirkstoffe in Form von leicht handhabbaren, wäßrigen Emulsionen in einen besonders innigen Kontakt mit der Faseroberfläche zu bringen, wo sie temporär oder permanent fixiert werden können.

Anhand von anwendungsbezogenen Beispielen, wie Verpreßbarkeit (Kompressen, Tampons usw.), Verprägbarkeit (Wattepads) und Bauschelastizität (Kosmetikbällchen) wird der Einfluß von Avivagetype und -auflage auf diese sehr einfachen, mechanischen Größen gezeigt.

Von besonderer Faszination ist die Hydrophobierung von Viskosefasern durch die Avivage, wobei eine breite Palette von Hydrophobierungsgraden einstellbar ist. Daraus hergestellte Hüllvliese werden in ihren hydrophilen Eigenschaften diskutiert. Auch neue Anwendungsmöglichkeiten scheinen realisierbar zu sein.

Innovationen bei Nonwovens können auch durch Avivage-modifizierte, natürliche Faserrohstoffe ausgelöst werden.

Each end-use within the large field of non-wovens requires a particular sliver cohesion and a certain range of cohesion and sliding. By varying the composition and the amount of the finish these basic quantities can be modified to a certain extent for each viscose fibre type. While with synthetic fibres the problem of electrostatic charge is often most decisive for the choice of the appropriate finish, this is hardly important for viscose fibres containing approximately 10% of water. Because of the swelling capacity of the viscose fibre it is possible to bring aqueous emulsions of all sorts of active substances (which are easy to handle) into close contact with the fibre surface where they can be fixed temporarily or permanently.

By means of end use related examples, like compressability (compresses, tampons etc.) embossing (pads) and bulk elasticity (cosmetic tufts) the influence of finish type and amount on these simple mechanical characteristics is shown.

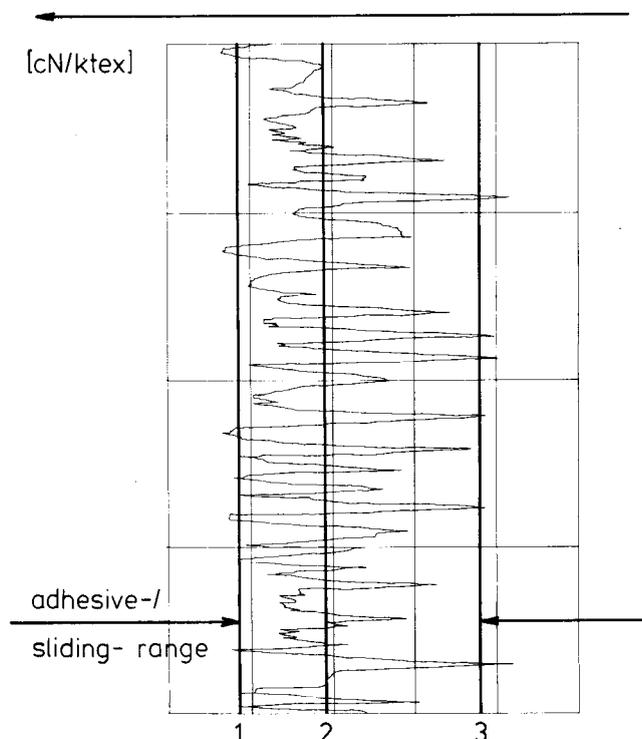
Rendering viscose fibres hydrophobic by means of the finish is especially fascinating, whereby the hydrophobic properties may vary extensively. The hydrophilic properties of cover fleeces made therefrom are discussed. Other applications seem to be realizable as well. Natural raw material having a modified finish may advance further innovations concerning non-wovens.

Einleitung

Die Avivage hat in erster Linie die Aufgabe, die problemlose Verarbeitung der Viskosestapelfasern sicherzustellen. Dies ist vor allem für die Garnherstellungsprozesse, aber auch für den Nonwovensbereich von besonderer Bedeutung.

Das natürliche Vorbild der Viskosefasern, die Baumwolle, bietet einerseits aufgrund ihrer charakteristischen Oberflächenstruktur eine gute Faser-Faser-Haftung und andererseits aufgrund ihres natürlichen Wachsgehaltes gute Verzugeigenschaften. Demgegenüber ist die Viskosefaser eine Faser mit schwach strukturierter Oberfläche und besitzt daher nur eine geringe Haftung. Erst durch die Anwendung einer Avivage erhält die Viskosefaser jenes für die Verarbeitung erforderliche ausgewogene Verhältnis zwischen Haftung und Gleitung¹.

Diese wichtigen Fasereigenschaften werden in unserem Unternehmen nach einer dynamischen Methode erfaßt, wobei das Kardenband kontinuierlich verzogen wird und die dazu erforderlichen Kräfte aufgenommen werden². Als diejenigen Größen, welche eine Voraussage über die textile Verarbeitbarkeit von Viskosefasern erlauben, wurden die mittlere maximale Bandhaftung und der Haft-Gleit-Bereich erkannt. Die Abbildung 1 zeigt den typischen Kurvenzug einer derartigen Messung am Dynagraph. Die Erfahrung lehrt, daß die mittlere maximale Bandhaftung zwischen 15 und 20 cN/Ktex liegen soll, und zwar bei möglichst ruckfreiem Verzug, also bei möglichst geringem Haft-Gleit-Bereich.



- 1 average maximum cohesion of the sliver
- 2 average cohesion of the sliver
- 3 average basic cohesion of the sliver

Abb. 1: Bandhaftung und Haft-Gleit-Bereich

Als Avivage-Grundsubstanzen für Viskosefasern kommen folgende Stoffklassen zur Anwendung³:

Grundmaterialien für Faseravivagen:

- sulfurierte Pflanzenöle,
- Stearinseifen,
- Fettsäure-Kondensationsprodukte,
- Äthylenoxidaddukte von Fettsäuren, Fettaminen, Fettalkoholen,
- Esteröle,
- Weißöle,
- quarternäre Ammoniumverbindungen.

Zur Erzielung eines möglichst ruckfreien Verzuges ist es meist notwendig, in der Avivage zwei oder mehrere Komponenten einzusetzen, üblicherweise eine haftende und eine gleitende. Bei der Auswahl dieser Komponenten ist zunächst einmal der Ladungscharakter der angebotenen Avivagemittel zu berücksichtigen. Man unterscheidet:

- nichtionische,
- anionische,
- kationische

Avivagemittel. — Kationische Produkte werden nur selten eingesetzt, da sie ungleichmäßig aufziehen⁴, in den meisten Fällen eine allzu glatte Faseroberfläche erzeugen⁵ und bei ungewollter Kombination mit anionischen Avivagemitteln zur Katastrophe werden. Die nichtionischen Produkte, in erster Linie die verschiedenen Äthylenoxidaddukte, dienen der Beeinflussung des Griffes und sind meist haftungserhöhend. Die anionischen Avivagemittel sind zur Öffnung der Faserflocke erforderlich, das Spektrum der damit erzielbaren Haftungen ist je nach Typ besonders breit. Die Abbildung 2 zeigt den Einfluß der Ionogenität auf die erzielbaren mittleren maximalen Bandhaftungen sowie auf den Haft-Gleit-Bereich.

Hinsichtlich der Haftung kann man für nichtionische und anionische Avivagemittel, gereiht nach zunehmender Haftung, folgende Reihung aufstellen:

Haftungswirkung in Abhängigkeit von der Substanzklasse

- paraffinhaltige Mineralöle (geringste Haftung),
- Spindelöle,
- pflanzliche und tierische Fette,
- Seifen,
- wasserlösliche Fettsäure-Kondensationsprodukte,
- Ölsulfate,
- Ölsulfonate,
- Fettkörper mit Neigung zum Verharzen (höchste Haftung).

Nach diesen eher allgemeinen Betrachtungen wollen wir auf das eigentliche Thema der Avivage von Viskosefasern für den Nonwovensbereich zu sprechen kommen.

Die Nonwovens-Industrie bietet für Avivage-Entwicklungen ein besonderes Potential, da die dort eingesetzten Fasern im Unterschied zur klassischen Abfolge der textilen Prozesse mit Spinnen, Weben, Färben, Ausrüsten und Konfektionieren oft nur eine Prozeßstufe über sich ergehen lassen müssen. Deshalb gelangt die Avivage, welche beim Faserherstellungsprozeß auf die Faser aufgebracht wird, in den meisten Fällen bis in das Endprodukt.

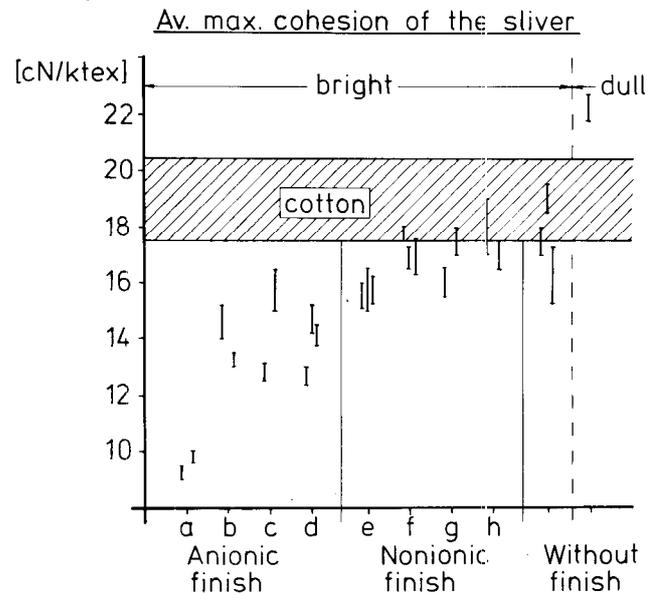
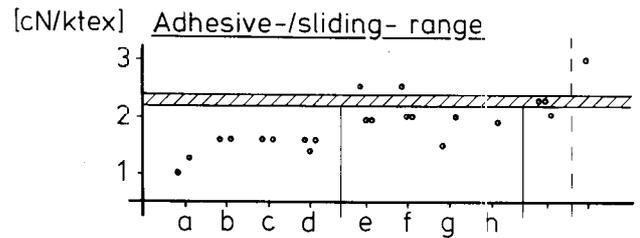


Abb. 2: Einfluß des ionischen Charakters

Damit ist die eingangs definierte Funktion der Avivage, die problemlose Verarbeitung der Fasern, sicherzustellen, um den besonders interessanten und herausfordernden Bereich der direkten Beeinflussung spezieller Endprodukteigenschaften zu erweitern. Derartige Avivagen würden wir im Unterschied zu den *verarbeitungsspezifischen* als *endproduktfunktionell* bezeichnen. Im Folgenden sollen nun einige Beispiele derartiger endproduktfunktioneller Avivagen von Viskosefasern für den Nonwovensbereich präsentiert werden.

1. Verpreßbarkeit

Speziell für die Herstellung von Nonwovens-Endprodukten, welche im wesentlichen aus einem verpreßten Fasersystem bestehen, wie beispielsweise Tampons, Kompressen, Wundtupfer usw., ist eine Viskosefaser mit hoher Faserhaftung und guter Verpreßbarkeit erforderlich. Zur Bestimmung der Verpreßbarkeit wurden 3 Gramm kardierte Fasern mit Hilfe eines Preßwerkzeuges 2 Minuten lang unter Aufgabe eines Druckes von 200 bar zu einer Fasertablette verpreßt und die Dicke der Tablette unmittelbar nach dem Verpressen sowie nach weiteren 5 Minuten gemessen. Die Differenz dieser beiden Werte, bezogen auf die Tablettendicke unmittelbar nach dem Verpressen, ergibt die Rücksprunghöhe in Prozent.

Es erschien uns zunächst wichtig, den Einfluß von Titer und Schnittlänge auf die Verpreßbarkeit zu untersuchen (Abb. 3).

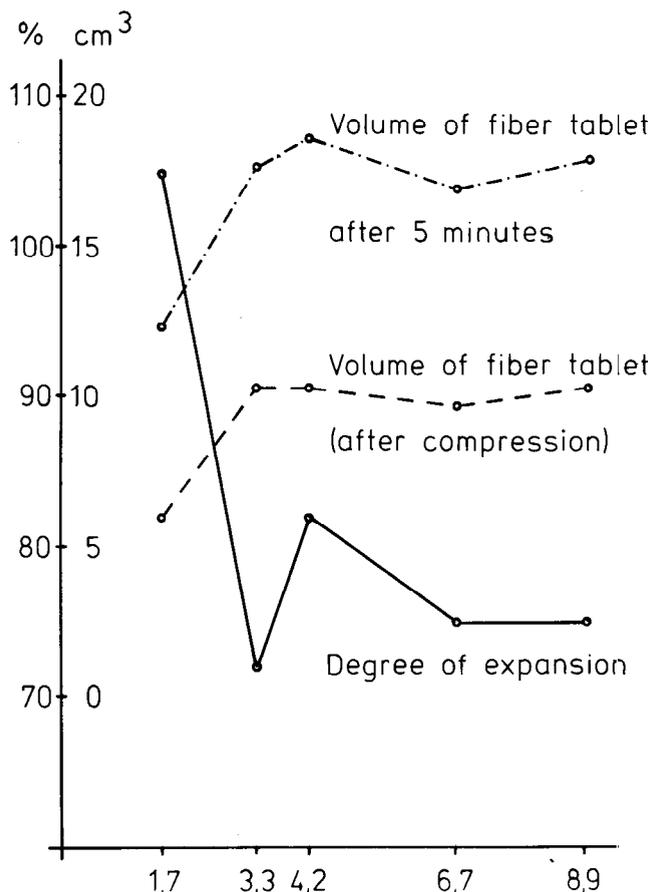


Abb. 3: Verpreßbarkeit gegen Titer

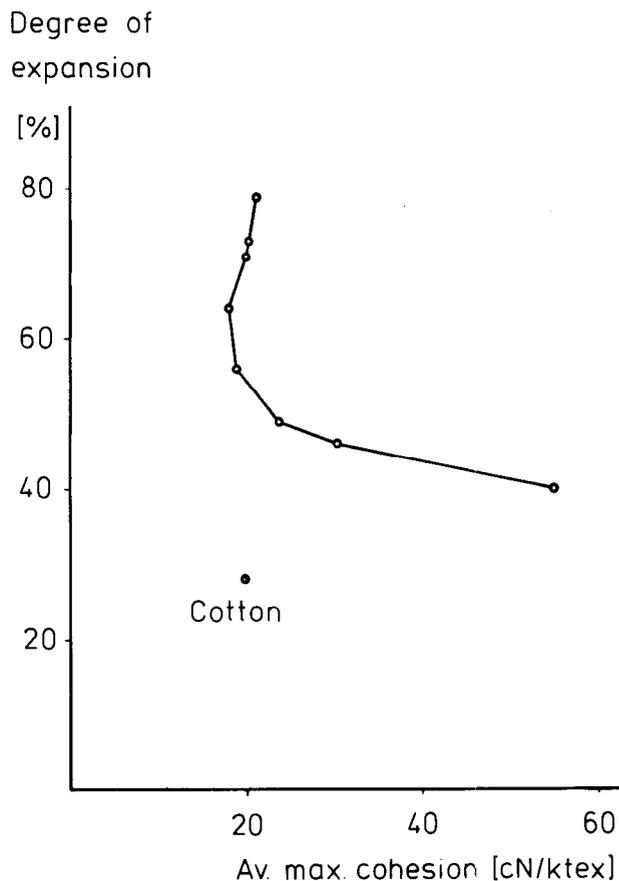


Abb. 4: Verpreßbarkeit gegen mittlere maximale Bandhaftung

Es zeigt sich offenbar, daß ein Titer von 3,3 dtex hinsichtlich der Verpreßbarkeit ein Optimum darstellt. In der Tat werden für Tampons oder ähnliche Produkte Viskosefasern von 2,8 bis 3,6 dtex eingesetzt. Innerhalb dieses Titerbereiches war die Variation der Schnittlänge zwischen 38 und 60 Millimeter ohne Einfluß.

Vergleicht man cellulosische Fasern verschiedener Provenienz hinsichtlich Verpreßbarkeit und Bandhaftung, so ergeben sich jene Werte, wie sie in Tabelle 1 gezeigt werden.

Es zeigt sich, daß bei Viskosefasern ein Zusammenhang

zwischen prozentueller Rücksprunghöhe und Bandhaftung besteht, wonach sich offensichtlich Viskosefasern mit höherer Haftung zu formstabileren Gebilden verpressen lassen (Abb. 4).

Durch gezielte Variation von Avivagetype und Avivageauflage an ein und derselben Viskosefaserprobe gelingt es, ein Optimum an Verpreßbarkeit und Bandhaftung zu erreichen (Tab. 2 u. 3).

Mit der als Optimum erkannten Avivage gelingt es auch, eine hochsaugfähige Spezialviskosefaser in Bandhaftung und Verpreßbarkeit entscheidend zu verbessern.

Tabelle 1: Verpreßbarkeit von verschiedenen Viskosefasern

Viscose	Finish (%)	Vol. of fib. tabl. (cm ³) after		Degree of expansion (%)	Av max. cohesion (cN/ktex)	Adhesive-/slid - range (cN/ktex)
		compr	5 min			
A	0,35	5,7	8,0	40	55,0	8,1
B	0,20	5,0	7,3	46	30,3	2,7
C	0,08	7,5	12,8	71	20,0	2,4
Cotton	(0,25)	5,7	7,3	28	19,8	1,9

Tabelle 2: Optimale Avivage für Verpreßbarkeit

Type	Finish (%)		Vol. of fib. tabl. (cm ³) after		Degree of expansion (%)	Av max. cohesion (cN/ktex)	Adhesive-/slid - range (cN/ktex)
	Type	(%)	compr	5 min			
A	0,05	6,3	11,3	79	21,1	2,5	
A	0,1	8,7	14,3	64	17,9	1,4	
B	0,1	6,7	10,0	49	23,7	2,7	
B	0,2	7,7	13,3	73	20,5	1,9	
C	0,3	7,7	12,0	56	18,8	3,6	

Tabelle 3: Lenzing Viscosorb: optimale Avivage für Verpreßbarkeit

LENZING VISCOSORB

Finish		Vol of fib tabl (cm ³) after		Degree of expansion (%)	Av max cohesion (cN/ktex)	Adhesive-/slid- range (cN/ktex)
Type	(%)	compr.	5 min			
-	-	6,3	11,0	75	19,2	1,8
B	0,15	6,3	9,7	54	18,4	2,0
D	0,25	6,0	12,3	105	-	-

2. Bauschelastizität

Die Herstellung von Kosmetikbällchen und Watterondellen oder Watte pads erfordert eine besonders bauschelastische Viskosefaser, d.h. eine Viskosefaser, welche in der Lage ist, den oben genannten Watteprodukten ein Höchstmaß an Volumen zu verleihen, ohne daß der Zusammenhalt des Faserverbundes beeinträchtigt ist.

Zur Bestimmung der Bauschelastizität werden die zu prüfenden Fasern kardiert und aus dem dabei erhaltenen Faserflor mit einem Stanzeisen kreisrunde Scheiben mit einem Durchmesser von 40 Millimeter herausgestanzt. Es werden 3 Gramm dieser Faserscheiben, meist 3 bis 5 Stück, in einem Glaszylinder mit einem Innendurchmesser von 40 Millimeter eingefüllt und mit einem Stempel mit einer Masse von 100 Gramm belastet. Der unter diesem Druck von 0,008 bar gemessene Wert für die Höhe, welche stellvertretend für das Faservolumen ist, stellt den Bezugspunkt, nämlich 100 Prozent, für die weiteren Messungen dar. Anschließend wird die Belastung auf 1 Kilogramm erhöht, also auf einen Druck von 0,08 bar, und schließlich wird die Belastung komplett entfernt. Der Wert, der sich dabei einstellt, stellt den *Erholungswert* dar und ist ein Maß für die Bauschelastizität.

Auch hier erschien es uns zunächst wichtig, den Einfluß von Titer und Schnittlänge auf die Bauschelastizität zu untersuchen.

Wie zu sehen ist, liefert ein Titer zwischen 3,3 und 4,2 dtex den höchsten Bausch (Abb. 5). Eine Veränderung der Schnittlänge im Bereich zwischen 38 und 60 Millimeter blieb auf die Bauschelastizität ohne Einfluß.

Bei der Optimierung der Bauschelastizität erwies sich eine geringe Auflage einer äthoxylierten Fettsäure am günstigsten (Tab. 4).

Tabelle 4: Optimale Avivage für Bauschelastizität

Finish		Fiber volume (% of the starting volume)		Av max cohesion (cN/ktex)	Adhesive-/slid- range (cN/ktex)
Type	(%)	0,08 bar	relaxation		
A	0,05	61,6	83,7	21,1	2,5
A	0,1	57,3	68,4	17,9	1,4
B	0,2	59,5	70,2	20,5	1,9
C	0,3	57,7	74,1	18,8	3,6

Fiber volume (% of the starting volume)

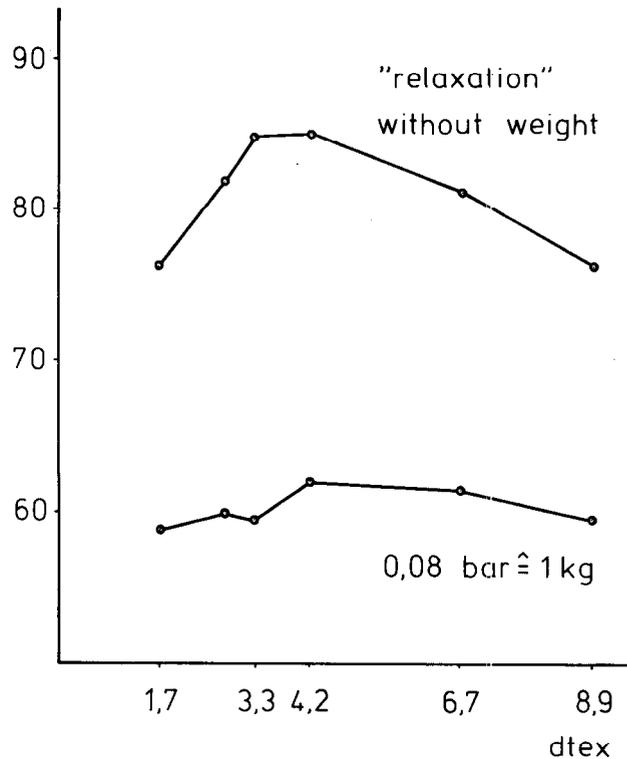


Abb. 5: Bauschelastizität gegen Titer

Allgemein wurde festgestellt, daß Antistatika zwar einen hervorragenden Bausch verursachen, die Faserhaftung jedoch in sehr tiefe Bereiche abwandert, sodaß die Verarbeitbarkeit derartiger Fasern empfindlich gestört ist.

3. Verprägarkeit

Eine weitere, besonders wichtige Anforderung an Viskosefasern zur Herstellung von Watterondellen oder Watte pads ist ihre Verprägarkeit, d.h. die Fähigkeit, einen festen Prägerand auszubilden, also eine Art *Schweißnaht*, welche den Faserzusammenhalt sicherstellt und dem Watterondell bzw. dem Wattepad eine gewisse mechanische Stabilität verleiht.

Abgesehen davon, daß verprägbare Viskosefasern nach einem speziellen Verfahren hergestellt werden müssen, konnten dennoch einige Avivagen aufgespürt werden, welche die Verprägarkeit positiv beeinflussen (Tab. 5).

Tabelle 5: Optimale Avivage für Verprägarkeit

Finish		"Cold sealability"	Av max cohesion (cN/ktex)	Adhesive-/slid- range (cN/ktex)
Type	(%)			
-	-	good	41,9	10,6
E	0,3	very good	38,7	9,1
F	0,4	very good	21,0	4,1

Zur Vervollständigung sei erwähnt, daß wir zur Überprüfung der Verträglichkeit von Viskosefasern im Labor eine kleine Vorrichtung gebaut haben, die es gestattet, Watterondelle herzustellen. Die Beurteilung der Prägekante erfolgt subjektiv.

4. Hüllvliese

Ursprünglich wurden die Hüllvliese für die Wegwerthygieneprodukte, wie Kinder- und Erwachsenenwindeln, Damenbinden, Slipeinlagen und Krankenunterlagen, ausschließlich aus Binder-gebundenen Viskosefaservliesen hergestellt. Bedingt durch die spezielle Preisentwicklung in den USA, wo aufgrund von Überkapazitäten auf dem Synthefaserektor die Viskosefasern heute zu den teureren der mengenmäßig bedeutungsvollen Stapelfasern gehören, hat man dort zunächst aus Preisgründen begonnen, Hüllvliese aus Polyesterstapelfasern herzustellen.

Der Ersatz von Viskose durch Polyester verursachte einen Verlust an Hydrophilie, welcher von findigen Marketing- und Werbestrategen in den Produktvorteil der verminderten Rückfeuchtung und des angeblich daraus resultierenden Komfortgewinnes umgemünzt wurde. Der physiologische Aspekt des *dry feelings* ist allerdings besonders bei Kinderärzten umstritten, welche bereits den pathologischen Begriff *Windel-Dermatose* geprägt haben.

Was bedeutet diese Entwicklung für Viskosefasern ?

Die Viskose ist die hydrophile Stapelfaser, und es erscheint zunächst paradox, unter dem Druck eines aus den USA importierten Anforderungsprofils für Hüllvliese dieser hydrophilen Faser hydrophobe Eigenschaften zu verleihen. Andererseits kann durch die Avivage der hydrophile Charakter der Viskosefaser ohne gravierende Mehrkosten in einem weiten Bereich verändert werden, sodaß für den Hygienebereich eine Faser aus einem natürlichen Rohstoff, der Cellulose, zur Verfügung steht, welche auch hinsichtlich ihrer Wechselwirkung mit Wasser an den jeweiligen Einsatzbereich angepaßt werden kann.

Der hydrophile bzw. hydrophobe Charakter einer Faser ergibt sich aus der Summe der folgenden Eigenschaften:

- Sinkzeit gemäß EAB,
- Wasserhaltevermögen gemäß EAB,
- Saugkapazität gemäß Demand-Wettability-Test,
- Wasserrückhaltevermögen nach DIN 53814,
- Propfentest.

Die Sinkzeit ist ein Maß für die Benetzbarkeit der Fasern, wobei eine gute Benetzung durch eine kurze Sinkzeit angezeigt wird.

Das Wasserhaltevermögen wird vor allem durch das zwischen den Fasern in den Kapillarräumen festgehaltene Wasser bestimmt.

Die Saugkapazität, welche nach dem oben genannten Test bestimmt wird, gibt diejenige Menge an Flüssigkeit an, welche die unter einem bestimmten Auflagedruck stehende Faserprobe aufnehmen kann, wenn die Testflüssigkeit selbst keinen Druck auf die Probe ausübt.

Das Wasserrückhaltevermögen ist ein Maß für das Wasser, welches in den Einzelfasern nach ausgiebiger Immersion in Wasser unter Zusatz eines oberflächenaktiven Hilfsmittels und anschließendem definiertem Abschleudern festgehalten wird, welches deshalb auch als Quellwasser bezeichnet werden kann.

Der Propfentest ist auf die Funktion einer luftdurchlässi-

gen Flüssigkeitssperre ausgerichtet. Dazu wird ein Faserpfropfen in eine Epruvette gesteckt und mit der Testflüssigkeit übergossen. Bei einer extrem hydrophoben Faser darf die Flüssigkeit nicht in den Faserpfropfen eindringen.

Die Tabelle 6 gibt einen Überblick über die mit hydrophoben Avivagen an Viskosefasern erzielbaren Effekte. Es erscheint beachtenswert, daß es durch die Verwendung von hydrophoben Avivagesubstanzen möglich ist, zum Teil hydrophobere Eigenschaften zu erzeugen als bei Polyolefin- und Polyesterfasern. Andererseits bleibt immer ein gewisser Restbetrag an Faserquellung vorhanden, wenn die Viskosefaser ausreichend lange, unter Verwendung eines oberflächenaktiven Hilfsmittels, mit Wasser behandelt wird.

Tabelle 6: Optimale Avivage für hydrophobe Eigenschaften

Finish Type	Finish (%)	Imm time (sec)	Total cap (g/g)	Abs cap (ml/g)	Wat ret (%)	Stop test	Av max: cohesion (cN/ktex)	Adhesive-/slid.- range (cN/ktex)
A	0,10	2,5	19,0	10,3	88	failed	20,0	2,4
G	1,20	∞	0	0	59	failed	11,6	2,5
H	0,12	∞	0	0	45	pas'd	9,6	1,0
I	0,13	∞	0	0	48	pas'd	15,9	2,0
PP/PE	-	10,7	25,5	0	0	-	-	-
PES	-	2,2	22,7	0	0	-	-	-

Die praxisgerechte Überprüfung dieser Fasereigenschaften kann allerdings erst am Hüllvliese erfolgen. Zu diesem Zweck haben wir in unserem Labor Binfaser-gebundene Vliese mit ca. 20 Gramm pro Quadratmeter hergestellt und diese in den folgenden Eigenschaften charakterisiert:

- Tropfeneinsinkzeit,
- Flüssigkeitsaufnahme,
- Rückfeuchtung.

Die Tropfeneinsinkzeit ist ein Maß für die Primärbenetzung des Hüllvlieses. — Die Flüssigkeitsaufnahme wird in einer speziellen Apparatur bestimmt, welche Praxisbedingungen simuliert.

Auch die Rückfeuchtung wird mit Hilfe einer speziellen Apparatur, welche Praxisbedingungen simuliert, bestimmt. Als Ergebnis erhält man zwei Rückfeuchteflächen, welches als Maß für die Feuchtigkeit zu werten ist, welche unter Testbedingungen aus dem nassen Saugstoff durch das Hüllvliese an die Haut gelangt.

Die Tabelle 7 zeigt diese Hüllvlieseigenschaften von hydrophoben Viskosefasern.

5. Flammhemmung

Im Unterschied zu der von unserem Unternehmen angebotenen, hochqualitativen Lenzing Viskose FR-Faser, bei welcher das unlösliche Flammenschutzmittel in die Faser eingearbeitet ist, besteht auch die Möglichkeit, mit Hilfe der Avivage wasserlösliche Flammenschutzmittel auf

Tabelle 7: Hydrophile/hydrophobe Hüllvlieseigenschaften

Finish		Immersion time of a droplet (sec)	Wet retention (%)	"Wet back"	
Type	(%)			cm ²	cm ²
A	0,10	0	151	73	92
H	0,12	>1800	25	20	34
I	0,13	>1800	28	32	56
PP	-	35	7	5	45
PES ("Pampers")	-	10	55	42	53

die Faseroberfläche aufzubringen, welche durch den Trocknungsvorgang mehr oder weniger gut auf der Faseroberfläche fixiert sind. Es ist natürlich klar, daß diese Art der Flammhemmung nur dort zielführend ist, wo die Fasern niemals mit Wasser in Berührung kommen. Dies schränkt selbstverständlich die Einsatzmöglichkeiten stark ein.

Es gibt aber dennoch einen kleinen Bereich, wo billige, nicht schmelzbare sowie halogenfreie, flammgehemmte Fasern gebraucht werden und wo kleine Maßstabilität der flammhemmenden Ausrüstung gefordert ist. Als Verarbeitungstechnologie für eine derartige Faser bietet sich die Trockenlegung mit mechanischer Verfestigung an. So konnten beispielsweise genadelte Vliese mit hervorragenden flammhemmenden Eigenschaften hergestellt werden (Tab. 8).

Zusammenfassung

Die Avivage von Viskosefasern für den Nonwovens-Bereich ist somit in der Lage, nicht nur verarbeitungstechnische Funktionen zu erfüllen, sondern sie kann auch endproduktspezifische Aufgaben übernehmen. Dies ist

Tabelle 8: Avivage zur Erzielung flammgehemmter Eigenschaften

Weight (g/m ²)	Degree of bonding (stitches/cm ²)	Afterflame time (sec)		Char length (mm)	
		3 sec	15 sec	3 sec	15 sec
328	10	0	0	0	28
337	150	0	0	0	55

vor allem für diejenigen Faserverarbeiter von Interesse, welche sich dadurch die Kosten einer aufwendigen Spezialbehandlung ihres Endproduktes einsparen können, welche mitunter beim Viskosefaserhersteller gleichmäßiger und wirkungsvoller durchgeführt werden kann.

Innovationen bei Nonwovens können deshalb auch durch Avivage-modifizierte Viskosefasern ausgelöst werden.

Literatur

- 1) Rath, H.; Lehrbuch der Textilchemie, 3. Auflage, Springer Verlag, S. 216—217 (1972)
- 2) Ehrler, P., W. Sprenkmann: »Messung der Präparationswirkung — Beurteilung von Verarbeitungseigenschaften bei Stapelfasern«, Chemiefasern/Text.Ind. 656—664 (1981)
- 3) Chwala, A., V. Anger; Handbuch der Textilhilfsmittel, Verlag Chemie, S. 271—275 (1977)
- 4) Götz, K.; Chemiefasern nach dem Viskoseverfahren, 3. Auflage, Springer Verlag, S. 591—593 (1967)
- 5) Schonfeldt, N.; Grenzflächenaktive Athylenoxid-Addukte; Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, S. 591—594 (1976)

KORROSIONSSCHUTZ W. HÖHNEL KG.



neu:

Jetzt auch Pulverkunststoff-
beschichtungen
im Flammstutzverfahren

A—4021 LINZ/DONAU, BISCHOFSTRASSE 5
Tel. 0732/72606 Serie, FS 02 1469
Postfach 202, Telegrammadresse: Höhnel KG.
Korrosionsschutzwerk: Linz, Zamenhofstr. 41

Ing. Anton Kossina, Lenzing/Österreich

Modalfasern als Trend in Mode und Funktion

Modal Fibres — A Trend in Fashion and Function

Vortrag zur 34. Hauptversammlung des Vereins der Textilchemiker und Coloristen am 3. 6. 1983 in Baden-Baden

Die Partnerschaft mit Baumwolle hat die Modalfasern der Mischung 50/50 bereits zu einer klassischen Komponentenmischung werden lassen. Das Verhalten daraus gefertigter Web- und Maschenwaren gegen alkalische Einflüsse im Zuge der Vorbehandlung wird aufgezeigt. Sowohl die „konventionelle“ Mercerisierung unter industriellen Bedingungen an konstruktionsgleichen Flächegebilden der beiden Modalfasertypen — HWM und Polynosic — als auch Technikumsversuche hinsichtlich der Trockenmercerisation stellen den Schwerpunkt dar.

Mit der Modalfaser steht eine hochwertige cellulosische Chemiefaser zur Verfügung, die in vielen Bereichen mit Baumwolle gleichwertig auf eine Stufe gestellt werden kann. Wie für jede neue Entwicklung bestand zunächst die Notwendigkeit, diesen Fasertyp über entsprechende Produktvorteile in der verarbeitenden Industrie und beim Konsumenten bekanntzumachen.

Die technische Ausgewogenheit der Modalfaser, besonders der HWM-Modaltyp, in ihren wichtigsten Eigenschaften prädestiniert sie für nahezu universelle Einsatzmöglichkeiten. Es spricht für die Qualität dieser Fasertyp ganz besonders, daß dies vor allem in der Kombination mit Baumwolle gelungen ist. Die Partnerschaft mit der Naturfaser Baumwolle — die mehr denn je in der Gunst des Konsumenten liegt — hat sie in der Mischung 50/50 bereits zu einer klassischen Komponentenmischung werden lassen.

Wenn in diesem Zusammenhang die Assoziation der Modalfaser in Richtung Substitution der Baumwolle verstanden werden sollte, dann ist das nach meinem Verständnis und erfreulicherweise auch nach dem Verständnis bereits namhafter Verarbeiter eine Fehlsoziation. Dies deshalb, weil vom rein technologischen Standpunkt ganz wesentliche Vorteile der Modalfaser in Kombination mit Baumwolle wiederum die Vorteile dieser, aber auch gewisse Nachteile ergänzen bzw. kompensieren.

Wenn man diese Erkenntnisse in die Praxis sinnvoll umsetzt, sollte es hinsichtlich der Vermarktungsmöglichkeiten heute keine wesentliche Barriere geben, da die Prämisse „Qualitätsverbesserung“ jene Verkaufspräferenzen liefert, die eine seriöse Vermarktung der Endprodukte im Markt ermöglicht und damit eine kontinuierliche Produktnachfrage beim Verarbeiter bzw. beim EndproduktHersteller sicherstellen sollte. Niedrig-Preispolitik durch ständiges Anpassen im Sinne des Substitutionsdenkens müßte sodann unter den oben skizzierten Voraussetzungen in den Hintergrund treten, sie wäre geradezu schädlich und als Gegner des technologischen Fortschrittes zu bewerten!

Modal fibres as partners of cotton in 50 : 50 blends have established themselves with outstanding success. The behaviour of woven and knitted fabrics composed of these blends towards alkaline influences during the pretreatment is discussed. Special consideration is given to "conventional" mercerization under normal industrial conditions of fabrics of the same construction but composed of the two modal fibre types, HWM and polynosic, and also to commercial-scale dry mercerization trials carried out in laboratories equipped with the necessary machines.

Nach diesen bewußt etwas provokanten Feststellungen möchte ich im nachfolgenden auf den inhaltlichen Teil meines Referates kommen. Die seit 1. 1. 83 gültige neue BISFA-Definition hat folgenden Wortlaut in bezug auf die Charakterisierung der Modalfasern (Bild 1).

Mit dem Naßmodul ist die Forderung der BISFA, daß eine Fasergattung durch eine Analyse oder Prüfmethode klar abtrennbar sein muß, für die Modalfasern erfüllt, wie Bild 2 demonstriert.

Bekanntlich werden unter dem Überbegriff Modal zwei Fasertypen verstanden, die HWM (high wet modulus) und die sogenannten Polynosictypen.

Tab. 1 gibt einen Vergleich wesentlicher Merkmale der Modalfasern beider Typen. Auffällig ist dabei, daß die polynosischen Typen vom Zugkraft-Längenänderungsverhalten her zugsteifer sind, d.h. höhere Reißfestigkeit ist gepaart mit geringerer Reißdehnung, daraus abgeleitet ergibt sich auch ein höherer Naßmodul.

Tab. 1 Textilmechanische und chemische Daten von Modalfasern

	HWM	Polynosic
Faser DP	350—400	450—500
Festigkeit (cN/tex)	35—37	38
kond.	20—24	27—31
naß		
Bruchdehnung (%)	13—14	10—11
kond.	14—16	11—12
naß		
Schlingenfestigkeit (cN/tex)	7—9	5—7
Naßmodul (cN/tex/100%)	90—120	220
Wasserrückhaltevermögen (%)	70	60

→

»A fibre of regenerated cellulose having a high breaking force and high wet modulus. The breaking force (B_C) in the conditioned state and the force (B_M) required to produce an elongation of 5% in the wet state are:

$$B_C \text{ (centinewton)} \cong 1,3 \cdot \sqrt{T} + 2T$$

$$B_M \text{ (centinewton)} \cong 0,5 \cdot \sqrt{T}$$

Where T is the mean density in decitex«

Bild 1 BISFA Definition Modal (Werkbilder Chemiefaser Lenzing AG, A-4860 Lenzing)

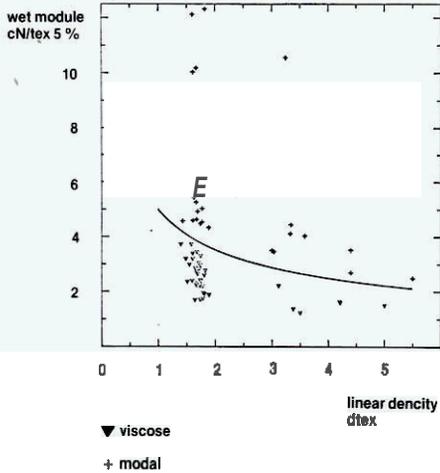


Bild 2 Naßmodul – Faserfeinheit

WELT – MODALFASER PRODUKTION

		x 1000 t	1975	1980
Polynosics	Japan		57	57
	Europa		39	6
	USA		—	—
insgesamt			96	63
HWM-Fasern	Japan		—	—
	Europa		10	40
	USA		45	50
	insgesamt		55	90

ENTWICKLUNG DER MODALFASERPRODUKTION IN WESTEUROPA

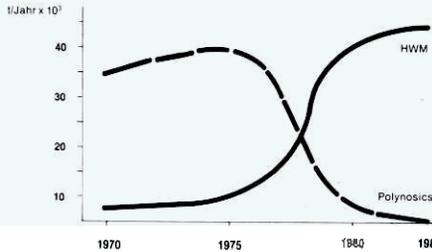


Bild 5 Welt-Modalfaser – Produktion und Entwicklung der Modalfaser-Produktion in Westeuropa

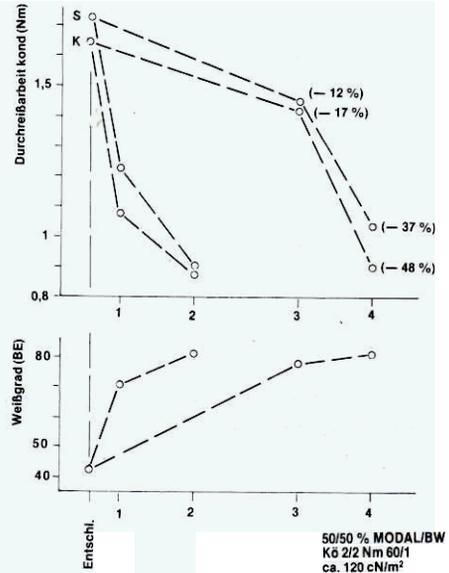


Bild 6 Bleichvarianten – Einfluß auf Weißgrad und mechanische Eigenschaften. 1 = Peroxid-KV-Bleiche mit Wasserglas, 2 = wie 1 mit anschl. Dämpfen, 3 = Peroxid-KV-Bleiche mit organischem Stabilisator, 4 = wie 3 mit anschl. Dämpfer (90 s/103 °C)

Im Falle der Schlingenfestigkeit haben die Modalfasern des HWM-Typs einen wesentlichen Vorteil. Zusammen mit dem ausgegogenen Zugkraft-Dehnungsverhalten verleiht die deutlich höhere Schlingenfestigkeit eine bessere Gebrauchstüchtigkeit des Fertigproduktes. Daraus kann abgeleitet werden, daß die sich in der Praxis als nicht notwendig erweisende höhere Zugsteifigkeit der Polynosics durch eine höhere Sprodigkeit erkauft worden ist. Bereits nach 10 Wäschen zeigen die Fasern vom polynosischen Typ wesentlich stärkere Fibrillierneigung (Bilder 3 und 4).

Zu einem späteren Zeitpunkt werde ich nochmals auf die unterschiedliche Gebrauchstüchtigkeit der beiden Modalfasertypen, demonstriert an Beispielen aus der Praxis, zurückkommen.

In jüngster Zeit ist die Produktion von polynosischen Fasern in Europa drastisch zurückgegangen: es gibt neuerdings keinen europäischen Produzenten. der polynosische Fasern erzeugt. in den USA werden ebenfalls ausschließlich HWM-Fasern hergestellt. in Japan nur polynosische Fasern (Bild 5).

Diese Situation ist mit ein Grund dafür, daß nachfolgende Ausführungen größtenteils den HWM-Typ betreffen. Allerdings werden Beispiele aus der Praxis in Form einer Gegenüberstellung von HWM und Polynosics gebracht, die technologisch untersucht und ausgewertet wurden, mit der ausdrücklichen Absicht, Unsicherheiten

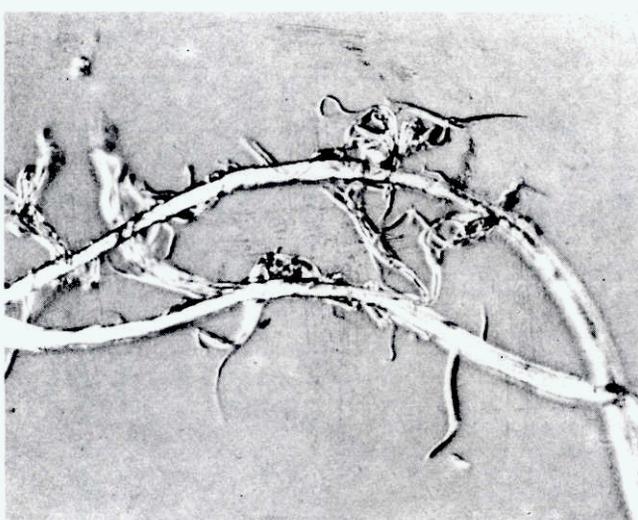
auszuriinern. Unsicherheiten, die leider in den letzten Jahren durch einseitige, unbewiesene Behauptungen in der verarbeitenden Industrie vorhanden waren bzw. noch vorhanden sind.

Damit ist ein Teil des Inhaltes des Referates wrgegeben, nämlich das Verhalten von 50/50 Modal/Baumwolle Web- und Maschenwaren gegen alkalische Einflüsse im Zuge der Vorbehandlung und im speziellen der Mercerisierung. Keine wissenschaftlichen Erkenntnisse stehen hier im Vordergrund, sondern die für den Praktiker immer noch aussagekräftigen Erkenntnisse der rein anwendungstechnischen Prozeßführungen und deren Ergebnisse

Alkalische Vorbehandlung

Während bei Abkochungen in langer Flotte mit niedriger Alkalikonzentration bis zu Thermo-Verweilverfahren, wie z.B. im Stiefel (= mittlere bis hohe Alkalikonzentration), relativ geringe Schädigungen der Modalfasern auftreten, verursachen hohe Alkalikonzentrationen in Verbindung mit Dämpfprozessen eine deutliche Reduzierung der mechanischen Eigenschaften. Es ist allgemein sinnvoll bzw. schonender, die Reinigung des Baumwollanteiles im Rahmen der Bleiche vorzunehmen.

An dieser Stelle scheint es passend zu sein, auf die Notwendigkeit des Einsatzes von guten Baumwoll-Qualitäten und, wenn arti-



Bilder 3 und 4 Splittrigkeit von Modalfasern. Bild 3 Polynosic, Bild 4 HWM, jeweils 10 x gewaschen

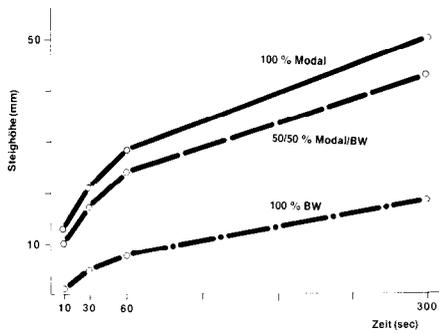


Bild 7 Sauggeschwindigkeit nach DIN 53 924 an Baumwolle, Modal und 50/50 Modal/Baumwolle (Batiste Nm 70, ca. 115 cN/m², peroxidgebleicht auf Jigger)

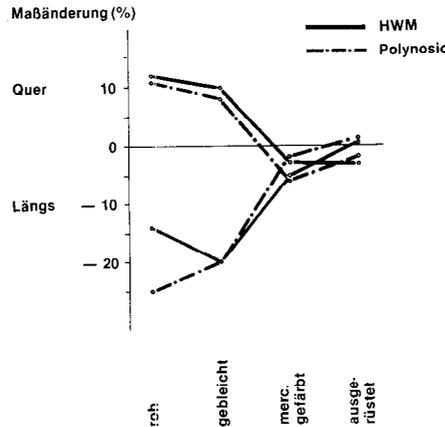


Bild 8 Maßänderung Piqué, 50/50 Modal/BW gek., 5 x 60 °C

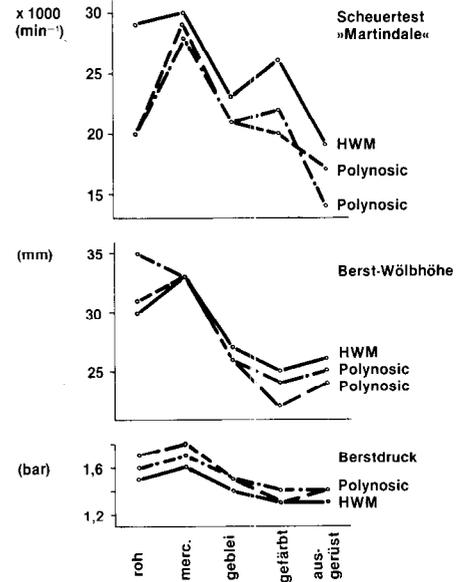


Bild 9 Laborbewertung — Single Jersey, 50/50 Modal/BW gek.

kelbezogen möglich, auf den Einsatz in gekämmter Form hinzuweisen. Es ist selbst durch die Zumischung der natürlichsten Chemiefaser trotz ihrer Reinheit und Gleichmäßigkeit unmöglich, eine minderwertige Baumwoll-Qualität in eine bessere und gekämmte umzuwandeln. Spätestens in der Ausrüstung und speziell beim Färben werden Qualitätsdifferenzen augenscheinlich, die selbst mit bestem Wissen und technischem Know-how unüberbrückbar sind.

Bleichen

Hier kommen die Chlorit- bzw. die Peroxybleiche zur Anwendung (Bild 6).

In dieser Darstellung sind Peroxid-Bleichversuche an einer 120 g/m² Körper 2/2-Ware nach dem Kaltverweil-Verfahren dargestellt. Mit der Variante 3) konnte der Weißgrad von 41 auf 78 Berger-Einheiten angehoben werden. Die Querfestigkeitsverluste gegenüber der entschlichteten Ware halten sich mit 17% bzw. 12% für Kette und Schuß in einer akzeptablen Größenordnung.

Bei der Variante 4) erbrachte der zusätzliche Dämpfprozeß nur eine geringfügige weitere Erhöhung des Weißgrades auf 81 Berger-Einheiten, erkauft jedoch mit einem deutlichen Abfall der Durchreißarbeit nach Elmendorff von 48 bzw. 38%.

Dieses Beispiel demonstriert sehr anschaulich, daß alkalische Behandlungen in Verbindung mit Dämpfprozessen an Modal/Baumwolle-Mischgeweben die mechanischen Eigenschaften stark beeinflussen, andererseits aufgrund des mit Variante 3) erreichbaren Weißgrades keine Notwendigkeit darstellen.

Eine im Zuge einer tragephysiologischen Testreihe durchgeführte Prüfung der Sauggeschwindigkeit an peroxidgebleichten Geweben zeigt die wesentlich höhere Steighöhe über der Zeit an einem Gewebe aus 100% Modal bzw. der 50/50 Modal/Baumwollmischung im Vergleich zu reiner Baumwolle (Bild 7).

Diese Eigenschaft der Modalware bzw. der Modal/Baumwollware ist sicher interessant im Zusammenhang mit Druckböden.

Laugieren bzw. Mercerisieren

Die Zielrichtung der Mercerisation hat sich in letzter Zeit verschoben. Stand früher die Glanzerhöhung im Vordergrund des Interesses, so kommt heute dazu die farbvertiefende Wirkung als ökonomisch interessante Größe sowie die Erhöhung der Formstabilität insbesondere bei Maschenwaren.

Ein seinerzeit von der polynosischen Gesellschaft geschickt propagiertes Testverfahren über die Laugenbeständigkeit führte, besonders in der Veredelungsindustrie, zur Auffassung, daß innerhalb der Modalfasergattung lediglich die polynosische Faser in Mischung mit Baumwolle mercerisierbar sei. Um eine diesbezügliche Klärung herbeizuführen, wurden unter industriellen Bedingungen Vergleichsversuche mit konstruktionsgleichen Geweben und Gewirken durchgeführt. Es handelt sich dabei um ein Satin-Bettwäsche-Gewebe einer sehr bekannten Markenfirma. Einen Vergleich der Ergebnisse geben die folgenden Tab. 2 und 3.

Es wird vergleichend die Gewebefestigkeit zwischen HWM und Polynosic-Mischung gezeigt. Daraus ist zu ersehen, daß einerseits der in der Ausgangsware (entschlichtet) vorhandene Festig-

keitsvorsprung der Polynosic-Mischung in der Kettrichtung bis zum Fertigprodukt verschwindet, andererseits der Einfluß des Mercerisierprozesses auf die HWM-Mischung keinesfalls größer als bei der Polynosic-Mischqualität ist.

Beim Gebrauchswert, dargestellt durch das Ergebnis der Scheuerprüfung, zeigt sich die bekannte Überlegenheit der HWM-Faser. Bei der Formstabilität ist zwischen beiden Modal-Typen kein Unterschied.

Tab 2. Satin/Mercerisiervergleich, Höchstzugkraft

Webware: Satin 50/50% Modal/Baumwolle gek. tex 17 (Nm 60); Flächengewicht: 145 cN/m ² mercerisiert, gefärbt, reaktantharzausgerüstet		
Höchstzugkraft kond. Garn (cN/tex)		
HWM	Polynosic	
15,3	16,1	
Höchstzugkraft/Reißdehnung kond. Gewebe (daN)/%		
entschlichtet		
Kette	63/10	72/8
Schuß	41/10	41/10
gebleicht und mercerisiert		
Kette	65/12	68/11
Schuß	40/12	35/11
Fertigware reaktantharzausgerüstet		
Kette	69/6	69/7
Schuß	36/13	35/9

Tab 3 Satin/Mercerisiervergleich, Scheuerung/Maßänderung

Webware: Satin 50/50% Modal/Baumwolle gek. tex 17 (Nm 60); Flächengewicht: 145 cN/m ² mercerisiert, gefärbt reaktantharzausgerüstet		
Accelerator — Abrieb nach 3 min. Scheuerzeit — ungewaschen/1 x gewaschen %		
entschlichtet	6,8/5,7	7,7/7,6
gebleicht und mercerisiert	6,4/8,7	6,3/8,9
Fertigware	7,8/—	8,7/—
Maßänderung Kette/Schuß % 95 °C Masch. Wäsche		
1 x gewaschen	-1,1/-0,8	-0,8/-1,2
10 x gewaschen	-1,2/-1,4	-1,2/-1,2
50 x gewaschen	-1,9/-1,8	-2 /-1,6

Tab. 4 Piqué/Mercerisiervergleich

Maschenware: Piqué 50/50 % Modal/BW gek., tex 20, Nm 50 Flächengewicht: 240, cN/m ² mercerisiert, gefärbt, reaktantharz-ausgerüstet;		
	HWM	Polynosic
Berstdruck (bar)	2,0	2,0
Berst-Wölbhöhe (mm)	29	27
Scheuerung »Martindale« min ⁻¹ bis Loch	7500	6000

Ein weiteres Beispiel bringen wir aus dem wesentlich diffizileren Gebiet der Maschenware. Tab. 4 zeigt eine Gegenüberstellung von HWM zu Polynosic/Baumwolle-Mischungen im fertig ausgerüsteten Zustand, wobei wieder streng vergleichbare Qualitäten zur Prüfung gelangten. Auch im Bereich Maschenware offenbart sich die geringere Sprödigkeit der HWM-Faser durch die deutlich bessere Scheuerbeständigkeit.

Das Formänderungsverhalten wurde über den gesamten Veredelungsprozeß verfolgt und ist auch hier für die beiden Faserarten gleich (Bild 8). Besonders augenscheinlich wird der Stabilisierungseffekt in der Maßänderung durch den Mercerisiervorgang, der in allen Fällen in gleicher Weise auftritt, so daß im ausgerüsteten Zustand die Formstabilität beider Provenienzen praktisch gleich ist.

Als nächsten Schritt gehen wir in einen noch empfindlicheren Bereich: Wir haben eine Single-Jersey-Ware gewählt, die ebenfalls in allen Stufen der Prozeßführung des Ausrüstungsablaufes untersucht worden ist (Bild 9). Auch hier zeigt sich letztlich wieder neben der vollkommen vergleichbaren Formstabilität das günstigere Gebrauchsverhalten der HWM-Type, dargestellt durch den Martindale-Scheuertest.

Die Formstabilität (Bild 10) zeigt hier wieder den ausrüstungsprozeßmäßig bedingten Verlauf mit dem Stabilisierungseffekt der Mercerisation. Die Endprodukte aus den beiden Fasertypen zeigen kaum eine differenzierte Formstabilität. Diese Artikel zeigen auch nach 100 Wäschen noch immer respektables Aussehen ohne die bei reiner Baumwolle auftretende starke Griffverhärtung.

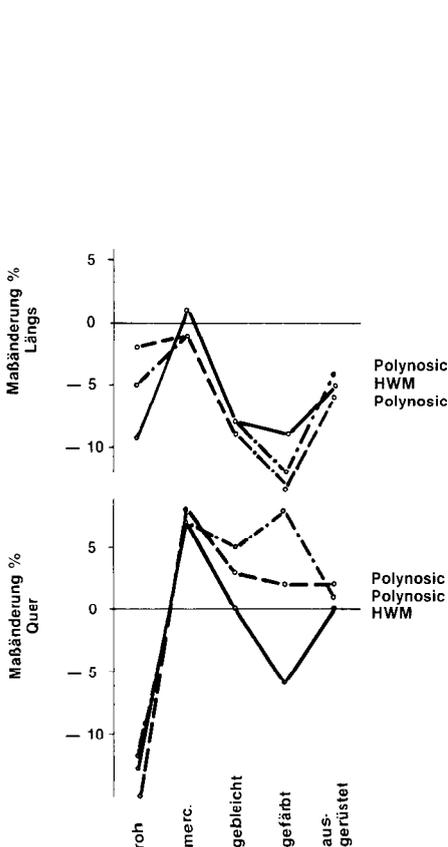


Bild 10 Maßänderung — Single Jersey, 50/50 Modal/BW gek., 10 × 60 °C

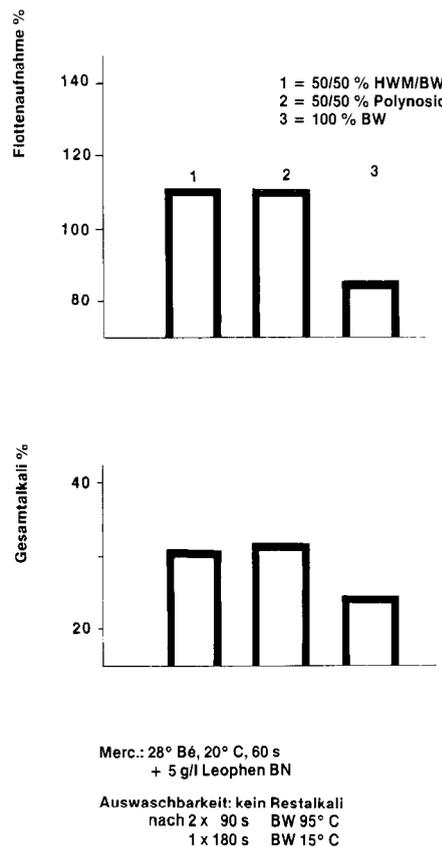


Bild 11 Mercerisierung — Unterschiedliche Alkaliaufnahme

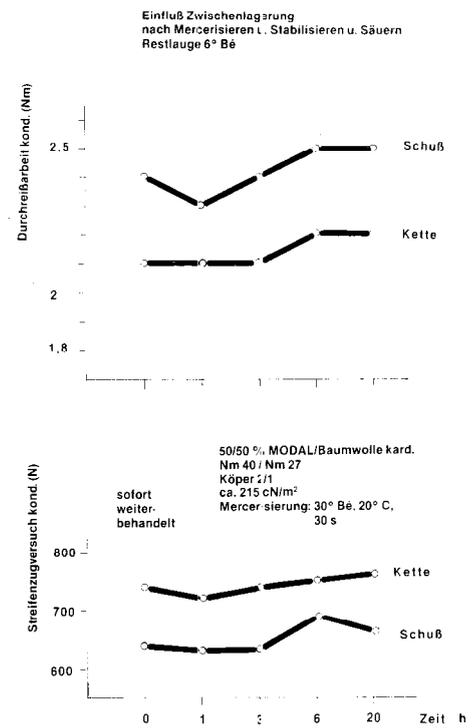


Bild 12 Mercerisieren — Zwischenlagerung

Ergänzend zur Durchführung der Mercerisation von Modal/Baumwolle-Mischqualitäten geben wir prinzipielle Fakten für die Praxis wieder: Bekanntlich zeigen Modalfasern im Bereich zwischen etwa 10 bis 20° Be (ca. 7–15% NaOH) ihre stärkste Alkaliempfindlichkeit. Daraus folgt, daß die Mercerisierung in einer Natronlauge von üblicherweise 26–30° Be vorzunehmen ist. Zu berücksichtigen ist weiterhin die unterschiedliche Alkaliaufnahme der Modal- bzw. Baumwollfasern (Bild 11).

Wie aus der Grafik zu ersehen, liegt bei gleichem Abquetschdruck eine deutlich höhere Laugenaufnahme vor. Zur Entfernung dieser größeren Alkalimengen ist ein erhöhter Wasserdurchsatz im Stabilisierabteil erforderlich.

Prozeßbedingt kann die Zwischenlagerung von mercerisierter, gesäuerter Ware relevant sein (Bild 12). Eine Webware aus 50/50 Baumwolle/Modal mit etwa 215 g/m² bei üblichen Bedingungen mercerisiert und auf einen Restlaugengehalt von 6° Be (3,8%) gebracht, wurde

- sofort
- nach 1, 3, 6 und 20 Stunden mit Heißwasser von 80°C nachgewaschen und anschließend neutralisiert. Bei keinem der Warenabschnitte waren Verhärtungen festzustellen; die textilmechanischen Werte wie Streifenzugversuch und Durchreißarbeit zeigten gute Ergebnisse.

Laugieren zur Änderung der Farbauffinität (Bild 13)

Anhand dieses Beispiels kann man deutlich erkennen, daß die Laugierung ihren Einfluß primär auf die Modalfaser ausübt und sich die Baumwolle selbst bei längeren Einwirkungszeiten nicht in diesem Ausmaß aktivieren läßt.

Deshalb wird eine Laugierung von Baumwolle/Modal-Mischungen nur für jene Farbstoffe empfohlen, die auf Baumwolle eine deutlich höhere Affinität zeigen. Das sind in der Regel die Direktfarbstoffe und die Türkis-Töne der Reaktivfarbstoffreihe.

In Abhängigkeit vom Ziehvermögen des Baumwollanteiles empfehlen wir die Laugierung der trockenen Ware mit 6° Be bei einer Kontaktzeit von 2 min. Die Entlaugung erfolgt mit Heißwasser und soll mit Rücksicht auf den Quellungszustand der Modalfasern in breiter Form durchgeführt werden.

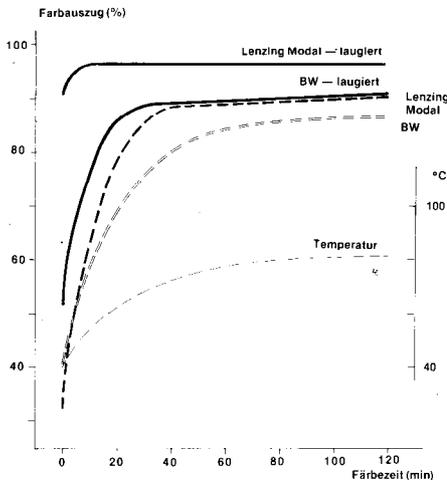


Bild 13 Baderschöpfungskurve für Direktfärbung (Solophenylblau 2 RL)

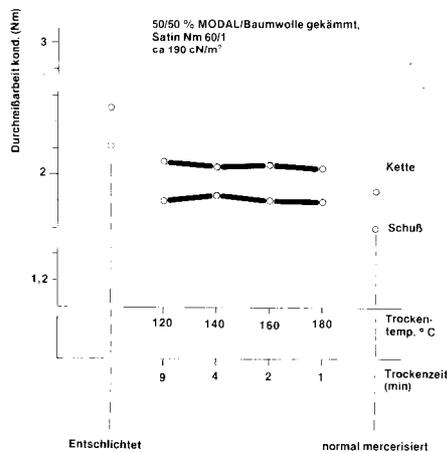


Bild 14 Trockenmercerisieren — Variation Trockentemperatur, Trockenzeit

Trockenmercerisierung

Als letzten Punkt möchten wir unsere bisherigen Erfahrungen in Hinblick auf die Trockenmercerisierung von Modal/Baumwolle-Mischqualitäten zur Diskussion stellen (Bild 14). Eine ca. 190 g/m² schwere 50/50% Modal/Baumwoll-Satinware wurde im ersten Versuchsabschnitt mit 27° Be, 20° C und 50 s Kontaktzeit laugebehandelt und anschließend Trockentemperaturen von 120, 140, 160 und 180° C mit entsprechender Trockenzeit von 9, 4, 2 respektive 1 Minute ausgesetzt. Die Veränderung der mechanischen Eigenschaften (Durchdringbarkeitskond.) zeigt dabei gute Werte bzw. einen geringeren Abfall als bei der vergleichbar durchgeführten „normalen“ Mercerisierung.

Die Variation der Kontaktzeit der Lauge nach dem Abquetschen bis zum Trockenprozess in Abstufung von 1, 2, 3, 5 und 10 min. bei nunmehr einheitlicher Trockenzeit von 2 min. bei 160° C erbringt gleichfalls relativ gute mechanische Daten ohne Einfluß der Kontaktzeit (Bild 15). Aufgrund der Hygroskopizität des Alkalis ist die trockenmercerisierte Ware naturgemäß nicht unbegrenzt lagerfähig. Ein Langzeiteffekt wurde nicht untersucht. Den Einfluß sowohl der Variation der Trockentemperatur als auch der Variation der Laugen-Kontaktzeit haben wir weiterhin in Hinblick auf eine Reaktiv- und eine Direktfärbung untersucht. Dabei zeigt sich, daß wohl eine höhere Farbtiefe erreicht wird, jedoch der Effekt der herkömmlichen Mercerisierung nur annähernd bzw. nicht erzielt werden kann.

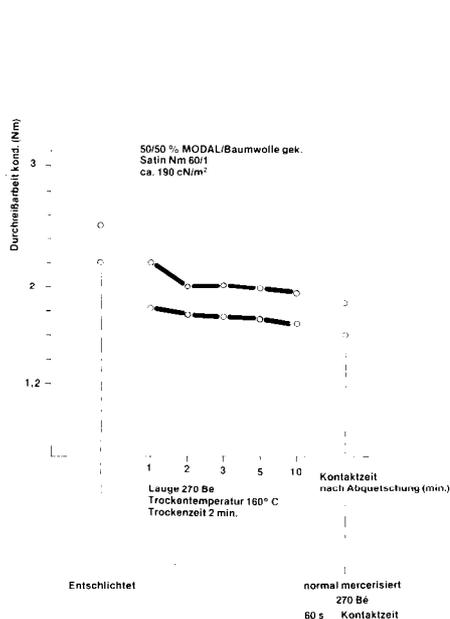


Bild 15 Trockenmercerisierung — Variation der Laugen-Kontaktzeit

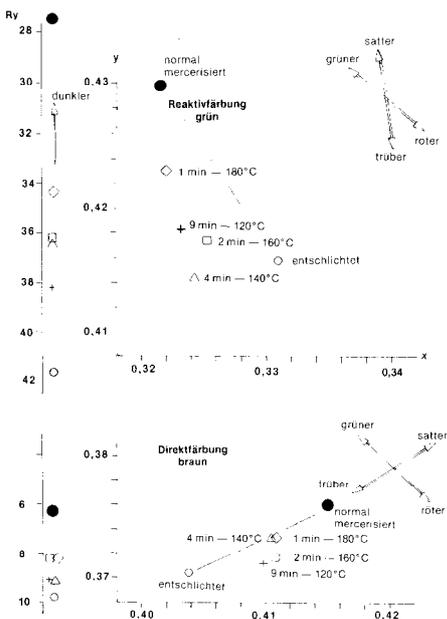
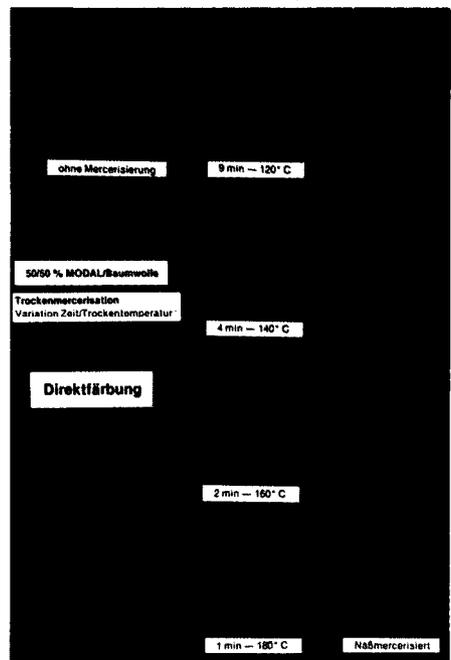


Bild 16 Trockenmercerisierung — Variation Trockentemperatur, Trockenzeit; Färbeverhalten



Bilder 18 und 19 Trockenmercerisation — Variation Trockenzeit/bzw. Temperatur. Bild 18 Direktfärbung braun, Bild 19 Reaktivfärbung grün

Bild 16 zeigt das Färbeverhalten innerhalb der Variation der Trockenzeit und Trockentemperatur im Falle einer Reaktivfärbung grün im oberen und im Falle einer Direktfärbung braun im unteren aufgezeigten Ausschnitt aus dem Farbdreieck. Als sogenannte Fixpunkte ist die Lage der jeweils im entschlichteten Zustand und der im „normal“ mercerisierten Zustand gefärbten Ware anzusehen. In beiden Fällen zeigt sich, daß der Effekt des herkömmlichen Mercerisierens bei weitem nicht erreicht werden kann.

Bild 17 zeigt das Färbeverhalten bei Variation der Laugenkontaktzeit. In der oberen Darstellung wieder eine Reaktivfärbung grün, im unteren Teil eine Direktfärbung braun. Auch in dieser Gegenüberstellung ergibt sich ein sehr ähnlicher Farbausfall; die Färbung der herkömmlich mercerisierten Ware kann nicht erreicht werden.

Wir haben versucht, anhand der beiden folgenden Bilder 18 und 19 den grafisch dargestellten Anfärbeunterschied visuell mit den entsprechenden Ausfallmustern nach den Färbungen zu dokumen-

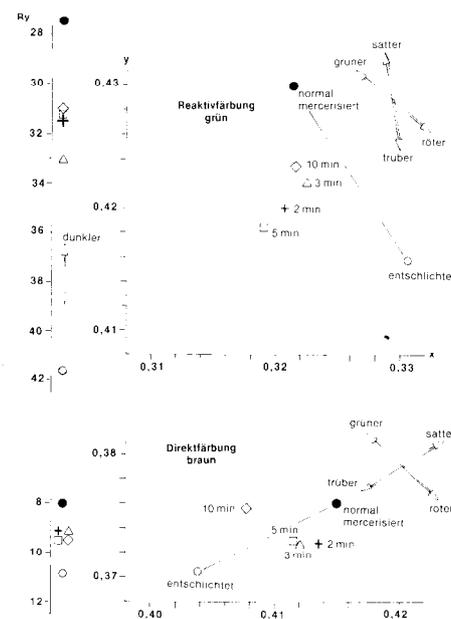
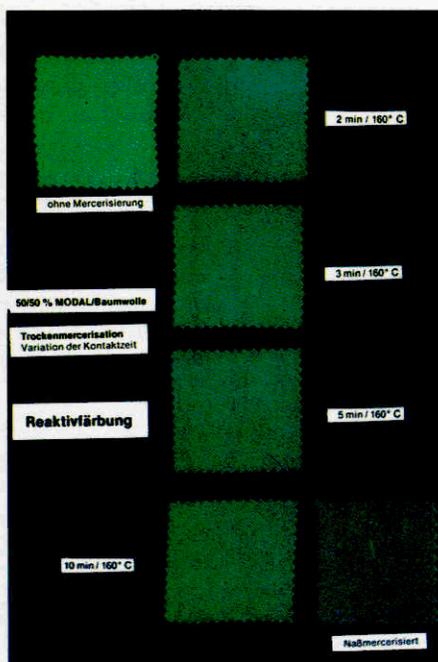


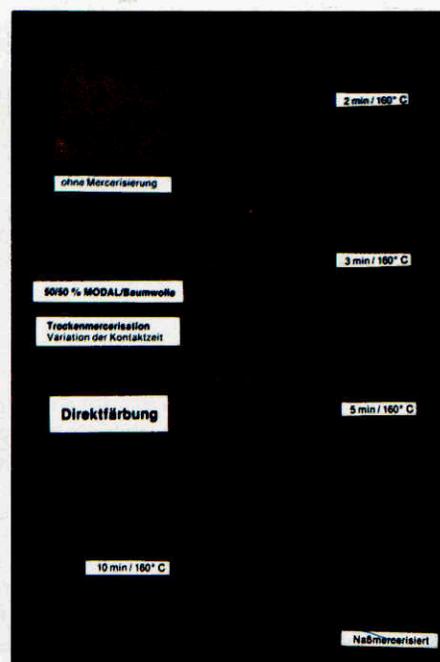
Bild 17 Trockenmercerisierung — Variation Laugenkontaktzeit; Färbeverhalten



Bild 19



Bilder 20 und 21 Trockenmercerisation – Variation Laugenkontaktzeit Bild 20 Direktfärbung braun Bild 21 Reaktivfärbung grün



tieren. Die Bilder 20 und 21 zeigen den entsprechenden Anfärbeunterschied bei Variation der Laugenkontaktzeit.

Zusammenfassung

Zusammenfassend können wir erkennen, daß eine herkömmliche Mercerisierung durch eine Trockenmercerisierung nicht nur annähernd zu ersetzen ist, bzw. daß nur ein relativ geringer Effekt in Hinblick auf eine farbvertiefende Wirkung erzielt wird. Ein Großversuch bei einem renommierten Veredlungsbetrieb in der Bundesrepublik Deutschland erbrachte außerdem den gravierenden Nachteil unegalen Farbausfalles

Demnach ist die klassische Mercerisierung für den Praktiker der Weg der Prozeßführung, der unter Beachtung aller wichtigen Prozeß-Parameter jene Forderungen erfüllt, die artikelbezogen ihre spezifischen Prioritäten haben müssen. Neben der besseren Farbausbeute ist in den meisten Fällen immer noch der Artikel-Endausfall ausschlaggebend bezüglich Egalität, Formstabilität, Griff, Glanz bzw. Gesamt-Optik.

Die Erfüllung hoherer Qualitäts-Ansprüche durch optimale Prozeß-Technologien im Bereich der Ausrüstung soll uns nicht nur die eigene Produktivität sichern, sondern auch den wirtschaftspolitischen Aspekt erkennen lassen, daß durch Optimierung der Qualität wir uns bewußt von den Billig-import-Produkten abheben wollen.

Mit der Modalfaser haben alle Verarbeitungsstufen jene Alternativen der Modifikation erhalten, um im Sinne des soeben gesagten Markt-Bedürfnisse zu wecken und zu befriedigen. Um dies zu erreichen, kommt besonders der Kreativität der letzten Verarbeitungsstufe ausschlaggebende Bedeutung zu. Daß hier eine permanente Cooperation mit dem Faserhersteller nützlich und damit notwendig ist, soll uns in diesem Sinne nicht belasten, sondern entlasten.

Literatur

- [1] Ernst, A., Melland Textilber. 63 (1982), 617–623
- [2] Ernst, A., Lenzinger Ber. Heft 52 (1982), 13–19
- [3] Kossina, A., Lenzinger Ber. Heft 54 (1983), 36–42





INGENIEURE MAYREDER, KRAUS & CO.
MAYREDER KEIL, LIST U. CO.,
BAUGESSELLSCHAFTEN M. B. H.
LINZ / WIEN / INNSBRUCK / GRAZ

INDUSTRIEBAU
FERTIGTEILBAU
KRAFTWERKE
TALSPERREN
BRÜCKENBAU
WASSERBAU
STRASSENBAU
HOCHBAU

FASSADEN-
RENOVIERUNGEN
TUNNELBAU
TOTALUNTER-
NEHMERSCHAFT
DRUCKLUFT-
GRÜNDUNGEN
PROJEKTIERUNGEN



Mitglieder der Vereinigung industrieller Bauunternehmungen Österreichs

Regenerated Cellulose Fibers From Cellulose Carbamate Solutions

Kurt Ekman, Vidar Eklund, Jan Fors, Jouko I. Huttunen, Leo Mandell, Johan-Fredrik Selin and Olli T. Turunen, Neste Oy, Research Centre, Kullo, Finland

Cellulose reacts with urea to form a stable derivative, cellulose carbamate. The derivate is soluble in aqueous sodium hydroxide. The resulting solution is extruded into a precipitation bath to form cellulose carbamate filaments, which can be hydrolysed to regenerated cellulose fibers. The fibers have properties comparable with those of viscose or modal fibers.

Cellulose reagiert mit Harnstoff zu stabilen Derivaten, Cellulose-Carbonate. Diese sind in wäßriger NaOH löslich. Die daraus erhaltene Lösung wird in ein Fällbad extrudiert, wobei Cellulose-carbamatfasern entstehen, die zu Cellulose-regeneratfasern hydrolysiert werden können. Die Fasern weisen Eigenschaften auf, die mit Viskose- oder Modalfasern vergleichbar sind.

Introduction

Cellulose is a renewable raw material. Man-made cellulosic fibers have many good properties that synthetic fibers lack. Today we often use both together to obtain the best possible properties.

Cellulose is difficult to dissolve or to use in homogeneous reactions. The only commercial direct dissolving system is the cuprammonium fiber process. The high cost of copper and the difficulties in its economical recirculation are serious limitations to its use¹.

Much work has been put into surveys of organic solvent systems for cellulose. Although many are promising, none of these systems has yet been applied commercially^{2,3}. The cost of solvents and their economical recirculation are serious problems.

Today the most important man-made cellulosic fibers are made by the viscose process. In this system cellulose is dissolved as a chemical derivative in aqueous caustic solutions. The process has many advantages, but it has many serious environmental problems, too.

This paper describes another cellulose derivative soluble in aqueous alkaline solutions, which can be processed like cellulose xanthate, but without many of the problems of the latter.

Synthesis

A few years ago we found that cellulose reacts with urea to yield a product that is soluble in sodium hydroxide. We got cellulose carbamate. This solubility in aqueous systems made us use the carbamate as the raw-material for a fiber produced by conventional wet-spinning techni-

ques. But there were many problems to tackle to reach this goal. Two of the major ones were,

- how to control the degree of polymerization of the cellulose to get a derivative with suitable solution characteristics, and
- how to get an even distribution of carbamate groups along the cellulose chain in the heterogeneous reaction.

The first problem had the additional restraint that we wanted the process to be continuous, and dry. Irradiation with accelerated electrons provided the answer. Table 1 shows the DP of cellulose sheets as a function of the electron beam treatment.

Table 1: Electron beam irradiation of cellulose effect on DP

DOSE (Mrad)	DP
0.0	800
0.5	495
1.0	400
1.5	320
2.0	270
3.0	240

In order to get the urea evenly distributed in the cellulose we have to impregnate it with an appropriate solution. Solutions of urea in water or alkaline media are proposed in the literature, but they do not give satisfactory results^{4,5}. The reaction products have poor solubility properties, obviously because the urea mainly gets into the amorphous parts of the cellulose. Liquid ammonia is, on the other hand, known to open up and change the crystal structure of cellulose^{6,7}. Liquid ammonia near its boiling point also dissolves enough urea so that with one impregnation we get the required amount of urea into the cellulose.

After impregnation the ammonia is evaporated, and the cellulose-urea mixture is brought to reaction by heating to a temperature above 130°C. Depending on the temperature and urea content of the cellulose the reaction time varies from a few minutes to some hours. After the reaction the cellulose is washed with hot water to remove unreacted urea and byproducts. The dried carbamate is stable, making subsequent handling and use easy.

Product Characterization

Very little information about the synthesis and structure of cellulose carbamate can be found in the literature, and even less on the properties and potential applications^{4,8,9}. Therefore some words on its characterization are appropriate. The reaction product we obtain contains chemically bound nitrogen, which can be removed by alkaline hydrolysis. From figure 1 it can be seen how the nitrogen content of the cellulose increases with reaction time and temperature. A nitrogen content of about 2% is easily achieved, and that is sufficient to give the cellulose the desirable solubility properties; this corresponds to a degree of substitution of about 0.25.

Figure 2 shows the IR-spectrum of cellulose carbamate with a carbonyl peak at 1715 cm⁻¹. There is a good correlation between the increase in the carbonyl peak and the nitrogen content.

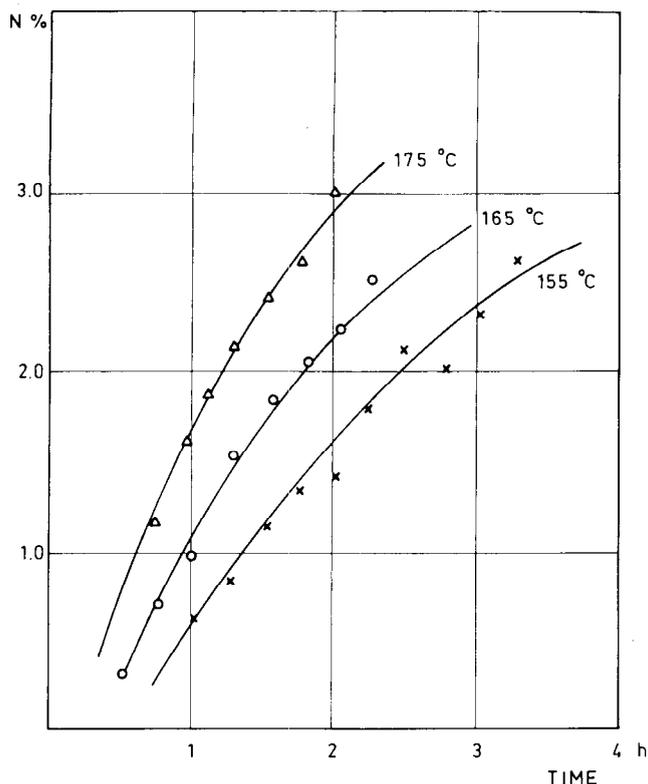


Fig. 1: Increase in nitrogen content of cellulose carbamate (AGU : UREA 1:1) as a function of time and temperature

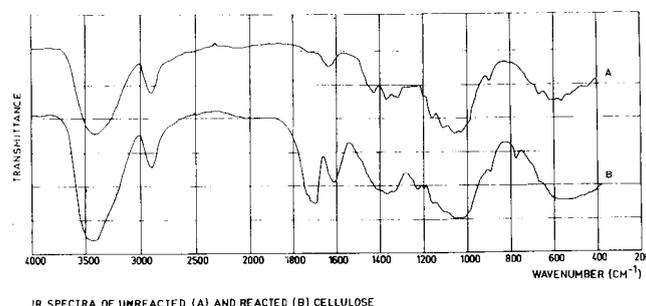


Fig. 2: IR Spectra of unreacted (A) and reacted (B) cellulose

Spinning and Fiber Properties

The cellulose carbamate can be dissolved in 8% sodium hydroxide to a content of 7 to 10%. The dissolution is best done at temperatures around or below 0°C. The solution is clear, but with a light yellowish color. It is easily filtered and deaerated. As the carbamate groups hydrolyze in alkaline media, the solutions should be handled at low temperatures. But even at +5°C the hydrolysis is slow enough to allow storage for up to 24 hours.

From these solutions fibers have been spun on a small scale experimental apparatus. We have usually worked with spinnerets having 300 orifices with a diameter of 50 or 80 μ, but lately we have scaled up to spinnerets with 2000 orifices. The working distance in the spin bath is mostly 30 cm. The speed of the first reel can be varied between 12 and 40 m/min, and the fiber bundles may be stretched, in air or in a separate stretch bath, to various

degrees. The spin bath can be either acidic, or alcoholic. Table 2 shows some properties of fibers prepared either way.

Wet modulus is defined as 20 times the value for the wet stress at 5% elongation.

Table 2: Regenerated cellulose fibres from cellulose carbamate acid precipitation

Property	Acid system			Alcohol system	
	Stretch 50%	Stretch 75%	Stretch 100%	Stretch 100%	Stretch 133%
Titre (dtex)	1.8	1.7	1.9	4.0	4.0
Tenacity (cN/dtex)					
— conditioned	2.0	2.5	3.0	1.8	2.0
— wet	1.1	1.5	1.7	0.7	0.8
Wet modulus	6	8	12	7	9
Elongation (%)					
— conditioned	20	17	15	8	9
— wet	19	16	12	13	10

In the above examples the carbamate groups were already removed from the cellulose by treatment with alkali, in table 3 the effect on the fibers of this hydrolytic treatment is shown. The most profound changes concern the alkali solubility of the fibers; with decreasing content of carbamate groups the solubility decreases. But from the table it is seen that we get beneficial effects on the wet tenacity and elongation as well.

Table 3: Effect of after — treatment at 95°C on fibers from cellulose carbamate

Treatment	Tenacity (cN/dtex) cond	Tenacity (cN/dtex) wet	Elongation (%) cond	Elongation (%) wet	Wet modulus (cN/dtex)	Nitrogen content (%)	Alkali solubility (%)	DP
Untreated	2.4	0.9	10	15	8	1.2	90	310
A = 3 min in 0.75 % NaOH	2.4	1.2	11	15	8	0.4	55	-
A + 3 min in 3 % NaOH	2.3	1.2	15	14	7	0.18	11	305
A + 3 min in 4 % NaOH	2.2	1.1	15	14	7	0.14	5	-

Discussion

We have here a new way to produce a stable, easily dissolved, derivative of cellulose. The stability of the intermediate makes a large scale production possible with improved economy. The synthesis of the cellulose carbamate can be made into a continuous process, with virtually no harmful emissions. Ammonia is handled and emitted in the process, but it can be collected and recovered or burned. The waste water still contains urea and biuret, which can both be recirculated to the process.

The main advantages of the fiber spinning process is seen in the fact that it so closely resembles the viscose process — roughly the same solvents, precipitation baths and technology can be used, and only minor modifications are needed. But here, too, the big plus is in the absence of harmful and toxic emissions.

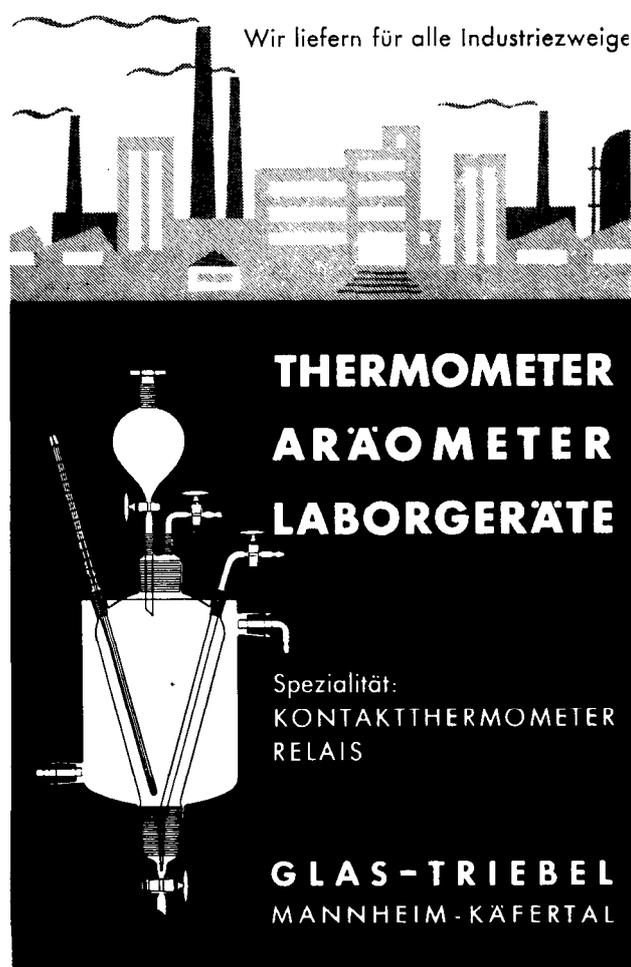
The production costs should be very competitive, too. The fibers can be produced at a cost roughly the same as for the viscose process. Raw material costs are lower, but the overall energy requirement is somewhat higher. This part of the process is not yet optimized, however.

Although this paper deals only with the fiber application of cellulose carbamate, we have here a versatile derivative with potential applications in many areas.

References

- 1) Hathaway, J.L.: Cellulosic Fibers Made from Cuprammonium, in *Man-Made Fibers. Volume 2*; Mark, H.F., S.M. Atlas and E. Cernia, eds., Intersci. Publishers, New York (1968)
- 2) Turbak, A.F.: *Newer Cellulose Solvent Systems*; Tappi International Dissolving and Specialty Pulps Conference, Boston (1983)
- 3) Dube, M., R.H. Blackwell: *Precipitation and Crystallization of Cellulose from Amine Oxide Solutions*, Tappi International Dissolving and Specialty Pulps Conference, Boston (1983)
- 4) Hill, J.W., R.A. Jacobson; *Chemical Process*, U.S. Pat. 2.134.825 (Nov. 1, 1938)
- 5) Segal, L., F.V. Eggerton: *Some Aspects of the Reaction between Urea and Cellulose*; *Text.Res.J.*, 31, 460 (1961)
- 6) Lewin, M., L.G. Roldan: *The Effect of Liquid Ammonia in the Structure and Morphology of Cotton Cellulose*; *J.Polym.Sci.*, 36, 213 (1971)
- 7) Cheek, L., H. Struszczyk: *The Effect of Anhydrous Liquid Ammonia and Sodium Hydroxide on Viscose Fabric*; *Cellul.Chem.Technol.*, 14, 893 (1980)
- 8) Hebeish, A., A.Waly, E. El-Alfy, N. Abou-Zeid, A.T. El-Aref and M.H. El-Rafie: *Behaviour of Chemically Modified Cellulose Towards Dyeing; V. Dyeing of Methylolated Cellulose Carbamate with Different Classes of Dyestuffs*; *Cellul.Chem.Technol.*, 13, 327 (1979)
- 9) Khalil, M.I., E. El-Alfy, M.H. El-Rafie and A. Hebeish: *Graft Polymerization of Methyl Methacrylate of Cellulose Carbamate and Modified Cottons Derived from it*; *Cellul.Chem.Technol.*, 16, 465 (1982)

Wir liefern für alle Industriezweige



**THERMOMETER
ARÄOMETER
LABORGERÄTE**

Spezialität:
KONTAKTHERMOMETER
RELAIS

**GLAS-TRIEBEL
MANNHEIM-KÄFERTAL**

Neue Ergebnisse auf dem Gebiet der Regeneratfaserforschung

Prof. Dr. rer. nat. habil. Werner Berger, KdT Dresden, Dr. rer. nat. Matthias K e c k, Technische Universität Dresden, DDR

Ausgehend von einer kurzen Darstellung der Entwicklung und Bedeutung des Viskoseverfahrens, wird auf die Richtungen in der Cellulosefaserindustrie des letzten Jahrzehnts eingegangen. Es werden sowohl die Bemühungen zur Verfahrensoptimierung zur Herstellung neuer Fasertypen als auch die Erarbeitung neuer Herstellungstechnologien diskutiert. Es wird eine erweiterte Säuren-Basen-Modellvorstellung über den Lösemechanismus der Cellulose vorgestellt. Dieses Modell gestattet, ausgehend von einer Analyse der physikalischen Struktur der Cellulose, bisher bekannte Lösungsmittelsysteme zu beschreiben. Mit dem gleichen Modell können auch Quellungs-, Abbau- und Regenerierungsphänomene beschrieben werden.

Starting from a short description of the development and importance of the viscose-process the author talks about trends in the cellulose fibre industry of the last century. Efforts both in process optimization and in production of new fibres as well as new production techniques were discussed. An extended acid-base-model conception about the dissolving mechanism of cellulose was introduced. This model permits to describe known solvent systems proceeding from an analysis of the physical structure of the cellulose. With the same model swelling, decomposition and regeneration phenomena can be described.

Einleitung

Im Jahre 1883 ließ sich der Engländer Joseph W i l s o n S w a n (1828—1914) unter dem Brit. Patent 5978/1883 »Ein Verfahren zur Herstellung künstlicher Fäden (artificial silk)« patentieren¹. Heute, 100 Jahre später, werden weltweit ca. 14 Millionen Tonnen Chemiefaserstoffe produziert. Diese Periode wird auf Grund der erbrachten naturwissenschaftlichen, technischen und ökonomischen Leistungen zu Recht als *Jahrhundert der Chemiefasern* bezeichnet.

Der älteste industriell hergestellte Chemiefaserstoff, die Cellulosefaser, hat mit 3,4 Mio. jato einen Marktanteil von ca. 24%. Für das Jahr 2000 wird eine Produktionsmenge von 4,5 Mio. jato prognostiziert².

Die Veränderungen in der Rohstoffsituation im letzten Jahrzehnt führten zur verstärkten Nutzung und Veredlung sich erneuernder Ressourcen. Holz ist nach wie vor die Hauptrohstoffquelle für Cellulosefaserstoffe und wird es auch in Zukunft bleiben (50 Milliarden jato Cellulose werden durch die Landpflanzen produziert).

In den letzten Jahren ist es den international führenden Produzenten gelungen, durch ersatzlose Stilllegung unrentabler Anlagen, durch Rationalisierung bestehender Anlagen und grundlegende Erhöhung der Produktivität

(Schnellviskosierung ≤ 10 min; Verminderung des CS₂-Einsatzes bei Viskosefaser Normaltyp von 34% auf 27%, durchlaufend automatisierte Prozeßführung von Maisch-alkalisierung bis zu hochproduktiven Faserspinnmaschinen mit Düsenbohrungen von 100 000 Loch/Düse und Spinnengeschwindigkeiten von ca. 100 bis 150 m/min bei Produktionseinheiten um 30 000 jato) bei gleichzeitiger Verminderung der Umweltbelastung von ≤ 5 mg CS₂/m³) eine entscheidende Verbesserung der Qualität der Fasern hinsichtlich baumwollähnlicher Eigenschaften zu erreichen.

Fasern der 2. Generation wurden mit Erfolg in Frankreich, Italien, Österreich, England, Kanada und USA produziert und verkauft. Die erzeugten Stoffe besitzen eine gute Dimensionsstabilität und Festigkeit. Fasern der 3. Generation mit noch baumwollähnlicheren Eigenschaften (Tab. 1) sind in den letzten Jahren entwickelt worden.

Tabelle 1: Viskosefasern mit baumwollähnlichen Eigenschaften

Viskosefasern der 2. Generation

Snias Koplön	Avtex Avril I und II
Courtaulds Vinzel 64	Enka Fiber 700

Viskosefasern der 3. Generation

ITT Rayoniers Prima (chemisch gekräuselte Faser mit hoher Naßfestigkeit)
 Avtex Avril III (hochnaßfeste Faser mit dreilappigem Querschnitt)
 Courtaulds Viloft (Hohlfaser)
 Lenzing Modal

Bestimmend für die sehr guten Zukunftschancen der cellulosischen Chemiefaserstoffe sind die sich stets erneuernden Rohstoffbasen, die außerordentliche Bearbeitungsvariabilität des Grundpolymers Cellulose und die sehr guten naturfaserähnlichen bekleidungsphysiologischen Eigenschaften, die erzielbar sind.

Die Forschungsarbeiten der führenden Produzenten in der Welt und ihre Leistungsfähigkeit bei den Erzeugnissen konzentrieren sich bzw. beruhen auf folgenden Zielstellungen:

- Verbesserung der bestehenden Produktionsverfahren hinsichtlich Ausrüstung, Automatisierungsgrad und Kosten,
- Bereitstellung von Fasern für die hochproduktiven Technologien in der Textilindustrie,
- hochgekräuselte und zum Teil mercerisierbare Modalfasern,
- Hohlfasern,
- hochabsorbierende Viskosefasern und
- schwer entflammable Viskosefasern.

Die Regeneratfaserstoffproduktion in der DDR hat mit dieser internationalen Entwicklung nicht Schritt halten können. Es ist das Ziel formuliert, in den nächsten 5 bis 10 Jahren diese Rückstände aufzuholen und den internationalen Stand wieder mitzubestimmen³.

Im weiteren Verlauf meines Referats werde ich aus persönlicher Sicht zu Folgendem sprechen:

1. Zielsetzungen für Rationalisierung und Optimierung des Viskoseverfahrens

2. Entwicklung von hochwertigen Viskosestapelfasern, die in ihren Eigenschaften der Baumwolle entsprechen
3. Entwicklung von Alternativtechnologien zum Viskoseprozeß
4. Zusammenfassung

1. Zielsetzung für Rationalisierung und Optimierung des Viskoseverfahrens

Eine Verfahrensoptimierung mit den Zielgrößen
 — Qualitätsverbesserung des Endproduktes und
 — Kostenreduzierung
 wird stets die Eigenschaftsparameter des Zellstoffs und die Prozeßstufen

- Alkalisierung,
- Vorreife,
- Sulfidierung/Lösung,
- Fadenbildung,
- Nachbehandlung

zu berücksichtigen haben.

Die Tabelle 2 bringt dies qualitativ in einigen Anforderungsparametern zum Ausdruck. Die Tabelle 3 betont die Breite der Herstellungsbedingung.

Mit wachsenden Qualitätsansprüchen an das Endprodukt, wie bei Viskosefasern (Normaltyp) oder Modalfasern, nehmen die Anforderungen u.a. hinsichtlich α -Cellulose-, Asche-, Fe-, SiO_2 -Gehalt und DP und damit die Rohstoffkosten zu. Der Einfluß dieser Parameter und deren Wechselspiel imerspinnungsprozeß ist nur komplex zu betrachten. Ausgehend vom Koch- und Bleichprozeß über strukturauflockernde Vorbehandlung des Zellstoffes (u.a. γ -Strahlen- und NH_3 -Behandlung, Doppelalkalisierung), führt die Herstellung sogenannter *Sparviskosen* unter Reduzierung des Einsatzes von NaOH und CS_2 (wie beim SINI-Prozeß⁴) und die Verdünnungsalkalisierung⁵ zu gut filtrier- und erspinnbaren Viskoselösungen⁶.

Ein hoher Cellulose-DP und eine engere Molekulargewichtsverteilung führen beispielsweise zur Verbesserung der Reißfestigkeit, Naßfestigkeit, Bauschelastizität und zu ungünstigerer Alkalilöslichkeit und Viskosespinnviskosität. Der γ -Wert der Viskose, die Spinnbadzusammensetzung, Spinnbadtemperatur, Abzugsgeschwindigkeit und die Reckbedingungen haben einen dominierenden Einfluß auf die textilen Eigenschaften und auf die Kostenstruktur der Enderzeugnisse. Die Auswahl einiger ausgewählter Forschungszielstellungen in Abhängigkeit von den Prozeßstufen zeigt die Tabelle 4.

Die Automatisierung und reaktionskinetische Modellierung des Herstellungsprozesses umfaßt vorzugsweise die Stufen:

- Alkalisierung,
- Vorreife,
- Sulfidierung,
- Lösung.

2. Entwicklung von hochwertigen Viskosefaserstoffen

Der Schwerpunkt bei der Entwicklung qualitativ verbesserter Fasertypen (Tab. 5), mit spezifischen Eigenschaften, wie:

- Formstabilität, geringe Knitterneigung bzw. bessere Knittererholung,
- verbesserte Kräuselbeständigkeit,

Tabelle 2: Anforderungen an Zellstoffe für die Herstellung von Regeneratfaserstoffen

	Viskosefaser (Normaltyp)	Viskose-seide	Viskose-cord	Modal-faser
α -Cellulosegehalt [%]	≥ 90	≥ 92	≥ 92	91-93
Holzgummi [%]	≤ 5	≤ 4	≤ 3	≤ 3
Extraktgehalt [%]	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$
Aschegehalt [%]	$\leq 0,1$	$\leq 0,05$	0,05	$\leq 0,05$
Eisen [mg/kg]	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≤ 4
SiO_2 [mg/kg]	≤ 50	≤ 50	≤ 25	≤ 25
Ca [mg/kg]	≤ 250	≤ 100	≤ 40	≤ 40
Weißgrad [%]	~ 90	> 90	> 90	> 90
DP [EWNN]	800	~ 1000	~ 1100	900-1000

Tabelle 3: Herstellungsbedingungen für modifizierte VI-Faserstoffe

Bedingungen	VI-F	VI-F-hf	HWM
Zellstoff	90% α -Cell.	95% α -Cell.	hochwertig
Vorreife	lang	kurz	kurz
Abbau des DP (Vorreife)	bis 300	bis 400	bis 500
Xanthogenerungsgrad	niedrig +50-55	höher +60-70	hoch +60-80
Nachreife	lang	kurz	kurz
Spinnngeschwindigkeit (m/min)	60-120	40-60	30-40
Viskose	-	-	Zusatz von 15-2% Polyethylenglykol
Koagulationsbad	-	Zweibad-Spinnmaschine	
H_2SO_4 (g/l)	100-140	75-100	70-80
Na_2SO_4 (g/l)	200-250	120	110
$ZnSO_4$ (g/l)	10-12	40-100	40-60
Verstreckung (%)	100	100-150	100-130
DP _{EWNN}	250-300	400	350-400

Tabelle 4: Prozeßstufen und Forschungszielsetzungen des Viskoseverfahrens

Prozeßstufe	Forschungszielsetzungen
Alkalisierung	- kontin. Alkalisierung im Mehrphasengleichgewicht / Maischalkalis - Doppelalkalisierung (SHTOLA) - gute und gleichmäßige Reaktivität des Zellstoffes
Vorreife	- Trommelvorreife - Schnellvorreife mit Mn-Co-Salzzusatz bei höherer Temperatur - enge MMV
Sulfidierung - Lösungsherstellung	- Trockensulfidierung im ruhenden System, Naßsulfidierung unter Scherbeanspruchung im Reaktor - Reduzierung des CS_2 -Einsatzes - molekularer Vergleichmäßigungseffekt d. Umxanthogenierung (C_2 -stabil) - reaktionskinet. Modellierung - Loseprozeß in Abhängigkeit von Alkalisier- u. Sulfidierungsbedingungen - neue Filtrationsverfahren (Filterpresse mit Rückspülung)
Fadenbildung	- Sol-Gel-Umwandlungsprozeß (s. Klare, Lenzinger Ber. 1965) - Spinnmaschine
Nachbehandlung	- kontinuierliche Verfahren, z.B. Siebband mit Gegenstromwäsche und chemische Behandlung

- Herabsetzung des Wasserrückhaltevermögens,
- modifizierte Färbbarkeit,
- verringerte Entflammbarkeit,

beruht auf anderem auf folgenden Methoden:

- *Modifizierung des Faserquerschnittes* durch Veränderung der Faserstruktur (Kristallinität, Orientierungsgrad),
- *Modifizierung durch Zusatzstoffe* (niedermolekulare und hochmolekulare Verbindungen) zur Erzielung spezifischer Effekte, wie Färbbarkeit, Schwerentflammbarkeit, erhöhte bzw. erniedrigte Wassersorption und
- *Modifizierung durch polymeranaloge Umsetzungen* (Substitution oder Ppropreaktionen).

Tabelle 5: Viskosefaserstoff — Modifikationen, die sich bevorzugt in den textilphysikalischen Eigenschaften auswirken

	normale Viskosefaserst./VI-Fol	hochgekräuselte Viskosefaserst./VI-Fwt	hochnaffeste Viskosefaserstoffe/VI-F-bl-hnl	Modalfasern (HWM)
Modifizierungsmittel		bevorzugt Ver Streckung	Modifiz. Viskose u. Fallbadzusammensetzung, Ver Streckung	Viskose u. Fallbadzusammensetzung, Spinn geschwindigkeit, Kern, Ver Streckung
Bild des Faserquerschnittes				
charakterisierende Eigenschaften	Mantelkernstruktur - 1,3 - 100 atex - verschiedene Querschnitte - verschiedener Glanz - Zusätze möglich	Mantelkernstruktur ähnlich jedoch mit unterschiedlich dickem Mantel - 2,2 - 25 dtex - sonst wie Spalte 1	Vollmantel-13:33 au-runder bis nierenförmiger Querschnitt - sonst wie Spalte 2, jedoch höhere Festigkeiten u. höhere Farbstoffaffinitäten bei niedrigerem Quellwert	- hohe Festigkeiten - niedrige Dehnung - relativ formbeständig - 15-36 atex - hohe Scheuerfestigkeit - 2 Mercerisierbar
Industr. Anwendung	ja	ja	ja	ja

Da die Einsatzgebiete künftig auf dem Gebiet der Mischung mit Synthefasern (PETP) und Baumwolle liegen werden, kommt dem Vergleich und der Anpassung des KD-Verhaltens dieser Mischungskomponenten wachsende Bedeutung zu (Abb. 1).

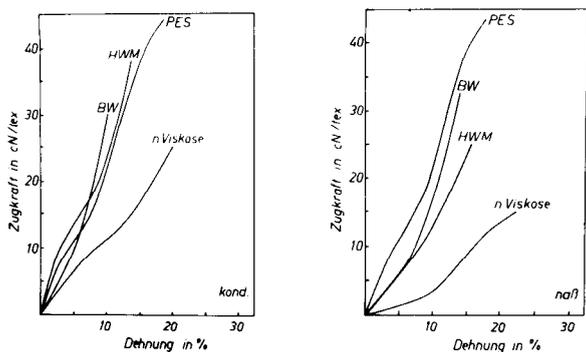


Abb. 1: Vergleich des Kraftdehnungsverhaltens verschiedener Regeneratfasern⁶

Die heute erreichbaren typischen Eigenschaften von neuen baumwollähnlichen Viskosefaserstoffen sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Die Tabelle 6 gilt als Ergänzung zu Tabelle 5 und vergleicht charakteristische Eigenschaften *neuer* Erzeugnisse zu Baumwolle. Damit sind Wege aufgezeigt, den Rohstoff Cellulose günstig zu veredeln und baumwollähnliche Erzeugnisse herzustellen.

Tabelle 6: Charakteristische Eigenschaften von neuen baumwollähnlichen Viskosefaserstoffen

	BW	Viloft	Modalfaser	Prima	Avril III
Querschnitt (schematisch)					
Feinheit (dtex)	14 - 17	18 - 50	17 - 33	17	17
Festigkeit (cN/tex) trocken	35 - 45	19 - 24	36 - 45	27 - 34	35 - 38
- naß	45 - 50	10 - 15	25 - 35	19 - 20	28 - 30
Dehnung (20°C 65% rel.LF)					
- trocken	9 - 10	15 - 17	14	15 - 18	15
- naß	12	18 - 20	17	18 - 23	19
Naßmodul (cN/tex)	150 - 170	70 - 110	118 - 120	80 - 97	80 - 100
Wasserrückhaltevermögen (%)	50	120 - 140	60 - 70	80	
Dichte (g/cm ³)	1,55	1,15	1,4 - 1,5		
Charakterisierung		guter Griff je nach Bindung im Flächengebilde Wo- oder BW-Griff			
TU Dresden Sekti Chemie	Charakteristische Eigenschaften von neuen BW-ähnlichen Viskosefaserstoffen				

Unterstützt wird diese Wertung auch durch die Tatsache, daß die gegenwärtig sieben aktuellen Vorhaben auf dem Regeneratfaserstoffsektor der wichtigsten Ingenieurfirmen (Snia, Chemtex, Maurer) in Spanien, Rumänien, Mexiko, Indonesien, Indien und Taiwan Erzeugnisse der Modaltypen umfassen⁷. Beachtet werden sollte auch, daß es 50% der industriell hergestellten Modalfasern von heute vor fünf Jahren noch nicht gab und daß um das Jahr 2000 der Anteil an baumwollähnlichen Erzeugnissen ca. 50% der Gesamtregeneratfaserstoffproduktion betragen soll.

Bei der Entwicklung hochgekräuselter Viskosefasern wird die Zielstellung verfolgt, eine reversible Kräuselung durch spezifische Koagulations-, Zersetzung- und Reckbedingungen durch Ausbildung einer side by side-Struktur zu erhalten. (Tab. 7)

Tabelle 7: Eigenschaftsvergleich verschiedener gekräuselter Viskosefasern (nach Krässig⁶)



Querschnittstruktur einer normalen Viskosefaser (A = Kern/Mantelstruktur) und einer modernen hochgekräuselten Viskosefaser (B = Side by Side-Struktur)

Eigenschaften	HWN hochgekräuselt	HWN normal	normale Viskose-kräuselfaser
Titer, dtex	2,5	2,5	2,5
Bogenzahl, pro cm	> 10	2 - 4	8 - 10
Reissfestigkeit cN/tex			
- konditioniert	30,6	36,8	22,4
- naß	20,1	23,4	15,3
Schlingenfestigkeit cN/tex	6,7	6,4	5,7
Reissdehnung, %			
- konditioniert	129	14,3	17,3
- naß	13,7	14,5	23,1
Wasserrückhaltevermögen, %	75	69	92
DP	390	375	265

Durch einen geeigneten Modifikatorzusatz kann eine all-zuschnelle Zersetzung des Xanthogenates und eine Strukturausbildung der Regeneratfaser verzögert werden. Die Ausbildung einer feinkristallinen, hochreckbaren Faserstruktur und damit die Entwicklung hochfester Fasertypen ist so möglich.

Die Kenntnis über den Durchschnittspolymerisationsgrad (DP), die Molmassenverteilung, den Orientierungsgrad der Makromoleküle und die Inhomogenitäten sind für eine solche Entwicklungsaufgabe wichtig. Schwerentflammbare, differenziert anfärbare, hochquellfähige und wasserretentive Viskosefasern können durch inkorporative chemische Verbindungen hergestellt werden⁶.

3. Zur Entwicklung von Alternativtechnologien zum Viskoseprozeß

Eine künftige Ablösung des Viskoseverfahrens durch Alternativtechnologien, z.B.:

- Herstellung und Erspinnung instabiler Cellulosederivate, die vergleichbar sind mit dem Cellulosexanthogenat,
 - Herstellung und Verformung nichtwäßriger Celluloselösungen (ohne Derivate),
- halte ich erst dann für möglich, wenn:
- das eingesetzte Lösungsmittel eine einfache Folge des Zyklus »Lösen, Filtrieren, Spinnprozeß (naß/trocken), Rückgewinnung ohne Nebenproduktbildung« ermöglicht,
 - eine Faser mit baumwollähnlichen textilphysikalischen Eigenschaften herstellbar ist,
 - die erforderlichen Investaufwendungen mit denen einer Polyester-Stapelfaser-Anlage vergleichbar sind.

In den letzten fünf Jahren sind wesentliche Fortschritte entsprechend dieser Zielstellung erreicht worden. Nach wie vor liegt das Hauptproblem in der Suche nach einem geeigneten Verfahren und dem Lösungsmittel zur Auflösung der Cellulose und in der Beherrschung des äußerst komplizierten Fadenbildungsprozesses⁸. In den Tabellen 8 und 9 haben wir wäßrige und nichtwäßrige Lösungsmittel zusammengestellt.

Die Diskussion zu den Tabellen 8 und 9 läßt den Schluß zu, daß von den vier technisch möglichen Lösungsmittelsystemen des N-Methyl-morpholin-N-oxid und bei den Metall-Komplexen das Cu-Verfahren Aussicht auf eine technische Realisierung besitzen. Eine Übernahme des Prinzips der Viskosefaser-Spinntechnologie ist erst dann zu erwarten, wenn die Ausfällung bzw. Zersetzung des Cu-Komplexes und die Rückbildung der Cellulose verlangsamt und deren rasche Kristallisation verhindert wird.

Kürzlich hat die Fa. Neste Oy (Finnland) ein Verfahrensprinzip vorgestellt, das künftig eventuell eine Alternativvariante bilden kann.

Das Fehlen eines einheitlichen Standpunktes zur Natur der Wechselwirkungen in solch komplizierten Systemen wirkte sich bisher hindernd für eine zielgerichtete Entwicklung von Alternativtechnologien aus.

Das Ziel unserer kürzlich aufgenommenen Untersuchungen ist es, durch die Kenntnis über die Art der Wechselwirkungen *Lösungsmittel/Cellulose* den Mechanismus der Auflösung zu erweitern und eventuell neue Lösungsmittelsysteme für Cellulose und Polymermischungskombinationen mit Cellulose zu prognostizieren.

Tabelle 8: Nichtwäßrige Lösungsmittelsysteme für Cellulose (Auswahl)

Einkomponenten-systeme	Zweikomponenten-systeme	Dreikomponenten-systeme
Trifluoressigsäure Hydrazin (bei 150°C) N-Alkylpyridinium-chloride N-Methyl-Morpholin-N-Oxid	SO ₂ / Amin (-20°C) Methylamin / Dimethyl-sulfoxid Paraformaldehyd / Dimethyl-sulfoxid NH ₃ / Salze wie NaSCN oder NH ₄ SCN Chloral / polare Flüssigkeit wie Pyridin N ₂ O ₄ / polare Flüssigkeit wie Dimethylformamid NOCl bzw. NOHSO ₄ / polare Flüssigkeit SO ₂ / Dimethylformamid	SO ₂ / Amin / polare Dritt-komponente wie Formamid SO ₂ / NH ₃ / polare Flüssigkeit SO ₂ Cl ₂ bzw. SO ₂ Cl ₂ / Amin / polare Flüssigkeit wie Formamid NH ₃ / Na-halogenid / polare Flüssigkeit wie Formamid

Tabelle 9: Wäßrige Lösungsmittelsysteme für Cellulose

Konzentrierte Säuren:

zum Beispiel: HCl, HBr, H₂SO₄, H₃PO₄, F₂, CCOOH

Wässrige Lösungen anorganischer Salze:

zum Beispiel: LiCl, ZnCl₂, Thiocyanate, Jodide

Starke wässrige Basen:

zum Beispiel: LiOH, NaOH, NaOH-ZnO, NaOH-BeO
(in etwa 100%iger Lösung bei tiefer Temperatur)

Wässrige Lösungen quarternärer Basen:

zum Beispiel: Tetraäthylammoniumhydroxid, Triäthylbenzylammoniumhydroxid, Tetraalkylphosphoniumhydroxid u.a.

Wässrige Metallkomplex-Lösungen:

zum Beispiel: Cuoxam, Cuen, Cuoxen, Nioxen, Cadoxen, Na-Fe-tartrat

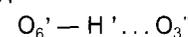
Um Auflösungsprozesse sowohl qualitativ als auch quantitativ abschätzen zu können (Tab. 10), müssen zumindest folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Kenntnis der möglichen Wechselwirkungen,
- Kenntnis der Struktur der Cellulose.

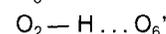
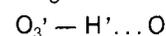
Daß die übermolekulare Struktur der Cellulose durch die Ausbildung eines Netzes inter- und intramolekularer Wasserstoffbrückenbindungen bestimmt ist, gilt als gesichert. Man kann davon ausgehen, daß in dieses Netz im wesentlichen alle Hydroxylgruppen der Glucoseinheit eingebunden sind (z.B. belegbar durch die Nichtexistenz von IR-Banden für freie Hydroxylgruppen).

Unseres Erachtens können mit dem Gardner-Blackwall-Modell¹⁰ (Abb. 2) diese spezifischen Besonderheiten gut berücksichtigt werden. Es geht beispielsweise für die Cellulose I von folgendem System der Wasserstoffbrückenbindung aus:

- Die stärkste Wasserstoffbrückenbindung ist eine intermolekulare vom Typ



Intramolekulare Bindungen existieren folgende:



und eventuell eine sehr schwache Bindung: O₂ — H ... O₄'

gig am C_6 (höhere Acidität), führen zu einem Hydrat-(Solvat-)hüllenaustausch in der ersten Koordinations-sphäre des Dipols. Das bedingt, daß Konzentration und Temperatur der lösungswirksamen Spezies so gewählt werden müßten, daß

- entsprechende Dipolssysteme aufgebaut werden und
- eine entsprechende optimale Solvatzahl eingestellt wird.

Eine solche Hypothese sollte es ermöglichen, Kriterien für potentielle neue Lösungsmittel zu formulieren, z.B.:

- Systeme basischen Charakters (O-Basen) mit Sauerstoffeinbindigkeit ($\Delta PK_a - 3,75$); direkt oder mit Hilfe von Salzzusätzen durch Gleichgewichtsverschiebung,
- Realisierung ausreichender Molekülgröße; abschätzbar aus bekannten exp. Ergebnissen, z.B. mit organischen Hydroxiden (Spacerwirkung - Planarität > Benetzungsvermögen),
- monofunktionell hinsichtlich H-Brückenbildender Gruppen bei ausreichender Protonenstabilisierung,
- \leftarrow Eigenassoziation des Lm.

Es sollten nämlich sämtliche ausreichend starke Sauerstoffbasen (Modelluntersuchungen zeigen, daß für den Aufbau der Strukturen a) und b) ein $\Delta PK_a - 3,75$ erforderlich ist) hinreichend großen Molvolumens, die in der Lage sind, Sauerstoffeinbindigkeit zu erreichen (direkt oder durch Gleichgewichtsverschiebung, wie z.B. durch Salzzusätze), bei Einstellung definierter Konzentrationsverhältnisse und niedriger Temperaturen Lösungsmittel für Cellulose darstellen.

Die Tragfähigkeit eines solchen Ansatzes wollen wir an einigen Beispielen belegen, wie sie in Tabelle 12 gezeigt werden.

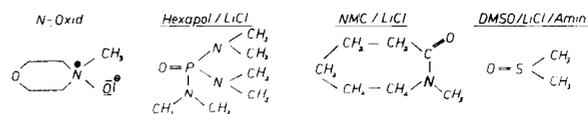
Tabelle 11: Arbeitshypothese

- 1 Die Sprengung der intermolekularen H-Brückenbindung am $C_4 - O_4 - H - O_4$ ist notwendiges und hinreichendes Kriterium für die Auflösung der Cellulose
- 2 Klassische H-Bindung vom Typ 1 (A-H...B, kovalente Bindung A-H) sind nicht in der Lage, solche Energiebeiträge aufzubringen, um diesem Kriterium entsprechen zu können (Quellungsgrundlage)
- 3 H-Bindungen unter Beteiligung der Grenzstrukturen 2,3 ($A^+H^- \dots B^- / A^+H^- \dots B^-$) ohne CT führen zur Löslichkeit der Cellulose
- 4 Unterschiede in der Lösekraft sind über Basizitätsunterschiede erklärbar
- 5 Abbauprozesse entsprechen den Grenzstrukturen 4,5 ($A^+ \dots HB^+$). Sie führen zur Protonentunnelung vom Dipol zur Glucosidbindung als Resultat eines Charge-Transfer und sind experimentell über die entsprechenden CT-Banden UV-spektroskopisch erfassbar
- 6 Chemische Derivatisierung tritt ein, wenn neben ionischen, lösewirksamen Strukturen reaktionsfähige molekulare (undissoziierte) Spezies vorhanden sind.
- 7 Anforderungen an neue LM sind prognostizierbar

Der schwächste Vertreter dieser Gruppe ist das System DMSO/Amin, die Lösekraft des Systems ist nur gering.

Tabelle 12: Begründung für die Tragfähigkeit der Arbeitshypothese

1 Die Lösekraft (vergleichbare LM) wird durch Basizitäts-Abstufungen determiniert (Reihe O-Basen mit abnehmender Lösekraft)



2 UV-spektroskopisch ist nachweisbar, daß „O“ die lösewirksame Komponente darstellt und „N“ nur eine stabilisierende Funktion hat

- in N-oxiden (beide Wirkungsgruppen vorhanden) liegt „O“ einbindig vor
- in NMC muß Einbindigkeit durch Salzzusatz erreicht werden
- Hexapol / LiCl (Solvatzahl 4 : 1) löst in 10-60 sec ~20% Cell-Losung

3 erhöhte Temperatur und ungenaue Konzentrationsverhältnisse führen zur Zerstörung der H-Brückegebundenen Dipole und zu einer Ladungsübertragung ($4 : (A^+ \dots HB^+)$; $5 : (A^+ \dots H^- \dots B^-)$)

Abbau (UV-spektroskopisch ist für das System NMC/LiCl bei ca. 70°C Abbau und CT-Bande (330nm) nachweisbar)

Zugaben von LiCl führen zu einer Erhöhung der Lösekraft, die jedoch schwächer bleibt als für den zweiten Vertreter dieser Gruppe (NMC). DMSO/LiCl allein ist nicht lösewirksam und führt zu einem rapiden Abbau der Cellulose.

Im NMC sind beide Forderungen besser erfüllt: Die Einbindigkeit des Sauerstoffs wird durch LiCl-Zugabe bewirkt und ist UV-spektroskopisch nachweisbar. Außerdem ist durch quantenchemische Berechnungen begründet^{15, 16}, daß die Koordinierung von Amididen mit Metallionen am Sauerstoff erfolgt und mit einer Bindungslängung $C = O$, einer Verkürzung $C - N$ und einer Barriereerhöhung der Bindungsdrehbarkeit $C - N$ verbunden ist, was günstige Voraussetzungen zur Realisierung der Wasserstoffbrückenbindungsstruktur b schafft. Hexapol besitzt die gleichen sterischen Voraussetzungen, nur ist seine Basizität wesentlich höher. Bei optimalen Konzentrationsverhältnissen (LiCl/Hexapol = 1 : 4) lassen sich in sehr kurzer Zeit (10 bis 60 s) 20% wasserklare Celluloselösungen herstellen; N-Oxide sind die günstigsten Vertreter dieser Gruppe. Beide Akzeptorzentren sind in einer funktionellen Gruppe vereint, der Sauerstoff liegt einbindig vor. Systeme dieser Art gehören zu den stärksten bekannten Lösemittelsystemen.

Entsprechend der Arbeitshypothese sollten ungenaue Konzentrationsverhältnisse und erhöhte Temperatur zur Sprengung der Lösestrukturen führen. Somit wären Abbauprozesse zwanglos erklärbar und durch Auftreten nachweisbarer CT-Banden experimentell relativ leicht und vor allem schnell erfaßbar, was zweifelsohne Konsequenzen für eine mögliche Betriebskontrolle haben könnte. Es gelang uns, dies UV-spektroskopisch für das System NMC/LiCl in Abhängigkeit von der Temperatur nachzuweisen. Abbauprozesse, d.h. also nachweisbare CT-Banden, treten ab ca. 70°C in Erscheinung und nehmen bei weiterer Temperaturerhöhung progressiv zu.

4. Zusammenfassung

Ausgehend von einer kurzen Darstellung der Entwicklung und Bedeutung des Viskoseverfahrens wurde auf die Richtungen in der Cellulosefaserindustrie des letzten Jahrzehnts eingegangen. Es wurden sowohl die Bemühungen zur Verfahrensoptimierung, zur Herstellung neuer Fasertypen als auch zur Erarbeitung neuer Herstellungstechnologien diskutiert.

Es wurde eine erweiterte Säuren-Basen-Modellvorstellung über den Lösemechanismus der Cellulose vorgestellt. Dieses Modell gestattet, ausgehend von einer Ana-

lyse der physikalischen Struktur der Cellulose, bisher bekannte Lösungsmittelsysteme zu beschreiben. Mit dem gleichen Modell können auch Quellungs-, Abbau- und Regenerierungsphänomene beschrieben werden.

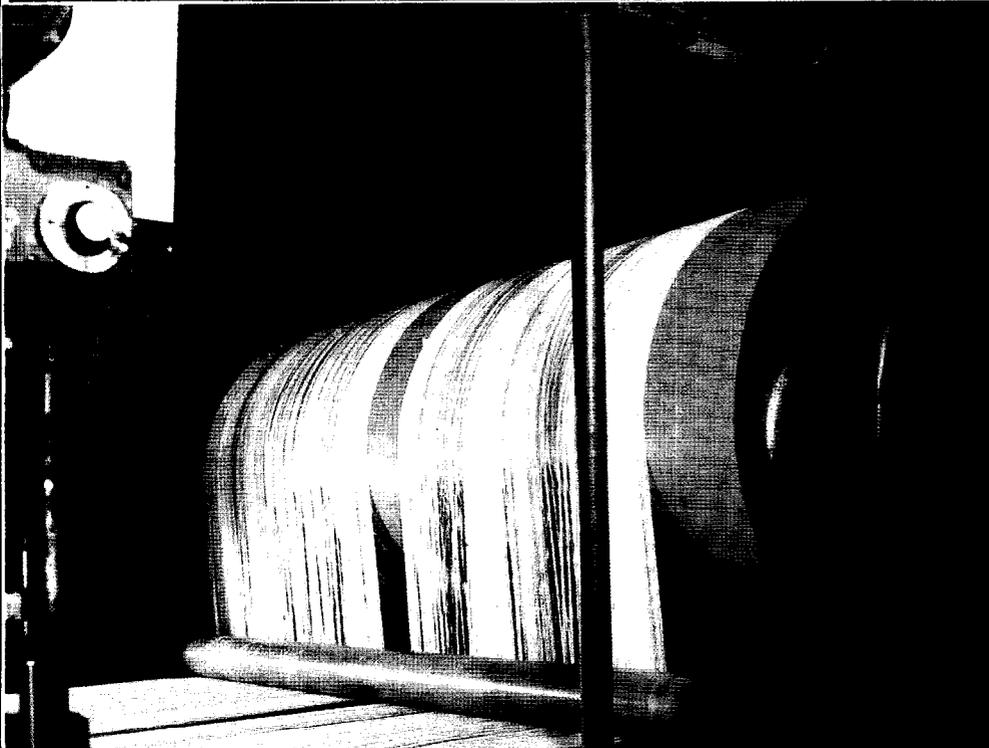
Literatur

- 1) Koslowski, H.J.; Chemiefasern/Text.Ind., **6**, 337 (1983); Lenzinger Ber., **19**, 21—29 (1965)
- 2) Berger, W.; Textiltechnik, **32**, 217—223 (1982) 4
- 3) Seydewitz, K.; Textiltechnik, **31**, 81—87 (1981) 2
- 4) Sihtola, H., B. Nizowokyi; DOS 19 24 804 (11. 12. 1969); US 36 00 379; Paperi ja Puu, **58**, 534—538 (1976)
- 5) Krässig, H., F. Gotschy, M. Czermak; ÖP 356 140 (15. 9. 1979)
- 6) Krässig, H.; Textilveredlung, **17**, 333—343 (1982) 8
- 7) Chemiefasern/Text.Ind., **6**, 368—370 (1983)
- 8) Papkow, S.P., V.G. Kulicichni; Chim. Volokna, **1**, 29—33 (1981)
- 9) Philipp, B., H. Schleicher u.a.; Das Papier, **33**, 552—557 (1979) 12
- 10) Gardner, K.H., J. Blackwell; Biopolymers, **13**, 1975 (1974)
- 11) Grican, V.N., R.G. Zbankow, V.C. Kacur; Acta Polym., **33**, 20 (1982)
- 12) Berger, W., M. Keck; Mitt. d. Klasse Chemie, **8**, 52—63 (1983) 10
- 13) Pullman, B.; Intermolecular Interactions; Verlag Mir, Moskau 1981
- 14) Kunze, J., B. Schröter, G. Scheler, B. Philipp; Acta Polym., **34**, 248—255 (1983) 5
- 15) Gordon, J.E.: The Organic Chemistry of Electrolyte Solutions; Verlag Mir, Moskau 1979
- 16) Balasubramanian, D.; A 60el, G.N.R. Rac., Chem. Phys. Letters, **17**, 482 (1972)



HUTH SAFEMATIC GmbH
Beschichtungs- und Dichtungsfabrik
8130 Starnberg

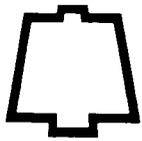
**Die Spezialisten für Antihaftbeschichtung,
Korrosionsschutz und Trockenschmierung**



Beispiel aus der Textilindustrie:
Aus einer Imprägnierlösung kommende Kettfäden laufen mit einer Geschwindigkeit von 100 m pro Minute über einen PTFE-beschichteten Trockenzylinder bei ca. 200°C. Ohne PTFE würde sich die sogenannte »Schlichte« auf dem Zylinder aufbauen und das Verfahren unmöglich machen. Ältere Verfahren mit Trockenöfen waren wesentlich aufwendiger. Bei ähnlichen Investitionskosten lag die Produktivität bei ca. 50 % der heutigen.

HUTH SAFEMATIC GmbH · Schiffbauerweg 5 · Postfach 1329 · D-8130 Starnberg · Tel. 08151/6021 · Telex 0526414

Trouble shooters like to think in three dimensions



Fibres
or
Filaments



Films



Laminates

We would like to help you to realize your ideas

The table below gives an indication of the present situation showing details of the properties/raw material/fabric combinations.

For branches which have higher technical demands of their products, for example aviation, automobile, electronic and high performance textile industry, Chemiefaser Lenzing AG has developed a suitable range of fibres, films and laminates which have special properties

based on different raw materials.

Our own chemists and technicians from our research divisions are responsible for the development, application and operation instructions of this high performance branch.

Properties \ raw material	Cellulose (Viscose)	PTFE	Poly-olefine	Poly-imide
electrical insulating		 	 	
electrical conductive	 		 	
non-flammability (no halogens)		 		
high temperature resistance		 		
chemical resistance		 	 	
low coefficients of friction		 		
hydrophilic				
hydrophobic		 	 	
gasadsorptive				

Chemiefaser Lenzing AG

A-4860 Lenzing, Tel.: 07672/2511-0, Telex: 026-606 lenfa a

INSERENTENVERZEICHNIS

	Seite
Industria Faserwerke Ges.m.b.H., A-4860 Lenzing	24
Chemiefaser Lenzing AG, A-4860 Lenzing	
Lenzing Modal	5
Lenzing High Performance	50
Beihefter: <i>lenzingplastic machines</i>	41/42
Korrosionsschutz W. Höhnel KG, A-4021 Linz	30
Huth Safematic GmbH, Beschichtungs- und Dichtungsfabrik D-8130 Starnberg, Bundesrepublik Deutschland	49
Mayreder Kraus & Co., A-4021 Linz	37
Stockhausen & Cie., Chemische Fabrik, D-4150 Krefeld Bundesrepublik Deutschland	13
Sulzer Rütli (Webtechnologien), CH-8630 Rütli ZH	31
Glas-Triebel, D-6800 Mannheim 31	40