

# LENZINGER BERICHTE

Folge 30

Dezember 1970

Vorträge, gehalten auf der 9. Internationalen Chemiefasertagung vom 16. bis 18. Juni 1970 in Dornbirn,  
sowie die im Anschluß daran geführten Diskussionen

	Seite
Eröffnungsansprache	
Generaldirektor Komm.-Rat. Rudolf H. Seidl, Lenzing . . . . .	5
Bekleidung, Hygiene und Tragekomfort	
Professor Dr. Hermann Mark, New York . . . . .	9
Neue Erfolge auf dem Gebiet der chemischen Modifizierung von Zellulose	
Professor Dr. Z.A. Rogowin, Moskau . . . . .	16
Eine Übersicht über die Beziehungen zwischen Faser-, Garn- und Gewebeeigenschaften und dem Bekleidungskomfort	
Ernest R. Kaswell, Boston . . . . .	26
Aufbau und Eigenschaften polymerer Mehrphasensysteme	
Dr. Harald Cherdron, Frankfurt (M.) - Hoechst . . . . .	44
Entwicklungstendenzen der Texturierung	
Dr. Helmut Stöhr, Wuppertal-Elberfeld . . . . .	52
Beeinflussung der Elastizität von texturierten Garnen und ihren Fertigprodukten durch die Substanz, den Texturierungsprozeß und die Weiterverarbeitung	
Dr. Wolfgang Martin, Ludwigshafen am Rhein . . . . .	63
Struktur und Eigenschaften der Chemiefasern und die Eigenschaften der daraus hergestellten Fertigtextilien	
Dipl.Ing. Boleslav Reichstädter und Dipl.Ing. Oldrich Pajgrt, Brno . . . . .	76
Bekleidungsphysiologische Untersuchungen zur Beurteilung von Textilien aus Stapelfasern	
Dr. Egidius Welfers, Frankfurt (M.) - Hoechst . . . . .	88
Zur Wirkung von Chemiefasertextilien auf die gesunde und auf die krankhaft veränderte Haut des Menschen	
Professor Dr. med. C. Carrié, Dortmund . . . . .	104
Untersuchungen zur Psychophysiologie der Arbeitskleidung als Beitrag zur Methodik von Trageversuchen	
Dozent DDR. Wilhelm Nesswetha, Wuppertal-Elberfeld . . . . .	113
Kleidung aus Chemiefasern für heiße Klimabedingungen	
Dr. rer. nat. Jürgen Mecheels, Hohenstein . . . . .	123
Die automatisierte Arbeitsmethode für die Textilindustrie	
Robert H. Bode, Boston . . . . .	140
Pflege von Textilien aus Chemiefasern	
Dr.-Ing. Oswald Viertel, Krefeld . . . . .	144
Was kann die Wirtschaftsforschung in der betrieblichen Praxis leisten?	
Dr. Raimund Mauer, Münster . . . . .	154
Rückblick und Ausblick	
Generaldirektor Komm.-Rat Rudolf H. Seidl, Lenzing . . . . .	165

## Eröffnungsansprache

**anlässlich der 9. Internationalen Chemiefasertagung vom 16. bis 18. Juni 1970 in Dornbirn durch den Präsidenten des Österreichischen Chemiefaserinstituts, Generaldirektor KR. Rudolf H. Seidl**

Meine Damen und Herren!

Zum neunten Mal darf ich Sie bei unserer internationalen Chemiefasertagung in Dornbirn willkommen heißen. Wenn ein solches Fachgespräch zwischen Forschung und Wissenschaft auf der einen Seite und der verarbeitenden Textilindustrie auf der anderen Seite in ununterbrochener Reihenfolge so oft abgehalten werden konnte und sich außerdem eines von Jahr zu Jahr wachsenden Interesses erfreut, so beweist dies wohl zur Genüge, welche Bedeutung den Chemiefasern als modernem Textilrohstoff zukommt. Gerade das vergangene Jahr hat allen Sparten der Chemiefasern Fortschritte gebracht.

Die Weltproduktion an Textilfasern betrug im Jahre 1969 21,1 Millionen Tonnen. Davon entfielen

auf die Baumwolle . . . . .	11,500.000 t
auf die Wolle . . . . .	1,600.000 t
auf Viskosefasern und Viskosefäden . . . . .	3,700.000 t
auf die Synthetics . . . . .	4,370.000 t

Von den Synthetics wurden 2,252.000 t in Fäden und 2,122.000 t in Fasern produziert. Es entfielen

auf Polyamid . . . . .	1,801.000 t
auf Polyester . . . . .	1,352.000 t
auf Polyacrylnitril . . . . .	851.000 t
auf sonstige, überwiegend Olefine . . . . .	370.000 t

Die Chemiefasern erreichten mit über 8 Mio t bereits einen Anteil von 38 % der Gesamtproduktion. Im Vergleich zu 1968 wurden im Vorjahr 760.000 t Textilfasern mehr verbraucht, und 660.000 t dieses Mehrverbrauchs entfielen allein auf Chemiefasern. Die hohen Zuwachsraten für Chemiefasern gehen vor allem auf Synthetics zurück. 1969 erhöhte sich die Weltproduktion um 16 % auf 4,37 Mio t. Dabei lagen die Polyesterfasern mit 22 % Zuwachs an der Spitze. Die zellulosischen Chemiefasern haben sich gut behauptet, und wenn nicht alle Anzeichen trügen, haben sie auch weiterhin gute Entwicklungschancen.

An der Schwelle eines neuen Jahrzehnts dürfen wir heute schon voraussagen, daß mit dem steigenden Bedarf an Textilien, wie er bei der schnell wachsenden Weltbevölkerung zu erwarten ist, der Bedarf an Chemiefasern noch zunehmen wird, sodaß wir bis 1980 allein bei den Synthetics eine Produktion von 11 bis 12 Mio t im Jahr erwarten dürfen. Es ist wohl kaum zu optimistisch, wenn wir annehmen, daß bis zum Ende des jetzt angebrochenen Jahrzehnts die Chemie-

fasern schon mehr als die Hälfte des Gesamttextilverbrauchs der Erde decken werden.

Diese Entwicklung drückt sich auch darin aus, daß in allen großen Industriegebieten der Erde, die in der Erzeugung von Chemiefasern heute führend sind: in den USA, in Japan und in Westeuropa, aber auch in wachsendem Maße in der Sowjetunion, ständig an neuen Entwicklungen gearbeitet wird, um die Textilien den Bedürfnissen und Wünschen der Verbraucher besser anzupassen. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, sei mir nur gestattet, auf den stürmischen Aufschwung bei non-wovens oder bei den texturierten Fäden hinzuweisen. Es ist klar, daß die Textilindustrie mit all ihren nachgelagerten Verarbeitungsstufen sich diesem Wandel immer aufs neue anpassen muß und daß in der nachverarbeitenden Industrie neue Produktionsverfahren eine zwangsläufige Folge sind.

Die neuen Chemiefasern haben aber auch dem Textilmaschinenbau ganz andere Möglichkeiten gegeben, sodaß dort heute hohe bzw. sehr hohe Geschwindigkeiten die Entwicklung der letzten Jahre kennzeichnen. Die Voraussetzung hierfür waren allerdings die verbesserten Eigenschaften der Chemiefasern.

Die Spezialisierung der einzelnen Branchen der Textilindustrie hat sich im Zeichen dieser Entwicklung weitgehend aufgehoben. Sie ist heute zu einer Vielfaserindustrie geworden, und gerade die Mischungen von Chemiefasern und Naturfasern, die ohne Zweifel noch auf weite Sicht dominieren werden, prägen auch das Bild der Textil- und Bekleidungsindustrie nicht nur von heute, sondern auch von morgen.

Auch in Österreich ist im vergangenen Jahr der Verbrauch an Chemiefasern gestiegen. Die verarbeitete Menge von über 30.000 t Chemiefasern aller Art — was 40 % des österreichischen Gesamtverbrauchs an Textilrohstoffen entspricht und damit sogar etwas über dem Weltdurchschnitt liegt — zeigt, daß die österreichische Textil- und Bekleidungsindustrie sehr dynamisch ist. Selbstverständlich ist sie nicht frei von jenen Sorgen und Problemen, die auch die Textilindustrien großer Länder beschäftigen. Die Textilwirtschaft Österreichs steht in der Welt in einem scharfen Konkurrenzkampf, da eine rationelle Großproduktion angesichts der Kleinheit des Binnenmarktes nur durch den Export gesichert werden kann, was wieder höchste Rationalisierung in der Erzeugung und knappste Kalkulation voraussetzt.

Um das Ziel äußerster Leistungsfähigkeit zu erreichen, sind laufend große Investitionen notwendig, die bei dem in Österreich bestehenden Kapitalmangel nicht immer leicht zu finanzieren sind. Auch die steigenden Material- und Lohnkosten vermindern die Möglichkeit von Investitionen.

Für eine wirtschaftlich ausgerichtete rationelle Produktion auch im Textilbereich ist heute die Schaffung eines großen europäischen Marktes eine Notwendigkeit geworden.

In dieser Situation ist die Chemiefaserindustrie Österreichs der Textilindustrie ein echter Leistungspartner. Es ist erfreulich, daß das abgelaufene Jahr auch der österreichischen Chemiefaserindustrie bedeutende Strukturverbesserungen gebracht hat: Die Chemiefaser Lenzing AG konnte durch

die Übernahme der benachbarten Lenzinger Zellulose- und Papierfabrik die Grundlagen ihrer Produktion entscheidend verbessern. Heute werden in Lenzing die Viskosefasern in einem kontinuierlichen Produktionsprozeß vom Rohholz bis zur fertigen Faser hergestellt.

Eine bisher noch nicht erreichte Rekordmenge von über 68.000 jato Zellulosefasern neben 3.600 jato Zellglas, aber auch die Intensivierung der Produktion auf anderen Sektoren, wie beispielsweise bei den Bändchen und Folien aus Polyolefinen, sowie eine umfangreiche Weiterentwicklung der Maschinenbauabteilung sind die Folge.

Die Erste Österreichische Glanzstoff-Fabrik AG, St. Pölten, hat im Zuge der weltweiten Strukturbereinigung zwischen der Muttergesellschaft, der holländischen AKU, und der Glanzstoff AG, Wuppertal, die zur Gründung der AKZO bzw. der ENKA/Glanzstoff geführt hat, auch ihrerseits entscheidende Verbesserungen ihrer Basis erfahren und ihre Produktion sowohl bei Textil- als auch bei Reifen-Reyon steigern können.

Die erst vor zweieinhalb Jahren von der Chemiefaser Lenzing AG gemeinsam mit der Farbwerke Hoechst AG errichtete Austria-Faserwerke Ges.m.b.H., die als einziges österreichisches Synthefaserwerk die Polyesterfaser mit dem Markennamen Trevira® erzeugt, hat sich so gut entwickelt, daß im Vorjahr bereits die Errichtung weiterer Baulichkeiten zum Zwecke der Verdoppelung der Produktion in Angriff genommen wurde. Gerade in diesen Tagen wird nach erfolgter Fertigstellung das erweiterte Werk mit einer nunmehrigen Kapazität von 8.000 jato anlaufen.

Wenn aus dieser geschilderten Entwicklung immer wieder eine echte Partnerschaft zwischen Chemiefaser- und Textilfaserindustrie deutlich wird, so dürfen auch unsere Tagungen als Ausdruck dieser Partnerschaft und der gemeinsamen Interessenslage angesehen werden.

Seitdem diese Tagungen ins Leben gerufen worden sind, haben sich hervorragende Forscher und Wissenschaftler neben Männern der Praxis aus den Industriebetrieben hier zusammengefunden, um Gedanken über neueste Erfahrungen und Entwicklungen auszutauschen. Dies gilt sowohl für neue Entwicklungen von der Faserseite her als auch von seiten neuer Technologien und Neuentwicklungen in der Textilmaschinenindustrie. Faserkonstruktion und Eigenschaften von Fertigartikeln bilden eine unauflösbare Einheit, wenn das Produkt allen Erfordernissen des Marktes gerecht werden soll.

In diesem Jahr sind wir mit dem Thema unserer Tagung dem Konsumenten gegenüber noch einen Schritt nähergekommen. Unter der Devise „*Chemiefasern als Produktionselement der*

*Kleidung*“ wollen wir heuer jenen weiten Kreis sehr praxisnaher Probleme diskutieren, die, auf den neuesten Entwicklungen bei der Faserherstellung basierend, Verarbeiter und Verbraucher besonders interessieren. Es geht hierbei um Fragen des Tragekomforts und der Hygiene ebenso wie um die Stellungnahme zu bestimmten Eigenschaften von Chemiefasertextilien bei Verarbeitung und Pflege. Namhafte Forscherpersönlichkeiten aus West und Ost haben sich in Dornbirn zusammengefunden, um diesen Problembereich zu erörtern.

Als Vorsitzender dieser Tagung sehe ich es als meine angenehme Aufgabe an, allen Vortragenden für ihre Bereitschaft zur Mitwirkung herzlichst zu danken und sie in Dornbirn willkommen zu heißen. Mein weiterer Gruß gilt den über 600 Teilnehmern aus 22 Staaten, dem Kreis der alten Freunde unserer Tagung ebenso wie den neu hinzugekommenen Gästen, die sich auch diesmal wieder in Dornbirn eingefunden haben.

Wir freuen uns, daß wir seit dem Vorjahr dank der Unterstützung der Messeleitung Dornbirn für die Tagung einen neuen, größeren Rahmen finden konnten und hoffen, daß Sie sich alle hier wohlfühlen und daß Sie der Verlauf der Tagung befriedigen wird. Last not least möchte ich aber auch wie immer die Vertreter von Tages- und Fachpresse sowie des Rundfunks begrüßen, die von Jahr zu Jahr unsere Veranstaltung mit ihrem Interesse begleiten und durch ihre Berichterstattung mithelfen, ihr in nah und fern ein Echo zu verschaffen, das international ist. Für diese Mitarbeit sei ihnen besonders gedankt.

Nachdem uns der vergrößerte Rahmen unserer Tagung auch Möglichkeiten zu interessanten Rahmenveranstaltungen bietet, haben wir in diesem Jahr neben der schon traditionellen Ausstellung von Fachliteratur zu einer Ausstellung von Prüf- und Laborgeräten eingeladen, die reges internationales Interesse fand. Ich möchte nicht verabsäumen, auch die ausstellenden Firmen zum ersten Mal in unserer Runde in Dornbirn herzlich zu begrüßen und gleichzeitig die Teilnehmer unserer Tagung auf diese Ausstellung aufmerksam zu machen. Schließlich möchte ich Sie noch auf die hier ausgestellten Ergebnisse eines Wettbewerbs von Entwürfen unserer Modeschulen hinweisen, mit denen wir in Osaka bei der Chemiefaser-Modeschau erfolgreich waren.

Damit erkläre ich die 9. Internationale Chemiefasertagung für eröffnet und bitte nun den Generalsekretär der Internationalen Chemiefaservereinigung in Paris, Herrn Dr. L a n d s m a n , uns eine Grußbotschaft des C.I.R.F.S. zu übermitteln.

**Grußbotschaft der Internationalen Chemiefaservereinigung**

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

Die Grüße des C.I.R.F.S., die ich Ihnen heute überbringe, richten sich an Ihre Tagung sozusagen am Vorabend des 3. Weltkongresses der Chemiefasern. Wie Sie wissen, wird dieser neue Weltkongreß am 2., 3. und 4. Juni 1971 in München abgehalten werden.

Ich freue mich, Ihnen mitteilen zu können, daß der deutsche Bundespräsident, Herr Dr. H e i n e m a n n , die Schirmherrschaft über diesen Kongreß übernommen hat.

Die Veranstalter der Dornbirner Tagung wissen schon lange, welche Bedeutung die Wahl der Themen für das Wohlgelingen einer internationalen Zusammenkunft hat. Auch für den neuen Weltkongreß wurden die Themen so gewählt, daß wir hoffen können, den Teilnehmern eine vollständige Perspektive über die Zukunft der Textilien bieten zu können.

Da diese Themen alle Textilfachleute interessieren werden, möchte ich sie hier ganz kurz mit einigen Worten skizzieren.

1. Der Eröffnungsvortrag - von Herrn Dr. Hermann A b s , dem Präsidenten der Deutschen Bank, gehalten - wird unter anderem dessen Ansichten zu den Hauptproblemen der Welt von morgen darlegen.
2. Herr E. B i z o t , Ehrenvorsitzender des C.I.R.F.S., eine hervorragende Persönlichkeit der französischen Chemiefaserindustrie, wird den Schlußvortrag halten. Er wird die Zukunft der Textilindustrie und insbesondere die Bedeutung der Chemiefasern innerhalb dieser Industrie beschreiben.
3. Einen allgemeinen kulturellen Vortrag wird Herr Professor René H u y g h e , Mitglied der französischen Akademie und hervorragender Kunstkennner, halten. Der Titel seines Vortrags lautet: „Die Formen im Stoff, in der Natur und in der Kunst“.

Weiters sind sechs Arbeitssitzungen vorgesehen, jede mit zwei Referaten und einer Round-Table-Diskussion. Die Formulierung der Titel ist noch provisorisch, doch soll vor allem der Blick auf die Zukunft gerichtet sein.

Zwei technologische Aspekte der Textilindustrie werden in der ersten Sitzung beleuchtet werden, und Herr M o l l a r d , Generaldirektor der Textilabteilung von Rhône-Poulence, wird einer der Referenten sein.

- Das erste Referat wird die wachsende Vielfalt der Chemiefasern behandeln,
- das zweite die Entwicklung der Faserverarbeitung.

In einer der Textilökonomie gewidmeten Sitzung werden folgende Themen besprochen:

- Aktuelle Probleme des internationalen Textilhandels und

- die Entwicklung der Chemiefaserindustrie und ihr Einfluß auf die Struktur der Textilindustrie.

Dieses Referat wird von Herrn Dr. M e e r b u r g , stellvertretender Präsident des Vorstandes der Gruppe AKZO, gehalten werden.

Die unter dem Vorsitz von Herrn Generaldirektor KR. S e i d l stehende Sitzung wird die neuen Probleme des Textileinzelhandels sowie das Verhalten des Verbrauchers behandeln. Sie wird aus drei Kurzreferaten mit folgenden Themen bestehen:

- Die Durchdringung der einzelnen Märkte mit Chemiefasern; es spricht Herr P a l e a r i , Generaldirektor der SNIA.
- Die Rolle des Verbrauchers im Fortschritt wird von Herrn Professor Dr. S p i e g e l , Direktor des Seminars für Wirtschafts- und Sozialpsychologie an der Universität Göttingen, referiert.
- Über die Aktualität des Sortiments spricht Herr Dr. V i l l i g e r vom Globus.

In der Sitzung über Probleme der Heimtextilien ist ein Referat von Professor B i l l , Architekt und Bildhauer, geplant, das einen Ausblick auf das Wohnen von morgen geben wird, sowie ein Referat von Herrn Lenor L a r s e n , ein bekannter Innenarchitekt, über Wege zur besseren textilen Raumgestaltung.

Die fünfte Arbeitssitzung befaßt sich mit Problemen der Bekleidung.

- Herr Dr. K ö n i g , Professor für Soziologie an der Universität Köln, wird über die Soziologie der Bekleidung sprechen, während
- Herr C o u r r é g e s , der wohlbekannte Pariser Couturier, seine Ansichten über die zukünftigen Regeln der Ästhetik in der Bekleidung darlegen wird.

Schließlich wird eine Arbeitssitzung der technischen Anwendung von Chemiefasern gewidmet sein. Hier ist ein Referat über

- die Chemiefasererzeugnisse im Dienste der Transportrationalisierung von Herrn Direktor Dr. T h i m m von den Farbwerken Hoechst vorgesehen, sowie ein Referat, das aufzeigen wird,
- wie die Chemiefasern die Verkehrssicherheit erhöhen können; hierüber spricht Herr Direktor E m e r y von DuPont.

Leider kann nicht jeder, der es wünscht - und wir bedauern das sehr - zu diesem Kongreß eingeladen werden. Wir werden uns aber bemühen, die Referate und die Diskussionen so weit wie möglich, vor allem in der Fachpresse, zu veröffentlichen. Jeder, der für irgendein Thema besonderes Interesse hat, wird auf diese Weise die Möglichkeit bekommen, dort oder direkt vom C.I.R.F.S. praktische Informationen zu erhalten.

Ich danke Ihnen sehr für Ihre Aufmerksamkeit und wünsche, Herr Präsident, Ihrer diesjährigen Tagung den allergrößten Erfolg.

## Bekleidung, Hygiene und Tragekomfort

Professor Dr. Hermann Mark  
Polytechnic Institute Brooklyn, New York

„Dieser Anzug ist bequem und trägt sich gut.“ Sowohl Verkäufer als auch Kunde kennen die Wichtigkeit dieses einfachen Satzes, der im wesentlichen auf zwei Komponenten zurückgeht: auf das Material und auf den Schneider.

In dem folgenden kurzen Referat soll versucht werden, den Beitrag des Materials an der Bequemlichkeit und der Hygiene textiler Fabrikate zu diskutieren. Die bestehende Vielzahl neuer Fasern und Fasertypen führt zu einer bisher nicht vorhanden gewesenen Möglichkeit, durch Fasermischung, Verweben, Verwirken und Ausrüsten neue, günstige Kombinationen von Weichheit, Fall, Wärmeschutz sowie Luft- und Feuchtigkeitsdurchgang zu realisieren. Hierbei muß auf die chemischen Eigenschaften des Fasergrundstoffes, die Morphologie der Fasern selbst, die Struktur der Garne und die Textur der Gewebe entsprechend Rücksicht genommen werden.

“This suit is comfortable and wears well.” Both sales people and customers are aware of the significance of this simple statement which is based mainly on two factors, namely, the material and the tailor.

An attempt will be made in the following brief paper to discuss how much fabrics can contribute towards wearing-comfort and hygiene in connection with textile products. The wide variety of new fibers and the various forms in which they are available offer possibilities, unknown till now, for new and favorable combinations of softness, drape, thermal protection, and permeability to air and humidity by blending, weaving, knitting and finishing. Due consideration must be given, in this connection, to the chemical properties of fiber raw-materials, to fiber morphology, yarn-structure and fabric-texture.

### Einleitung

Im Mittelpunkt der heurigen Dornbirner Chemiefasertagung steht ein Thema, dessen maßgebende Faktoren im allgemeinen bisher nur qualitativ ausgewertet worden sind. Bequemlichkeit, Komfort, Schutz gegen Kälte, Wind und Wetter, aber auch Schutz gegen Wärme sind ebenso wichtige und notwendige Eigenschaften unserer Kleidung wie Zerreißfestigkeit, Elastizität und Abreibwiderstand. Während für die zuletzt genannten Eigenschaften eine Reihe von Meßmethoden zur Verfügung stehen, die eine quantitative Bestimmung bei Fasern, Garnen und Geweben ermöglichen, sind für die erstgenannten bisher entweder überhaupt keine Meßmethoden ausgearbeitet worden, oder sie sind unzulänglich. Im besten Fall ermöglichen sie eine qualitative Beurteilung der Funktionselemente unserer Kleidung - der Fasern, Garne, Gewebe und Gewirke.

In meinem Bericht möchte ich Ihnen zeigen, inwieweit die makromolekulare Chemie eine Einflußnahme auf die wichtigsten Eigenschaften unserer Kleidung, auf die Weichheit, den sanften Griff, die Schmiegsamkeit, den Wärmeaustausch (Schutz gegen Hitze oder gegen Kälte) und den Feuchtigkeitshaushalt, der damit in Zusammenhang steht, ermöglicht. Dabei soll in jedem Fall diskutiert werden:

- a) Wie kann man die gewünschte Eigenschaft mit dem existierenden Materialien erhalten, sodaß bereits eine möglichst dünne und leichte Lage ausreicht, um eine befriedigende Festigkeit und Elastizität zu ergeben?
- b) Welche Messungen müssen gemacht werden, um die textilen Elemente unserer Kleidung im Hinblick auf diese drei Haupteigenschaften quantitativ zu charakterisieren?
- c) Welche Möglichkeiten bestehen, durch neuartige Chemiefasern oder durch neue Methoden bei der Herstellung von Kleidungselementen weitere Fortschritte zu erzielen?

Den detaillierten Ausführungen über die einzelnen Eigenschaften möchte ich eine Literaturzusammenstellung voranstellen, über Bücher und Berichte, die sich mit diesen Problemen in ähnlicher Weise auseinandergesetzt haben (Abb.1).

### Abb. 1: LITERATUR

- 
- L.H. Newburgh: "Science of Clothing";  
W.B. Saunders Co., Philadelphia 1949
- J.W.S. Hearle und R.H. Peters:  
"Moisture in Textiles";  
Textile Book Publ., New York 1960
- E.R. Kaswell: "Handbook of Textiles";  
Wellington Sears Co., New York 1963
- H.P. Mark u.a.: "Encyclopedia of Polymer Science";  
Interscience-Wiley, New York; Bd. 1, S.202-225  
1955
- F.W. Behmann; Melliand Textilber. **47**, 1193, 1315 (1966)
- D.P. Carroll und J. Visser; Rev.Sci.Instr. **37**, 1174 (1966)
- L. Fourt und N.R.S. Hollies:  
"Comfort and Function of Clothing";  
Natick Report 1969
- J.W.S. Hearle u.a.: "Mechanics of Fibers";  
Wiley, New York 1969
- 

### Schmiegsamkeit und Weichheit

Alle Teile unserer Kleidung sollen so beschaffen sein, daß sie uns zwar gegen äußere Einflüsse, wie mechanische Stöße oder Reibung, Hitze und Kälte sowie Regen und Wind, schützen, dabei aber unsere Körperbewegungen so wenig wie möglich behindern. Die unmittelbar mit der Haut in Berührung kommenden Teile unserer Kleidung sollen außerdem ein angenehmes Gefühl von Weichheit und Schmiegsamkeit hervorrufen, das nicht nur mechanisch, sondern auch physiologisch und psychologisch das Element der Annehmlichkeit und Bequemlichkeit darstellt.

Da unsere Kleidung in den meisten Fällen aus mehreren Lagen besteht, wird dieses Gefühl der Bequemlichkeit so lange erhalten bleiben, wie die innerste, weichste und schmiegsamste Lage durch die äußeren Schichten gegen Kälte, Nässe und Wind sowie gegen Zerreißen geschützt bleibt. Diese Lage selbst sollte so dünn und leicht wie möglich sein, aber doch noch genügend Festigkeit besitzen, um nicht bei heftigen Bewegungen, bei raschem An- und Ausziehen sowie bei Waschen und Trocknen beschädigt zu werden.

Dies führt uns zu der Frage: Welches zweidimensionale Gebilde vereinigt bei geringstem Gewicht die Eigenschaften Weichheit und Festigkeit am besten in sich? Ist es ein Schaum oder soll es aus Fasern aufgebaut sein? Wenn das letztere zutrifft, ist es ein Gewirke, ein Gewebe, ein Filz oder ein Papier?

Auf Grund unserer Versuche über das Verhalten sehr dünner (20 bis 60  $\mu$ ), feinporiger Schäume aus hydrophilen Polymeren ist es durchaus möglich, daß eines Tages sehr zugfeste, elastische, dünne Schäume die angenehmste Innenschicht unserer Kleidung darstellen werden, doch soll dieser Bericht auf die Verwendung faserförmiger Elemente beschränkt bleiben.

Ein besonders weicher und sanfter Griff einer zweidimensionalen Schicht wird am besten durch kurze, herausstehende, sehr biegsame Haare vermittelt. Wenn sie kurz sind (100 bis 200  $\mu$ ), erhält man das „Pfirsichhaut“-Gefühl, wenn sie länger sind (über 200  $\mu$ ), das Gefühl des Samtes.

Will man die Vereinigung von Festigkeit und Weichheit mit Hilfe einer einzigen Komponente erreichen, dann ist es - vom praktischen Gesichtspunkt aus gesehen - am besten, feine (20 bis 30 g/m<sup>2</sup>), feste Gewebe oder Vliese aufzurauen.

Einen besonders weichen Griff ergeben beispielsweise aufgeraute dünne Gewebe, die aus Polymodacrylstapelfasern von 0,6 den, einem Molekulargewicht von 90 000 und einer Orientierung von 85 % hergestellt wurden. Die Festigkeit der Einzelfaser betrug 5,5 g/den, die Wasseraufnahmefähigkeit wurde durch einen Zusatz von einigen Prozenten Hydroxyäthylacrylat gewährleistet.

Ähnlich gute Ergebnisse wurden mit aufgerauten Vliesen erzielt, die nach dem Spun-bonding-Verfahren aus Faser-mischungen von 70 % Nylon oder Polyester mit 30 % Viskose hergestellt waren.

Wenn man die Verwendung von Verbundfolien ins Auge faßt, dann kann man durch Beflockung sehr dünner Gewebe oder Vliese oder sehr feiner perforierter Filme eine recht interessante Kombination von Festigkeit, Weichheit und leichtem Gewicht (weniger als 15 g/m<sup>2</sup>) erreichen.

Aus einer Zusammenstellung der mechanischen Eigenschaften von faserbildendem Material, wie sie in Tabelle 1 gezeigt wird, geht hervor, daß Zugmodul, Biegemodul und Festigkeit im wesentlichen parallel gehen.

*Streckmodul:*  $M = \frac{wl}{\pi r^2} \cdot \frac{1}{E}$   
 l, r = Länge und Radius  
 w = Gewicht  
 E = Elongation (Dehnung)

*Biegemodul:*  $M = \frac{wl^3}{12\pi r^4} \cdot \frac{1}{B}$   
 l, r = Länge und Radius  
 w = Gewicht  
 B = Biegung

*Drehungsmodul:*  $M = \frac{2Cl}{\pi r^4} \cdot \frac{1}{T}$   
 l, r = Länge und Radius  
 C = Kräftepaar  
 T = Torsion (Drehung)

Nach obigen Formeln nimmt die Biegesteifheit mit der vierten Potenz des Faserdurchmessers zu, während die Zugfestigkeit mit der zweiten Potenz ansteigt. Daraus ergibt sich, daß bei Verwendung von sehr feinen Einzelfasern, die außerdem hochorientiert, biegsam und sehr fest sein sollen, ein besonders geschmeidiges Gewebe erzielt wird.

Auch die Form des Faserquerschnitts ist wesentlich. Bei trilobalen Fasern mit sehr tiefen Buchten oder sichelförmigem Querschnitt ist der beobachtete Festigkeitsverlust bei Herabsetzung des Fasertiters bedeutend geringer als bei Fasern mit rundem Querschnitt. Auch Spaltfasern mit rechteckigem Querschnitt zeigen in Geweben ein günstiges Verhalten. Da ein hoher Kristallinisierungsgrad zu einer Versteifung der Faser führt, erschien es wichtig, die Kristallisation bei hoher Orientierung durch hohes Molekulargewicht und mangelnde molekulare Regelmäßigkeit zu vermindern. Zur praktischen Ausnützung dieser Erkenntnis wurden die verschiedensten Spinnverfahren, wie zum Beispiel das Heißluft-

**Tabelle 1: Einige mechanische Eigenschaften von faserbildendem Material**

MATERIAL	Streckmodul		Biegemodul		Reißstärke	
	in kp/cm <sup>2</sup>	in psi	in kp/cm <sup>2</sup>	in psi	in kp/cm <sup>2</sup>	in psi
Polyäthylen (niedr. DP)	4 000	60 000	2 000	30 000	200	3000
Polyäthylen (hoher DP)	8 000	120 000	5 000	75 000	300	4500
Polypropylen	12 000	180 000	7 000	105 000	450	6750
Polyester	24 000	360 000	15 000	225 000	350	5250
Nylon 6	18 000	170 000	10 000	150 000	400	6000
Nylon 6.6	22 000	330 000	12 000	180 000	400	6000
Polyacrylat	20 000	300 000	11 000	165 000	250	3750
Polyvinylchlorid	20 000	300 000	11 000	165 000	300	4500

verstreckverfahren oder das Muffelofenspinnen, um nur einige wenige zu nennen, entwickelt.

Niemand wird bestreiten, daß ein Großteil der erzielten Fortschritte in dieser Richtung primär auf grundlegenden Verbesserungen der Technologie, die sich mit der Umwandlung der Polymeren in Fasern beschäftigt, beruhen. So werden klassische Polymere in neue Systeme mit ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften übergeführt.

Daneben sind aber auch Bestrebungen im Gange, mit zum Teil interessanten Erfolgen, die sich mit der Synthese neuer Arten von Makromolekülen oder deren Kombinationen auseinandersetzen. Ganz allgemein kann man sagen, daß es drei Prinzipien gibt, die sich schon in der Vergangenheit bewährt haben und die auch für die Zukunft allem Anschein nach eine gute Arbeitshypothese ergeben, um neue Polymere zu finden, die sich zu Fasern verarbeiten lassen.

Die drei Prinzipien, die wertvolle Fasereigenschaften erstellen, sind Kristallisation und Vernetzung von langen, biegsamen Ketten, sowie die Versteifung der Ketten durch Ringe. Verständlicherweise begnügt man sich aber nicht mit Polymeren, die nur *einem* dieser Prinzipien folgen, sondern man geht einen Schritt weiter und versucht Kombinationen dieser Prinzipien auszuwerten, um dadurch bessere Eigenschaften zu erzielen.

Um einen anschaulichen Überblick über die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten dieser Prinzipien zu bekommen, wollen wir in Abbildung 2 ein Dreieck betrachten, dessen Ecken je einem der drei Prinzipien zugeordnet sind.

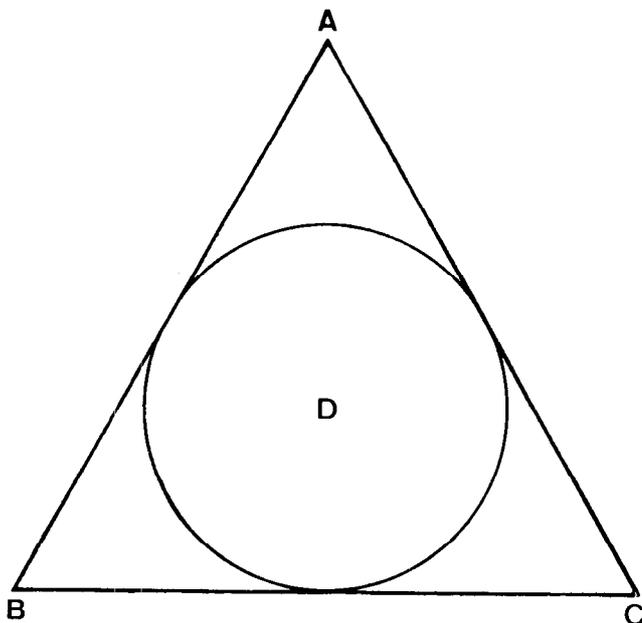


Abb. 2: Die drei Prinzipien, die die Polymereigenschaften beeinflussen: A = Kristallisation, B = Vernetzung, C = Kettenversteifung

Um den Punkt A scharen sich eine Anzahl bekannter faser- und filmbildender Polymere, die lange, biegsame Ketten aufweisen, die bei der Orientierung kristallisieren, wie beispiels-

weise Polyäthylen, Polypropylen, Polyvinylalkohol, Polyester und Polyamide wie Nylon 6 und Nylon 66.

Um den Punkt B liegen alle hochvernetzten Systeme, wie Polyepoxide, Polyurethane, Phenolformaldehydkondensate, Melaminharze und vernetzte Polyester. Auch Wolle kann hier eingeordnet werden.

Amorphe thermoplastische Harze mit hoher Steifheit und hohen Erweichungstemperaturen finden wir in Punkt C. Polystyrole, Polymethylmethacrylate, Polycarbonate werden ihren Eigenschaften nach hier zugeteilt. In neuerer Zeit sind es Polyimide, Polybenzimidazole und viele andere, die sich um diesen Punkt scharen.

Eine der Fasern, die bewußt mit der oben dargestellten Erkenntnis in die Praxis umgesetzt wurde, ist beispielsweise Qiana<sup>®</sup>, aus einem acyklischen Diamin und 9-, 10- und 12-Dicarbonsäure hergestellt. Die Faser zeigt Weichheit, Permanenz der Kräuselung und ein ausgezeichnetes Erholungsvermögen. Als wesentliche Trageigenschaften sind hohe Orientierung und niedrige Kristallinität zu erwähnen. Der hohe Glaspunkt bewirkt, daß beim Waschen bei höherer Temperatur kein Lappigwerden auftritt.

R o e h m und H a a s e entwickelten eine neue elastische Faser auf Acrylbasis, die eine Kombination von weichen und steifen Segmenten in zwei engvermischten Molekülen, aber nicht in derselben Kette enthält. Die Nichtmischbarkeit kann durch den Einsatz ähnlicher Copolymerer, die gemeinsam in Suspension gebracht werden, umgangen werden. Diese Faser besitzt einen geringen Anfangsmodul, der aber rasch ansteigt, und ist erheblich stabiler als die Spandex-Faser.

T o y o b o stellt eine Faser mit einem besonders weichen Griff her, die aus gelöstem Protein erzeugt wird, dem Acrylnitril aufgepfropft ist. Diese Faser wird aus einer Zinkchloridlösung versponnen, verstreckt und schließlich vernetzt. Die Faser, die den Namen Chinon<sup>®</sup> trägt, besitzt gute mechanische Eigenschaften, da die aufgepfropften Polyacrylnitrilseitenketten zur Festigkeit beitragen.

### Wärme- und Feuchtigkeitshaushalt

Die *mechanischen Eigenschaften* textiler Gebilde - Fasern, Garne, Gewebe und Gewirke - sind seit langem Gegenstand zahlreicher quantitativer Untersuchungen gewesen und ihre Abhängigkeit von mancherlei Einflüssen, wie Wärme, Kälte, Feuchtigkeit usw., sind ausführlich geprüft worden. Es besteht daher in jedem Textilfachmann wohlbekannter Rahmen, in dem die einzelnen Produkte ihren Eigenschaften gemäß den Platz einnehmen, der ihre beste und empfehlenswerteste Verwendung begründet.

Ein ähnlicher zahlenmäßig fundierter Rahmen für die *physiologischen Eigenschaften* textiler Materialien (Wärmetransport, Durchlässigkeit für Wasserdampf und Sauerstoff usw.) wurde in den letzten zwanzig Jahren allmählich Schritt für Schritt geschaffen, ist aber im allgemeinen dem Textilfachmann noch nicht gang und gäbe.

In diesem Abschnitt des vorliegenden Berichts sollen einige neuere Ergebnisse auf diesem Gebiet mitgeteilt werden.

**Transportfähigkeiten durch materielle Systeme (Ohmsches Gesetz)**

*Stromfluß:*  $\text{Coul/cm}^2/\text{sec/cm} = i = \frac{\Delta V}{\Omega}$

$\Delta V$  = Spannungsdifferenz  
 $\Omega$  = Widerstand in Ohm

*Wärme fluß:*  $\text{kcal/m}^2/\text{h/cm} = th = \frac{\Delta T}{C}$

$\Delta T$  = Temperaturdifferenz  
 $C$  = Widerstand in Cloth

*Feuchtigkeits-transport:*  $\text{g/m}^2/\text{h/cm} = m = \frac{\Delta P}{B}$

$P$  = Druckdifferenz  
 $B$  = Widerstand in Barr  
 $\Omega, C$  und  $B$  sind additiv (in Reihe)

Die obigen Formeln geben eine kurze Übersicht über jene Gesetze, die den Transport von Elektrizität, Wärme und Gasmolekülen durch materielle Systeme regeln. Aus ihnen ergeben sich zwangsläufig praktisch meßbare Widerstandsgrößen, die die hindernde Wirkung oder die Schutzwirkung der Substanz gegen den Fluß von Energie und Molekülen zum Ausdruck bringen. Sie ermöglichen es uns, quantitativ definierte Größen für die Charakterisierung unserer Produkte zu verwenden, genauso wie die Zugfestigkeit und die Bruchdehnung von Fasern zu deren Charakterisierung und Klassifizierung dienen.

Zunächst sind in den Tabellen 2 und 3 einige Zahlen über die physiologische Erzeugung von Wärme und Feuchtigkeit unter verschiedenen Bedingungen gegeben. Die Aufgabe der Kleidung ist es nun, entweder den Überschuß an Wärme und Feuchtigkeit nach außen abzuführen oder einen Mangel von außen her aufzufüllen und - wenn möglich - einen dauernden Gleichgewichtszustand herbeizuführen, bei dem an der bekleideten Oberfläche unseres Körpers die für das Wohlbefinden günstigsten Bedingungen herrschen, also eine Temperatur zwischen 18 und 22°C und eine relative Feuchtigkeit zwischen 55 und 70 Prozent.

**Tabelle 2: Körperliche Wärme erzeugung**

AKTIVITÄT	kcal/m <sup>2</sup> /h
Schlaf	35 - 40
Sitzen	50 - 60
Stehen	60 - 70
Gehen ( 3 Meilen/h)	140 - 160
Laufen (10 Meilen/h)	450 - 550
leichte Arbeit	100 - 180
mittlere Arbeit	180 - 280
Schwerarbeit	280 - 380

Die Probleme der geregelten Zu- und Abfuhr sehr kompliziert gebauter Systeme in verschiedenen Industrien - exotherme und endotherme chemische Reaktionen aller Art, Klimatisierung von Gebäuden und Fahrzeugen - sind wohl bekannt und können in relativ exakter Weise gelöst werden, wenn die (positiven oder negativen) Wärmequellen nach

Größe und geometrischer Verteilung bekannt sind und wenn die Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Materialien zur Verfügung stehen.

**Tabelle 3: Feuchtigkeitsausscheidung des Körpers bei 25 bzw. 70 % relativer Luftfeuchtigkeit\***

AKTIVITÄT	kcal/m <sup>2</sup> /h
Schlaf	5 - 10
Sitzen	10 - 15
Stehen	20 - 25
Gehen ( 3 Meilen/h)	40 - 50
Laufen (10 Meilen/h)	80 - 90
leichte Arbeit	35 - 40
mittlere Arbeit	60 - 70
Schwerarbeit	100 - 120

\*) Diese übertrifft den Feuchtigkeitsverlust durch die Atmung, der ungefähr 10 bis 15 % des Gesamtwerts beträgt.

Für den Fall der thermisch bequemen Kleidung sollen daher den Daten über die Wärmeerzeugung der Tabelle 2 die entsprechenden Zahlen der Schutzwirkung verschiedener Textilmaterialien in Tabelle 4 an die Seite gestellt werden.

**Tabelle 4: Schutzwirkungszahlen verschiedener Textilmaterialien**

MATERIAL	Wärmewiderstand in Cloth
Luft (atm; 0°C)	2,88
Luft (atm; 20°C)	2,74
Luft (atm; 40°C)	2,55
Polyäthylenschaum ( $\alpha = 0,15$ )	2,04
Deckenmaterial	1,30 - 1,50
Mantelstoffe	1,40 - 1,60
Anzugstoffe	0,90 - 1,10
leichte Anzugstoffe	0,40 - 0,60
Non-woven-Material (40 g/m <sup>2</sup> )	0,30 - 0,50
Non-woven-Material (20 g/m <sup>2</sup> )	0,20 - 0,30

Durchschnittliche Oberfläche des menschl. Körpers: 1,5 bis 1,8 m<sup>2</sup>

Sie zeigen zunächst, daß für die Wärmeisolation der Luftgehalt ausschlaggebend ist, daß also der Abfluß der Körperwärme nach einer kälteren Außenwelt am besten durch ‚verfestigte Luft‘ verhindert wird, was zum Beispiel recht gut durch einen schaumgefüllten Schlafsack für den Ruhezustand erreicht werden kann. Auch hier müssen natürlich die physiologisch günstigsten Eigenschaften mit der geeigneten mechanischen Widerstandsfähigkeit verbunden werden.

Man ist mit systematischen Versuchen an ruhenden bzw. an bewegten Puppen schon sehr weit gegangen und hat mit ihrer Hilfe Kleidungen geschaffen, die aus mehreren dünnen Lagen bestehen, von denen jede einzelne eine der drei oder vier maßgebenden zusammenwirkenden Funktionen für extrem heiße, kalte oder windige Außenbedingungen zu übernehmen hat.

In ähnlicher Weise wird auch das Problem des Feuchtigkeits- und des Sauerstoffhaushalts behandelt. Tabelle 3 zeigt Zahlen, die die Menge des vom menschlichen Körper unter ge-

wissen Bedingungen durch Hautverdampfung abgegebenen Wasserdampfes enthalten. Der durch die Atmung bewirkte Verlust (oder Gewinn) an Feuchtigkeit ist in diesen Zahlen nicht enthalten; er beträgt aber in den meisten Fällen nicht mehr als etwa 15 Prozent des Gesamtverlustes.

Wie dieser Verlust mit bestimmten Außenbedingungen ins Gleichgewicht gebracht werden kann, zeigt Tabelle 5, die den Diffusionswiderstand für Wasserdampf in Barr (bezogen auf atmosphärische Luft als 1.00) für eine Reihe von Geweben angibt.

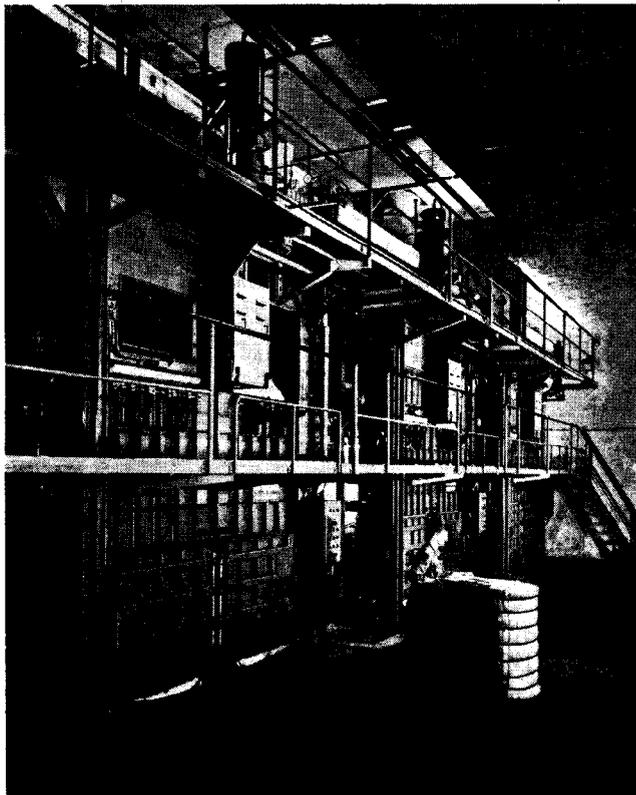
**Tabelle 5: Diffusionswiderstand verschiedener Gewebe gegen Wasserdampf (in Barr)**

MATERIAL	Diffusionswiderstand *)
Luft (atm; 0°C)	1,05
Luft (atm; 20°C)	1,00
Luft (atm; 40°C)	0,95
Non-woven-Material (20 g/m <sup>2</sup> )	2,20
Non-woven-Material (40 g/m <sup>2</sup> )	4,20
leichter Anzugstoff	8,50
normaler Anzugstoff	16,40
Deckenmaterial	22,50
Westenstoff (Sweater Material)	20,50
Mantelstoff	40,00
Windblusenstoff	ca. 100,00

\*) Der Diffusionswiderstand ist hier als ein Vielfaches der Durchlässigkeit einer 1 cm dicken, unbewegten Luftschicht bei 20°C angegeben.

Wieder ist es so, daß für industrielle Vorgänge (wie Waschen und Trocknen von Textilien oder von Papier, Luftreinigen und Klimatisieren) die Erzeugung und Beibehaltung eines genau kontrollierten Feuchtigkeitsgrades quantitativ sehr exakt durchgearbeitet wurde, sodaß theoretisch und praktisch bereits verlässliche Grundlagen bestehen, die in letzter Zeit auch auf die kleinste der von uns benutzten „Behausungen“, nämlich auf die Kleidung angewendet werden.

Viele der bei diesen Versuchen gesammelten Erfahrungen haben ergeben, daß die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Chemiefasern zwar im Hinblick auf ihr mechanisches Verhalten recht befriedigend sind, daß sie aber in bezug auf ihre physiologischen Eigenschaften einer sorgfältigen Verarbeitung bedürfen. Man ist daher darangegangen, neuartige synthetische Fasern herzustellen, die hinsichtlich Wärmeleitung und Quellfähigkeit von ihren klassischen Vorbildern wesentlich abweichen. Diese Bemühungen machen vielfach Gebrauch von schaumartigen und lufthaltigen Fasern, von segmentierten Blockpolymerisaten, von Zwillingsfasern und von Polymerlegierungen, mit deren Hilfe man in der Lage ist, durch geeignete Mischung mit den bekannten natürlichen und künstlichen Fasern in ökonomischer Weise neuartige Effekte zu erzielen.



## Sinnvolle Automatisierung beim Ballenpressen!

Die Textil-Industrie rechnet mit jedem Mann und jeder Minute. Deshalb spielt die Automation in allen Produktionsphasen eine entscheidende Rolle. Ein Beispiel dafür liefert das Pressen von Ballen aus Zellwolle und vollsynthetischen Fasern mit der ölhdraulischen LINDEMANN Ballenpresse Typ BUKEL. Ihre sinnvoll automatisierte Arbeitsweise bietet den Vorteil, daß ein Mann die Pressen mehrerer Faserstraßen bedienen kann. Folgende Arbeitsgänge werden vollautomatisch durchgeführt:

- Faser-Zuführung;
- Füllen der Vorpresse;
- Bestimmung des Ballengewichtes in der Presse;
- Drehen des gefüllten Kastens in die Nachpresse und gleichzeitiges Drehen des leeren Kastens in die Vorpresse;
- Fertigpressen des Ballens;
- Öffnen des hydraulischen Türverschlusses.

Weitere Einzelheiten über den Aufbau der ölhdraulischen LINDEMANN Ballenpresse Typ BUKEL werden Sie interessieren. Schreiben Sie deshalb an

**LINDEMANN KG** HYDRAULISCHE PRESSEN · DÜSSELDORF

## Diskussion

**Pestalozzi:** Können Sie uns sagen, wie groß die Anzahl der Versuchspersonen war, die zur Feststellung der Werte für ‚körperliche Wärme-erzeugung und Feuchteausscheidung‘ herangezogen wurde?

**Mark:** Ja, die war sehr verschieden; genau kann ich es nicht angeben, sicher waren es einige Hundert. Genaueres darüber finden Sie in dem Buch von *F o u r t* und *H o l l i e s*. Es waren vor allem Soldaten, die dazu herangezogen wurden.

**Albrecht:** Wir haben mit Interesse Ihr schönes Dreieck gesehen, aus Festigkeit, Vernetzung und Steifheit. Außerdem haben Sie gesagt, daß es wünschenswert wäre - wegen des Griiffs -, einen sehr feinen Titer zu haben. Da müßte es doch eigentlich logisch sein, Qiana bevorzugt in den Stapelfasersektor zu bringen. Durch die Steifheit müßte ja dann auch bei feinem Titer die Verarbeitung gewährleistet sein, was bei anderen Fasern doch sehr erschwert wäre. Frage: Gibt es Qiana auch als Stapelfaser?

**Mark:** Ich bin natürlich über das Programm nicht genau informiert, auf Grund dessen diese neue Faser eingeführt werden soll. Im Augenblick kann man in den USA hauptsächlich Materialien aus Qiana kaufen, die aus kontinuierlichem Garn hergestellt sind. Es ist ja so, - wenn man eine Faser wirklich gut bauschen kann, wenn man ihr eine wirklich permanente dreidimensionale Kräuselung geben kann, warum soll man dann eine Stapelfaser machen? Dabei hat man ja doch nur Schwierigkeiten. Zuerst bemüht man sich, eine unendlich lange Faser herzustellen und dann zerschneidet man sie? Stapelfasern sind natürlich notwendig, wenn man Fasermischungen herstellen will.

**Welfers:** Als die drei Grundparameter der Bekleidungsphysiologie - sprich Komfort - werden Wärme, Feuchte und Lufttransport angesehen. Wir haben einen weiteren neuen Faktor gefunden, der von entscheidender Bedeutung ist: die Oberfläche der Faser. Darüber werden wir morgen noch Näheres hören. Die Leitfähigkeit, die nach einer Arbeit von Professor Eyer über spezifische Leitfähigkeit für Keratin, Polyamid und Polyester nur in der zweiten Dezimale (0,002 oder 0,003) verschieden ist, ist für die Praxis infolge des hohen Porenvolumens - bei Kammgarn zum Beispiel 70:30, für Strickware 90:10 - und der Isolierwirkung der Luft - etwa 1:10 zum Material - doch zu vernachlässigen.

Interessiert hätte mich nur: Haben die Fasern, die Sie eben als neu genannt haben, zum Beispiel Chinon, Qiana usw., eine andere Wasseraufnahme bzw. einen anderen Wassertransport über die Oberfläche? Sind diese Transporteigenschaften über die Oberfläche bei diesen von Ihnen genannten Fasern wesentlich besser als bei den üblichen synthetischen Fasern?

**Mark:** In bezug auf die Wärmeleitfähigkeit ist die Antwort „Nein“. Alle Polymeren haben ungefähr die gleiche Wärmeleitfähigkeit, wie Sie schon selbst sagten, kleine Differenzen sind aber da. Das Wesentliche ist jedoch, wieviel Luft im Material drinnen ist und wieviel Luft wieder aufgenommen wird, wenn es sich wieder ausdehnt.

Bei der Feuchtigkeitsaufnahme sind die Verhältnisse nicht so einfach, da unterscheiden sich natürlich die einzelnen Fasern viel mehr. Die normale Standardfeuchtigkeitsaufnahme von Qiana ist - glaube ich - 2,8, also so ähnlich wie von anderen Polyamiden, etwas weniger jedoch wegen dem langen bityclischen Diamin. Aber die japanische Chinonfaser hat eine sehr viel höhere Feuchtigkeitsaufnahme. Wie es da mit dem Oberflächentransport der Feuchtigkeit ist, weiß ich nicht. Es könnte wohl so sein, daß die sich von anderen Fasern sehr unterscheiden.

**Welfers:** Heißt das, daß also Fasern zu entwickeln sind, die wesentlich mehr Feuchte aufnehmen können als die bisherigen synthetischen Fasern?

**Mark:** Ja, ich glaube, wir berühren hier ein sehr interessantes Gebiet. Polyhydroxyäthylacrylat ist ein besonderes Material, - die Idee ist allerdings nicht, einen ganzen Anzug aus diesen Fasern herzustellen, sondern vielleicht 10 Prozent davon in ein Gewebe einzubauen, um dadurch die notwendige Feuchtigkeitsleitfähigkeit zu erzielen. Bei

Teppichen tut man schon so etwas, da baut man Stahlfasern (*Brunsmet Fibers*) ein - wenige Prozent davon genügen bereits -, um die antistatische Aufladung von Teppichen zu verhindern.

**Welfers:** In bezug auf antistatische Wirkung stimme ich Ihnen bei, in bezug auf Feuchtetransport vertritt aber die internationale Literatur, die internationale Forschung auf dem Bekleidungssektor, auf Grund wissenschaftlicher Untersuchungen die Meinung, daß der Transport der vorhin von mir genannten Größen weitgehend faserunabhängig ist. Das ist auch die Ansicht verschiedener Fachleute, wie beispielsweise Biemann.

**Mark:** Sie meinen, daß auch der Feuchtigkeitstransport von der Faser im wesentlichen unabhängig ist?

**Welfers:** Dies ist ein entscheidender Gesichtspunkt bei der Überlegung, wo die Faserforschung der Konzerne angesetzt werden soll, ob Fasern mit einem erhöhten Wassertransport oder einer erhöhten Wasseraufnahme, wie sie beispielsweise die Baumwolle hat, zu entwickeln sind. Wir haben doch teilweise Ergebnisse vorliegen, die die Notwendigkeit nicht erbringen.

Hier könnte man zum Beispiel vom Komfort ausgehen und die Frage stellen: „Was ist für den Menschen angenehmer: fünf Stunden in einem nassen Baumwolltrikot zu sitzen, bei der Feuchtigkeitsabgabe von einigen Litern pro Stunde (wenn ich zum Beispiel an ein Fußballspiel denke), oder ob er innerhalb von einer halben Stunde oder einer Stunde in einem synthetischen Trikot wieder trocken ist?“

**Mark:** Ja, ich würde glauben, daß es sich schon lohnt, solche Fasern herzustellen und einmal auszuprobieren, mit wieviel Prozent Beimischung man einen physiologisch interessanten Effekt erzielt. Sehr stark hydrophile Fasern werden ja sowieso aus anderen Gründen - für medizinische Zwecke, für Verbände usw. - hergestellt. Man erzeugt zwar diese Fasern im Augenblick nicht, um damit den Komfort von Anzügen zu untersuchen, sondern hauptsächlich für medizinische Zwecke; ich könnte mir aber denken, daß man solche Fasern auch dafür heranziehen kann.

**Seidl:** Das war sicher eine sehr interessante Frage. Wenn wir beispielsweise Hemdenstoffe, die heute im wesentlichen aus 70 % Polyester und 30 % gekämmter Baumwolle hergestellt werden, oder Kleiderstoffe, denen 30 % Zellwolle beigemischt werden, betrachten, zeigt sich, daß man *schon* das Bedürfnis hat, effektiv eine gewisse Wasseraufnahmefähigkeit zu erzielen, aber ich sage ausdrücklich, eine *begrenzte*.

Die Baumwolle nimmt ungefähr 8 % Feuchtigkeit auf und hat einen Anteil von 30 % im Gewebe. Man kann daraus leicht berechnen, wie gering der Wassertransport sein muß. Ich glaube, dies ist ein gewisser Fingerzeig, in welche Richtung man gehen sollte.

Es scheint mir daher schon richtig, daß nicht nur der Oberflächentransport allein, sondern auch eine gewisse Wasseraufnahmefähigkeit entscheidend ist. Ich stimme Ihnen zu, daß ein Unterschied für den Fall besteht, wenn man wirklich sehr stark transpiriert. Dann passiert bei starker Wasseraufnahmefähigkeit der Faser das, was Sie soeben erwähnt haben: man hat klatschnasses Zeug an sich, das ewig nicht trocknet.

Der Weg, der eigentlich jetzt nur physiologisch beschritten wurde, mit 70 % Polyester und 30 % Baumwolle oder Zellwolle, ist an sich eine ideale Lösung, - man empfindet es auch als angenehm. In allen Fällen trocknet es rasch, leitet aber doch die Feuchtigkeit verhältnismäßig gut ab. Ich glaube, daß das schon ein gewisser Fingerzeig ist, wohin die Forschung gehen sollte.

**Köb:** Sie sprachen davon, die Faser möglichst fein zu machen und das dann durch Festigkeitserhöhung zu kompensieren. Da Qiana aber als Endlosfaden verarbeitet wird, entstehen dadurch nicht Schwierigkeiten beim Verspinnen und Verarbeiten, wenn man sie feiner macht? Das Problem ‚Pilling‘, das Problem ‚Kardenfüllung‘ wird dann aktuell.

Gibt es Fasern, die unter 1 dtex liegen und noch sinnvoll verarbeitet werden können? Oder kommt dann nicht die Zieherempfindlichkeit, die Pillempfindlichkeit usw. in den Vordergrund? Kann man diese Einflüsse durch anders geformten Molekülaufbau kompensieren, oder

stecken wir hier an einer Grenze, wo es nicht mehr richtig weitergeht und wo auch das Polymere es nicht mehr schaffen könnte?

**Mark:** Ums Pillen kommt man ja immer herum, wenn man kontinuierliche Fasern verwendet. Fasern mit ganz großen Festigkeiten, ca. von 12 bis 15 g/den, wurden bisher vorwiegend als Industriefasern verwendet, zum Beispiel als Reifenkord. Dazu brauchen sie natürlich nicht sehr fein zu sein.

Wenn man jetzt ein zusätzliches Ziel hat, nämlich die Fasern fest und fein haben will, dann muß man sich Gedanken darüber machen, welche Faserformen die besten sind, um das zu erzielen. Qiana kann sehr fest gemacht werden, ca. 10 g/den. Es gibt also keinen Grund, warum das Ziel nicht erreichbar wäre, wenn das Molekulargewicht hoch genug ist.

---

**Farbstoffe  
Pigmente  
Industrie-Chemikalien**

**Geigy**

Geigy Warenhandelsgesellschaft m.b.H.

**Wien**

Stubenring 24  
Telefon 52 12 41  
Telex 1789

**Bregenz**

Römerstraße 1  
Telefon 2 23 81  
Telex 611

Vertritt in Österreich die Firmen:

J.R. Geigy A.G., Basel  
Rohner A.G., Pratteln  
Chemische Fabrik Pfersee GmbH.,  
Augsburg  
Novo Industri A/S, Kopenhagen  
Clemens Trumpler, Worms

## Neue Erfolge auf dem Gebiet der chemischen Modifizierung von Zellulose

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

Die neuesten Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der chemischen Modifizierung von Zellulosefasern durch Pfropfcopolymerisation lassen sich in zwei Teile aufgliedern:

Der erste (theoretische) Teil beschäftigt sich mit dem Studium des Mechanismus der Pfropfpolymerisation und bringt Erkenntnisse über den Einfluß der funktionellen Gruppen im Molekül der modifizierten Zellulose auf die Reaktionsgeschwindigkeit und auf die Menge des aufgepfropften Polymeren. Der Einfluß des Initiators bei der Kettenübertragung wurde untersucht und seine Auswirkung auf den Verlauf der Pfropfung diskutiert. Abschließend werden Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der gepfropften Produkte und der Länge der aufgepfropften Ketten erörtert.

Der zweite Teil beleuchtet dasselbe Problem von der praktischen Seite her und beschäftigt sich mit der Herstellung verschiedener Typen modifizierter Zellulosematerialien in halbtechnischen und in technischen Maßstäben. Das Programm umfaßt:

- Mtylon-Fasern für die Teppichherstellung,
- flamm sichere Zellulosefasern und -gewebe,
- Fasern mit Ionenaustauschereigenschaften,
- blutstillenden Mull, sowie
- bakterizide Fasern, Gewebe und Vliesstoffe.

Das Herstellungsprinzip, das Schema des technologischen Prozesses, die Anwendungsgebiete sowie die Eigenschaften dieser Materialien werden diskutiert.

The latest research-work regarding the chemical modification of cellulose fibers by graft polymerization can be divided into two parts: The first (theoretical) part deals with the mechanism of graft polymerization and with resultant findings regarding the influence of the functional groups in the modified cellulose molecule on the reaction-rate and the quantity of polymer added by grafting. Initiator action during chain-transfer is investigated and its effect on the process of grafting is discussed. In concluding, a description is given of the interrelations between the properties of the grafted products and the length of the chains grafted upon them.

Part two illuminates the identical problem from practical point of view, dealing with the production of various types of modified celluloses on both a semi-industrial and an industrial scale. The program comprises:

- Mtylon-fibers for the production of carpets,
- flameproof cellulose fibers and woven fabrics,
- fibers with ion-exchanging properties,
- hemostatic gauze,
- bactericidal fibers, woven fabrics, and non-wovens.

The principle of manufacture, the principle of the technical process involved, fields of application, and the properties of these materials are discussed.

Vor zwei Jahren hatte ich die Gelegenheit, anlässlich der VII. Internationalen Chemiefasertagung in Dornbirn einen Vortrag vorzulegen, in dem in kurzen Zügen die in unserem Laboratorium auf dem Gebiet der chemischen Modifizierung von zellulosischen Natur- oder Kunstfasern, insbesondere von Viskose- und Azetatfasern, entwickelten Forschungsgebiete behandelt wurden.

Grundsätzlich wurde für die chemische Umsetzung von Zellulose und damit zur Herstellung von Materialien mit neuen, technisch wertvollen Eigenschaften eine gestartete radikalische Pfropfcopolymerisation aus wäßrigen Lösungen oder aus Emulsionen verschiedener Dien- bzw. Vinylmonomere als besonders aussichtsreich gewählt.

Im Laufe der letzten Jahre setzten wir die Entwicklung dieser Methode fort, nahmen bereits ausgearbeitete Verfahren in versuchsbetrieblichem und industriellem Maßstab in den Einsatz und erweiterten die Verwendungsbereiche dieser Materialien für die Volkswirtschaft. Im Jahre 1969 wurde in der Sowjetunion mit der Herstellung von blutstillendem Mull begonnen, dessen Gesamtproduktion 1970 einige Millionen Meter betragen wird.

Zur Erzeugung der Faser „Mtylon“ - einem Pfropfcopolymeren von Zellwolle und Polyacrylnitril - wurde eine Produktionsanlage in Betrieb gesetzt. Die Herstellung dieser neuen Faser, die sowohl für die Teppich- und Bekleidungsindustrie als auch für die Erzeugung anderer ähnlicher Artikel erhebliches Interesse besitzt, wird erfolgreich beherrscht. Die Produktion nichtbrennbarer Viskosefasern, die eine immer größere Bedeutung für verschiedene Volkswirtschaftszweige gewinnt, wurde bereits in halbtechnischem Umfang aufgenommen.

Bakterizide Vliesstoffe zur Luftfiltration in pharmazeutischen Betrieben werden im versuchsbetrieblichen Maßstab hergestellt. Hunderte von Ärzten in den verschiedenen Kliniken Moskaus und anderer Städte der Sowjetunion verwenden erstmals Berufskleidung, aber auch andere medizinische Artikel aus bakterizidem Gewebe.

Die Verwendung von nichtbrennbaren Zellulosematerialien für verschiedene Zwecke, insbesondere für Berufskleidung, Theaterdekorationen, Heimtextilien etc., steigt ständig.

Ganz rasch wächst der Einsatz von Zellulosematerialien als Ionenaustauscher - in erster Linie zur Adsorption von Kupfer-, Zink-, Quecksilber- und besonders von Edelmetallionen.

In den nächsten Jahren werden voraussichtlich chemisch modifizierte Viskosefasern und zum Teil auch Azetatfasern, besonders aber Pfropfcopolymere dieser Fasern mit verschiedenen synthetischen Polymeren, zu einem Zweig der Chemiefaserindustrie hoher Kapazität werden.

Gleichzeitig mit der Entwicklung neuer Typen und der industriellen Beherrschung der Produktion obenerwähnter modifizierter Viskosefasertypen wurden unsere wissenschaftlichen Arbeiten zum besseren Verständnis der Pfropfcopolymerisation intensiviert, die eine weitere Verbesserung der Polymerisation, die Entdeckung grundlegender Gesetzmäßigkeiten des Verfahrens und ein eingehendes Studium der Eigenschaften der Fertigwaren zum Ziel hatten.

Im Rahmen dieses Vortrags werden ganz kurz neue Kenn-  
daten, die für die Pfcopolymerisation, die unter betrieb-  
lichen bzw. versuchsbetrieblichen Bedingungen schon ein-  
gesetzt werden, dargelegt.

Unter den wissenschaftlichen Fragen, die mit diesem Pro-  
blem gegenwärtig in engem Zusammenhang stehen, sind un-  
seres Erachtens folgende von größtem Interesse:

- a) der Einfluß des Charakters der funktionellen Gruppen  
des modifizierten Zellulosemoleküls auf die Reaktions-  
bedingungen und die Geschwindigkeit des Pfcopolymeri-  
sationsverlaufs bei der chemisch gestarteten Radikalpolymeri-  
sation,
- b) der Einfluß des Charakters eines auf Zellulose einwirken-  
den reaktionsfähigen Radikals (d.h. eines Initiators) auf  
die Pfcopolymerisationswirksamkeit bei Kettenübertragung von  
einem Initiatorradikal auf Zellulose,
- c) der Einfluß der gepfropften Kettenlänge auf die Eigen-  
schaften des erhaltenen Produkts.

Im Anschluß daran sollen die ermittelten Ergebnisse kurz  
beschrieben werden:

Eine geeignete chemische Startreaktion für die Pfcopoly-  
merisation zu finden, ist einer der wichtigsten Faktoren, der die Wirk-  
samkeit und die den Erfolg einer vorgeschlagenen Methode  
bestimmt. Bei der Analyse der Zweckmäßigkeit eines Ver-  
fahrens müssen aber viele Faktoren in Betracht gezogen wer-  
den. Große Bedeutung hat neben der Einfachheit der Aus-  
führung auch die Geschwindigkeit des Reaktionsablaufs so-  
wie die Art der Monomeren, die zur radikalisch gestarteten  
Pfcopolymerisation verwendet werden können.

Selbstverständlich kann die Pfcopolymerisation nur  
dann apparativ rationell gestaltet werden, wenn die Reak-  
tion nach einem kontinuierlichen Schema erfolgt, was nur  
bei sehr kurzen Reaktionszeiten von nicht mehr als 1 bis 2  
Minuten möglich ist.

Die Auswahl der Startreaktion und die Möglichkeiten zur  
Beschleunigung des Prozesses hängen aber in hohem Maße  
vom Charakter der funktionellen Gruppen der ursprünglichen  
bzw. der chemisch veränderten Zellulose ab, die als  
Ausgangsprodukt eingesetzt wird.

### I. Der Einfluß des Charakters der funktionellen Gruppen des Zellulosemoleküls

Die Zellulose enthält bekanntlich nur eine Art reaktions-  
fähiger funktioneller Gruppen, die bei der Pfcopolymeri-  
sation herangezogen werden können. Dies sind primäre und sekundäre Alkoholgruppen. Dadurch ist  
die Anzahl der Methoden, die zur Ausführung der Radikal-  
polymerisation unter Bildung eines Redoxsystems mit Zel-  
lulose als Reduktionsmittel in Betracht kommen können,  
stark beschränkt.

Zu den am besten geeigneten Oxydationsmitteln, wie sie in  
Laboruntersuchungen gewöhnlich verwendet werden, gehö-  
ren Salze des vierwertigen Zerials<sup>1</sup>. Für die Entwicklung  
einer Pfcopolymerisationsmethode im industriellen Maßstab ist aller-  
dings die Verwendung dieser teuren Substanz nicht rentab-

bel. Außerdem verläuft die Pfcopolymerisationsreaktion in Gegen-  
wart dieser Salze relativ langsam und kann bei unexakter  
Einhaltung der Verfahrensparameter zur Bildung bedeuten-  
der Mengen an Homopolymeren führen.

Die Anzahl von Varianten der Pfcopolymerisation kann  
man erweitern, indem man in das Zellulosemolekül vorher  
Carbonyl-, Carboxyl-, Sulfhydryl- oder Aminogruppen ein-  
führt.

Am einfachsten ist die Einführung einer geringen Menge an  
Carboxylgruppen (0,05 bis 0,2 %) ins Hydratzellulosemole-  
kül (Viskosefaser). Während der verschiedenen technologi-  
schen Prozesse der Viskosefaserproduktion, wie der Vorreife  
von Alkalizellulose, der Bleiche von Fasern u.a., erfolgt eine  
Oxydation einiger Alkoholgruppen bis zu Carboxylgruppen,  
wodurch dann die für die Pfcopolymerisation erforderliche Menge an  
Carboxylgruppen in der Faser schon vorhanden ist.

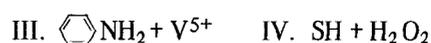
Wie bereits oben<sup>2</sup> erwähnt wurde, ermöglichen geringe Men-  
gen von Carboxylgruppen, die durch Salzbildung eine der  
Redoxsystemkomponenten (z.B. Ionen zweiwertigen Eisens)  
binden können, die Pfcopolymerisation von Vinyl- und Dienmono-  
meren nach der Kettenübertragungsreaktion<sup>3</sup>. Diese Pfcopoly-  
merisationsart ist am wirksamsten und wird von uns bei der Her-  
stellung von modifiziertem Zellulosematerial im experimen-  
tellen wie im versuchsbetrieblichen Maßstab weitgehend ver-  
wendet.

Die Methode hat aber auch eine Reihe von Mängeln, bei-  
spielsweise die Vielstufigkeit des Prozesses [a.) Salzbildung  
mit Eisen(II)-Ionen, b.) Auswaschung des Eisen(II)-Ionen-  
überschusses und c.) nachfolgende Pfcopolymerisation] und dadurch  
längere Reaktionszeiten sowie Komplikationen dieser Pfcopoly-  
merisation von Monomeren, die Carboxylgruppen (z.B. Acryl- und  
Methacrylsäure, Vinylsulfonsäure etc.) enthalten und mit  
den durch Salzbindungen gebundenen Eisen(II)-Ionen rea-  
gieren können.

Die Einführung geringer Mengen funktioneller Gruppen, die  
ein höheres Redoxpotential im Vergleich zu OH-Gruppen  
besitzen und daher viel schneller als Alkoholgruppen oxy-  
diert werden, ermöglicht eine erhebliche Beschleunigung  
der Ausbildung aktiver Zentren im Zellulosemolekül und  
folglich eine wesentliche Geschwindigkeitserhöhung der  
Pfcopolymerisation, bei der die Zellulose die Rolle des Reduktions-  
mittels eines Redoxsystems spielt. Zu diesen Gruppen zäh-  
len Aldehyd-, aromatische Amino- und besonders Sulf-  
hydrylgruppen.

In Abbildung 1 wird der Einfluß funktioneller Gruppen auf  
die Reaktionszeit für die Aufpfcopolymerisation von 50 % Polyacryl-  
nitril auf Viskosefasern gemäß der angegebenen Methode  
schematisch dargestellt. Die Pfcopolymerisation fand unter Verwen-  
dung von Redoxsystemen mit Zellulose als Reduktionsmit-  
tel statt.

Die Zusammensetzung des Redoxsystems ist wie folgt:



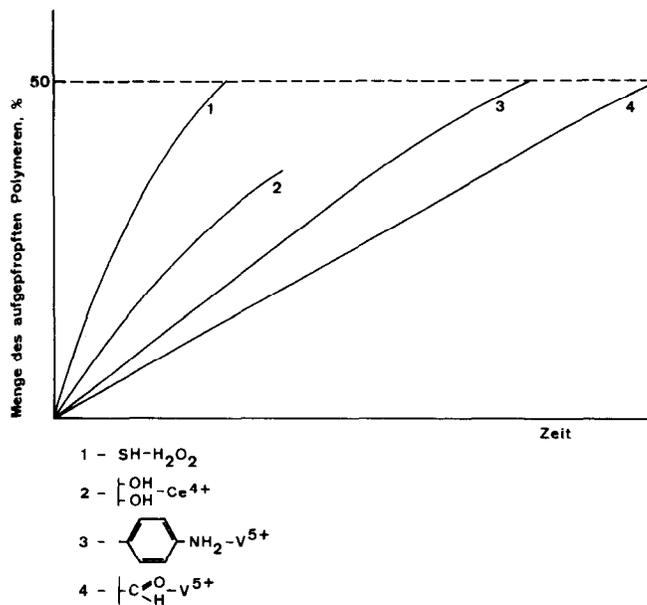


Abb. 1: Einfluß verschiedener funktioneller Gruppen auf die Pflropfung von 50 % Polyacrylnitril auf Viskosefasern

In Tabelle 1 sind die Werte des Redoxpotentials eines Oxydationsmittels mit verschiedenen funktionellen Gruppen<sup>4</sup> angeführt.

Tabelle 1

Vergleich der Redoxpotentiale eines Oxydationsmittels für verschiedene funktionelle Gruppen	
Funktionelle Gruppe	Redoxpotential des Oxydationsmittels (Volt)
Alkoholgruppe	1,55
Aldehydgruppe	1,01
Aromatische Aminogruppe	1,01
Sulphydrilgruppe	0,77

Daraus ist zu entnehmen, daß zwischen dem Charakter einer in das Zellulosemolekül eingeführten funktionellen Gruppe, ihrem Redoxpotential und der Reaktionsgeschwindigkeit der Pflropfpolymerisation eine direkte Korrelation besteht.

Werden die drei letztgenannten Redoxsystemtypen verwendet, so fallen die bei der oben beschriebenen Pflropfung nach *Bridgeford*<sup>3</sup> auftretenden Einschränkungen hinsichtlich der Monomeren weg. Wie die in unserem Laboratorium durchgeführten Versuche gezeigt haben, können unter Benutzung dieser Systeme auch schwer polymerisierbare Monomere mit Zellulose gepflropft werden, die unter anderen Umständen keine radikalische Pflropfcopolymerisation eingehen können.

Die Hauptschwierigkeit bei der Ausführung dieser erfolgreichen Methoden der radikalischen Pflropfcopolymerisation besteht in der Einführung einer geringen Menge der erwähnten Gruppen ins Zellulosemolekül.

Die Einführung einer mehr oder weniger großen Menge von

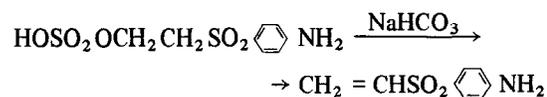
Aldehydgruppen in das Molekül der teilweise oxydierten Zellulose kann durch eine Behandlung mit einer wäßrigen Perjodsäurelösung - unter Ausbildung sogenannter Dialdehydzellulose - am einfachsten durchgeführt werden. Dieses selektiv wirkende Oxydationsmittel ist aber sehr teuer und kann deshalb nicht zu einer weitgehenden praktischen Anwendung empfohlen werden. Außerdem zeichnet sich Dialdehydzellulose durch die Anwesenheit eines gebrochenen Pyranosezyklus (zwischen den Kohlenstoffatomen in Position 2 und 3) und eine verminderte Alkalibeständigkeit aus, wodurch der Verwendungsbereich für solche modifizierte Materialien auf jeden Fall begrenzt ist.

Aromatische Aminogruppen können unter Anwendung verschiedener Alkylierungsmethoden, beispielsweise mittels einer Michael-Reaktion, eingeführt werden.

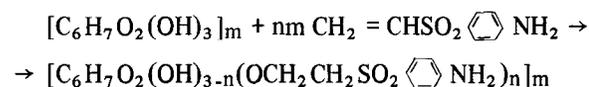
Durch Behandlung von Zellulose mit einer schwach alkalisch gemachten schwefelsauren Lösung von 4-β-Oxyäthylsulfonylanilin oder 4-β-Oxysulfonyl-2-aminoanisole, einem Zwischenprodukt bei der Herstellung aktiver Farbstoffe, gelang es, aromatische Aminogruppen enthaltende Zelluloseäther zu gewinnen<sup>4</sup>.

Die Sauerstoffalkylierung von Zellulose erfolgt nach folgendem Schema:

- a) Bei erhöhter Temperatur findet im schwach alkalischen Medium eine Abspaltung des Schwefelsäurerestes statt, wobei eine Vinylgruppe ausgebildet wird:



- b) Die entstehende Vinylsulfongruppe - in status nascendi - verbindet sich mit einem Zellulosemolekül unter Bildung eines Aminogruppen enthaltenden Zelluloseäthers:



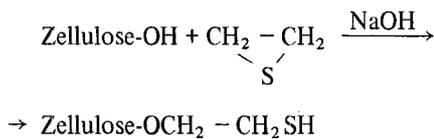
Die Anwesenheit der aromatischen Aminogruppen im Zellulosemolekül ermöglicht die Bildung von Redoxsystemen, beispielsweise mit 5wertigen Vanadiumsalzen, die sich durch ein hohes Redoxpotential auszeichnen und das Aufpflropfen verschiedener Vinyl- und Dienpolymere<sup>5</sup> gestatten.

Der Nachteil dieses Verfahrens besteht im hohen Preis der zur Alkylierung benutzten aromatischen Amine sowie darin, daß man meistens gefärbte Produkte erhält. Der Verbrauch an 5wertigen Vanadiumsalzen, die ein Bestandteil des Redoxsystems sind, ist verhältnismäßig gering und erhöht die Kosten dieses Pflropfprozesses nicht wesentlich.

Die Einführung einer geringen Zahl von Sulphydrilgruppen in das Zellulosemolekül ist bei der Durchführung der chemischen Pflropfung von größter Bedeutung. Aus den Kenndaten der Tabelle 1 geht hervor, daß die Sulphydrilgruppe eine erhöhte Reaktionsfähigkeit besitzt und daß die Anwesenheit dieser Gruppe im Molekül der modifizierten Zellulose die Reaktionsgeschwindigkeit des Pflropfungsprozesses bei vielen Monomeren dementsprechend erhöht.

In einem vor kurzem veröffentlichten Übersichtsartikel von Atlas und Mark<sup>6</sup> wird ebenfalls auf die Zweckmäßigkeit der Einführung dieser Gruppe in das modifizierte Zellulosemolekül bei der Durchführung des Pfropfprozesses hingewiesen.

Die Sulfhydrylgruppe kann ins Molekül modifizierter Zellulose mit Hilfe verschiedener Methoden, insbesondere durch die Reaktion von Zellulose mit Äthylensulfid, gemäß folgendem Schema eingeführt werden<sup>7</sup>:



Wegen der hohen Toxizität des Äthylensulfids ist aber die praktische Durchführung dieser Methode weder für Viskosefaserwerke noch für Textilfabriken empfehlenswert.

Den in der Literatur genannten Methoden, die die Einführung von Sulfhydrylgruppen in das Zellulosemolekül, ausgehend von Zelluloseosylaten<sup>8</sup> bzw. -nitrat<sup>9</sup>, durch nukleophile Substitution betreffen, kommt daher bloß rein wissenschaftliches Interesse zu. Sie können für einen großtechnischen Einsatz nicht empfohlen werden.

In letzter Zeit wurde eine interessante Arbeit von Vasilescu und Andriescu<sup>10</sup> veröffentlicht. Hier wird Natriumxanthogenat, das mit Salzen des 2wertigen Eisens zu Eisenxanthogenat als Zwischenprodukt eingesetzt wurde, als Ausgangssubstanz für die modifizierte Bridgford-Methode<sup>3</sup> verwendet. Dieses Zwischenprodukt reagierte mit einer wäßrigen Lösung von Acrylnitril, die eine geringe Menge eines Initiators enthält. Als Ergebnis der Kettenübertragungsreaktion erhält man ein Pfropfcopolymeres. Diese Methode bietet jedoch laut Angabe des Autors keine Möglichkeit, die Pfropfung zu intensivieren und gepfropfte Viskosefasern kontinuierlich - was am zweckmäßigsten ist - direkt im Spinn- bzw. im Veredelungsprozeß herzustellen.

Zur Lösung dieser wichtigen Aufgabe, die eine zunehmende Bedeutung für Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der chemischen Modifizierung von Viskosefasern auf dem Wege der Pfropfcopolymerisation mit sich bringt, müssen neue, einfachere und zugänglichere Methoden der Einführung der beschriebenen Typen funktioneller Gruppen in das Molekül der modifizierten Zellulose ausgearbeitet werden. An der Entwicklung dieses Problems arbeitet jetzt unser Laboratorium.

## II. Der Einfluß des Charakters eines auf Zellulose einwirkenden reaktionsfähigen Radikals

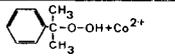
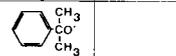
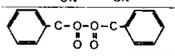
Einen wesentlichen Einfluß auf die Reaktionsbedingungen der Pfropfcopolymerisation übt der Charakter des benutzten Initiators aus. Bei der Reaktion in wäßriger Lösung oder Emulsion des Monomeren ist die Zahl der Initiatoren, die für diese Reaktion benützt werden können, begrenzt. Zweckmäßig werden dafür H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bzw. Ammoniumpersulfat verwendet. Bei der Durchführung der Pfropfcopolymerisation in Gasphase oder unter Verwendung von Monomeren-

dämpfen ist die Auswahl des Initiators verhältnismäßig unbegrenzt, und es können dafür Verbindungen unterschiedlicher Struktur verwendet werden.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß hier der Einsatz eines nichtflüssigen Monomeren vorteilhafter ist, da in der Dampfphase die Möglichkeit zur Bildung eines Homopolymers praktisch völlig ausgeschlossen ist. Die Durchführung dieses neuen Verfahrens ist in der Praxis aber bis heute noch sehr schwierig, da die entsprechenden rationellen Apparate teilweise noch Mängel aufweisen.

In Tabelle 2 sind Vergleichswerte von der Wirksamkeit der Pfropfcopolymerisation und der Menge eines gepfropften Polymeren in Abhängigkeit von Struktur und Charakter eines auf Zellulose einwirkenden Radikals<sup>11</sup> angeführt. Die Wirksamkeit der Pfropfung wird durch die Menge des Monomeren charakterisiert, die für die Reaktion der Pfropfcopolymerisation im Vergleich zum Gesamtverbrauch des Monomeren (d.h. für die Reaktion der Pfropfcopolymerisation) benötigt wird.

Tabelle 2

Einfluss des Charakters des reaktionsfähigen Radikals auf die Pfropfcopolymerisation			
Initiator oder Initiatorsystem	Entstehende Radikale	Menge des aufgepfropften PAN (% vom Cellulosegewicht)	Wirksamkeit der Pfropfung, %
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> / Fe <sup>2+</sup>	OH·	bis 155	87-95
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> · OH·	bis 145	70-79
Fe <sup>3+</sup> / HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HSO <sub>3</sub> · OH·	bis 30	59-62
		bis 2,4	3,6
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C=N-N=C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C·	0,0	0,0
	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> · C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COO·	bis 6,1	3,0

Daraus ist ersichtlich, daß die OH-Radikale bildenden Initiatoren hinsichtlich der Kettenübertragung auf Zellulose hochwirksam sind. Durch Variieren des Charakters eines verwendeten Initiators kann man die Wirksamkeit der Pfropfung in weiten Bereichen und dadurch auch die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Methode zur Durchführung der Pfropfcopolymerisation verändern.

## III. Einfluß der Länge einer gepfropften Kette auf die Eigenschaften des modifizierten Zellulosematerials

Wie schon früher aufgezeigt wurde<sup>2</sup>, ist das Molekulargewicht der gepfropften Kette einer der Hauptkennwerte, welcher die Eigenschaften eines Pfropfpolymeren und des daraus hergestellten Artikels charakterisiert. Heute besteht die Möglichkeit, das Molekulargewicht der gepfropften Kette durch Einführung einer größeren oder einer geringeren Menge an Regulator (Abbrecher der wachsenden Kette) in die wäßrige Lösung bzw. Emulsion eines Monomeren in weiten Bereichen zu variieren. In Tabelle 3 sind die Kenndaten des Einflusses der Menge an eingesetztem Regler auf das Molekulargewicht einer gepfropften Kette angeführt.

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß der Einfluß verschiedener Regler auf das Molekulargewicht der gepfropften Kette sowohl von der Struktur des Pfropfmonomeren als auch

dem Charakter des eingesetzten Reglers abhängt. Bei der Pfropfung von Polyacrylnitril, auf die Viskosefaser beispielsweise, ist die Wirksamkeit von Triäthylamin als Abbrecher der wachsenden Kette um einige hundert Male größer als die von Tetrachlorkohlenstoff, bei der Pfropfung an Polymethylvinylpyridin aber ist die Wirksamkeit viel geringer.

Tabelle 3

Einfluss der Reglermenge auf das Molekulargewicht der gepfropften Kette			
Monomer	Regler	Reglermenge (% der Monomermenge)	DP der gepfropften Kette
Acrylnitril	Tetrachlorkohlenstoff	0	1350
		11	1180
		42,5	870
		100	560
Acrylnitril	Triäthylamin	0	3140
		0,02	660
		0,1	198
		0,2	96
		0,3	56
		0,5	31
Methylvinylpyridin	Triäthylamin	1,0	20
		0	2240
		1	1790
		2	1630
		3	1420
Methylvinylpyridin	Dodecylmercaptan	5	980
		0	2240
		0,5	1120
		1	690
		5	386

Bei der Untersuchung des Einflusses des Molekulargewichts der gepfropften Kette auf die Eigenschaften des Pfropfcopolymeren sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- a) Die Pfropfung erfolgt mit einem Polymeren, aus dem dann auf konventionellem Weg Fasern bzw. Folien hergestellt werden. Unter den Zellulosederivaten, die auf diese Weise verarbeitet wurden, besitzen die modifizierte Triazetylzellulose und die sekundäre Azetylzellulose die größte Bedeutung.
- b) Die Pfropfung erfolgt auf die Faser bzw. auf den fertigen Artikel. In diesem Fall ist der Einfluß der Länge der gepfropften Kette auf die rheologischen Eigenschaften der Lösungen und auf die Temperatur des Glasumwandlungspunktes ohne wesentliche Bedeutung.

Wie in einer kürzlich veröffentlichten Arbeit<sup>12</sup> festgestellt

wurde, beeinflusst das Molekulargewicht bei gleichem Pfropfungsgrad die Viskosität äquikonzentrierter Lösungen eines gepfropften Copolymeren eines Zelluloseäthers. So wird beispielsweise bei der Zunahme des Molekulargewichts der gepfropften Kette von Polymethylmethacrylat von 100 000 auf 800 000 die Viskosität konzentrierter Lösungen des Pfropfcopolymeren von sekundärer Azetylzellulose mit Polymethylmethacrylat 20- bis 25mal größer.

Es ist einzusehen, daß das Spinnen von Fasern aus der Lösung eines solchen Polymeren erschwert wird. Mit der Erhöhung des Molekulargewichts der gepfropften Kette erhöht sich auch die Glasumwandlungstemperatur des Pfropfcopolymeren, während bei der Zunahme der Anzahl der gepfropften Ketten bei mengenmäßig gleichbleibendem Pfropfcopolymeren (also bei Abnahme des Molekulargewichts der gepfropften Kette) die Glasumwandlungstemperatur stark abfällt. Einige Kenndaten zur Verdeutlichung dieser Schlussfolgerung sind in Tabelle 4 angeführt.

Die letzten Ergebnisse aus unserem Laboratorium<sup>12</sup> beweisen, daß mit der Abnahme des Molekulargewichts der gepfropften Kette (bei gleicher Menge an Pfropfcopolymerem) alle mechanischen Eigenschaften einer Folie aus Triazetylzellulose und Zellulosenitrat gesetzmäßig zunehmen. So wurde bei Folien eine Zunahme der Dehnungs- und Schlagfestigkeit sowie der Beständigkeit gegen wiederholte Deformation verzeichnet.

Zur Zeit werden ähnliche Untersuchungen an „Mtylon“-Fasern durchgeführt.

Die oben erwähnten Ergebnisse führen hinsichtlich der rheologischen Eigenschaften der gewonnenen konzentrierten Lösungen (Viskositätsverminderung) sowie der Verbesserung der Eigenschaften der erhaltenen Produkte primär zu folgendem Schluß: Es ist zweckmäßiger, bei gleicher Menge an Pfropfcopolymerem eine größere Anzahl von Ketten mit relativ geringem Molekulargewicht (ca. 40 000 bis 60 000) aufzupropfen, als eine geringe Anzahl hochmolekularer Ketten.

Tabelle 4

Einfluss der Anzahl und des Molekulargewichts der gepfropften Ketten auf die Glasumwandlungstemperatur von Cellulose-Pfropfcopolymeren					
Pfropfcopolymer	Zusammensetzung des Pfropfcopolymeren, %		Molekulargewicht der gepfropften Kette	Anzahl der gepfropften Ketten je 1000 Glucoseeinheiten	Glasumwandlungstemperatur
	Cellulose	Gepfropftes Polymeres			
Cellulose-Polystyrol	60	40	158000	0,683	126
	60	40	74150	1,46	102
	74,8	25,2	7800	7,1	104
	72,9	27,1	4150	14,5	96
Triacetylcellulose - Polymethylmethacrylat	18,8	81,2	1350000	1,08	142
	21,7	78,3	770000	1,59	130
	24,9	75,1		2,04	125
	26,4	73,6	168000	5,4	116
sekundäre Acetylcellulose - Polymethacrylsäure	38	62	800000	0,645	141
	37	63	200000	2,7	132
	37	63	10000	5,4	126

#### IV. Herstellung modifizierter Zellulosefasern

##### A. Produktion nichtbrennbarer Viskosefasern und daraus hergestellter Fertigwaren

Die Bedeutung nichtbrennbarer und nichtglimmender Zellulosefasern und Gewebe für verschiedene Industriezweige sowie für den Haushalt wird immer größer. Leider ist es nicht möglich, aus Zellulose oder aus anderen organischen Natur- bzw. Synthesepolymeren auf einfachem Weg Materialien zu erzeugen, die selbst unter Einwirkung hoher Temperaturen weder verbrennen noch verkohlen. Die Herstellung nichtbrennbarer und nichtglimmender Fasern ist aber bereits gelungen.

Zur Lösung dieser für die Volkswirtschaft so bedeutsamen Aufgabe wurde eine Reihe von Methoden vorgeschlagen, von denen einige im vorigen Jahr hier in Dornbirn<sup>13</sup> anlässlich der VIII. Internationalen Chemiefasertagung im Vortrag von Dr. Pfeifer beleuchtet wurden.

Die in letzter Zeit in unserem Laboratorium durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß der Mechanismus für Flammfestigkeit von Zellulose- und den meisten Typen von Synthesefasern unterschiedlich ist. Dementsprechend werden verschiedene Anforderungen an die Substanzen gestellt, die als Flammenschutzmittel für diese Fasertypen benützt werden können. Die wirksamsten davon sind beim augenblicklichen Stand der Untersuchungen phosphorhaltige Verbindungen - Salze sowie organische Verbindungen verschiedener Klassen. Die Menge phosphorhaltiger Verbindungen, die der Zellulose zur Erzielung einer beständigen Flammfestigkeit zugesetzt werden muß, ist geringer als bei Verwendung anderer Flammenschutzmittel, wie beispielsweise halogenhaltige Verbindungen, Borsäurederivate u.a.

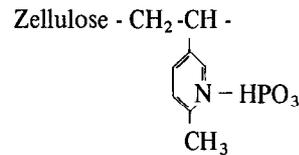
Die Einführung von Phosphor in das Molekül der chemisch modifizierten Zellulose kann auf verschiedene Weise erfolgen. Für die Gewinnung flammfesten Zellulosematerials, das auch gegen Naßbehandlung stabil ist, ist die Einführung wasserlöslicher phosphorsaurer Salze in die Faser, wie es in einer Reihe von Artikeln und Patenten empfohlen wird, ungeeignet. Zu diesem Zweck müssen die phosphorhaltigen Verbindungen auf verschiedene Arten an die Zellulose gebunden werden.

In unserem Laboratorium wurden verschiedene Typen nichtbrennbarer phosphorhaltiger Zelluloseester synthetisiert<sup>14</sup>. Die Synthese dieser Derivate erfolgte aber in der Regel in organischen Lösungsmitteln unter Bedingungen, die einen mehr oder weniger intensiven Zelluloseabbau zur Folge hat. Aus diesem Grund ist dieses Verfahren für eine Anwendung in der Praxis nicht zu empfehlen.

Nichtbrennbare Fasern lassen sich aber auch durch Aufpfropfen von phosphorhaltigen Monomeren erzeugen. Diese Monomeren sind jedoch zur Zeit wenig zugänglich und verhältnismäßig teuer. Wir hielten es deshalb für zweckmäßiger, durch Pfropfung phosphorhaltiger Salze von 2-Methyl-5-vinylpyridin auf Zellulosefasern, insbesondere auf Zellwolle, flammfeste Materialien herzustellen<sup>15</sup>.

2-Methyl-5-vinylpyridin ist leichter erhältlich und wird in

der Sowjetunion großtechnisch hergestellt. Dieses Präparat modifizierter Zellulose hat folgende Zusammensetzung:



Infolge der aus der Literatur bekannten synergetischen Wirkung bei gleichzeitiger Anwesenheit eines Stickstoff- und eines Phosphoratoms im Molekül des Pfropfcopolymeren wird durch Einführung von 3 bis 4 % Phosphor in das Molekül eine hohe Flammfestigkeit erhalten. (Die Menge des gepfropften Polymeren macht 15 bis 20 % vom Zellulosegewicht aus.)

Die Pfropfung des Methylvinylpyridinsalzes erfolgt mit Hilfe der üblichen Radikalpolymerisation unter Benutzung verschiedener Initiatoren.

Die durch die oben dargelegte Methode erhaltenen flammfesten Zellulosefasern sind gegen Waschen bei erhöhter Temperatur beständig. Falls die Wirkung der Flammfestausrüstung nach mehrmaligem Waschen als Ergebnis der Hydrolyse eines phosphorsaurer Methylvinylpyridinsalzes und des Herauslösens der Phosphorsäure verschwindet, so genügt es, das Gewebe oder das entsprechende flammfeste Produkt bloß mit einer verdünnten Lösung von Phosphorsäure zu behandeln, auszuwaschen und trocknen zu lassen. Die Flammfestigkeit wird dadurch wieder vollständig hergestellt.

Die auf diese Weise erhaltenen nichtbrennbaren Fasern besitzen eine ausreichend hohe Zugfestigkeit und - was besonders wichtig ist - Reißfestigkeit. Bekanntlich wird die Festigkeit und besonders die Weiterreißfestigkeit bei vielen flammfesten Zellulosegeweben dann wesentlich herabgesetzt, wenn die Flammfestausrüstung ein nachfolgendes mehr oder weniger langes Erhitzen bei erhöhter Temperatur nötig macht.

Die oben dargelegte Methode der Herstellung flammfester Zellulose- bzw. Viskosefasern wird in der Sowjetunion im halbtechnischen Maßstab durchgeführt.

##### B. Herstellung modifizierter Zellulosematerialien für medizinische Zwecke

###### 1. Herstellung blutstillenden Mulls

Die Entwicklung von blutstillendem Zellulosematerial, das fähig ist, Blut viel schneller als gewöhnliches Verbandmaterial zu stillen, ist schon seit langem im Gange. Bekanntlich wurden in den USA bereits während des letzten Weltkrieges solche Materialien auf der Basis der sogenannten Monocarboxzellulose (eines Produkts selektiver Oxydation von Zellulose mit Stickstoffdioxid) entwickelt<sup>16</sup>. Calciumsalze dieser modifizierten Zellulose-derivate, die im Molekül in Position 6 anstatt der primären Alkoholgruppe eine Carboxylgruppe enthalten, besitzt eine ausgeprägte blutstillende Wirkung. Monocarboxzellulose ist aber ebenso wie deren Kalziumsalz gegen Einwirkung von Heißwasser wenig beständig, was die Möglichkeit zur Sterilisation der daraus erzeugten Artikel sowie deren wiederholte Verwendung ausschließt.



Aus Zellulosepfropfpolymeren werden in halbertechnischem Maßstab auch noch andere Materialien mit wichtigen, technisch wertvollen Eigenschaften erzeugt. Davon gewinnen zur Zeit die Ionenaustauscherfasern und -gewebe, deren Anwendungsbereiche immer größer werden, sowie die mit Polyacrylnitril gepfropften Zellulosepolymeren eine wesentliche Bedeutung, da sie ein weites Einsatzgebiet bei der Herstellung von Konsumartikeln finden.

Die Hauptkenntnisse, die in unserem Laboratorium in der letzten Zeit bei der Entwicklung neuer Zellulosematerialien gewonnen wurden, werden weitgehend zur chemischen Modifizierung von Schafwolle benutzt. Die auf diese Weise erhaltenen modifizierten Fasern und Gewebe aus Wolle zeigen neue wertvolle Eigenschaften.

Ähnliche Möglichkeiten erschließen sich aber auch für andere Natur- und Chemiefasern.

Diese Ergebnisse, die wir auch noch in der Literatur behandeln werden, veranschaulichen immer mehr, welche aussichtsreiche Bedeutung und Fortschrittlichkeit die chemische Modifizierung von Faserstoffen als eine der Hauptrichtungen zur Entwicklung von Materialien mit im voraus bestimmten Eigenschaften besitzt.

- 17) S.A. Rogowin, A.D. Virnik, M.A. Penenshik, T.T. Daurova; Fr.P. 1,489.205 (1967), Fr.P. 671.311 (1969), It.P. 873.032 (1969), Brit.P. 1,141.271 (1969), Schwz.P. 480.073 (1963)
- 18) A.D. Virnik, G.G. Finger, E.M. Mogilevskij, S.A. Rogowin u.a.; Chim. Volokna; S. 225, 1968
- 19) S.A. Rogowin, V.J. Vaschkov, J.S. Koslova, A.D. Virnik; Belg.P. 681.379 (1966), Fr.P.M. 7004 (1969), Fr.P. 1,499.358 (1967)
- 20) S.A. Rogowin, A.D. Virnik; Fr.P. 1,499.788 (1967), Belg.P. 689.429 (1967)

#### Literatur:

- 1) G. Mino, S. Kaiserman; J.Pol.Sci. **31**, 242 (1958)
- 2) S.A. Rogowin; Chemiefasern, Heft 10, 739 (1968)
- 3) I. Bridgeford; Ind.Eng.Ch., Res.Devel. **2**, 45 (1965)  
A. Gulina, R. Livschiz, S. Rogowin; Chim. Volokna (Chemiefasern) Heft 3, 29 (1962)
- 4) S.A. Rogowin, Sun' Tun, A.D. Virnik, N.M. Chwostenko; Vysokomol.soed. (Hochmol.Verbb.) **4**, 751 (1962)
- 5) R.M. Livschiz, D.A. Predvoditelev, S.A. Rogowin: „Zellulose und ihre Derivate“; Izd.Akad.Nauk SSSR (1963) S. 60
- 6) S. Atlas, H. Mark; Cellulose Chemistry and Technology **3**, 343 (1969)
- 7) G. Champetie, F. Hennegin-Lusak; Comp.Rend. **252**, 2785 (1961)
- 8) L. Lifland, E. Pacsu; Text.Res.J. **32**, 170 (1962)
- 9) M.O. Lischevskaja, A.D. Wirnik, S.A. Rogowin: „Chemische Eigenschaften und Modifizierung von Polymeren“; Izd. Akad.Nauk SSSR, S. 243 (1964)
- 10) R. Vasilescu, P. Andriescu; Cellulose Chemistry and Technology **2**, 408 (1968)
- 11) R.M. Livschiz, B.P. Morin, S.A. Rogowin; Cellulose Chemistry and Technology **1**, 163 (1967)
- 12) R.M. Livschiz, N.N. Drushinina, M.P. Pen'kova, S.A. Rogowin; Cellulose Chemistry and Technology **2**, 579 (1968)
- 13) H. Pfeifer; VIII. Intern. Chemiefasertagung 1969 in Dornbirn
- 14) S.A. Rogowin: „Chemische Umwandlungen und Modifizierung der Zellulose“; Izd. „Chimija“, 1967
- 15) S.A. Rogowin, M. Tuganova, I. Krjashev, S. Sharova; USP 3,391.046 (1968), Brit.P. 1,022.083 (1966), DBP 1,289.024 (1969)
- 16) S.A. Rogowin, N.N. Schoygina: „Chemie der Zellulose und ihrer Begleitstoffe“; S. 285, GChITI, 1953

# ING. GOTTFRIED TSCHAMLER

POSTFACH 134

DÖBLINGER GÜRTEL 3

**A-1191 WIEN**

TELEFON 34 66 65

TELEX 07-5364

● TEXTILTECHNISCHES BÜRO

● SCHWEIZER TEXTILMASCHINEN

**Diskussion**

**Albrecht:** Sehr verehrter Herr Professor Pakschwer, zunächst herzlichen Dank für den ausgezeichneten Vortrag über dieses, zunächst einmal von der Zellulose her alte, vom Pfropfen her neue Gebiet. Ganz besonders aber müssen wir anerkennen - nachdem wir heute morgen gehört haben, daß die Amerikaner zu 99,5 Prozent nur englisch sprechen können -, daß Sie uns diesen Vortrag in Deutsch gehalten haben und somit doch ganz wesentlich zum Verständnis im Auditorium beigetragen haben.

Ich glaube, zum Thema ‚Pfropfen‘ wird es noch einiges zu sagen geben. - Oder ist das Gebiet uns allen, die wir hier im Saal sind, so fremd, daß wir uns zunächst einmal mit dem Gehörten abfinden müssen?

**Kräsig:** So fremd ist das Gebiet den Zelluloseleuten wirklich nicht, und ich glaube, eine Bemerkung dazu ist angebracht, weil auch wir uns seit einigen Jahren mit sehr ähnlichen Pfropfmethode befassen. Interessant fand ich, daß Herr Professor Rogowin und seine Mitarbeiter sich in neuerer Zeit intensiv mit der Beeinflussung der Länge der Pfropfkette beschäftigen - wir hatten schon vor Jahren darüber eine sehr heiße Diskussion.

Die Tabelle über den Einfluß der Reglerzusätze auf die Länge der Pfropfkette enthielt keine zusätzliche Information. Wir wissen aber, daß Reglerzusätze auch einen nachteiligen Einfluß haben können, weil sie nämlich die aktiven Xanthogensäuregruppen, die wir beispielsweise verwenden, blockieren und so dem Einfluß eines Initiators entgegenwirken. Haben Sie bei Ihren, oder hat Professor Rogowin bei seinen Pfropfungen ähnliche Erfahrungen gemacht?

**Pakschwer:** Ich kann leider nur kurz antworten, weil es sich hier um Arbeiten von Professor Rogowin handelt. Selbstverständlich stimmen die Daten, die hier in der Tabelle angeführt wurden, genau. Das heißt, je größer die Menge des Regulators ist, desto kürzer ist die gepfropfte Kette; sie ist aber doch genügend lang, um eine chemische Wirkung zu haben. Man setzt ja nicht mehr als 3 bis 4 Prozent Regulator ein, ausgenommen im Falle von Acrylnitril. In anderen Fällen sind die Regulatormengen sehr klein, denn schon dabei bekommt man eine sehr starke Verkürzung der Kette. Würde man mehr Regulator zusetzen, wäre wahrscheinlich der ganze Einfluß verschwunden.

**Kräsig:** Dieselbe Beobachtung haben wir ja auch gemacht. Wir haben aber parallel dazu beobachtet, daß dann der Pfropfgrad unter den gleichen Bedingungen sehr stark zurückgeht, daß man also nicht nur kurze Ketten bekommt, sondern auch weniger pro Molekül. Ich glaube, daß das wahrscheinlich auch bei Ihnen der Fall sein wird.

**Albrecht:** Darf ich auch noch eine Bemerkung dazu machen? In dieser Tabelle fehlt, meiner Meinung nach, auch eine Zeitangabe. Wurde die Zeit bei all diesen Versuchen konstant gehalten?

**Pakschwer:** Ich kann nur glauben, daß sie konstant ist. Ich kann mir aber kaum vorstellen, daß Professor Rogowin verschiedene Daten gemischt hat. Das kann ich aber nicht genau sagen.

**Kräsig:** Ich möchte noch eine zweite Bemerkung machen. Wir können bestätigen, daß die Bruttofestigkeit eines Gewebes beim Aufpfropfen von Flammenschutzmitteln, das heißt von polymerisierbaren Chemikalien, die eine flammhemmende Wirkung einführen können, nicht beeinflußt wird, im Gegensatz zu der Wirkungsweise anderer Flammenschutzmittel.

Anders ist es, wenn man die Pfropfung von Fasern betrachtet. Hier bleibt die Bruttofestigkeit ebenfalls gleich oder sie erhöht sich leicht. Da aber das aufgepfropfte Polymere sehr wenig zur Erhöhung der Faserfestigkeit beiträgt, fällt die gewichts- oder die denierbezogene Festigkeit leider immer ab.

**Pakschwer:** Ja, die Gesamtfestigkeit bleibt ungefähr konstant, die relative Festigkeit, bezogen auf die Nummer der Faser, wird natürlich kleiner.

**Kräsig:** Ja, das müssen wir auch bestätigen.

**Albrecht:** Die aufgepfropfte Masse trägt also nichts zur Festigkeit bei?

**Pakschwer:** Ein bißchen, aber nicht sehr viel.

**Svoboda:** Es würde mich interessieren, ob die aufgezählten Fasern auch nach den herkömmlichen Spinnverfahren und bei annähernd normalen Bedingungen verspinbar sind.

**Pakschwer:** Die Spinnbedingungen wurden nicht geändert.

**Albrecht:** In einer der Tabellen kam auch der Begriff ‚Wirksamkeit der Pfropfung‘ vor. Können Sie dazu noch etwas sagen, was man genau darunter verstehen kann?

**Pakschwer:** Das ist der Prozentgehalt an gepfropftem Monomeren zum Gesamtverbrauch an Monomeren - also eine relative Zahl.

**Albrecht:** Es hat mich eigentlich überrascht, als Sie sagten, daß 15 bis 20 Prozent vom Zellulosegewicht bei der Herstellung flammfester Fasern aufgepfropft werden müssen. Bisher bestand der Unterschied zwischen dem Einspinnen und dem Pfropfen - jedenfalls in der Literatur - vorwiegend darin, daß man beim Pfropfen mit wesentlich weniger auskommt als beim Einspinnen. 20 Prozent sind aber auch beim Einspinnen durchaus übliche Sätze.

**Pakschwer:** Man muß 3 bis 4 Prozent Phosphor eintragen. Der Phosphor muß gebunden sein, damit er nicht ausgewaschen werden kann. Wenn man nun Methylvinylpyridin anpfropft, so ist das an und für sich ein sehr großes Molekül. Um nun 3 bis 4 Prozent Phosphor einbringen zu können, braucht man eben 15 bis 20 Prozent des Copolymeren. Wenn man etwas anderes mit kleinerem Molekulargewicht finden könnte, so wäre das wahrscheinlich vorteilhafter.

**Albrecht:** Nun noch eine Frage zum blutstillenden Mull. Daß er waschbar ist, haben wir aus Ihren Ausführungen entnommen. Da aber heute die Waschbedingungen gerade bei derartigen Materialien sehr hart sind, erhebt sich die Frage, ob dabei nicht irgendwelche speziellen Waschbedingungen eingehalten werden müssen.

**Pakschwer:** Nach russischem Gesetz muß die Sterilisation bei 100°C und 2 atü durchgeführt werden. Blutstillende Materialien werden auch heute in allen Kliniken Moskaus und anderer Städte verwendet, wobei diese Vorschriften genau beachtet werden. Diese vorgeschriebenen Bedingungen für die Sterilisation werden immer eingehalten, und dabei kann man das Material viele Male gebrauchen.

**Albrecht:** Sie haben alle möglichen Einflüsse, die für die Pfropfung wichtig sind, besprochen, haben aber nichts über die Bedingungen erwähnt, die einen ganz bestimmten Quellungsgrad bei dem zu pfropfenden Grundmaterial einstellen können - oder ist das vollkommen beliebig?

**Pakschwer:** Ich kann darauf sowohl als Vertreter von Professor Rogowin als auch als Professor Pakschwer antworten. Professor Rogowin hat die Quellungsmöglichkeiten nicht untersucht, seine Zeiten sind gewöhnlich ziemlich groß. Meiner eigenen Erfahrung nach geht die Pfropfung umso schneller, je höher der Quellwert ist. Der Quellwert muß aber keinen nachteiligen Einfluß auf die Copolymerisation haben. Man muß die Verhältnisse so wählen, daß der Quellungsgrad erhöht, die Polymerisation aber nicht behindert wird. Professor Rogowin hat seine Untersuchungen immer so durchgeführt, wie sie hier angegeben sind, er hat den Quellwert nicht besonders beachtet. Dabei hat er gewöhnlich sehr lange Zeiten bekommen, um die Copolymerisation durchzuführen. Nur bei den Versuchen mit den Sulfhydrylgruppen hat er wirklich sehr rasche Umsätze erhalten.

**Lange:** Herr Professor, Sie sagten, daß im großtechnischen Einsatz in der Sowjetunion bereits mit Acrylnitril gepfropfte Zellulose für Teppiche verwendet wird. Sind die dabei auftretenden Kosten der Qualitätssteigerung äquivalent?

**Pakschwer:** Ich kann diese ökonomischen Fragen leider nicht beantworten. Ich weiß nur, daß gerade in diesen Tagen ein großes Werk, 200 km von Moskau entfernt, angefahren wird, das einige Tonnen pro Tag erzeugt. Die Produktion geht speziell in die Teppichindustrie, und soviel ich weiß, ist es ökonomisch sehr vorteilhaft.

**Lange:** Welches sind die Qualitätsmerkmale, die speziell den Einsatz im Teppichsektor vorsehen?

**Pakschwer:** Erstens gibt es keine Pilzbildung, das heißt, die Fasern sind gegen Bakterien und Pilze beständig. Außerdem ist der Modul etwas höher und damit die Elastizität. Die Anfärbbarkeit und die Scheuerfestigkeit sind auch besser.

**Faltlhansl:** Herr Professor, ich habe eine Frage bezüglich der Orientierung der aufgepfropften Ketten. Haben Sie dazu irgendwelche Daten? Wurden irgendwelche Untersuchungen über die Orientierung der aufgepfropften gegenüber der Zellulosekette durchgeführt?

**Pakschwer:** In diesem Vortrag ist nichts darüber gesagt. Aber in früheren Arbeiten von Professor Rogowin und seiner Schule wurde gezeigt, daß die gepfropften Ketten parallel zur Hauptkette liegen.

**Faltlhansl:** Ist es dann nicht erstaunlich, daß diese Ketten nichts zur Festigkeit beitragen?

**Pakschwer:** Ja, natürlich. Sie können aber nichts beitragen, weil sie eben doch anders sind, andere Ketten.

**Albrecht:** Wie bei einem Mischgarn.

**Kräsig:** Hierzu kann ich eine ganz spezielle Bemerkung machen, weil wir in der letzten Zeit angefangen haben, Pfropfpolymere durch Röntgenuntersuchungen zu charakterisieren. Wir konnten bestätigen, was Dr. Livschitz und Professor Rogowin vor einiger Zeit gefunden und veröffentlicht haben, daß sich nämlich das Acrylnitril scheinbar in einer Art Matrixreaktion entlang der Zellulose legt.

Wir konnten dies dadurch nachweisen, daß weder die Kristallinität noch die Orientierung bei mit Acrylnitril gepfropfter Zellulose geändert war. Das Röntgenspektrum bleibt erstaunlicherweise das gleiche - dafür haben wir bis jetzt noch keine Erklärungen. Die Ergebnisse sind ganz neu, und im Gegensatz dazu reißen aufgepfropfte Polymethacrylseitenketten das Gitter der Zellulose auf und verändern die Orientierung.

**Bussy:** Ich möchte noch einmal auf Ihre Ausführungen über die bakterizide Ausrüstung von Fasern zurückkommen. Sie teilten sie in zwei Gruppen ein. Für Gewebe, die nicht so oft gewaschen werden müssen, wird Hexachlorophen verwendet, und für Gewebe, die öfter

gewaschen werden müssen, werden - wenn ich Sie recht verstanden habe - Kupfer- oder Silberverbindungen von Carboxyl- oder von Sulfogruppen eingesetzt.

Nun, Hexachlorophen wird kosmetischen bzw. desodorierenden Seifen zugesetzt. Allerdings glauben wir, daß es sich dabei nicht um eine bakterizide, sondern höchstens um eine bakteriostatische Wirkung handelt. Können Sie uns aber noch etwas zu dieser Ausrüstung mit Silber- oder Kupfersalzen, von Carboxyl- oder Sulfogruppen, die zwanzig Wäschen aushalten, sagen?

Ist das tatsächlich eine bakterizide Ausrüstung? Und verfärben sich die Gewebe, insbesondere bei Verwendung von Silbersalzen, dann nicht sehr unangenehm, wenn man sie längere Zeit dem Licht oder anderen Bestrahlungen aussetzt?

**Pakschwer:** Ich kann dazu eine sehr alte Legende erzählen. In Alt-Rußland gab es silberne Gefäße, und in diesen hielt man immer 'heiliges Wasser'. Das Wasser war immer ganz klar und immer gesund. Es konnte viele, viele Jahre dauern. Damals wußte man nicht, was die Ursache ist und glaubte dann, das sei Gottes Willen. Die Ursache war aber eine Spur von Silber- oder Kupfersalzen.

Professor Rogowin hat an die Zellulose eine Carbonsäure oder eine Sulfosäure gebunden und hat also eine Carboxyl- oder eine Sulfogruppe bekommen. Besonders günstig sind die Carboxylgruppen, die beispielsweise von der Acrylsäure oder von der Methacrylsäure stammen. Die silbernen bzw. kupfernen Salze dieser Säure hydrolysieren sehr langsam. Ohne Hydrolyse gäbe es keine bakterizide Wirkung.

Bei uns nehmen sogar große Dampfer das Wasser mit Silberfiltern aus der Wolga auf und filtrieren es. Ob die Wirkungsweise allerdings eine bakterizide oder eine bakteriostatische ist, das ist nicht mein Fach, das kann ich nicht sagen.



**WIR  
PROJEKTIEREN, ERZEUGEN UND  
MONTIEREN**

für Papier- u. Zellstoff-Fabriken, chem. u. pharm. Fabriken, Zucker-, Textilfabriken, Raffinerien, etc.

**UNSERE ABTEILUNGEN:**

**INDUSTRIEROHRLEITUNGSBAU**

**TIEFROHRLEITUNGSBAU**

**APPARATE- UND BEHÄLTERBAU**

**WASSER- UND ABWASSERREINIGUNG**

**SELBSTTÄTIGE FEUERLÖSCHANLAGEN, SPRINKLER**

**WERKSTÄTTE UND MONTAGE**

Für qualitativ hochwertige und pünktliche Ausführung unserer Aufträge bürgt unser modern eingerichtetes Werk sowie unser technisch geschultes Montagepersonal.

**MODERNISIERUNG UND ERWEITERUNG  
BESTEHENDER ANLAGEN !**

**BERATUNG DURCH UNSERE FACHINGENIEURE !**

**G. RUMPEL AG.**

Direktion: 1015 Wien  
Seilerstätte 16  
Tel.: 0222/52 15 74  
FS: 01-1429

Werk Wels: 4600 Wels  
Dieselstraße 2  
Tel.: 07242/5371, 72  
FS: 025-512

## Eine Übersicht über die Beziehungen zwischen Faser-, Garn- und Gewebeeigenschaften und dem Bekleidungskomfort

Ernest R. Kaswell

Fabric Research Laboratories, Inc., Boston

Viele Textiltechnologen sind besonders interessiert, Komfortcharakteristika von natürlichen oder von regenerierten hydrophilen Fasern mit synthetischen hydrophilen Fasern hinsichtlich der Fähigkeit, Feuchtigkeit und Wasser zu übertragen, zu vergleichen. Ein weiteres Problem ergibt sich aber auch aus einem Vergleich des relativen Wohlbefindens bei Stapelfasergarnen, Endlosfasern sowie bei Bauschiffgarn auf Grund der Dichte und Glätte. Ähnlich werden auch die Stoffstruktur von gewebten und von gestrickten Erzeugnissen sowie der Einfluß der Dichte des Gewebes, das heißt der Bedeckungsgrad, erörtert.

Einleitend werden nach einem geschichtlichen Überblick die neuesten Arbeiten über die Zusammenhänge von Faser-, Garn-, Stoff- und Fertigartikeleigenschaften und Körperphysiologie sowie Komfort der Kleidung besprochen. Fasereigenschaften sowie die geometrische Garn- und Stoffstruktur werden berücksichtigt. Bestimmte quantitativ objektive Textileigenschaften können im Labor gemessen werden. Diese können dazu beitragen, den Komfort der Kleidung zu verstehen und zu erklären.

Zu diesen Kriterien zählen Stoffdicke, Dichte, Porosität (Anteil des Luftvolumens am Stoffvolumen), Bedeckungsgrad, Steifheit, Glätte, Feuchtigkeitstransfer- und -aufnahmevermögen, Saugfähigkeit, Wasserübertragungseigenschaften, Wärmeleitfähigkeit, Luftdurchlässigkeit, Verhalten eines Luftstromes über der Stoffoberfläche, Strahlungskraft und elektrische Ladung.

Körperliches Wohlbefinden ist natürlich ein subjektives Kriterium, das unmöglich direkt quantitativ angegeben werden kann. Indirekte Angaben über Komfort können aus quantitativen physiologischen Messungen, wie beispielsweise Körpertemperatur, Pulsfrequenz, Schweißproduktion und Stoffwechsel, abgeleitet werden.

In den letzten Jahren entwickelten viele Forschungsorganisationen in den USA hochtemperaturbeständige und flauschige Fasern für industrielle Verwendungszwecke und für Schutzbekleidung. 1967 wurde vom Kongreß ein Gesetz ("Fabric Flammability Act") erlassen, auf Grund dessen es in der Hand des Handelssekretärs liegt, neue, verbesserte Richtlinien für die Flammfestigkeit von Stoffen herauszubringen, um die Öffentlichkeit gegen unnötige Risiken zu schützen.

Diese neue Gesetzgebung findet bereits einen Niederschlag in den verschiedenen Forderungen nach flammfesten Textilien. Neue Fasern, aber auch neue Methoden zur Flammfestausrüstung von Fasern, die sich bereits im Handel befinden, werden entwickelt. Wichtig ist dabei allerdings, daß Griff, Fall und Komfort der Bekleidung, die solcherart ausgerüstet wurde, für den Konsumenten annehmbar sind. Es hat keinen Zweck, ein neues flammhemmendes Mittel oder irgendeine andere Nachbehandlung zu entwickeln, wenn das Kleidungsstück dadurch so unangenehm wird, daß es nicht getragen werden kann.

Many textile technologists have shown special interests in comparing the comfort characteristics of natural or regenerated hydrophilic

fibers with those of hydrophilic synthetics on the basis of humidity-transfer. An additional problem results, when the relative comfort of textiles made of staple-filaments or bulk-yarn, which have a different density and smoothness is evaluated. Similarly, the structure of woven and knitted fabrics, and the influence of fabric density, e.g. the degree of cover, are made the subject of discussion.

An introductory historical survey is followed by a discussion of the latest studies regarding the interrelations existing between the properties of fibers, yarns, fabrics and finished products on the one hand, and the physiological properties and the wearing comfort of garments, on the other. Consideration is given to fiber characteristics and the geometrical structure of yarns and fabrics. Certain quantitatively objective textile properties can be measured in the laboratory, and can help us to understand, and explain, wearing-comfort.

Among these properties are fabric thickness, density, porosity (air volume in relation to fabric volume), degree of cover, stiffness, smoothness, humidity-transfer and hygroscopicity, absorbency, properties of water-transfer, heat of wetting, heat conductivity, permeability to air, behaviour of air currents across fabric surfaces, power of radiation, and electric charge. Physical well-being is, of course, a subjective criterion, which cannot possibly be expressed quantitatively. Indirect evaluation of comfort is possible on the basis of quantitative physical measurements, such as of body temperature, pulse-rate, perspiration and metabolism.

Many research organizations in the United States have developed high temperature-resistant and bulky fibers for industrial applications and protective clothing during recent years. The Fabric Flammability Act was passed by Congress in 1967 leaving it up to the Secretary of Commerce to issue new and improved legislation regarding the flammability of materials in order to protect the public against unnecessary hazards.

This new legislation is already reflected by the various demands made in regard of flame-proof textiles. New fibers will be developed, and certain flame-retarding processes for use on fibers have already reached the commercial stage. The handle, drape, and wearing comfort of resultant garments must, however, be such as to satisfy the consumer. Development of any new flame-retarding agents or after-treatments tending to make garments too uncomfortable for wear would be pointless.

Das Trageverhalten der Bekleidung ist ein Thema, über das schon viel geforscht und noch viel mehr diskutiert wurde, besonders seit in den späten dreißiger Jahren die synthetischen Fasern kommerziell eingeführt wurden. Sowohl Forschung als auch Diskussion haben sich auf die Einflüsse der Fasereigenschaften und der Geometrie der Garn- und Gewebestrukturen auf den resultierenden Tragekomfort der Bekleidung konzentriert. Mit Ausnahme von Militärkleidung wurde der Einfluß von Entwurf und Konstruktion eines Kleidungsstückes auf dessen Komfort nur wenig untersucht.

Es ist sicherlich berechtigt zu sagen, daß die Hauptkontroverse über den Bekleidungskomfort auf der Tatsache beruht, daß die meisten unserer Synthefasern hydrophob sind. Sie nehmen nur wenig oder gar keine Feuchtigkeit auf. Sie sind daher undurchlässige Membranen und besitzen nicht die Fähigkeit, Wasser in flüssiger oder in gasförmiger Phase zu absorbieren oder weiterzuleiten. Als einige der neueren synthetischen Fasern erstmals erschienen und zu den gleichen traditionellen Gewebekonstruktionen verarbeitet wurden, für die man bis dahin die Naturfasern verwendet hatte, lehnten sie die meisten Verbraucher ab, da sie nicht ange-

nehm zu tragen waren. Ein klassisches Beispiel dafür soll in Erinnerung gebracht werden:

Kurz nach dem Ende des zweiten Weltkrieges wurde Nylon in Amerika auch für Konsumgüter verfügbar. Nylonendlosfäden wurden zu leichten, luxuriösen Stoffen verarbeitet, aus denen Herrenhemden hergestellt und zu einem Preis über 10 US-\$ verkauft wurden. Selbstverständlich hatte Nylon damals einen ausgezeichneten Ruf. Die Hemden konnten leicht gewaschen, zum Trocknen aufgehängt und ohne Bügeln wieder getragen werden; auf diese Weise wurde der erste Schritt zu „Wash and wear“- oder „pflegeleichten“ Bekleidungsstücken getan.

Leider empfand man aber diese enggewebten Nylonhemden als sehr heiß, feucht und unangenehm, wahrscheinlich, weil der Körper keine Feuchtigkeit durch das Gewebe hindurch abgeben konnte. Wenn die Hemden feucht oder gar naß sind, kleben sie an der Haut und erhöhen auch dadurch noch die Unbehaglichkeit. Außerdem wollten manche Männer solche Hemden aus psychologischen Gründen nicht tragen, da sie wie Lingerie, das heißt zu „feminin“ wirkten. So wurden die Nylonhemden innerhalb einer ziemlich kurzen Zeitspanne von den Männern abgelehnt und verschwanden daraufhin vom Markt.

Das zweite Beispiel war der Versuch, 100 % Acryl- oder 100 % Polyesterfasern als Ersatz für Wolle in Kammgarnstoffen für Herrenanzüge einzusetzen. Nicht nur wegen des Problems des Feuchtigkeitstransports, sondern auch wegen der Tendenz dieser Gewebe, von der Haut elektrostatisch angezogen zu werden, hatten Anzüge aus 100 % Acryl- oder Polyesterfasern trotz ihrer Knitterfestigkeit keinen Erfolg. Die wenigen Anzugstoffe, die man versuchsweise herstellte, kamen niemals in die kommerzielle Produktion.

Man verwendete daher notwendigerweise für die meisten Gewebe Mischungen aus mindestens 35 % hydrophilen Fasern, wie beispielsweise Wolle, Baumwolle oder Viskosefasern, die den Tragekomfort, und bis zu 65 % hydrophoben Synthesefasern die erhöhte Dauerhaftigkeit, attraktives Aussehen und Pflegeleichtigkeit gewährleisten. In letzter Zeit versuchte man allerdings das Verhältnis von Polyester zu Baumwolle auf 80 : 20 zu erhöhen. Viele Fasermischungen entstammten dem Bemühen, Gewebe aus Stapelfasern mit stärker texturierten und matteren und weitaus weniger glatten und rutschenden Oberflächen, als sie Stoffe aus Endlosfäden aufweisen, zu erzeugen. Weiters wird das Aussehen und der Griff von Stapelfasern erreicht, wenn man Garn aus Endlosfäden bauscht und kräuselt, um die Struktur von Spinnarn nachzuahmen.

Wir können zwar in allgemeinen Termen über den Komfort der Bekleidung sprechen, aber um die wirksamen Faktoren klar herauszustellen, müssen wir zuerst die Umweltbedingungen definieren, unter denen das Kleidungsstück getragen wird. Die zwei Extreme sind das sehr heiße und sehr feuchte Tropenklima und das sehr kalte und sehr trockene Polar-klima. Die für den Komfort verantwortlichen Parameter werden für diese beiden Extreme verschieden sein. Die meisten Menschen, für die der Bekleidungskomfort wichtig ist, leben innerhalb einer der beiden Klimazonen oder wech-

seln zwischen Sommer und Winter. Für eine Diskussion des Komforts schlage ich also vor, die Umweltbedingungen innerhalb dieser Grenzen zu erfassen.

Eine der Annehmlichkeiten der modernen Technologie sind die thermostatisch geregelten Zentralheizungen und Klimaanlagen. Heute werden im Winter Wohnungen, öffentliche Gebäude und Automobile besser als früher beheizt. Dies führte im allgemeinen zu leichterem und dünnerer Kleidung, und überhaupt werden weniger Kleidungsstücke getragen. Außerdem verlagerte sich mit den Fortschritten der Technologie, durch preisgünstigere Herstellungsmöglichkeiten von Fasern, Geweben und Bekleidungsartikeln und durch die Ansprüche unserer „Überflußgesellschaft“ beeinflußt, der Interessenschwerpunkt auf „wash-and-wear“- und „durable-press“-ausgerüstete Textilgüter. Dafür erwiesen sich die synthetischen Fasern als sehr nützlich.

Aber wie bereits festgestellt, ist der Gebrauch von synthetischen Fasern durch die Anforderungen, die an die Textilien in bezug auf Behaglichkeit gestellt werden, begrenzt. Zuerst griff man zu Mischungen, und wir erzeugen und verwenden heute riesige Mengen davon. In jüngster Zeit sind wir zur Konstruktion textiler Flächengebilde - wie Trikotagen und Strickwaren - zurückgekehrt, deren offene Struktur den Transport von Wasserdampf und Luft erlaubt. Die Fabrikate „atmen“ sozusagen und werden zu angenehm zu tragenden Kleidungsstücken verarbeitet.

Wenn in meinen bisherigen Ausführungen ein besonderer Nachdruck auf der Bedeutung von Sorptions- und Transportmöglichkeit von Wasserdampf liegt, so halte ich das für wahr und richtig. Bestimmte wünschenswerte physikalische Eigenschaften eines Gewebes, wie beispielsweise Glätte, Biegsamkeit, Weichheit, Erholungsvermögen oder Bauschigkeit, können in der textilen Struktur durch die geeignete Auswahl und durch die Einhaltung solcher Parameter wie Faserdenier, Stapellänge, Garndurchmesser und -drehung, Fadenzahl pro Zoll, Stoffbindung etc. erzielt werden.

Wir können zum Beispiel einem Gewebe einen weichen, kaschmirähnlichen Griff durch das Verspinnen von Fasern mit sehr feinem Durchmesser verleihen. Da die Steifheit einer Faser oder eines Garns der vierten Potenz ihres Durchmessers proportional ist, können wir die erwünschte Biegsamkeit und Weichheit im Griff durch Verringerung des Faserdurchmessers erhalten. Mit anderen Worten, wir haben die Planungsmöglichkeit des „Engineering“, wodurch Fasern, aber auch Garne und Gewebe mit vielen von uns gewünschten physikalischen Eigenschaften hergestellt werden konnten.

Was den Tragekomfort betrifft, ergibt sich ein zusätzliches Problem. Das Feuchtigkeitsaufnahme- und Transportvermögen eines Gewebes ist sowohl eine Funktion der speziellen Polymereigenschaften als auch der Konstruktion, zu der die Fasern verarbeitet wurden. Hydrophobe Fasern wirken als wasserundurchlässige Barriere, und wenn die Gewebestruktur selbst nicht genügend offen für einen Wasserdampftransport ist, dann wird das resultierende Gewebe oder Kleidungsstück unangenehm zu tragen sein, besonders bei heißem, feuchten Wetter.

Sie sehen daraus, daß ich persönlich, für die Verwendung von zumindest einigen hydrophilen Fasern eintrete. Ich bin überzeugt, daß Baumwolle, Wolle, Viskosefasern und Seide auch weiterhin verwendet werden, obwohl die Synthesefasern einen immer größer werdenden Prozentsatz des gesamten Faserverbrauchs in den USA für sich in Anspruch nehmen. Eine Erklärung dafür liegt teilweise in der Tatsache, daß die Naturfasern hydrophil sind und Feuchtigkeit transportieren können.

Ingenieure ziehen quantitative technische Methoden zum Entwurf einer Konstruktion für einen bestimmten Verwendungszweck vor. Man kann viele quantitative objektive Messungen an Textilien durchführen, aber wir müssen uns bewußt sein, daß der Komfort eine subjektive personelle Größe ist und nicht direkt in quantitativen Termen zu messen ist. Wir können versuchen, einzelne objektive Parameter, die mit den subjektiven Komfortempfindungen verbunden sein können, quantitativ zu bestimmen.

Außerdem gibt es auch einige *physiologische Parameter*, die man quantitativ bestimmen kann, und das wurde im Labor auch schon durchgeführt. Solche typische Messungen umfaßten die Änderungen der Körpertemperatur, des Pulses sowie der Schweißproduktion, die sich aus der Tätigkeit einer Versuchsperson bei simulierter und bei wirklicher Arbeit ergeben (z.B. auf einem Zimmerfahrrad).

Daraufhin bemühte man sich, diese physiologischen Messungen mit der subjektiven Meinung der Versuchsperson bezüglich des Tragekomforts zu korrelieren. Die United States Army Natick Laboratories haben solche Untersuchungen durchgeführt, um die Fähigkeit eines Soldaten, der mit einer Kombination von Versuchskleidungsstücken ausgerüstet ist, eine bestimmte Tätigkeit auszuführen, zu überprüfen.

Neben der amerikanischen Armee war auch DuPont unter den Pionieren, die physiologische Parameter und Körperkomfort untersuchten. DuPonts Ziel ist jedoch eine entsprechende firmeneigene Entwicklung und ein gezielter Einsatz ihrer Synthesefasern.

Diese Tagung hier dürfte aber vor allem Interesse an den Wertmaßstäben des nichtmilitärischen Konsumenten haben, die das Trageverhalten der zivilen Bekleidung bestimmen.

Bei der Durchsicht der Literatur für die Vorbereitung dieses Vortrags fiel mir ein Bericht von F o u r t und H o l l i e s <sup>1)</sup>, betitelt „Komfort und Funktion der Bekleidung“, der für die U.S.Army Natick Laboratories entstand, in die Hände. Ich zitiere daraus:

*„Die Annahme, daß physikalische, optische und sogar subjektive Unterschiede der Bekleidungsmaterialien für die Unterschiede in der Bequemlichkeit beim Tragen eines Kleidungsstückes verantwortlich sind, ist durchaus logisch. Zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften von Kleiderstoffen wurden viele Testmethoden entwickelt, von denen einige schon mit großer Genauigkeit durchführbar sind. Leider können diese verschiedenen Messungen aber, so genau*

*auch immer sie sind, nicht die Untersuchungen des Trageverhaltens am Menschen direkt ersetzen. Dabei wird sowohl die Wechselwirkung zwischen der Physiologie des Körpers und dessen Bewegung, der Bewegung der Bekleidung, als auch das Mikroklima beim Tragen berücksichtigt.*

*Immerhin gibt es bereits physikalische Methoden, die dazu dienen können, ein potentielles Bekleidungsmaterial im Hinblick auf die Eignung für einen speziellen Verwendungszweck auszuwählen. Von diesem Standpunkt aus sollen die verschiedenen Methoden diskutiert werden. In jedem Fall wurde der Versuch gemacht, die derzeit bekannten Beziehungen zum realen Bekleidungskomfort zu definieren.“*

Wenden wir uns nun einer kurzen Aufzählung jener Faktoren zu, von denen wir glauben, daß sie den Bekleidungskomfort beeinflussen. Diese wurden erstmals von F o u r t und H o l l i e s <sup>1)</sup> zusammengefaßt:

Gewebedicke	Oberflächenreibung
Fülligkeit	Porosität
Erholungsvermögen	Luftdurchlässigkeit
Wärmeisolierung	Strahlungsaustausch
Wasserdampftransport	Wärmestrahlung der Oberfläche
Wassertransport	Steifheit
Feuchtigkeitsaufnahme	Griff
Benetzungswärme	Neigung zu elektrost. Aufladung
Wasserrückhaltevermögen	Bekleidungsstil und Paßform
Oberflächenstruktur	

### Die Wärmeisolierung

Die Wärmeisolierung<sup>2)</sup> bzw. die Wärmeleitfähigkeit wird mit den klassischen physikalischen Methoden gemessen, wobei der Wärmestrom pro Zeiteinheit der Fläche, der Dicke, der Temperaturdifferenz und der spezifischen Natur des Materials proportional ist:

$$H = \frac{KO (T_2 - T_1)}{d} \cdot t$$

H = transportierte Wärmemenge

K = Materialkonstante der Wärmeleitfähigkeit

O = Oberfläche

T<sub>2</sub> - T<sub>1</sub> = Temperaturgradient

t = Zeit

d = Dicke

P e i r c e und R e e s <sup>3)</sup> führen drei Kriterien an, die von der Wärmeisolierung abgeleitet sind oder mit ihr zusammenhängen:

– Spezifischer W ä r m e w i d e r s t a n d, definiert als das Verhältnis zwischen der Leitfähigkeit der Luft und der „wirksamen Leitfähigkeit“ des Versuchsmaterials, anders ausgedrückt als  $K_a/K_f$ , wobei  $K_a$  die Leitfähigkeit der Luft und  $K_f$  jene des Materials bedeutet.

- Äquivalente Luftdicke, definiert als die Dicke einer ruhenden Luftschicht, die den gleichen Widerstand wie das Material besitzt:  $t_a = K_a \cdot t / K_f$ .
- Wärmewirksames spezifisches Volumen (TESV), definiert als das Verhältnis von äquivalenter Luftdicke und ihrem Gewicht pro Flächeneinheit:

$$TESV = K_a V / K_f \quad V = \text{spezif. Volumen des Materials.}$$

Marsh<sup>4)</sup> weist darauf hin, daß in der Praxis die Wärmeisolierung allein nicht notwendigerweise direkt mit der „Wärme“ eines Kleidungsstückes verbunden ist. Er schlägt den Ausdruck „Wärmeisolationwert“ vor, das ist jene Wärmemenge, die notwendig ist, um eine beheizte Oberfläche auf einer bestimmten konstanten Temperatur zu halten, wenn erstere mit einem textilen Fabrikat bedeckt ist, im Vergleich zur Wärmemenge, die zur Aufrechterhaltung der Temperatur bei unbedeckter Oberfläche nötig ist.

Baxter und Cassie<sup>5)</sup> definieren den Wärmeisolationwert (TIV) als „den Prozentsatz an Wärmeverlust der Oberfläche, der durch die Bedeckung mit Gewebe verhindert wird“:

$$TIV = 100 \cdot \frac{(H_o - H_c)}{H_o}$$

$H_o$  = Wärmeverlust pro Sekunde an der unbedeckten Oberfläche

$H_c$  = Wärmeverlust pro Sekunde an der bedeckten Oberfläche

Baxter und Cassie<sup>5)</sup> heben auch die Wichtigkeit der Wärmestrahlung der Oberfläche oder des Strahlungseffekts bei der Messung von TIV hervor. Sie stellen fest, daß der Wärmestrom durch die Flächeneinheit des Materials gleich  $(T_1 - T) K/d$  ist, wobei K die Wärmeleitfähigkeit des Materials, d dessen Dicke und T die Temperatur der bedeckten Oberfläche c ist. Dieser muß dem Wärmestrom von der Flächeneinheit der ausgesetzten Oberfläche weg gleich sein, das heißt:

$$H_c = (T_1 - T) K/d = \sigma(T - T_o)$$

$\sigma$  = Abstrahlung der äußeren Oberfläche.

Der Wärmeverlust der unbedeckten Oberfläche beträgt bei der Temperatur  $T_1$ :

$$H_o = \sigma'(T_1 - T_o)$$

$\sigma'$  = Abstrahlung der beheizten Oberfläche.

Baxter und Cassie's Schlußgleichung lautet:

$$\frac{P}{100} = 100 \frac{(H_o - H_c)}{H_o} = \frac{(K/\sigma')}{(d + K/\sigma)}$$

$P$  = TIV (Wärmeisolationwert).

Sie zeigen durch diese Gleichung, daß „der Wärmeisolationwert mit Hilfe der Parameter Gewebedicke, Wärmeleitfähigkeit

und Oberflächenwärmestrahlung diskutiert werden kann“. Der letzte Ausdruck bedeutet die Neigung des Materials, Wärme in Form von Strahlungsenergie auszusenden.

Marsh<sup>4)</sup> zählt drei Methoden zur Bestimmung der Wärmeisolierung auf:

- 1) Plattenmethode:** Das Versuchsgewebe wird zwischen zwei Platten verschiedener Temperatur gelegt, wobei die Geschwindigkeit des Wärmeflusses durch das Gewebe bestimmt wird.
- 2) Abkühlmethode:** Ein heißer Körper wird mit dem Versuchsgewebe umwickelt und sodann die Abkühlungsgeschwindigkeit gemessen.
- 3) Meßmethode bei konstanter Temperatur:** Ein Körper wird mit dem Gewebe umwickelt und durch geregelte Zufuhr von Energie auf konstanter Temperatur gehalten.

**Dicke**

Die Fähigkeit zur Wärmeisolierung ist eine Funktion der Dicke des textilen Materials. Marsh<sup>4)</sup> trägt auf einem Diagramm (Abb. 1) die Gewebedicke gegen den Wärmeisolationwert auf. „Die Punkte liegen annähernd auf einer Geraden, die nicht durch den Ursprung geht. Die lineare Beziehung gilt über einen weiten Bereich der Dicke für jede Art von Gewebe und Rohmaterial. . . . Der den Wärmeisolationwert eines Gewebes bestimmende Hauptfaktor ist die Dicke, wobei aber herausragende Fasern nicht berücksichtigt werden. . . . Hervorzuheben ist, daß die durch die Punkte gezogene Durchschnittsgerade nicht durch den Ursprung geht, aber daß sich für kleine Dicken ein Wärmeisolationwert von über 30 Prozent ergibt. Dieser ist wahrscheinlich auf das Auftreten von Konvektionsströmen zurückzuführen, die zu einem großen Teil für die Wärmeverluste eines Körpers in Luft verantwortlich sind.“

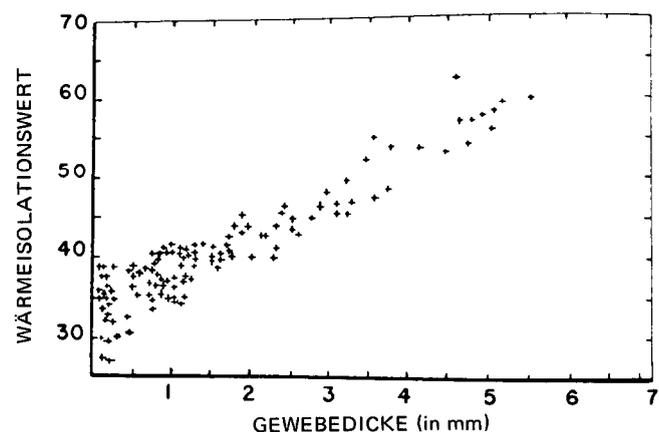


Abb. 1: Gewebedicke gegen Wärmeisolierung (nach Marsh<sup>4)</sup>)

Auch andere Forscher bestätigen die lineare Beziehung zwischen Wärmeleitung und Dicke. Die oben erwähnte ruhende Luftschicht ist ein bedeutsamer Faktor bei dünnen

Geweben. Schiefer<sup>6)</sup> ist der Meinung, daß es nicht sehr sinnvoll ist, den Einfluß der Struktur und anderer Faktoren auf den Wärmewiderstand dünner Materialien (wie z.B. leichter Unterwäsche- und Kleiderstoffe) zu messen zu versuchen, da deren Wärmewiderstand höchstens 10 bis 20 Prozent von jenem der ruhenden Luftschicht beträgt.

Meines Wissens ist man allgemein überzeugt, daß die spezifische Wärmeleitfähigkeit der meisten Fasern gleich ist. Die Wärmeisolierung wird nur durch die strukturelle Anordnung, das heißt die *Faser- und Gewebegeometrie*, bestimmt. Wenn zwei Strukturen in Aufbau und Aggregatzustand identisch sind, dann werden ihre Wärmeisolationenwerte ziemlich nahe beieinander liegen, unabhängig von der *Natur der jeweiligen Fasern*.

Marsh<sup>4)</sup> weist auf die Schwierigkeit hin, die relativen Werte verschiedener Fasern für die Wärmeisolierung zu vergleichen.

*„Viele Vergleiche wurden zwischen den Fasern gezogen. . . . Die große Schwierigkeit liegt in den sehr unterschiedlichen Arten von Geweben, die man aus verschiedenen Fasern erzeugt. Zum Beispiel wird oft die Frage gestellt, ob Seide ‚wärmer‘ als Wolle sei. Das ist sehr schwer zu beantworten, weil nur wenige Seidenstoffe dicker als 0,3 mm, dagegen nur wenige Wollstoffe weniger als 0,5 mm dick sind. Selbst wenn zwei Gewebe, eines aus Seide und eines aus Wolle, die gleiche Dicke hätten, so würde doch jedes ein Extrem seiner Gattung darstellen und daher nicht wahrhaft repräsentativ sein.“*

Weiters schreibt Marsh<sup>4)</sup>: *„Ein Vergleich zwischen Seide und Leinen bringt eine andere Schwierigkeit zutage. Mit einer Anzahl von Seiden- und Leinengeweben, deren Dicke stets 0,1 mm betrug, wurden Versuche gemacht. Die Leinenstoffe (feines Leinen und Kambrik) wiesen einen TIV zwischen 33 und 35 Prozent auf, während bei den Seidenstoffen Crepede-Chine einen TIV von 30 Prozent, Foulardseide in Körperbindung aber 37,8 Prozent ergab. Die Gewebestruktur ist daher von größter Wichtigkeit. . . . Es ist daher nicht richtig, die Wärmeisolierung verschiedener textiler Rohstoffe durch einen Vergleich der daraus gefertigten Gewebe einander gegenüberzustellen.“*

*Dieser Arbeit zufolge dürfte es möglich sein, aus verschiedenem textilen Material ein Gewebe mit vorbestimmtem Isolationswert zu erzeugen. Man muß es nur genügend dick und mit geschlossener Struktur machen. Die Gründe dafür, daß das noch nicht kommerziell durchgeführt wurde, liegen offenbar in Kosten und Gewicht.“*

Marsh's Bericht wurde 1931 geschrieben, wodurch sich die fehlende Diskussion über Synthesefasern im gleichen Sinne erklärt.

#### Wärmeleitung und Gewebedichte

Auf Grund der Tatsache, daß die *Faserleitfähigkeit* nur wenig Einfluß auf die Wärmeleitung des Gewebes hat, und der oben diskutierten Beziehung zwischen Leitfähigkeit und Dicke ist es einleuchtend, daß der Aggregatzustand der Faser in der Gewebestruktur von großer Be-

deutung ist. Solange die erforderliche Dicke vorhanden ist, wird auch die entsprechende Isolierung daraus resultieren. Aber auch die Fähigkeit, diese Dicke unter normalen Gebrauchsbedingungen, wie Zusammendrücken, Spannen, Biegen, Waschen, Trockenreinigen etc., zu bewahren, muß in Betracht gezogen werden.

Einen zusätzlichen Faktor stellt die Gewebedichte dar. Zwei Gewebe können die gleiche Dicke und daher auch die gleiche Wärmeleitfähigkeit haben. Aber um solche gleiche Dicken zu erreichen, muß man verschiedene Fasermengen einsetzen, das heißt, Aggregate verschiedener Fasern können auch verschiedene Fülligkeiten haben, sodaß — bezogen auf die Gewichtsbasis — eine Faser in einer Gewebestruktur einen Vorteil gegenüber einer anderen zeigen kann.

Offensichtlich muß auch das *spezifische Gewicht* der Faser mit seinem Einfluß auf die *Fülligkeit* in Betracht gezogen werden. Die Tatsache, daß Wolle ein spezifisches Gewicht von über 1,30 und außerdem die Fähigkeit hat, eine spezielle Konfiguration auf Grund ihres guten Erholungsvermögens beizubehalten, ist wahrscheinlich der Grund, warum Wolle als warme Faser und nützvolle Wärmeisolierung betrachtet wird. Nylon mit einem spezifischen Gewicht von 1,14 und Polypropylen mit einem von 0,91 würden aber sogar, in den Aggregationszustand ähnlich dem einer Wollstruktur gebracht und dort belassen — was die Fülligkeit betrifft — noch viel wirksamer sein.

#### Wärmestrahlung des Gewebes

Die Wichtigkeit der Wärmestrahlung und ihr Einfluß auf die Wärmeisolierung wurde bereits erwähnt. Baxter und Cassie<sup>5)</sup> kommentieren: *„Wenn die Bekleidung aus mehreren los sitzenden Stofflagen besteht, so wird sie eine Gesamtleitfähigkeit besitzen, die vom Wärmetransport von einem Gewebe zum anderen abhängt. Gewebe mit niedriger Oberflächenabstrahlung ergeben dennoch Bekleidungsstücke mit geringem Wärmeverlust.“*

*Die Oberflächenabstrahlung besteht aus zwei Transportfaktoren — *Strahlung* und *Konvektion*. Der Wärmetransport durch Strahlung hängt von den Strahlungseigenschaften der das Gewebe aufbauenden Fasern und von der Farbe des Stoffes ab. Der Wärmetransport durch Konvektion ist von der Rauheit der Gewebeoberfläche abhängig. Fabrikate mit glatter Oberfläche und relativ großer Abstrahlung ermöglichen einen guten Wärmetransport von Stoff zu Stoff und vermutlich auch von der Haut zum Gewebe. Sie ergeben daher eine Kleidung mit hohem Wärmetransport, obwohl die einzelnen Materialien die gleiche Wärmeleitfähigkeit und Dicke wie Stoffe mit oberflächlicher Beschichtung haben.“*

*Fabrikate mit glatter Oberfläche werden meist als ‚kalte‘ Gewebe bezeichnet, wogegen solche mit hohem Oberflächenbeschichtungsgrad (d.h. wenn sie rau, tweedartig, mit Häkchen versehen oder haarig sind) als ‚warm‘ empfunden werden.“*

Hock, Sookne und Harris<sup>7)</sup> schreiben über die *„Thermischen Eigenschaften feuchter Gewebe“*: *„Die praktische Erfahrung hat bewiesen, daß feuchte Gewebe beim Kontakt mit dem Körper eine un-*

angenehme Empfindung hervorrufen, was allgemein als ‚kühlende Wirkung‘ oder ‚feuchtkaltes Gefühl‘ beschrieben wird. Die Intensität dieser Empfindung variiert mit verschiedenen Fasern und Geweben.“

Auf Grund der Erkenntnis, daß die Wärme nicht allein von der Wärmeleitfähigkeit der Faser bzw. des Gewebes abhängt, hat man Untersuchungen über die Kühlwirkung von Stoffen bei Feuchtigkeitszunahme gemacht. Es wurden hiezu drei Prüfmethoden<sup>7)</sup> verwendet:

1. **der subjektive Test:** Die Versuchspersonen trugen Stoffproben am Oberarm und klassifizierten die Kühlungsempfindung. Dabei wurden Gewebe aus verschiedenen Fasern und mit verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt bewertet.
2. **der Temperaturtest an einer künstlichen Haut:** Unter Verwendung von Thermoelementen und einer apparativen künstlichen Haut wurde der Abfall der „Hauttemperatur“ gegen die Zeit für verschiedene Gewebe bei unterschiedlicher Feuchtigkeit bestimmt.
3. **der Berührungstest:** Man verwendet dazu ein mit einem wasserempfindlichen Farbstoff imprägniertes Papier. Eine feuchte Stoffprobe wird unter dem konstanten Druck von 0,5 psi unter das Papier gelegt. Die Stoffoberfläche, die das Papier berührt, ruft dort eine Verfärbung hervor, die dem Kontakt proportional ist. Ein Photometer mißt sodann quantitativ die entstandene Farbtiefe, woraus sich das Ausmaß der Berührung berechnen läßt.

Die drei Versuche stimmten gut miteinander überein. „Jene Gewebe, die dem subjektiven Test zufolge eine merkliche Abkühlung bewirkten, ergaben auch eine gute Berührung und verursachten einen wesentlichen Abfall der Hauttemperatur. Andererseits zeigten Gewebe, die keine oder nur eine schwache feuchtkühle Empfindung hervorriefen, schlechte Kontakte, und auch der begleitende Temperaturabfall war klein<sup>7)</sup>.“

In Abbildung 2 ist der Temperaturabfall gegen die Zeit (Temperaturtest), in Abbildung 3 dagegen Prozent Reflexionsstärke gegen Prozent Feuchtigkeit (Berührungstest) aufgetragen. Das erste Diagramm zeigt, daß Wolle und Baumwolle sowie die Mischungen daraus einen anfänglich scharfen Temperaturabfall zum Minimum hin aufweisen, dann tritt ein langsames Abflachen der Temperaturabnahme ein. Gewebe aus Viskose-, Nylon- oder Azetatendlosfäden ergeben einen ganz anderen Kurventyp und zeigen eine rasche und kontinuierliche Vergrößerung des Temperaturabfalls.

Bei Geweben aus Woll- oder Baumwollstapelfasern findet man ganz andere Kurven für den Temperaturabfall gegen die Zeit als bei Stoffen aus Azetat-, Nylon- oder Viskoseendlosfäden. Die Unterschiede in der kühlenden Wirkung beruhen wahrscheinlich mehr auf dem verschiedenen Aggregatzustand der gesponnenen und der Endlosgarne sowie auch der Gewebe daraus als auf der speziellen Struktur der Fasern selbst.

Der Bereich der Feuchtigkeitsaufnahme von Nylon-, Azetat- und Viskosefasern geht von 4,5 bis 15 Prozent; diese Werte umfassen jene von Wolle und Baumwolle. Genaugenommen sollten die Unterschiede daher eher dem Aggregatzustand

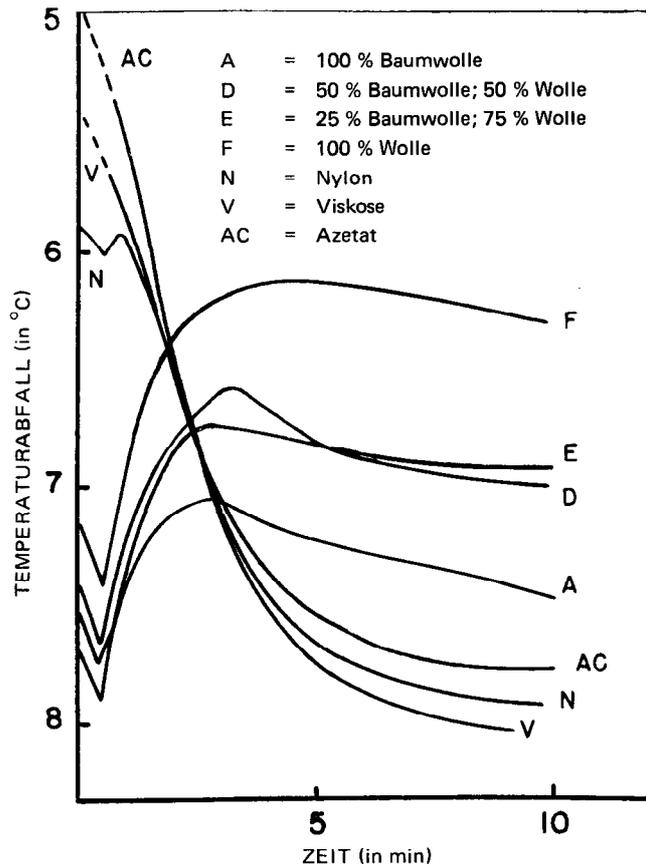


Abb. 2: Abfall der „Hauttemperatur“ gegen die Zeit (nach Hock, Sookne und Harris<sup>7)</sup>)

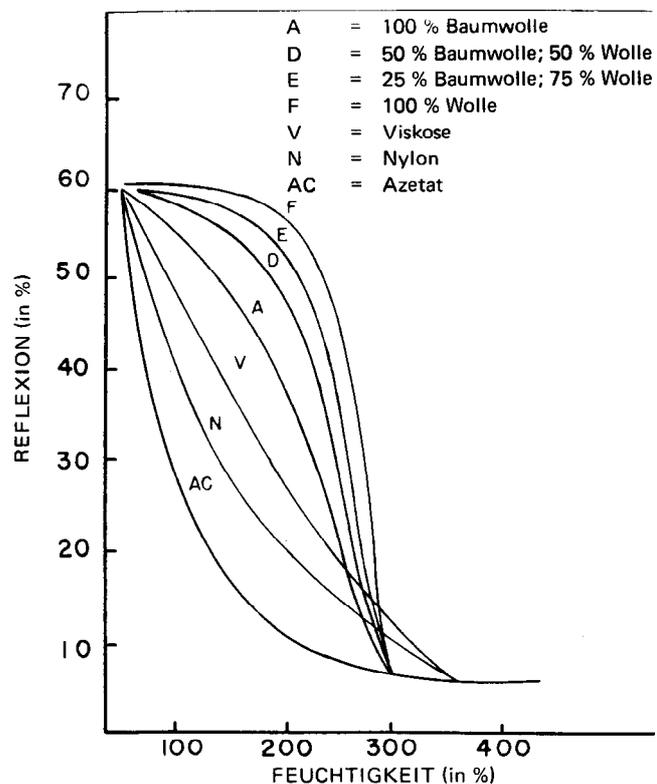


Abb. 3: Prozent Reflexion des Gewebes gegen Prozent Feuchtigkeit (nach Hock, Sookne und Harris<sup>7)</sup>)

des Gewebes als - wie in diesem Falle - dem Feuchtigkeitsaufnahmevermögen der Fasern zugeschrieben werden.

**Luftdurchlässigkeit und -geschwindigkeit**

Die Wärmeisolierung wird im Labor normalerweise bei ruhender Luft gemessen. In der Praxis wird aber die Schlechtwetterbekleidung auch bei Wind getragen, und wir müssen daher die Wärmeisolationfähigkeit einer Schutzkleidung ebenso in bewegter Luft untersuchen.

Eine leichte, lockere Decke kann in einem kalten Schlafzimmer bei geringem Luftzug wärmen, würde aber offensichtlich im kalten, scharfen Wind auf einem Berggipfel von wenig Nutzen sein. Ein zweiter Effekt der Windgeschwindigkeit beruht auf der Verdunstung der Feuchtigkeit von der Haut und der damit einhergehenden Herabsetzung der Hauttemperatur.

Während die Wärmeleitfähigkeiten der Fasern selbst ohne Bedeutung sind, beeinflussen die aus den Fasern aufgebauten Strukturen sowie der aerodynamische Fluß rund um die Einzelfasern und durch das Gewebe die Luftgeschwindigkeit. Diese wiederum bestimmt die Wärme des Kleidungsstückes.

Cassie 8) faßt diesen Punkt folgendermaßen zusammen: „Die Wärmeisolationmessungen sagen nichts über die Art aus, wie die Luft von der Kleidung zurückgehalten wird. Fasern können die Luft nicht in Zellen oder kleinen Hohlräumen innerhalb des Gewebes einfangen. Luft kann von einer festen Oberfläche festgehalten werden, und Fasern haben eine sehr große Gesamtoberfläche.“

Das Haften von Luft an einer festen Oberfläche ist ein wohlbekannter Grundsatz der Aerodynamik. Er ist z.B. schon an der Aerodynamik einer gewöhnlichen Gartenhecke leicht einzusehen. Eine Hecke wirkt deshalb als Windschutz, weil die Luft von ihren Ästen, Zweigen und Blättern festgehalten wird. Die Reibung an der großen Oberfläche innerhalb der Hecke bringt die Luft zum Stillstand. Kurz gesagt, die Hecke wirkt nicht als feste Mauer gegen den Luftstrom, sie bremst vielmehr den Luftstrom durch aerodynamische Reibung ab.

Bei der Bekleidung wurde das gleiche Prinzip wie bei der Hecke angewandt. Müßte ich eine vergrößerte Darstellung von Unterwäschestoffen geben, so würde ich sicher als analoges Beispiel eine Gartenhecke wählen. Ein Gewebe sieht bloß darum undurchlässig aus, weil die große Oberfläche der Fasern dem Auge den Anschein der Dichte vortäuscht; eine Hecke sieht aus genau demselben Grund dicht aus. Wenn wir sagen, daß ein Gewebe die Luft festhält, dann meinen wir in Wirklichkeit, daß die Fasern der Luftbewegung einen Widerstand entgegensetzen.“

Die Luftströmung durch ein textiles Material gehorcht den allgemeinen Regeln der Flüssigkeitsströmung durch eine Öffnung. Die Zwischenräume im Gewebe jedoch, die aus der Verschlingung von Kett- und Schußgarnen resultieren, sind von kleiner Gestalt, unregelmäßigem Aussehen und sehr zahlreich, was die Luftstromberechnungen erheblich kompliziert.

Die klassische Gleichung für die Strömung einer nicht-zusammendrückbaren Flüssigkeit durch eine Öffnung sagt

aus, daß das Strömungsvolumen direkt proportional ist dem Produkt aus Rohrquerschnitt und Quadratwurzel der Druckdifferenz innerhalb des Strömungsrohres. Die Proportionalitätskonstante umfaßt Koeffizienten für die Kontraktion und die Geschwindigkeit, für die angenäherte Oberfläche, die Flüssigkeitsdichte und die Gravitationskonstante.

Bei einem Gewebe ist der Luftstrom bei jeder beliebigen Druckdifferenz direkt proportional dem Produkt aus dem Anteil an offenen Flächen innerhalb des Gewebes, durch die die Luft strömen kann, und der Quadratwurzel aus dem Druckabfall innerhalb des Gewebes:

$$Q = K(FO)\sqrt{\Delta p}$$

- Q = Geschwindigkeit des Strömungsvolumens pro Flächeneinheit des Gewebes
- FO = freie Oberfläche (Bruchteil der gesamten Gewebeoberfläche, der nicht durch Garne bedeckt ist)
- K = Proportionalitätskonstante, die von der Gewebegeometrie und anderen Flüssigkeitsströmungsfaktoren abhängt
- $\Delta p$  = Druckdifferenz innerhalb des Gewebes

Abbildung 4 zeigt den Einfluß der Druckdifferenz auf die Luftdurchlässigkeit einer Reihe von Geweben mit verschiedenen Garndrehungen pro Zoll. Die Garndrehung beeinflusst auch den Rundheits- oder Flachheitsgrad desselben, dieser wiederum wirkt auf die freie Oberfläche des Gewebes und den resultierenden Luftstrom ein.

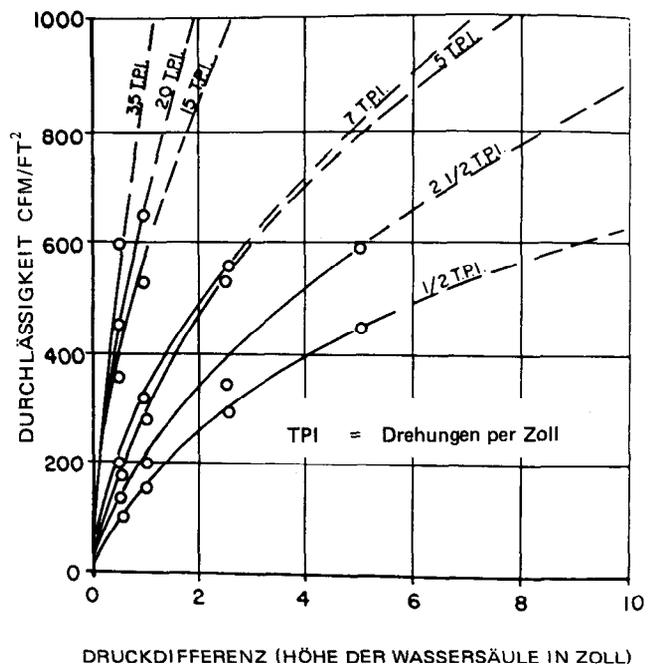


Abb. 4: Einfluß der Luftdruckdifferenz und der Schußgarndrehung auf die Luftdurchlässigkeit (nach Klein, Lermond und Platt<sup>25</sup>)

Robinson 9) hob hervor: „Wenn die Lufttemperatur 28 bis 46°C und der Luftstrom durch das Kleidungsstück

*12 und 40 Kubikfuß pro Minute beträgt, dann gibt es beim arbeitenden Menschen weder übereinstimmende Unterschiede in der Schweißproduktion, im Puls und in der Hauttemperatur, noch ändert sich in größerem Ausmaß der Wärmeaustausch durch Strahlung, Konvektion und Verdunstung."*

F o u r t und H a r r i s <sup>10,11</sup>) diskutieren die Wirkung des Windes und der Verdunstungsgeschwindigkeit auf den Komfort der Bekleidung. Eine große Auswahl von Geweben, vom Moskitonetz bis zum dichtestgewebten Stoff, und sogar Cellophan (Viskosefolie) wurde auf eine unbedeckte, nasse künstliche Haut gelegt, die mittels Löschpapier mit Wasser gesättigt war. Bei ruhender Luft war die Porosität des Gewebes von geringer Bedeutung, da der Diffusionswiderstand hauptsächlich in ruhenden Luftschichten auftritt und etwa das Zehnfache jenes der Bekleidung beträgt. In bewegter Luft fällt mit zunehmender Luftgeschwindigkeit der Widerstand der Kleidung und der damit verbundenen Luftschichten weg, oder mit zunehmender Luftdurchlässigkeit des Gewebes. Jede Art von Gewebe, selbst Moskitonetze, bremst die Luftbewegung und die damit einhergehende Wasserverdunstung und Abkühlung um einen beachtlichen Faktor.

Die Verdunstung von unbedeckten, nassen Oberflächen, wie Gesicht oder Händen, ist viel stärker als jene durch irgendein Gewebe hindurch und viel empfindlicher gegenüber Luftzug. Die Verdunstung aus nassen Stoffen ist ähnlich stark und fühlbar, sie kühlt den Körper aber weniger ab als die Hautverdunstung. Dies stimmt auch mit der Erfahrung überein, daß in heißer Umgebung das Tragen von Kleidung den Körper physiologisch mehr belastet, als wenn die Haut völlig unbedeckt ist.

Wir können nun die Einflüsse von Gewebedicke, Fülligkeit, Wärmeabstrahlung und Luftdurchlässigkeit in ihrem Zusammenhang sowohl mit der Wärmeisolierung als auch mit den allgemeinen Charakteristiken des Tragekomforts folgendermaßen zusammenfassen:

Die W ä r m e l e i t f ä h i g k e i t ist eine Funktion der Dicke des Gewebes und vom Wärmeisoliationsvermögen der Fasern selbst unabhängig. Jene Fasern, die nach ihrer Verarbeitung zu einer textilen Struktur leichter zusammendrückbar sind, sich aber auch schneller erholen, können eine vorgegebene Dicke bei geringerer Fülligkeit erreichen und aufrechterhalten; dadurch ergibt sich ein höheres Wärmeisoliationsvermögen, bezogen auf das Gewicht des Gewebes. Je größer die Luftgeschwindigkeit durch ein Gewebe ist, desto niedriger ist dessen Isolierfähigkeit, da die erste Aufgabe eines Stoffes ja darin besteht, ruhende Luft „einzufangen“. Bei Bewegung dieser Luft wird die Wärmewirksamkeit vermindert. Die relative Feuchtigkeit allein hat keine wesentliche Wirkung auf den Wärmeübergang.

Die Wärme oder die Kühle eines Stoffes ist mit seiner W ä r m e a b s t r a h l u n g verbunden, die wiederum mit der Oberflächenglätte zusammenhängt. Gewebe mit glatter Oberfläche zeigen eine hohe Abstrahlung, die einen großen Wärmetransport von Stoff zu Stoff und vermutlich auch von der Haut zum Gewebe bewirkt. Je rauher die Oberfläche, umso niedriger ist die Wärmeabstrahlung; je weniger Wärmeenergie abgegeben wird, desto wärmer ist das Material. Woll-

stoffe, die aus von Natur aus gekräuselten Stapelfasern gewebt sind, besitzen auf Grund ihrer geringen Wärmeabstrahlung einen warmen Griff.

Es gibt keinen physikalischen Grund, daß man nicht auch aus anderen gekräuselten Fasern bei Verarbeitung in die gleichen Strukturen sich ebenfalls warm anfühlende Gewebe erzeugen könnte. Ich glaube, das ist durch die Tatsache bewiesen, daß Gewebe aus bauschigen synthetischen Kräuselfasern sich auch tatsächlich warm anfühlen. Manche der neuen Strickhemden aus Synthefäden fühlen sich jedoch kühl und angenehm an, wenn in der Struktur Zwischenräume vorhanden sind, die den Durchgang von Luft und Wasserdampf erlauben.

#### **Einfluß von Feuchtigkeit und Wasser auf den Komfort**

Sowohl unter heißen als auch unter kalten Umweltsbedingungen muß die merkliche und die unmerkliche Feuchtigkeit von der Hautoberfläche verdunsten können, damit sich der menschliche Körper wohlfühlt. Diese Verdunstung wirkt teilweise auch als thermostatische Regelung der Hauttemperatur. Jede Betrachtung der Beziehung zwischen Komfort, Physiologie und Gewebeeigenschaften muß auch die Sorptions-, Transport- und Entfernungsmechanismen des Wassers innerhalb der Textilsysteme prüfen.

R e e s <sup>12</sup>) stellt fest: „Selbst wenn der Körper ganz inaktiv bleibt, gibt er ständig Wasserdampf ab. Diese minimale Menge nennt man die u n m e r k l i c h e T r a n s p i r a t i o n . Diese ist so geringfügig, daß der Schweiß sofort nach Erreichen der Oberfläche verdunstet und die Haut daher trocken bleibt. Nun verbraucht Wasser beim Verdunsten eine beachtliche Wärmemenge (580 cal/g). Solange die Transpiration unmerklich bleibt, ist sie für etwa 25 Prozent des gesamten Wärmeverlusts des Körpers verantwortlich. Bei steigender Temperatur ist der Körper mehr und mehr auf die Verdunstung durch Transpiration angewiesen, um seine Temperatur ist der Körper mehr und mehr auf die Verdunstung durch Transpiration angewiesen, um seine Temperatur konstant zu halten. Dann kommt schließlich jener Punkt, bei dem die Transpiration nicht mehr unmerklich ist, und zwar wenn die Schweißdrüsen zu arbeiten beginnen und flüssiger Schweiß erscheint. Damit es der bekleidete Körper noch als angenehm empfindet, muß die Feuchtigkeit verteilt werden, und dafür sind die F e u c h t e d i f f u s i o n s e i g e n s c h a f t e n der Bekleidungsstoffe wichtig.“

Nicht nur bei hohen Temperaturen bzw. Feuchtigkeiten ist die Wasserabgabe wichtig: „In kalten Breiten muß sich der Mensch vor allem damit befassen, die Geschwindigkeit des Wärmeverlusts zu reduzieren; dazu muß genügend Kleidung getragen werden, um dies auch bei verschiedenen anstrengenden Tätigkeiten zu erreichen. Dabei darf man nicht vergessen, daß die Entfernung der Körperfeuchtigkeit nicht gänzlich unterbunden werden darf, besonders bei hoher Aktivität des Körpers<sup>12</sup>).“

C a r l e n e <sup>13</sup>) zählt vier prinzipielle Variable auf, die Einfluß auf Feuchtigkeitstransport und Körperkomfort haben:

a) die **Durchlässigkeit für Wasserdampf**, das heißt die Diffusion des Wasserdampfes durch Gewebe;

- b) das Absorptionsvermögen des Textils, das heißt der Anteil an Wasser, der durch das Gewebe absorbiert und mechanisch festgehalten werden kann;
- c) die Sorptionswärme des Wassers an den Fasern;
- d) die Trocknungsgeschwindigkeit der Textilien.

Hiezu wollen wir für die Diskussion noch zwei weitere Feuchtigkeitsparameter hinzufügen, nämlich die Feuchtigkeitsaufnahme und den Wassergehalt der Textilien, wenn sie sich naß anfühlen.

### Transport des Wasserdampfes

Fourt und Hollies<sup>1)</sup> stellen fest: „Einer der wichtigsten Faktoren, der bei Bekleidungsmaterial berücksichtigt werden muß, ist eine genügend lockere Gewebestruktur, sodaß die Wasserdampfdurchlässigkeit des Stoffes nicht zu sehr von dem einer äquivalenten Luftschicht abweicht. Zur Erleichterung wird der Diffusionswiderstand des Wassers oft als äquivalente Luftdicke ausgedrückt, ähnlich wie im Fall der Wärmeleitung, wo der Widerstand der Kleidung gegen Wasserdampf in Widerstandseinheiten gemessen wird. Das erlaubt die Summierung der Bekleidungsschichtenkomponenten, um den Gesamtwiderstand einer Bekleidungskombination zu erhalten.“

Hinsichtlich der Ausdrücke für den Tragekomfort ist es wichtig, zwischen den Eigenschaften der Wasserdampfdurchlässigkeit und der Luftdurchlässigkeit einerseits und den Einflüssen des Windes auf die Wirksamkeit der Kleidung andererseits zu unterscheiden.“

Fourt und Harris<sup>11)</sup> vergleichen die Einflüsse von Faserzusammensetzung und Prozent Faservolumen auf den relativen Durchlässigkeitswiderstand von Wasserdampf (Abb. 5).

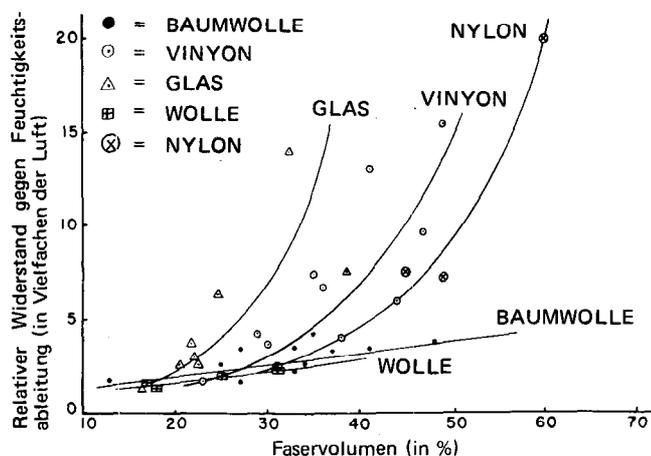


Abb. 5: Feuchtigkeitsableitungswiderstand gegen Faservolumen (nach Fourt und Harris<sup>11)</sup>)

Das prozentuelle Faservolumen wird als der Bruchteil des Gesamtvolumens definiert, das von der Faser in der Struktur

eingenommen wird; es ist also ein anderer Ausdruck für Porosität und mit der Fülligkeit verbunden. Sie zeigen, daß: „Bei Glas und Vinyon nimmt der Widerstand rapid auf das Zwanzigfache der Luft zu, was beweist, daß die Luftlöcher den Hauptweg der Feuchtigkeit durch dieses Material bilden. Selbst dichtestgewebter Baumwollstoff erzeugt nur einen vierfachen Luftwiderstand, wobei bei den meisten Geweben aus Baumwolle die Größenordnung eher bei doppeltem Luftwiderstand liegt. Das weist darauf hin, daß beträchtliche Mengen Wasserdampf sogar durch die Substanz der Faser selbst wandern. Nylon und Zelluloseazetat liegen etwa dazwischen<sup>11)</sup>.“

Die Autoren schließen daraus, daß sich beim Vergleich verschiedener Fasern Unterschiede im Widerstand gegen die Feuchtediffusion nur dann ergeben, wenn das prozentuelle Volumen der Fasern 20 bis 40 Prozent überschreitet. Unter diesem Schwellenwert verhalten sich alle Gewebe ziemlich gleich, unabhängig davon, ob sie hydrophil oder hydrophob sind, da dank der Luftlöcher ein Weg mit geringem Widerstand verfügbar ist. Über diesem Niveau können die hydrophoben Fasern eine scharfe Erhöhung des Feuchtigkeitstransportwiderstandes bewirken.

P e i r c e , R e e s und O g d e n<sup>14)</sup> neigen zu derselben Schlußfolgerung. Sie stellen fest, daß die Wasserdampfdiffusion durch ein Gewebe nicht nur durch die Hohlräume erfolgt, sondern auch zu einem beachtlichen Anteil durch die Fasern selbst. Der letztgenannte Mechanismus hat für sehr dichte Erzeugnisse eine gewisse Bedeutung und kann in der Tat sogar vorherrschen.

Dieses Konzept der Beziehungen zwischen Gewebestruktur, Wasserdampftransport und Komfort, erreichbar durch die Schweißentfernung von der Haut, kann folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Unter der Annahme einer Feuchtedifferenz zwischen den beiden Seiten eines Stoffes kann der Wasserdampf mittels zweier Mechanismen hindurchgehen:

1. durch die Zwischenräume im Gewebe;
2. durch die Fasern selbst.

Im Falle eines Gewebes aus hydrophilen Fasern in lockerer Bindung wird die Feuchtigkeit durch die Stoffhohlräume und die Fasern selbst wandern. Bei extrem enger Bindung dagegen wird die Feuchtigkeit primär durch die Fasern selbst transportiert werden.

Tragekomfort wird in beiden Fällen dadurch erreicht, daß die Körperfeuchtigkeit sowohl durch die Hohlräume als auch durch die Fasersubstanz abgeleitet werden kann. Im Falle eines Gewebes aus hydrophoben Fasern in offener Bindung wird die Feuchtigkeit durch die Gewebehohlräume diffundieren und dem Träger Komfort geben. Bei dichter Webart dagegen kann die Feuchtigkeit weder durch die Zwischenräume noch durch die Fasern selbst abtransportiert werden, sodaß sich der Träger wegen der mangelnden Feuchtigkeitsableitung unbehaglich fühlt. Aus diesem Grunde muß man hydrophobe Fasern mit Sorgfalt einsetzen und zusehen, daß

die Feuchtigkeitsdurchlässigkeit der Gewebekonstruktion immer gewahrt bleibt.

Das oben erwähnte Konzept, gestützt durch einige quantitative Messungen, war mehrere Jahre hindurch Gegenstand zahlreicher Diskussionen und Kontroversen. Einige Wissenschaftler behaupten, daß es wenig Beweise gibt, die Auffassung zu unterstützen, daß bei hydrophilen Fasern die Feuchtigkeitsdiffusion durch diese selbst erfolgt, bei hydrophoben dagegen nicht.

Wenn man eine Feuchtedifferenz zwischen den beiden Gewebeseiten annimmt, dann wird der Wasserdampf mit jener Geschwindigkeit durchdiffundieren, wie sie (wie oben gezeigt) primär vom relativen Luftanteil in der Gewebestruktur abhängt<sup>(23,24)</sup>. Der Widerstand der Fasersubstanz gegen den Durchtritt von Wasserdampf ist um einige Größenordnungen höher als jener von Luft.

Da bei normalen Stoffen 50 bis 90 Prozent ihres Volumens aus Luft bestehen, wandert nur ein vernachlässigbarer Teil des Wasserdampfes durch die Fasern selbst, und Unterschiede in der Faserart sind weit weniger wichtig als solche in der Gewebegeometrie. Sehr enggewebte Stoffe werden einen höheren Widerstand gegen den Wasserdampftransport als offengewebte zeigen, sie werden aus diesem Grunde auch weniger angenehm zu tragen sein.

Es wurde die Behauptung aufgestellt, daß es praktisch keine Unterschiede in den Feuchtigkeitstransporteigenschaften hydrophiler bzw. hydrophober Gewebe mit identischem Gewicht, Fadenzahl, Fülligkeit, Deckungsgrad und geometrischem Aggregatzustand gibt. Der Anteil an Wasserdampf, der durch die hydrophile Fasersubstanz abgeleitet wird, stellt nur einen relativ kleinen Prozentsatz der gesamten, durch die textile Struktur diffundierenden Menge dar.

Meiner eigenen Überzeugung nach kann man hydrophile Fasern, wie Baumwolle, Wolle oder Viskosefasern, weitaus sorgloser einsetzen, ohne auf das Vorhandensein von genügend Leerstellen bzw. Zwischenräumen zwischen den benachbarten Garnen im Stoff Rücksicht nehmen zu müssen, wie dies bei Nylon-, Polyester- oder Acrylgarnen der Fall ist. Ich habe niemals von einem Fall gehört, daß hydrophile Fasern in einem Kleidungsstück unangenehmer empfunden worden wären als hydrophobe. Offensichtlich ist der Wasserdampftransport nur eines der Kriterien, das berücksichtigt werden muß. Wir können uns nun anderen Feuchtigkeitsfaktoren zuwenden.

**Wasserabsorption und -transport**

Fourt und Hollies<sup>1)</sup> zufolge wirken sich nicht alle diese Differenzen auch als Komfortunterschiede aus, obgleich sich die Bekleidungsstoffe in ihrer Fähigkeit als Docht zu wirken, beispielsweise einen Wassertransport in longitudinaler und transversaler Richtung zeigen, stark unterscheiden.

Zum Beispiel ergaben Untersuchungen in kalten Klimazonen, an Männern, daß die Wasseransammlung in der Kleidung selten eine solche Menge erreicht, daß eine effektive Dochtwirkung eintritt<sup>15)</sup>. Das von der Haut verdunstete Wasser

könnte an sich in den kühleren Bekleidungsschichten kondensieren, aber die Kapillaren sind nicht genügend mit Wasser gefüllt bzw. kontinuierlich, um einen Transportmechanismus zu starten. Bei Tropenkleidung kann aber im Gegensatz dazu die Dochtwirkung sehr wichtig sein, um eine schnelle Trocknung und Abkühlung bei hohem Wassergehalt zu fördern<sup>16)</sup>.

Dieselben Autoren betonen auch, daß eines der Grundkonzepte der Bekleidungsplanung die Verwendung mehrfacher Schichten ist, wobei jede für eine spezielle Funktion entworfen ist. Diese können vermehrt oder vermindert werden, je nachdem, ob man mehr oder weniger Wärme erreichen will. Daher muß die Feuchtigkeitswanderung in Bekleidungsstoffen auch den Transportmechanismus zwischen den Gewebeschichten berücksichtigen. Hierbei kann die Dochtwirkung eines Stoffes (sogar wenn dieser hydrophob ist) besonders dann von Vorteil sein, wenn sie die Entfernung der Feuchtigkeit von der Haut und deren Absorption von einer benachbarten äußeren Schicht erlaubt. Diese Technik wird derzeit bei speziell konstruierten zweischichtigen Windeln zum Trockenlegen der Babies benutzt. Die innere Schicht einer solchen Windel besteht normalerweise aus einem hydrophoben Material, wie Acryl, Polyester oder Vinylchlorid, die äußere Schicht aus hydrophiler Baumwolle. Die Flüssigkeit wird durch die hydrophobe Schicht abgeleitet und von dort an die hydrophile Außenschicht abgegeben. Auf diese Weise wird die äußere Baumwollschicht naß, das Baby selbst bleibt ziemlich trocken.

**Sorptionswärme des Wassers**

Wenn textile Fasern Feuchtigkeit absorbieren, entwickeln sie Wärme. Diese auftretende Wärme kann sehr viel mit-helfen, eine Person warm und komfortabel zu halten. Zum Beispiel<sup>17,22)</sup> kann beim Übergang von einem Raum mit

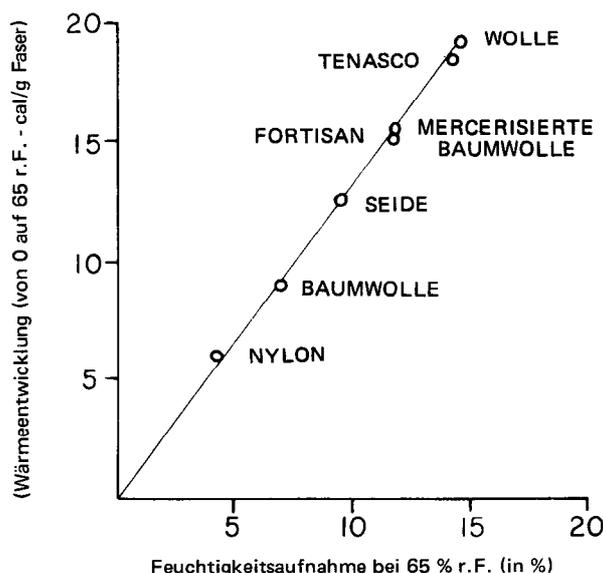


Abb. 6: Wärmeentwicklung gegen Feuchtigkeitsaufnahme (nach Meredith<sup>18)</sup>)

18°C und 45 % relativer Luftfeuchtigkeit in die Außenatmosphäre von 5°C und 95 % relativer Luftfeuchtigkeit eine Wolljacke, die 1 kg wiegt, 100 kcal Wärme produzieren. Auf Abbildung 6 ist nach Meredith<sup>18)</sup> die beim Übergang von einer vollkommen trockenen Atmosphäre zu Standardbedingungen entwickelte Wärme (cal/g) gegen die Standardfeuchtigkeitsaufnahme bei 65 % relativer Luftfeuchtigkeit und 21°C aufgetragen. Dieses Diagramm demonstriert, daß die entstandene Wärmemenge der Feuchtigkeitsaufnahme direkt proportional ist. Man überlege, wie dies mit dem Komfort zusammenhängt.

Wenn trockene Wolle oder eine andere sehr aufnahmefähige Faser einer so hohen relativen Feuchtigkeit ausgesetzt wird, daß sie Wasser aufnimmt, dann entwickelt die als erste absorbierte Feuchtigkeitsmenge Wärme. Das erhöht wiederum den Wasserdampfdruck in der Faser, wodurch ein Teil des Wassers gleichzeitig die Faser wieder verläßt.

Der Absorptionsreaktion ist also ein Desorptionsprozeß entgegengesetzt, und die Gesamtabsorptionsgeschwindigkeit der Feuchtigkeit und die damit einhergehende Wärmebildungsgeschwindigkeit werden dadurch verlangsamt. Dieser Effekt tritt nicht nur bei Wolle auf, sondern er existiert auch bei anderen Fasern als Funktion ihrer Sorptionswärmen.

Für eine hervorragende thermodynamische Erklärung des oben erwähnten Sachverhalts sei auf den Bericht von King und Cassie<sup>19)</sup> verwiesen.

Im Hinblick auf einen Abkühleffekt verläuft der Mechanismus umgekehrt, wenn Wasser von der Faser verdunstet. Sobald eine feuchte Wollfaser oder eine sehr aufnahmefähige Faser zu trocknen beginnt, entzieht die Verdunstung der Faser Wärme (endotherme Reaktion). Dies bewirkt eine Senkung von Temperatur und Dampfdruck bei gleichzeitiger Verringerung der Verdunstungsgeschwindigkeit. Der Abkühleffekt wird dadurch allerdings herabgesetzt.

Sowohl bei Absorption als auch bei Desorption wirken die hydrophilen Fasern, besonders Wolle- und Viskosefasern, als Dämpfungsmechanismus zum Schutz des Körpers vor den Umweltveränderungen. Je höher die Feuchtigkeitsaufnahme, umso größer ist der dämpfende Effekt.

Auch Carlene<sup>13)</sup> diskutiert die Schutz- und Dämpfungswirkung der Kleidung: „Eine sehr schnelle Verdunstung würde natürlich eine übermäßige Abkühlung der Körperoberfläche bewirken, eine sehr langsame Abkühlgeschwindigkeit würde zu einer Schädigung der Haut führen. Der Körper braucht eine gewisse Zeit, um seine Wärmeleitfähigkeit dem Temperaturwechsel anzupassen. Wenn dieser Wechsel zu schnell erfolgt, dann kann sich der Körper nicht rasch genug anpassen, und es wird daraus mangelnder Komfort resultieren. Die Bekleidung hilft sehr dabei, diese Effekte zu vermeiden, da sie einen Temperaturwechsel der Haut mildert und verzögert.“

**Nasser Griff der Gewebe**

Dieser Faktor, der auch im Hinblick auf den Bekleidungskomfort betrachtet werden muß, entspricht der maximalen Wassermenge, die ein Textil aufnehmen kann, ohne daß es

sich tatsächlich naß anfühlt. Tabelle 1 bringt die Wasseraufsaugung verschiedener Fasern. Diese ist als Wassergehalt der Faser definiert, wenn diese aus nassem Zustand bei 100 % relativer Feuchtigkeit und 70°F ins Gleichgewicht gebracht wurde.

**Tabelle 1: Feuchtigkeitsaufnahme und aufgesogenes Wasser (bezogen auf das Trockengewicht der Fasern) in Prozent**

FASER	Aufnahme (%) (Standardbedingungen) (65 % r.F. und 21°C)	aufgesogenes Wasser (%) (Sättigung) (100 % r.F. und 21°C)
Azetat	6,5	18
Acryl (Orlon)	1,5	5
Baumwolle	8,5	40
Glas	0	0,3
Nylon 6,6	4,5	10
Polyester	0,4	0,9
Seide	11,0	36
Reyon	11 - 16	45 - 82
Wolle	13,6	34

aufgesogenes Wasser: resultierender Wassergehalt, wenn die Faser vom nassen Zustand her bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit (r.F.) und 21°C ins Gleichgewicht gebracht wurde.

Ein anderer Ausdruck dafür heißt Sättigungsaufnahme. Die Tabelle gibt an, daß die hydrophilen Fasern – Baumwolle, Wolle, Seide, Viskosefasern – etwa 30 bis 45 % Wasser aufsaugen, während die hydrophoben Fasern – Polyester-, Acryl-, Glas-, Nylonfasern – im Bereich von 0 bis 10 % rangieren. Natürlich wird als aufgesogenes Wasser nur jene Wassermenge bei Sättigung gerechnet, die die Faser selbst aufnehmen kann, und Stoffe aus hydrophoben Fasern haben außerdem noch die Fähigkeit, Wasser zwischen den Garnen im Gewebe festzuhalten. Garn- und Gewegeometrie sind wahrscheinlich wichtigere Faktoren im Hinblick auf das Wasseraufnahmevermögen der Gewebe als die den Fasern innewohnenden Eigenschaften.

Wir erwähnen wieder die Arbeit von Hock, Sookne und Harris<sup>7)</sup>, die einen Kontakttest verwendeten, um die abkühlende und die feuchtkalte Wirkung von Stoffen zu messen. Je größer der Berührungsgrad zwischen Haut und Versuchsmaterial, desto stärker war das Kältegefühl. Ob sich das gleiche Phänomen auch bei nassen Geweben findet, konnte in der Literatur nicht gefunden werden.

Es dürfte logisch sein, daß glatte, flache Gewebe, die einen engen Kontakt mit der Haut haben, sich bei Nässe offensichtlich sehr viel unangenehmer anfühlen als rauhere, haarige Fabrikate, die die Haut wesentlich weniger berühren. Wie schon früher erwähnt, sind enggewebte Stoffe aus Endlosfäden sogar sehr unbehaglich, wenn sie bei Nässe am Körper kleben. Das ist wahrscheinlich auch der Grund, warum die Bauschgarnen zur Erzielung rauher, texturierter Gewebeoberflächen so beliebt wurden. Obwohl diese Stoffe die Transpirationsfeuchtigkeit absorbieren, fühlen sie sich doch nicht naß an und kleben nicht so sehr am Körper wie solche aus glatten Geweben.

### Oberflächencharakter der Gewebe

Die Einflüsse von Gewebeoberfläche und -textur wurden in den vorhergehenden Abschnitten besprochen. Dabei wurde festgestellt, daß Stapelfasergewebe mit haariger, rauher oder verfilzter Oberfläche wärmere Stoffe ergeben, teilweise weil ihr Kontakt mit der Haut geringer ist. Flache Gewebe aus glatten Endlosfäden neigen dazu, sich kühler, oder sogar auch feuchtkalt anzufühlen, wenn ihr Kontakt mit der Haut inniger ist und sie die Wasserdampfverteilung behindern.

Hollies<sup>20)</sup> stellte fest, daß, wenn Oxford-Herrenhemden aus 100 % Baumwolle zusammengedrückt und dadurch weniger faserig wurden, deren Träger ein unangenehmes, feuchtes, klebriges Gefühl beobachteten. Waren aber dieselben Hemdenstoffe geraut und dann mit einer Triazon-Durable-Press-Behandlung stabilisiert worden, so empfand man sie als angenehm. Das ist der Fähigkeit des Materials zuzuschreiben, faserig und offen zu bleiben, sodaß weniger Berührung mit der Haut besteht.

Die Frage nach den Oberflächencharakteristika bringt auch den Einfluß der Oberflächenreibung zur Diskussion. Durch Auswahl des Faserdurchmessers kann man eine große Spannweite von Gewebeoberflächen mit unterschiedlichem Weichheitsgrad (wie schon früher erwähnt) erreichen, besonders bei den synthetischen Fasern. Wenn aber die Fasern an der Oberfläche zu steif sind, können sie sich durch Kratzen unangenehm bemerkbar machen. Doch ist das eines der leichteren Probleme, die ein Textiltechnologe zu lösen hat.

### Statische Elektrizität

Wir kommen nun zu einem anderen Parameter, der zwar normalerweise beherrscht werden kann, der aber zu Beginn der Synthesefaserentwicklung große Schwierigkeiten verursachte. Es ist das Problem der Entstehung elektrostatischer Ladungen.

Als allgemeine Regel gilt: Je niedriger die Feuchtigkeit Aufnahme, umso höher ist die elektrostatische Aufladung. Aber diese Regel hat viele Ausnahmen. Wolle erzeugt bei sehr niedriger Feuchtigkeit Funken, wie zum Beispiel ein reiner Teppich im Winter. Wollkleidung dagegen ist im Winter jedoch keineswegs abzulehnen. Gewebe aus 100 % Synthesefasern (wie Nylon oder Acryl) kleben an der Haut und erzeugen Funken bei der niedrigen relativen Feuchtigkeit der Winterluft.

Das Problem der elektrostatischen Aufladung kann jedoch durch Aufbringung dauerhafter chemischer Antistatika oder neuerdings auch durch Zugabe antistatischer Agenzien zum Polymeren selbst gelöst werden. Was den Tragekomfort betrifft, dürfte die Funkenbildung und das Ankleben der Kleidung kein schwerwiegendes Problem sein. Valko und Mitarbeiter<sup>21,22)</sup> beschrieben eine Technik, mittels der die elektrostatische Aufladung textiler Materialien durch eine chemische Behandlung zu entfernen ist.

### Psychologische Aspekte zur Anerkennung neuer Fasern für Bekleidungsartikel

Nach der Übersicht über die vielen Faktoren, die den Be-

kleidungskomfort beeinflussen bzw. beeinflussen können, möchte ich noch einmal einige Bemerkungen von Fourt und Hollies<sup>1)</sup> aus ihrem Übersichtsartikel zitieren. Diese beziehen sich auf die Bereitwilligkeit der Leute, neue Bekleidungsfasern und -strukturen anzuerkennen und sich daran zu gewöhnen: „*Es gibt noch einen anderen Aspekt des Komforts, der dann vorherrscht, wenn thermische Beanspruchung (Hitze oder Kälte) nicht ins Gewicht fallen. Dieser ist mit dem Gewebegriff besonders im trockenen Zustand verbunden, das heißt mit ‚psychologischen Faktoren‘, die sich als Ergebnis der Gewöhnung ändern können. Kleidung aus Endlosfäden war zum Beispiel für Männer völlig inakzeptabel, den Frauen aber gar nicht so unangenehm. Das stammt vermutlich daher, daß sich die meisten Männer normalerweise in Unterwäsche aus Endlosfäden höchst unbehaglich fühlen, wogegen sich die Frauen schon völlig an ein bestimmtes kühles Tragegefühl gewöhnt haben.*

*Gestrickte Strukturen haben den Vorteil, den Kontakt mit der Haut zu reduzieren und machen daher Endlosgarne annehmbar. Als Ergebnis wurden zum Beispiel Strickhemden aus verschiedenen Endlosfasern als Alltagsbekleidung gebräuchlich, was beweist, daß sich die mit einer speziellen Faser verbundenen Assoziationen mit der Technologie und den Tragegewohnheiten ändern können. Diese Veränderung der Garnassoziationen auf Grund der Texturierung, die diesen Strukturen erst wirklich zur Anerkennung verhelfen, ist nicht leicht vor sich gegangen.*“

Es gibt ein altes englisches Sprichwort, daß sich die Güte eines Puddings erst beim Essen erweist. Meiner Meinung nach ist die Tatsache, daß viele der gewebten Kleidungsstücke noch nicht zu 100 % aus Synthesefasergarn bestehen, ein Hinweis, daß hiezu Fasern, die Feuchtigkeit und Wasserdampf aufnehmen und transportieren können, unbedingt nötig sind. Wir sehen aber auch die Entwicklung der Bauschgarne, die die Mängel der flachen Gewebe aus hydrophoben Endlosfäden beilegen können. Andererseits kennen wir aber auch schon fadenähnliches Material aus Synthesefasern für Trikotwaren und andere offene Strickstrukturen, die attraktive, praktische Bekleidungsmaterialien ergeben, die wirklich angenehm zu tragen sind.

Wir müssen dabei zur Kenntnis nehmen, daß sich auch Männer, Frauen sogar noch viel leichter, umgewöhnen können. Obwohl manche Stoffe ursprünglich wegen des mangelnden Komforts als völlig inakzeptabel angesehen wurden, werden sie heute doch getragen. Sie sind zwar nicht bequemer geworden, aber wenn sie attraktiv, modisch und nicht ganz unangenehm sind, dann kann man sie in einem gewissen Marktsektor verkaufen.

### Brennbarkeitsverordnung für Stoffe (Fabric Flammability Act)

Vor dem Abschluß möchte ich noch kurz ein bedeutendes Ereignis besprechen, das in Amerika stattfand und von dem ich glaube, daß es Einfluß auf die Textilmärkte und auf den Komfort der Bekleidungstextilien haben wird, die in den kommenden Jahren entwickelt werden.

Vielleicht haben Sie schon den neuen amerikanischen Ausdruck „*consumerism*“ (Konsumentenschutz) gehört. Diese Konsumentenbewegung ist – kurz gesagt – das starke und weitverbreitete Verlangen von seiten der amerikanischen Öffentlichkeit nach besserer Qualität, Leistung, Sicherheit und Wert der Produkte, die sie kauft – ob Automobile, Waschmaschinen, Fernsehanlagen oder Bekleidung.

Der Konsumentenschutz geht über die Frage der Zuverlässigkeit eines Produkts hinaus. Er schließt sogar die Überwachung des Wohlbefindens und der Brieftasche des Verbrauchers mit ein. Das *Truth-in-Lending Law* verlangt, daß der Kreditnehmer über den wirklichen jährlichen Zinssatz informiert wird, den er zahlen muß. Ein *Truth-in-Packaging Law* (noch nicht erlassen, wird aber kommen) wird Standardnettogewichte oder -volumen der Verpackungen und Einheitskosten fordern. Ich nehme an, Sie wissen schon, daß wir eine *Fiber Identification Labeling Act* haben, auf Grund derer die meisten textilen Produkte nach Typen und Prozentsatz der Fasermischung identifiziert werden müssen. Schließlich gibt es noch die *Fabric Flammability Act*, die vom Kongreß der USA im Dezember 1967 verabschiedet und ein Jahr später wirksam wurde. Der United States Secretary of Commerce wurde ermächtigt, Testmethoden und Standards der Brennbarkeit von Textilien festzulegen, um die Öffentlichkeit vor „*unvernünftigen*“ Entflammbarkeitsrisiken zu schützen. Er ist auch zur Leitung der Forschung befugt.

Die Tatsache, daß die Benutzung vieler unserer konventionellen Produkte (seien sie aus Baumwolle, Reyon, Wolle oder Chemiefasern) jahrelang nur wenig Brandunfälle und -todesfälle nach sich zog, ist nicht notwendigerweise als ausreichende Rechtfertigung für ihren weiteren Gebrauch anzusehen. Maßnahmen wurden schon ergriffen, und man formuliert Vorschriften und Standards für Kinderkleidung wie für Teppiche, die die Sicherheitsvorkehrungen gegen Brennbarkeit beachten.

Ob es der Textilindustrie gefällt oder nicht, oder ob es nun in jeder Beziehung gerecht und billig ist, die *Fabric Flammability Act* wird vom Faserproduzenten, vom Textilhersteller, vom Kleidererzeuger und vom Detailisten verlangen, weniger leicht entflammbare Ware herzustellen. Dies wird gewiß zu Forschungsbemühungen führen, neue, weniger brennbare Fasern zu produzieren.

Wir haben bereits einige solcher Faserkandidaten vorliegen – zum Beispiel flammfestes Reyon. Außerdem sehen wir derzeit die Entwicklung und Auswertung zahlreicher chemischer Flammenschutzbehandlungen. Hier tritt auch wieder das Problem des Bekleidungskomforts auf. Die Öffentlichkeit wird weiterhin flamm sichere Kleidung verlangen, die aber auch bequem sein und den Wasserdampf durch und die Luft zirkulieren lassen soll, die außerdem guten Griff und Fall und attraktive Farben und Formen aufweisen soll. Obwohl diese vom Verbraucher gestellten Anforderungen hoch sind, sind sie meiner persönlichen Meinung nach nicht unerfüllbar, und die Textilindustrie wird in den kommenden Jahren auch diese Probleme lösen.

Ich habe heute vor allem über Konsumgüter gesprochen. Was militärische Verwendungszwecke oder Industrieschutzkleidung betrifft, so sind bereits hitzebeständige und flammfeste Materialien, wie das Polyamid Nomex<sup>®</sup>, auf dem Markt erschienen. Modifizierte Polyamide des Nomextyps unter dem Handelsnamen Durette<sup>®</sup> (Monsanto) und Fypro<sup>®</sup> (Travis Mills) sowie eine Phenolfaser Kynol<sup>®</sup> (Carborundum Co.) und ein Polyvinylalkohol-Polyvinylchlorid-Copolymer namens Cordella<sup>®</sup> (aus Japan) werden ebenfalls erprobt.

Eine andere neue, vor kurzer Zeit herausgekommene Faser ist Polybenzimidazol (PBI) mit tatsächlich hervorragender Schwerentflammbarkeit in Luft und guter Flammfestigkeit in mit Sauerstoff angereicherter Atmosphäre. PBI-Fasern wurden bereits bei den Apolloflügen zum Mond eingesetzt. Selbst wenn PBI in reinem Sauerstoff brennt, so ist doch seine Verbrennungsgeschwindigkeit sehr niedrig, und daher ist es allen anderen faserigen Materialien (mit Ausnahme von Glas) weit überlegen.

Eine sehr wesentliche Eigenschaft von PBI ist sein Feuchtigkeitsaufnahmevermögen von 12 %, im Gegensatz zu 3 bis 4 % bei Nomex<sup>®</sup>. Dies scheint einen Hinweis dafür zu geben, daß in heißem Klima Bekleidung aus PBI komfortabler sein könnte, als solche aus Nomex<sup>®</sup> oder aus flammfest ausgerüsteter Baumwolle. Ob das wirklich der höheren Feuchtigkeitsaufnahme und Hydrophilität zuzuschreiben ist, wird man noch sehen.

Andere neue flammfeste Materialien werden sicher noch angeboten werden. Der Komfort der daraus gefertigten Kleidung wird eines der Kriterien sein, nach denen sie die Öffentlichkeit bewerten und anerkennen bzw. ablehnen wird. Die Konsumenten werden das endgültige Urteil sprechen.

*(Übersetzung aus dem Englischen von Dr. I. Seebauer)*

#### Literatur:

- 1) L. Fourt und N. Hollies: "The Comfort and Function of Clothing"; U.S. Army Natick Laboratories Technical Report 69-74-CE (Juni 1969)
- 2) E.R. Kaswell: "Textile Fibers, Yarns, and Fabrics"; Reinhold Publishing Corp., New York, N.Y. (1953)
- 3) F.T. Peirce und W.H. Rees: "The Transmission of Heat Through Textile Fabrics"; Part II, Journal of The Textile Institute, **37**, T181 (1946)
- 4) M.C. Marsh: "The Thermal Insulating Properties of Fabrics"; J.Text.Inst., **22**, T245 (1931)
- 5) S. Baxter und A.B.D. Cassie: "Thermal Insulating Properties of Clothing"; J.Text.Inst., **34**, T41 (1943)

- 6) H.F. Schiefer, H.T. Stevens, F.B. Mack und P.M. Boyland: "A Study of the Properties of Household Blankets"; J.Res.National Bureau of Standards, **32**, 261 (1944)
- 7) C.W. Hock, A.M. Sookne und M. Harris: "Thermal Properties of Moist Fabrics"; J.Res.Nat'l.Bur.Standards, **32**, 229 (1944)
- 8) A.B.D. Cassie: "Characteristics for Warmth in Underwear Fabrics"; J.Text.Inst., **40**, P444 (1949)
- 9) S. Robinson: "Tropics"; S. 348, Kapitel 11, in L.H. Newburgh's "Physiology of Heat Regulation and the Science of Clothing"; Philadelphia, W.B. Saunders Company (1949)
- 10) L. Fourt und M. Harris: "Physical Properties of Clothing Fabrics"; S. 308, Kapitel 10, in L.H. Newburgh's "Physiology of Heat Regulation and the Science of Clothing"; Philadelphia, W.B. Saunders Company (1949)
- 11) L. Fourt und M. Harris: "Diffusion of Water Vapor Through Textiles"; Text.Res.J., **17**, 256 (1947)
- 12) W.H. Rees: "The Protective Value of Clothing"; J.Text.Inst., **37**, P132 (1946)
- 13) P.W. Carlene: "Thermal Properties of Textiles"; Techn. Report, Imperial Chemical Industries, Ltd., DLR 20, vom 29. Jänner 1945
- 14) F.T. Pearce, W.H. Rees und L.W. Ogden: "Measurement of the Water Vapor Permeability of Textile Fabrics"; J.Text. Inst., **36**, T169 (1945)
- 15) N.R.S. Hollies: "Mount Washington Feasibility Test"; Rep.Nr. 20, Contract DA-19-129-qm-331, U.S.Army Quartermaster Research and Development Center, Massachusetts (Juni 1956)
- 16) J. Vaughan, A. McLeod und P. Janpietro: "Some Physiological Responses of Men Wearing Body Armor in the Desert"; TR EP-44, U.S.Army Research and Development Center, Natick, Mass. (März 1957)
- 17) A.B.D. Cassie, Atkins und King: "Thermostatic Action of Textile Fibres"; Nature, **143**, 163 (1939)
- 18) R. Meredith: "Properties Depending on the Amorphous Regions of Fibers"; Kapitel XII, "Fiber Science"; herausgegeben von Preston, Manchester, The Textile Institute (1949)
- 19) G. King und A.B.D. Cassie: "Rate of Absorption of Water Vapor by Wool Fibres"; Transaction of The Fiber Society, **36**, 445 (1940)
- 20) N.R.S. Hollies: "Factors Influencing Comfort in Cotton Shirts"; Final Report Contract 12-14-100-7183(72), Souther Utilization Research and Development Division, U.S. Department of Agriculture (Mai 1965)
- 21) E. Valko und G.C. Tesoro: "New and Durable Anti-static-Finishes"; Modern Textiles, **38**(7), 62 (1957)
- 22) E. Valko, G.C. Tesoro und W. Ginilewicz: "Elimination of Static Electricity from Textiles by Chemical Finishing"; Am. Dyestuff Rep. **47**, 403 (1958)
- 23) M.E. Whelan, L.E. MacHattie, A.C. Goodings und L.H. Turi: "The Diffusion of Water Vapor Through Laminae with Particular Reference to Textile Fabrics"; Text.Res.J. **25**(3), 197 (1955)
- 24) P. Nordon und J.G. Downes: "Diffusion of Water Vapor Through Textile Materials"; J.Text.Inst. **56**, T438 (1965)
- 25) W.G. Klein, C.A. Lermond und M.M. Platt: "Development of Design Data on the Mechanics of Air Flow Through Parachute Fabrics"; Wright Air Development Center TR56-576 (1957)



BÜRO-ORGANISATION

**Robert Streit**

L I N Z - A M S T E T T E N - W I E N

- BÜROMASCHINEN-V.V. APPARATE
- BÜROBEDARF-ORGANISATIONSMITTEL
- TECHNISCHE ZEICHENARTIKEL - PAPIERE
- SPEZIAL-FACHREPARATURWERKSTÄTTE

## Diskussion

Während dieser Diskussion half Herr Professor Dr. Köb in liebenswürdiger Weise als Simultanübersetzer aus.

**Köb:** Ich möchte vorerst auf zwei Dinge aufmerksam machen: Herr Kaswell hat entsprechend der angelsächsischen Terminologie immer von *hydrophob* und von *hydrophil* gesprochen, auch dort, wo wir *hygroscopisch* sagen.

Hydrophob ist nämlich definitionsgemäß nicht, was man im normalen Sprachgebrauch darunter versteht: *wasserabstoßend*, *abperlend*.

Ist von Feuchtigkeitsaufnahme die Rede, so wird das als hygroscopisch bezeichnet.

Die Messungen, die hier gezeigt wurden - beispielsweise der Temperaturabfall beim Auflegen eines feuchten Gewebes -, waren nicht am menschlichen Körper aufgenommen worden, sondern das waren physikalische Messungen an einer künstlichen Haut.

Sehr wichtig erscheint mir auch, daß Herr Kaswell sagte, daß man den Pudding nur kosten kann, wenn man ihn ißt. Das würde heißen, daß die Frage ‚Komfort‘ nicht von der Physik allein gelöst werden kann.

In der Tabelle über die Temperaturänderung bei Feuchtigkeitsaufnahme, die als ‚Für‘ von der Wolle zitiert wird, liegen die Werte für die Viskose ganz dicht neben jenen der Wolle, und die für Seide liegen weiter unten. Nach physikalischen Messungen wäre also das Seidenhemd schlecht und das Viskosehemd gut bzw. so gut wie eines aus Wolle. Ob der Körper das beim Tragen auch so empfindet?

Herr Kaswell sprach aber auch darüber, daß zwar ein dichter bzw. ein dichtgepackter Faserverband tatsächlich noch mehr Feuchtigkeit transportieren kann, wenn die Faser selbst die Feuchtigkeit weiterleitet, daß aber der Anteil an Feuchtigkeit und Wasserdampf, der durch die Faser transportiert wird, nur ein Bruchteil dessen ist, was normalerweise durch das offene Gewebe geht. Es ist also kein Widerspruch, wenn auf der einen Seite behauptet wird, es käme gar nicht darauf an, wie sich die Faser verhält, und wenn auf der anderen Seite die physikalische Messung zeigt, daß selbstverständlich durch eine wasserdurchlässige Faser Wasser hindurchgeht und durch eine hydrophobe nicht. Es käme also darauf an, wie man den Pudding nachher ißt, ob man ihn von der Physik her betrachtet oder von der Physiologie.

Mr. Kaswell, I just explained, that you said it is necessary to eat the pudding to test it - meaning, that it depends on a person's own reaction as to whether the difference in moisture-transport of a fabric really causes a difference in comfort, or is only a difference in the physics of the system.

**Kaswell:** I meant a bit more than that. By my expression I meant that, I believe that the public will be the final judge, as to whether it will accept or reject a textile product that appears on the market, no matter what the physicist or the physiologist says about its performance and comfort properties. The public will buy the product once, if it likes it, it will buy it again; if it does not - Pech gehabt!

**Köb:** Das letzte Urteil heißt also hier: Das Publikum wird kaufen oder nicht kaufen - unabhängig von der Bekleidungsphysiologie.

**Mecheels:** Ich bin nicht ganz sicher, ob nicht ein Widerspruch in der Aussage steckt, daß nämlich einerseits der Feuchtetransport durch die Substanz der Fasern übertroffen wird und daß andererseits gesagt wird, daß der Wassertransport durch die Fasern recht klein sei.

Fourt, Rutherford und Craig haben einmal gemessen, wieviel Wasserdampf durch das Fasermaterial von verschiedenen Textilfasern hindurchgeht. Sie kamen auf Zahlen - ich möchte sie nicht in der Maßeinheit expliziert darstellen -, die zwischen 7 und 134 liegen (7 war für Polyvinylchlorid und 134 war für Baumwolle). Das heißt also, der Wasserdampftransport durch die Faser ist ungefähr der Wasseraufnahmefähigkeit proportional. Wenn man aber bedenkt, daß in der gleichen Maßeinheit und Größenordnung gemessen die Luft einen Wasserdampfdiffusionskoeffizienten von 2500 hat, also um mehrere Zehnerpotenzen größer ist, dann muß man doch annehmen, daß der

Wassertransport, der durch die Fasern hindurchgeht, nicht allzu bedeutend sein kann, zumal die meisten Textilien sowieso zu mehr als 50 Volumsprozent aus Luft bestehen.

Ich glaube daher, daß die Ergebnisse, wonach einerseits der Widerstand gegen den Feuchtedurchgang in Geweben mit der Packungsdichte zunimmt, aber andererseits bei quellbaren Fasern mit steigender Packungsdichte nicht so stark zunahm wie bei nichtquellbaren, beispielsweise Glasfasern, doch anders interpretiert werden sollte.

Hier muß noch ein zusätzlicher Faktor beteiligt sein, wenn der Feuchtetransport innerhalb der Faser gegenüber der sich dazwischen befindlichen Luft nur unbedeutend sein kann - da muß möglicherweise auf der Faseroberfläche etwas gewandert sein.

Es wird Ihnen vielleicht auffallen, daß die quellbaren Fasern auch zu der Gruppe der gut benetzbaren gehören. Da der Oberflächentransport entlang der Fasern mit der Benetzbarkeit parallel läuft, erhebt sich immerhin der Verdacht, daß bei diesen hier gezeigten Messungen noch ein weiterer Mechanismus im Spiel war, den man bis jetzt nicht interpretiert hat.

**Köb:** What do you feel about the transport of humidity on the outside of the fiber - on the surface - depending on the structure and the properties of the surface?

**Kaswell:** If this question concerns the presence of free water on the fabric surface, you have a different problem. If there is free water on the outside of the fabric, this means, there is free water on the skin, and if there is free water on the skin - this is when you become uncomfortable, independent of the type of fiber, or of the fabric structure, if the skin becomes wet with perspiration moisture, discomfort results.

**Köb:** Herr Kaswell sagte, daß er Ihr Argument wohl anerkennt, wenn freies Wasser vorhanden ist, das an der Oberfläche transportiert wird. Bei Wasserdampf scheint Herr Kaswell anderer Meinung zu sein.

Setzt die Oberflächenleitfähigkeit der Faser, wenn reiner Wasserdampf vorliegt, voraus, daß eine ganz dünne Schicht Flüssigkeit an der Oberfläche haftet?

**Mecheels:** Einerseits befindet sich eine Kleidungsschicht ja meistens in einem Temperaturgefälle zwischen dem Körper und der Umgebung. Infolgedessen kann eine Kondensation von flüssigem Wasser innerhalb dieser Schicht erfolgen, und dieses flüssige Wasser wird dann weitergeleitet - das ist aber noch nicht entscheidend.

Auf jeder Faseroberfläche stehen Luftfeuchtigkeit und eine bestimmte Wassermenge im Gleichgewicht. Diese Wassermenge ist auf hydrophilen Fasern - um es genau zu sagen, auf benetzbaren Fasern - größer als auf Faseroberflächen, die weniger benetzbar sind. Das Wasser kann dem Feuchtigkeitsgefälle folgen und Wasserdampf auf diese Weise transportieren. Insofern glaube ich also, daß der Oberflächentransport doch möglicherweise bei diesen Experimenten hier eine Rolle gespielt hat.

**Köb:** According to Dr. Mecheels there is a very fine film of liquid water on the surface of each fiber, which could be also a means of transport of the vapor. Therefore the surface of the fiber may have an influence on the transport-phenomena, which should be included in these measurements, which showed only the transmission of water and gave different results for different fibers.

**Kaswell:** Like glass; glass-fibers have water on the surface, naturally. If we are able to use glass-fabrics - in apparel, which we cannot have for other reasons - this might help as an example of water-transport.

**Köb:** Herr Kaswell sagte, daß es bekannt sei, daß Glasfasern Feuchtigkeit an der Oberfläche festhalten und daß man bei einer Glasfaser höchstwahrscheinlich einen Feuchtigkeitstransport entlang der Oberfläche messen könnte.

**Welfers:** Eine Frage zu der berühmten Sorptionswärme. Sie haben diese an Nylon gemessen, wir haben sie vor Jahren bereits auch an Polyester gemessen: die Größenordnung ist etwa dieselbe, geringer als bei Wolle.

Renbourn in England hatte dasselbe im Laboratorium vor langer Zeit getan, konnte aber diese Ergebnisse an Großtrageversuchen in der englischen Armee in der Praxis nicht bestätigen. Darf ich fragen, was Ihre Meinung über Renbourn ist?

**Köb:** Mr. Welfers has also made measurements of the heat evolved when water is adsorbed at different textiles. He found that for nylon and polyester the heat of sorption was low, compared with wool.

You showed a similar diagram. Mr. Welfers is interested in your attitude towards Mr. Renbourn in England, who has made concrete measurements on persons, but could not find a really difference between different materials in wear-tests.

**Kaswell:** I presume, Mr. Renbourn is at the Royal Aircraft Establishment in England. In terms of the modulating effect of moisture-absorption and -desorption, the higher the regain, the better the modulation. Did he find that with polyester and nylon differences in heat of absorption are not meaningful in the practical sense?

**Köb:** He found in experiments with people that the development of this heat did not influence the comfort to a measurable extent. The results of the laboratory could not be proved in practice.

**Kaswell:** I cannot argue. I brought it out in my talk because it is a concept, that it would help, and on a theoretical basis it would be advantageous. It may be a relatively minor contribution as compared with the other problems of moisture-transport.

**Köb:** Herr Kaswell hält es für möglich, daß dieser Beitrag nur ein sehr geringer sei, aber es sei vielleicht doch ein Beitrag.

**Welfers:** Dann möchte ich aber noch darauf hinweisen, daß man die Sorptionswärme natürlich auch negativ deuten kann. Wenn nämlich in der Hitze noch zusätzlich eine positive Wärmetönung bei Feuchteschwankungen eintritt, so ist das ein Negativum und nicht als positiv zu bewerten.

**Köb:** Mr. Welfers stated that the temperature-increase with higher humidity can also be looked at as a disadvantage, especially during the hot season.

**Kaswell:** This is true. Right now we are doing some experimental work for the U.S. Air Force comparing the relative comfort, fire resistance and other performance properties of Nomex polyamide (Du Pont) and PBI (polybenzimidazole) flight suits. Nomex is now a commercial fiber in the U.S.; PBI is experimental. Both have good-to-excellent fire resistance properties. Nomex has a moisture regain of 3.5 to 4 %, while PBI has about 13 %. There has been some criticism that Nomex is uncomfortable in hot, humid weather. We can conjecture that this is partly because of its low regain and lack of hygroscopicity. We are now in the process of manufacturing some PBI suits of the same fabric construction, weight, and suit design as with the Nomex. We hope that because of its higher moisture regain, the PBI suits will be more comfortable. We want to determine whether there is any reaction on the part of the flyers as to whether they prefer PBI to Nomex. In very hot, humid climates, the relative humidity is so high that heats of moisture absorption or desorption would be insignificant.

**Köb:** In den USA werden derzeit Fliegerkombinationen aus Nomex und Polybenzimidazol mit verschiedenem Feuchtigkeitsaufnahmevermögen ausprobiert; man hat festgestellt, daß Nomex, das nicht sehr hygroskopisch ist, sich nicht als bequem und angenehm erwiesen hat. Das Urteil über PBI, das etwa 13 % Wasser aufnehmen kann, ist noch nicht gefallen. Bei hohen Feuchtigkeiten und Temperaturen wird aber die Sorptionswärme sicher übertroffen.

**Albrecht:** Sie haben im vorletzten Bild die Abhängigkeit des Feuchte-transportes vom Volumen gezeigt und haben dabei das Volumen in sehr weiten Grenzen variiert, ungefähr von 10 bis 50 oder 60.

Frage: Sind dabei die Quadratmetergewichte auch konstant gehalten worden, oder geht damit auch dann wieder die Abhängigkeit vom Gewicht ein?

**Köb:** Mr. Kaswell, you have presented a graph in which you showed the dependence of the moisture-transport upon the percent volume of the fibers in the structure. You pointed out that Fourn and Harris conclude that differences in resistance to moisture diffusion result only when the percent volume occupied by the fiber exceeds 30 to 40 percent.

Mr. Albrecht asks, if the tests were made at constant weight of the fabric or was the weight controlled as well as the fiber volume?

**Kaswell:** I would have to go back and look, but I think that Harris and Fourn have enough ability to recognize that they should take into account the relation among fabric-weight, thickness, percent fiber-volume, and moisture-transfer. I have to look up the original article, but I have confidence that their statements are valid.

**Köb:** Mr. Kaswell sagt, daß er im Moment nur sagen kann, er hätte zu den Autoren, die das gemacht haben, so viel Vertrauen, daß sie das berücksichtigt hätten. Die Frage müßte also noch nachträglich geklärt werden.

**Albrecht:** Wie kann man aber bei Baumwolle bei konstantem Quadratmetergewicht das Volumen praktisch um 70 % erhöhen?

**Köb:** Er sagte mit verschiedenen Fadendichten beispielsweise.

**Albrecht:** Dann resultieren andere Quadratmetergewichte, und es gilt wieder die Abhängigkeit vom Gewicht.

**Köb:** In the case of cotton you have no chance to obtain a higher fabric weight without changing the fabric thickness, that is, a more dense fabric.

**Kaswell:** You mean in term of the engineering design you cannot twist the yarn to a greater density and put in more yarns per cm in order not to increase the thickness, but to increase the weight per area?

**Köb:** Now, if you have a woven cloth with a 20 % volume of fibers, giving a certain thickness and a certain weight, how do you make a fabric with 60 % fiber-volume without changing the other parameters?

**Kaswell:** I don't see, how it can be done without changing some parameters. This is like saying: Is silk warmer than wool? You may have a very thin silk-fabric and a very thick wool-fabric. How can you compare them intrinsically for thermal insulation or moisture-transmission.

**Köb:** Herr Kaswell sagt, die Frage sei wohl ähnlich, als wenn man sagt, wie man ein Wollgewebe und ein Seidengewebe miteinander vergleichen könne, wo eines automatisch dünner und das andere dick wäre. Ich glaube, diese Frage kann also im Moment nicht geklärt werden.

**Albrecht:** Wir haben uns im wesentlichen über reine Substanzen unterhalten und über Polyamid 6, Polyamid 66, Polyester etc. gesprochen. Das ist zwar auch interessant, in der Praxis aber haben wir gerade die Synthesefasern nahezu immer in Mischung vorliegen. Gelten nun diese Gesetzmäßigkeiten, die für die Fasersorte A und für die Fasersorte B gelten, für die Mischung einfach additiv? Oder resultieren dann ganz eigene Gesetzmäßigkeiten?

**Köb:** In practice, in textile suits there are almost mixtures of different fibers, and Dr. Albrecht is interested whether the single components in the mixture show an additive behaviour or if the mixture would give absolute new effects.

**Kaswell:** The physicists and the engineers - Dr. Mark pointed this out - say that, if you calculate resistances whether it be heat, or electrical resistance, or moisture transfer - this is additive - in terms of resistance -  $1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ .

**Köb:** Im physikalischen Sinn zeigt die Mischung die Eigenschaften der Einzelkomponente in additiver Weise, meint Herr Kaswell.

**Mecheels:** Ich habe mich nur noch einmal gemeldet, weil ich die erste Frage von Dr. Albrecht beantworten möchte, die sich auf die von Fourn and Harris 1947 veröffentlichten Kurven bezog. Hier ist also nicht das Quadratmetergewicht konstant gehalten worden, sondern es wurde lediglich das Volumsverhältnis Luft : Fasern verändert, das man dann andererseits mit der Wasserdampfdurchlässigkeit einer gleich dicken Luftschicht verglichen hat.

Hat man also den Wert 1 gefunden, so ist diese Textilkonstruktion genauso durchlässig wie eine Luftschicht. Mit steigender Packungsdichte, das heißt mit abnehmendem Luftvolumen, hat man dann auch dickere, sogenannte „vergleichbare Luftschichten“ gewonnen.

Auf diese Weise wurde das Problem des Quadratmetergewichtes einfach ausgeschlossen.

**Köb:** Dr. Mecheels could explain to Mr. Albrecht, how Fourt and Harris have made their measurements.

**Schenkel:** Mich hätte noch der Wärme- und Luftdurchgang bei Geweben interessiert, in dem Augenblick, wo das Gewebe einen gewissen Feuchtigkeitsgehalt hat - der Mensch sich aber noch trocken fühlt - und dem Übergang zu einem völlig nassen Gewebe - man also ein richtig nasses Hemd anhat. Ob nicht in diesem Moment der Wärmedurchgang so extrem ansteht, daß alle anderen Fragen auch ihre Bedeutung verlieren und man sich erkältet, weil die Verdampfungswärme dem Körper zu schnell entnommen wird?

Aus eigenen Erfahrungen in den Tropen konnte ich keinen großen Unterschied zwischen einem Polyester/Wolle-Anzug, ganz dünn gestrickt, und einem Tropenanzug aus Wolle finden. Ich habe aber begriffen, warum die Einwohner entweder Kimonos anziehen, oder Hosen, die sehr viel Luft einschließen können. Ich stimme zu, wenn Sie sagen, daß dem Luftdurchgang durch die Düntheit der Kleidung, dort, wo es wirklich warm ist, viel mehr Bedeutung zukommt als allen anderen Faktoren.

**Köb:** Professor Schenkel explains that he could not find a great difference between a pure wool and a wool/polyester suit under tropical conditions. If a shirt, for example, would be wet, then the difference in transport of heat and moisture becomes meaningless. The construction of the clothing worn by the inhabitants, e.g. a Kimono, with the possibility of a high air-transmission seems much more important than all details of fibers and fiber-structure.

**Kaswell:** Of course, and you can go to the other extreme. It has been pretty well established that in a hot, humid climate, if you wear no clothing at all, there is more cooling of the body than even if you have something as light as a mosquito-netting. Once your body is wet with perspiration, you are uncomfortable and it does not make much difference what you are wearing.

**Hasenlechner:** Ich hätte gerne gewußt, ob Herr Kaswell auch Versuche mit Herrenanzügen aus Jersey aus texturiertem Polyester gemacht hat, und wie er den Komfort dieser Herrenanzüge einstuft würde, verglichen zum Beispiel mit mittel- bis leichtgewichtigen gewebten Anzügen aus reiner Wolle.

Did you do any studies about the comfort, which can be achieved in man-suit produced of knitted fabrics made from bulked polyester in comparison with suits woven from worsted?

**Kaswell:** There is some work going on now. Perhaps, some of you may know the famous person Fred Fortess from the Celanese Corporation in the USA. Fred goes to many technical meetings and is always talking about new advances in textiles. I can remember that he wore a 100 % polyester knitted jacket, which he said was very comfortable.

The concept was that, if you open up the structure of the suit, so that it is not a real tight 'jammed' fabric - that is there is a space between the yarns - it can be comfortable, and he says his jacket in fact is comfortable. He sees a great future in warp-knit tricot-type apparel in the USA. Also one of my associates from England has several knitted shirts made out of polyester bulked filament, which he says are perfectly comfortable.

**Köb:** Die Frage war, ob Herr Kaswell Erfahrung mit gestrickten Anzügen aus Polyester hat, im Vergleich zu einem entsprechenden Wollanzug. Die Antwort lautete, daß er in Amerika einen Bekannten hat, der ein solches Kleidungsstück trägt und damit sehr zufrieden ist. Herr Kaswell ist der Meinung, daß - wenn die Struktur entsprechend offen ist - auch mit Polyester, selbst in Hemden, der entsprechende Komfort erzielt werden kann.

**Kaswell:** I think, that the main point, which I wanted to make, is, that in using hydrophobic fibers, such as polyester or acrylics, one

must be much more careful in the design of the fabric-structure than one perhaps needs to be, when working with wool or cotton or silk.

**Köb:** Herr Kaswell möchte also nochmals betonen, daß man eben bei den Fasern, die keine Feuchtigkeit aufnehmen, in der Stoffkonstruktion darauf Rücksicht nehmen muß. - Dem kann man auch wohl zustimmen, wenn man Verfechter der Meinung wäre, die Faser selbst leiste nur einen geringen Beitrag zum Komfort der Kleidung.

**Harms:** Ich halte es für wichtig, daß man das Ergebnis dieser Vorträge, besonders aber der Diskussionen, noch einmal dahingehend zusammenfaßt, daß wir feststellen, daß die Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Stellen sich außerordentlich stark widersprechen.

Die Tatsache, daß verschiedene Gewebe einen sehr verschiedenen Tragekomfort ergeben, versuchen die einen einzig und allein durch die unterschiedliche Gewebekonstruktion zu erklären, während andere die Meinung vertreten, daß die Faser selbst einen wesentlichen Beitrag leistet.

Ich glaube, daß diese sehr wichtigen Fragen durch weitere Untersuchungen geklärt werden müssen, und es nützt nichts, daß man nur darüber streitet und daß man die Physik - wie Dr. Köb es ein bißchen tat - ablehnt. Ich glaube, man muß sich bemühen, die Physik mit der Physiologie in Übereinstimmung zu bringen. Man kann physiologisch nicht messen, man muß mit der Physik messen. Sehr wesentliche Untersuchungen sind notwendig. Ich glaube, Professor Mecheels und Herr Kaswell und die verschiedenen anderen Stellen sollten sich weiterhin sehr bemühen. Das Problem ist enorm wichtig.

**Köb:** Dr. Harms says, that he feels that all the questions discussed cannot be answered, and that researchers should work together to clear this situation; working out measurements, which help to compare the feeling of comfort. The decisions whether the fiber has a low or a high influence is not cleared, and you said the same when you brought the example of the pudding.

**Pestalozzi:** Es ist doch eine alte Frage, ob man ein Unterhemd beim Tennisspielen anziehen soll, oder nicht. Ich möchte zwar kein Argument beginnen, da ich schon die physiologischen Argumente gehört habe, gewußt hätte ich aber gerne, ob es physikalische Messungen, die sich mit diesem Problem auseinandersetzen, gibt.

I don't want to start the age-old argument about whether or not one should wear a T-shirt playing tennis in addition to an undershirt. I would like to know, if in physics any experiments have been made, that would support the argument either in favor of wearing a T-shirt or not doing this.

**Kaswell:** I don't know of any data or research information about this. I think you can - however - draw a comparison with some of the new diapers, that babies wear, where there is an inner-liner of a hydrophobic fiber-fabric like acrylic or polyester, and an outer-layer of cotton. When babies wet, the hydrophobic inner fabric will wick-transfer the water away from the babies skin into the outer hydrophilic, hygroscopic fiber. Therefore the baby's skin remains drier. May be, if you made a tennis-shirt with polyester on the inside and with cotton on the outside, you might have a good combination.

**Köb:** Herr Kaswell meint, es wäre durchaus möglich, hier so zu verfahren wie bei den Baby-Windeln, daß man eine Innenlage macht, zum Beispiel aus einer feuchtigkeitsabweisenden Schicht, die die Feuchtigkeit vom Körper ableitet, das wäre das Unterhemd beim Tennisspielen, und dann aus einem Oberhemd, das die Feuchtigkeit aufnimmt und abgibt.

**Mikula:** Es wird immer vom Tragekomfort gesprochen - kann dieser Begriff physikalisch definiert werden?

**Köb:** Is there any physical definition of wear-comfort?

**Kaswell:** I don't think so.

**Köb:** Er glaubt nicht.

## Aufbau und Eigenschaften polymerer Mehrphasensysteme

Dr. Harald Cherdron  
Farbwerke Hoechst AG., Frankfurt (Main) – Hoechst

Unter polymeren Mehrphasensystemen werden Stoffe verstanden, die aus einer polymeren Matrix und einer eingelagerten dispersen Phase bestehen. Die disperse Phase kann entweder ein anorganisches Material sein, oder ebenfalls ein Polymeres. Die Systeme Polymeres/Polymeres ("Polymerblends") werden ausführlich besprochen.

Nach einer allgemeinen Behandlung der Mischbarkeit von Polymeren werden am Beispiel von Polymerblends aus einer harten äußeren und einer weichen inneren Phase die Beziehungen zwischen molekularem und morphologischem Aufbau mit den Eigenschaften derartiger Mehrphasensysteme dargelegt. Bei gegebenen Eigenschaften der Einzelphasen hängen die Eigenschaften des polymeren Mehrphasensystems u.a. ab:

- von der Teilchengröße,
- von der Teilchengrößenverteilung der dispersen Phase und
- von der Flächenhaftung an den Phasengrenzen.

Abschließend werden einige neue Entwicklungen auf dem Gebiet der polymeren Mehrphasensysteme besprochen.

Polymer multiphase systems are defined as consisting of a polymer-matrix and an intercalated disperse phase. The latter can either be some inorganic material or another polymer. Polymer blends are discussed in detail.

A general discussion of polymer miscibility is followed by a description of the interrelations existing between molecular and morphological structures possessing the properties of such multiphase systems, on the basis of polymer blends composed of a hard outer-phase and a soft inner-phase. If the properties of the individual phases are predetermined, the properties of the polymer multiphase systems will depend, inter alia, on

- particle size;
- distribution of particle sizes in the disperse phase, and
- adhesion at the interfaces of individual phases.

Several recent developments in the field of polymer multiphase systems are discussed in concluding.

### A. Einleitung

Zur Entwicklung von Produkten mit neuen oder verbesserten Eigenschaften bieten sich dem Polymerforscher grundsätzlich mehrere Möglichkeiten:

1. die Kombination bekannter Monomerer durch Copolymerisation,
2. die chemische oder physikalische Modifizierung bekannter Polymerer,
3. die Synthese und Polymerisation neuer Monomerer,

4. die Auffindung neuer Polyreaktionen und
5. die Kombination bekannter Polymerer.

Der letztgenannte Weg führt zu einer Klasse von Polymeren, die man als Polymerblends bezeichnet und die dadurch gekennzeichnet ist, daß sie aus zwei oder mehreren diskreten Phasen aufgebaut ist. Unter diesen polymeren Mehrphasensystemen im eigentlichen Sinne verstehen wir also Systeme, bei denen in eine kohärente Polymerphase (auch Matrix genannt) eine disperse Polymerphase eingelagert ist.

Es ist einleuchtend, daß die Eigenschaften derartiger polymerer Mehrphasensysteme nicht nur von den Eigenschaften der beteiligten Polymeren, sondern in starkem Maße auch von der Feinstruktur der Einzelphasen und von der Morphologie des Gesamtsystems abhängen.

### B. Systeme: Polymeres/Polymeres (Polymerblends)

#### 1. Theoretische Grundlagen

Vereinigt man zwei niedermolekulare Flüssigkeiten

Vereinigt man zwei niedermolekulare Flüssigkeiten miteinander, so werden diese sich zu einer einzigen Phase lösen oder aber ein heterogenes Gemisch aus zwei Phasen bilden. Welcher dieser Fälle eintritt, hängt davon ab, ob die freie Energie  $\Delta F$  beim Mischen zu- oder abnimmt

$$\Delta F = \Delta H - T\Delta S$$

( $\Delta H$  = Änderung der Mischungsenthalpie;  $\Delta S$  = Änderung der Mischungsentropie).

Bei Polymeren wird nun die Bedingung  $\Delta F < T_0$  (also völlige Verträglichkeit) beim Mischen zweier Schmelzen weit- aus seltener erfüllt als beim Mischen niedermolekularer Flüssigkeiten. Das liegt daran, daß bei Polymeren die Mischungsentropie zwar grundsätzlich zunimmt, aber die Absolutwerte sind bei Polymeren erheblich kleiner als bei niedermolekularen Flüssigkeiten. Hierfür sind zwei Gründe verantwortlich:

- Wegen des hohen Molekulargewichts ist die Molekülzahl erheblich kleiner als beim Mischen niedermolekularer Flüssigkeiten.
- Aus konformativen und konfigurativen Gründen ist die Beweglichkeit von Polymerketten eingeschränkt.

Eine homogene Mischung zweier Polymerer kann also nur noch erfolgen, wenn die freiwerdende Mischungswärme äußerst klein ist; solches kann aber lediglich bei chemisch sehr ähnlich aufgebauten Polymeren erwartet werden. Die gegenseitige Unverträglichkeit von Polymeren untereinander ist also die Regel und eine homogene Mischung die Ausnahme. Es ist aber gerade diese Ausnahmesituation, der wir die Vielzahl der theoretisch möglichen Polymerblends und die besonderen Eigenschaften derartiger Polymermischungen verdanken.

#### 2. Die Herstellung von Polymerblends

Da die Phasenmorphologie, wie wir noch sehen werden, einen entscheidenden Einfluß auf die Eigenschaften von Polymerblends hat, kommt der Auswahl einer geeigneten

Herstellungsmethode große Bedeutung zu; es kommen in Frage:

a) *Gemeinsames Ausfällen aus Lösung*

Wenn es gelingt, zwei zu mischende Polymere in einem gemeinsamen Lösungsmittel zu lösen, so sollte wegen der relativ raschen Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichts eine molekulare Durchmischung der gelösten Makromoleküle möglich sein. Die Schwierigkeit liegt darin, daß sehr viele Polymere oberhalb einer bestimmten kritischen Konzentration in einem gemeinsamen Lösungsmittel unverträglich sind, das heißt, daß sich die ursprüngliche homogene Lösung in zwei Phasen trennt.

Aber auch dann, wenn es gelingt, zwei Polymere in einem gemeinsamen Lösungsmittel gelöst zu erhalten, hängt die Phasenmorphologie der hieraus gewonnenen festen Polymermischung sehr stark von der Aufarbeitungsmethode ab.

Eindampfen oder Sprühtrocknen (d.h. langsame Erhöhung der Polymerkonzentration bis zum Festzustand) bewirkt eine sehr gleichmäßige Verteilung der beiden Polymerphasen, da nur in seltenen Fällen eine von der Konzentration oder der Temperatur abhängige Entmischungsgrenze existiert. Dies kann beim Ausfällen einer Polymerlösung durch Abkühlung oder durch Zugabe eines Lösungsmittels nicht vorausgesetzt werden. Die Temperaturgrenze oder die Fällungseigenschaften des Nichtlösers können für die beiden molekular gelösten Polymeren jeweils verschieden sein, was zu einer Fraktionierung während der Fällung und damit zu einer ungleichmäßigen Verteilung der beiden Polymerphasen im festen Polymerblend führen kann.

b) *Copräzipitation von Latexmischungen*

Wenn die beiden zu mischenden Polymeren in Form eines wäßrigen Latex zu gewinnen sind, führt die Vereinigung der beiden Latices und eine anschließende gemeinsame Koagulation oder eine Sprühtrocknung zu einem festen Polymerblend. Der Vorteil dieser Methode, die beispielsweise bei der Herstellung von ABS-Kunststoffen technisch in großem Stil angewendet wird, liegt darin, daß die Teilchengröße der Phasen durch die Emulsionspolymerisation sehr gut kontrolliert werden kann und daß diese Teilchengröße auch bei der Mischung der Latices sowie bei der Copräzipitation nicht verändert wird.

c) *Polymerisation von Monomeren, die ein anderes Polymeres gelöst enthalten*

Bei dieser Methode zur Darstellung von polymeren Mehrphasensystemen löst man das eine der zu mischenden Polymeren (z.B. einen Kautschuk) in einem Monomeren auf und polymerisiert dann diese Lösung. Auf die sich dabei abspielenden komplizierten kolloidchemischen Vorgänge während der verschiedenen Stadien der Polymerisation wird bei der Herstellung von schlagzähem Polystyrol (siehe unten) noch die Rede sein.

d) *Mischen von Polymerschmelzen*

Das direkteste Verfahren zur Herstellung von Polymerblends ist das Mischen der Polymeren in der Schmelze in geeigneten Homogenisierungsvorrichtungen, wie Walzen, Extrudern oder Knetern. Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt für die Durchmischung ist die Diffusion der Makromoleküle innerhalb der hochviskosen Schmelze. Sie ist um 3 bis 4 Zehnerpotenzen geringer als zum Beispiel die Diffusion von niedermolekularen Weichmachern in eine Polymerschmelze; die Diffusionskonstanten liegen in der Größenordnung von  $10^{-12}$  cm<sup>2</sup>/sec. Die Diffusionskonstante ist bei konstanter Temperatur der Schmelzviskosität – und damit dem Molekulargewicht – umgekehrt proportional.

Der morphologische Aufbau eines durch Schmelzmischen hergestellten Polymerblends hängt außerdem noch von der Mischtemperatur, vom Scherfeld, von der Mischdauer und von den rheologischen Eigenschaften der Mischungskomponenten ab. Schließlich müssen durch Scherung hervorgerufene Brüche von Makromolekülketten und damit die Möglichkeit zur Bildung von Pfropf- oder Blockcopolymeren, die wiederum zur Verträglichkeit der beiden Phasen beitragen, berücksichtigt werden.

Man hat folglich auch bei der Schmelzmischung zweier *v e r t r ä g l i c h e r* Komponenten damit zu rechnen, daß das thermodynamische Gleichgewicht nicht oder nur teilweise erreicht wird, insbesondere bei den meist zeitlich begrenzten technischen Mischprozessen. Aus der Tatsache, daß eine aus der Schmelze gewonnene Polymermischung in getrennten Phasen vorliegt, darf also nicht ohne weiteres auf die Unverträglichkeit der Komponenten geschlossen werden.

### 3. Eigenschaften von Polymerblends

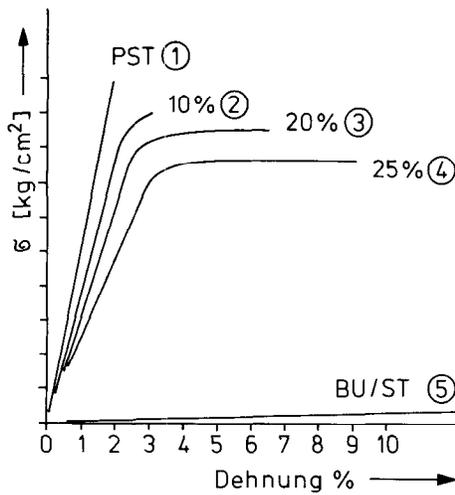
Da sich das Hauptinteresse in der Vergangenheit auf Zweiphasensysteme aus einer harten Matrix und einer weichen dispersen Phase konzentrierte, wie sie bei allen sogenannten *s c h l a g z ä h e n* Polymeren vorliegen, sollen die besonderen Eigenschaften von Polymerblends und die sie beeinflussenden Faktoren auch an solchen Beispielen besprochen werden. Zur Beschreibung des physikalischen Verhaltens sollen Zug-Dehnungsmessungen und dynamisch-mechanische Messungen herangezogen werden.

a) *Zug-Dehnungsverhalten*

Als Maß für die Schlagzähigkeit eines Polymeren, das heißt also die Widerstandsfähigkeit gegen eine rasch erfolgende mechanische Deformation, kann man jene Energie annehmen, die erforderlich ist, um einen Körper zu zerbrechen; dies entspricht der Fläche unter der Kurve in einem Zug-Dehnungsdiagramm.

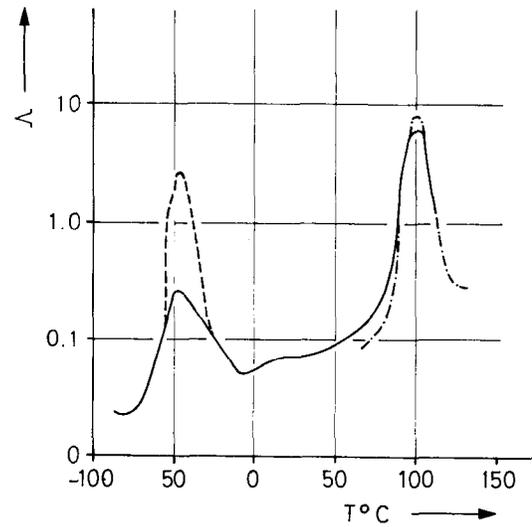
In Abbildung 1 stellt die Kurve 1 das Verhalten eines amorphen, glasartigen Polymeren (z.B. Polystyrol) dar:

Bei steilem Anstieg der Kraft-Dehnungskurve bzw. bei hohem E-Modul erfolgt der Bruch praktisch abrupt, das heißt, es gibt keinen Fließpunkt. Die Fläche unterhalb



- 1 : Polystyrol
- 2-4 : Polystyrol / Polybutadien - Blends
- 5 : Statistisches Butadien/Styrol-Copolymerisat

Abb. 1: Zug/Dehnungsdiagramm



- Polystyrol
- Statistisches Butadien/Styrol-Copolymerisat
- Polystyrol / Polybutadien-Blend

Abb. 2: Temperaturabhängigkeit des mechanischen Verlustfaktors

der Zug-Dehnungskurve ist klein, die Schlagzähigkeit also gering. Ein kautschukartiges Polymeres (z.B. Polybutadien, siehe Kurve 5) dagegen hat eine sehr hohe Bruchdehnung und daher auch eine gute Schlagzähigkeit; der E-Modul ist aber um einige Zehnerpotenzen niedriger.

Zweiphasensysteme aus beiden Polymeren zeichnen sich nun dadurch aus (Kurven 2 bis 4), daß sie eine höhere Bruchdehnung aufweisen – die Fläche unter der Zug-Dehnungskurve, das heißt der Energieaufwand bis zum Bruch und damit die Schlagzähigkeit ist größer –, wobei aber nun der E-Modul und damit Härte und Steifigkeit nur wenig unterhalb des glasartigen Polymeren liegen.

Man könnte eine vergleichbare Schlagzähigkeit auch durch eine statistische Copolymerisation von Styrol mit Butadien erreichen; der E-Modul würde aber im Vergleich zum entsprechenden Polymerblend wesentlich tiefer liegen. In diesem wichtigen Unterschied liegt eine der interessantesten Besonderheiten polymerer Mehrphasensysteme.

**b) Dynamisch-mechanische Messungen**

Als besonders empfindliche Methode zur Charakterisierung von Polymerblends haben sich dynamisch-mechanische Messungen (z.B. im sogenannten Torsionspendel) erwiesen. In Abbildung 2 sind Kurven für den mechanischen Verlustfaktor über einen weiten Temperaturbereich für drei Polymere aufgezeichnet, und zwar:

- Kurve 1: Hartes Polymeres (Polystyrol),
- Kurve 2: Zweiphasensystem aus Polystyrol und Polybutadien,

Kurve 3: Statistisches Copolymerisat aus Styrol mit Butadien.

Wie aus Kurve 2 ersichtlich, weist das Zweiphasensystem zwei Maxima des Verlustfaktors auf. Ein Vergleich mit den jeweiligen Kurven der Einzelkomponenten zeigt, daß das bei -50°C liegende Maximum des Zweistoffsystems dem darin enthaltenen Kautschuk zuzuordnen ist, während das zweite Maximum des Verlustfaktors bei 100°C von der harten Komponente hervorgerufen wird.

Die Maxima des mechanischen Verlustfaktors kennzeichnen jene Temperaturbereiche, in denen in dem untersuchten Stoff molekulare Bewegungsmechanismen einsetzen, die bei tieferen Temperaturen unterbleiben, das heißt „eingefroren“ sind; Hauptmaxima entsprechen dabei den Einfriertemperaturen, wo also die Beweglichkeit von Kettensegmenten einsetzt. Charakteristisch für alle derartigen Polymerblends ist somit das Auftreten von zwei unveränderten Einfriertemperaturen, die den jeweiligen Komponenten entsprechen.

Das statistische Copolymeres aus Styrol mit Butadien dagegen (Kurve 3) zeigt nur ein verschmiertes Hauptmaximum, das wesentlich unterhalb der Einfriertemperatur der harten Phase liegt. Im Gegensatz zur Mischung der beiden Polymeren bewirkt die statistische Copolymerisation eine innere Weichmachung und daher einen niedrigeren Erweichungspunkt.

**c) Der Einfluß der Phasenmorphologie auf die Eigenschaften von Polymerblends**

Die Eigenschaften von Polymerblends werden nun nicht

nur durch die Molekülstruktur der beteiligten Polymeren, sondern in starkem Maße auch von der Phasenmorphologie, wie zum Beispiel von der Teilchengröße und der Teilchengrößenverteilung, sowie von der partiellen Verträglichkeit der verschiedenen Phasen beeinflusst. Da der Einfluß der Teilchengröße und -verteilung in Abschnitt 4 besprochen wird, sei hier nur auf die Bedeutung der Verträglichkeit der Phasen eingegangen.

Obwohl man über den Mechanismus der Erhöhung der Schlagzähigkeit durch Einlagerung einer weichen Phase in eine harte Matrix unterschiedlicher Ansicht ist, verbindet die verschiedenen Theorien die Forderung nach einer Mindestverträglichkeit zwischen disperser Phase und Matrix. Diese Verträglichkeit soll gerade so groß sein, daß eine optimale Haftung an den Grenzflächen zwischen weicher und harter Komponente erzielt wird; eine weitgehende Verträglichkeit würde den zweiphasigen Charakter stören und damit die besonderen Eigenschaften der Polymerblends verringern, das heißt in Richtung einer homogenen Mischung verschieben.

Die partielle Verträglichkeit zweier Polymerer kann prinzipiell durch folgende Faktoren erreicht werden:

- Erniedrigung des Molekulargewichts der Polymeren (dadurch Zunahme der Entropie beim Mischen)
- Annäherung der „Löslichkeitsparameter nach Flory“ beider Polymerer, zum Beispiel durch Einbau von Comonomeren
- Einbau von polaren Gruppen, die eine gegenseitige chemische oder physikalische Bindung eingehen (z.B. Amino- und Carboxylgruppen; Wasserstoffbrücken)
- Pffropfung des einen Monomeren auf das andere Polymere.

Vor allem die letztgenannte Methode hat sich sehr bewährt, da – außer der erreichten Verträglichkeit – eine Pffropfung die mechanischen Eigenschaften, hier die des Kautschuks, nicht wesentlich verändert; dies ist bei den drei erstgenannten Verfahren nicht der Fall.

#### 4. Polymerblends mit harter äußerer und weicher innerer Phase

Polymere Mehrphasensysteme, die aus einer harten äußeren und einer weichen inneren Phase aufgebaut sind, spielen bei den sogenannten schlagfesten Polymerisaten technisch eine große Rolle. Aus den vorstehend entwickelten Überlegungen ergibt sich, daß die Erhöhung der Schlagzähigkeit eines harten, aber spröden Polymeren unter weitgehender Beibehaltung aller übrigen Eigenschaften dadurch möglich sein sollte, daß man eine weiche, kautschukartige Phase in feindisperser Form in die harte Matrix einlagert. Die kontinuierliche äußere Phase ist dabei für die Härte und Steifigkeit, sowie für die Wärmeformbeständigkeit des Systems verantwortlich, die feinverteilte innere Phase trägt dagegen zu einer Erhöhung der Bruchdehnung sowie der Schlagzähigkeit bei. Die Gebrauchstemperatur von derartigen schlagzähigen Mehrphasensystemen liegt zwischen den Einfriertemperaturen

der harten und der weichen Phase. Oberhalb der Einfriertemperatur der harten, amorphen Phase verliert das Polymerblend seine Formbeständigkeit und unterhalb der Einfriertemperatur der weichen Phase geht die Schlagzähigkeit verloren, da dann der Kautschuk ebenfalls hart und spröde wird.

Die erreichbare Schlagzähigkeit hängt bei gegebener Temperatur aber nicht nur vom molekularen Aufbau der Mischungspartner, sondern in sehr starkem Maße auch von der Morphologie des Gesamtsystems ab, so zum Beispiel vom Kautschukgehalt, von Größe und Größenverteilung der Kautschukteilchen, von deren Vernetzungsgrad, von der Phasenstruktur und von Grenzflächenerscheinungen, wie beispielsweise der Teilverträglichkeit. Bei gleichem Kautschukgehalt können deshalb Produkte unterschiedlicher Schlagfestigkeit hergestellt werden. Zum Beispiel durchläuft die Schlagfestigkeit mit zunehmender Größe der eingelagerten Kautschukteilchen ein Maximum (1 bis 10  $\mu$  beim Polystyrol/Polybutadien-System). Die Steifigkeit hingegen steigt mit abnehmender Teilchengröße an, der Glanz nimmt ebenfalls zu.

Da die Größe der Kautschukteilchen während der Verarbeitung durch die dabei auftretenden Scherkräfte verändert werden kann, zeigen die durch mechanisches Mischen erhaltenen Mehrphasensysteme eine unerwünschte Scherempfindlichkeit. Dagegen liefert die Polymerisation in Gegenwart von Kautschuk wesentlich unempfindlichere Mehrphasensysteme, da die Kautschukteilchen teilvernetzt und daher in ihrer Größe fixiert werden. Weitaus die meisten schlagzähigen Polymerisate werden deshalb heute nach diesem Verfahren hergestellt; es sei daher nachstehend am Beispiel eines schlagzähigen Polystyrols ausführlicher beschrieben.

##### a) Die Herstellung schlagzäher Polystyrole durch Polymerisation in Gegenwart von Kautschuk

Dieses Verfahren, das sowohl in Substanz, in Suspension als auch in Emulsion durchgeführt werden kann, sei am Beispiel der Substanzpolymerisation beschrieben:

Polybutadien wird in monomerem Styrol gelöst und diese Lösung in Gegenwart von Radikalbildnern bei Temperaturen zwischen 60 und 120°C bis zum vollständigen Umsatz polymerisiert. Von den sich dabei abspielenden Teilprozessen sollen zwei im einzelnen behandelt werden, da vor allem sie für die Eigenschaften des resultierenden Mehrphasensystems verantwortlich sind; nämlich Pffropfreaktion und Bildung von Kautschukteilchen.

##### Die Pffropfreaktion

Wie schon eingangs erwähnt, ist die Teilverträglichkeit von disperser Phase und Matrix sehr entscheidend für die Verbesserung der Schlagzähigkeit. Unter den Parametern, die eine solche Teilverträglichkeit bewirken, sind Pffropfreaktionen mit am wichtigsten. Deshalb wird auch bei hochwertigen schlagzähigen Styrolpolymerisaten die angestrebte partielle Verträglichkeit von harter Phase und Kautschukphase dadurch erzielt, daß man auf kautschuk-



sich bildende Polystyrol mit dem anwesenden Kautschuk auch in einer Lösung in monomerem Styrol weitgehend unverträglich ist. Dies führt zu komplizierten Entmischungerscheinungen und schließlich zu einer Phasenumkehr während der Polymerisation; und zwar entsteht schon bei sehr geringem Styrolumsatz (0,2 %) neben der zunächst noch kohärenten Lösung von Kautschuk in Styrol eine neue Phase, die aus einer Lösung von Polystyrol in Styrol besteht und die in der Kautschuklösung dispergiert ist.

Mit steigendem Umsatz ändert sich das Volumenverhältnis der beiden Phasen zugunsten der wachsenden Polystyrol/Styrol-Phase, bis diese bei etwa 8 % Umsatz schließlich zu einer ebenfalls kohärenten Phase zusammenläuft. In diesem Stadium liegen also zwei kohärente Phasen nebeneinander vor. Bei noch höheren Umsätzen (etwa ab 11 %) schließlich beginnt jetzt die im Volumenanteil immer kleiner werdende Kautschuk/Styrol-Phase sich zu einer *d i s p e r s e n* Phase zu verteilen, während die ursprünglich disperse Polystyrol/Styrol-Phase nunmehr zur kontinuierlichen Phase wird. Das ganze System durchläuft also während der Polymerisation eine Phaseninversion.

Die nach dem Phasenumschlag vorliegende, dispergierte Kautschukphase wird durch inzwischen gebildetes, styrolreiches Pfropfpolymerisat stabilisiert, das ähnlich wie ein Schutzkolloid als Dispergator wirkt, der die einzelnen Tröpfchen am Zusammenlaufen hindert. Wir haben es hier also mit einem Spezialfall – einer sogenannten Öl-in-Öl-Emulsion – zu tun, bei dem zwei Polymere in einem gemeinsamen Lösungsmittel in Gegenwart eines Pfropfpolymeren als Schutzkolloid vorliegen.

Es ist einleuchtend, daß eine Vielzahl von Faktoren, die teils chemischer, teils verfahrenstechnischer Natur sind, die Teilchengröße und Teilchengrößenverteilung der Kautschukphase beeinflussen. Letztere hinwiederum ist mitentscheidend für einige anwendungstechnische Eigenschaften, wie Schlagzähigkeit, Steifigkeit, Glanz und Oberflächenbeschaffenheit ganz allgemein.

## 5. Neue Entwicklungen bei polymeren Mehrphasensystemen

Nachdem wir die prinzipiellen Fragen über polymere Mehrphasensysteme erörtert und am Beispiel schlagzäher Polystyrole detaillierter auf die Teilprozesse eingegangen sind, sollen abschließend noch einige neue Entwicklungen besprochen werden.

### a) Schlagzähe und transparente Polymerblends

Die zur Zeit wichtigsten polymeren Mehrphasensysteme mit härter äußerer und weicher innerer Phase sind Blends aus Polystyrol und Polyvinylchlorid mit Kautschuk. Durch das Einbringen der Kautschukphase geht die Transparenz der harten Phase verloren, weil das Licht an der Grenzfläche zweier Phasen mit unterschiedlichem Brechungsindex gestreut wird. Diesen für viele Anwendungszwecke erheblichen Nachteil kann man auf zweierlei Art und Weise beheben:

– Ausgleichung des Brechungsindex einer oder beider Phasen durch statistische oder durch Pfropfcopolymerisation mit einem Monomeren, dessen Brechungsindex von dem der Phasen abweicht. Ein auf dieser Basis aufgebautes schlagzähes und transparentes Polyvinylchlorid ist seit kurzem auf dem Markt. Es besteht aus einer Mischung mit einem Styrol/Butadien/Methylmethacrylat-Pfropfcopolymeren.

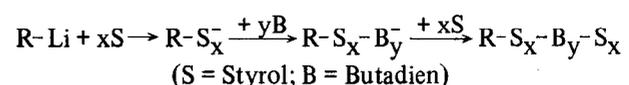
Diese Methode hat aber einen Nachteil, und zwar die starke Temperaturabhängigkeit des Brechungsindex von Polymeren, die außerdem noch von der Art des Polymeren abhängt. So ist zum Beispiel der Brechungsindex von im glasartigen Zusatz befindlichen Polymeren wegen der dichten Molekülpackung weit weniger temperaturabhängig als der von Kautschuken. Es ist also durchaus möglich, daß ein bei Zimmertemperatur völlig transparentes Mehrphasensystem beim Erwärmen zunehmend trüber wird und schließlich die Transparenz gänzlich verliert.

– Der zweite Weg zum Erhalt der Transparenz in Mehrphasensystemen ist die Reduzierung der Teilchengröße der dispersen Phase unter die Lichtwellenlänge, das heißt unterhalb von  $0,1 \mu$ , denn die Lichtstreuung an der Phasengrenzfläche nimmt mit fallendem Teilchendurchmesser ab.

Da aber die mechanischen Eigenschaften, vor allem die Schlagzähigkeit, ebenfalls stark von der Teilchengröße abhängen – das Optimum der Schlagzähigkeit liegt oberhalb von  $0,1 \mu$  – muß man hier einen Kompromiß schließen. Ein auf diesem Prinzip beruhendes Polymerblend, und zwar ein transparentes ABS-Polymerisat, wurde vor kurzem auf den Markt gebracht.

### b) Blockpolymere

Die vollkommene Verträglichkeit zweier Polymerer ist, wie wir gesehen haben, eine große Ausnahme. Es ist daher nicht verwunderlich, daß Blockcopolymere häufig ebenfalls mehrphasig sind, mit dem grundlegenden Unterschied, daß im Gegensatz zu Polymerblends die beiden Phasen über Hauptvalenzen verknüpft sind. Obwohl man schon seit einiger Zeit Blockcopolymere nach verschiedenen Methoden herstellen kann, sind derartige Produkte doch erst kürzlich auf dem Markt erschienen. Hierbei handelt es sich um Dreier-Blockcopolymere aus Styrol und Butadien, wobei die beiden Polystyrolblöcke außen und der Polybutadienblock innen liegen. Sie werden durch anionische („lebende“) Polymerisation dargestellt:



Bei einem geeigneten Aufbau, das heißt dem richtigen Verhältnis Styrol/Butadien und bei bestimmten Blocklängen zeigen diese Styrol/Butadien/Styrol-Blockcopolymere außerordentlich interessante physikalische Eigenschaften. Dies rührt daher, daß derartige Blockcopolymere nicht etwa homogene einphasige Stoffe dar-

stellen, sondern daß durch eine Entmischung der Segmente die Polystyrolbereiche als separate Phasen vorliegen, die über eine kohärente Polybutadienphyse miteinander verbunden sind.

Wir haben also hier Polymere vorliegen, die physikalisch vernetzt sind und demzufolge im Temperaturbereich zwischen den Einfriertemperaturen der beiden Komponenten ( $-90^{\circ}\text{C}$  bzw.  $+100^{\circ}\text{C}$ ) eine gummiähnliche Elastizität aufweisen; sie lassen sich aber – und dies ist das entscheidend Neue – oberhalb der Einfriertemperatur von Polystyrol thermoplastisch verarbeiten. Blockcopolymerisate mit umgekehrter Sequenzfolge, das heißt vom Typ  $B_Y-S_X-B_Y$ , sind zwar gummiähnlich und thermoplastisch, sie haben aber keine Zugfestigkeit, weil die Polybutadienkettenden leicht entschlaufen und aneinander abgleiten.

### c) Polymerblends aus zwei harten Phasen

Die Untersuchungen über diese Stoffkombination stehen

erst noch am Anfang, doch zeichnen sich auch hier schon interessante Ergebnisse ab. Beispielsweise sind schon Mischungen von ABS mit Polycarbonat auf dem Markt, die sich durch erhöhte Schlagzähigkeit und Reißfestigkeit im Vergleich zu unmodifiziertem ABS auszeichnen.

Schließlich zählt zu dieser Kombination das Polystyrol/Polyphenylenoxid-Blend, das allerdings nur unter dem Elektronenmikroskop als zweiphasiges System zu erkennen ist. Es zeichnet sich u.a. durch eine hohe Einfriertemperatur, eine hohe Steifigkeit über einen weiten Temperaturbereich und eine gute Formstabilität aus; außerdem ist es schwerentflammbar, obwohl darin bis zu 50 % Polystyrol enthalten sein können.

Nicht zuletzt zeichnen sich auf dem Fasergebiet mit den sogenannten Bikomponentenfasern außerordentlich interessante Verwendungsmöglichkeiten für polymere Mehrphasensysteme aus harten Phasen ab; hierauf näher einzugehen ist aber vor diesem Auditorium nicht nötig.

## Diskussion

**Martin:** Herr Dr. Cherdron, ich glaube, Sie hatten erwähnt, daß Sie uns noch etwas über die Mischung der Schmelze sagen wollten, - ich hätte gerne noch etwas darüber gehört.

**Cherdron:** Ja, ich wollte vielleicht noch auf einige Punkte hinweisen: Erstens bedarf die Einstellung des Gleichgewichts in der Schmelze sehr langer Zeit, weil die Diffusionskonstanten in der Größenordnung  $10^{-12}$   $\text{cm}^2/\text{sec}$  liegen. Wenn wir also einen Weichmacher, beispielsweise in Polystyrol, einmischen wollen, dann haben wir schon dort mit relativ langen Zeiten zu rechnen, bis ein homogenes Gemisch vorliegt. Wenn sich aber die Diffusionskonstanten dann nochmals um den Faktor 3 erhöhen, wie das beim Mischen zweier Polymerer der Fall ist, dann werden wir sagen können, daß bei Schmelzmischungen nicht immer das thermodynamische Gleichgewicht in den kurzen Zeiten, die im Knetter zur Verfügung stehen (meistens in der Größenordnung von 10 Minuten) erreicht wird. Wenn wir also zu dem Schluß kamen, ein System ist unverträglich in der Schmelze, muß man sich fragen: „Haben wir lange genug in der Schmelze gemischt?“

Zweitens ist die Differenz der Schmelzviskositäten der beiden Phasen von ganz entscheidender Bedeutung, wenn Sie Teilchen bestimmter Größe erzielen wollen. Wir haben ja in einem Falle im Bild gesehen, wie die Teilchengröße der dispersen Phase in die Eigenschaften des Gesamtsystems eingeht. Wenn wir also diese Teilchen über eine Mischung zweier Polymerschmelzen erzeugen wollen, dann müssen wir ein ganz bestimmtes Verhältnis der Schmelzviskositäten von Matrix und disperser Phase einstellen, andernfalls bekommen wir bei diesen Durchmischungen keine optimalen Teilchengrößen.

Weiters ist sehr wichtig, allerdings experimentell sehr schwierig zu beweisen, welche Rolle die Brüche von Makromolekülketten spielen. Diese treten ganz zweifellos bei thermomechanischer Beanspruchung auf, führen zu Makroradikalen und haben schließlich die Bildung von Pfropf- und Blockpolymeren zur Folge. Letztere hinwiederum

beeinflussen die Verteilung der beiden Phasen und die Grenzflächenhaftung.

Das ist also in ganz knappen Worten, was zur Schmelzmischung noch zu sagen wäre.

**Martin:** Wir kleben mehr oder weniger immer am Faserdenken, und da sind wir nicht darauf ausgerichtet, nun eine ganz gut verteilte Phase zu haben. Es gibt ja bei uns Entwicklungen, in denen auch Zweiphasensysteme verwendet werden, wo man sich eigentlich nicht um diesen Verteilungsgrad zu sehr kümmert, sondern wo man eine Kombination von Eigenschaften erzielt. Dort kommt es eigentlich auch sehr auf die Art und Weise an, wie man diese Polymeren miteinander mischt, ob man noch Dispergiermittel hineinbringt, die bei diesen Temperaturen wirksam sind, und welche Bedingungen man dort einhalten muß. Das hätte mich noch einmal interessiert.

**Cherdron:** Sicher ist aber auch dort - Sie denken wahrscheinlich an Bikomponentenfasern - eine gewisse Haftung der Grenzflächen beider Komponenten dieser Phasen wichtig.

**Martin:** Das sicher. Ich dachte aber mehr oder weniger an die Gemische aus Polyamiden und Polyester, die auf dem Markt sind und für Reifenkord eingesetzt werden.

**Cherdron:** Aber da wird man natürlich doch gegebenenfalls mit Pfropf- oder mit Blockpolymeren zu rechnen haben, denn immerhin sind es ja chemische Bindungen, die - sei es über die Endgruppen oder über interne Bindungen - miteinander reagieren können.

**Martin:** Das sind eigentlich reine Mischsysteme oder nichtmischbare Systeme, die nicht chemisch miteinander verbunden sind.

**Cherdron:** Ja, aber in der Schmelze können sie doch im Prinzip miteinander reagieren. Ich denke an eine Carboxylgruppe von einem Polyester, die eine Umamidierungsreaktion mit einem Polyamid durchaus eingehen könnte.

**Martin:** Es ist damit zu rechnen, daß es - wenn man es längere Zeit in der Schmelze hat - gewisse Umsätze gibt. Dankeschön.

**Albrecht:** Sie haben über die Verteilung der Hohlräume in Schäumen berichtet. Ist eine Untersuchung gemacht worden, ob unter Umständen bei diesen Schäumen, wo Sie in der Mitte nun die großen Blasen haben und sonst die Verteilung eben, ungleichmäßig, integral vorliegt, das Arbeitsvermögen besser ist, als wenn Sie einen Schaum haben, der eine vollkommen gleichmäßige Verteilung hat. Unter ‚Arbeitsvermögen‘ verstehe ich das Verhalten, wenn gebogen wird, weil ja doch die Frage des Biege- und Brucheffekts eine ziemliche Rolle spielt. Das sind ja Überlegungen, die bei der Hohlraumfaser oder überhaupt bei Fasern mit Hohlraumstrukturen immer wieder zur Diskussion gestellt werden.

**Cherdron:** Um diese Frage zu beantworten, muß ich vielleicht noch etwas mehr ins Detail, und zwar auf den ursprünglichen Polystyrolschaum eingehen, bzw. wie der hergestellt wird. Ich habe ja als das eine Extrem den Polystyrolschaum hingestellt. Dieser wird so hergestellt, daß man treibmittelhaltige Polystyrolkugeln mit Wasserdampf erhitzt. Dann diffundiert das Treibmittel, beispielsweise Pentan, aus diesen Kugeln heraus. Da man mit Heißdampf erhitzt, ist man oberhalb der Einfrieretemperatur; man bläht also das ganze System auf. Dabei werden die Kugeln wachsen, und im Inneren entstehen kleine Zellen. Außerdem verschweißen diese Kugeln an den Grenzflächen miteinander, das heißt, die Güte dieser Verschweißung der Einzelkugeln zu dem Gesamtverband beim Aufschäumen ist sehr wichtig für die Biegefähigkeit eines solchen Materials.

Bei dem anderen Material, dem Integralschaum, hat man ja eine Schmelze vorliegen, deren Moleküle ohnehin schon miteinander verbunden sind. Man erzeugt hier die Vakuolen bzw. die gasgefüllten Hohlräume in einer schon bestehenden Matrix. Ein solcher Schaum muß also - schon vom Prinzip her - fester sein als ein durch Verschweißen von vielen kleinen Kugeln hergestelltes Material, und das ist auch der Fall.

**Mark:** Ich hätte gerne einige Bemerkungen zu den sehr interessanten Ausführungen von Herrn Dr. Cherdron gemacht.

Erstens: Wenn man aus einem durchsichtigen Film ein Papier machen will, dann sind diese Zweiphasensysteme sehr praktisch, weil man leicht durch ein und dieselbe Maßnahme mechanische Verbesserungen erzielt und gleichzeitig Opazität erreichen kann. Es gibt schon jetzt - vielleicht noch nicht im Handel, aber doch zumindest in der halbtechnischen Erzeugung - Polystyrole, die 10 Prozent einer Kautschukfaser enthalten, aus denen nach dem Blasverfahren Filme hergestellt werden. Diese werden dann aufgeschnitten und aufgelegt und haben im wesentlichen die Eigenschaften eines Papiers. Es ist undurchsichtig und natürlich elektrisch viel besser.

Man geht dann noch weiter und will eine möglichst große Opazität erzeugen, das heißt, man nimmt eine Kautschukfaser, die einen Brechungsindex hat, der sehr verschieden ist von dem des Polystyrols, und auch etwas größere Teilchen.

Das zweite bezieht sich auf die Herstellung von polymeren Mischungen in der Schmelze. Sagen wir, man will 20 Prozent Polyester mit Nylon 6 mischen, dann nimmt man nicht eine Schmelze von Nylon 6 und eine Schmelze von Polyester und mischt sie miteinander, sondern man macht zuerst eine ‚Masterbatch‘ aus Nylon 6 und Polyester und führt das langsam in die Schmelze über, um eben die Schwierigkeiten zu vermeiden, die Sie erwähnt haben. Um eine verhältnismäßig homogene Verteilung zu bekommen - wie Sie sagten -, muß man eben gewisse Tricks anwenden, um die Schwierigkeiten der Mischung zweier sehr viskoser Flüssigkeiten zu umgehen.

Das letzte, was ich sagen wollte: Es sind recht interessante Versuche jetzt im Gange, um Dreierblockpolymere herzustellen, bei denen die Eigenschaften nicht durch den verschiedenen Glaspunkt der beiden Phasen bewirkt werden, so wie Sie es hier gezeigt haben, sondern durch die Tatsache, daß die eine Phase kristallisiert. Nylon 6 kann ja anionisch polymerisiert werden, und infolgedessen kann man nach der ‚Methode der lebenden Polymeren‘ einen Nylon 6-Mittelblock mit zwei Butadien-Seitenblöcken versehen. Da hat man dann den zusätzlichen Vorteil, daß Nylon 6 kristallisiert, und man erhält damit einen Kautschuk, der sozusagen eine kristalline Verstärkungsphase an Stelle einer hohen Glaspunktverstärkung enthält.

**Cherdron:** Vielen Dank, Herr Professor Mark, für diese Ergänzungen. Ich wollte nicht zu sehr aus dem Nähkästchen plaudern, sonst hätte

ich zu dem letzten Punkt auch einige Beispiele erzählen können.

**Lange:** Sind die Phänomene, die Sie uns dargestellt haben, auch an Systemen beobachtet oder untersucht worden, die auf der einen Seite organische Hochpolymere bzw. Monomere und auf der anderen Seite anorganische Hochpolymere verwendet haben?

**Cherdron:** Man müßte das Wort ‚Phänomen‘ etwas genauer definieren. Wenn Sie darunter die Einlagerung einer anorganischen Phase, also beispielsweise eines Füllstoffes oder einer anorganischen Faser, in eine polymere Matrix verstehen, dann müßte ich bejahen. Dann gelten die gleichen Gesetzmäßigkeiten und auch Phänomene, nämlich erstens, daß sich nach der Mischungsregel die Eigenschaften des Gesamtsystems aus den Eigenschaften des Einzelsystems zusammensetzen, und zweitens die sehr wichtigen Regeln für die Haftung an den Grenzflächen.

Bleiben wir bei dem Beispiel ‚glasfaserverstärkte Kunststoffe‘, wo man einen ganz entscheidenden Fortschritt machte, als es gelang, entweder rein physikalisch eine Haftung durch die sogenannten Schlichtemittel mit der Matrix zu erreichen, oder - was in neuerer Zeit gemacht wird - direkt auf die Glasfaser Monomere aufzupropfen.

Wenn Sie also diese Phänomene meinen, dann muß ich eindeutig sagen: ja. Aber Phänomene, wie wir sie zuletzt gesehen haben, beispielsweise bei den Dreierblockcopolymeren, wo wir gemäß Ihrer Frage anorganische und organische Polymerblöcke im gleichen Makromolekül haben müßten, sind mir nicht bekannt.

**Lange:** Liegen beim Zementieren oder beim Plastputzen ähnliche Vorgänge vor, oder handelt es sich dabei nur um einen adhesiven Effekt?

**Cherdron:** Das, würde ich meinen, ist ein adhesiver Effekt.

**Köb:** Besteht die Möglichkeit, Herr Dr. Cherdron, die Nichtverträglichkeit für die Herstellung von Filmen für die Spaltfaserproduktion anzuwenden?

**Cherdron:** Ja, ganz sicher. Vielleicht darf ich zunächst das heranziehen, was Sie heute morgen gesagt haben, Herr Professor Mark, bei dem Beispiel Polyäthylenterephthalat/Polyvinylalkohol. Ich würde mit Sicherheit annehmen, daß ein solches System auch zu splitten ist, weil es eben unverträglich ist. Ganz sicher weiß ich es von Dreierblockcopolymeren, doch liegt hier die Schwierigkeit oft darin, einen guten Film herzustellen.

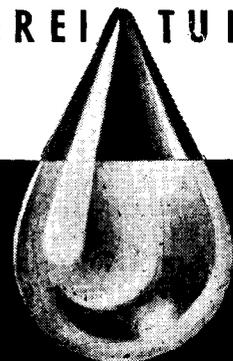
## WASSERAUFBEREITUNG

FÜR KESSELSPEISUNG  
INDUSTRIEBEDARF  
TRINKZWECKE

DURCH FILTERUNG  
ENTHÄRTUNG  
ENTSÄLTUNG  
ENTGASUNG  
ENTÖLUNG

**BÜHRING & BRUCKNER**

WIEN IV., SCHELLEINGASSE 12



## Entwicklungstendenzen der Texturierung

Direktor Dr. Helmut Stöhr  
Enka Glanzstoff GmbH., Wuppertal

Die Produktion texturierter Garne wird bis 1975 voraussichtlich auf 800 000 Tonnen ansteigen, das heißt, sie wird sich verdoppeln. Einer dynamischen Entwicklung vom geeigneten Grundgarn über Texturierverfahren bis zum fertigen Textilprodukt kommt eine besondere Rolle zu.

Von den eingesetzten Rohstoffen spielen die thermoplastischen Produkte Nylon 66, Polyester und Nylon 6 weiterhin die führende Rolle. Einige aus der Praxis abgeleitete Unterschiede und Beziehungen zwischen Texturiereigenschaften und Einsatzgebieten dieser Produkte werden aufgezeigt.

Von den klassischen Texturierverfahren ist die *Falschdrallmethode* die wichtigste und wird es auch in der nächsten Zukunft bleiben. Die Entwicklung geht hier zur Verfeinerung der Methodik, zu immer schnelleren Spindeldrehzahlen und zu den Kontinue-Set-Maschinen.

Von den neuen Verfahren macht die *Spinntexturierung* immer mehr von sich reden. Spinn- und Strecktexturierung werden in ihren technischen Möglichkeiten und Zukunftsaussichten besprochen.

Die verschiedenen Texturierverfahren führen zu einer Garnpalette mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften, nämlich

- zu elastischen Garnen (HE)
- zu Bauschgarn mit reduzierter Elastizität (Set)
- zu Torque-Garnen und
- zu spinn-texturierter Garnen mit latenter Kräuselung.

Vom Einsatz her wird auch in Zukunft der *Strickereisektor* für Damenoberbekleidung (DOB) und neuerdings auch für Herrenanzugkonfektionsartikel (HAKA) dominieren. Zur Wahrung der Qualität muß hier die Garnleichmäßigkeit an sich und die gleichmäßige Zulieferung an der Strickmaschine sehr genau beherrscht werden.

Der *Strumpfmarkt*, als Teil des Strickereisektors, hat sich von glatten Strümpfen zu Stretch-Strümpfen und von Strümpfen zu Strumpfhosen verschoben. Er wechselte demzufolge weitgehend von glatten Garnen auf texturierte Garne. Aus der Vielfalt des Garnangebotes - hier sind allgemein besonders die Torque-Garne, klassisch texturiert oder strecktexturiert, zu erwähnen - scheint sich ein Trend zum hochelastischen (HE-) Typ und zu Nylon 66 zu ergeben. Speziell auf diesem Gebiet werden sich spinn-texturierte Garne weiter in den Vordergrund schieben.

Die *Weberei* ist ein kommender Markt für texturierte Garne. Die Anforderungen an Technologie und Garn sind noch höher als in der Strickerei.

Die *Ausrüstung*, die sich auf texturiertes Material eingestellt hat, wird im Zusammenhang mit spinn-texturierter Garnen weitere Anforderungen erfüllen müssen.

*Bekleidungsphysiologische Werte* werden durch das Texturieren von Filamentgarnen verbessert. Neben verbessertem Griff und Aussehen ist vor allem die thermische Wirksamkeit der Faser erheblich erhöht.

interest to note the dynamic development from suitable basic yarns via texturizing processes to the finished textile product.

Thermoplastic products, such as nylon 66, polyesters and nylon 6 continue to play a leading part among raw-materials used. Differences and interrelations existing between the texturizing properties of these products, and their fields of application - as derived from the practice - are pointed out.

The false-twist method has been the most important one among *classic texturizing processes* and will continue to be so in the foreseeable future. Developments tend towards improved methods, ever increased spindle speeds, and continuous setting machinery.

Among the *more recent processes* it is spin-texturizing which is increasingly talked about. The technical potentials and future outlooks of spin-texturizing and stretch-texturizing are discussed.

The various texturizing methods available lead to yarns with widely varying properties, namely

- elastic yarns (HE)
- bulky yarns with reduced elasticity (set)
- torque yarns, and
- spin-texturized yarns with latent crimp.

Knit goods for ladies' apparel and - in accordance with more recent developments - for men's and boys' clothing will continue to be predominant fields of application. Precise control of yarn-uniformity and uniform yarn-supply to knitting machines is required to ensure constantly high quality.

The *hosiery market* as part of the knit goods sector has shifted from plain hosiery to stretch hosiery, and from stockings to pantyhose, with resultant major shifts from plain yarns to texturized yarns. From the wide variety of yarns available - of which torque yarns, texturized either by traditional methods or stretch-texturized, deserve special attention - the selection seems to tend towards HE type yarns and nylon 66. Spin-texturized yarns will gain increasing importance in this particular field.

The *weaving* sector is the market to come for texturized yarns. The demands made on both technology and yarns are even more stringent here than in the knitting field.

The *finishing* industry which has adapted itself to texturized materials, will have to meet additional requirements in connection with spin-texturized yarns.

*Physiological wearing properties* will be enhanced by texturizing filament yarns. This treatment, besides of enhancing both handle and appearance, substantially improves the thermal properties of the fibers.

Wenn man heute aufgefordert wird, über die „Entwicklungstendenzen der Texturierung“ zusammenfassend zu referieren, zögert man unwillkürlich. Man zögert, weil sich mit dem Gebiet der Texturierung in letzter Zeit viele Veröffentlichungen, Referate und Kongresse - sie sollen im einzelnen gar nicht erwähnt werden - beschäftigen, sicherlich ein Zeichen für die Bedeutung der Texturierung, für den Vortragenden aber das Problem, welche Details der Texturierung, entsprechend dem Zuhörerkreis, besonders herauszuarbeiten sind.

Im folgenden Referat sollen - und dazu reizt die Vielfalt aller Detailveröffentlichungen besonders - die Vorgänge bei der Texturierung zusammenfassend auf den einfachsten Nenner gebracht werden, nicht zuletzt für die Zuhörer, die diese Garne schließlich kaufen und verarbeiten. Schwer-

Forecasts are, that the production of texturized yarns will have risen to 800,000 tons, what means it will have doubled, by 1975. It is of

punktartig werden Tendenzen der Garnherstellung und -verarbeitung besprochen, wobei auf einige aktuelle Punkte, wie zum Beispiel auf die Spinnstrukturierung, etwas näher eingegangen wird.

Sie erkennen die zweifelsohne große Bedeutung der Texturierung von Filamentgarnen aus Abbildung 1, wonach sich die Weltproduktion texturierter Garne für Bekleidung bis 1975 auf 800 000 Tonnen pro Jahr erhöhen wird. Die BRD wird 1975 ca. 120 000 Tonnen texturierte Garne für Bekleidung produzieren, bestehend hauptsächlich aus den Rohstoffen Polyester, Nylon und Perlon®.

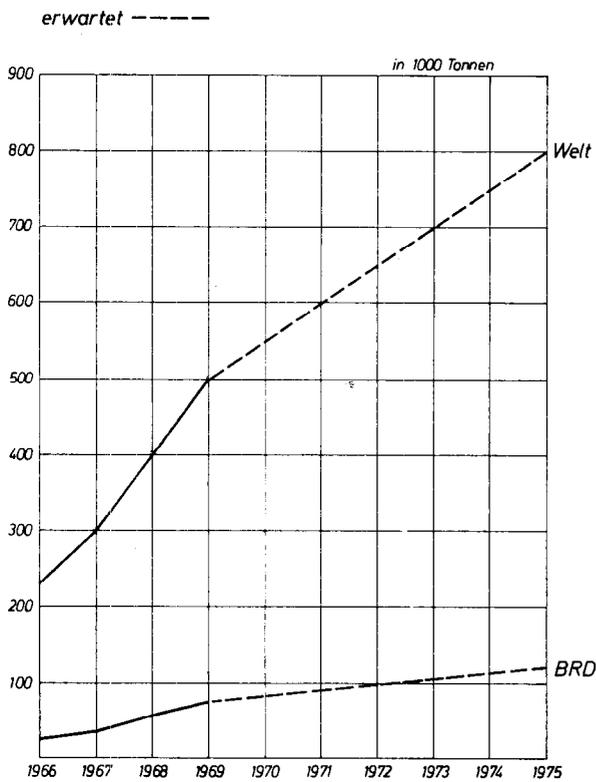


Abb. 1: Produktion texturierter Garne für Bekleidung

In Abbildung 2 sehen Sie die Marktversorgung\* der BRD an Filamentgarnen im Jahre 1969 und die jeweiligen Prozentsätze an Texturierung; bei Polyester waren es 75 %, bei den Polyamiden Nylon und Perlon® 46 % und bei Azetat ca. 10 %.

Was wollen wir grundsätzlich mit der Texturierung von Endlos Garnen erreichen? Wir wollen den glatten Faden textiler gestalten. Der Begriff *textiler* - objektiv nicht faßbar - wird umschrieben mit *mehr Volumen, mehr Bausch, besserer Griff und besseres Aussehen*. In dieser Umschreibung stecken bereits auch physiologische Aspekte, auf die ich später zurückkomme.

Zur Erreichung dieses Zieles stehen uns eine Reihe von Tex-

turierverfahren zur Verfügung - deren wichtigstes das Falschdrallverfahren, deren aktuellstes die Spinnstrukturierung ist. Man erhält dann Garne mit unterschiedlichen Eigenschaften, wobei Volumen, Bausch und/oder elastische Dehnbarkeit die wichtigsten sind.

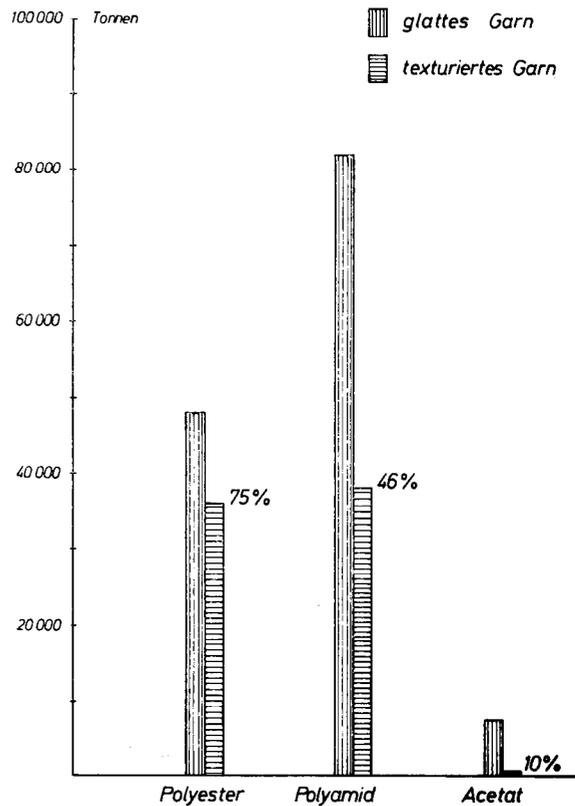


Abb. 2: Anteil texturierter Garne für Bekleidung in der BRD 1969 (Basis: Marktversorgung)

Die auf dem Markt vorhandenen Garne möchte ich für die weitere Diskussion grob in vier Eigenschaftsgruppen unterteilen, die sich wie folgt charakterisieren lassen (Tab. 1).

**Tabelle 1**

Hochelastisch (HE)	Set	Torque	lat. Kräuselung
hohe Kräuselintensität, dadurch hohe Kräuseldehnung	hohes Volumen, niedrigere Dehnung	glattes Garn mit hoher Torsionsneigung, S- und Z-Verarbeitung für elastische Ware	glattes Garn ohne Torsionsneigung, thermische Behandlung zur Kräuselbildung

Das Falschzwirnverfahren beispielsweise liefert einerseits Garne mit einer hohen elastischen Dehnung, sogenannte HE-Garne, die besonders für die Herstellung von Skihosen, Badebekleidung und Strumpfhosen geeignet sind, oder andererseits durch einen zusätzlichen Fixierprozeß Bauschgarn

\*) = Produktion plus Einfuhr minus Ausfuhr

mit reduzierter Dehnung, sogenannte Setgarne, zum Beispiel für Oberbekleidung.

Klassische Drehung, Falschdrehung oder Strecktexturierung kann zu Torquegarnen führen, die zwar völlig glatt sind, aber starke Verdrehungstendenz besitzen und bei S- oder Z-Verarbeitung zu Maschenverwerfung führen, sodaß bei Zugbeanspruchung durch Maschenaufrichtung ein Längsstretch entsteht.

Garne mit latenter Kräuselung sind beispielsweise Bikomponentengarne, die an sich glatt oder fast glatt sind und bei welchen durch möglichst spannungsarme thermische Behandlung die Kräuselung erst entwickelt werden muß. Unter latenter Kräuselung verstehen wir allerdings keineswegs Falschzwirngarne, die unter Spannung gecont und auf Cones gelagert, ebenfalls eine Art scheinotote Kräuselung besitzen können, die auch erst durch eine Wärmebehandlung wieder aktiviert werden muß.

Meßmethoden für die Eigenschaften der beschriebenen Garne, wie für Kräuselkontraktion, Kräuseldehnung, Kräuselmodul (Elastikpull) sowie Hysteresekurven im Kräuselbereich, sind beschrieben und bekannt. Es ist aber auch bekannt, daß gerade für den ursprünglich geforderten Bausch eine für die Praxis geeignete, für alle Garne anwendbare Meßmethode fehlt.

Von der Garnklassifizierung jetzt zurück zu den Texturierverfahren. Von den heute als klassisch zu bezeichnenden Texturierverfahren, wie Blas-, Stauch-, Crinkle- und Torsionsverfahren, hat sich das Falschzwirnverfahren überwältigend durchgesetzt. In der BRD sind texturierte Garne für Bekleidung sicherlich zu mehr als 80 % falschgezwirnt. Es seien daher auch nur zur Weiterentwicklung des Falschzwirnverfahrens einige Worte gesagt, einer Entwicklung, die durch die aufkommende Spinn- und Strecktexturierung erheblich beschleunigt wurde.

Wohin zielt die Weiterentwicklung des Falschdrallverfahrens? Das Studium dieses Verfahrens wird zur Zeit erheblich vertieft; verbesserte Kenntnisse der wichtigen Punkte des Aufheizens, der Abkühlung und der Drallgebung führen zu Schlußfolgerungen, die für eine verbesserte Garnqualität ausschlaggebend sind.

Dem thermoplastischen Faden muß so viel Energie zugeführt werden, daß die Bindungen zwischen den Molekülketten gelöst werden, bevor der Faden im Drallprofil die höchste Drehung erhält. Der Molekülverband, der die neue Lage eingenommen hat, muß beim Abkühlen die Bindungen zwischen den Ketten neu bilden. Dies muß erreicht werden, bevor der Faden in seine ursprüngliche Lage zurückkehrt, also bereits vor dem Drallgeber. Nur so können höchstmögliche Kräuselungswerte, wie Kräuselkontraktion und -beständigkeit, erzielt werden.

Unter Berücksichtigung laufend steigender Fadengeschwindigkeiten kommt der Konstruktion der Fadenaufheizung - durch Kontakt oder durch Konvektion bei optimalem Temperaturprofil - sowie der Länge der Abkühlzone und der Fadenaufrichtung von oben nach unten große Bedeutung zu. Die Gleichmäßigkeit von Zwirnstelle zu Zwirnstelle in der Fadenerhitzung muß bei Konstruktionsüberlegungen

eine wesentliche Rolle spielen. Die Konstanzhaltung der Fadenspannung in der Fixierzone ist die Voraussetzung für eine gleichmäßige Qualität. Daher muß nicht nur auf die Dehnungs- und Schrumpfkonzanz des eingesetzten glatten Rohmaterials, sondern auch auf die Reibungsverhältnisse (Fadenführung, Präparation) in der Fixierzone besonders geachtet werden.

Die ökonomische Entwicklung des Falschdrallverfahrens geht zu immer höheren Spindeldrehzahlen, zu höheren Spulengewichten und zum Einsatz ungedrehter und ungefachter Falschdrallgarne, obwohl heute noch die meisten Garne etwas gezwirnt werden. Wenn jetzt bereits von über 1 Million Drehungen pro Minute und sogar mehr gesprochen wird, so muß man doch realistisch an eine gewisse Titerbegrenzung denken, und auch bedenken, daß solche hohen Drehzahlen nur eine Drallerteilung, mit all ihrer Problematik in Schlupf und Gleichmäßigkeit, über ein Reibungssystem gestatten.

Dennoch galten ähnliche Überlegungen früher auch bereits für die heute durchaus üblichen 600 000 Spindeltouren, sodaß mit Entwicklungsfortschritten in dieser Richtung sicherlich gerechnet werden kann. Die Kontinue-Set-Maschinen (double-heater, Tandem-Maschinen) bringen ökonomische, aber auch qualitative Vorteile in bezug auf Fadenreinheit, Spulenaufbau und Außen- und Inneneffekt gegenüber den Diskontinue-Set-Spulen. Sie bringen bis heute aber noch nicht das volle Volumen der Diskontinue-Set-Garne. Die Entwicklung auf diesem Gebiet geht weiter, wobei der Abstimmung der beiden Heizsysteme besondere Bedeutung zukommt.

Die Zukunft des Falschzwirnverfahrens liegt beim Tandem-Verfahren auf schnelllaufenden Maschinen, wobei eine Direktverarbeitung von Texturierpulven angestrebt wird.

Nach den klassischen Verfahren kommen wir nun zum aktuellen Thema der Spinn- und Strecktexturierung; aktuell nicht zuletzt, weil die Zwirner bei jeder neuen Investition in Unsicherheit geraten, wann etwa die Chemiefaserhersteller in großem Umfang mit spinn- und strecktexturierten Garnen auf dem Markt erscheinen werden. Heute sind etwa 2 bis 3 % der texturierten Garne spinn- und strecktexturiert, im Sinne der folgenden Definition überwiegend strecktexturiert, wobei es sich fast ausschließlich um feine Titer für eine Verarbeitung zu Strümpfen bzw. zu Strumpfhosen handelt.

Derzeit herrscht über den Begriff „*Spinn- und Strecktexturierung*“ starke Verwirrung, da das englische „*Producer Textured*“ im Grunde nichts anderes sagt, als daß der Chemiefaserhersteller auch selbst irgendwie texturiert. Für die folgende Betrachtung werden daher einige Begriffe definiert:

1. Die **Strecktexturierung** - ist eine Kombination eines Texturierverfahrens mit dem Streckvorgang.
2. Die **Spinn- und Strecktexturierung** - ist eine Kombination irgendeines Texturierverfahrens mit dem Spinnprozeß synthetischer Filamentfäden (latente oder sofort sichtbare Kräuselung).
3. Die **Spinn-/Strecktexturierung** - ist eine Kombination des Texturierverfahrens mit dem Spinn-Strecken, das heißt mit Maschinen, auf welchen Spinnen und Verstrecken an sich schon kombiniert sind.

In Abbildung 3 sehen Sie Schemata für Spinnen, Strecken und Spinn-Strecken.

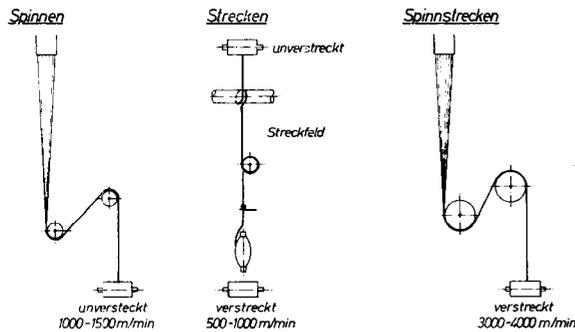


Abb. 3: Streck- bzw. Spinn- und Strecktexturierung

Beschäftigen wir uns zunächst mit dem langsamsten Prozeß, dem **Strecken**, und suchen wir nach Kombinationen des Streckens mit bekannten Texturiersystemen im Sinne der „Strecktexturierung“. Es bieten sich an

- schnelllaufende Falschzwirnschwindeln bekannter Bauart,
- neue Friktionssysteme zur Erteilung von Drehung,
- Zahnradkräuselung,
- Blasverfahren, Stauchverfahren und Kantenziehverfahren.

Teilweise sind Garne, die nach solchen Kombinationsverfahren hergestellt wurden, heute auf dem Markt. Strecktexturieren ist in kleinerem Maße ein technisches, in größerem Maße jedoch ein ökonomisches Problem.

Streckmaschinen laufen heute im allgemeinen mit 500 bis 1000 m/min. Will man einem Garn nur 2000 Drehungen pro Meter erteilen, so kann die Streckmaschine bei einer Spindel-drehzahl von 600 000 Umdrehungen pro Minute nur mit 300 m/min Abzug laufen. Es ist daher verständlich, daß man

- a) im Moment mehr Torquegarn (mit niedrigeren Drehungen) herstellt und damit eben „nur“ im Strumpfssektor Eingang findet, und
- b) eben mehr mit Friktionssystemen arbeitet, die höhere Drehungen gestatten, dort aber Fragen der präzisen Gleichmäßigkeit lösen muß unter Berücksichtigung der schwierigen Beherrschung der Reibungs- und Torsionswiderstände.

In Abbildung 4 sehen Sie zwei verschiedene Streckanordnungen, wobei das neuere System zusätzlich zur Streckzone noch eine Relaxierzone mit niedriger Spannung besitzt.

Es hängt nun völlig vom gewählten Texturiersystem ab, ob ich dieses in der Streckzone, in der Aufspul- oder in der Relaxierzone einsetzen kann oder muß. Aufheizen kann ich den Faden in jedem Fall in der Streckzone.

Nun zur **Spinn- und Strecktexturierung**. Das eigentliche Schmelzspinnen von Polyamid und Polyester erfolgt heute mit Geschwindigkeiten zwischen 1000 und 1500 m/min (wobei das so gesponnene unverstreckte Garn nachher noch mit 500 bis

1000 m/min verstreckt wird). Bei diesem System ist an eine Kombination mit den derzeit bestehenden mechanischen Verfahren nicht zu denken. Man bemüht sich vielmehr, Strukturasymmetrien in die einzelnen Kapillaren zu bringen, die eine mehr oder weniger latente Kräuselung verursachen, die dann in einem Nachfolgeprozeß möglichst spannungsarm thermisch ausgelöst werden muß.

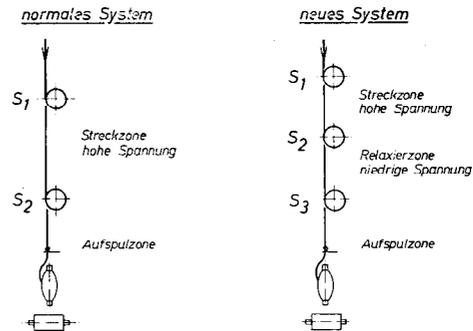


Abb. 4: Streckanordnungen

Ein solches System sind beispielsweise die Bikomponentengarne, wobei man als Komponenten zum Beispiel zwei verschiedene Polymere bzw. Copolymere benutzt. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen zwei Beispiele für Bikomponentengarne.

Solche Garne befinden sich bereits heute für den Strumpfeinsatz auf dem Markt. Durch asymmetrisches Abkühlen oder auch durch asymmetrische Strahlenpfropfung versucht man beim Schmelzspinnen Strukturunterschiede in den Kapillaren zu erzeugen.

Ein ähnliches System stellen auch Bikomponenten-Schrumpfgarne dar, wobei an der Spinnmaschine oder an der Streckmaschine die Kapillaren unterschiedlichen Schrumpfes zu einem Bündel zusammengefaßt werden. Alle diese Garne zeigen eine latente Kräuselung, das heißt, sie sind glatt oder nahezu glatt. Bei spannungsfreier thermischer Behandlung erhalten sie auf Grund der Schrumpfdifferenzen eine sehr gute Kräuselung. Das Problem ist jedoch, diese Kräuselung in der Fertigware beim Ausrüstungsprozeß auch zu entwickeln, wobei die Einbindung nicht zu stark sein darf, da die Schrumpfkraftunterschiede nur gering sind, und die Ware an sich sehr locker behandelt werden muß.

Trotz allem wird auf diese Art nur ein Teil des möglichen Bausches zu erzielen sein. Die Alternative wäre, daß der Garnhersteller bereits die Kräuselung voll auslöst.

Die **Spinn- und Strecktexturierung** kann ebenfalls nur auf den geschilderten Systemen der Spinn- und Strecktexturierung beruhen, da die Kombination Spinnen/Strecken zu Laufgeschwindigkeiten von 3000 bis 4000 m/min führt.

Die Entwicklungstätigkeit der Spinn- und Strecktexturierung steht am Beginn. Im Moment sind die Möglichkeiten dieser Entwicklung keineswegs voll abzuschätzen. Die Problematik jedoch ist, daß

- a) die heute bekannten mechanischen Systeme wegen der

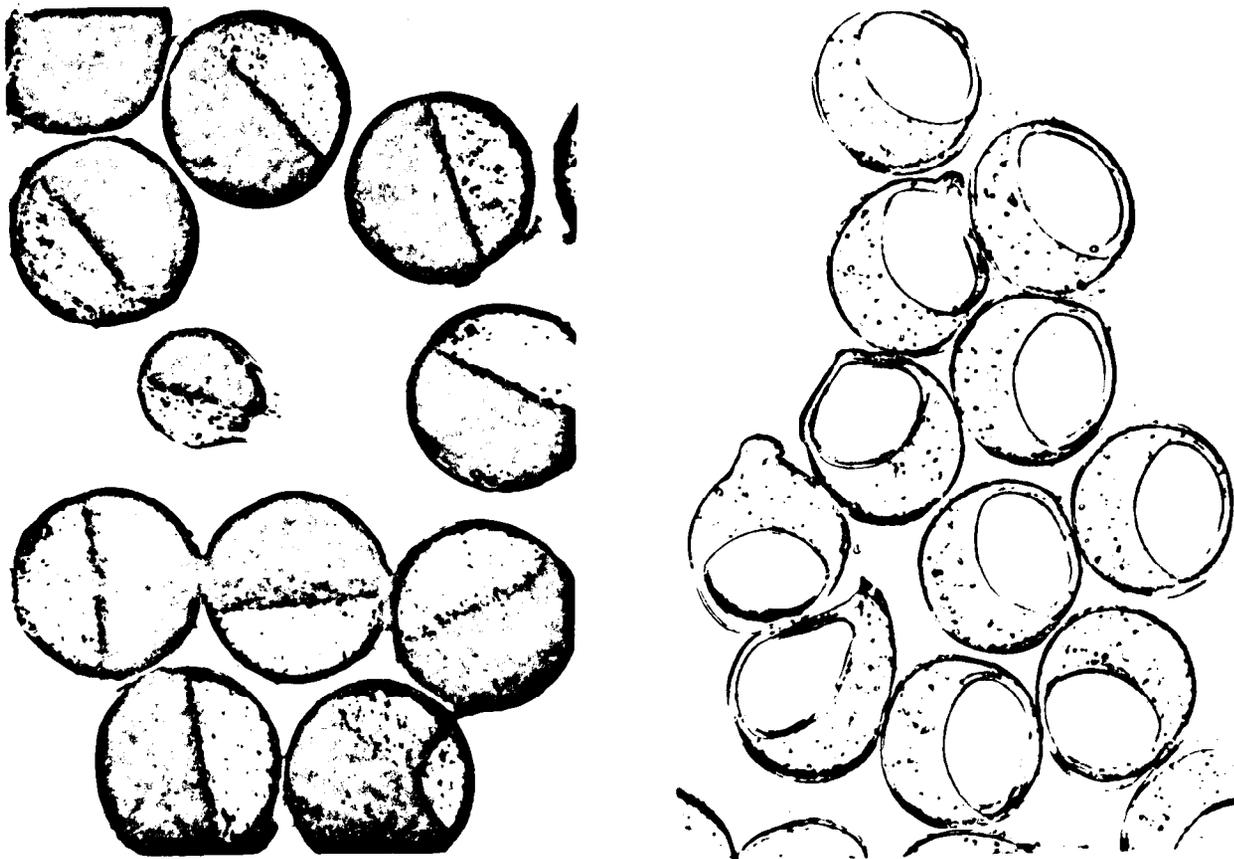


Abb. 5 und 6: Beispiele für Bikomponentengarne

hohen Geschwindigkeiten bei feinen Titern im textilen Bereich zu durchaus brauchbaren Garnen für elastische Textilien führen, jedoch im Volumen und in der Kräuselintensität die Falschdrallgarne keineswegs erreicht haben, und

b) chemische Systeme, wie zum Beispiel Bikomponentengarne für hohe Geschwindigkeiten wohl geeignet sind, die hohen Schrumpfwerte und die Auslösung der Kräuselung in der Ware jedoch den Verarbeiter und den Ausrüster vor Probleme stellen.

So ist es nicht verwunderlich, daß spinn- und strecktexturierte Garne heute in den Strumpfmarkt eingedrungen sind, weiterhin mehr und mehr die glatten Garne zurückdrängen, aber in der nahen Zukunft hochelastische Falschdrallgarne doch nicht ablösen werden. In ferner Zukunft werden voraussichtlich beide Systeme nebeneinander bestehen.

Nach den Texturierverfahren nun ein Wort zu den **Rohstoffen**. Die wichtigsten für die Texturierung sind

Polyester,  
Nylon und  
Perlon®.

Diese drei alleine bestreiten in der BRD heute etwa 98 % der Texturierproduktion. Wie steht es nun mit Unterschieden dieser Rohstoffe für die Texturierung in bezug auf verschiedene Einsatzgebiete?

Wo die elastische Dehnung im Vordergrund steht, hat und werden sich Nylon und Polyester mehr und mehr durchsetzen. Dies wird verständlich durch die in Abbildung 7 gezeigten Hysteresekurven von Polyester, Nylon und Perlon,

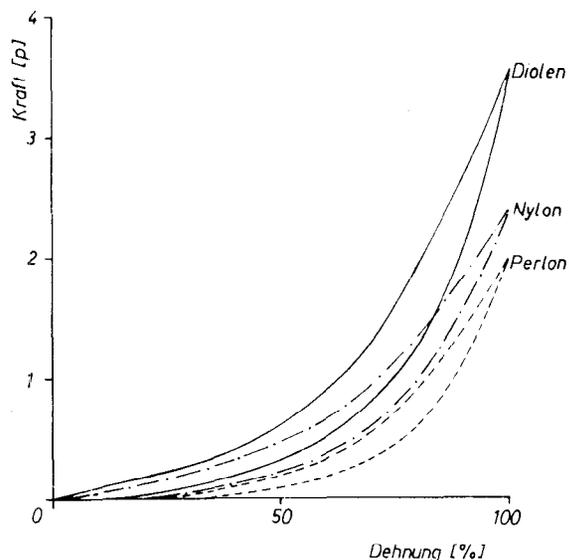


Abb. 7: Hysteresekurven von Kräuselgarnen

die vielen von Ihnen bekannt sind. Letzteres zeigt den weichen Stretch und die größte Ermüdung im Rücklauf.

In Tabelle 2 sehen Sie die in der Praxis erhaltenen Texturierungsdaten für die drei genannten Rohstoffe.

	POLYESTER		NYLON		PERLON	
	HE	SET	HE	SET	HE	SET
Kräuselkontraktion (in %)	60	25	65	20	60	20
Kräuseldehnung (in %)	120	30	190	25	160	25
Kräuselmodul (in kp/mm <sup>2</sup> )	0,3	0,8	0,15	0,45	0,1	0,35
Kräuselbeständigkeit (in %)	30	25	50	80	40	70

Bei Betrachtung der Set-Garne erkennt man, daß das starke Vordringen von Polyester für Oberbekleidung nicht so sehr den Kräuseldaten zuzuschreiben ist, sondern anderen Eigenschaften, wie Griff, Knitter- und Formbeständigkeit.

Die Annahme, daß thermoplastische Materialien mit leicht beweglichen Ketten möglichst vielen Kettenquerverbindungen gut texturierbar sind, erklärt die Unterschiede innerhalb der genannten Produkte und hebt die gesamte Gruppe in ihrer Texturierbarkeit weit über andere Stoffe hinaus.

Im Zusammenhang mit den Rohstoffen soll noch erwähnt werden, daß Kapillarmischungen verschiedener Provenienzen, zum Beispiel synthetische mit zellulosischen Fäden, zunehmend für die Texturierung angeboten werden, wie überhaupt der Mischeinsatz verschiedener Garntypen zukünftig eine größere Rolle spielen wird.

Und nun zur **Verarbeitung** texturierter Garne. Eine für den Verarbeiter generell wichtige Eigenschaft ist die starke Spannungsempfindlichkeit der texturierten Garne. Eine gegebene Spannungsdifferenz führt bei texturierten Garnen zu erheblich höheren Dehnungs- und Volumendifferenzen als bei glatten Garnen. Die Konsequenz für die Sorgfalt und Präzision bei der Verarbeitung texturierter Garne ist klar ersichtlich und ergibt sich auch aus Abbildung 8.

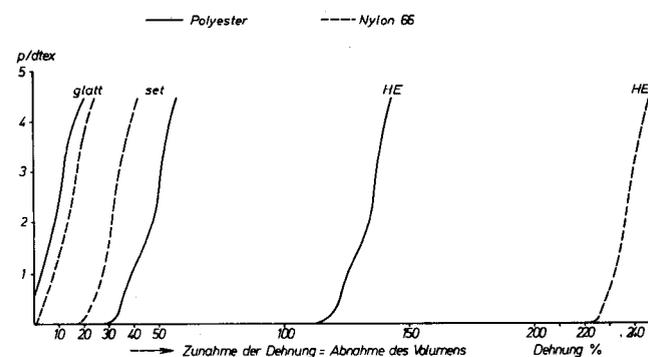


Abb. 8: Kraft-Längenänderung im unteren Meßbereich (Kräuselung ausgelöst Vorlast 0,0005 p/dtex)

Dem Maschensektor kommt nach wie vor die größte Bedeutung zu. 1969 sind von den in der BRD verbrauchten texturierten Garnen ca. 90 % in den Maschensektor geflossen. Eine Aufschlüsselung nach Artikelbereichen für 1969 entnehmen Sie bitte der folgenden Tabelle.

Tabelle 3: Verbrauch texturierter Polyamid- bzw. Polyestergerne nach Einsatzgebieten in der BRD 1969 (in %)

	Polyamid		Polyester	Gesamt
Damenoberbekleidung	3	66	29	
HAKA	2	1	1	
Pullover	13	23	17	
Herrenhemden	1	—	1	
Krawatten	—	2	1	
Bade- und Sportbekleidung	15	1	9	
Tages- u. Nachtwäsche	6	—	4	
Damenfeinstrumpfware	28	—	17	
Sportstrümpfe, Socken, Strumpfhosen	14	—	8	
Gardinen	—	3	1	
Möbelstoffe	2	—	1	
Sonstiges	16	4	11	
<b>Summe</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

Man erkennt die Vormachtstellung von Polyester im Bereich der Oberbekleidung, die von Polyamid bei Wäsche und Strumpfwaren.

An Verarbeitungshinweisen für die *Rundstrickerei* sollen nur die zwei wichtigsten herausgegriffen werden:

Die gleichmäßige Zuführung der Garne bei mehreren Systemen ist von fundamentaler Bedeutung, Bandfournisseure sind unerlässlich, technische Weiterentwicklungen auf diesem Gebiet sind im Gange.

Die Gleichmäßigkeit der gelieferten texturierten Garne ist ebenso wichtig. Hierbei kommt es beim Texturieren besonders auf eine gleichmäßige Wärmeübertragung auf den Faden, das heißt auf eine gleichmäßige Fadentemperatur und -spannung an, genauso wie auf eine gute Dehnung und Schrumpfgleichmäßigkeit der zugelieferten glatten Garne.

So problemlos die Herstellung von gemusterten und Reliefartikeln ist, so problematisch kann die Produktion glatter, uni-stückgefärbter Artikel bei Nichtbeachtung obiger Punkte werden.

Für Damenoberbekleidung werden 100 % Polyestergerne, neuerdings auch Mischungen mit Fasergarnen aus Polyester/Wolle benutzt. Dies gilt vor allem für den neuen Bereich des Herrenjersey, wo wegen der besonders hier notwendigen guten Formhaltung und Strapazierfähigkeit dichter und feiner gestrickt werden muß als bei Damenoberbekleidungsware. Kapillarenzieher können durch geeignete Garn- und Artikelkonstruktion vermieden werden.

Neben Rund- und Flachstrickerei tritt neuerdings die *Breitwirkerei* stärker in den Vordergrund. Fadenreinheit und Gleichmäßigkeit der Ketten müssen für die Raschel-Verarbeitung ausgezeichnet sein. (Kontinuierlich hergestellte Set-Garne sind besser geeignet als diskontinuierlich hergestellte.) Die Raschel-Technik ist vorteilhaft für größere Metragen

mit möglichst wenig Änderungen der Musterung. Die Ware selbst wirkt „gewebeähnlicher“ als Rundstrickware und ist sehr formstabil.

eröffnen sich den texturierten Garnen auf diesem Gebiet besondere Chancen. Abgesehen von den schon bekannten elastischen Skihosenstoffen und anderen Geweben für ela-

**Tabelle 4: Verbrauch an Polyamidfäden für Feinstrumpfwaren in der EWG (in t)**

	1 9 6 7			1 9 6 8			1. Halbjahr 1969		
	glatt	text.	Summe	glatt	text.	Summe	glatt	text.	Summe
Belg./Lux.	600	100	700	450	300	750	150	250	400
B R D	7.100	3.000	10.100	6.400	5.800	12.200	2.600	4.300	6.900
Frankreich	2.850	1.150	4.000	2.250	2.300	4.550	950	2.050	3.000
Italien	5.500	800	6.300	5.750	1.500	7.250	2.800	1.350	4.150
Niederlande	1.150	250	1.400	800	850	1.650	350	700	1.050
<b>E W G</b>	<b>17.200</b>	<b>5.300</b>	<b>22.500</b>	<b>15.650</b>	<b>10.750</b>	<b>26.400</b>	<b>6.850</b>	<b>8.650</b>	<b>15.500</b>

Zum Bereich der Strickerei gehört aber auch der Strumpfmarkt. Hier hat sich kürzlich eine enorme Verschiebung von glatten zu texturierten Polyamidgarnen vollzogen (Tab. 4).

**Tabelle 5: Produktion an Damenfeinstrumpfwaren in der EWG (in Millionen Paar bzw. Stück)**

E W G	1966	1967	1968	1969	1970
Feinstrümpfe	1380	1277	1237	1100	
Feinstrumpfhosen	10	55	258	600	
<b>Summe</b>	<b>1390</b>	<b>1332</b>	<b>1495</b>	<b>1700</b>	
<b>B R D</b>					
Feinstrümpfe		556	530	354	
Feinstrumpfhosen		13	120	305	340
<b>Summe</b>		<b>569</b>	<b>650</b>	<b>659</b>	<b>340</b>

Ausgelöst wurde diese Änderung nahezu über Nacht: einerseits durch den Übergang auf Stretchstrümpfe und andererseits fast gleichzeitig durch die Verlagerung der Produktion von Strümpfen auf Strumpfhosen (Tab. 5).

Eingesetzt werden Falschdrallgarne vom hochelastischen und vom Torque-Typ, zunehmend aber auch strecktexturierte Garne, ebenfalls vom Torque- und immer mehr vom hochelastischen Typ, aber auch spinntexturierte Bikomponentengarne. Zwei Trends sind momentan klar zu erkennen: Im Zusammenhang mit der dominierenden Position der Strumpfhosen eine immer stärkere Verschiebung vom Torque- zum hochelastischen Typ und im gleichen Zusammenhang ein allmähliches Durchsetzen von Nylon 66 gegen Nylon 6 (Perlon®). Die Unterschiede in den Garneigenschaften von Nylon 66 gegenüber Nylon 6 im elastischen Bereich wurden bereits erwähnt, ebenso wurde bereits erläutert, warum gerade die spinn- bzw. strecktexturierten Garne hauptsächlich auf dem Strumpfmarkt Fuß gefaßt haben.

Zum Kapitel *Weberei* sei zunächst ein Überblick über den Garneinsatz in verschiedenen EWG-Ländern im Jahr 1968 in Prozent gegeben (Tab. 6).

Hiezu muß gefragt werden, warum zum Beispiel in der EWG die Synthegarne verhältnismäßig geringen Eingang gefunden haben. Ein Grund liegt sicherlich im „synthetischen Griff“ der glatten Polyamid- und Polyestergarne. Deshalb

**Tabelle 6:**

	Synthese-fäden	Synthese-fasern	Zellulose-fäden	Zellulose-fasern	Baum-	Wolle	Gesamt
BRD	5	13	11	13	46	12	100
Belgien	6	8	7	19	48	12	100
Frankreich	7	11	8	10	56	8	100
Italien	3	10	10	13	43	21	100
Niederlande	3	12	7	10	56	12	100
<b>EWG</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>48</b>	<b>14</b>	<b>100</b>

stische Beanspruchung, einschließlich Freizeitkleidung, muß das textilere, krepelige Aussehen der Gewebe aus texturierten Garnen als großer Fortschritt bezeichnet werden. Nimmt man noch zusätzlich besonders feine Polyesterfiter, so kann man hervorragende, seidenähnliche Gewebe erzeugen. Texturierte Garne vom Taslan-Typ sind beliebt und bekannt für rustikale Gewebearten.

Zur Verarbeitung in Weberei und Webereivorbereitung gilt natürlich im besonderen Maße das bereits unter Strickerei Gesagte, nämlich hohe Anforderung an Sorgfalt und Präzision, ebensowie die Forderung nach hervorragender Garngleichmäßigkeit. In der Kombination verschiedener Kett- und Schußmaterialien sowie in der Möglichkeit von Mischverarbeitungen liegt die Zukunft dieses Sektors. Dem Trend nach Pflegeleichtigkeit folgend, ist alles in allem der Websektor ein zukunftsträchtiges Gebiet für texturierte Polyestergarne.

Wenn über die wichtigsten Einsatzgebiete texturierter Garne gesprochen wird, dürfen texturierte Polyamidstauchgarne, insbesondere für den Tufting-Teppichsektor, nicht fehlen. Es handelt sich um Nylon 6 oder Nylon 66 ca. 1200 dtex, unter anderem auch texturiert nach dem Stauchkammerprinzip. Diese Garne werden zwei- oder dreifach uni oder melange (mit spinngefärbtem oder „differential-dyed“ Garn) mit niedrigem oder hohem Zwirn für den Tufting-Sektor angeboten. Es geht bei diesen Garnen nur um das Volumen und um die Deckkraft, nicht um die elastische Dehnung.

Gleichmäßigkeit der Garne und thermische Stabilität für den Stückfärbereinsatz (der Pol schrumpft sonst beim Färben) sind erforderlich. Polyestergarne sind für diesen Zweck weniger gut geeignet. Entwicklungsarbeiten sind in Richtung Strecktexturierung und Spinn-/Strecktexturierung im Gange. Teilweise wird schon nach solchen Verfahren produ-

ziert. Derartige Garne werden im kleinen Umfang auch für den Möbelstoffsektor eingesetzt.

In der folgenden Tabelle sind die im Tuftingsektor für Teppiche eingesetzten Rohstoffanteile angeführt.

**Tabelle 7: Rohstoffanteil an der Produktion von Tufted-Teppichen (in %)**

	B R D		E W G	
	1967	1968	1967	1968
Wolle	6	5	10	7
Zellwolle	36	20	25	15
Synthesefasern	8	8	10	17
Synthesefäden	50	67	55	61
Summe	100	100	100	100

Es ist daraus ersichtlich, daß der Anteil an Synthesefäden, der in erster Linie texturiert eingesetzt wird, stark im Steigen begriffen ist.

Stauchgarne für den rein textilen Bereich spielen eine relativ kleine Rolle, zum Beispiel im Wäschesektor (Polyamid). Das Problem bei der Stauchtexturierung ist die Fadenreinheit, da Kapillarbrüche besonders gefährlich sind; dies ist vor allem bei Polyester sehr schwerwiegend, spielt aber auch bei Polyamid eine Rolle und ist nur über einen Vorzwirner der zu stauchenden Garne zu handhaben. Auch die Gleichmäßigkeit von Stelle zu Stelle wirft Probleme auf.

Die Expansion der texturierten Garne stellt auch an die **Ausrüstung** neue Forderungen, auf die kurz eingegangen werden soll.

Um eine optimale Ausrüstung zu erzielen, müssen die Unterschiede in den Eigenschaften der verwendeten texturierten Garne berücksichtigt werden.

Schwerpunkte der Ausrüstung sind:

1. **Volumenentwicklung**, die man mit Hilfe von neuen Maschinen oder Verfahren erreichen kann, zum Beispiel Tumbler, spannungslose Vorwäsche, Dämpfen usw.
2. **Stabilisierung** der Ware durch eine entsprechende Fixierung. Gerade auf diesem Gebiet ist es in letzter Zeit zu verschiedenen Änderungen an dem vorhandenen Maschinenpark gekommen, beispielsweise zum Einbau eines Tragebandes und gedrosselten Ventilatoren beim Spannrahmen usw.
3. Das Färben von Strick-, Wirk- oder Webware aus texturiertem Material verlangt eine **Auswahl der Farbstoffe und Hilfsmittel, eine bestimmte Temperatur (HT-Färbung) und deshalb spezielle Apparate**, zum Beispiel HT-Baum, Kufe und vor allem Jet-Maschinen, die immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Der Ausrüstungsverlauf und die Maschinenauswahl wird durch die Konstruktion der Ware bestimmt. Bei Strick- und Wirkware ist jegliche Spannung zu vermeiden. Bei Webware besteht die Neigung zu Lauffalten, die berücksichtigt werden muß. Die gewünschte Endausrüstung, beispielsweise Avivage, Finishdekatur, Scheren, richtet sich nach dem jeweiligen Einsatzgebiet der Ware und nach dem gewünschten Griff und Fall.

Zum Abschluß noch einige wenige Bemerkungen im Zusammenhang mit Texturierung und bekleidungsphysiologischer Funktion. Es ist bekannt, daß die Wärmeisolierung durch einen Stoff umso größer ist, je voluminöser das Flächengebilde bei gegebenem Gewicht durch Garn- und Stoffkonstruktion gestaltet ist. Mit anderen Worten, die eigentliche Isolierung wird durch die Luft, die im Stoff enthalten ist, bewirkt.

Wir haben nun eine ganze Serie von Flächengebilden aus verschiedenen Materialien - einige davon texturiert - mit verschiedenen Konstruktionen hergestellt und Herrn Dr. M e c h e l s gebeten, den Wärmedurchgang in Abhängigkeit von der Dicke zu messen. In Abbildung 9 sehen Sie das Ergebnis dieser Messungen.

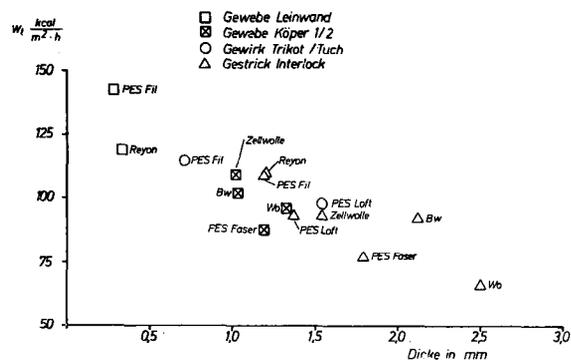


Abb. 9: Wärmedurchgang (trocken) in Abhängigkeit von der Stoffdicke (25°C u. 65 % r.F.)

Da die verschiedenen eingesetzten Flächengebilde nicht gewichtsgleich herzustellen waren (es wurden Faser- und Endlosgarne benutzt), wurde ein neues Diagramm gebildet: Wärmedurchgang gegen Quotient Gewicht zu Dicke (Abb. 10).

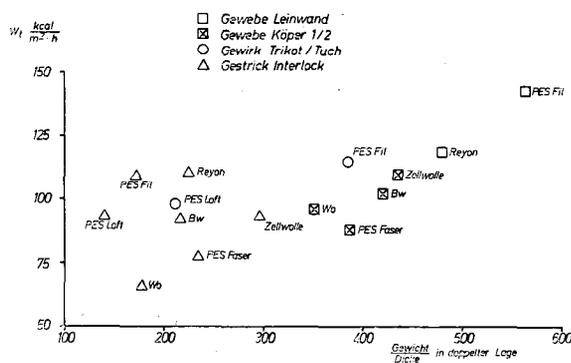


Abb. 9: Wärmedurchgang (trocken) in Abhängigkeit von der Stoffdicke (25°C u. 65 % r.F.)

Je voluminöser ein Gebilde ist, umso niedriger ist das Gewicht - Dickenverhältnis - und umso niedriger ist der Wärme-

durchgang, unabhängig vom Rohstoff. Tendenzmäßig ist dies aus den Abbildungen zu erkennen, obwohl im niedrigen Bereich des Wärmedurchgangs ziemliche Streuungen vorhanden sind.

Es sind auch Feuchtedurchgangsmessungen durchgeführt worden, ich möchte mich aber bewußt auf die Wärmeisolierung beschränken. Durch das Texturieren erzeugt man mehr Volumen im Garn. Gelingt es, dieses Volumen auch im Flächengebilde zu erhalten, sollte auch hier die Isolierwirkung entsprechend der Schichtdicke steigen. In Tabelle 8 sehen Sie einen Vergleich von Polyester ungedreht, glatt, zu Polyester texturiert, verarbeitet in Gewebe, Gewirke und Gestricke mit verschiedenen Bindungen.

<b>Tabelle 8:</b>	Bindung	g/m <sup>2</sup>	Dicke	W <sub>t</sub> $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2/\text{h}}$
<b>GEWEBE</b>				
dtex 100 f 36	Leinwand	63	0,250	589
	Leinwand	74	0,258	541
	Atlas 1/4	123	0,390	599
dtex 100 f 36 loft	Leinwand	73	0,340	668
	Leinwand	79	0,322	674
	Atlas 1/4	98	0,510	607
<b>GEWIRKE</b>				
dtex 100 f 36	Trikot/Tuch	102	0,530	632
	Trikot/Tuch	137	0,710	598
dtex 100 f 36 loft	Trikot/Tuch	107,5	0,847	569
	Trikot/Tuch	163,6	1,542	480
<b>GESTRICKE</b>				
dtex 100 f 36	Interlock	103	0,848	598
	Interlock	106	0,760	587
dtex 100 f 36 loft	Interlock	96	1,370	511

Die Quadratmetergewichte sollten vergleichbar eingestellt werden. Dies ist nur annähernd gelungen. Die Schichtdicke der Stoffe wurde angegeben und der Wärmedurchgang (von Dr. Mecheels gemessen). Beim Studium der Tabelle erkennt man, daß im Gewebe von dem größeren Volumen des Fadens nur wenig wieder zu finden ist und entsprechend von einer höheren Isolierung keine Rede sein kann. Verständlich wird dies durch die straffe Einbindung des Fadens im Gewebe. Bei der lockeren Masche in Gewirken und Gestricken sieht man das höhere Volumen in der Schichtdicke deutlich und dementsprechend einen kleineren Wärmedurchgang bzw. eine höhere thermische Wirksamkeit.

Lassen Sie mich nun am Ende meines Referates zusammenfassend sagen, daß die Texturierung ganz allgemein weiterhin stark expandieren wird und wir, wie ich hoffentlich aufzeigen konnte, voller Dynamik in Garnherstellung und Garneinsatz in die Zukunft gehen.

## Diskussion

**Köb:** Ich darf vielleicht bitten, für die Diskussion die ungefähre Reihenfolge der Sachgebiete einzuhalten, die auch Herr Dr. Stöhr ge-

wählt hat, das heißt, wir wollen zuerst Fragen über Texturierverfahren, insbesondere über die Spinn- und Texturierung, in den Vordergrund stellen, dann zur Frage der Materialprüfung kommen und die Fragen der Endverarbeitung und des Endesatzes mehr an den Schluß der Diskussion stellen.

**Brandt:** Ich habe zum Gebiet der Setgarne eine Frage. Es ist erwähnt worden, daß Setgarne maschinengesetzt oder autoclavengesetzt werden. Welches der beiden Verfahren wird sich nun in Zukunft mehr durchsetzen?

Wie liegen heute in der Bundesrepublik die Mengenverhältnisse für die Maschinensetzung einerseits und für die Dampfsetzung andererseits, und welches Verfahren ist in färberischer Hinsicht für die Färbung von Garnen günstiger?

**Stöhr:** Ich glaube, die erste Frage, welches Verfahren sich in Zukunft durchsetzt, ist ganz klar zu beantworten: das wird das kontinuierliche Setverfahren sein.

Zur zweiten Frage, wie stark das kontinuierliche Setverfahren in der Bundesrepublik vertreten ist, muß ich antworten: im Moment noch recht wenig, es dominiert absolut noch die dampfgesetzte Ware.

Die dritte Frage war die nach der färberischen Gleichmäßigkeit. Ich glaube, daß da die kontinuierliche Setware - wenn Sie den AI-Effekt (= Außen-Innen-Effekt) betrachten, den Sie bei dampfgesetzter Ware immer etwas haben - von dieser Seite günstiger liegt.

Auf der anderen Seite müssen Sie berücksichtigen, daß Sie bei der kontinuierlichen Setmaschine pro Faden zwei Heizsysteme haben, was natürlich an die Technologie sowie an die Gleichmäßigkeit der Fadentemperatur erhöhte Anforderungen stellen wird, sodaß ich diese Frage eigentlich im Moment nicht so ganz klar beantworten möchte. Unter der Voraussetzung, daß die Technik der kontinuierlichen Setmaschine völlig einwandfrei funktioniert, müßte die Anfärbegleichmäßigkeit besser sein.

**Schüssel:** Liegen für die Farbstoffaffinitäten zwischen tandemtexturierterem und dampfsettexturierterem Material präzise Unterlagen über den Farbstoffverbrauch vor?

**Stöhr:** Wir haben keine präzisen Unterlagen, vielleicht jemand aus dem Auditorium?

**Köb:** Leider nein.

**Pilgrim:** Man spricht immer wieder von den griffligen Nachteilen eines Tandemsetgarnes gegenüber einem Dampfsetgarn. Außerdem wird immer wieder diskutiert, daß das Tandemgarn gegenüber dem Dampfsetgarn in der Ausrüstung mehr Schwierigkeiten bereitet und daß es nicht möglich wäre, mit einem Tandemsetgarn eine Ware zu erzielen, wie sie normalerweise beim Dampfsetgarn möglich ist.

Diese Argumente, die von vielen Verarbeitern gebracht werden, sind der Grund, warum wir kein Tandemgarn verarbeiten können.

**Stöhr:** Ich glaube, Herr Pilgrim, das Hauptargument gegen das Tandemgarn war bisher, daß man das volle Volumen nicht hervorbringt, oder - anders ausgedrückt - daß der Schrumpf des Garnes höher liegt als bei dampfgesetztem. Ich denke, das ist eine vorübergehende Entwicklungsfrage, und ich bin sicher, daß man die lösen wird und daß man noch weiter herunterkommen und damit das Volumen voll bringen wird.

Ich halte aber aus ökonomischen und auch aus Qualitätsgründen - denken Sie an die Fadenreinheit dieser kontinuierlich gesetzten Spulen - das Tandemverfahren für so zukunftsreich, daß es - trotz der momentanen Schwierigkeiten, die man noch hat - stärker vordringen wird.

**Laub:** Ich würde gerne eine Ergänzungsbemerkung zum Vergleich des Tandemverfahrens mit dem klassischen Autoclavenverfahren machen. Bei ausreichend guter Regeltechnik ist das Tandemverfahren bezüglich der Gleichmäßigkeit ganz eindeutig und unzweifelhaft dem Autoclavenverfahren überlegen. Inwieweit, beim heutigen Stand der Regeltechnik, diese Überlegenheit wirklich wirksam wird, hängt vor allem von der Temperaturregelung, die einen wesentlichen Einfluß auf diese Frage hat, aber inzwischen wirklich hochgezüchtet worden ist, ab.

Man kann daher zusammenfassen: Was die Gleichmäßigkeit betrifft, ist das Tandemverfahren dem Autoclavenverfahren überlegen.

Folgende Frage möchte ich aber gerne stellen: Sie haben von der immer wieder diskutierten Problematik der Kühlzone gesprochen. Teilweise wird ja die Ansicht vertreten, daß die Kühlzone keine sehr große Bedeutung hätte. Ihrer Meinung nach ist sie notwendig bzw. vorteilhaft. Daß sie aus theoretischen Erwägungen zumindest vorteilhaft ist, darüber gibt es sicher überhaupt keine Diskussion. Ich wüßte aber gern, ob Ihre Auffassung sich auf eigene Erfahrung gründet, oder ob Sie Ihre Aussage durch Zahlen belegen können.

**Stöhr:** Wir haben viel eigene Erfahrung im Hinblick auf die Beeinflussung der Viskosität der Spinnpräparation und damit der Reibungsverhältnisse gesammelt. Das ist ein Punkt, der bei den allgemeinen Diskussionen oft übersehen wird, den ich aber für sehr wichtig halte.

Das andere, was ich hervorheben möchte, ist die Länge der Kühlzone. Daß die Kühlzone notwendig ist, darüber besteht wohl kaum ein Zweifel. Man kann nur darüber diskutieren, bis zu welcher Temperatur man den Faden abkühlen muß, damit sich die Bindung zwischen den Molekülketten wieder bilden kann. Das ist natürlich nicht unbedingt erst bei Raumtemperatur, das ist schon etwas höher.

Es gibt Angaben darüber, welche Kühlstrecke ausreicht, um diesen Effekt voll zu erreichen, nur muß man etwas vorsichtig sein, da im Moment die Geschwindigkeiten immer höher werden. Es war einmal die Rede, glaube ich, daß 20 cm ausreichen - es war auch schon die Rede von weniger -, man muß aber den Gesamtkomplex inklusive Fadengeschwindigkeit betrachten, wenn man eine Zentimeterangabe machen will. Ich darf vielleicht doch noch eines bemerken: Die Maschinen, die auf dem Markt sind, werden alle mit einer ausreichenden Kühlstrecke versehen.

**Laub:** Ich wollte eigentlich sehr gerne von Ihnen wissen, ob sich Ihre bejahende Einstellung zur Frage der Kühlzone auf die erkannte Beeinflussung meßbarer physikalischer Daten des Texturierverfahrens durch die Kühleinwirkung gründet. Können Sie darüber etwas sagen?

**Stöhr:** Wir haben dazu keine eigenen Zahlen. Es liegen aber Untersuchungsergebnisse von Herrn Dr. Morawek vor, und die Maschinenfabrik, die zu uns gehört, hat natürlich von der Baulegungs- und Konstruktionsseite her eine Menge praktischer Erfahrungen.

**Linge:** Welches Verfahren wird sich bei den hohen Geschwindigkeiten, die beim Streckspinn-Strecktexturieren zu erwarten sind, als Texturierverfahren durchsetzen, und welche Garnqualitäten sind zu erwarten?

**Stöhr:** Ja, das würde ich auch gerne wissen. Aber ich würde meinen, daß - im Moment zumindest - ein mechanisches Verfahren bei diesen hohen Geschwindigkeiten sehr schwierig erscheint. Man wird also auf chemische Verfahren zurückgreifen müssen, und das bekannteste davon sind im Moment die Bikomponentengarne.

**Lako:** Ich möchte zu dem Meßverfahren, das Herr Dr. Stöhr erwähnte, noch eine Bemerkung machen. Er hat gesagt, die wichtigste Eigenschaft ist das Volumen, und für das Volumen fehlt noch eine Meßmethode.

Wir haben viele Jahre an einer Methode für die Messung des Volumens gearbeitet, und jetzt sind wir so weit, daß in Kürze eine Veröffentlichung, die eine Meßmethode beschreibt, erscheinen wird. Diese kann ganz allgemein für Stapelfasern, für alle Art texturierter Garne sowie für HE, Set- und spinntexturierte Garne und sogar für Flächengebilde, die aus diesen Garnen bzw. Fasern hergestellt wurden, eingesetzt werden. Ich glaube, daß diese Methode auch für die Weiterentwicklung der texturierten Garne sehr nützlich sein wird.

**Köb:** Wird diese Veröffentlichung in einer deutschen Textilschrift erfolgen?

**Lako:** Ja.

**Köb:** Es gibt ja verschiedene Verfahren, mit denen man den Bausch messen kann. Man kann den Bausch an texturierten Garnen messen, indem man ein Strähnchen, das man gebildet hat, zusammendrehet und dann seine Dicke optisch abtastet. Die Frage ist nur die, ob das, was man am texturierten Garn in irgend einem Zustand mißt, dem Zustand entspricht, den nachher das Garn in der Ware tatsächlich entwickelt.

Irgendwo die Bauschigkeit messen, das kann man schon, aber sie so zu messen, daß es dann dem entspricht, was die ausgerüstete Ware zeigt, ist schwierig. Da liegt das Problem, von dem Herr Dr. Stöhr sprach; denn seine Herren haben ja auch an der Frage 'Bausch von texturierten Garnen' gearbeitet. Habe ich Sie richtig verstanden, Herr Dr. Stöhr? Sie meinten doch, es ist noch nichts da, was voll befriedigt?

**Stöhr:** Völlig richtig, Herr Professor Köb. Die Problematik ist ja die, daß Sie bei einer Fertigware, an der Sie eine Unregelmäßigkeit prüfen wollen, einfach ohne eine wirklich gute Messung der Gleichmäßigkeit des Bausches nicht weiterkommen. Es fehlt eine für alle Garne einschließlich der Teppichgarne anwendbare gute Meßmethode für das Volumen.

**Risch:** Sie haben zu Beginn Ihres Vortrags eine Tabelle gezeigt, in der die Eigenschaften für verschiedene Set- und HE-Garne angeführt waren. Sie haben dort zuerst die Kräuselkontraktion angegeben und dann andere Eigenschaften - ich glaube, die Dehnung.

Die Kräuselkontraktion, die kann man ja bekanntlich auf verschiedene Art bestimmen, zum Beispiel mit der Heißwassermethode, und man kann durch trockene Wärme entwickeln - wir haben ja vor zwei oder drei Jahren schon heftig darüber diskutiert. Welche Methoden haben Sie verwendet, und würden Sie auch die anderen Eigenschaften, die Sie dort angeführt haben, definieren?

**Stöhr:** Ich glaube, es ist am besten, Herr Weidner, der diese Messungen durchgeführt hat, beantwortet die Frage.

**Weidner:** Die Kräuselkontraktionsmessungen wurden nach dem klassischen Heberlein-Verfahren durchgeführt. Die Kräuseldehnungsmessung, die wir durchgeführt haben, bestand darin, daß wir an dem Garn im Kräuselbereich ein Kraft-Längenänderungsdiagramm aufgenommen haben. Das Kunststück war nur, daß wir mit 0,5 mp/dtex Vorspannung arbeiten mußten. An denselben Kurven wurde auch der Kräuselmodul aufgenommen, wobei wir den Anfangsmodul der Kurve genommen haben, die bei diesem Garn im ersten Bereich praktisch linear ist. Die Variationsmöglichkeiten, die man bei normalen Kraft-Längenänderungsdiagrammen erhält, fallen hier aus, und man kann da also sehr gut messen.

## Beeinflussung der Elastizität von texturierten Garnen und ihren Fertigprodukten durch die Substanz, den Texturierprozeß und die Weiterverarbeitung

Dr. Wolfgang Martin

Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG., Ludwigshafen/Rhein

Nach kurzer Betrachtung der Marktverhältnisse für die einzelnen Faserrohstoffe wird auf das Verhältnis von Nylon 6 zu Nylon 6,6 bei der Verwendung als texturierte Garne besonders eingegangen. Als wesentlicher Qualitätsparameter wird das elastische Verhalten herausgegriffen und eine Methode zu dessen praxisnaher Beschreibung kurz erläutert.

Soweit sich Unterschiede im texturierten Garn aus den beiden Rohstoffen feststellen lassen, wird versucht, diese durch eine Betrachtung von Kenngrößen der Rohstoffe und Rohgarne zu begründen.

Hieraus ergibt sich auch, daß weniger die chemischen als vielmehr die physikalischen Größen das textiltechnologische Verhalten bestimmen. In diesem Zusammenhang wird auf praktische Beobachtungen beim Färben, Spinnen und Texturieren eingegangen und die Möglichkeit untersucht, das Rohmaterial durch physikalisch wirksamwerdende Zusätze in seinen elastischen Eigenschaften zu verbessern.

Zusammen mit speziellen Einstellungen oder Verbesserungen an der Falschdrallmaschine gelingt es, das elastische Verhalten der Rohgarne aus Nylon 6 und aus Nylon 6,6 einander anzugleichen. Dies genügt allerdings in den meisten Fällen der Praxis noch nicht, um von einer Äquivalenz der beiden Produkte sprechen zu können. Aus diesem Grunde wird der Einfluß der Weiterverarbeitung, insbesondere im Strickwarenssektor, untersucht.

Es zeigt sich, daß Nylon 6 von Nylon 6,6 bereits beim Stricken verschieden sein kann und daß der besondere Unterschied beider Rohstoffe im Verhalten während der thermischen Belastung in den nachfolgenden Schritten des Dämpfens, Färbens und Fixierens besteht. Es werden Hinweise gegeben für ein Ausgleichen des der Elastizität zum Teil abträglichen Einflusses dieser Schritte, und die Grenzen dieses Kompromisses werden aufgezeigt.

Parallel dazu wird an Hand physikalischer Messungen versucht, eine Antwort auf die Frage nach den Ursachen der Unterschiede im Verhalten während der einzelnen Prozeßstufen zu geben, um daraus jene Maßnahmen zu begründen, die sich zur Qualitätserhaltung anbieten. Für Nylon 6 wie für Nylon 6,6 genügt es nicht, ihre kristallinen Anteile zu vergleichen, sondern es ist nötig, in die Struktur der außerkristallinen Bereiche vorzudringen.

Von dieser Betrachtung her ergibt sich eine gemeinsame Antwort auf die Probleme, die mit dem Rohmaterial und dessen Verspinnung beginnen und die schließlich über Texturieren und Stricken bis zum Färben auftreten. Damit werden zugleich auch die Grenzen einer Einflußnahme auf die Qualität der Kräuselgarne aufgezeigt.

A brief survey of the market conditions in relation to the individual fiber raw-materials is followed by a comparative discussion of nylon 6 and nylon 6,6 in texturized yarns. The elastic behaviour is referred to as an essential quality parameter, and a method permitting its practical definition is briefly outlined.

In so far as differences can be detected in texturized yarns made of

either of the two raw-materials, attempts are made to explain these on the basis of raw-material and raw-yarn characteristics.

These attempts have revealed, inter alia, that rather the physical characteristics than the chemical ones determine the technical behaviour of textiles. In this connection, practical observations made during dyeing, spinning and texturizing are discussed, and the potentials of improving the elastic properties of the raw-materials by physically active additives are investigated.

By means of special settings and improvements of false-twist machines it is possible to even the differences of the elastic behaviour of raw-yarns of nylon 6 and nylon 6.6. For many practical cases, however, this is insufficient to be able to speak of absolute equivalent products. Therefore the influence of processing, especially in the knit goods sector, is investigated.

It shows that differences between nylon 6 and nylon 6,6 can already become apparent during knitting, and that the main difference between the two raw-materials lies in their behaviour under the action of heat during subsequent steaming, dyeing and fixing operations. Suggestions are made as to how the effects of these operations - some of which adversely affect elasticity - can be compensated, and the limits of such compromises are pointed out.

Along with these, the author tries to find an answer to the causes for the behaviour-differences during the individual process-steps in order to find means which ensure certain qualities. A comparison of the crystalline components of nylon 6 and nylon 6.6 is insufficient, and an investigation of the structure of non-crystalline regions is required.

These considerations lead to a common approach to the problems which are beginning with the raw-material and the spinning-operation and include texturizing, knitting, and finally dyeing. Thereby the limits set to the influence on the quality of crimped yarns are revealed.

Das enorme Wachstum des Synthefaserverbrauchs wird noch von der Zunahme des Anteils, den die texturierten Fasern daran haben, übertroffen. In Westeuropa hat man 1968 schätzungsweise 30 % der gesamten Produktion an Endlosfäden texturiert. Die durchschnittliche jährliche Zuwachsrate für Polyamid-Kräuselgarne betrug 6 % und für Polyestergarne 26 %. In Westeuropa steht die Bundesrepublik bezüglich der Menge texturierter Fäden weit an der Spitze. Das gilt besonders für den Bereich der Polyesterfäden, der 1970 mehr als die Hälfte aller Texturgarne stellen wird. Die andere Hälfte teilen sich Nylon 6 und Nylon 6,6. Der Anteil der übrigen Endlosfäden ist seit Jahren ziemlich konstant und liegt unter 10 % (Abb. 1).

Anders ist die Situation in den USA. Der Anteil der Kräuselgarne an der Gesamtproduktion von Synthefasern ist insgesamt höher als in Westeuropa. Jedoch spielt Polyester mit 20 % Anteil auch 1970 noch eine untergeordnete Rolle.

Unter den Herstellungsverfahren für textile Titer hat die Falschdrahtmethode sowohl in Westeuropa als auch in den USA die größte Bedeutung. Ihr Anteil dürfte 1968 bei 80 % gelegen haben.

Die Gründe für den Aufschwung der Texturfasern sind bekannt. Die Kräuselfaser hat es einmal fertiggebracht, den Pflegeeigenschaften der Synthefasern die Komponente der Hautfreundlichkeit und der Behaglichkeit beim Tragen hinzuzufügen. Zum anderen ermöglicht die leichte Strick- und Wirkbarkeit dieser elastischen Fäden eine Ver-

arbeitung praktisch auf jedem Bekleidungssektor. Auch in die Weberei haben die texturierten Endlosgarne Eingang gefunden.

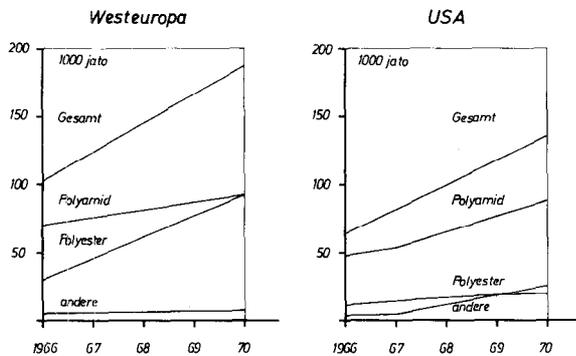


Abb. 1: Produktion texturierter Garne (ohne die Einsatzgebiete Teppiche und Möbelbezug)

Die beiden Polyamide Nylon 6 und Nylon 6,6 sowie Polyester bestreiten fast den gesamten Markt an Falschdrahtkräuselgarnen, und man hört nur zu oft die recht harmlos klingende Frage: *Welches Material liefert eigentlich das beste Kräuselgarn?*

Wenn man sich die Mühe macht und analysiert, was unter „beste“ letztlich verstanden wird, so endet man meist bei irgendeiner Elastizitätseigenschaft, und hat man dort schließlich Klarheit geschaffen, dann erhebt sich im Hintergrund dieser Erkenntnis die ähnlich harmlose Frage: *Und warum ist das nun eigentlich so?*

Diese Fragen stellen sich nicht nur die Rohstoffproduzenten und Fadenhersteller, sondern auch die Texturierer, die Maschinenbauer, die Wirker, Weber, Stricker, Färber, Ausrüster und letztlich die Konsumenten. Ergänzen Sie diese Aufstellung noch durch die Chemiker, Physiker, Ingenieure, Technologen und Textilprüfer mit allen ihren verzweigten Disziplinen, dann wird es klar, wie schwierig es wird, eine Antwort zu finden, die alle zufriedenstellt und die oben drein noch wahr ist.

Während man sich über die Stellung des Polyesters inzwischen einige Klarheit verschafft hat, geht das Rangeln zwischen den Polyamiden 6 und 6,6 weltweit voran. Während einige Experten auf dem Texturiergebiet Nylon 6 und Nylon 6,6 praktisch die gleichen Kräuseleigenschaften zuschreiben, sind die Weiterverarbeiter anderer Meinung und bevorzugen Nylon 6,6. Es ist klar, daß selbst der Rohstoffhersteller an einer Entscheidung dieser Frage interessiert sein muß, und so wurden vor etlichen Jahren umfangreiche Untersuchungen in Angriff genommen. Die zu beantwortenden Fragen waren:

1. Gibt es einen Unterschied zwischen gekräuseltem Nylon 6 und Nylon 6,6, und worin besteht dieser?
2. Lassen spezielle Einstellungen oder Verbesserungen an der Falschdrahtmaschine ein besseres Kräuselgarn aus Nylon 6 erwarten?

3. Kann man die Texturierbarkeit von Nylon 6 durch Variation des Rohmaterials verbessern?
4. Wie kann man durch geeignete Weiterverarbeitungsmethoden ein Endprodukt aus Nylon 6 mit optimaler Elastizität erzielen?

Bevor wir die Unterschiede zwischen diesen beiden Materialien besprechen, soll kurz auf unsere Prüfmethode für Kräuselfäden eingegangen werden. Nach den üblichen Verfahren wird die Kräuselreaktion aus der Längendifferenz zwischen dem gekräuselten und dem durch ein bestimmtes Gewicht (z.B. 0,2 p/dtex) gedehnten Faden bestimmt.

Die Kräuselkontraktion besagt lediglich, bis zu welchem Betrag ein Kräuselgarn gedehnt werden kann. Sie gibt keinerlei Auskunft über die Rückstellkraft des Garnes in den einzelnen Dehnungszuständen und über sein Erholungsvermögen, Eigenschaften, die der komplexe Begriff Elastizität natürlich auch umfaßt. Deshalb haben wir das Kraft-Dehnungsdiagramm im Kräuselbereich zur Beurteilung herangezogen. Die Prüfung der Garne erfolgt nach einer Entwicklung der Kräuselung im warmen Wasser (Abb. 2).

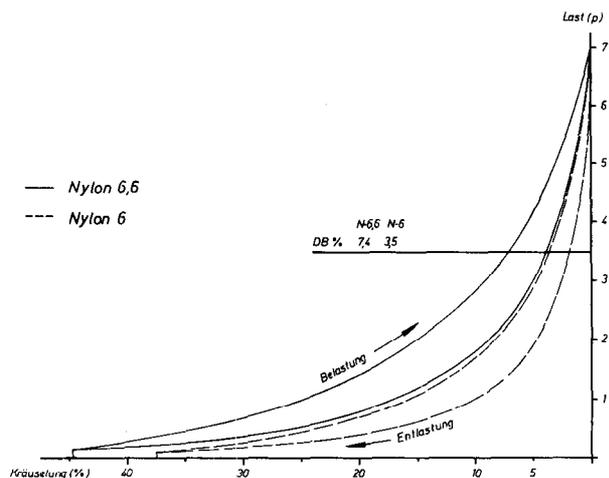


Abb. 2: Kraft-Dehnungsdiagramm von gekräuseltem Nylon 6 und Nylon 6,6

Beim Vergleich von hochelastischem Polyester mit Nylon 6 und Nylon 6,6 zeigt sich nun, daß trotz der gleichen Kräuselkontraktion von ca. 70 % Polyester einen steileren Kraftanstieg aufweist als Nylon 6,6 und dieses wieder einen steileren Anstieg als gewöhnliches Nylon 6. Es wurde daher das Dehnungsverhältnis bei 0,025 p/dtex Belastung im Be- und Entlastungsvorgang zur Norm erhoben. Physikalisch und technologisch bedeutet dieser DB-Wert, wie wir diese Größe nennen, die Dehnungsreserve des Garnes bei definierter Last und ein Maß für dessen Streckzustand. Wir haben diesen Test damals ausgewählt, weil er ungefähr demjenigen vergleichbar war, den die Strumpfstriker nach Abnahme der Ware von der Maschine machen, wonach sie dann zu behaupten pflegen: Dieses Material hat Musik oder auch keine.

Während schlappe Game dabei stark ausgestreckt werden, entwickeln gute **Game** große Gegenkraft und bleiben in ihrer Ausdehnung zurück. Natürlich ist der Aussagewert dieser an **Garnsträngchen** gewonnenen Größen für die Qualität des gefärbten, verarbeiteten und fixierten Enderzeugnisses beschränkt (Abb. 3).

	Nylon 6	Nylon 66	Polyester
Dichte	1,14 g/ccm	1,14 g/ccm	1,38 g/ccm
Schmelzpunkt	215 °C	250 °C	260 °C
Glastemperatur trocken	59 °C	70 °C	85 °C
Glastemperatur 65 % RLF	ca. 10 °C	ca. 25 °C	ca. 30 °C
Schmelzwärme	19 cal/g	22 cal/g	18 cal/g
Fixieroptimum trocken	190 °C	225 °C	210 °C
Struktur der kristallinen Bereiche	monoklin hexagonal	triklin	triklin
Elementarzellenquerschnitt	ca. 1	1/4	1/4
Wasseraufnahme bei 20 °C, 65 % RLF	4,2 %	3,8 %	0,4 %
Kraft für 1 % Dehnung	0,3 p/dtex	0,8 p/dtex	1,0 p/dtex
Restschumpf nach Kräuseln	ca. 5 %	ca. 2,3 %	ca. 3 %

Abb. 3: Physikalisch-technologische Eigenschaften

Fragen wir hier einmal vorsichtig, **warum** das eine Material steifer ist als **das** andere, so müssen wir offensichtlich in einige physikalische Konstanten schauen, denn die Summenformel für Nylon 6 und Nylon 6,6 heranzuziehen, ist von vornherein wenig aufschlußreich.

Nylon 6 hat die niedrigste Übergangstemperatur zweiter Ordnung, ein Hinweis auf die besondere Beeinflussbarkeit der amorphen Bereiche dieses Materials. Davon wird noch die Rede sein. Bezüglich der anfänglichen Elastizitätsmoduli zeigen die drei Materialien die gleiche Abstufung wie in der Rückstellkraft der daraus gekräuselten Fäden. Bemerkenswert ist, daß Nylon 6,6 trotz des höheren Schmelzpunktes stärker schrumpft als Nylon 6.

Nun macht den texturierten Faden nicht **nur** das Rohmaterial aus, sondern auch die Textur selber, die er im Falschdrahtverfahren erhält. **Das** Verfahren ist Ihnen bekannt und besteht im wesentlichen aus den Schritten der Verformung und der Temperung. Bei der Verformung gehen die vorerwähnten physikalischen Konstanten ein, indem das Material mehr oder weniger Widerstand dem Drallgeber entgegensetzt und auch, wie es nach Verlassen der Spindelaufspringt (Abb. 4).

Wir wissen, daß es im dynamischen Bild kein aktives „Zurückdrehen“ des einmal hineingebrachten Dralls gibt, wie gelegentlich dargestellt wird, und daß demzufolge am Drallstift auch keine Drallumkehr mit einer Drallstelle 0 existiert. Dies wird durch das Photo (Abb. 5) bewiesen.

Die Verformung hinterläßt jedoch ihre Spuren im Rohmaterial, denn Festigkeit und Dehnung fallen um 20 bis 30% ab, während diese Größen bei einem ähnlich getemperten Faden ohne Verformung praktisch gleich bleiben.

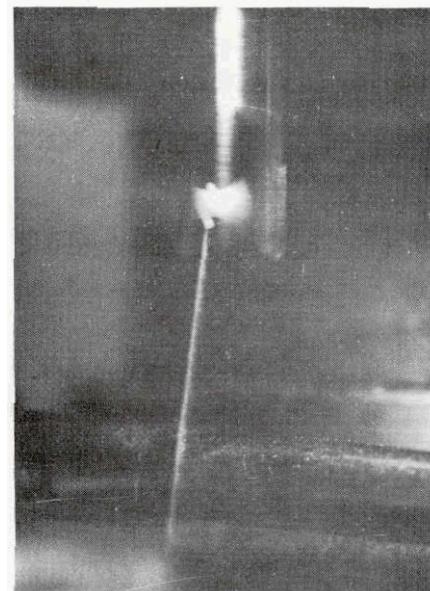


Abb. 4: In Drehung befindliche Falschdrahtspindel

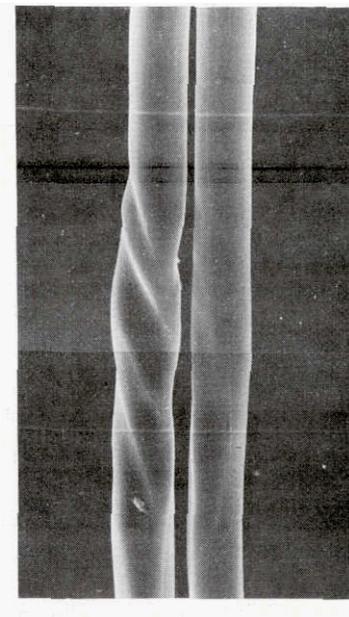


Abb. 5: Stereoscanaufnahme von texturiertem Nylon 6,6

Auf Stereoscanaufnahmen erkennt man Unebenheiten der Oberfläche, welche bis zur Mikrorißbildung gehen können.

Schauen wir nun unter die Oberfläche **sozusagen** mit Röntgenstrahlen, so findet **man**, wie Wegener und seine Mitarbeiter zeigten, daß durch den Kräuselprozeß der kristalline Anteil vermehrt wird, während sich die Orientierung der Kristallite bezüglich der Faserachse verschlechtert. Hier greift die Deformierung bis ins Gefüge.

Man ist nun von der Physik der Kunststoffe her versucht zu sagen, daß kristalline Anteile die Elastizität erhöhen und

amorphe die Plastizität. Von diesem schnellen Schluß wird man jedoch geheilt, wenn man die kristallinen Anteile von Nylon 6 und Nylon 6,6 in texturierten Garnen vergleicht (Abb. 6).

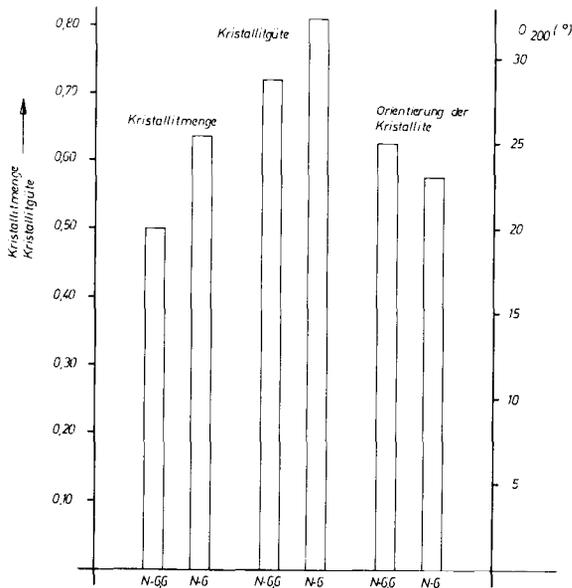


Abb. 6: Kristallinität von texturiertem Nylon 6 und Nylon 6,6

Zuerst findet man, daß kristallin nicht kristallin ist (wir sahen es oben schon, Nylon 6 ist hexagonal und monoklin; Nylon 6,6 nur triklin), und weiterhin sieht man auch, daß der Anteil an kristalliner Substanz in Prozent des maximal Erreichbaren nicht sehr viel aussagt. Trotz schlechteren elastischen Verhaltens hat Nylon 6 hier mehr Kristallinität als Nylon 6,6, womit die wirklich kräuselwichtige Substanz in die nichtkristallinen Bereiche verlegt ist. Wir werden später noch darauf zurückkommen.

Dynamische Dauerversuche und Messungen des momentanen Elastizitätsmoduls, wie sie ebenfalls Wegener und Mitarbeiter durchführten, zeigten, daß beim Texturieren auch der Orientierungsgrad in den nichtgeordneten Bereichen abnimmt. Alle diese Befunde, zusammen mit Infrarotuntersuchungen und mit dem noch zu erörternden Verhalten der Kräuselgarne bei der Weiterverarbeitung, zeigen, daß es offensichtlich im zwischenkristallinen Bereich von Rohstoff zu Rohstoff und von Verformung zu Verformung Differenzierungen gibt, nach welchen die Bezeichnung „amorph“ für den nichtkristallinen Anteil von Polyamiden eine unzulässige Vereinfachung darstellt. Übrigens werden Kettenlängenverteilung, Endgruppenbilanz und die übrigen chemischen Eigenschaften beim Texturieren nicht verändert.

Wir brauchen diese Betrachtungen, wie Sie gemerkt haben, um die Antwort auf die harmlose Frage nach dem Warum der vielfältigen Erscheinungen im Elastizitätsverhalten texturierter Artikel bereitzustellen und daraus Ansätze für ihre Beeinflussung zu gewinnen.

Das wollen wir auch gleich tun und uns unter diesen Gesichtspunkten fragen, welche Verfahrensgrößen die Kräuseligenschaften von Nylon 6 verbessern und warum sie es tun. Die meisten Verfahreseinflüsse fanden wir in der ausführlichen Monographie von Scherzberg bestätigt.

Steigende Temperaturen begünstigen die kräusleelastischen Eigenschaften. Die Fäden fließen leichter und nehmen den Drall besser an, doch leiden ab einer bestimmten Temperatur Bruchfestigkeit, Dehnung, Bausch, Elastizität und Gleichmäßigkeit durch zu starke äußere und innere Deformationen.

Durch Temperatureinstellung allein – und das haben inzwischen auch viele Verarbeiter gemerkt – wird es uns schwer, die Kraftdehnungsverhältnisse von Nylon 6 denen von Nylon 6,6 anzupassen oder, mit anderen Worten, die Materialunterschiede in den amorphen Bereichen zu überspielen.

Nun erscheint eine Verformung nicht nur umso leichter, je höher die dabei verwendete Temperatur ist (immer in den obengenannten Grenzen), sondern auch je länger die Einwirkungszeit der Verformungskraft ist. Gehen wir davon aus, daß bei höheren Kräuseltemperaturen, wie im Falle Nylon 6,6 angewendet, auch die strukturellen Veränderungen schneller und daher vollkommener ablaufen, uns aber in der Temperaturhöhe bei Nylon 6 Grenzen gesetzt sind, dann bietet sich der Weg längerer Verweilzeiten ganz von selber an. Dies gilt tatsächlich für Nylon 6. Viele von Ihnen werden sich noch der Tage erinnern, als diejenigen Texturierer sich glücklich priesen, die langsamlaufende Texturiermaschinen besaßen, in denen die Deformation langsam und über längere Zeit erfolgte.

Die Konsequenz zogen die Maschinenhersteller inzwischen bei schnellaufenden Maschinen durch längere Heizkörper.

Aber auch dies bildet nur einen Teil der Maßnahmen, die zur Erhöhung der Elastizität beitragen können. Ebenso wichtig, wie eine ausreichende Verweilzeit in der Heizzone ist eine möglichst starke Abkühlung, bevor der Faden in die Spindel eintritt. Wie wir später sehen werden, muß die im Drallvorgang eingeprägte morphologische Struktur eingefroren und in Verbindung mit Rekristallisationsvorgängen dauerhaft fixiert werden. Dies sowohl gegen spätere thermische Auflösung als auch gegen den starken Verzug durch die Bremskraft des Drallstiftes selbst. Morawek hat hierauf bei Polyester besonders hingewiesen, und eine Reihe neuer Falschdrallmaschinen sehen bereits längere Abkühlungsstrecken als bisher üblich vor.

Die wirksamste Maßnahme für die Hebung der Elastizität bei Nylon 6 ist wohl die Höhe des Falschdralles selbst. Jedenfalls bis zu dem Punkt, bevor die elastischen Eigenschaften durch übermäßige mechanische Strapazen, Fließvorgänge und Verstreckeffekte wieder abnehmen. Dreht man den Faden um ca. 1/3 höher als nach der Heberlein-Formel für ein hochelastisches Garn erforderlich wäre, so erreicht Nylon 6 die gleiche Kräusleelastizität wie Nylon 6,6. Reißfestigkeit, Dehnung, Schrumpf und Bausch bleiben hinter den von Nylon 6,6 jedoch zurück.

Der Einfluß der Fadenspannung ist allseits bekannt; ich kann mich hier kurz fassen. Auch sei hier wiederum auf die Arbeiten von Scherzberg verwiesen.

Vorausgesetzt, daß der Fadenstand und die Ballonbildung nicht leiden, erleichtert eine Voreilung im Drallfeld das Zusammendrehen des Fadens, solange dessen sicherer Halt am Drallgeber nicht gefährdet wird. Bei zu niedriger Fadenspannung findet Schlupf am Drallgeber statt, und durch fallenden Drallstau sinkt die Drallvermittlung für den Faden.

Die Frage, ob ein glatter oder ein rauher Stift dem Garn mehr Bremsung verleiht, wird in Fachkreisen gern diskutiert. Im Falle der Falschdralltexturierung ist hier Vorsicht geboten. Entgegen der bekannten Tatsache, daß Synthefäden an rauen Oberflächen weniger Reibung aufnehmen als an glatten, wissen wir, daß der rauhe Alsmagstift eine höhere Fadenspannung verursacht, als der glatte Saphir, vorausgesetzt, daß die Präparation nicht zu stark verwischend wirkt. Ob eine rauhe Oberfläche weniger oder mehr Reibung entwickelt, hängt unter anderem davon ab, ob sich unter den Versuchsgegebenheiten der über sie laufende Faden plastisch verformen läßt und sich sozusagen in die Oberfläche eingräbt oder nicht. An dem hier vorliegenden Stift mit glatter und rauher Oberfläche können Sie das leicht nachprüfen, indem Sie ihn einmal durch die Finger, zum anderen über den Fingernagel selbst laufen lassen.

Wichtig für die Kräuseleigenschaften ist auch die Größe der Aufwickelspannung. Wenn diese zunimmt, verschlechtert sich die Einkräuselung. Dies gilt besonders bei längeren Lagerzeiten und auch für den Fall, daß über einen Ringläufer aufgewickelt wurde, bei dem eine Voreilung praktisch nicht möglich ist.

Daß höhere Einzeltiter eine bessere und widerstandsfähigere Kräuselung ergeben, ist uns allen bekannt, auch die Kompromisse, die hier an Deckkraft und Griff der Fertigware zu machen sind.

Ziehen wir eine Zwischenbilanz zu der Frage:

Was können wir tun, um Nylon 6 in seinen elastischen Eigenschaften zu verbessern?

Die Antwort auf der Ebene der Maschinenbauer und Texturierer lautet dann etwa so:

Man verwende

- starke Einzeltiter,
- hohe Temperatur,
- mehr Falschdrall als normal,
- Fadenspannungen um 0,1 g/den,
- lange Verweilzeiten in der Drallzone,
- gute Abkühlung vor der Spindel
- einen griffigen Drallstift in Verbindung mit genügend rauher Präparation und
- eine spannungsarme Aufwicklung.

Wie wir eingangs gesehen haben, sind aber an dem Spiel noch andere Instanzen beteiligt, beispielsweise Rohstoffhersteller und Spinner. Auch sie können ihren Teil zur Beeinflussung der elastischen Eigenschaften beitragen.

Fangen wir beim **Rohmaterial** an:

Nylon ist nicht Nylon, und auch Nylon 6 ist nicht Nylon 6. Ein beliebter Gedankengang (wahrscheinlich stammt er vom Reifenkord) besteht beispielsweise darin, zu meinen, daß mit höherer Materialviskosität in Schmelze wie auch in Lösung ein Kräuselgarn erhalten werden könnte, das aufgrund der Zähigkeit des Materials höhere Elastizitätsmoduli und damit höheren Widerstand gegen Verformung in Aussicht stellt. Leider stimmt das nicht ganz (Abb. 7).

Kräuseltemperatur	$\eta_{rel}$	KK	DB
185 °C	3.75	53 %	3.3 %
	2.27	61 %	4.4 %
195 °C	3.75	54 %	3.1 %
	2.27	61 %	3.7 %
205 °C	3.75	57 %	3.5 %
	2.27	63 %	4.2 %

Abb. 7: Zusammenhang zwischen Kräuselelastizität und Viskosität [Nylon 6 dtex 100f 30 (90/30 den) 3330 T/m]

Bei höherer Viskosität des Rohmaterials stellen sich oft schlechtere Elastizitätseigenschaften des Kräuselgarnes ein, und das Obengesagte gibt uns die Erklärung: Höherviskose Fäden nehmen einmal den Falschdrall nicht so leicht an, zum anderen sinkt die Ordnungsgeschwindigkeit der Kristallite nach dem Erwärmen mit der steigenden Materialviskosität, und die Kräuselung wird nicht vollständig genug eingefroren. Dieser Befund unterstreicht nochmals die Notwendigkeit ausreichender Abkühlung.

Wenn das rasche Einfrieren der Kräuselung eine der Voraussetzungen für ein gutes Texturierergebnis ist, so sollten keimbildende und die Kristallisation beschleunigende Zusätze die elastischen Eigenschaften von gekräuseltem Nylon 6 verbessern. Das ist in der Tat der Fall. Der Zusatz von einigen Kristallkeimbildnern zu Nylon 6 bringt nach unseren Erfahrungen merklich bessere Kräuselgarn.

Man kann sich das so vorstellen, daß die bei der Texturierung gebildeten Kristallite mithelfen, die vom Drallvorgang geprägten mesomorphen Strukturen zu fixieren. Den größten Teil der durch den Drall verformten Substanz stellt der mesomorphe Bereich. In ihm ruht sozusagen das Erinnerungsvermögen des Garns für seine maximale Einkräuselung in Form von gelösten Nebenvalenzen.

Welchen Einfluß das Verhältnis von nichtkristalliner zu kristalliner Materie vor der Texturierung auf die elastischen Eigenschaften hat, wurde uns durch einen Versuch klar, den man als Außenstehender für recht klug halten könnte:

Um den ganzen Ärger mit der streifigen Anfärbbarkeit und etwaigen Elastizitätsverlust bei der Ausrüstung und bei der Färbung zu umgehen, wäre es doch vorteilhaft, die Garne

vor der Texturierung im Bad zu färben, statt hinterher, wenn sie gekräuselt sind.

Wir **taten** dies und fanden, **daß** die Qualität der nunmehr gekräuselten bunten Game miserabel war. Was war **ge**schehen? Die Behandlung mit heißem Wasser hatte den Faden **vollständig** durchkristallisiert, und der für die Drallaufnahme in erster Linie zuständige Anteil nichtkristallinen Materials war nahezu verschwunden.

**Es lag nun** nahe, den Faden selbst näher anzuschauen und **zu** versuchen, in ihm einen geeigneten Anteil deformierbarer Materie zu erhalten. Konsequenterweise untersuchten wir die Kräuselungsfähigkeit von Nylon 6 in Abhängigkeit vom Verstreckverhältnis, weil – wie Sie wissen – bei unverstrecktem oder teilverstrecktem Material der Anteil an kristalliner  $\alpha$ -Struktur noch gering ist. Tatsächlich bessern sich die Kräuselseigenschaften mit sinkender Verstreckung des Rohgarnes und zeigen bei **77** dtex in unserem Falle und einem Verstreckverhältnis von etwa 1:2,9 ein Maximum, natürlich abhängig von den Spinnbedingungen. Bei zu geringen Verstreckverhältnissen macht sich das Fehlen versteifender kristalliner Strukturen wieder nachteilig bemerkbar, deshalb der Maximumwert.

Dies ist aber nicht unbedingt ein Grund zum Jubel für den Garnhersteller und den Weiterverarbeiter, denn wird das Verfahren **so** durchgeführt, dann leidet die Regelmäßigkeit der textilen Werte, der Dehnung, Festigkeit, Elastizität und Anfärbung – kurzum die Betriebssicherheit.

Soweit zu den Möglichkeiten des Garnherstellers.

**Wir wissen** aber **nun**, daß **bis** zum fertigen textilen Flächengebilde noch ein Stück Weg vor uns liegt.

Zunächst kann man die Einkräuselung noch entwickeln, indem **man** den latenten Spannungen im frischgekräuselten Garn durch einen mechanischen Schock bzw. durch trockene oder nasse Hitze Gelegenheit zum Ausgleich gibt.

Übertreibt man die Wärmebehandlung, **so** tritt die regellose Thermobewegung der Moleküle als Antagonist in den Vordergrund und löst die mit Mühe eingepprägten Gefügeveränderungen wieder auf. Deshalb stellen thermische Behandlungen beim Dämpfen, Färben und Fixieren eine ständige Bedrohung für die elastischen Eigenschaften von gekräuseltem Material **dar**.

Hier zeigen sich **nun** ebenfalls Unterschiede zwischen Nylon 6 und Nylon 6,6, denn **genau** gesehen, können **wir** mit nahezu quaitätsgleichen Kräuselgarnen im Rohzustand noch nicht viel **anfangen**.

Schauen **wir** uns die Weiterverarbeitung an und nehmen wir als Beispiel **das Stricken**. Wenn **das** zum Stricken eingesetzte Kräuselgarn hohe **Elastizität besitzt**, **so** zeigt die daraus hergestellte Ware einen vollen **Griff** und ein dichteres Flächenbild und erfordert stärkere Kräfte für ihre **Dehnung**. Hoher Bausch bewirkt weichere und leichtere Gestricke.

Die an der laufenden Maschine aufgenommenen Fotos (Abb. 8 und 9) zeigen deutlich, daß **das** klassische Nylon 6 weniger bauschig einläuft. Für den **Kulivorgang kann** die Fadenspannung von außen her nicht mehr **beeinflusst** werden. Nach dem Einlauf in die Maschine zieht sich der Faden

zusammen und füllt die Masche auf. Dabei ergeben gutbauschende Game, wie Nylon 6,6, einen breiteren Strickschlauch, der die spätere Formfixierung besser überstehen wird. Nylon 6 **muß** deshalb möglichst locker gestrickt werden.

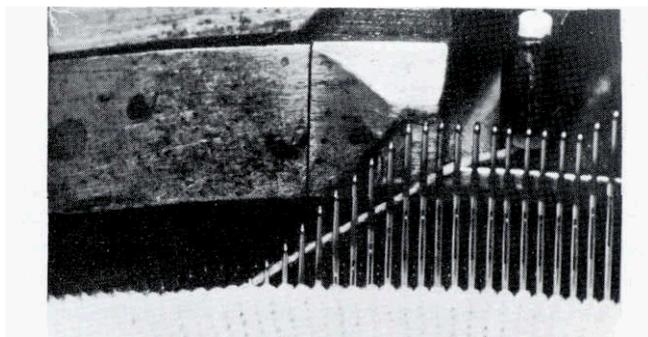


Abb. 8: Stricken von Nylon 6 - Fadeneinlauf

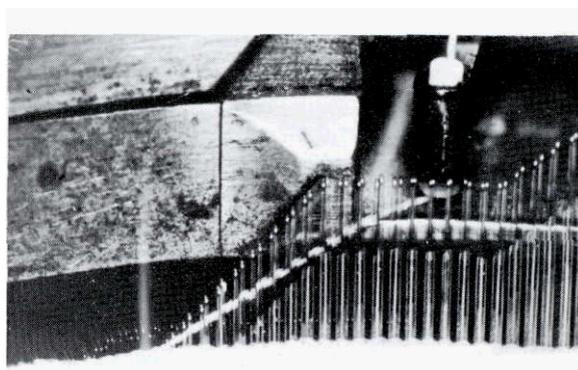


Abb. 9: Stricken von Nylon 6,6 - Fadeneinlauf

Man kann die Elastizität von Nylon 6 durch höheren Falschdrall oder stärkeren Einzeltitler verbessern, **muß** aber dafür weniger Bausch und ein dichteres Gestrück in Kauf nehmen. Die Fülle eines Gestricks ist dann am besten, wenn die Masche durch den Bausch ausgefüllt ist. Übermäßige Fadenslängen pro Masche führen aufgrund der Kraft-Dehnungscharakteristik wieder zu schlapper Ware. Dieser Kompromiß wird bei Nylon 6,6 vorteilhafter geschlossen. Soweit der Beitrag des Strickers.

Werfen wir **nun** einen Blick auf die Verhältnisse beim **Färben**.

Handelt es sich **um** das Färben im Strang, im Packsystem oder als Muff, **so** entwickelt sich unter mäßigen Bedingungen die Einkräuselung voll, und **das** Garn kann dabei auschrumpfen. Beim Flottenfärben oder beim HT-Färben ver-

ringert sich die Kräuselelastizität von Nylon 6 stärker als die von Nylon 6,6. Stärkere Einzeltiter bewahren die Kräusel- elastizität besser. Genauso verhalten sich Kräuselgarne aus höherviskosem Nylon 6. Jedoch wird die von vornherein niedrigere Kräuselelastizität dadurch nicht kompensiert.

Beim Färben im Stück wird das Kräuselgarn durch die Textilstruktur festgehalten und erfährt beim Schrumpfen leichter eine Qualitätseinbuße. Weil der Restschumpf von Nylon 6 mit 5 % viel höher liegt als der von Nylon 6,6, wird beim Nylon 6 die Kräuselung stärker herausgezogen. Das gleiche gilt für das Färben auf Spulen.

Nun werden die wenigsten Artikel nur gedämpft oder gefärbt oder fixiert verkauft, und wenn wir uns das Zusammenwirken dieser drei Verfahrensschritte einmal am Beispiel der Strumpfstrickerei ansehen, dann finden wir noch größere Unterschiede im Elastizitätsverhalten der beiden Polyamide.

Auf dem nächsten Bild (Abb. 10) sind diese Vorgänge für den Fall einer Strumpfhose (78 dtex) veranschaulicht. Auf dem obersten Linienzug ist die Schlauchbreite als Funktion des Verarbeitungsprozesses aufgetragen. Zunächst bauscht Nylon 6,6 im Rohgewirke besser, schrumpft beim Vordämpfen noch nicht, sondern erst beim Färben. Der Qualitätseinbruch erfolgt beim Dämpfen auf der Form. Dabei verliert Nylon 6 das Rückstellvermögen nahezu völlig, so daß es die Schlauchbreite von Nylon 6,6 noch übersteigt. Es „leiert aus“. Mildere Dämpfbedingungen verringern zwar die Qualitätseinbuße, aber der Auszug der Kräuselung ist auch hier wesentlich größer als bei Nylon 6,6. Wie die übrigen Darstellungen zeigen, verläuft die Dehnungsbilanz über die Verfahrensstufen Vordämpfen, Färben, Fixieren hinweg positiv für Nylon 6,6 und negativ für Nylon 6.

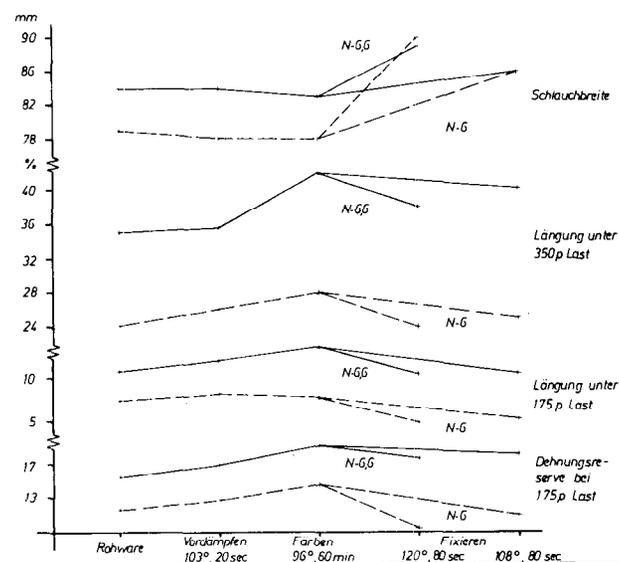


Abb. 10: Einfluß der Ausrüstung auf Verstricktes aus Nylon 6 und Nylon 6,6

gabe wieder ein Schrumpf erfolgen, der jedoch die Texturierung nicht belasten soll, offensichtlich ein Drahtseilakt besonderer Güte.

Nachdem dies der heikelste Schritt im Weiterverarbeitungsprozeß ist, soll kurz auf das Verhalten gefärbter und ungefärbter Gestricke aus Kräuselgarne beim Fixieren auf der Form in Abhängigkeit von den Verfahrensgrößen bei der Herstellung des Garnes eingegangen werden. Folgende Zusammenhänge zeichnen sich ab: Kleine Fixierformen fördern das Erholungsvermögen der Kräuselung, sie vermindern jedoch die Glättung und Formgebung der Ware. Milde Dämpfbedingungen fördern das Erholungsvermögen auf Kosten des Glättens. Höherer Falschdrall und höhere Kräuseltemperatur führen zu besserer Elastizität der ausgerüsteten Ware.

Soweit Färber und Fixierer mit ihrer Einflußnahme auf die Elastizität der Kräuselgarne und der Artikel daraus.

Wir waren so kühn, am Anfang die harmlose Frage nach dem Warum zu stellen - lassen Sie mich versuchen, auch für diese Verfahrensschritte eine Antwort zu finden.

Phänomenologisch sind es also 2 Unterschiede, auf die man das günstigere Verhalten von gekräuseltm Nylon 6,6 bei der Weiterverarbeitung zurückführen kann. Einmal die größere Steifigkeit der amorphen Bereiche und damit verbunden der geringere Restschumpf.

Vorhin haben wir die Veränderung des Faserfeinbaues diskutiert, indem wir glattes Nylon-6-Garn mit dem getemper- ten und gekräuselten Garn verglichen. Wir wollen nun die morphologische Natur der Kräuselung und ihre Veränderung bei der Weiterverarbeitung betrachten, was uns eine theoretische Deutung der textilen Qualitätsänderungen liefern wird.

Sowohl glattes als auch gekräuseltm Nylon 6 zeigt nach dem Dämpfen ohne Spannung eine höhere Dehnung (Abb. 11). Dämpft man unter Spannung, so wächst durch Steigerung der Orientierung die Festigkeit. Da die Dehnung beim Nylon 6,6 nicht in diesem Maße zunimmt, muß also der Zuwachs bei Nylon 6 auf Kosten von Reservoiren erfolgen, die hier leichter gelockert werden. Es liegt nahe, diese Unterschiede den amorphen Bereichen zuzuschreiben. Daß auch die Kristallitstruktur bei Nylon 6, besonders ihrer Menge nach, viel leichter zu bilden und aufzulösen ist, zeigt der Verlauf von K (Kristallitmenge) für die beiden Polyamide. Der mit den Strukturveränderungen einhergehende relativ hohe Restschumpf schränkt in der Praxis die Stückfärbung einer Rohwirkware ein, falls man auf eine hohe Elastizität Wert legt.

Trotz zunehmender Kristallitmenge im Vergleich zu Nylon 6,6 ist der Zuwachs der Dichte beim Dämpfen relativ niedrig.

Kann man aber nun eigentlich sagen, was bei diesen rasch ablaufenden Vorgängen wirklich passiert und wie die Dynamik des Strukturwandels verkettet ist - sozusagen als Zeitlupe?

Ich möchte sagen: ja.

Schauen wir uns einmal die morphologischen Änderungen

Der Fixiervorgang sucht den Kompromiß, die Ware, aber nicht die Kräuselung zu glätten. Außerdem muß zur Form-

an, die sich bei einer spannungslosen Hitzebehandlung von gekräuselten Nylon 6-Garnen abspielen. Wir finden, daß es sich beim Tempern um gleichzeitigen Abbau und Aufbau von Strukturen handelt, wie aus dem nächsten Bild (Abb.12) hervorgeht.

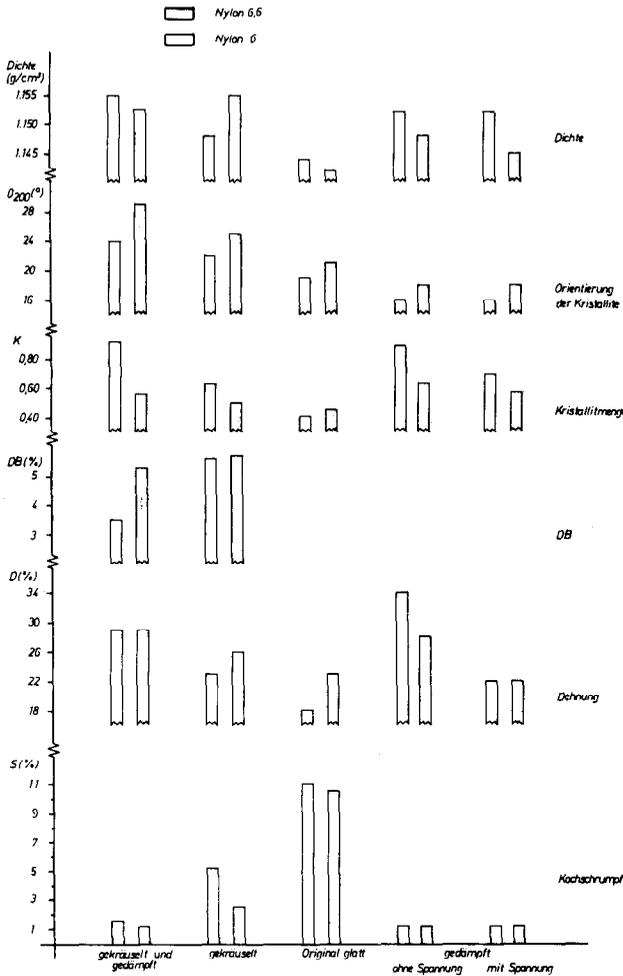


Abb. 11: Einfluß des Dämpfens auf Nylon 6 und Nylon 6,6

Zeitlich kann man willkürlich 3 Phasen unterscheiden:

In der 1. Phase bis zu 5 Minuten werden die für die Steifheit der Kräuselung primär maßgebenden Bezirke unmittelbar getroffen. Sie haben ihren Sitz in den Gebieten, die den Schrumpf bestimmen, denn Steifheit und Schrumpf bleiben von da an nahezu konstant. Das Kristallwachstum wird begünstigt. Der Orientierungsgrad der kristallinen Bereiche nimmt zunächst ab, weil durch den Drallprozeß aufgeprägte und durch die rasche Abkühlung unterbrochene Desorientierung durch den Hitzeschock wieder ausgelöst wird.

In der Zeitspanne von 5 - 30 Minuten geht die Kristallisation weiter, während die kristalline Orientierung wieder den Ursprungswert erreicht.

Beim Erhitzen über 30 Minuten hinaus verlangsamt sich der Aufbau neuer Kristallstrukturen.

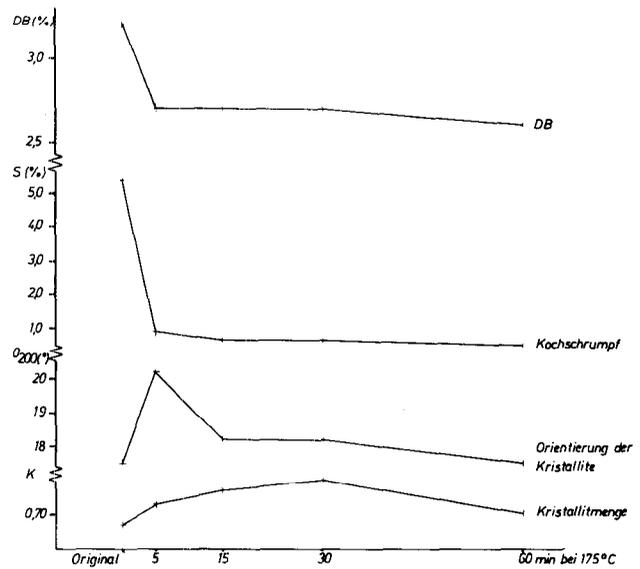


Abb. 12: Einfluß der Temperung auf gekräuselte Nylon 6-Fäden - Zeitfunktion -

Nun erschrecken Sie nicht zu sehr über die Zeiten. In unserer Versuchsanordnung wurde die Wärme über ein schlecht leitendes Medium sozusagen homöopathisch dosiert, aber man darf nicht übersehen, daß Umstrukturierungen in festen Medien nun eben mehr Zeit brauchen als Ionenreaktionen.

Interessante Aufschlüsse geben nicht nur die zeitlichen Eigenschaftsänderungen beim Tempern, sondern auch dieselben als Funktion der Temperatur, die auf das gekräuselte Garn einwirkt (Abb. 13).

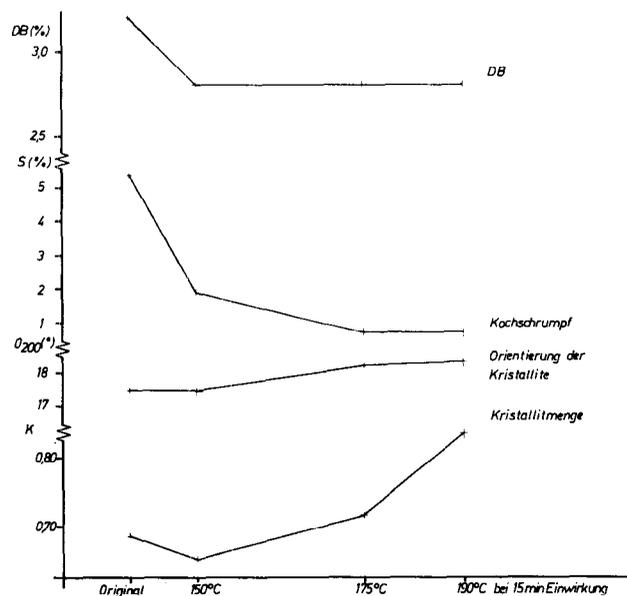


Abb. 13: Einfluß der Temperung auf gekräuselte Nylon 6-Fäden - Temperaturfunktion -

Bei dieser Temperaturabhängigkeit der Effekte – wir haben 15 Minuten getempert – wollen wir wieder 3 Phasen unterscheiden:

- Bei **150°C** brechen temperaturanfällige Strukturen als Sitz der Schrumpf- und Kräuseleigenschaften zusammen verbunden mit einer geringfügigen Abnahme der Kristallinität. Dies beweist **ebenfalls**, daß die Kräuselsteifheit ihren Sitz in den leicht zerstörbaren Ordnungszuständen hat.
- Im Temperaturbereich **von 150-175°C** dominieren die Desorientierung und das Kristallwachstum. Trotzdem bleibt der DB-Wert unverändert.
- Zwischen **175-190°C** wächst die **Kristallinität** auf Kosten der aufgelösten alten Strukturen. innere Spannungen wirken einer weitgehenden Desorientierung entgegen.

Mancher wird hier fragen:

Wozu ist das **nun** alles gut? Kann ich den Qualitätsverfall in praxi hemmen? Wir müssen antworten: Kaum – denn diese Vorgänge laufen immer ab, mehr oder weniger stark.

Zusammenfassend können wir **sagen**, daß auch beim Tempern die Steifheit der Kräuselung leidet. Jedoch bietet die Temperung von gekräuseltem Nylon **6** keinen Schutz gegen die späteren Einflüsse des Färbvorgangs. Die erhoffte **Strukturstabilisierung** findet nicht statt, sondern eher eine Zerstörung kräuselungsbestimmender **Zentren**, die nicht wieder zu beheben ist.

Aber ein Trost zeichnet sich ab in der Erkenntnis, daß wir gleichzeitig auf dem Wege sind, die Ursachen ungleicher Anfärbung aufzuspüren, die **uns** empirisch bekannt, aber durch ihre Launenhaftigkeit doch nach wie vor unheimlich sind.

Durch das Auf und Ab der Strukturen beim Kräuseln, Dämpfen, Tempern und Fixieren erklären sich **denn** auch die Schwierigkeiten beim Färben **von** Kräuselgarnen. Dabei machen die beweglicheren und festeren Anteile des Amorphen die **größten** Veränderungen durch. Genau diese Bereiche aber nehmen im Laufe des Färbeprozesses den Farbstoff auf. Damit identifizieren sich die farbstoffaufnehmenden mit den kräuselwichtigen Zentren – eine Erkenntnis, die wohl schon anzuschauen ist, aber dennoch den **Praktikern** die Zahl der Färbesorgen vorab nicht wesentlich mindern wird.

Die Temperaturen vor dem Färben und die Spannungen, denen das Material als **Garn** oder als Fertigprodukt ausgesetzt war, bestimmen die Farbtiefe.

Umgekehrt **lassen** sich – wie Sie wissen – mit geeigneten Farbstoffen Temperatur- und Spannungsunterschiede **gut** nachweisen.

Unser Bild (Abb. 14) zeigt nochmals, **was** herauskommt, wenn **man** diese getemperten und **strukturell wie** phänomenologisch weitgehend beschriebenen Proben mit einem strukturmarkierenden Farbstoff färbt: Die Farbtiefe verändert sich in erster Näherung mit dem Kristallinitätszustand. Hier konnten wir den indirekten Nachweis zur **Bedeutung** nichtkristalliner Bereiche für Kräuselung und Färbung **beschließen** – aber **das** macht man ungern.

Erst in letzter Zeit waren wir in der **Lage**, diese damaligen Erkenntnisgrenzen freier **zu überschreiten**, indem wir mit

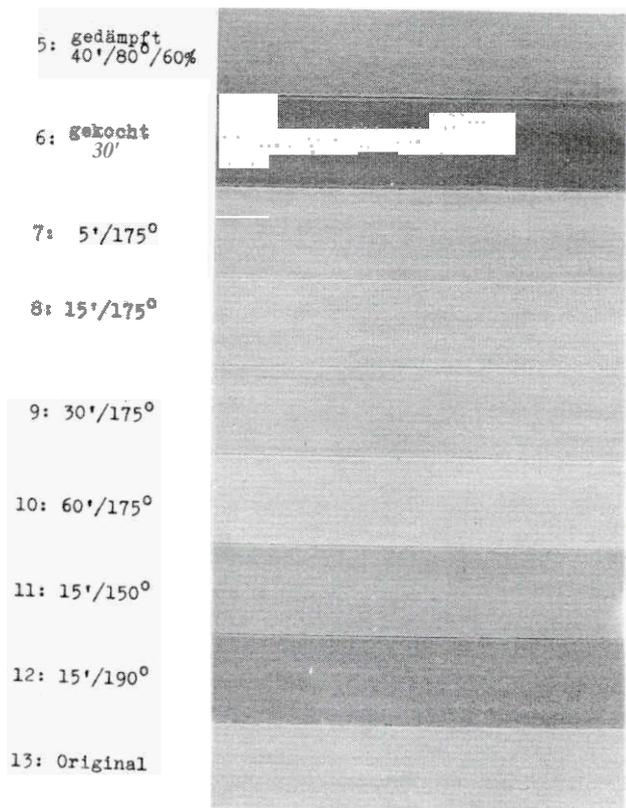


Abb. 14: Ergebnis der Färbung dieser Proben mit einem strukturmarkierenden Farbstoff

Messungen der kernmagnetischen **Resonanz** **uns** tatsächlich an die nichtkristallinen Teile direkt wenden konnten. Es handelt sich hierbei **um** noch nicht veroffendlichte Untersuchungen von Herrn Dr. Bergmann und Mitarbeitern in unserem Hauptlabor. **Die** Abbildung 15 zeigt ihnen, was wirklich los ist, und unsere aus den bisherigen Experimenten gezogenen Schlüsse und aufgestiegenen Ahnungen finden sich bestätigt.

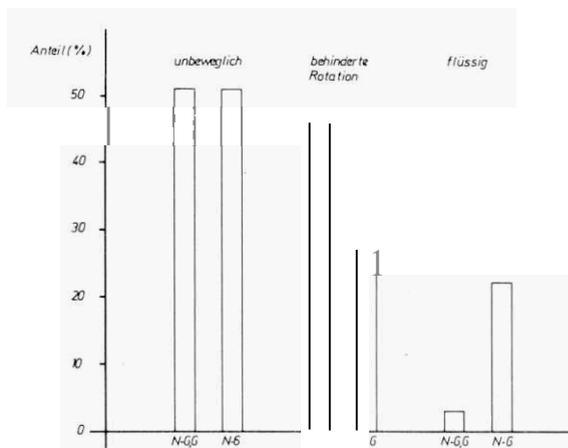


Abb. 15: NMR-Anteile an gekräuseltem Nylon 6,6 und Nylon 6

Der bewegliche („flüssige“) Anteil ist tatsächlich beim Nylon 6 größer als beim Nylon 6,6, während die unbeweglichen Anteile der beiden Materialien gleich groß sind – eine Erkenntnis, die über die bloße Verschiedenheit der Glastemperaturen von Nylon 6 und 6,6 hinausgeht.

Wir können – und damit komme ich zum Schluß – an vielem drehen, aber daran nicht, das ist nun einmal unsere Grenze. Und daß Sie mir bis an diese gefolgt sind – dafür danke ich Ihnen.

## Diskussion

**Albrecht:** Vielen Dank, Herr Dr. Martin, Sie haben ein schwieriges Thema aufgegriffen, das aber grundsätzlich alle interessiert, gleich, wo sie stehen. Es ist nur bedauerlich, daß Sie zu dem Schluß kamen, daß uns da doch noch Grenzen gezogen sind, obwohl es manchmal im Verlauf Ihres Vortrags schien, als wären Sie in der Lage, diese Grenze nahezu zu überspringen.

**Gilch:** Ich nehme an, daß Sie bei Ihren Untersuchungen an Polyamid 66 und Polyamid 6 von hydrolytisch polymerisiertem Caprolactam ausgegangen sind. Wenn Sie von anionisch polymerisiertem Caprolactam ausgehen, liegen da die Verhältnisse gleich? Man müßte ja annehmen, daß da das Polyamid 6 dem Polyamid 66 ähnlich wird, das heißt, das habe ich vor Ihrem Vortrag angenommen. Nun müßte man ja eigentlich sagen, daß höhere Kristallinität und unterschiedliche Molekulargewichtsverteilung dann auch die anderen Parameter beeinflussen müßten. Haben Sie irgendwelche Untersuchungen in dieser Richtung angestellt?

**Martin:** Nein, wir haben nur hydrolytisch polymerisiertes Lactam untersucht. Wenn Sie an das alkalisch polymerisierte denken, dann kommen Sie natürlich bei den Viskositäten in ganz andere Größenordnungen. Der Einfluß der Viskosität liegt ja darin, daß sie beim Abkühlen die Ordnungsgeschwindigkeit heruntersetzt. Sie haben gesehen, wir sind hier mit den Viskositäten schon ziemlich hoch gegangen, 3,75 ist eine ansehnliche Viskosität, und diese Verhältnisse werden Sie nicht überspielen können. Letzten Endes sind es rein kinetische Vorgänge, die hier in einem festen Medium ablaufen. Wir haben keine Experimente gemacht – aber soweit ich es sehe, wird man auch auf dem Weg der alkalischen Schnellpolymerisation mit hohen Viskositäten diese Klippe nicht umspielen können.

**Gilch:** Sie glauben nicht, daß die höhere Kristallinität, die Sie beim anionisch polymerisierten Caprolactam bekommen, soviel ausmachen wird?

**Martin:** Wir müssen unterscheiden, wenn wir zwei Polymerisationsverfahren diskutieren. Zuerst einmal hören wir praktisch beim Schnitzel auf oder zwischen drin, dann bekommen wir einen Faden – in beiden Fällen – und dann einen verstreckten Faden. Dieser verstreckte Faden hat die von der Verstreckung aufgeprägte Struktur oder einen bestimmten Gehalt an kristallisierter Substanz. Wenn Sie ihn dann verformen, dann wenden Sie sich wiederum an die Bereiche, die Sie noch verformen können, die in beiden Fällen – von den Streckbedingungen her gesehen – unterschiedlich sein können.

Wenn Sie dann dazu übergehen, erstens einmal diesen Faden zu verformen – rein mechanisch durch eine Kraft –, dann setzt natürlich ein zäheres Material einer Verformung mehr Widerstand entgegen, das heißt, Ihre Drallgabe selbst wird problematisch.

Und zweitens, wenn Sie hinterher diese Struktur, die Sie hereindrehen, praktisch einfrieren, dann können Sie die Ordnungsgeschwindigkeit in diesem zäh-viskosen Medium natürlich nicht so hoch annehmen wie in dem niederviskosen Medium.

Wir erklären jedenfalls auf diese Art das unterschiedliche Verhalten bei der Viskositäten. Von seiten des Herstellungsverfahrens für die beiden Polyamide – das ist meine persönliche Meinung – erwarte ich eigentlich keine Unterschiede.

**Gilch:** Auch nicht, wenn Sie direkt vom Polymerisat, ohne über den festen Zustand zu gehen, direkt zur Faser kommen?

**Martin:** Nun, Sie lösen auch einen großen Teil der Strukturen, selbst wenn Sie nicht über die feste Phase gehen. Denn, was Ihren Schritt bestimmt, ist die Verstreckung. Sie müssen ja praktisch von einer monoklinen oder von einer hexagonalen Form zu einer  $\alpha$ -Struktur, zu einer monoklinen Form kommen, und das tun Sie durch das Verstrecken. Das ist an sich der wesentliche qualitätsbestimmende Schritt in diesem Falle. Die Molekulargewichtsverteilung – jedenfalls für die hydrolytischen Polymerisate – ist ja nahezu gleich oder spielt keine Rolle.

Das andere kann ich Ihnen nicht beantworten, ich habe mit alkalisch polymerisiertem Lactam keine Versuche gemacht.

**Gilch:** Sie haben erwähnt, daß Kristallisationsanreger bei der Texturierung förderlich wirken. Haben Sie auch mit Plastifizierungsmitteln Versuche gemacht? Ich denke hier an Sulfonamide oder ähnliches.

**Martin:** Nein, das haben wir nicht gemacht. Es ist aber anzunehmen, daß Sie beim Plastifizieren natürlich wieder Beweglichkeiten in Bereiche tragen, an deren Stabilität Sie gerade interessiert sind.

**Gilch:** Ja, wenn es nicht ausgeschwitzt wird.

**Stöhr:** Sie sind ja sehr intensiv auf den Unterschied zwischen Polyamid 6 und Polyamid 66 eingegangen, den ich mehr oder weniger nur angedeutet habe. Ich glaube, man muß zwei Dinge unterscheiden: Das eine ist das, was wir an den Garnen objektiv und sachlich feststellen, und das zweite ist, was der Markt für den Endartikel, vom Verbraucher her gesehen, honoriert.

Wir haben ja gelernt, daß beispielsweise die gute Stellung von Polyester, texturiert, gar nicht so sehr auf hervorragenden Texturierungseigenschaften beruht, sondern auf anderen Dingen. Der unterschiedliche Einsatz von Polyamid 6 und von Polyamid 66 für Strumpfhosen ist natürlich durch die verschiedenen Garneigenschaften, vorzugsweise im elastischen Bereich, gegeben. Man würde also sagen, Polyamid 66 ist hier besser. Es ist nur die Frage, ob die Dame, die die Strumpfhose nachher trägt, diesen Unterschied überhaupt registriert, beispielsweise, wenn die Strumpfhose schon kaputt ist, bevor die Ermüdungserscheinungen von Polyamid 6 überhaupt zutage treten.

Ich meine also, daß trotz aller Differenzen, die wir an den Garnen feststellen, die Existenzberechtigung von Polyamid 6 wie von Polyamid 66 in vielen Einsatzgebieten schon von vornherein gegeben ist. Nun haben Sie eine Kurve gezeigt, wo also das Polyamid 6 dem Polyamid 66 angeglichen war. Die Kurven haben sich ziemlich genau gedeckt. Sie haben dann zum Schluß gesagt, daß die Natur uns doch gewisse Grenzen setzt. Heißt das, daß – wenn Sie dieselben Dinge, die Sie bei Polyamid 6 gemacht haben, beispielsweise höhere Einzeltiter, höhere Viskosität etc., auf Polyamid 66 übertragen – daß ebendieselbe Differenz doch wieder da ist?

Die zweite und letzte Frage: Können Sie auf Grund Ihrer Untersuchungen ganz konkret eine optimale Dehnung für das glatte Grund- und Ausgangsmaterial für die Texturierung angeben? Oder würden Sie sagen, die Dehnung im verstreckten Garn in dem üblichen Bereich, wo sie schwanken kann, hat keinen Einfluß auf die Texturierungseigenschaften?

**Martin:** Soweit ich gehört habe, waren es drei Fragen, die Sie gestellt haben, oder drei Beiträge. Der eine – da gebe ich Ihnen vollkommen recht –, es ist auch unsere Erfahrung, daß man eigentlich bei der Beurteilung von Polyamid 6 bzw. von Polyamid 66 zu streng wird. Ich möchte nicht in den Verdacht geraten – Sie sicher auch nicht –, irgendeine Polyamid 6-Propaganda zu treiben. Aber es sieht so aus, als ob der Verbraucher, der letzten Endes die Fertigware vorgelegt bekommt, die Unterschiede gar nicht mehr feststellen kann.

Wir haben beispielsweise Polyamid 66 verstrickt, wir haben dann Garne mit Zusätzen verstrickt, wir haben unterschiedlich gedehnte Fäden verwendet und dies alles in Strumpfform einer Vielzahl von Leuten vorgelegt und haben sie beurteilen lassen. Die Verteilungskurve, die wir daraus erhielten, war in keiner Weise so, daß man sich dann unbedingt auf das Polyamid 66 gestürzt hätte, was es eigentlich nach den unterschwelligsten Meinungen zu erwarten gewesen wäre. Das ist also das eine.

Das zweite sind die Kraft-Dehnungskurven, die Sie da gesehen haben, und die Grenzen, die uns dabei gezogen sind. Nun, ich wollte klarstellen, daß wir eigentlich die Maßnahmen, durch die wir das elastische Verhalten beeinflussen können, in solche teilen können, durch die es möglich ist, das Rohgarn von Polyamid 6 dem von Polyamid 66 weitgehend anzugleichen. Wenn es hinterher noch entsprechend behandelt wird, dann kann man auch Artikel aus Polyamid 6 und Polyamid 66 herstellen, die nicht zu unterscheiden sind. Ich bin selbst in Verlegenheit geraten, bei Bekannten, die mir ein Paar Socken zur Bestimmung vorlegten. Es gibt hier tatsächlich nur den einen Trick, daß man beide Arten übereinanderlegt und auseinanderzieht und dann sieht, welcher Strumpf ein bißchen langsamer zurückgeht und welcher sich rascher erholt, was in der Praxis allerdings wenig Bedeutung hat. Man kann tatsächlich mit den Mitteln, die uns zur Verfügung stehen, eine Verbesserung der elastischen Eigenschaften von Polyamid 6 so weit erreichen, daß man dem Polyamid 66 nahekommt.

Wo man natürlich nicht weiter kann, das sind die Kompromisse, die man machen muß, ist dort, wo uns die Textur des Materials Grenzen zieht. Das sind eben die Fixiervorgänge. Das ist besonders in dem Moment auch der Fall, wenn Sie ökonomische Gesichtspunkte in Betracht ziehen müssen, oder wenn Sie von langen Verweilzeiten sprechen. Wenn Sie auf lange Verweilzeiten angewiesen sind, dann sagt der Produktionsmann sofort: „Ja, dann sinkt ja meine Produktion um soundsoviel herunter!“ - Das sind die Dinge, die mehr oder weniger unüberspringbar sind, die man aber eben von Fall zu Fall unterscheiden muß. Es unterscheiden sich auch die Preise der Rohmaterialien.

Und die dritte Frage - nach der optimalen Dehnung von Polyamid 6 und von Polyamid 66 für Texturiereigenschaften.

Man kann da keine Zahl geben, Sie wissen aber, es hat vor Jahren eine Entwicklung gegeben, da hat ein führender Chemiefaserhersteller ein besonderes Garn für das Texturieren entwickelt. Das Garn unterscheidet sich von anderen Garnen durch eine höhere Bruchdehnung. Es gibt auch einen anderen Chemiefaserhersteller, der hochviskoses Material für die Polyamid 6-Kräuselgarnproduktion angeboten hat. Auf alle Fälle mußte man beim konventionellen Texturieren so weit strecken - dies sehen Sie aus der Kurve Streckverhältnis gegen Elastizitätseigenschaften -, daß der Anteil, der verformt werden kann, bei der Texturierung erfaßt wird. Wenn Sie gar keinen Verzug haben, dann bleibt Ihnen ja immer noch ein Teil amorph oder nichtkristallin, und dieser nichtkristalline Anteil macht natürlich das Garn lap-pig.

Deswegen sprechen wir nach unseren Untersuchungen von einem Bruchdehnungsbereich von etwa 60 Prozent für den Titer 70 Denier. Das sieht natürlich in einem großen Betrieb anders aus, denn wenn Sie das Garn strecken, dann können Sie damit eine Menge Fehler oder Ungleichmäßigkeiten, die von vornherein hineingetragen wurden, beispielsweise beim Spinnen, aus dem Rohmaterial, aus der Befuchtung etc., ausgleichen. Wenn Sie aber das Streckverhältnis senken, dann müssen Sie eine ganz saubere Technologie fahren und einen einwandfreien Prozeß dahintergeschaltet haben, der Ihnen das erlaubt. Wie gesagt, es lag bei uns bei einem Verhältnis von 1:3 und einer Bruchdehnung von 60 Prozent.

**Miltenberger:** Sie erwähnten vorhin das Färben des Garnes vor dem Texturieren. Könnten Sie die drei Verfahren - wenn man ein Garn zunächst färbt, dann ein ungefärbtes und schließlich ein spinngefärbtes Garn (d.h. also eines mit Einlagerungen von Farbstoffpigmenten) texturiert - gegeneinanderstellen? Und wie könnte man versuchen, diese in ihrem elastischen Verhalten einander anzunähern?

**Martin:** Die Reihenfolge ist sicher so: Am schlechtesten ist sicher das Garn, das Sie vorher naßfärben - die Gründe habe ich erläutert. Besser wird schon das normale Garn, das wie üblich nach dem Texturieren gefärbt wird, abschneiden. Für die weitere Reihenfolge kommt es sehr auf das Pigment an, das Sie verwenden. Hier werden von Pigment zu Pigment Unterschiede sein. Sie bekommen häufig durch einen Pigmentzusatz einen Effekt, ähnlich dem, den ich beschrieben habe, und daher für ein pigmentgefärbtes Garn eine bessere Texturiereigenschaft.

Aber man darf das nicht verallgemeinern. Selbst innerhalb einer Pigmentreihe gibt es Inhomogenitäten. Wenn Sie also besonderes Glück haben, dann ist die Reihenfolge: naßgefärbtes und pigmentgefärbtes Garn. Unter normalen Umständen ist das pigmentgefärbte gleich oder schlechter dem ungefärbten, jedenfalls ist es dabei nicht immer das Spitzengarn.

**Albrecht:** Herr Dr. Martin, darf ich hier noch eine Frage an das Beispiel der vorgefärbten Garne anschließen? Vorgefärbt kann ja alles mögliche sein, es kann zum Beispiel auch die Präparation als Vorfärbung betrachtet werden, besonders dann, wenn lange und ungleichmäßige Lagerzeiten in Frage kommen. Können Sie sich vorstellen, daß also die Präparation selber, in Verbindung mit der Lagerzeit, diesen von Ihnen als unangenehm bezeichneten Einfluß der Vorfärbung auch auslösen kann?

**Martin:** Nun, sie wird es sicher nicht in diesem großen Maße tun können. Wenn Sie einen Faden wirklich durchkristallisieren wollen, oder wenn Sie ihn praktisch so weit kristallisieren wollen, daß ein merklicher Einfluß da ist, dann muß man ihn schon ins Wasser stecken, und zwar ins warme Wasser. Diese Gegebenheiten sind bei der Präparation nicht zwingend, sie können natürlich, je nachdem, wie die Präparation zusammengesetzt ist, auch einen Einfluß auf die Beweglichkeit nehmen; die ganze Temperatur folgt ja schließlich einer Verteilungskurve, und Sie bekommen immerhin einen proportionalen Anteil, den Sie umwandeln.

**Köb:** Wir haben die Erfahrung gemacht, daß die Urteile über Polyamid 6 und über Polyamid 66 einfach so entstanden, daß Leute mit Polyamid 66-Erfahrung das Polyamid 6 auf die Maschine gesteckt haben und nun erwartet haben, daß der ganze Prozeß genau gleich abläuft - und dann gab es etwas anderes. Wenn man dagegen - wie Sie ausgeführt haben - versucht, dem Polyamid 6 zu entsprechen, dann kann man das, was unter normalen Bedingungen mit Polyamid 66 gemacht wird, doch weitgehend auch erreichen.

Meine Frage geht nun an die Herren von der Firma Heberlein, die ja mit diesem Problem vom Verarbeiter her bekannt sind. Darf ich vielleicht fragen, können sich die Herren dazu äußern - selbstverständlich keine Details -, das werden Sie nicht wollen -, geben Sie Richtlinien für die Verarbeitung von Polyamid 6 und von Polyamid 66 in getrennter Form für Texturierung, Ausrüstung etc. heraus? Wie wird das praktisch gehandhabt?

Gibt es grundsätzlich in allen Stufen zwei verschiedene Programme für diese Verarbeitung, oder ist von Ihrer Seite her - und damit auch praktisch vom Texturierer her - die Vorstellung Polyamid ist Polyamid - und wenn es nicht gleich geht, dann ist eines davon das Falsche?

**Albrecht:** Ist jemand von Heberlein im Saal, der dazu Stellung nehmen möchte?

**Wasner:** Ich möchte nur sagen, daß wir in der Lizenzabteilung außer für unsere Lizenznehmer auch Vorschriften herausgeben, die sich auf die verschiedenen Rohmaterialien beziehen, die wir nach unserem Texturierverfahren verarbeiten.

**Köb:** Das heißt also ganz konkret: für Polyamid 6 und für Polyamid 66 getrennte Vorschriften. Oder nur für Polyamid und Polyester?

**Wasner:** Ich würde sagen, daß wir Polyamid 6 und Polyamid 66 sowie Polyester einbeziehen.

**Martin:** Man muß ja das Polyamid 6 anders texturieren als das Polyamid 66. Da gibt es also schon sicher Unterschiede in der Betriebsanleitung, aber es geht ja dann noch über die Weiterverarbeitung, und ich weiß nicht, inwieweit da Richtlinien überhaupt erlassen werden, wenn einmal ein Qualitätsstandard gesetzt ist.

**Stöhr:** Ich darf noch eine Anmerkung machen. Wir in unserem Hause produzieren Polyamid 6 und Polyamid 66. Natürlich gibt es unterschiedliche Vorschriften, die wir für unsere Texturierer für Polyamid 6 und für Polyamid 66 herausgeben. Von den Garneigenschaften her gesehen, da können Sie sich auch bemühen, mit Polyamid 6 an Polyamid 66 heranzukommen. Das gelingt auch, aber wenn Sie dasselbe oder das analoge dann bei Polyamid 66 wieder machen, haben Sie wieder die Differenz. - So muß man also die Sache von den Garneigenschaften her sehen, was natürlich nichts mit dem Endverbraucher zu tun hat.

**Pilgrim:** Es hat jetzt der Produzent gesprochen, - es wurde vom Verbraucher gesprochen, - jetzt muß ich mich schließlich als Texturierer auch einmal melden, denn von seiten der Texturierer ist doch eine ganz klare Stellungnahme da.

Wenn ich zunächst die Schlußfolgerung aus Ihrem Vortrag ziehe, Herr Dr. Martin, so tut es den Polyamid 6-Herstellern vorerst einmal sehr leid, daß sie an diesem riesigen Texturierer-Boom, der auf Polyamid läuft, nicht teilnehmen. Von der Warte des Texturierers aus gesehen, möchte ich sagen: Wir greifen aus den verschiedensten Gründen, die Sie zum Teil dargelegt haben, lieber zu Polyamid 66 als zu Polyamid 6. Beispielsweise war und ist die Regelungstechnik unserer Maschinen nach meiner heutigen Auffassung noch nicht so weit, daß alle Probleme, die bei Polyamid 6 auftreten, hinreichend gelöst sind - es sei denn, Sie können dazu eine entsprechende Antwort geben. Hinzukommt, was uns auch Schwierigkeiten macht, die Präparation von Polyamid 6. Weiters sprachen Sie auch von der Kapillarigkeit - die ist zum Teil auch falsch, und als großer Hintergrund kommt hinzu, daß die Gesamtverarbeitungsindustrie in ihrer Gesamtkonzeption (z.B. hinsichtlich Temperatur und Färbung) auf Polyamid 66 eingestellt ist. Da der Mensch noch dazu konservativ ist, wird also ein Texturierer, der mit Polyamid 6 kommt, gewisse Schwierigkeiten haben. Ich muß aber dem Punkt zustimmen, daß das Endprodukt von den Verbrauchern nicht unterschieden werden kann, wie es die Praxis auch beweist.

Nun die Frage an Sie: Wo liegt die Ursache, oder was haben die Polyamid 6-Leute bisher getan, um die Schwierigkeiten, die bei einem Texturierer im Haus an der Texturiermaschine auftreten, aus dem Weg zu räumen?

**Martin:** Vielen Dank für die Anregung. Es ginge vor allen Dingen darum, daß sich alle Beteiligten Gedanken darüber machen, wie man das am besten tut! Die Maschinenhersteller haben sicher in den letzten Jahren von der Regeltechnik eine Menge dazugelernt. Wir dürfen leider nicht übersehen, daß eben das Polyamid 6 gegen Temperaturschwankungen sicher empfindlicher ist als das Polyamid 66. Hier wird aber sicher ständig ein Fortschritt erzielt.

Zur Kapillarigkeit können wir sagen, daß wir mit einer steigenden Spinn-technologie oder mit einer weiteren Beherrschung und mehr Raffinement in dem, was wir tun können, mit besseren Rohstoffen und gleichmäßigeren Verarbeitungsbedingungen auch den Weg des Polyamid 66 gehen können. Das wesentliche Hindernis ist - meiner Meinung nach - aber noch immer, abgesehen von den ökonomischen Verhältnissen, daß wir es mit einem konservativen Weiterverarbeitermarkt zu tun haben. Man hat auf diesem Weg, den man beim Vergleich der beiden Garne geht, oft gehört: „Ja, wenn wir von vornherein ein ‚6-Land‘ gewesen wären, dann hätte wahrscheinlich das Polyamid 66 gar keine Chancen.“

Nun, das ist eine Philosophie. Es gibt ja Länder, wie Sie wissen, die nur Polyamid 6 verarbeiten, wie beispielsweise Mexiko oder Japan, das erst jetzt mit Polyamid 66 anfängt; Spanien hat beides nebeneinander. Es ist eine Frage der Marktgewöhnung und des Konservatismus, der in dieser Branche herrscht. Und ich glaube, diejenigen, die es angeht, sollten auch darüber einmal nachdenken und sich den Anregungen anschließen, die von seiten der Faserhersteller oder von der Verarbeitung von Polyamid 6 her kommen. Es ist eine Frage, die doch von allen Beteiligten gelöst werden muß.

**Laub:** Ein Teil der Fragen, die ich stellen wollte, ist inzwischen in interessanter Weise erledigt worden. Es ist aber doch eine starke Attraktion für Polyamid 6 insofern vorhanden, als von der Kalkulation her - und zwar vom Rohstoff des Chemiefaserherstellers ausgehend - noch immer zwischen Polyamid 6 und Polyamid 66 eine gewisse deutliche Preisdifferenz besteht, die natürlich zum Großteil in späteren Stufen abgefangen wird oder werden muß. Es wäre daher schon interessant, das Polyamid 6 verarbeiten zu können, ohne sagen zu müssen, daß die Endprodukte mit jenen von Polyamid 66 nicht ganz vergleichbar bzw. nicht ganz gleich gut sind.

Ich wollte daher eigentlich noch einmal eine rogatorische Frage stel-

len, und diesmal gerichtet an den mir möglicherweise unbekanntem textilen Verbraucher von Polyamid 6- und/oder Polyamid 66-Texturiergarnen. Die Frage: Wie steht der Verarbeiter zu den Gesichtspunkten, die hier diskutiert worden sind?

Diese Frage wurde nicht beantwortet.

**Schüssel:** Wenn ich Sie richtig verstanden habe, werden die Verbesserungen von elastischen Eigenschaften bei Polyamid 6 gegenüber Polyamid 66 in der Hauptsache dadurch erwartet, daß die Viskosität bzw. die Bruchdehnung geändert wird. Wir wissen alle in der Texturiererei, daß die Erhöhung der Bruchdehnung erhebliche Eigenschaftsänderungen, erhebliche Mängel beim Texturieren und erhebliche Veränderungen an den Texturiermaschinen insgesamt nach sich zieht. Die Untersuchungen von Herrn Bebler von Heberlein haben ja gezeigt, in welcher Weise sich die Texturiereigenschaften einerseits und die Einstellungsmöglichkeiten andererseits an der FT-Maschine mit zunehmender Dehnung verändern müssen. Zwar ist er vom Polyamid 66 ausgegangen, doch müßten diese Ergebnisse natürlich noch in verstärktem Maße für Polyamid 6 zutreffen.

Das heißt also mit anderen Worten: Kann überhaupt eine Texturiermaschine so eingestellt werden, daß Sie auf der einen Seite ein Garn mit starker Dehnung und hoher Verstreckung verarbeiten können?

**Martin:** Was verstehen Sie unter ‚starker‘ Dehnung? Meinen Sie hohe Dehnung?

**Schüssel:** Hohe Dehnung.

**Martin:** Die beiden Begriffe sind ja gegenläufig!

**Schüssel:** Sie haben hohe Viskosität vorliegen und damit bekommen Sie eine hohe Bruchdehnung.

**Martin:** Das kommt darauf an, wie weit Sie dann das Garn strecken. Sie können ein Garn mit hoher Viskosität weiter ausstrecken - das ist nicht gesagt. Reifenkord hat eine sehr hohe Viskosität und eine Bruchdehnung in der Gegend von 10, 20 Prozent, vielleicht.

**Schüssel:** Sie haben vorhin von 60 Prozent gesprochen.

**Martin:** Ja - gut. Aber die Höhe der Dehnung ist an sich gegeben durch das Verstreckungsverhältnis, hauptsächlich, und nicht durch die Viskosität. Wenn Sie von einer Erhöhung der Dehnung sprechen, dann ist das natürlich nur bis zu dem Grade, wie es die Maschine, die Sie haben, im Moment verträgt. Denn wenn Sie streckttexturieren, dann legen Sie ja tatsächlich das unverstreckte Garn vor.

Bei dem Simultanverfahren, wo Sie in einem Schritt strecken und texturieren, gibt es praktisch den Vorgang, wo Sie beides, das Strecken und das Texturieren, zusammen machen. Wenn Sie es hintereinander machen, dann haben Sie eine Streckmaschine und eine Texturiermaschine zusammengekoppelt, und ich sehe die eigentliche Antwort zu Ihrer Frage so: Erstens einmal stimmt es nicht, daß die Erhöhung der Dehnung das Allheilmittel ist für die Hebung der elastischen Eigenschaften - es ist eines davon. Soweit es die Maschinendaten gestatten, können Sie - was die Voreilung, die Bremsmöglichkeiten oder die Stabilitäten in der Maschine betrifft - nur so weit gehen, wie es die Maschine erlaubt. Ich weiß nicht, von welcher Maschine Sie speziell sprechen.

**Schüssel:** Ganz generell gesprochen. Aber gehen wir einmal von der Heberlein-Maschine aus.

**Martin:** Ja, das ist letzten Endes der Inhalt meiner Aussage insofern, als Sie natürlich dann in Bereiche geraten, wo Sie die Maschinen überfordern, sodaß die Betriebssicherheit leidet. Deshalb können Sie es von der Produktion aus halt nicht machen.

**Schüssel:** Das trifft ja auch für die Verweilzeit, die Sie bei der Wirtschaftlichkeit des Texturierens angeschnitten haben, bei diesen verbesserten Typen des Polyamid 6 in gleicher Weise zu.

**Martin:** Man kann die Temperaturbehandlung verkürzen. Wenn Sie nicht so hoch ausstrecken, brauchen Sie keine so intensive Temperaturbehandlung, und Sie können mit den Temperaturen oder mit den Verweilzeiten heruntergehen. Das ist - wie gesagt - sehr maschinenbeding.

## Struktur und Eigenschaften der Chemiefasern und die Eigenschaften der daraus hergestellten Fertigtextilien

Dipl.Ing. B. Reichstädter und  
Dipl.Ing. O. Pajgrt  
Wollforschungsinstitut Brno/CSSR.

Mit dem großen Aufschwung der synthetischen Fasern und deren Eindringen in die Textilproduktion sind auch verschiedene Probleme im Hinblick auf die Eignung dieser Fasern für Bekleidungszwecke, insbesondere in physiologischer Hinsicht, entstanden. Dies gilt vor allem für Unterwäscheartikel, die mit der Haut in direkten Kontakt kommen. Oft wird dieses Problem auch im Falle der Oberbekleidung diskutiert. Die Ursachen beruhen nicht nur auf der unterschiedlichen Sorption von Wasserdampf, der Isolationsfähigkeit und der Luftdurchlässigkeit von Textilien aus Wolle und Zellulosefasern einerseits und aus synthetischen Fasern andererseits, sondern auch auf einer Reihe anderer Eigenschaften dieser Fasern.

Man muß sich bewußt sein, daß bei der Oberbekleidung aus Textilien mit einem überwiegenden Anteil an Synthefasern die physiologischen oft von ästhetischen und repräsentativen Anforderungen überdeckt werden.

Das Ziel unserer Arbeit ist demzufolge die Bestimmung der theoretischen und - in Zusammenhang damit - der praktischen Möglichkeiten zur Erfüllung der Ansprüche des Verbrauchers hinsichtlich der Repräsentations- und physiologischen Eigenschaften von Bekleidungsartikeln.

Eingehend wurden diese Fragen in genetischer Reihe vor allem bei verschiedenen Typen von Polyesterfasern, insbesondere die Veränderungen von Struktur und Eigenschaften dieser Fasern im Laufe der textilen Verarbeitung, und der Einfluß auf die Qualität der Fertigware, inklusive der persönlichen Empfindungen während des praktischen Tragens, verfolgt. Große Aufmerksamkeit wurde der Laborprüfmethodik zur Bestimmung einzelner Eigenschaften, sowie auch den praktischen Trageversuchen gewidmet.

Die Ergebnisse der Erforschung der Mikro- und Makrostruktur von Polyamid-, Polyester- und Polypropylenfasern haben bewiesen, daß für die Gebrauchseigenschaften der Erzeugnisse aus diesen Fasern vor allem die physikalischen Bindungen zwischen den einzelnen Komponenten im Faserinneren entscheidend sind.

Als sehr schwierig und wenig aussichtsreich wurden die Bemühungen und die Verfahren im Hinblick auf eine Verbesserung der physiologischen und Repräsentationseigenschaften von textilen Erzeugnissen aus Synthefasern durch eine nachträgliche Oberflächenmodifizierung oder einen Pfropfprozeß gewertet. Es zeigte sich, daß eine zweckmäßige Vermischung synthetischer Fasern mit Natur- oder regenerierten Zellulosefasern ein geeigneterer Weg zum Erreichen des gestellten Zieles ist.

Es war auch möglich, einige allgemeine Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen den Eigenschaften der Fasern und den aus ihnen erzeugten Geweben abzuleiten und mathematisch zu formulieren, wodurch die Voraussetzungen für eine zielbewußte Projektierung verschiedener Textilarten geschaffen werden konnten.

Wir nehmen an, daß eine weitere Verbesserung der gewünschten physiologischen und Repräsentationseigenschaften der Bekleidungs-

artikel durch deren Fertigung aus texturierten Mischgarnen unter Anwendung einer Oberflächenausrüstung erzielt werden kann. Demzufolge verfolgen wir intensiv verschiedene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Ausnutzung unterschiedlicher Typen synthetischer Schrumpffasern.

Auf Grund einer Gegenüberstellung von ursprünglichen und resultierenden Eigenschaften dieser allein oder in Mischungen vorliegenden Fasern - im Komplex verschiedener Textilgebilde - mit den veränderten Eigenschaften der fertigen Textilwaren bemühen wir uns, einen Weg zu optimaler Ausnutzung der Synthefasern für Oberbekleidungszwecke zu finden.

The rapid advance of synthetic fibers and the inroads they have made into textile production have entailed various problems concerning the suitability of these products for clothing, especially as viewed from the physiological point of view. While this mainly applies to underwear in view of its direct contact with the skin, the problem has been frequently discussed also in connection with outerwear. The causes are based not only on varying degrees of steam absorption, insulation properties, and air-permeability of textiles of wool or cellulosic fibers on the one hand, and of synthetics on the other, but also on a number of other properties displayed by these fibers.

It should be kept in mind that, in the case of outerwear containing major portions of synthetics, physiological requirements are frequently discriminated against in favor of aesthetic consideration and elegance.

Hence the present study is aimed at determining the theoretical potentials of, and - in connection therewith - the practical approaches towards meeting the consumers' requirements with regard to both the appearance and the physiological properties of apparel.

These problems have been observed in detail in genetic series mainly in connection with various types of polyester. The changes of the fiber-structure and the properties of these fibers during the textile processing, and the influences exerted on the quality of the finished products, including personal wearing comfort during wear testing was investigated. Maximum attention has been devoted to laboratory test methods for determining individual properties, and to wear-tests.

Investigations of the micro-structure and macro-structure of polyamide, polyester and polypropylene fibers have revealed that the wearing properties of textiles made of these fibers are determined mainly by physical links existing between individual components inside the fiber.

Efforts and processes aimed at improving the physiological properties and the appearance of textile products made of synthetics by subsequent surface modification or grafting have been found very difficult and scarcely promising. Adequate blending of synthetics with natural fibers or regenerated cellulose has been found to be a more efficient approach.

It has been possible to derive, and to express by mathematical formulae, some general interrelations and dependences existing between the properties of the fibers and those of the fabrics made thereof, and thus lay the foundations for planning various types of textiles systematically.

We assume that the use of textured blended yarns with applied surface finishes in the production of garments will further improve their physiological properties and appearance. With this in mind we are observing the progress of different research and development programs regarding the utilization of different types of shrinking synthetic fibers.

Comparison between the initial and the resultant properties of these fibers, alone or in blends, and combined within various textile products, on the one hand, and the modified properties of finished tex-

tile goods on the other is used as a basis in trying to find a way of optimum utilization of synthetics in outer-garments.

Eines der interessantesten, gleichzeitig aber auch schwierigsten Probleme der Textilforschung ist das Herstellen von Beziehungen, die zwischen den Eigenschaften der Textilfasern einerseits und den Eigenschaften der aus ihnen erzeugten Textilien andererseits bestehen. Es wurde zwar bereits vieles auf diesem Gebiet der textilen Grundlagenforschung, der sogenannten *Textilographie*<sup>1</sup> geleistet, es wird jedoch noch viel mehr geleistet werden müssen.

Auch unser Forschungsinstitut für Wollindustrie in Brno, CSSR., befaßt sich bereits seit Jahren mit Arbeiten auf diesem Gebiet. Mittelpunkt unseres Interesses waren und sind bis heute die Probleme der Oberbekleidung, für die der überwiegende Teil unserer textilen Erzeugnisse bestimmt ist. Um die oft recht unterschiedlichen Anforderungen der Verbraucher erfüllen zu können, müssen die Waren bestimmte Eigenschaften aufweisen, die heute in ihrem Komplex schon alle mehr oder weniger als selbstverständlich betrachtet werden.

Die Aufgliederung dieser Gesamtheit in einzelne, genau spezifizierbare und definierbare Eigenschaften ist jedoch nicht so einfach, wie es scheint. Besonders dann, wenn wir uns nicht nur mit der qualitativen Bestimmung dieser Eigenschaften begnügen wollen, sondern auch deren Quantifizierung anstreben.

Noch schwieriger ist es, wenn wir geeignete Labormethoden suchen, deren Ergebnisse reproduzierbar und mit dem tatsächlichen Verhalten des Textilprodukts während der praktischen Tragezeit im Einklang sein sollen.

Die maximale Erfüllung dieser Hauptprinzipien ist bei jeder beliebigen Suche nach Beziehungen zwischen den Eigenschaften der Fasern und jenen der fertigen Erzeugnisse die grundsätzliche Voraussetzung. Wir denken da vor allem an die Chemiefasern, wenn auch die Naturfasern (z.B. die Wolle) nicht umgangen werden können.

Bei allen geprüften Chemiefasern versuchen wir, die Beziehungen in der gesamten genetischen Reihe zu verfolgen<sup>2</sup>. Wir gehen dabei vom Makromolekül aus, über die Mikro- und Makrostruktur der Fasern, bis zu deren Eigenschaften<sup>3</sup>, deren Einfluß wir dann im Garn, im eigentlichen Textil und schließlich im fertigen Bekleidungsartikel verfolgen. Es handelt sich also nicht nur um die Hauptbeziehungen zwischen Faser und fertigem Textilprodukt, sondern wir verfolgen auch alle Zwischenformationen, damit wir die erwähnte Problematik in ihrer Gesamtheit erfassen können.

Wir bestimmen hierbei nicht nur die statischen Formen bei den erwähnten Gebilden, sondern bemühen uns auch, die gesamte Dynamik des Prozesses der vielfach recht komplexen Textiltechnologie zu verfolgen. Ich meine damit alle Veränderungen, denen die Fasern während ihrer textilen Verarbeitung unterworfen werden müssen.

Wie bekannt, wird die Faser vor allem physikalischen, insbesondere mechanischen und thermischen Behandlungen ausgesetzt, weiters dem Einfluß von Feuchtigkeit sowie in

kleinerem Maße den Einwirkungen von Chemikalien, was nicht immer umgangen werden kann. Besonders dann nicht, wenn es sich um eine zielbewußte Umsetzung mit der Faser-masse handelt, die beispielsweise mit der Modifizierung ihrer Oberfläche in Zusammenhang steht, sei es durch eine geringfügige Störung der Oberfläche oder durch eine tiefgreifende Pfropfung einer bestimmten Schicht des gewählten Polymeren.

Die ganze Situation wird noch durch den Umstand kompliziert, daß gerade in der Wollindustrie selten reine Chemiefasern verarbeitet werden. Fasermischungen werden sehr oft und in einem so hohen Maße verwendet, daß wir sie aus unserem Modell der Erforschung gegenseitiger Beziehungen nicht ausschließen können. Ganz im Gegenteil, wir haben dieser speziellen Problematik eine außergewöhnliche Aufmerksamkeit gewidmet. Wir haben uns bemüht, wenigstens einige Gesetzmäßigkeiten zu entdecken, denen diese äußerlich sehr einfache, im Grunde jedoch recht komplizierte technologische Operation, die den Textilerzeugnissen oft ganz spezifische Eigenschaften verleiht, unterliegt. Dies gilt sowohl für die Mischung von normalen Chemiefasern untereinander als auch für Mischungen mit Naturfasern<sup>1</sup>.

Komplizierte Verhältnisse liegen in Mischungen vor, in denen Schrumpffasern als eine Komponente verwendet werden. Die auf diese Weise erhaltenen bauschigen Garne oder Textilerzeugnisse besitzen oft ganz spezifische Eigenschaften sowohl in bezug auf die repräsentativen als auch auf die Gebrauchs- und physiologischen Eigenschaften und bilden somit eine ganz neue Kategorie der Textilerzeugnisse<sup>4</sup>.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch betonen, daß der Verbraucher in bezug auf die Oberbekleidung den Repräsentationseigenschaften oft vor den Gebrauchs- und den physiologischen Eigenschaften den Vorzug gibt, was wir im Laufe unserer Forschungsarbeiten häufig feststellen konnten.

Alle erwähnten Arbeiten, die auf den ersten Blick oft sehr unterschiedlich erscheinen mögen, sind auf ein einziges Ziel gerichtet: Sie sollen einen Weg zur tatsächlichen Projektierung von Textilien und Bekleidungsartikeln weisen und somit die gegenwärtige Textilproduktion vom bisherigen Empirismus befreien; sie sollen daraus ein technisches Fachgebiet bilden, das den wesentlich jüngeren Fachgebieten, wie dem Maschinenbauwesen, der Elektrotechnik, der Chemie u.a., gleichgestellt ist.

Voraussetzung dafür ist allerdings die Ausbildung der Textiltheorie zu einer selbständigen wissenschaftlichen Disziplin, selbst wenn sie in ihrer Wesenheit Methoden einer ganzen Reihe von wissenschaftlichen Hauptgebieten konzentriert.

Unsere Arbeiten befassen sich praktisch mit allen Arten von Chemiefasern, wobei wir jedoch Polyester- und Polypropylenfasern die größte Aufmerksamkeit widmen; als Mischungskomponenten verwenden wir Viskose- und Wollfasern.

Wenn wir von Garnen sprechen, meinen wir damit Streich- und Kammgarne mittlerer und höherer Nummern. Als textile Flächengebilde prüften wir vor allem Gewebe, die für

Herren- und Damenoberbekleidung bestimmt waren, obwohl wir uns während der letzten Jahre auch mit gestrickten Erzeugnissen besonders beschäftigten.

Auf dem Veredelungsgebiet untersuchten wir alle gängigen technologischen Operationen, die beim Färben oder Ausrüsten eine Rolle spielen; selbstverständlich inklusive der entsprechenden Farbstoffe, Textilhilfsmittel und Chemikalien.

Ich möchte Sie nun gerne über einige unserer Arbeiten sowie über die erzielten Teilergebnisse informieren. Dabei sollen vor allem die Entstehungsursachen der Hellscheuerung bezogen auf die Struktur der Polyester-(PES) Fasern, deren Veränderungen im Faseraufbau während der textilen Ver-

arbeitung und deren Einfluß auf die Qualität der Gewebe aus 100 %igen PES-Fasern bzw. aus Fasermischungen beleuchtet werden.

Befassen wir uns einmal kurz mit den typischen Gewebarten der Wollindustrie und versuchen wir die Anforderungen an deren Eigenschaften zu spezifizieren sowie eine Begründung im Hinblick auf deren optimale Ausnutzung zu finden.

Wir benutzten zu unseren Zwecken das gegenwärtige Sortiment der meistgewünschten und bewährten Kamm- und Streichgarngewebe, die in der tschechoslowakischen Wollindustrie erzeugt werden. Das Gewebesortiment haben wir in Gruppen aufgliedert, und zwar je nach der verwende-

**Tabelle 1: Spezifizierung jener Artikel, die durch Umfrage als die am besten geeigneten ausgewertet wurden**

GEWEBE AUS KAMMGARNEN						
Damenkleiderstoffe						
Materialzusammensetzung	Gewicht (g/m <sup>2</sup> )	Garnnummer	Spindrehung	Zwirndrehung	Deckungsfaktor	Bindung
100 % Viskosezellwolle (VZ)	100	40/2	700 Z	400 S	58	Leinwand
100 % Viskosezellwolle (VZ)	215	32/2	560 Z	385 S	57,7	Leinwand
40 % Wolle/60 % VZ	210	36/2	430 Z	440 S	58,3	Leinwand
70 % Wolle/30 % VZ	100	40/2	480 Z, S	600 Z, S	55,7	Leinwand
45 % Wolle/55 % Tesil <sup>®</sup>	210	40/2	480 Z	520 S	65,1	Leinwand
100 % Wolle	100	40/2 48/2	520 Z	520 S 600 S	65	Leinwand
70 % Tesil <sup>®</sup> /30 % VZ	100	40/2	480 Z	520 S	61,5	Leinwand
Leichte Herrenanzugstoffe						
100 % Viskosezellwolle (VZ)	245	32/2	430 Z	400 S	62	Leinwand
30 % Wolle/30 % VZ/40 % Tesil <sup>®</sup>	215	40/2	460 Z	770 S 520 S	71,3	Leinwand
70 % Tesil <sup>®</sup> /30 % VZ	215	40/2	480 Z	520 S	64,6	Leinwand
45 % Wolle/55 % Tesil <sup>®</sup>	225	40/2	480 Z	520 S	69,6	Leinwand
100 % Wolle	205	42/2	680 Z 680 Z	800 S 500 S	67	Leinwand
Mittelschwere Herrenanzugstoffe						
100 % Viskosezellwolle (VZ)	330	32/2	430 Z	400 S	67,8	Circas
40 % Wolle/60 % VZ	285	40/2	520 Z	500 S	66,3	Circas
70 % Wolle/30 % VZ	285	40/2	520 Z	500 S	71,5	Circas
45 % Wolle/55 % Tesil <sup>®</sup>	280	40/2	460 Z	520 S	70,6	Circas
100 % Wolle	295	40/2	520 Z	500 S	71,3	Circas
30 % Wolle/30 % VZ/40 % Tesil <sup>®</sup>	285	40/2	460 Z	800 S 520 S	72,8	Circas
Schwere Herrenanzugstoffe						
100 % Viskosezellwolle (VZ)	375	32/2	460 Z	650 S 500 S	60,3	Circas
40 % Wolle/60 % VZ	385	32/2	460 Z	650 S 420 S	72,1	Circas
70 % Wolle/30 % VZ	315	40/2	510 Z	800 S 560 S	73,6	Circas

ten Herstellungstechnologie der Garne (Gewebe aus Kamm- oder aus Streichgarnen) und je nach dem Verwendungszweck (z.B. für Damenkleider- oder Herrenanzugstoffe - leicht oder mittelschwer u.ä.).

Jede Gruppe wurde dann noch weiter je nach der Rohstoffzusammensetzung aufgeteilt. Durch Umfrage haben wir die Produzenten, den Handel sowie den Verbraucher aufgefordert, von jeder Gruppe den besten und den schlechtesten Artikel hinsichtlich Griff, Knitterung, Formbeständigkeit, Dauerhaftigkeit und Preis zu bezeichnen (Tab. 1).

Die in den einzelnen Gruppen als beste Artikel bezeichneten Waren, die zum Teil noch beschrieben werden, haben wir in Laborversuchen geprüft und gleichzeitig durch sorgfältig verfolgte praktische Trageversuche ausgewertet. Für die labormäßige Auswertung haben wir folgende Kriterien gewählt:

Festigkeit,  
Dehnung,  
Knitterung,  
Scheuerfestigkeit,  
Pillingeffekt,

Schrumpfung,  
Zähigkeit,  
Fall und  
Formbeständigkeit\*).

Die praktischen Trageversuche verliefen nach dem kompetitiven System.

In der Reihe von Qualitäten, die nach der vorausgesetzten steigenden Tendenz nacheinander gereiht wurden, haben wir immer die zwei nächststehenden Qualitäten geprüft, und zwar auf die Weise, daß jede der Versuchspersonen zwei Kleidungsstücke erhielt, eines aus der „besseren“ und eines aus der „schlechteren“ Fasermischung. Während der praktischen Trageversuche wurden dann die Knitterung, die Formbeständigkeit, die Dauerhaftigkeit, der Pillingeffekt, die Zeit, nach welcher das Kleidungsstück gebügelt oder chemisch gereinigt werden sollte, weiters der Tragekomfort, die Empfindungen der Versuchsperson usw. geprüft. Durch eine zusammenfassende Auswertung aller Faktoren wurde dann festgestellt, welches der beiden geprüften Kleidungsstücke besser ist.

\*) Siehe Bemerkung 1 im Anhang.

**Tabelle 2: Ein Vergleich der Ergebnisse von Laborversuchen mit denjenigen der praktischen Trageversuche hinsichtlich Knitterung und Formbeständigkeit**

Artikel	Material	Reihenfolge nach dem Aussehen während der praktischen Trageversuche		
		Reihenfolge nach Laborversuchsergebnissen	nach ca. 300 Stunden	nach ca. 1000 Stunden
Damenkleiderstoff aus Kammgarn, Gewichtsgruppe 200 g/m <sup>2</sup>	1) 100 % VZ	5 - 6	7	7
	2) 100 % VZ	5 - 6	6	6
	3) 40/60 Wolle/VZ	7	4 - 5	5
	4) 70/30 Wolle/VZ	4	3	5
	5) 45/55 Wolle/PES	1	1	1
	6) 100 % Wolle	2	2	2
	7) 30/70 VZ/PES	3	4 - 5	3
Herrenanzugstoff aus Kammgarn, Gewichtsgruppe 220 g/m <sup>2</sup>	8) 100 % VZ	5	5	5
	9) 30/30/40 Wolle/VZ/PES	4	2 - 3	3
	10) 30/70 VZ/PES	3	4	4
	11) 45/55 Wolle/PES	1 - 2	1	1
	12) 100 % Wolle	1 - 2	2 - 3	2
Herrenanzugstoff aus Kammgarn, Gewichtsgruppe 260 bis 320 g/m <sup>2</sup>	13) 100 % VZ	6	6	6
	14) 40/60 Wolle/VZ	5	5	5
	15) 70/30 Wolle/VZ	3 - 4	3 - 4	3 - 4
	16) 45/55 Wolle/PES	2	1	1
	17) 100 % Wolle	1	2	2
	18) 30/30/40 Wolle/VZ/PES	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Herrenanzugstoff aus Kammgarn, Gewichtsgruppe 300 bis 370 g/m <sup>2</sup> (Gabardin)	19) 100 % VZ	3	3	3
	20) 40/60 Wolle/VZ	2	1 - 2	2
	21) 70/30 Wolle/VZ	1	1 - 2	1

Ein Vergleich der Ergebnisse der praktischen Trageversuche mit den Ergebnissen der Laborversuche zeigte, daß die grundsätzliche Relation in der Bestimmung der Reihenfolge der einzelnen gewerteten Artikel in allen Gewichtsgruppen ungefähr dieselbe war. Dies betrifft vor allem die Auswertung der Knitterfestigkeit und der Formbeständigkeit, also jener Kriterien, die in bezug auf die Beurteilung der Repräsentationseigenschaften die wichtigsten sind.

In einigen Fällen haben wir jedoch kleine Unterschiede bei einigen Artikeln festgestellt, die durch Umfrage als qualitativ sehr nahe beurteilt wurden. Hier handelte es sich jedoch immer nur um Verwechslungen der direkt hintereinanderfolgenden Artikel in der Reihenfolge (Tab. 2).

Bei allen Geweben wurde eine interessante Erscheinung, die sogenannte „Gewebeermüdung“ beobachtet. Nach einer bestimmten Tragedauer kommt es zu einem verhältnismäßig plötzlichen Absinken der Knitterfestigkeit und zu einer Verschlechterung der Formbeständigkeit, also der zwei wichtigsten Eigenschaften. Diese Ermüdungsercheinungen wirken sich bei Geweben aus 100 % Viskosezellwolle (VZ) am stärksten aus, weniger dagegen bei Mischungen mit einem Anteil an Polyesterfasern und am wenigsten bei Geweben aus 100 % Wolle.

Die Bekleidungsstücke aus 100 % Viskosezellwolle hatten - wenn es auch zu keiner Schädigung durch Scheuerung gekommen ist - nach einer verhältnismäßig kurzen Tragedauer ihr repräsentatives Aussehen verloren und wurden als erste aus der geprüften Reihe ausgeschlossen.

Im Gegensatz dazu behielten die Bekleidungsstücke aus den Mischgeweben Wolle/Polyesterfaser, Wolle/Viskosezellwolle/Polyesterfaser oder Viskosezellwolle/Polyesterfaser sowie jene aus 100 % Wolle ihr gutes Aussehen während der gesamten Tragedauer.

Bei den Gruppen der Herrenanzugstoffe niedriger Gewichtsklassen wurde vorerst eine Scheuerung an den Kanten bemerkt und dann eine Veränderung des Gewebecharakters - der Zähigkeit - durch den Einfluß des praktischen Gebrauchs und der chemischen Reinigung festgestellt.

Bekleidungsstücke der höheren Gewichtsklassen konnten nach der endgültigen Versuchsauswertung weiter verwendet werden.

Auf Grund all dieser Erkenntnisse konnten wir den Gebrauchswert der geprüften Textilien durch eine bestimmte Stundenanzahl charakterisieren. So werden zum Beispiel für mittelschwere Herrenanzugstoffe die Werte in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Auf Grund aller Erkenntnisse, die durch Umfrage, Laborversuche und praktische Trageversuche gesammelt wurden, wurden wichtige Feststellungen gemacht und entsprechende, oft sehr notwendige Maßnahmen direkt während der Produktion vorgeschlagen, die zu einer objektiven Verbesserung der Gewebequalitäten in einzelnen Gruppen führten. Die erwähnten Ergebnisse bildeten jedoch gleichzeitig auch die Grundlage zu weiteren Forschungsarbeiten auf dem Gebiete der strukturellen Veränderungen bei Polyesterfasern,

während der textilen Verarbeitung und deren Einfluß auf die Gewebequalität.

**Tabelle 3: Gebrauchswert leichter und mittelschwerer Herrenanzugstoffe (in Stunden)**

Mischung	Gewebegewicht 200 bis 250 g/m <sup>2</sup>	Gewebegewicht 260 bis 350 g/m <sup>2</sup>
100 % VZ	800	1500
40/60 Wolle/VZ 70/30 Wolle/VZ	1200 - 1500	1700 - 2000
30/30/40 Wolle/VZ/PES 70/30 VZ/PES	1500 - 1800	2500 - 3000
45/55 Wolle/PES 100 % Wolle	1800 und mehr	über 3000

Eine Arbeitsgruppe befaßte sich mit der Klärung des Entstehens der sogenannten „Hellscheuerung“ und den Möglichkeiten zu deren Verhinderung oder wenigstens zu deren maximaler Begrenzung. Diese Erscheinung ist die Ursache einer vorzeitigen Entwertung von Bekleidungsartikeln, die Polyesterfasern enthalten, und trägt somit auch zur wesentlichen Verminderung deren Gebrauchswertes bei, wie aus den praktischen Trageversuchen hervorging<sup>5</sup>.

Unter dem Begriff Hellscheuerung (englisch "frosting") wird die lokale Aufhellung bzw. Vergrauung des Gewebes an den durch Scheuerung exponierten Stellen der Oberbekleidung (z.B. an den Ellbogen von Sakkos oder an den Knie- und Sitzpartien der Hosen) verstanden. Diese Erscheinung wird vor allem auf dunkel oder satt ausgefärbten Textilien beobachtet; bei helleren Farbtönen kommt sie in kleinerem Maße bzw. weniger ausgeprägt zur Auswirkung.

Die Ursache dieser Erscheinung ist die durch Scheuerung bedingte Veränderung eines bestimmten Teiles der textilen Oberfläche. Die mechanisch zerstörte Struktur hat eine Änderung des Farbtons oder eine Veränderung der unter einem bestimmten Winkel auf den beobachteten Gegenstand fallenden Lichtreflexion zur Folge, wobei dieser Winkel die Intensität der Hellscheuerung und deren Deutlichkeit wesentlich beeinflußt. Die angegriffenen Stellen sind zumeist nicht genau begrenzt.

Wenn auch die mechanische Scheuerung als die unmittelbare Ursache des Entstehens der Hellscheuerung anzusehen ist, wird sie meistens erst nach der Reinigung (vor allem nach der Chemischreinigung, jedoch auch nach der Reinigung mit Wasser) beobachtet, nachdem von den angegriffenen Stellen die Schmutzschicht entfernt wurde.

Die Hellscheuerung wird bis zu einem gewissen Grade bei allen Bekleidungsartikeln aus Textilrohstoffen nach einer längeren Tragedauer, also nach erheblicher Abnutzung, beobachtet. Dennoch wurde dieser Erscheinung erst während der letzten Jahre größere Aufmerksamkeit gewidmet, insbesondere im Zusammenhang mit Polyesterfasern, höchst-

wahrscheinlich auf Grund ihres öfteren und intensiveren Vorkommens.

Da uns leider auch ein eingehendes und umfassendes Studium der Fachliteratur keine Hinweise bzw. keine zufriedenstellende Erklärung für diese Erscheinung gebracht hat, mußten wir mit eigenen Arbeiten auf diesem Gebiete beginnen.

In der ersten Phase war es die Analyse einer großen Reihe praktischer Trageversuche von Bekleidungsstücken mit Polyesterfasergehalt und deren Auswertung. Es interessierte uns vor allem die Häufigkeit und das Aussehen der Hellscheuerung, die Stelle sowie die Zeit ihres Entstehens, der Einfluß der eingesetzten Polyesterfasertypen, eventuell auch deren prozentualer Anteil, sowie deren physikalisch-mechanische, physikalisch-chemische und geometrische Eigenschaften.

Wir prüften weiters auch den Einfluß der Struktur des verwendeten Garns bzw. der Gewebekonstruktion sowie den Einfluß der Gewebeoberfläche, des Dessins und des Farbtönen. Wir verfolgten auch die Frage der eingesetzten Farbstoffgruppen, der Färbetechnologie und der verschiedenen Ausrüstungsverfahren. Ebenso war für uns auch die Wahl des Reinigungsmittels, der angewandten Technologie der Chemischreinigung und schließlich auch der individuelle Einfluß der Versuchsperson von Interesse.

Durch Zusammenfassung all dieser Erkenntnisse auf Grund der durchgeführten Auswertungen kamen wir zu dem eindeutigen Schluß, daß für die Widerstandsfähigkeit gegen Grauscheuerung die verwendete Faserart, die durch die innere Struktur der Faser charakterisiert wird, am wichtigsten ist.

Damit wir dieses Problem näher erläutern können, haben wir eine Labormethode für die Prüfung der Widerstandsfähigkeit von Geweben gegenüber der Hellscheuerung ausgearbeitet, und zwar durch entsprechende Rekonstruktion des Scheuerprüfgerätes Typ Hasler. Diese genügend schnelle, anpassungsfähige und verlässliche Methode ermöglichte uns nicht nur die Überprüfung aller Gewebe, aus denen die analysierten Versuchsgegenstände hergestellt waren, sondern sie ermöglichte uns auch die ganze weitere systematische Forschungsarbeit auf diesem Gebiet.

Vor allem ging es um die Klärung der Struktur von Polyesterfasern und deren Beziehung zur Fibrillation, die die Hellscheuerung bedingt. Eine diesbezügliche Analyse zeigte erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Arten der Polyesterfasern. Einige modifizierte Typen weisen gegenüber den klassischen einerseits verminderte Trockenfestigkeit, niedrigeren Schmelzpunkt, höheren Anteil des Heptan-, vor allem aber des Toluolnextraktes, sowie eine wesentlich geringere Grenzviskosität, andererseits eine größere Anzahl an Carboxylendgruppen auf.

Diese Werte weisen auf ein niedrigeres Molekulargewicht dieser Fasern hin, was mit deren Mikrostruktur und demzufolge auch mit der Hellscheuerung in Beziehung steht. Kürzere Molekülketten bedingen auch eine größere Faserprödigkeit auf Grund verschiedener äußerer Einwirkungen und können eine kleinere resultierende Querverbindung ein-

zelner makromolekularer Gebilde untereinander bewirken, was eine in Längsrichtung stattfindende Faserspaltung zur Folge hat - die *Fibrillierung*.

Eine eingehende mikroskopische Untersuchung zeigt die Ursachen des Unterschieds zwischen Wolle und Polyesterfasern:

**Bei der Wolle** entsteht durch Scheuerung eine ähnliche Faserzerstörung, weil die entblößten Rindenzellen nach der Freilegung vereinzelt abfallen, sodaß schließlich nur eine verhältnismäßig kurze Borstenschicht der fibrillierten Wollfasern zurückbleibt.

**Bei den Polyesterfasern** liegt eine ganz andere Situation vor. Auf der durch wiederholtes Biegen oder durch wiederholte Scheuerung zerstörten Faser entstehen zuerst kleine, sich nach und nach vergrößernde Einrisse in Längsrichtung, die sich vor allem durch mechanischen Einfluß vertiefen und erweitern, bis eine ausgedehnte Fibrillierung über den ganzen Faserquerschnitt entsteht und schließlich ein Zerreißen der Fibrillen und eine Isolierung der beiden zerfransten Enden erfolgt. Die Form der Fibrillierung auf dem Faserende ist sehr verschieden und hängt vor allem mit der Makrostruktur der Faser zusammen.

Es ist noch zu bemerken, daß wir einen ähnlichen Verlauf der Faserspaltung sowie dieselben Formen der fibrillierten Enden auf Gegenständen, die praktischen Trageversuchen unterworfen wurden, sowie auch bei den Laborprüfungen der Hellscheuerung festgestellt haben.

Auch die systematische Kontrolle der Stellen mit Hellscheuerung unter der binokularen Lupe ermöglichte eine Übersicht über die charakteristischen Formen der verschiedenen Arten von Hellscheuerung, die photographisch nur mit der Stereoscantechnik erfolgreich erfaßbar sind.

**Bei der Untersuchung des Einflusses der Ausfärbungstechnologie und der Farbstoffauswahl** haben wir eine Reihe der meistverwendeten Farbstoffe, deren Applikation unter Druck oder mit Carriern, sowie die unterschiedliche Intensität der Ausfärbung an spinngefärbten Fasern überprüft. Auch hier wurde der erstrangige Einfluß der Struktur des zur Anwendung gebrachten Fasermaterials bewiesen, während die restlichen Faktoren nicht mehr so eindeutig beurteilt werden konnten, obzwar auch sie einen bestimmten Einfluß ausüben.

**Beim Studium des Einflusses der Fixierung** wurden Temperaturen von 160 bis 240°C verwendet, wobei ein deutlich schädlicher Einfluß erst über 200°C und höher festgestellt wurde. Dabei ist jedoch die Degradationseinwirkung auf die Fasern mit niedrigerem Molekulargewicht erheblich intensiver als bei den normalen Fasern.

**Die Untersuchung der Einwirkung der mehrmals wiederholten chemischen Reinigung** brachte keine Überraschungen, sie bestätigte lediglich - im Gegensatz zu den sonst üblichen Lösungsmitteln - den ungünstigen Einfluß des Trichloräthylens infolge der intensiveren Farbstoffextraktion aus den stärker gespaltenen Fasern.

Es wurde also bestätigt, daß manche Arten von Polyesterfasern mit einer weniger kompakten Makrostruktur eine ver-

hältnismäßig niedrige Widerstandsfähigkeit gegenüber der Grauscheuerung aufweisen, denn sie neigen auf Grund einer mechanischen Scheuerung leichter zur Fibrillierung. Dies ist vor allem von der Größe der Makromoleküle und deren Polydispersität abhängig, denn diese Faktoren beeinflussen nicht nur die Mikrostruktur der Fasern und deren Anordnungsgrad, sondern auch deren Makrostruktur und demzufolge auch die leichtere oder die schwierigere Fibrillierung auf Grund der mechanischen Scheuerung.

Da das Molekulgewicht des Polyäthylenterephthalats in der Faser vor allem von den Bedingungen bei seiner Herstellung abhängig ist, ist für diese Eigenschaft der Polyesterfasern die chemische Industrie voll verantwortlich. Die textiltechnologischen Verarbeitungsprozesse, besonders das Färben und die Fixierung, sind nur unter extremen Bedingungen, die bei normalem Betrieb nicht vorkommen sollten, von ungünstigem Einfluß.

Neben dieser speziellen Problematik haben wir auch alle während der gesamten Textilprozesse erfolgenden Veränderungen der Polyesterstapelfaser und der Tesil<sup>®</sup>-Kabel untersucht<sup>6</sup>, und zwar in rohweißem Zustand oder gefärbt, mit Carrier (Methylsalizylat) und bei erhöhter Temperatur (bei 130°C).

Die Veränderungen der inneren Faserstruktur haben wir vor allem auf Grund der festgestellten mechanischen und besonders der physikalisch-chemischen Werte (Dichte, Phenol/Chloroformlöslichkeit, Doppelbrechung, Jodsorption) beurteilt (siehe Bemerkung 2 im Anhang).

Es wurde bewiesen, daß die mechanischen Prozesse, von denen vor allem der Spinnprozeß von großem Einfluß ist, bei den rohweißen Polyesterstapelfasern ein Absinken der Dichte und eine Erhöhung der ursprünglich niedrigen Löslichkeit bewirken. Das ist ein Beweis für die deutliche Störung der geordneten Faserstruktur, verursacht durch die starke mechanische Beanspruchung, vor allem in der Längsachsenrichtung der Faser.

Durch den Einfluß der thermischen Prozesse während der Veredlung steigt die Dichte wieder schnell an, während die Löslichkeit sinkt. Nach einer Wärmefixierung bei 190°C sind die Fasern nicht mehr auflösbar. Es kommt daher zu einem Ausgleich der inneren Spannungen und zu einer Erhöhung des geordneten Anteils in der Faser.

Bei Untersuchungen der Polyesterstapelfaser Tesil<sup>®</sup>, gefärbt bei 130°C unter Anwendung eines Carriers, wurden ähnliche Beziehungen festgestellt. In beiden Fällen kam es nach der Ausfärbung durch Wärmeeinfluß zu einer Erhöhung der Dichte, also auch zu einer Erhöhung des geordneten Anteils.

Die Veränderungen der Doppelbrechung, auf deren Grund wir die Veränderungen der Orientierung elementarer Strukturgebilde in den Fasern beurteilen, verlaufen bei den bei 130°C gefärbten Stapelfasern anders als bei den mit Carrier gefärbten. Während im ersten Falle nach dem Färben eine kleine Erhöhung der Doppelbrechung verzeichnet wird, wird im zweiten Falle ein schwaches Absinken desselben beobachtet. Im Gegensatz dazu stellten wir in beiden Fällen eine Erhöhung von Löslichkeit und Sorption fest, was bei den in

Gegenwart eines Carriers gefärbten Fasern durch die Anwesenheit seiner nicht vollständig entfernten Reste zu erklären ist.

Erst nach dem **Verspinnen** werden die Beziehungen in beiden Fällen ausgeglichen. Bei Fasern im Garn stellen wir ein Absinken der Dichte und eine Erhöhung der Doppelbrechung, der Sorption sowie der Löslichkeit fest. Diese Erscheinungen können durch die mechanische Störung der Faserstruktur während des Spinnprozesses, welcher Umstand auch zu einer gewissen nachträglichen Verstreckung und Erhöhung des Orientierungsgrades führen kann, erklärt werden.

Durch das Rückdrehen und Überdrehen der Garne während des **Zwirnens** wird durch Beanspruchung der Fasern in Querrichtung die Gesamtorientierung vermindert und der Ordnungsgrad sinkt schwach ab. Durch die Spannung der Garne während des **Spulens**, **Schärens** und **Webens** steigt die Orientierung in den Fasern schwach an, und durch die Einwirkung des **Dämpfens** kommt es höchstwahrscheinlich zu einer schwachen Erhöhung des Ordnungsgrades in der Faser.

Durch Einwirkung der Wärmeprozesse während der **Ausrüstung** ändert sich der Ordnungsgrad bei den beiden gefärbten Fasertypen nicht wesentlich; erst während der **Wärmefixierung** beginnt ein deutlicher Anstieg des geordneten Anteils, und zwar in direkter Abhängigkeit von der Fixiertemperatur (maximal bei 220°C), wobei der Dichteanstieg bei der bei 130°C gefärbten Stapelfaser höher ist als bei der mit Hilfe eines Carriers gefärbten Stapelfaser.

Die strukturellen Veränderungen bei Polyesterfasern aus dem nach dem Schneidverfahren hergestellten Kabel verliefen analog jenen bei Stapelfasern, nur der Einfluß des Spinnprozesses war schwächer.

Die erzielten Ergebnisse haben bewirkt, daß wir gleichzeitig auch die Beziehungen zwischen den strukturellen Veränderungen bei Geweben nach der Ausrüstung untersucht haben.

Bei Geweben aus rohweißen Stapelfasern oder rohweißen Kabeln stellten wir fest, daß der wesentliche Anstieg des Knittererholungswinkels und der Scheuerfestigkeit sowie die Verminderung der Zähigkeit durch einen erheblichen Anstieg der Dichte und ein Absinken der Löslichkeit bedingt ist. Da der Löslichkeitsabfall nicht nur mit dem Anwachsen des geordneten Anteils, sondern auch mit dem Ausgleich der inneren Spannungen in der Faser und der gesamten Anordnung deren Struktur in Zusammenhang steht, müssen wir bei der Verbesserung der qualitativen Werte von Geweben diese beiden Faktoren in Betracht ziehen.

Eine nicht minder große Aufmerksamkeit widmeten wir auch den in den Geweben aus gefärbten Polyesterstapelfasern und Kabeln bestehenden Beziehungen.

Bei Geweben aus Fasern, die mit Hilfe eines Carriers gefärbt wurden, steigt der Knittererholungswinkel bereits beim Waschen als Folge einer Lockerung der Faserdeformation im Garn und im Gewebe an. Die Wärmeprozesse (Krabben, Dekatur) verursachen dann eine Lockerung der Spannungen in der Faser, was eine weitere Verbesserung des Knittererholungswinkels zur Folge hat. Die letzte markante quali-

tative Veränderung wird durch die Fixierung bewirkt. Es kommt zu einer Erhöhung der Dichte und somit auch zu einer solchen des Anteils der geordneten Bereiche in der Faser.

Diese qualitative Veränderung wird nicht nur durch eine weitere Verbesserung des Knittererholungswinkels charakterisiert, sondern auch durch eine erhebliche Verminderung der Zähigkeit, eine Verbesserung des Falls sowie der Scheuerfestigkeit. Gleichzeitig wird ein Absinken der Löslichkeit in Chloroformphenol und der Jodsorption verzeichnet.

Es wurde bewiesen, daß die Gesamtorientierung auf den Knittererholungswinkel ohne Einfluß ist, da dieser sowohl beim Absinken als auch beim Anstieg der Orientierung verbessert wird.

Ähnliche Beziehungen wie bei Geweben aus Stapelfasern, die unter Anwendung eines Carriers gefärbt wurden, haben wir auch bei Geweben aus bei 130°C gefärbten Stapelfasern festgestellt.

Die gesamte systematische Forschung, hier nur kurz für die Polyesterfaser Tesil<sup>®</sup> beschrieben, haben wir auch bei einer ganzen Reihe anderer Polyesterfasern angewandt, um die Gültigkeit der festgestellten Schlußfolgerungen zu bestätigen. Obzwar in einigen Fällen die physikalisch-chemischen Fasereigenschaften etwas unterschiedlich waren, konnte bewiesen werden, daß für den Großteil der normalen Handlertypen die erzielten Erkenntnisse in vollem Umfang gültig sind.

Dies bedeutet, daß diese Erkenntnisse nicht nur für die Klärung und Begründung der zweckmäßigsten textilen Verarbeitungsprozesse angewandt werden können, sie können auch zur Kontrolle der Eigenschaften von Polyesterfasern, zur Voraussage der Eigenschaften der fertigen Textilprodukte auf Grund der eingehenden Kenntnisse über die verwendeten Fasern und schließlich auch zur Identifizierung von Fehlern und verschiedenen Mängeln der Textilerzeugnisse dienen. So wird zum Beispiel in der Literatur oft auf die Uneinheitlichkeit der Ansichten über die Ausrüstung von Geweben mit einem Polyester-Stapelfaseranteil hingewiesen<sup>6</sup>.

Auf Grund obiger Angaben können jedoch keine eindeutigen Schlußfolgerungen gezogen werden. Es ist auch nicht möglich, die Bedeutung der einzelnen Ausrüstungsverfahren, deren Reihenfolge usw., zu bestimmen oder unbedeutende bzw. Duplizitätsoperationen auszuschließen.

Auf Grund der von uns erzielten Untersuchungsergebnisse ist dies jedoch sehr wohl möglich. Als Beweis möchte ich zwei Beispiele anführen:

Das erste Beispiel betrifft die **Kontinualisierung der Ausrüstung**. Das in der Wollindustrie für Gewebe mit einem Anteil an Polyesterstapelfasern verwendete Ausrüstungsverfahren besteht nach Ausschließung von Waschen und Scheren eigentlich nur aus

der Einwirkung von nasser Wärme (Krabben, Naßdekatur),

- der Einwirkung von trockener Wärme (Trocknung, Heißluftfixierung, Pressen, Dekatur) und
- der Einwirkung von Druck auf die Polyester-, Woll- bzw. Zellulosefasern.

Wenn wir nun die Ergebnisse unserer Arbeiten berücksichtigen, müssen wir die theoretische Möglichkeit der Anwendung eines einzigen Wärmeprozesses zulassen, sowie eine entsprechende Verbindung bzw. Anknüpfung der weiteren Arbeitsgänge, wie Entwässerung, Trocknung und Wärmestabilisierung. Unsere Bemühungen führen dahin, diesen Gedanken auch bald in die Praxis umzusetzen.

Das zweite Beispiel betrifft die bisher allgemein anerkannte Forderung, daß die **Fixtemperatur** um 30 bis 40°C höher sein soll als bei den vorangehenden Behandlungen<sup>7</sup>.

Unter der Voraussetzung, daß diese Angaben unbegrenzte Gültigkeit besitzen, wäre es zum Beispiel notwendig, die Garndämpfung sowie alle weiteren Wärmestabilisierungsprozesse bei Temperaturen über 140°C, und die Stabilisierung von Erzeugnissen, die Polyesterfasern enthalten und in HT-Apparaten gefärbt wurden, bei noch weit höheren Temperaturen durchzuführen. Dann wäre aber zum Beispiel der Plissierprozeß, der nur bei einer Temperatur von 130°C erfolgreich durchführbar ist, nicht möglich.

Es wurde jedoch festgestellt, daß beim Dämpfen von Garnen aus bei 130°C gefärbten Stapelfasern ein wesentlicher Ausgleich der inneren Spannungen sowie eine Stabilisierung der Drehungen bereits bei einer Dampftemperatur von 70 oder 100°C oder in kochendem Wasser, insbesondere in Gegenwart von Carriers, erfolgt.

Analog dazu wurde für die Plissierung auf älteren Maschinen die Temperatur von 150°C während 30 Sekunden als am besten geeignet gefunden, und zwar für ein nichtfixiertes ebenso wie für ein bei 190°C fixiertes Material.

Aus den angeführten Beispielen folgt, daß es bei einer wiederholten Wärmebehandlung von Erzeugnissen, die Polyesterfasern enthalten, technologisch nicht immer notwendig ist, höhere Temperaturen als bei dem vorhergehenden Prozeß anzuwenden, besonders dann, wenn die Wärmewirkung von Druck oder Zug begleitet wird, oder wenn es sich um Mischungen mit Wolle handelt.

Es ist gleichfalls möglich, Trocknung und Fixierung zu einem einzigen Arbeitsgang zu verbinden, wobei eine gleichmäßige Stabilisierung, eine hohe Knitterfestigkeit und ein angenehmer Griff erzielt werden.

Unsere im Vortrag beschriebenen Arbeiten, die das Ziel verfolgen, die Beziehungen zwischen der Struktur der Polyesterfasern und den Eigenschaften der aus ihnen erzeugten Textilien zu klären, sind nur ein kleiner Beitrag im Vergleich zu den umfangreichen, in der ganzen Welt auf diesem Gebiet durchgeführten Arbeiten. Dennoch hoffen wir, daß auch unsere Arbeitsergebnisse zur Entdeckung und Klärung der vielen komplizierten Gesetzmäßigkeiten, denen die Herstellung ebenso wie die Eigenschaften der so einfachen Gegenstände unseres täglichen Bedarfs - der Textilien für unsere Bekleidung - unterliegen, beitragen werden.

ANHANG

**Bemerkung 1**

Für die labormäßige Auswertung wurden nachstehende Kriterien gewählt:

- Festigkeit, Dehnung  
ČSN 80 0815 - vergleichbar mit DIN 53 857 - 55
- Knittererholungswinkel (Knitterung)  
ČSN 80 0819 - vergleichbar mit DIN 53 890
- Scheuerfestigkeit - Accelerotor  
vergleichbar mit der Methode der Firma Glanzstoff FTI/W 16
- Pillinggrad
  - a) TPJ 151 - 80 - 61  
vergleichbar mit der Methode der Firma Glanzstoff FTI/W 16
  - b) Accelerotor
- Schrumpfung nach Netzung  
ČSN 80 0825 - vergleichbar mit TGL 0 - 53 892
- Schrumpfung nach dem Bügeln  
ČSN 80 0823 - vergleichbar mit DIN 53 894
- Zähigkeit (Text.Res.J. 6, 435, 1961)
- Fall (Text.Res.J. 8, 539, 1950)
- Formbeständigkeit (Instron)
  - J. Fleissig: Elastičnosť tkanej v radialnom i tangencialnom nãpravenii pri natãžení na šarovuju poverchnost. Věda a výzkum v textil.průmyslu (Wissenschaft und Forschung in der Textilindustrie) IX, 5-29 (1968)

**Bemerkung 2**

DIE DICHTE ist das Maß für die Kristallinität der Polyesterfasern und wird mittels Flotationsmethode in der Perchloräthylen-Xylenmischung bestimmt.

(V. Hochmann: Prispěvek k problematice fixace PES tkanin [Beitrag zur Problematik der Fixierung von PES-Geweben] Textil, 1965, S. 399

DIE LÖSLICHKEIT der Polyesterfasern in der Phenol-Chloroform-Mischung (1 : 4) charakterisiert deren Strukturstörung.

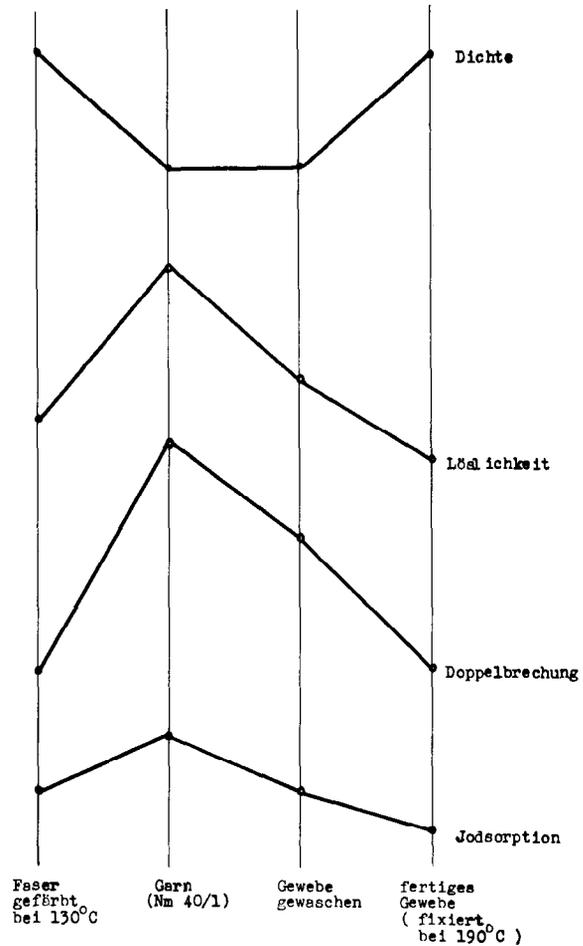
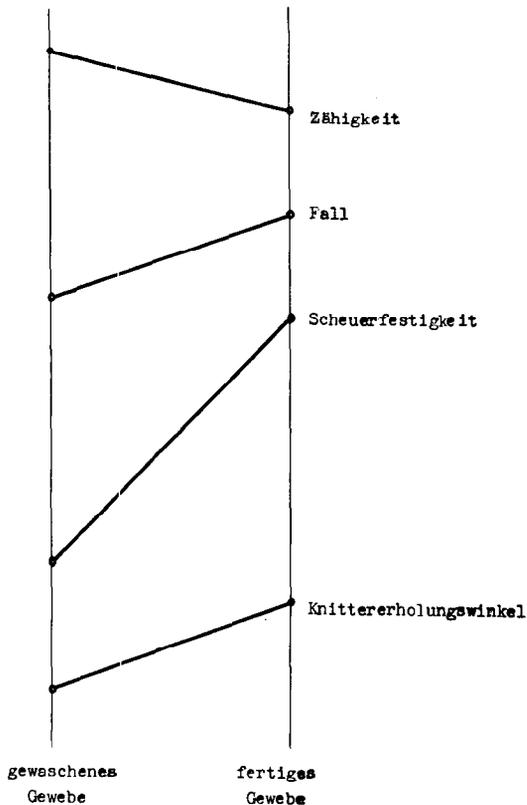
(A. Sládeček: Inf. Übersicht VÚP 2, 23, 1960)

DIE JODSORPTION wird nach Schwertassek bestimmt. Sie wird zur Bestimmung des Fixiergrades von Synthesefasern verwendet.

(K. Schwertassek: Z.ges.Textilind. 11, 918, 1964)

DIE DOPPELBRECHUNG wird nach dem mikroskopischen Interferenzverfahren bestimmt und charakterisiert die Veränderungen der Gesamtorientierung von Polyesterfasern.

(R. Mares: Die Messung der Veränderungen der Doppelbrechung bei Terylen, bewirkt durch die Fixierung; Textil 1961, S. 351)



Tendenz der Veränderungen der Eigenschaften von Polyestergeweben

Tendenz der Veränderungen der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Polyesterfasern

## Literatur:

- 1) J. Čirlić: „Das Projektieren von Mischtextilien mit vorbestimmter Qualität“; Sammelbuch der wissenschaftlichen Arbeiten der Hochschule für Textil- und Maschinenbauwesen in Liberec, S. 157-173, Liberec 1968
- 2) F. Ševčík: „Erwägungen über das Modell der Silonfasern“; Syntetická vlákna (Piller-Trávníček), Verlag SNTL-Praha 1956
- 3) O. Pajgrt und V. Kalousková: „Über Zusammenhänge zwischen den physikalisch-chemischen Bindungen und den Eigenschaften von Polyesterfasern“; Chemiefasern 9, 686-693 (1969)
- 4) O. Malkoci: „Korrelationsberechnungen an Mehrkomponentensystemen bei Fasermischungen für Mischgewebe“; I.II. Betrachtungen an Mischungssystemen mit vier Komponenten; Faserforsch.u.Textiltechnik 16, 359, 527 (1965)
- 5) B. Reichstädter: „Über die Hellscheuerung bei Geweben mit Gehalt an PES-Fasern“; Věda a výzkum v textilním průmyslu, IX, 1970
- 6) O. Pajgrt: „Strukturelle Veränderungen der PES-Stapelfasern während der textilen Verarbeitung und deren Einfluß auf die Gewebequalität“; Textil-Praxis, 1970, im Druck
- 7) V. Lacko; Polyesterová vlákna (Polyesterfasern) 1959, Slov.vyd. techn.literatury

Technische Großhandlung  
und Gummihaus

**KONRAD  
ROSENBAUER KG.**

**LINZ/DONAU**  
SPITTELWIESE 11

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

## Diskussion

**Köb:** Herr Reichstädter, Sie haben uns einen Bumerang zurückgeworfen, von dem wir dachten, er sei so weit geflogen, daß er nicht so schnell wiederkäme, und zwar mit der Hellscheuerung.

Sie haben in Ihren Untersuchungen festgestellt, daß Fasern, die modifiziert waren oder geringes Molekulargewicht aufwiesen, mehr zur Hellscheuerung neigten als andere. Das ist sicherlich richtig - es ist auch richtig, wenn Sie sagen, dafür seien die Chemiefaserhersteller verantwortlich.

Es muß hier aber doch gesagt werden, daß genau das, was Sie feststellten, ja durchaus absichtlich geschah, denn die modifizierten Fasern sind im wesentlichen deshalb modifiziert worden, um das Pillen zu vermeiden. Ein Test, ob die Fasern später pillen würden oder nicht, wird so ausgeführt, daß man die Sprödigkeit durch Scheuerung und Biegung feststellt.

Wenn Sie also an diesen Fasern eine Hellscheuerung feststellen, dann ist dies zwar ein Nebeneffekt, zeigt aber, daß wir auf einem ganz schmalen Grat gehen müssen. Die Empfindlichkeit der Faser muß zwar so weit erhöht werden, daß sich bei Scheuerbeanspruchung keine Pills bilden oder daß Pills abfallen, es darf aber nicht so weit gegangen werden, daß dann dabei ein Auffibrillieren und eine Hellscheuerung eintritt.

Sind diese modifizierten Fasern in Geweben eingesetzt worden, die vielleicht nun speziell zur Hellscheuerung neigen, das heißt, wenn man zum Beispiel ein Kammgarnewebe mit starker Einbindung, das wahrscheinlich von vornherein zum Hellscheuern neigen würde, aus solchen modifizierten Fasern macht, dann ist die Chance, daß dann dieser Effekt auch sichtbar wird, groß.

Der Hellscheuerereffekt wird aber aus Einbindungsgründen nicht in dieser Form auftreten, wenn es sich um Stoffe mit einer weichen Oberfläche handelt. Ich könnte mir sogar vorstellen, daß Fasern in diesen Oberflächen, auch wenn sie vielleicht sonst anscheuern würden, diesen Effekt nicht zeigen. Hatten Sie Unterschiede zwischen Kammgarnen und Streichgarnen bezüglich dieser Erscheinung?

**Reichstädter:** Ja, natürlich. Ich muß dazu nur sagen, daß alle unsere Arbeiten auf die wirtschaftlichen Verhältnisse unseres Landes abgestimmt sind. Textilien, besonders solche für Oberbekleidung, sind viel teurer als hier, und die Anforderungen an ihre Tragedauer sind viel höher. Wir können uns nicht mit einer sehr kurzen Tragedauer begnügen. Ein Herrenanzug muß mindestens 600 Stunden - ohne die repräsentativen Eigenschaften zu verlieren - getragen werden können.

In Stoffen aus Kammgarn haben wir diese Erscheinung viel öfter beobachtet als in Stoffen aus Streichgarn. Es hängt auch von der Dichte der Stoffe, vom Gewicht und von vielen anderen Eigenschaften ab. Alle diese Parameter haben wir gründlich untersucht.

**Köb:** Das würde bedeuten, daß man noch mehr darauf achten müßte, jene Fasern, die speziell gegen Pillbildung entwickelt sind, nur dort einzusetzen, wo dieser Effekt auch benötigt wird, und nicht dort,

wo der Effekt der Hellscheuerung auf Grund der Gewebestruktur von vornherein auftreten wird.

**Reichstädter:** Ja, natürlich, und darum werden diese Fasern besonders in den Streichgarnen eingesetzt.

**Albrecht:** Wir haben hin und wieder auch einmal solche Probleme und dann müssen wir sehr sauberlich zwischen einer „echten“ Hellscheuerung und einer Hellscheuerung, die eigentlich nur dadurch sichtbar wird, daß keine einwandfreie Durchfärbung erzielt worden ist, unterscheiden. Also ein Effekt, der zwar in der Aufsplitterung der Faser liegt, aber bei einer einwandfreien Durchfärbung nicht sichtbar geworden wäre. Wir haben sehr oft beobachtet, daß es vor allem dann zur Hellscheuerung kommt, wenn die Durchfärbung nicht einwandfrei war.

**Reichstädter:** Auch diese Frage haben wir durchgearbeitet, und im Anschluß daran die ganze Technologie des Färbens sowohl unter Druck als auch mit Carriern. Es hat sich aber gezeigt, daß es sich hier meistens um solche Fasern handelte, die sehr gut durchgefärbt waren, und die Hellscheuerung wurde wirklich durch die Fibrillierung der Fasern und nicht durch die schlechte Durchfärbung verursacht.

**Albrecht:** Haben Sie die Abhängigkeit der Dehnung der Fasern in bezug auf die Hellscheuerung untersucht? Also gleiche Lösungsviskosität, jedoch unterschiedliche Dehnung im Bereich 30, 40, 50 % Bruchdehnung? Ist da eine Abhängigkeit festzustellen gewesen?

**Reichstädter:** Bei der kleineren Bruchdehnung war immer die Neigung zur Hellscheuerung größer.

**Thimm:** Ich möchte etwas zu dem Problem der Ausrüstung, das Sie angeschnitten haben, fragen. Sie sagten, daß Sie sich mit der kontinuierlichen Ausrüstung von Polyester-Wolle beschäftigen und daß Sie besonders jetzt zunächst daran denken, den Thermofixiervorgang und die Trocknung zusammenzulegen. Haben Sie Untersuchungen gemacht, was bei der Zusammenlegung von Trocknung und Thermofixierung mit der Wolle passiert? Sicherlich hat das keinen Einfluß auf Polyester.

Wir haben vor einigen Jahren entsprechende Untersuchungen gemacht und haben immer feststellen müssen, daß - wenn man zu stark übertrocknete Wolle dann noch anschließend fixiert - eine gewisse Schädigung eintreten kann. Das würde mich also interessieren.

Und dann noch eine Frage - Sie sprachen vom Plissieren. Daß es zwischen der Plissierung eines fixierten und der eines unfixierten Gewebes keine Unterschiede gibt, ist wohl im Prinzip richtig; aber haben Sie nicht irgendwie festgestellt, daß bei der Plissierung des unfixierten Gewebes ein Schrumpfung aufgetreten ist, der doch zu unterschiedlichem Warenausfall führen kann?

**Reichstädter:** Bei beiden Fragen haben Sie recht. Zu der ersten Frage wäre zu sagen, daß wir an diesem Problem arbeiten und einen technologischen Prozeß anstreben, bei dem die Beschädigung der Wolle so niedrig wie möglich ist.

Bei der zweiten Frage haben Sie ebenso recht, wir haben es nur von dem Gesichtspunkt des Fixier- oder Plissiereffektes gemacht, aber normal werden bei der Plissierung fixierte Gewebe benützt.

## Bekleidungsphysiologische Untersuchungen zur Beurteilung von Textilien aus Stapelfasern

Dr. Egidius Welfers

Farbwerke Hoechst AG., Frankfurt am Main

Die geschichtliche Entwicklung der Bekleidungsphysiologie wird kurz skizziert und die begriffliche Grundlage erläutert; namhafte Forscher der Vergangenheit werden genannt.

Der steigende Einsatz synthetischer Fasern in den letzten Jahrzehnten im gesamten Bekleidungssektor, verbunden mit völlig neuartigen und sehr weit gespannten textilen Möglichkeiten, erfordert Optimierung und deshalb systematische und weitgreifende bekleidungswissenschaftliche Untersuchungen.

Mit einem von klimatisierter Luft umströmten temperaturgeregelten zylindrischen Kupferphantom konnte das Trocknen nasser Textilien in Kombination mit trockener Oberbekleidung gemessen werden. Es ergaben sich Zusammenhänge zwischen dem textilen Aufbau und der Trocknungsgeschwindigkeit.

Das Hautfunktionsmodell nach Hohenstein läßt in genau dosierter Menge Wasser von einer ebenen Platte aus in einen klimatisierten Luftstrom austreten. An ein- und mehrschichtig aufgelegten textilen Prüflingen wird deren Bremswirkung auf den Feuchtedurchgang gemessen. Dieser Transport erfolgt überwiegend durch das Porensystem des Textils, teilweise auch über die hydrophilen Faser-oberflächen, jedoch nicht durch den Faserkörper. Die Folgerungen für die Praxis werden diskutiert.

Die entscheidend wichtige Luftdurchlässigkeit wird nach der bekannten DIN-Methode in einer Weise gemessen, die nicht der Tragepraxis entspricht. Die Luftströmung nach DIN wird im textilen Material beschleunigt, statt - wie in der Praxis - gebremst, und hat damit andere Wirbelfelder. Wir messen deshalb zur Zeit versuchsweise mit einer freien Anströmmethode.

Der dochtmäßige Transport von flüssigem Wasser in Textilien wird mengenmäßig nach einem Kondensatorverfahren ermittelt. Die Textilien aus synthetischen Fasern zeichnen sich durch besonders hohe Dochtleistung aus.

Mittels Diffusionsmessungen haben wir die Wanderung von Wassermolekülen durch den Körper verschiedenartiger Fasern bis zur Sättigungsgrenze des Transports gemessen und damit bewiesen, daß selbst hyroskopische Fasern auf diesem Wege nur eine bedeutungslose Menge Wasser transportieren.

Abreißkraftmessungen von Textilien, die an Wassergrenzen kleben, gestatten uns, das Verhalten von Wäsche auf nasser Haut zu studieren.

Mittels elektrischer Gasentladung und einer Photoplatte können wir das Relief der Grenzflächen von Textilien als Kontaktkopie abbilden. Diese Abdrucke gestatten gewisse Voraussagen über das System Haut - Textil und das somit zu erwartende Mikroklima.

Das Problem der elektrostatischen Aufladung und ihre Bedeutung für die Tragepraxis wird diskutiert.

Trotz zahlreicher Trageversuche konnten noch keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Labor und Praxis gefunden werden. Rangkorrelationsrechnungen sollen hier Aufklärung bringen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß auf Grund unserer Untersuchungen das für das Tragegefühl entscheidende Mikroklima über der Haut weitestgehend vom Gewebe- bzw. vom Gewirkeaufbau, vom Schnitt der Kleidungsstücke und von der Zahl der textilen Schichten, aber nicht vom Fasermaterial abhängt.

Historical developments in the field of garment physiology are briefly outlined, and the fundamental concept is explained.

The increasing use of synthetics throughout the clothing sector during the past decades combined with entirely new and expansive facilities in the field of textile-production requires optimization and hence systematic and far-reaching scientific investigations in the clothing sector.

The drying rate of wet textiles in connection with dry outer-wear was measured by means of a temperature-controlled cylindrical copper-dummy with conditioned air circulating around it. Interrelations have been found to exist between the textile structure and the drying speed.

The "skin-function model" in accordance with Hohenstein permits precisely dosed water volumes to enter a conditioned air-current via a level platform. The inhibitive effect exerted on the passage of humidity by textile samples arranged in single and multiple layers is measured. Moisture-transport proceeds mainly through the pore system of the textile product and partly along the hydrophilic fiber-surface, but not through the fiber itself. Practical conclusions are discussed.

Permeability, which is of decisive importance, is measured by the well-known DIN method in a manner, which fails to correspond to practical wearing conditions. In accordance with the DIN method, the air-current in the textile material is accelerated rather than inhibited as is the case under practical conditions, and has therefore different whirl-fields. As a result the present experiments use a method of free afflux.

The quantity of the water-transport by wick-action within the textiles is determined by a condenser-process. Synthetic textiles exhibit a very high wick-action.

The migration of water molecules through the bodies of various kinds of fibers up to the limit of transport saturation has been determined by diffusion-measurements, and it was proved that even hygroscopic fibers will transport no more than negligible water volumes by this means.

Measurements of the tear-off-forces of textiles, which adhere to wet surfaces, permit a study of the behaviour of under-wear on the wet skin.

It is possible to reproduce the profiles of textiles boundaries in the form of film prints by means of electric gas-discharge and photographic plates. These prints permit certain forecasts regarding the system formed by the skin and the textile and hence regarding the micro-climate to be expected.

The problem of electrostatic charges and their importance to practical wear are discussed.

Despite of many wear tests no clear correlations between the results obtained in the laboratory and the practical experience could be established. Clarification is expected from calculation of rank correlation.

The micro-climate on the skin which largely determines the wearing comfort depends on fabric construction, on the cut of the garments, and on the number of textile layers present, but not on the fiber-type.

Bei der Beurteilung der menschlichen Bekleidung spielt neben Konstruktion, Warenbild, Zuschnitt, Trageeigenschaften und Preis die Eignung in physiologischer Hinsicht eine bedeutende Rolle. Die Bekleidungsphysiologie, auch Bekleidungswissenschaft genannt, mit den Unterbegriffen Bekleidungsphysik, Bekleidungschemie und Bekleidungsmedizin behandelt die physiologischen Eigenschaften unserer Bekleidung, die sich im Wohlbefinden, in der Leistungsfähigkeit und in der Gesundheit des Trägers bemerkbar machen.

Schon in ältester Zeit haben kulturelle, künstlerische, modische, aber auch psychische Motive entscheidenden Vorrang vor vernünftigen oder gar gesundheitlichen Gesichtspunkten gehabt. Erst in jüngerer Zeit wurden die Zusammenhänge zwischen dem menschlichen Körper und der Bekleidung systematisch studiert. Inzwischen haben die Fragen der Bekleidungsphysiologie in der Öffentlichkeit mehr und mehr Bedeutung erlangt.

Dieser neue Wissenszweig, der als ein Grenzgebiet zwischen Physik, Medizin und Textiltechnik gelten kann, hat durch die Notwendigkeit, militärische Kleidung für extreme Klimata herzustellen sowie durch das Vordringen der Chemiefasern einen starken Auftrieb erhalten. Zwar wurden schon früher Diskussionen um die bekleidungsphysiologische Eignung von einzelnen Faserarten unter Militärärzten und Hygienikern durchgeführt. Forschern wie *Rubner*, *Pettenkofer*, *Parkes*, *Coulier*, *Lehmann* u.a. verdankt man die ersten Beobachtungen und Messungen an Gespinsten aus Naturprodukten. Diese früheren Arbeiten gerieten aber in Vergessenheit. Sie sind ohnehin nach dem heutigen Stand der Wissenschaft zum großen Teil überholt. Die Auseinandersetzungen im 17., 18. und 19. Jahrhundert zwischen den Interessenvertretern der Woll-, Baumwoll- und Seidenindustrie sind nach dem Stand der medizinischen Forschung heute schon vielfach unverständlich und gehören nur noch zur historischen Entwicklung der menschlichen Bekleidung.

Die Bekleidung soll den menschlichen Körper vor zu großen Wärmeverlusten schützen, die nachteiligen Witterungs- und Umwelteinflüsse fernhalten und das äußere Erscheinungsbild unter Berücksichtigung modischer Anforderungen verbessern. Durch die Bekleidung soll um den Körper eine hygienische und angenehme Raumzone gelegt werden. Auch bei raschem Wechsel der klimatischen Gegebenheiten soll bei Ruhe oder Bewegung sowie bei körperlicher Anstrengung, auch bei Änderung von Temperatur, Feuchtigkeit und Luftwechsel innerhalb der Kleidung dennoch das Behaglichkeitsgefühl gewährleistet sein. Diese drei Faktoren sind Grundparameter der Bekleidungsphysiologie.

Unsere Bekleidung muß demnach – je nach Stoff- und Konfektionsart – die rasche Einregulierung von nachstehenden Bedingungen durch optimalen Wärmedurchgang oder günstiges Wärmerückhaltevermögen sowie durch Feuchte- und Schweißtransport und Luftdurchlässigkeit ermöglichen. Ihre Hauptaufgabe besteht also in der Unterstützung der Temperaturregelvorgänge des Körpers. Das Grundprinzip dieser natürlichen Temperaturregelung ist die ständige Abstimmung zwischen Wärmebildung und Wärmeabgabe.

Es ist aber verständlich, daß eine bestimmte Kleidung bei stark veränderten Klimaverhältnissen oder erhöhten Leistungsanforderungen nicht alle physiologischen Aufgaben erfüllen kann. Bei der Betrachtung des Systems Körper – Klima – Kleidung soll bei geringer Verschiebung der genannten Parameter stets die Behaglichkeit garantiert werden. Die einzige freie Variable in diesem sogenannten „3 K-System“ ist die Bekleidung.

Der steigende Einsatz synthetischer Fasern im letzten Jahr-

zehnt auf dem gesamten Bekleidungssektor, verbunden mit völlig neuartigen und sehr weitgespannten textilen Möglichkeiten, erfordert Optimierung und deshalb systematische und weitgreifende bekleidungswissenschaftliche Untersuchungen.

Inzwischen hat man die Bedeutung dieser jungen Forschungsrichtung allgemein anerkannt. In der BRD wurde vom Gesamtverband der Textilindustrie der Arbeitskreis „Bekleidungsphysiologie“ gegründet, dem Fachverbände, Institute, Wissenschaftler, Bundeswehr und Bundespost sowie die Industrievereinigung Chemiefaser e.V. (IVC) angehören. Die IVC hat daneben den Fachausschuß „Bekleidungswissenschaften“ gebildet, in dem ebenfalls die vorhin genannten Probleme bearbeitet und koordiniert werden. An dieser Stelle darf ein Pionier auf diesem Gebiet, Professor Dr. *Mecheels*, der Gründer des Bekleidungsphysiologischen Instituts Hohenstein (BPI), nicht vergessen werden. Sein Institut ist das einzige in der BRD, das sich dieser Forschungsrichtung widmet.

Auch in der Farbwerke Hoechst AG hat man schon Ende der fünfziger Jahre mit derartigen Forschungsarbeiten begonnen. In den folgenden Ausführungen werden einige Meßverfahren und Untersuchungen sowie die gewonnenen Erkenntnisse mitgeteilt.

#### Messung von Wärme- und Feuchtedurchgang an den verschiedensten Textilien

Zunächst sollen frühere Meßverfahren zur Bestimmung bekleidungsphysiologischer Daten angeführt werden. Dazu wurde ein Gerät zur Bestimmung des Wärme- und Feuchtedurchgangs entwickelt (Abb. 1).

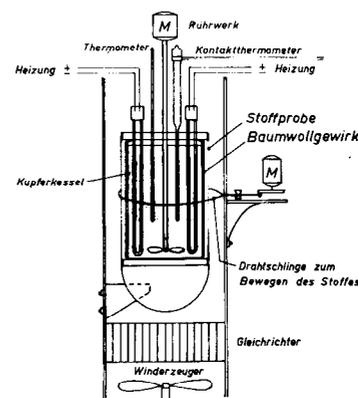


Abb. 1: Kupferphantom

Es handelt sich um einen Kupferzylinder, der innen mit Wasser gefüllt ist und der durch elektrische Heizelemente und einen Regler auf 37°C gehalten werden kann. Zur Bestimmung des stationären Wärmedurchgangs wird der Zylinder mit dem zu untersuchenden Textil belegt und die mittlere Leistung der elektrischen Heizung gemessen.

Zur Bestimmung des instationären Feuchtedurchgangs wird der Kupferzylinder zunächst mit einem Textil bespannt, das mit einer gewissen Wassermenge getränkt ist. Darüber werden die zu untersuchenden Textilien gespannt. Nach Einschaltung der Heizung wird nun zunächst das Wasser verdampft, die dafür erforderliche Heizleistung gilt als Maß der Verdampfungsgeschwindigkeit. Mit diesem Gerät wird eine große Anzahl der verschiedensten Textilien und Leder in bezug auf Wärmedurchgang und Trocknungsgeschwindigkeit gemessen. Als weitere Methode wurde ein Verfahren eingeführt, das es gestattet, auf beide Seiten eines Textils verschiedene Klimata einwirken zu lassen. Dazu montiert man zwei getrennt geregelte Klimaschränke nebeneinander (Abb. 2) und verbindet sie durch einen Klimakanal.

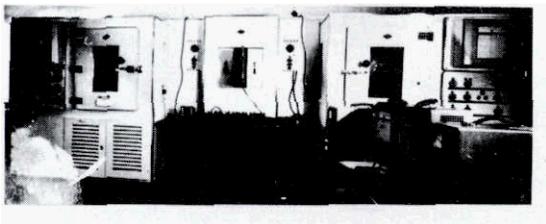


Abb. 2: Klimaschränkanordnung nach Hoechst

Jeder Schrank läßt die Einstellung eines beliebigen Klimas zwischen  $-20^{\circ}$  und  $+70^{\circ}\text{C}$  und 10 bis 90 Prozent relativer Feuchte zu. Im Kanal sind Schieber eingebaut, die eine Abtrennung der beiden Klimata ermöglichen. Zwischen diesen Schiebern lassen sich die zu untersuchenden Textilien einbauen. Somit können Wärme und Feuchtedurchgang durch das Textil, Temperaturverlauf im Textil und andere Kenngrößen bestimmt werden. Mit dieser Meßanordnung wurden in Hoechst u.a. Sorptionswärmen an Polyesterfasern gemessen.

Eine unabhängige wie gleichzeitige Messung von Wärme- und Feuchtedurchgang im stationären Zustand erlaubt das sogenannte Hautfunktionsmodell nach Hohenstein. Anstelle der einmaligen Anfeuchtung einer textilen Schicht kann hier das Wasser stetig und meßbar durch die Meßfläche treten (Abb. 3).

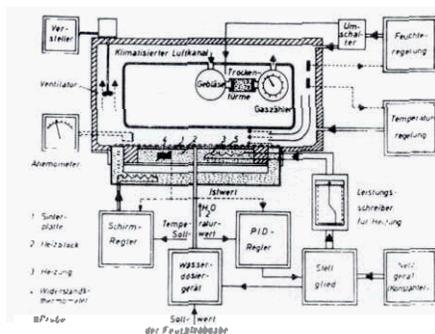


Abb. 3: Hautfunktionsmodell „Hohenstein“

Die Meßfläche besteht aus einer porösen Metallplatte mit regelbarer Heizung. Meistens verwendet man in Anlehnung an die Körpertemperatur eine Meßflächentemperatur von  $37^{\circ}\text{C}$ . Die Heizleistung wird registriert, Wärmeverluste nach den Seiten und nach unten werden durch einen Schutzring verhindert. Im Raum oberhalb der Meßfläche läßt sich mit Hilfe eines der vorerwähnten Klimaschränke ein konstantes Klima einstellen. Diese klimatisierte Luft wird über einen Ventilator in definiertem Luftstrom über den Prüfling geführt. Durch Poren in der Meßplatte tritt bei Feuchtemessungen ständig eine dosierte Wassermenge aus.

Eine Zusammenstellung von verschiedenen Textilien, die für die folgenden Untersuchungen am „Hohensteiner Gerät“ verwendet wurden, bringt Tabelle 1.

Tabelle 1: Meßdaten von Bekleidungstextilien

	Dicke	Flächengewicht	Porenvolumen	Luftdurchgang	Wd	F <sub>0</sub>
	mm	g/m <sup>2</sup>	%	l/m <sup>2</sup> s	Kcal/m <sup>2</sup> h°C	gH <sub>2</sub> O/mhtorr
<b>Tuttenstoffe</b>						
As	0,14	106	44	56	18,9	29,2
PES 100%	0,15	92	56	414	18,9	33,5
CV	0,18	120	56	207	19,3	30,8
<b>Hemdenstoffe</b>						
PES/Bw 65/35	0,26	114	69	340	17,9	35,0
Bw 100%	0,27	129	69	213	17,7	34,1
PA (Wirkware)	0,30	104	70	1335	19,3	29,2
PES endlos(Wirkware)	0,31	108	75	2020	19,9	37,0
Bw (quervernetzt)	0,35	121	77	199	18,0	28,4
<b>Anzugstoffe(Webware)</b>						
PES(550/360 Tuchbdg)	0,50	156	81	331	16,3	25,7
Wo 100%	0,62	231	72	155	15,8	26,9
PES	0,84	234	73	293	17,0	27,1
PES(550/360 Koperbdg)	0,68	212	77	194	16,3	27,7
PES/Wo 55/45	0,74	320	68	56	16,8	25,0
<b>Unterwäsche(Wirkware)</b>						
PES/Bw 65/35	0,75	175	84	1105	15,2	27,5
Bw 100%	0,83	161	87	1150	14,5	27,4
<b>Anzugstoff(Maschenware)</b>						
PE-S 100%	1,08	245	83	1260	14,8	27,4
<b>Mantelstoff</b>						
PES/Wo 55/45	1,55	406	81	295	12,2	21,2
<b>Pullover(Stridware)</b>						
PES/Wo 55/45	2,05	406	93	915	10,6	20,6

Es handelt sich um Bekleidungsstoffe für Unter- und Oberbekleidung aus Naturfasern, synthetischen Fasern sowie Fasermischungen. Die einzelnen Spalten enthalten die Bezeichnung der Textilien, die Dicke, das Flächengewicht, die Luftdurchlässigkeit, das Porenvolumen, den Wärme- und Feuchtedurchgang. Man erkennt, daß zwischen Dicke und Gewicht sowie zwischen Dicke und Luftdurchlässigkeit nach DIN kein direkter Zusammenhang besteht. Hingegen ist zwischen Dicke und Wärmedurchgang sowie zwischen Dicke und Feuchtedurchgangein Zusammenhang vorhanden, der in den folgenden Bildern dargestellt wird.

Abbildung 4 zeigt den Wärmedurchgang von Bekleidungstextilien in Abhängigkeit von der Dicke. Trotz der Streubreite der Meßergebnisse ist ein angenähert hyperbolischer Verlauf der Meßwerte ersichtlich. Derselbe Befund wurde bereits früher an Textilien, dünnem Leder und gewissen Schaumstoffen mit Hilfe der Kupferzylinderapparatur ermittelt<sup>2)</sup>.

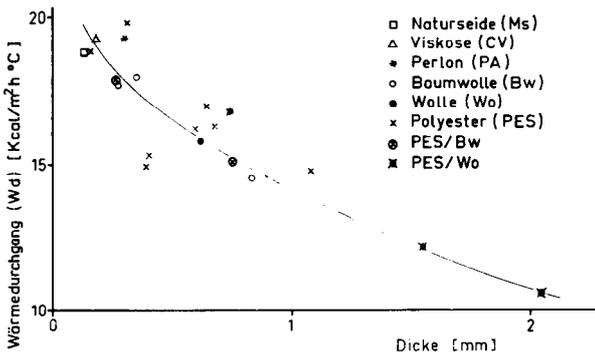


Abb. 4: Wärmedurchgang durch Bekleidungsstoffe (als Einzellige gemessen)

Auch für Textilien mit größerer Dicke, in diesem Falle Decken, sind die gleichen Zusammenhänge zu beobachten (Abb. 5).

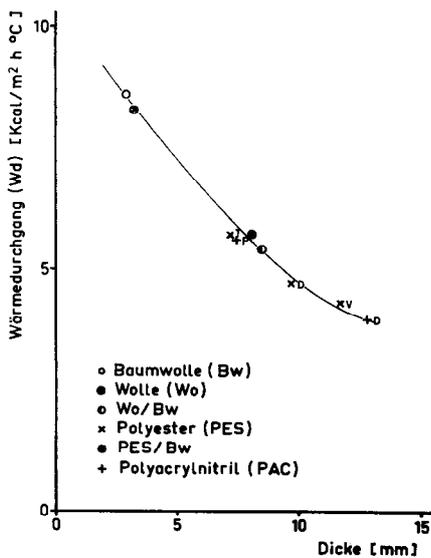


Abb. 5: Wärmedurchgang durch Schlafdecken (als Einzellige gemessen)

Eine Zusammenfassung aller Werte der Bekleidungstextilien und der Decken in einem Diagramm zeigt, daß auch bei stark unterschiedlichen Dicken der Textilien alle Meßpunkte auf einer hyperbelähnlichen Kurve liegen (Abb. 6).

Zur mathematischen Untersuchung dieser bisher ermittelten angenähert hyperbolischen Verlauf der Meßwerte wurde der Kehrwert des Wärmedurchgangs  $\frac{1}{Wd}$  als Funktion der Dicke aufgetragen. Wenn es sich um einen exakt hyperbolischen Verlauf handelt, müßte die Gerade durch den Nullpunkt gehen (Abb. 7).

Es gilt:  $Wd = \frac{1}{Ri + \alpha d}$  (angenähert hyperbolischer Verlauf)

$Ri$  = innerer Widerstand der Meßanordnung  
 $\alpha$  = spezifischer Wärmewiderstand des Textils  
 $d$  = Dicke des Textils

Hieraus folgt:  $\frac{1}{Wd} = Ri + \alpha d$  (linearer Zusammenhang)

Eine Ausgleichsrechnung mit Hilfe eines Computers ergab unter Zugrundelegung der vorhandenen Meßwerte für

$$Ri = 0,05 \frac{C^\circ \cdot h \cdot m^2}{Kcal}$$

$$\text{und für } \alpha = 19 \frac{C^\circ \cdot h \cdot m}{Kcal}$$

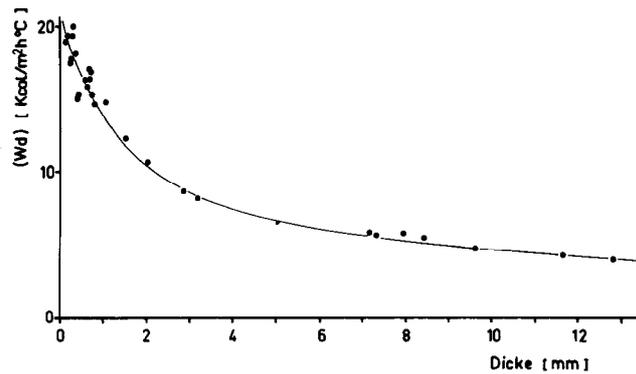


Abb. 6: Wärmedurchgang durch Textilien (als Einzellige gemessen)

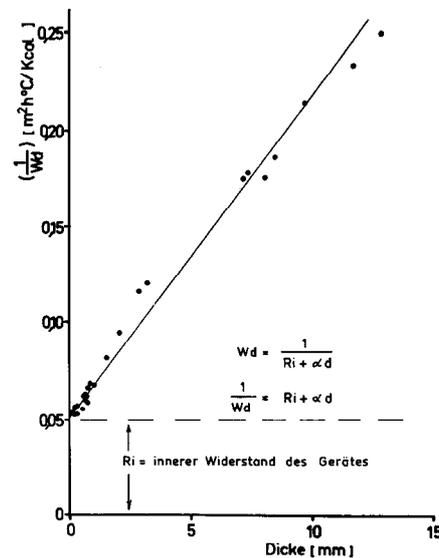


Abb. 7: Wärmerückhaltung von Textilien (als Einzellige gemessen)

Die genannte analytische Beziehung kann man aus dem ersten Fickschen Gesetz ableiten.

Auch für den dampfförmigen Feuchtedurchgang gelten die gleichen Gesetze.

Die vorliegenden Meßergebnisse über den trockenen Wärmedurchgang durch Textilien zeigen, daß die Dicke und nicht die Faserart die Wärmeisolation weitgehend bestimmen. Beim Wärmerückhaltevermögen muß natürlich zwischen trockenem und feuchtem Wärmetransport unterschieden werden. Über den feuchten Wärmetransport wird später berichtet.

Je nach Konstruktion enthält jedes Textil eine eingeschlossene, ruhende Luftschicht (Porenvolumen). Da Luft bekanntlich zu den schlechten Wärmeleitern zählt, hängt der Isolationswert unserer Bekleidung von dieser Luftmenge ab. Ein Vergleich der gemessenen Wärmeleitfähigkeiten der verschiedensten Fasermaterialien zeigt kaum Unterschiede, so daß keine praktischen Folgerungen aus der Leitfähigkeit des Rohmaterials gezogen werden können. Die große Variationsmöglichkeit der Zwiwindrehung und der Gewebekonstruktion macht die hier zu erwartende Streuung der Wärmeisolationwerte verständlich. Hier sei auf die diesbezügliche Arbeit von *S u s t m a n n* über Kennziffern von Wollgeweben hingewiesen<sup>3)</sup>.

So wie der Wärmeisolationwert unserer Bekleidung für die hiesigen Breitgrade einen wichtigen Parameter für die Temperaturregelung des Körpers darstellt, so ist auch der Transport der Hautfeuchte durch ein Textil für die Ausdünstung und Trockenhaltung der Haut von entscheidender Bedeutung. Durch geregelten Feuchtetransport wird nämlich die Wärmeabgabe durch Verdunstung mitbestimmt. Der Abtransport von größeren Feuchte- und Wärmemengen wird nicht nur durch die Kamin- und Pumpeffekte an der Oberfläche des menschlichen Körpers, sondern auch durch Strömung durch die Poren des Textils ermöglicht. Die eingangs genannten Prüflinge wurden auch hinsichtlich dampfförmigen Feuchtedurchgangs untersucht.

Abbildung 8 zeigt, daß der Wasserdampftransport auch wieder weitgehend von der Stoffdicke abhängt. Betrachtet man unsere Kleidung in bezug auf Wärme- und Feuchtedurchgang, dann findet der Transport durch mehrere Textilschichten statt, die nicht nur selbst Luft enthalten, sondern je nach Kleidungsart mehr oder weniger durch Luftschichten voneinander getrennt sind.

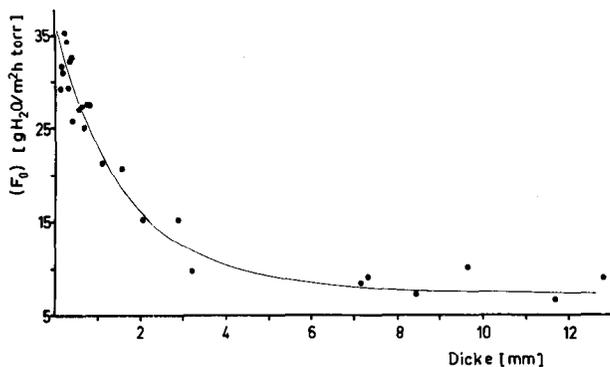


Abb. 8: Feuchtedurchgang (dampförmig) durch Textilien (als Einzellage gemessen)

Wird die Wärmeleitzahl der üblichen Fasersubstanzen etwa mit  $0,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}\cdot\text{h}} \text{ } ^\circ\text{C}$  angenommen, so liegt sie für Luft bei  $0,02 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}\cdot\text{h}} \text{ } ^\circ\text{C}$ . Die Wärme wird also von der Fasersubstanz etwa zehnmal so gut geleitet wie von Luft.

Während die vorstehenden Messungen an einzelnen Textilien erfolgten, sind die nun folgenden Messungen an mehrfachen Schichten, wie sie als Bekleidung angewendet werden, durchgeführt. Dazu wurde, wie Abbildung 9 zeigt, zunächst ein Hemdenstoff bis zu fünf Lagen übereinander gelegt, und zwar einmal mit direkter Berührung der einzelnen Schichten, zum anderen mit einem Abstand zwischen den Lagen, der durch ein weitmaschiges Kunststoffnetz erzielt wurde. Hierbei ist deutlich der Abfall des Wärmedurchgangs mit zunehmender Lagenzahl ersichtlich.

Man sieht den Einfluß, den die isolierenden Luftschichten auf den Wärmetransport haben. Beim Feuchtetransport nimmt mit der Anzahl der Lagen die durchgehende Flüssigkeitsmenge ab. Auch hier macht sich der Abstand der textilen Schichten auf die Menge des diffundierten Wasserdampfes bemerkbar.

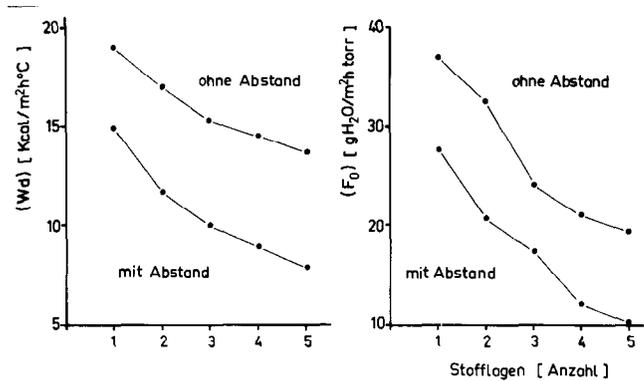


Abb. 9: Wärme- und Feuchtedurchgang durch mehrere Lagen eines Hemdenstoffes (Abstand wurde durch Kunststoffnetze von 0,7 mm Stärke erreicht)

An Schichtbekleidung, wie sie unserer Tragegewohnheit entspricht, wurde auch der Wärmedurchgang des herkömmlichen Bekleidungsbaues untersucht (Abb. 10). Unterwäsche und Hemd waren aus Baumwolle, der Anzug aus einem reinwollenen Stoff mit Kunstseidenfutter. Als Vergleichsschichten dienten Textilien aus Mischfasergarnen – Polyester/Baumwolle – für Unterwäsche und Hemd, der Futterstoff war rein Polyester und der Anzug Polyester/Wolle im herkömmlichen Mischungsverhältnis (55/45).

Alle diese hier verwendeten Prüflinge waren aus handelsüblicher Ware. Bei engaufeinanderliegenden Schichten ist auf Grund der Konstruktion ein geringer Unterschied in den zu vergleichenden Bekleidungs-systemen noch vorhanden. Mit zunehmendem Abstand verschwinden die Unterschiede völlig. In der Praxis können also Unterschiede in der Wärmedurchlässigkeit der Bekleidungsstoffe durch die zwischengelagerten Luftschichten ausgeglichen werden.

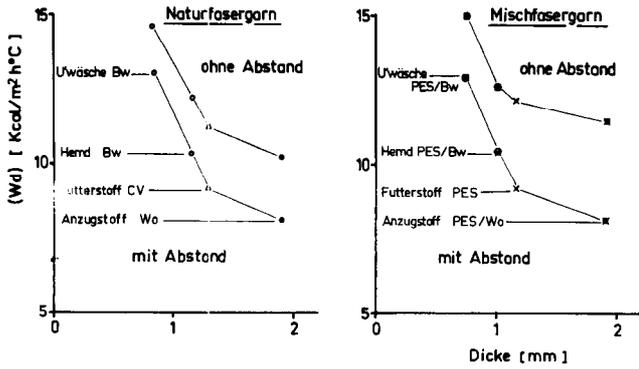


Abb. 10: Wärmedurchgang durch Bekleidungsschichten (ohne und mit Abstand)

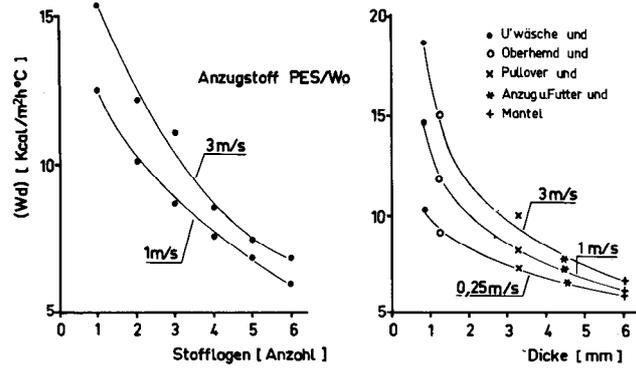


Abb. 12: Einfluß der Windgeschwindigkeit auf den Wärmedurchgang

Der Feuchtedurchgang zeigt für die gleichen Systeme, wie in Abbildung 11 ersichtlich, ein analoges Verhalten.

Die folgende Tabelle (Tab. 2) zeigt, wie bei einer Entwicklung von Unterwäsche aus verschiedenen Fasermischungen die gestellte Aufgabe erfüllt wurde, um die vorgegebene Wärmedurchlässigkeit (etwa 15 Kcal) zu erreichen.

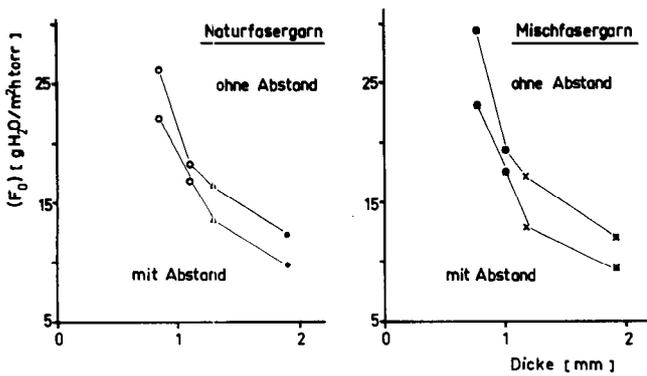


Abb. 11: Feuchtedurchgang durch Bekleidungsschichten (ohne und mit Abstand)

Die hier benutzten Methoden liefern zur Zeit keine Absolutwerte für die Praxis, sondern nur Relativwerte für Entwicklung und Konstruktion neuer Textilien.

Zur Ergänzung der Prüfmethode wurde der Einfluß der Windgeschwindigkeit untersucht, die bei der Beurteilung der Bekleidung für bestimmte Verwendungszwecke von großer Bedeutung ist. Bei unseren Messungen wird das Außenklima mit einem tangentialen Luftstrom an den Prüflingen vorbeigeführt. Neben der normalerweise angewendeten Luftgeschwindigkeit von 1 m/sec (Fußgänger) wurden auch Geschwindigkeiten von 0,25 m/sec und 3 m/sec angewendet.

Abbildung 12 zeigt, daß mit zunehmender Windgeschwindigkeit der Wärmeverlust steigt, mit der Anzahl der Lagen jedoch entsprechend der Windgeschwindigkeit differenziert zurückgeht. Bei der Schichtbekleidung wird der Unterschied im Wärmedurchgang mit zunehmender Anzahl der Bekleidungsschichten immer weniger von der Windgeschwindigkeit abhängig.

Tabelle 2: Unterwäsche (Feinripp R/R Tlg 15)

Arbeitsbekleidung	Dicke mm	Gewicht g/m <sup>2</sup>	Luftdg. l/m <sup>2</sup> s (20mmWS)	Wd Kcal/m <sup>2</sup> h°C
PES/Bw 65/35	0,49	257	64	15,9
" "	0,61	307	125	16,0
" "	0,72	315	88	15,2
" "	0,95	395	80	15,0
" "	0,98	386	58	15,0
" "	1,36	315	90	11,5
" "	1,44	395	77	12,0
100 % Bw	1,42	422	96	11,7

In Tabelle 3 sind die Werte aus einer Entwicklungsreihe für eine spezielle Arbeits- und Schutzkleidung angegeben. Auch hier findet man wieder den schon bekannten funktionellen Zusammenhang zwischen Dicke und Wärmedurchgang.

Tabelle 3: Arbeitsbekleidung

Material	Dicke mm	Gewicht g/m <sup>2</sup>	Luftdg. l/m <sup>2</sup> s	Wd Kcal/m <sup>2</sup> h°C	F <sub>0</sub> g H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> h torr
PES(340)/PAC 55/45	0,82	183	1145	15,0	28,7
" " fixiert	0,82	215	986	15,6	28,0
PES(340)/PAC 70/30	0,86	186	1170	14,9	28,4
" " fixiert	0,81	208	1175	15,8	29,7
PES(360)/PAC 65/35	0,73	153	1028	15,2	30,4
" " fixiert	0,71	162	998	16,0	31,0
PES(360)/PAC/CV 60/20/20	0,69	143	1240	15,2	29,4
PES(360)/PAC/CV 60/20/20 fixiert	0,65	140	1190	15,9	30,8
PES(360)/Bw 65/35	0,75	175	1105	15,2	27,5
100 % Bw	0,83	161	1155	14,6	27,4

Diese Entwicklungsreihe wurde auf Grund der vorgelegten Daten einer herkömmlichen Arbeitsbekleidung erarbeitet. Diese Bekleidung hat unter anderem die Aufgabe, einen gewissen Schutz am Arbeitsplatz zu bieten, andererseits aber auf dem Weg von und zur Arbeitsstätte den Körper vor Abkühlung zu bewahren. Beim Vergleich der Zahlen wird ersichtlich, daß trotz wesentlich geringerem Flächengewicht gleiche Luftdurchlässigkeit und gleicher Wärmedurchgang erzielt worden ist. Auch hier spielen Faserart und -mischung keinerlei Rolle.

Unter Beimischung einer dreidimensionalgekräuselten Faser mit erhöhtem Schrumpfvormogen wurde ein Gewebe hergestellt, das mit dem entsprechenden Gewebe aus gleich gekräuselter Faser, allerdings ohne stark schrumpfende Wirkung, verglichen wurde.

in Abbildung 13 sind die Gewebeszusammensetzungen sowie die physikalischen Daten angeführt. Obwohl beide Gewebe unterschiedliche Dicke auf Grund des Faserschrumpfes zeigen, sind die Wärmedurchgangswerte gleich.

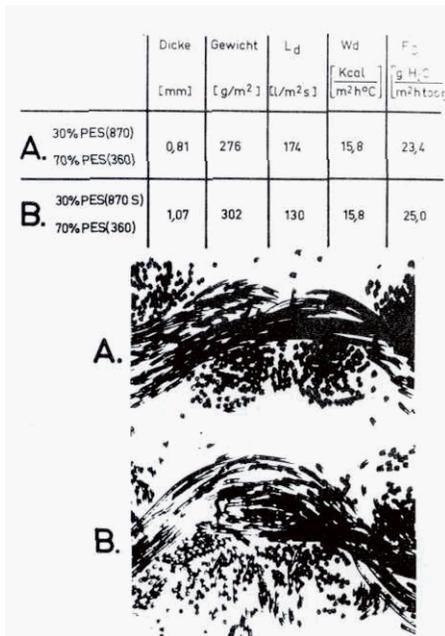


Abb. 13: Einfluß einer schrumpfenden Kräuselfaser auf Dicke und Wärmedurchgang

Dieser Befund weicht von den bisherigen Darlegungen ab. Als Erläuterung dieser Erscheinung dienen die Photos der beiden Gewebequerschnitte. Das dickere Gewebe hat ein großes Einzelporenvolumen, sodaß wegen geringen Strömungswiderstandes eine verstärkte Konvektionsströmung einsetzen kann. Eine ähnliche Erkenntnis liegt in einer russischen Arbeit über Maschenware vor<sup>4)</sup>.

Man darf hieraus schließen, daß eine bestimmte Porengröße bei besonders warmhaltenden Textilien nicht überschritten werden darf. Andererseits konnte jedoch ein Stoff dieser Porosität für den Luftaustausch durch die Kleidung von Interesse

sein. Bei allen diskutierten Ergebnissen handelt es sich um den Wärmedurchgang ohne Feuchte bzw. Feuchtedurchgang ohne Wärmetransport. Nach Fertigstellung einer weiteren Apparatur sind Kombinationen beider Meßverfahren vorgesehen.

**Windgerät Hoechst**

Um über das Trageverhalten von Textilien in bezug auf Luftdurchlässigkeit praxisnahe Aussagen machen zu können, wurde das in Abbildung 14 dargestellte Gerät entwickelt.

Mit ihm soll die Luftdurchlässigkeit von Textilien in Abhängigkeit von der Anblasrichtung bestimmt werden.

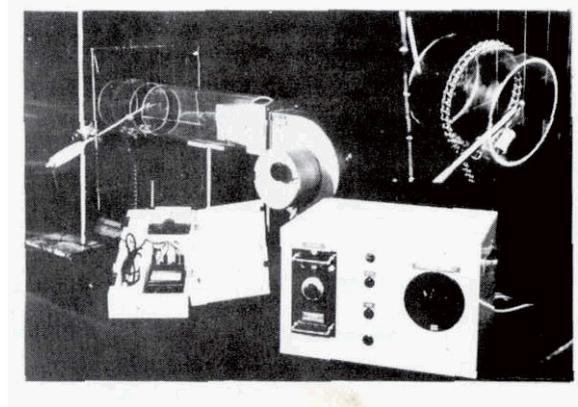


Abb. 14: Luftwiderstand-Meßgerät

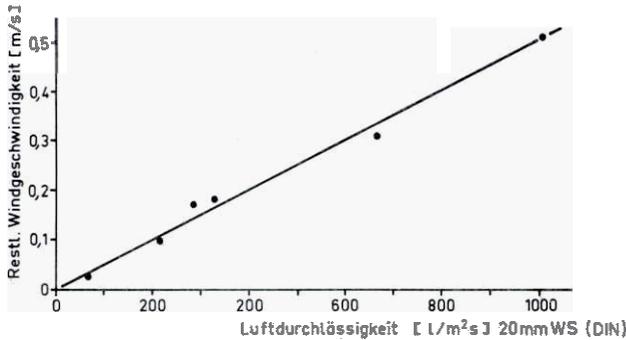
Ferner besteht die Absicht, Trageversuchspersonen einem reproduzierbaren Windstrom auszusetzen, um die Trocknungsgeschwindigkeit nasser Textilien auf der Haut zu bestimmen und den unteren Empfindlichkeitsbereich bei trockenen Prüflingen an der Haut zu ermitteln. Mittels eines regelbaren Ventilators, eines Strömungsgleichrichters und eines Plexiglasrohres werden die auf einem drehbaren Spannrahmen befestigten textilen Prüflinge angeblasen. Das textile Material hat von der Rohrmündung einen konstanten Abstand, sodaß der Luftstrom seitlich ausweichen kann. Hiermit sind praxisnahe Bedingungen geschaffen. Die Luftbewegung hinter der Rückseite des Prüflings (Restgeschwindigkeit) wird mit einem Hitzdrahtanemometer gemessen, das zur Abschirmung gegen Störströmungen im Raum in einem zweiten Plexiglasrohr angeordnet ist.

Die Restgeschwindigkeiten wurden bei verschiedenen Anblasgeschwindigkeiten und unterschiedlichen Textilien gemessen. Die bei 15 m/sec Anblasgeschwindigkeit erhaltenen Werte sind in Abbildung 15 mit nach DIN erhaltenen Luftdurchlässigkeitswerten aufgetragen. Interessant ist, daß der lineare Zusammenhang zwischen beiden Meßgrößen einen direkten Rückschluß auf die konventionellen Luftdurchgangswerte bei zukünftigen Versuchen gibt.

**Der Dochteffekt von Textilien**

Zur Messung des dochtmäßigen Fortwanderns von flüssigem Wasser in textilen Materialien wurde eine Doppelkonden-

satormethode entwickelt<sup>5)</sup>, bei der der benetzte Teil des textilen Prüflings eine Elektrode bildet, während zwei elektrisch verbundene parallele Metallplatten beiderseits des Prüflings die Gegenelektrode liefern. Die Kapazität dieses Kondensators ist dann streng proportional der benetzten Textilfläche. Die Kapazitätsänderung als Funktion der Zeit, gemessen mit einem Präzisionsverfahren, gibt bei rechteckigen Prüfstreifen direkt die mittlere Wasserfrontgeschwindigkeit an (Abb. 16).



Ahh. 15: Ergebnisse von Luftwiderstandsmessungen  
Anbiasgeschwindigkeit: 15 m/sec  
Restl. Windgeschw.: 1 cm Abstand hinter dem Stoff

rialien in den gleichen Textilien sieht man in dem vorliegenden Diagramm. Die Frontgeschwindigkeit ändert sich & nach etwa im Verhältnis 1 : 20. Es wurden bis jetzt unterschiedliche textile Materialien aus Natur- und synthetischen Fasern gemessen.

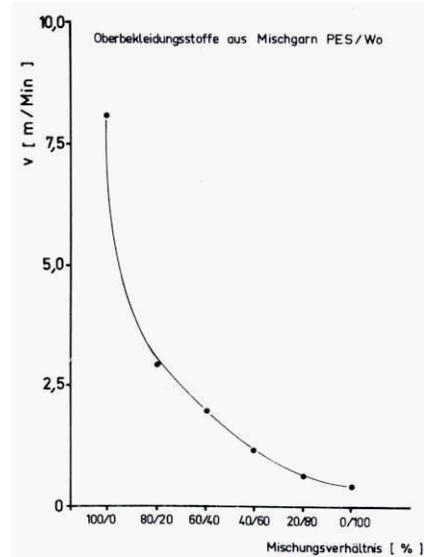


Abb. 17: Mittlere Geschwindigkeit des durch Dochteffekt eingesaugten Wassers

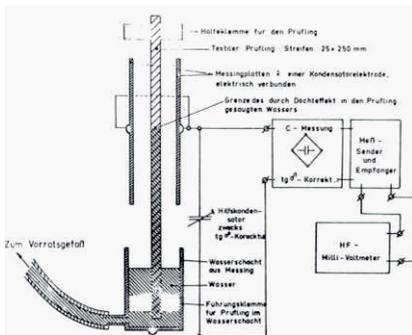


Abb. 16: Schematische Darstellung des Meßprinzips der kapazitiven Dochteffektmessung

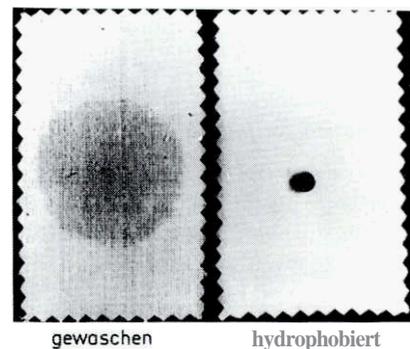
Mittels kleinster Thermoelemente gelang es sogar, die mit der Wasserfront vorrückende Benetzungswärmefront nachzuweisen. Durch diese Anordnung und die mögliche relativ große Plattendistanz wird im Gegensatz zum Einplattenverfahren<sup>6)</sup> die textile Asymmetrie sowie der Dicken- und Positionseinfluß des Prüfstreifens weitgehend eliminiert.

Zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit dieser Meßapparatur seien die Meßergebnisse an sechs gleich aufgebauten Oberbekleidungsstoffen mit einer Fasermischung aus Polyester und Wolle mit dem Mischungsverhältnis 0 : 100 bis 100 : 0 herangezogen (Abb. 17).

Die Auftragung der Wasserfrontgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Konzentration der verschiedenen Fasermate-

Die Methode erweist sich als so empfindlich, daß man sogar den Sprung der Wasserfront von einer Fadenkreuzung bis zur anderen am Meßinstrument verfolgen kann. Gleichzeitig läßt sich feststellen, daß auch geringste Avivageschwankungen auf dem Textilmaterial nachweisbar sind.

Der Dochteffekt interessiert naturgemäß für die Bekleidungs-Wissenschaft in all den Fällen, wo eine Unterbekleidung, die zum Beispiel durch Schweißabsonderung des Körpers durchnäßt wurde, mit Hilfe des Dochteffekts über die Oberbekleidung hinweg getrocknet werden muß.



Benetzungszeit: 10 Min

Abb. 18: Ausbreitung eines Wassertropfens in einem PES-Gewebe

Welche Bedeutung einem durch Pfropfen hydrophobierten Polyester material zukommt, erkennt man in Abbildung 18. Bei der Messung eines so gepfropften Textils ist kein Dochteffekt nachweisbar.

**Untersuchung der Längsdiffusion von Wasser bzw. Wasserdampf durch den Körper von textilen Fasern aus verschiedenen Materialien**

Es sollte der Durchgang von Wassermolekülen aus der dampfförmigen und aus der flüssigen Phase bei variiertem Konzentrationsgefälle ausschließlich durch den Körper von Fasern aus verschiedenem Material untersucht werden. Um den Transport über die Oberfläche auszuschließen, müssen sie in eine undurchlässige Wand dicht eingekittet werden. Zwischen beiden Wandseiten wird dann das gewählte, konstant gehaltene Konzentrationsgefälle von Wassermolekülen eingestellt und gravimetrisch die Diffusion durch die Faserbündel gemessen. Zwecks praktischer Durchführung der Messungen wurden auf zylindrischen Glasgefäßen Messingdeckel, in die jeweils über die Fläche etwa gleichverteilt Löcher gebohrt waren, dicht eingekittet (Abb. 19).

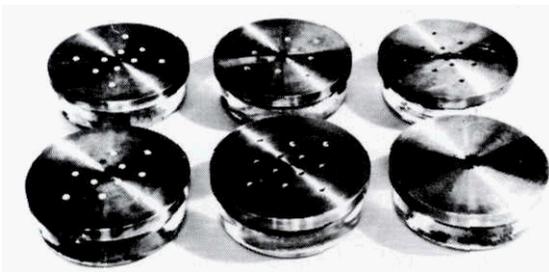


Abb. 19: Meßgefäße für die Dampfdiffusion

In die Löcher eines solchen Deckels wurden insgesamt ca. 5000 Fasern einer bestimmten Art dicht eingekittet. Da die gesamte Lochfläche nur 1,7 Prozent der freien Wasseroberfläche im Glasgefäß betrug, konnte mit hinreichender Genauigkeit an der Deckelunterseite ständig mit Satttdampf gerechnet werden. Um diesen Innendruck zu verändern, wurde durch elektrische Heizung die Wassertemperatur bis zu 60°C maximal gesteigert. Gewichtsverluste an Wasser in jedem Glasgefäß in Abhängigkeit von der Zeit wurden ermittelt, und die grundsätzlichen funktionellen Verläufe sind im Diagramm dargestellt (Abb. 20).

Nach Abschluß einer Einstellzeit ergibt sich ein völlig konstanter Wanderungsvorgang bei allen Versuchen. Bei einer Wasserdampfdruckdifferenz von 12 torr findet man bei Woie einen Wasserdampfdurchgang durch 1 cm<sup>2</sup> Faserquerschnitt, der rund um den Faktor 30 kleiner ist als derjenige, der durch die gleiche Fläche mit gleicher Transportstrecke eines Textils bei mittlerer Körperbelastung transportiert werden muß (11 mg/mm<sup>2</sup> und Std.).

Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß nur ca. 30 Prozent der Fläche eines Textils aus Fasern besteht. Verändert man das Konzentrationsgefälle längs der Faserstrecke, so ergibt

sich ein linearer Zusammenhang zwischen diesem und der Wanderungsmenge gemäß dem Fickschen Gesetz.

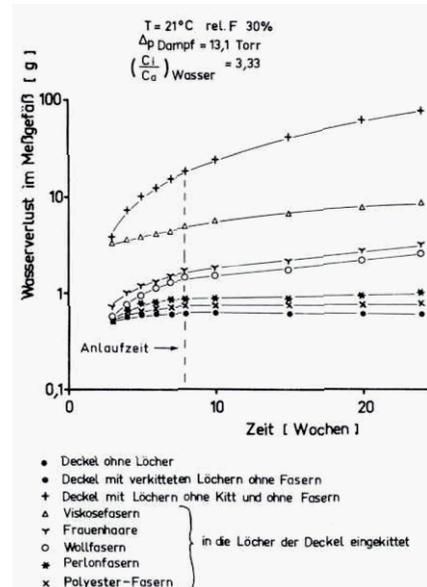


Abb. 20 Wasserdiffusion durch den Körper parallelliegender Fasern in Längsrichtung

Anschließend wurden die Meßgefäße umgedreht, sodaß nunmehr flüssiges Wasser statt Satttdampf an der inneren Stirnfläche der Fasern anlag. Dabei trat ein Sättigungseffekt für die Transportgeschwindigkeit auf. Wir beobachteten nur eine Zunahme um den Faktor 250 bis 300 gegenüber der Dampfphase, wobei der Zunahmefaktor fast linear mit der absoluten Transportgeschwindigkeit anstieg.

Insgesamt bestätigte sich, daß der Wassertransport durch ein Textil nur zu einem ganz verschwindend geringen Teil durch den Körper hygrokopischer Fasern selbst bewerkstelligt wird, sondern überwiegend durch die Poren dieses Textils hindurchgeht. Dem Quellungsvermögen aller Fasertypen wurde durch kaltes Einkitten im konditionierten Zustand Rechnung getragen. Ähnliche Erkenntnisse bringt eine englische Arbeit über Baumwolle<sup>7)</sup>.

**Die Kontaktfläche eines Textils auf einer ebenen Unterlage**

Der Hauptparameter der Umwelt des Menschen ist die Luft, die seinen Körper umgibt. Sie bestimmt den Zustand der Haut entscheidend durch Wärme-, Feuchte- und Gastransport. Sie vermittelt ferner den Einfluß der Strahlung. Durch Messung dieser Luft hinsichtlich ihres physikalischen und chemischen Zustands kann man das Bekleidungsklima bestimmen. Der hierbei stattfindende Transport wird bestimmt durch die Temperatur- und Dampfdruckdifferenz zwischen Organismus und Umgebung. Hier existiert das Mikroklima, das sich durch die Bekleidungsschichten zu den Teilklimata in den einzelnen Bekleidungsschichten fortpflanzt. Es ist bekannt, daß zum Beispiel glatte Gewebe auf der Haut irritierend wirken. Rauhe Stoffe werden schlechter benetzt als

glatte. Bei Geweben und Gewirken aus Stapelfasergarnen sind abstehende Faserenden vorhanden. Diese Faserendstücke verhindern die großflächige Berührung des Gewebes mit der Haut. Hierdurch wird die Zone des Mikroklimas zwischen Haut und Textil vergrößert.

Ziel dieser Versuchsrichtung ist es, festzustellen, inwieweit verschiedene Faseroberflächen graduelle Hautirritationen hervorrufen und die Durchblutung fördern können. Weiter soll untersucht werden, unter welchen Bedingungen eine Mikrokonvektionsströmung über die Haut in der trockenen wie in der nassen Phase aufrechterhalten werden kann, wobei Ruhe und Bewegung speziell unterschieden werden sollen. Zu diesem Zweck wurde ein Verfahren entwickelt, nach dem man zunächst qualitative Aussagen über die Kontaktfläche eines Textils mit der Haut machen kann.

in Abbildung 21 oben ist die Versuchsanordnung skizziert. Auf eine Elektrode wird urchtempfmdüches Papier aufgelegt und mit einem Messingring auf seine Unterlage gedrückt. Die Schichtseite ist nach oben gekehrt. Auf dieses Photopapier bringt man das zuvor durch Metallisierung elektrisch leitfähig gemachte Textil. Auf den Stoff wird die Gegenelektrode aufgebracht. Legt man nun an die beiden Elektroden eine Wechselspannung von 500 Volt, so bildet sich eine Gasentladung zwischen Textil und Photopapier aus, wodurch die Oberfläche des Textils auf dem Papier abgebildet wird.

Eine in dieser Weise gewonnene Aufnahme ist links unten zu sehen. Sie stellt die Kontaktfläche eines Gewebes – Leinwandbindung – in 20facher Vergrößerung dar. Mit dem Rasterelektronenmikroskop wurde am gleichen Gewebe die Aufnahme rechts unten erhalten (Abb. 21).

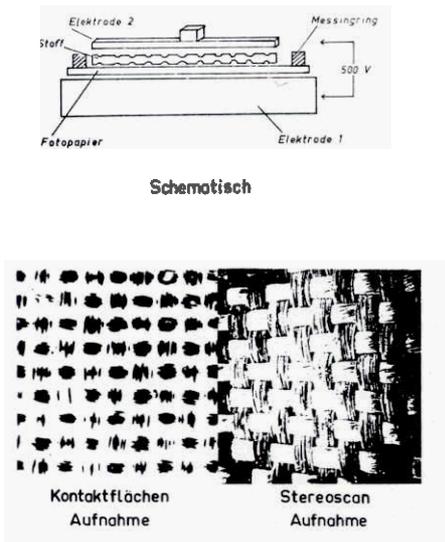


Abb. 21: Gerät zur Abbildung der Kontaktfläche von Textilien

Das nächste Bild (Abb. 22) gibt die Kontaktflächen eines geschorenen und eines ungeschorenen Stoffes in 2- und in 10-facher Vergrößerung wieder. Das Ziel weiterer Versuche ist es, Ursachen für die Vor- und Nachteile bestimmter hautnaher Textilien zu finden.

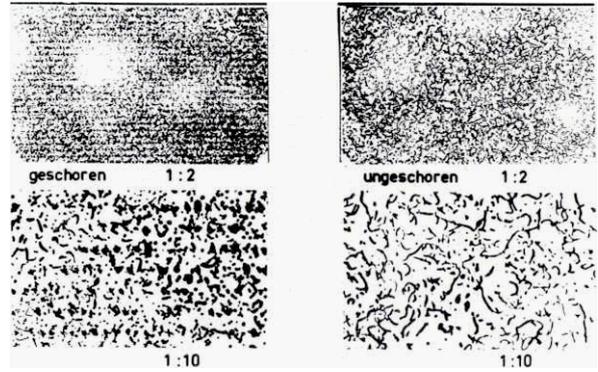


Abb. 22: Kontaktflächen eines geschorenen und eines ungeschorenen Stoffes

### Untersuchungen bezüglich des Klebens von Textilien auf der schweißnassen Haut

Beabsichtigt ist, mit den noch laufenden Untersuchungen das Kleben von nassen Hemden bzw. von nasser Unterwäsche auf der Haut unter vielen verschiedenen Bedingungen zunächst mittels einer Laborapparatur zu studieren.

Eine doppelarmige empfindliche Balkenwaage (Abb. 23) gestattet, die Abreißkraft textiler Prüflinge von einer Wassergrenzfläche aus zu messen. Sie werden mittels eines Spannrahmens eben aufgespannt und so an einem Waagebaiken aufgehängt, daß ihre Ebene parallel zur Wassergrenzfläche über eine die Haut simulierende Sintermetallplatte verläuft. Das Wasser kann durch Heizung und durch Lösen verschiedener Substanzen in seinen Benetzungseigenschaften in gewisser Analogie zum Schweiß beeinflusst werden. Nach mechanischem Andrücken des Prüflings mittels Gewichtskraft über eine bestimmte Zeit hinaus wird die Waagschale am anderen Waagearm solange mit Gewichten belastet, bis der Abriß erfolgt.

Die Kraftanzeige ist konstant; sie ändert sich erheblich von Material zu Material. Diese Messung ist auch ein Maß für die aktive Oberfläche des Textils sowie der Oberflächenspannung der Flüssigkeit.

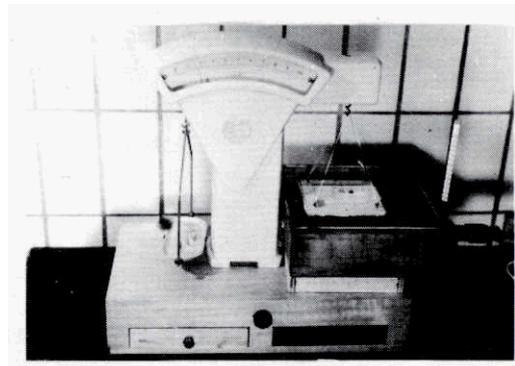


Abb. 23: Messen der Abreißkraft von textilen Prüflingen von einer Wassergrenzfläche

**Elektrostatische Aufladung**

Die elektrostatische Aufladung von Textilien unter bekleidungsphysiologischen Gesichtspunkten wird in zweifacher Hinsicht diskutiert: Einmal ergibt sich die Frage, ob die Aufladung der Textilien im normalen Gebrauch schädliche oder auch nur nachteilige Folgen haben kann, zum anderen ist hin und wieder die Rede von einer rheumalindernden Wirkung von Fasern mit hoher elektrostatischer Aufladung. Zunächst sei auf die Aufladung der Textilien bei normalem Gebrauch hingewiesen. In Tabelle 4 sind die Werte des Oberflächenwiderstandes, gemessen mit einer intern standardisierten Elektrodenanordnung, dargestellt.

**Tabelle 4: Oberflächenleitfähigkeit verschiedener Textilien**

Textil	30% rel. F.		65% rel. F.	
	gewaschen	ausgerüstet	gewaschen	ausgerüstet
Baumwolle	$> 10^{12}$	$10^{10} - 10^{11}$	$10^{10} - 10^{12}$	$10^8 - 10^{10}$
Wolle	"	$10^{11}$	$10^{11}$	$10^9 - 10^{10}$
Polyester	"	$> 10^{12}$	$> 10^{12}$	$10^9 - 10^{11}$
Polyamid	"	$> 10^{12}$	$> 10^{12}$	$10^9 - 10^{12}$
Polyacrylnitril	"	$> 10^{12}$	$> 10^{12}$	$10^9 - 10^{12}$

Der Oberflächenwiderstand ist ein Maß für die Neigung zur Aufladung eines Textils. Erfahrungsgemäß ergeben sich keinerlei Aufladungserscheinungen, wenn der Oberflächenwiderstand unterhalb  $10^{10}$  Ohm liegt; oberhalb dieses Wertes ist mit Aufladungen zu rechnen. Aus der Tabelle erkennt man, daß bei niedriger Luftfeuchte (r.LF = 30 %) bei gewaschenen Textilien praktisch keines der üblichen Materialien frei von Aufladungen ist.

Durch Ausrüstung mit geeigneten Produkten gelingt es, die Baumwolle an die Grenze der Aufladbarkeit heranzubringen, alle anderen Textilien, einschließlich der Wolle, laden sich noch auf. Günstiger liegen die Verhältnisse bei gewaschenen Textilien bei 65 % rel. Feuchte. Mit antistatischer Ausrüstung werden alle Textilien bei 65 % rel. Feuchte mit Sicherheit unempfindlich gegen Aufladungen. Es ist kaum möglich, daß gesundheitliche Schäden durch Aufladung von Textilien, insbesondere Mischtextilien, entstehen können.

Die Berufsgenossenschaften erlassen besondere Vorschriften für den Umgang mit brennbaren Stoffen in zündfähigen Konzentrationen. In diesen Vorschriften wird neuerdings kein Unterschied mehr zwischen Textilien aus natürlichen oder synthetischen Fasern gemacht. Kriterium ist in allen Fällen nur noch der gemessene Oberflächenwiderstand. Wenn einesteils eine gesundheitliche Schädigung des Trägers eines Textils durch elektrostatische Aufladung nicht nachweisbar ist, so ist die behauptete Heilwirkung bei Rheumalerkrankungen bis jetzt auch nicht nachgewiesen<sup>8)</sup>.

**Trageversuche**

Trageversuche gehören einerseits zur wichtigsten Beurteilung unserer Bekleidung bei ihrer Entwicklung hinsichtlich ihrer mechanischen Stabilität bzw. ihren technologischen Eigenschaften. Andererseits gehören sie mit zum Hauptbestandteil bekleidungsphysiologischer Untersuchungen, indem die physikalischen und strukturellen Eigenschaften zur Beurteilung des Behaglichkeitsgefühls des Trägers herangezogen werden.

Neuerdings sind bei der Durchführung von Trageversuchen nicht nur die subjektiven Empfindungen des Trägers zu registrieren, sondern die Feststellung des Behaglichkeitsgefühls wird mit den im Labor gemessenen physikalischen Daten verglichen. Bei 80 durchgeführten Trageversuchen mit nahezu 1000 Tragestücken zur Beurteilung mechanisch-technologischer Eigenschaften wurden die einzelnen Gewebeannten unter anderem einer Untersuchung am Hohensteiner Meßgerät unterworfen. Während fast alle Träger das Trageempfinden unter normalen Bedingungen als gut und angenehm vermerkten, ergaben sich bei den physikalischen Meßwerten jedoch Unterschiede.

Für weitere Versuche und Untersuchungen wird hieraus die Folgerung gezogen, daß ein Zusammenhang zwischen Meßwerten und subjektiver Empfindung durch die weite Variation der physikalischen Meßwerte an ein und derselben Textilart unter normalen und höheren Leistungsanforderungen zu suchen ist.

Umgekehrt zeigte diese Untersuchungsreihe, daß ein größerer Schwankungsbereich der physikalischen Daten für den Normalträger unter normalen Bedingungen trotz verschiedener Faserarten, Konstruktionen und Mischungen möglich ist, ohne das subjektive Empfinden zu beeinflussen. Erst bei relativ starker Einwirkung der Außentemperatur einschließlich Strahlung bzw. bei wesentlich höherer Arbeitsleistung, das heißt unter extremen Versuchsbedingungen, können Unterschiede in der Behaglichkeit festgestellt werden, die dann auch generell für die Praxis aussagekräftig sind. Anschließend wurden alle gemessenen Daten, wie Dichte, Gewicht, Luftdurchlässigkeit, Wärme- und Feuchtedurchgang, durch Ausgleichsrechnung im Computer ausgewertet.

Wiederum wurde, wie die Abbildungen 24 und 25 zeigen, ein angenähert hyperbolischer Verlauf zwischen den Wärme-

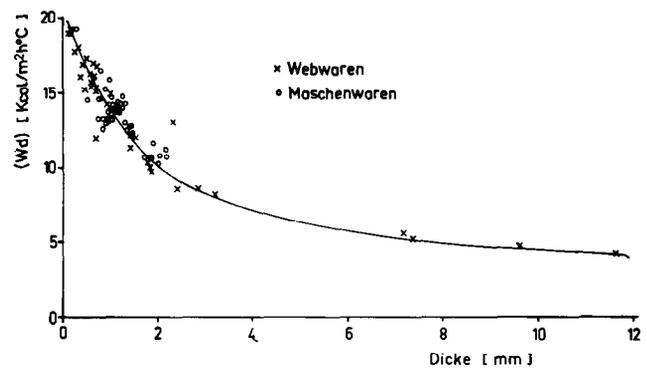


Abb. 24: Wärmedurchgang von in Trageversuchen eingesetzten Web- und Maschenwaren

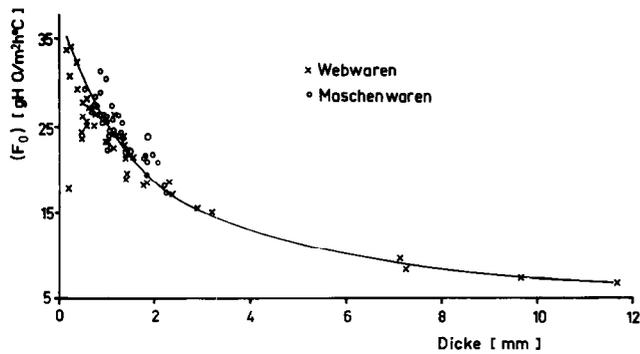


Abb. 25: Feuchtedurchgang von in Trageversuchen eingesetzten Web- und Maschenwaren

und Feuchtedurchgangswerten und der Dicke errechnet, während zwischen allen anderen Parametern kein funktio-neller Zusammenhang feststellbar war. Durch künftige Messungen von Wärme und Feuchte zwischen den Schichten der Kleidung direkt am Menschen mit Hilfe der Telemetrie werden sicherlich weitere Aussagen möglich sein und neue Zusammenhänge gefunden werden.

#### Zusammenfassung

Es wurde ein Streifzug durch die bekleidungsphysiologische Forschung unternommen, verschiedene Meßverfahren wurden vorgestellt sowie Versuchs- und Untersuchungsergebnisse diskutiert.

Dabei ergibt sich, daß für den Wärme- und Wasserdampfdurchgang von Textilien nicht die Faserart, sondern die Konstruktion bzw. die Geometrie des Gewebes und des Gewirkes die entscheidende Rolle spielt. Bei bestimmter Dicke wird bei Wärme- und Wasserdampftransport ein stationärer Zustand erreicht, der sich in einem Einzelwert des angenähert hyperbolischen Verlaufs darstellt und der bei Betrachtung physikalischer Gesetze zu erwarten ist.

Der Feuchtetransport in der flüssigen Phase ist bei synthetischen Fasern auf Grund ihrer ausgeprägten hydrophilen Oberfläche besonders groß. Der sehr hohe kapillare Feuchtedurchgang bei ihnen ist für das laufende Druckgefälle bzw. für die Partialdruckänderung in der Kleidung und für hohe Feuchteaufnahme und kurze Trocknungsdauer, für das Nachsaugen neuer Feuchtemengen bei konstant bleibender Geometrie (keine Quellung) des Gewebes und somit für die Steuerung des Mikroklimas von besonderer Bedeutung. Da die Auflagefläche von Textilien auf der Haut eine Rolle spielen kann, werden sich Gewebe oder Gewirke aus Stapelfasern im Bereich des Mikroklimas besonders dann günstig verhalten, wenn der Körper die Feuchtigkeit in der nassen Phase abgibt.

Zusammenfassend darf gesagt werden, daß die Geometrie des Gewebes, das Porenvolumen und somit die Luft als Isolator die physikalischen und physiologischen Parameter bestimmen.

Einschränkend muß hier auf Grund jüngster Erkenntnisse gesagt werden, daß der Größe des Einzelvolumens bzw. der

Einzelporen Grenzen in bezug auf ihre Isolierwirkung gesetzt sind. Bei allzugroßem Volumen wird der stationäre Zustand gestört. Hierdurch kann durch die Körpertemperatur sowie durch die geringste Änderung der Außenbedingungen eine relativ starke Konvektionsströmung in der Kleidung einsetzen, die zwar von Fall zu Fall erwünscht sein mag, für die Wärmehaltung aber nicht erwünscht ist.

#### Ausblick

Aus allen diesen Ausführungen ist ersichtlich, daß die bekleidungsphysiologische Forschung notwendig ist. Faserhersteller und Faserverarbeiter sowie die Konfektionäre der Bekleidung müssen erkennen, daß der Weg zu optimaler Kleidung nur über die systematische Forschung und Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse aus der Praxis geht. Was nützt jede textile Forschung dieser Art, wenn zum Beispiel bei der Konfektion dem Schnitt und der Paßform keine Beachtung geschenkt wird. Zuletzt sind wir alle angesprochen, wenn wir uns nicht richtig kleiden.

Bei der Weiterentwicklung unserer Kleidung ist es daher unbedingt notwendig, im Hinblick auf die vielfältigen Rohstoffangebote, insbesondere der synthetischen Fasern mit ihren hervorragenden Eigenschaften, durch optimale Gestaltung der Textilien bei Berücksichtigung des Verwendungszweckes, durch Ermittlung der optimalen Konstruktion und textilen Parameter unter dem Gesichtspunkt der bekleidungswissenschaftlichen Erkenntnisse und Forderungen für ein optimales Behaglichkeitsgefühl Sorge zu tragen.

Wenn auch hier noch viel Forschung zu leisten ist, so zeichnet sich heute schon die Erkenntnis deutlich ab, daß der Weg zu moderner, gesunder und zweckmäßiger Kleidung, zu der sogenannten „geplanten Kleidung“ führt, wobei der Entwicklung wie der Mode keine Grenzen gesetzt sind.

Im heutigen Zeitalter des sozialen Wohlstandes und einer ständig zunehmenden Weltbevölkerung ist eine moderne, angenehme, gesunde, hautverträgliche, pflegeleichte und trotzdem preiswerte Kleidung ein entscheidender Fortschritt. Der hierzu notwendige Beitrag seitens unserer Kleidung wäre nicht ohne die synthetischen Fasern denkbar, und eine weitere Steigerung unseres Lebensstandards in der Zukunft ist nicht möglich ohne die Chemiefasern.

#### Literatur:

- 1) H. Klauer und F. Schmieder; Melliand Textilber. **1963**, 33-36
- 2) J. Mecheels, A. Kling und G. Döhlemann; Melliand Textilber. **1962**, 585-588
- 3) Cl. Sustmann; Erfahrung und Forschung (Veröffentlichung der Ingenieurschule für Textilwesen, Aachen), 12/1961, 1-6/1963
- 4) F.B. Kaljnizkij; Tekstil Prom. **1963**, 35-36
- 5) H. Klauer; Chemiefasern (12), **1968**
- 6) Polster und Olearczyk; Melliand Textilber. (6), **1968**
- 7) Fourt, Craig and Rutherford; Text.Res.J. **1957**, 362-368
- 8) H. Steinbach; Sportarzt und Sportmedizin **1968**, 234-236

**Diskussion**

**Mecheels:** Herr Dr. Welfers, Sie haben in einem Ihrer ersten Dias gezeigt, daß die Wärmeisolation eines Stoffes - Sie brachten den Rezipientwert oder den Wärmedurchgang davon - nur von dessen Dicke abhängig ist, im übrigen auch von der darin eingeschlossenen Luftschichtdicke, aber sonst praktisch von nichts anderem.

Das ist enorm, wenn man die Diskussionen bedenkt, die jahrzehntelang - seit der Jahrhundertwende - gehalten worden sind. Die einen haben gesagt: 'Mein Anzug muß nur aus dieser Faser bestehen, mein Anzug nur aus jener und meiner auch noch aus einer dritten.' Und jetzt haben wir gesehen, daß zumindest die Wärmeisolation nur von der Dicke, nur von der Konstruktion abhängt.

Weiters zeigten Sie, daß der Feuchtedurchgang durch Textilien ebenfalls auch nur von der Dicke abhängt, und da fängt nun meine Diskussionsbemerkung eigentlich an. Sie erwähnten in Ihrer abschließenden Zusammenfassung, daß auch die Benetzbarkeit der Faseroberfläche auf den Feuchtedurchgang irgendeinen Einfluß habe und daß die Stapelfasern, das heißt also die Spinnfasergarne, andere Eigenschaften hätten als die Endlosgarne.

Wenn nun der Feuchtedurchgang nur von der Dicke und von der Konstruktion abhängt, so möchte ich doch fragen, ob ich richtig gesehen habe, daß Sie hier nur die Wasserdampfdurchlässigkeit ohne Anlegen einer Temperaturdifferenz zwischen den beiden Stoffoberflächen gemessen haben, in Ihrer Abschlußbemerkung aber auf Dinge hinweisen, die dann vorhanden sind, wenn ein Stoff in einer Temperaturdifferenz zwischen Körperoberfläche und Umgebung liegt?

**Welfers:** Im Augenblick messen wir differenziert, das heißt einmal die Wärme allein und einmal die Feuchte allein. Eine zweite Apparatur wird demnächst fertig, und dann sind wir in der Lage, das zu messen, was in Wirklichkeit am Menschen selbst vor sich geht, nämlich den Wärme- und den Feuchtedurchgang zu gleicher Zeit.

Wenn meine Ausführungen über die Nachteile der Endlosware so aufgefaßt werden, daß alle diese Textilien Nachteile haben, dann möchte ich selbstverständlich die texturierten Garne ausgeschlossen wissen. Die Ausführungen beziehen sich also auf ein völlig glattes, planaufliegendes Gewebe.

Herr Professor Eyer in München hat durch zahlreiche Untersuchungen die Irritationen, die solche Gewebe auf der Haut hervorrufen, eindeutig nachgewiesen. Wie entscheidend das Mikroklima beeinflusst wird, haben Sie an einem Dia gesehen. Hier haben wir zunächst die Feuchte in den Teilklimata am Körper noch nicht gemessen, sondern nur vorsichtig mit einer physikalischen Untersuchung darauf hingewiesen.

Wenn wir vom Mikroklima sprechen, so kann natürlich nur von Wäsche und Unterwäsche, nicht aber von Oberbekleidung die Rede sein. Ein Gewebe aus Stapelfasern kann eben nie so flach, so plan aufliegen wie ein völlig glattes Gewebe - Sie haben das geschorene und das ungeschorene Textil ja vorher im Bild gesehen.

**Thater:** Sie haben vom Rohstoff gesprochen, und von den Bedingungen, die Sie bei Feuchte- und Wärmetransport angewandt haben. Inwieweit haben Sie bei Ihren Untersuchungen die Ausrüstung berücksichtigt? Die Fasern können doch dadurch verändert werden! Ich denke vor allem an Ihr Dia über Berufskleidung - Polyester/Baumwolle im Verhältnis zu Baumwolle -, wo es das Ziel war, ein leichteres Gewebe mit gleicher Wärmeisolation zu bekommen. Ging die Ausrüstung da mit ein?

**Welfers:** Zu jedem Punkt, den ich brachte, hätte man eigentlich einen Vortrag halten können. Ich wollte Ihnen ja in erster Linie eine Übersicht über das Riesengebiet der Bekleidungsphysiologie geben. Grundsätzlich sind wir bei allen Messungen von Geweben ausgegangen, die gewaschen waren, das heißt, wir wollten in jedem Falle Präparationen oder spezielle Ausrüstungen vermeiden.

Die textilen Prüflinge wurden so, wie sie draußen vom Menschen getragen werden, eingesetzt. Nur bei Decken haben wir Textilien vom Markt genommen und sie gemessen. Wir haben also nicht speziell die Ausrüstungsverfahren beachtet. Für die Zukunft wird das be-

stimmt gemacht werden müssen, denn Sie haben vollkommen recht, die Ausrüstung geht nämlich direkt ein.

Ein Polyestergewebe, das besonders hydrophil an der Oberfläche ist, haben wir mit einer Fluorverbindung gepfropft. Es wurde dadurch permanent hydrophob gemacht, und Sie sehen, wenn ich die Pfropfung als eine Art Ausrüstung betrachte, wie diese hier eingeht.

Vielleicht darf ich an dieser Stelle auf etwas hinweisen: Wir wissen, daß in der angelsächsischen Sprache 'hydrophobic' etwas anderes bedeutet als bei uns 'hydrophob'. Leider sehen Sie in Patentanmeldungen oder in der Literatur laufend: 'Die hydrophilen synthetischen Fasern werden hydrophobiert und die hydrophoben Synthetics werden hydrophiliert'.

Meine Damen und Herren, hydrophil und hydrophob kommen aus der physikalischen Chemie und charakterisieren in erster Linie die hydrophile und hydrophobe Endgruppe. Eine Carboxylgruppe oder eine OH-Gruppe ist eine hydrophile Gruppe; somit sprechen wir, oder sollten wir wenigstens alle von einer hydrophilen und von einer hydrophoben Oberfläche sprechen. Alles, was das 'Seelenleben' der Faser angeht - in bezug auf die Wasseraufnahme -, sollten wir einfach so ausdrücken, wie die Wolle es sehr klassisch von sich selber sagt: 'Sie ist hydrophob an der Oberfläche, sie hat eine hydrophobe Oberfläche, aber sie ist besonders hygroskopisch'.

Ob 'hygroskopisch' der ideale, beste Ausdruck ist, das lasse ich dahingestellt - aber dann sprechen wir in Zukunft alle, wenigstens in der deutschen Sprache, eine eindeutige Sprache. Herr Professor Köb hat ja gestern bereits darauf hingewiesen, daß wir dann das Durcheinander im Sprachgebrauch in Zukunft vermeiden können.

**Albrecht:** Vielen Dank, Herr Dr. Welfers. Ich glaube, diese letzte Klarstellung dürfte eine allgemeine Bedeutung haben, und die sollte jetzt wirklich einmal in die Literatur eingehen, um diesem - ja, ich würde fast schon sagen - Durcheinander ein Ende zu machen.

**Thater:** Sie sprachen kurz die Mode an und sagten, die Mode wäre ja eigentlich im Sinne der Bekleidungsphysiologie oder parallellaufend dazu unbegrenzt.

**Welfers:** Da haben Sie mich mißverstanden. Ich wollte sagen, daß wir in Zukunft die Entwicklung der Kleidung dahingehend lenken sollten, daß wir von den Zielen oder von den Erkenntnissen der Bekleidungsphysiologie am Menschen oder von physikalischen Grundlagen ausgehen, ohne der Mode und der Entwicklung Grenzen zu setzen.

**Thater:** Ich habe schon verstanden. Ich habe aber den Eindruck, daß die Mode oft ganz andere Wege geht, daß die Bekleidungsphysiologie da fast uninteressant ist.

**Welfers:** Jawohl, Herr Dr. Thater, ich brauche nur das Wort 'Wintersportbekleidung' zu nennen, und wir können uns darüber eine Stunde lang unterhalten. Hier liegt die Mode völlig daneben. Aber die Damen wollen diese engen Maschenwaren, die physiologisch völlig falsch sind, sie werden gekauft und sie werden getragen. Wenn wir nicht alle hier ein bißchen mithelfen, dann ist die ganze bekleidungsphysiologische Forschung für die Zukunft nutzlos.

**Thater:** Das Vernünftige ist nicht unbedingt das Modische.

**Albrecht:** Aber ich glaube, wir sollten ja auch mit unseren Überlegungen nicht unmittelbar bei der *Interstoff* oder bei sonstigen modischen Damenausstellungen anfangen, sondern wir sollten wirklich bei der Berufskleidung beginnen, wo diese Argumente eine ganz entscheidende Rolle spielen und wo wir heute definitiv wissen, wieviel noch falsch gemacht wird.

**Diebschlag:** Herr Dr. Welfers, haben Sie den Behaglichkeitsfaktor der elektrostatischen Aufladung irgendwie einmal mitgemessen oder berücksichtigt?

**Welfers:** Ich habe dieses Dia, das zwar in den schriftlichen Niederlegungen gebracht wurde, herausgenommen, weil es mit zur Hygiene gehört und ich hier Herrn Professor Carrié nicht vorgehen wollte. Ich habe dieses Dia jetzt leider nicht zur Hand. Wir haben die elektrostatische Aufladung gemessen, und Sie haben vollkommen recht, dieses Gebiet gehört auch mit in die Bekleidungsphysiologie.

Mit dem Teraohmmeter von Siemens und einer dafür entwickelten Elektrode haben wir festgestellt, daß sich alle Fasern bei 30 % rela-

tiver Feuchte aufladen. Bei 65 % relativer Feuchte und einer vernünftigen Ausrüstung kann jede Faser die Hürde nehmen, wenn wir die Grenze nach unseren Messungen mit  $10^{10}$  bis  $10^{11}$  Ohm Oberflächenwiderstand annehmen.

Die elektrostatische Aufladung von Textilien ist nach unserer Auffassung weder von Vorteil noch von Nachteil für den menschlichen Körper. Zu diesem Punkt gehört natürlich auch Wäsche, Rheumawäsche vor allem, über die sehr viele Arbeiten gerade aus Frankreich erschienen sind. Es sind dies mehr Arbeiten und Untersuchungen aus der Praxis - wissenschaftlich ist die Angelegenheit allerdings noch nicht bewiesen. Wir wissen, daß zum Beispiel in der Bundesrepublik an der Universität Mainz Herr Professor Steinbach in Verbindung mit der Nervenklinik auf diesem Sektor arbeitet, um hier Klarheit zu schaffen.

**Lako:** Herr Dr. Welfers, haben Sie bei Trageversuchen zu erfassen versucht, was eine Person empfindet, wenn sie von einem Klima in ein anderes wechselt?

Messungen, die mit Physiologie zu tun haben, werden statisch ausgeführt - die dynamischen Übergangszustände sind meines Erachtens aber auch sehr wichtig, weil man diese als weitaus unangenehmer empfindet. Haben Sie Messungen über Wärmestrahlung ausgeführt? Wenn man sich in einem kalten Zimmer befindet, ist dies von Bedeutung, aber auch umgekehrt, wenn man im Sommer läuft. Haben Sie Erfahrungen mit dem Einfluß von Gewebekonstruktion, zum Beispiel von der Stoff- oder der Faserart, auf die Streuung?

**Welfers:** Wir sind dabei, physikalisch die Bedeutung oder den Einfluß der Oberfläche eines Textils quantitativ zu erfassen. Sie haben vollkommen recht, es geht vor allem die Farbe ein: die Reflexion bei einem weißen Gewebe und umgekehrt, die starke Absorption an der Oberfläche bei einem schwarzen Gewebe.

Jeder weiß, daß im PKW ein schwarzes Dach eben wärmer ist als ein weißes. Hier geht auch - soweit wir bisher schon Untersuchungen haben - die Konstruktion ein. Allzuviel kann ich darüber nicht sagen, weil wir diesbezüglich zwar die Problematik erfassen, aber noch zu wenige Versuchs- und Meßergebnisse vorliegen haben.

Zu Ihrer ersten Frage möchte ich sagen, daß der Klimawechsel selbstverständlich eine entscheidende Rolle spielt. Mir ist nur nicht ganz klar, wie dieser Klimawechsel stattfinden soll. Das Grundgesetz, wonach wir uns richten, ist doch dies, daß ich dann, wenn ich in ein kaltes Zimmer gehe, oder besser, wenn ich in eine kalte Gegend fahre, einen Mantel mitnehmen muß - wenn aber die Sonne scheint, brauche ich den Mantel nicht anzuziehen.

**Lako:** Meine Frage war ganz allgemein. Man beschreibt vorwiegend statische Erfahrungen von Klimabehaglichkeit; ich glaube aber, daß die Unbehaglichkeit dann am größten ist, wenn man dynamisch von einem Klima ins andere wechselt. Haben Sie in Ihren Trageversuchen schon darauf geachtet?

**Welfers:** Nein, Herr Lako. Sie haben ja gesehen, wie träge Trageversuche beurteilt wurden, in welchen weiten Grenzen sie ausgewertet werden konnten, ohne praktische Ergebnisse, obwohl wir im Laboratorium physikalische Unterschiede festgestellt haben.

Wenn man auf solche Unterschiede in Zukunft eingehen will, dann bleibt nichts anderes übrig, und das ist auch vorgesehen, daß man am Menschen mißt, und wir kommen ohne diese Messungen nicht weiter. Die Teilklimata am Körper, die Feuchte und die Wärme im gewirkten oder gestrickten Unterhemd bzw. im Anzug müssen bestimmt und dann mit der Außentemperatur und der Außenfeuchtigkeit verglichen werden.

**Balmer:** Haben Ihre Versuche über den Transportmechanismus gezeigt, ob laminare Strömungen von der aktivierten Diffusion getrennt werden konnten?

**Welfers:** Von welchen laminaren Strömungen innerhalb der Kleidung bzw. in der Zone des Mikroklimas sprechen Sie?

**Balmer:** Innerhalb des Textilprüflings.

**Welfers:** Wir haben dazu nur zum Teil Ergebnisse vorliegen. Diese Frage könnte man aber nur durch Versuche, die ich bereits ange-

deutet habe, bei denen nicht nur physikalisch im Laboratorium gemessen wird, sondern am Menschen selbst, geklärt werden.

**Laub:** Herr Welfers, ich bin fast ein bißchen irritiert über die Vereinfachung, die Sie in das Gesamtproblem hereingebracht haben, so erfreulich Vereinfachungen sind. Im Prinzip haben Sie ein Modell erstellt, das man sich auch überlegen kann, wenn man ganz unvoreingenommen an die Frage des Austausches von Feuchtigkeit und Temperatur, bzw. der Kontrolle der beiden Phänomene, durch ein Textil herangeht.

Der Schluß, daß ein Textil ein Konvektionsstopper sei, der die Wärme nur durch den bekannten gaskinetischen Vorgang übertragen kann und leider für den Feuchtigkeitsaustausch auch auf reine Diffusionsphänomene angewiesen ist, liegt nahe. Danach würde ja die ganz einfache Konsequenz folgen: Wenn man sich warmhalten will, muß man ein möglichst dickes Textil tragen und die Herabsetzung des Feuchtigkeitsaustausches in Kauf nehmen, der sich daraus mehr oder weniger zwangsläufig ergibt.

Was mich sehr überraschte, war Ihre Aussage, es spiele also nur die Geometrie des Textilstoffes eine wesentliche Rolle - das Material mit seinen Eigenschaften leiste gar keinen Beitrag.

Bewußt möchte ich jetzt einmal den Austausch flüssiger Feuchtigkeit, also flüssiges Wasser, ausklammern. Ich spreche nur über den Feuchtigkeitsaustausch in der Gasphase. Diese Ihre Aussage und das Diagramm, das wir gestern im Rahmen des Vortrags von Herrn Kaswell sahen, aus dem man entnehmen konnte, daß bei zunehmender Textildicke die Gleichgewichtsfeuchtigkeitsaufnahme des Materials im Sinne der Wasseradsorptionsisotherme des Materials eine zunehmende Rolle zu spielen beginnt, machen mich ein bißchen unsicher, ob die Vereinfachung in der radikalen Form, wie Sie sie heute gegeben haben, wirklich zutreffend ist - umso mehr, als ich persönlich die Erfahrung machte, daß ein Polyester/Wolle-Anzug, der ja doch über dem Hemd getragen wird (also nicht am Körper aufliegt), mir das Gefühl gibt, ich sei so ein bißchen in einem Brutkasten - verglichen mit einem Anzug aus reinem Wollstoff.

**Welfers:** Wir sind uns darüber im klaren, daß die Dinge viel komplizierter und verwickelter sind. Ich habe ganz deutlich gesagt, daß wir zunächst mit dem uns zur Verfügung stehenden Modell nur den Wärme- und den Feuchtedurchgang hintereinander messen können und daß wir demnächst erst mit dem Komplizierteren beginnen. Unsere physikalischen Messungen stellen im Augenblick nichts anderes als Vergleichswerte dar, wie das ja auch gestern bei Herrn Kaswell der Fall war. Absolut können wir im Augenblick über diese Werte überhaupt nichts sagen - nur relativ zur Steuerung der Entwicklung.

Hat sich der Prüfling A im Trageversuch bewährt, so können wir auch andere Textilien mit dem Prüfling A vergleichen. Seine physikalischen Daten können dann helfen, die Entwicklung so zu lenken, daß andere Textilien genau dahin gebracht werden

Ihre Bemerkungen über den Anzug aus Wolle oder aus Polyester/Wolle ist sehr subjektiv, sehr vag. Wenn einer sagt: 'Ich schwitze in diesem Anzug mehr als in dem anderen!', dann müßte er exakte Klimabedingungen haben, exakte Vergleichsmöglichkeiten seines Zustands; er muß ganz klar wissen, was er zum Beispiel gegessen hat, wieviele Kalorien er umsetzt, wieviel Feuchte er in Freiheit setzt. Man kann nicht einfach sagen: 'Dieser Anzug ist gleich jenem Anzug.'

Wir sind nicht einmal bei exakten Trageversuchen in der Lage, quantitative Aussagen zu machen. Wenn Sie ein besseres Behaglichkeitsgefühl in dem Reinwollanzug haben sollten, dann kann der Polyesteranzug vielleicht zu dicht konstruiert sein, dann kann die Luftdurchlässigkeit zu gering sein, oder das Verhalten des Trägers ist nicht normal. Das stimmt auch mit Herrn Kaswell überein - das Porenvolumen ist zum Beispiel wichtig.

Manche Textilien - gleich aus welchen Fasern - kommen auch manches Mal völlig falsch konstruiert auf den Markt. Von der Chemiefaserindustrie wurden etwa vor zehn Jahren gerade auf diesem von Ihnen erwähnten Sektor Gewebe angeboten, die bestimmt nicht optimal waren. Allein schon, wenn Sie den Drehungskoeffizienten  $\alpha$  betrachten, verhält sich eine glatte Polyesterfaser anders als Wolle,

die eben eine andere Oberfläche hat und somit eine andere Drehung beansprucht als Polyesterfasern.

Wenn bei Ihnen das Behaglichkeitsgefühl so entscheidende Unterschiede zeigte, so kann das in erster Linie durch die Feuchtigkeit verursacht worden sein - egal, ob sie in der flüssigen Phase, also wenn Sie direkt geschwitzt haben, oder in der Gasphase durch Kondensation in Ihrer Kleidung zustande kam.

Bitte, machen Sie doch einen kleinen Test: Nehmen Sie einen Schonbezug aus irgendeinem Material, völlig luftundurchlässig - es sind genügend auf dem Markt -, und nun setzen Sie sich mit Ihrem Polyester/Wolle-Anzug an einem heißen Tag ins Auto und dann fahren Sie eine halbe Stunde. In einem zweiten Fall machen Sie dasselbe mit einem Wollstoffanzug. Ich habe den Versuch unfreiwillig selbst gemacht: in beiden Fällen war der Unterschenkel feucht - also war die Wolle nicht in der Lage, das Wasser zu binden.

**Albrecht:** Ich möchte zum Anzug noch eine Ergänzung geben, die meines Erachtens sehr wichtig ist und an das anknüpft, was Herr Professor Schenkel gestern sagte. Der Anzug ist ja schließlich ein industriell verkonfektionierter Artikel, und es geschieht vieles damit, was mit Bekleidungsphysiologie überhaupt nichts mehr zu tun hat. Für eine Ostasienreise würde ich daher Polyester/Wolle bzw. Polyester/Zellwolle empfehlen und darauf achten, daß der Anzug entsprechend konfektioniert wird - das ist das Wesentliche!

**Laub:** Ich wollte nur an sich versuchen sicherzustellen, wie weit dieses erfreulich einfache Schema wirklich gilt. Ich habe Sie, Herr Welfers, jetzt so verstanden, daß Sie von Ihrer Seite auch noch eine kleine Einschränkung machen. Die letzten Verfeinerungen - und dabei können sich eventuell Materialdifferenzen ergeben - stehen noch aus, und die Ergebnisse müssen wir noch abwarten. Ist das etwa richtig?

**Welfers:** Jawohl. Für Oberbekleidung habe ich überhaupt keine Bedenken, da sehen wir klarer als je. Die Unterbekleidung, die eigentlich nicht Gegenstand meines Vortrags war und die ich hier nur gestreift habe, gibt noch Probleme, und diese Probleme müssen in Zukunft gelöst werden.

Inwieweit eine Faserabhängigkeit bei der Strukturabhängigkeit mitspielt, müssen wir herausfinden. Da muß einmal gemessen werden - und zwar nicht nur physikalisch, sondern hier kann nur der Mensch entscheiden. Wenn das Mikroklima nicht stimmt, dann stimmt letzten Endes auch das arbeitsphysiologische Verhalten nicht, und dann kann der Transport durch die übrige Oberbekleidung auch negativ beeinflusst werden. Vielleicht sind hier bei Ihnen vom Mikroklima her nicht die optimalen Bedingungen gegeben.

Ich möchte nur noch einmal unterstreichen, daß man nicht so pauschal sagen kann: „Der Anzug A trägt sich besser als der Anzug B.“ Dazu müßten Sie nochmals die Konstitution des Organismus feststellen und vergleichen. Sie können nicht einmal, wenn wir heute von 2 bis 4 Uhr eine Messung machen, diese von 4 bis 6 Uhr an einem Probanden wiederholen. Das wird Ihnen jeder Mediziner bestätigen.

**Laub:** Man sollte sich als Naturwissenschaftler nicht so exponieren, wie ich es getan habe. Ich hätte also voranstellen müssen, daß meine Bemerkung bloß ein reiner Diskussionshinweis ist, den ich gegeben habe. Ich weiß natürlich, daß man reproduzierbare Experimente anders durchführt.

**Mecheels:** So einfach, wie Herr Dr. Welfers die Vereinfachung hier angedeutet hat, ist die Sache auf der einen Seite nicht ganz, aber so einfach, wie Sie es nun aus Ihrer subjektiven Empfindung bemerken, ist sie andererseits auch nicht.

Gestatten Sie mir daher eine kleine Vorschau auf meinen morgigen Vortrag. Man hat gesagt, man fühle sich in tropischen oder in subtropischen Ländern eben doch wohler, wenn man einen Anzug aus quellbaren Fasern an habe. Ich bin selbst ganz verwundert, daß ich mich gestern ausgesprochen wohlgeföhlt habe - hier, in diesem Raum -, daß ich den ganzen Tag den Rock nie ausziehen brauchte, weil es mir nicht zu warm war. Heute scheint ein wärmerer Tag zu sein, ich habe nämlich ein anderes Hemd an. Das Hemd, das ich ge-

stern an hatte - also wohlgerneht, da, wo mir sehr wohl war -, das war aus 100 % Nylon. Das ist allerdings ein Hemd, das nicht auf dem Markt käuflich ist. Heute aber habe ich ein Hemd aus demselben Material an wie Sie fast alle, das durchaus nicht schlecht ist - aber das von gestern war eben besser.

Ich wollte damit nur sagen: Diese Vereinfachung, daß man sagt, die Faser muß quellbar sein, die ist auch nicht ganz zulässig.

**Welfers:** Ich habe im Augenblick, wo ich hier sitze, ein Unterhemd aus 100 % Baumwolle an. Gerne möchte ich Ihnen damit ein Rechenbeispiel für die verschiedensten Fasern und Mischungen vorführen. Sie könnten spielend ein, zwei, drei Liter Flüssigkeit heute Nachmittag abgeben (für das Fußballspiel in Mexiko wurden im Fernsehen vier Liter genannt).

Wiegen Sie das Baumwolltrikot absolut trocken und dann rechnen Sie die Feuchtigkeitsaufnahme beim Quellungsmaximum aus. Ferner berücksichtigen Sie, daß kein Luftdurchgang im gequollenen Zustand und somit kein Feuchteaustausch stattfindet. Dann setzen Sie die Feuchtaufnahme der wahren, vom Körper produzierten Menge in Beziehung: die Zahlen stehen in keinem Verhältnis.

**Albrecht:** Schönen Dank. Wir haben einen guten Einblick in das Konstruktionsbüro des Bekleidungsphysiologen bekommen, doch scheint es, daß von diesem Konstruktionsbüro noch eine ganze Menge an Detailarbeit zu leisten ist, um nun diese unter Umständen vorhandenen Vorurteile auszuräumen und die Bekleidungsphysiologie auf eine exakte wissenschaftliche Grundlage zu stellen.

## KORROSIONSSCHUTZ W. HÖHNEL KG.

Sandstrahl-, Flammstrahl-, mechanische Entrostung,  
staubfreies Sandstrahlen mit Vacu-Blast,  
Naßstrahlen, Schutz- und Industrieranstriche aller Art,  
Behälterauskleidungen mit lösungsmittelfreiem  
Kunststoff,  
Holzschutz, Isolierungen und Streichgummierungen,  
Metallspritzten von Zink, Aluminium und Aluminium-  
legierungen, kathodischer Korrosionsschutz,  
Klimatisierung zur Trockenlegung von  
schwitzwasserfeuchten Anlageteilen.

**A-4021 LINZ/DONAU, BISCHOFSTRASSE 5**  
TELEFON 22 101, 22 102, 28 174, FS 02 1469  
POSTFACH 202, TELEG. HÖHNEL KG. LINZ

## Zur Wirkung von Chemiefasertextilien auf die gesunde und auf die krankhaft veränderte Haut des Menschen

Professor Dr. med. C. Carrié  
Direktor der Hautklinik der  
Städtischen Krankenanstalt Dortmund

Bei der Prüfung von Textilien - gleich welcher Faserart - ist nicht die Faser ausschlaggebend, sondern das Gewebe. Vielfach wird aus nicht-medizinischen Gründen die Eigenschaft der Faser in den Vordergrund gestellt bzw. falsch interpretiert.

Wenn man die Wirkung von Textilien auf die Haut prüfen will, so muß man wissen, daß nur die Hautoberfläche von den Textilien beeinflusst wird. Die Haut besteht aber aus vielen Schichten. Neben ihrer anatomischen Beschaffenheit sind auch noch ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften zu beachten. Man muß also fragen, welche Wirkung geprüft werden soll.

Der Einfluß der Textilien auf den Chemismus der Hautoberfläche, auf die Lipide sowie auf den Wassergehalt (Schweiß) ist wichtig.

Die Variabilität der Hautoberfläche ist außerordentlich groß. Der Schweiß- und Talggehalt, die Durchblutung oder das Hautoberflächenrelief ändern sich von Minute zu Minute. Lediglich in der Klimakammer kann man einige der Faktoren, die für die Variabilität verantwortlich sind, konstant halten. Dies entspricht aber nicht den tatsächlichen Verhältnissen im täglichen Leben.

Bei Textilien, die unrnittelbar auf der Haut getragen werden, ist nicht nur die Wirkung auf gesunde, sondern auch auf erkrankte oder verletzte Haut von Bedeutung. Hierüber sind eingehende Untersuchungen gemacht worden.

Eng verknüpft mit der Verträglichkeit und der Wirkung auf die gesunde, verletzte oder kranke Haut ist das Aufnahme- (Aufsug-) Vermögen von Hautoberflächensubstanzen.

Die Prüfung verschiedener Chemiefasertextilien und Mischgewebe ergab kaum Unterschiede in der Auswaschbarkeit von färbenden Medikamenten oder Substanzen, die auf der Hautoberfläche haften, beispielsweise von Talg.

Den Mediziner interessiert weniger die Textilart als vielmehr die Ausrüstung, da es keine Nylon- oder Perlon-Dermatitis (Ekzem) gibt, wohl aber Ekzeme infolge einer Farbstoffallergie. In jüngster Zeit ist die Ausrüstung mit antibakteriellen oder antimykotischen Präparaten von besonderem Interesse.

Aktuell ist auch die Frage der Haftbarkeit von Erregern, insbesondere von Pilzen, an den verschiedenen Textilarten. Wie die durchgeführten Untersuchungen ergeben haben, bestehen dabei keine wesentlichen Unterschiede.

Analog zu den Reinigungs- und Bademitteln haben wir auch bei den Textilien, insbesondere durch die verschiedenen synthetischen Chemiefasergewebe, eine Riespalette zur Verfügung. Wie man ein Bad zur Reinigung, zum Wohlbefinden, aus therapeutischen oder sonstigen Gründen nehmen kann, so kann man heute auch bei den Textilien wählen, ob sie ein Schmuckstück sein, einem modischen Zweck dienen, gegen Kälte oder Nässe schützen oder eine rasche Abkühlung bringen sollen. Diese Wünsche sind heute erfüllbar, weil man nicht mehr gezwungen ist, lediglich zwischen dicken und dünnen, engmaschigen oder weitmaschigen Geweben oder solchen aus Naturfasern, deren Rohprodukte wohl nur begrenzt zur Verfügung stehen, zu wählen.

The type of fabric rather than the fiber type plays a decisive part in testing textiles. Frequently, fiber characteristics are considered more important and/or falsely interpreted for non-medical reasons.

The fact that only the surface of the skin is exposed to the effects produced by textiles should be taken into consideration in testing these effects. The skin is, however, composed of a number of layers. Its chemical and physical properties must be taken into account besides its anatomy. Therefore it has to be decided which effect will be tested. The influence of textiles on the chemism of the skin surface, on the lipid and the water content of the skin (perspiration) is very important.

The skin surface is subject to major variations. Its content of sweat and sebum, its perfusion, and its profile change from one minute to another. An air-conditioned chamber is required to keep some of the factors responsible for this variability constant. This does not, however, correspond to conditions concerning everyday life.

Textiles to be worn next to the skin must be tested for the effect they exert on the healthy, the diseased, and the injured skin. Detailed studies have been made on this subject.

Closely related to the tolerance by, and the effect on, the healthy, the injured, or the diseased skin is the ability of the skin-surface to absorb skin-substances.

Tests made with various man-made fiber textiles and blended fabrics have shown scarcely any differences regarding the removing of coloring medicaments or substances adhering to the skin surface, e.g. sebum by washing.

Physicians are not as much interested in the type of textiles as they are in the finishes applied to them because, while there is no nylon-induced or Perlon-induced dermatitis (eczema), there is a form of eczema which is due to dyestuff allergy. Finishing with antibacterial or antimycotic preparations has attained special interest recently.

Another topical question is the adherence of pathogens, particularly of fungi, to various types of textiles. Pertinent studies have failed to reveal essential differences.

The range of different textiles available - thanks mainly to the existence of the large number of synthetic fabrics - is as tremendous as that of detergents and bath additives. As we can take a bath for reasons of cleanliness, for enhanced well-being, for therapeutic or other purposes, so we can choose textiles for ornamental or stylish purposes, for protection against cold and humidity, or for their cooling effect. All these requirements can be met today because we are no longer held to choose between thick and thin, close-meshed or wide-meshed fabrics, or among natural fibres available in restricted quantities.

In diesem Kreis ist es wohl kaum erforderlich, über die verschiedenen Faserarten, insbesondere über Chemiefasern und die hieraus gewonnenen Textilien, zu sprechen, also textiltechnische Daten zu erörtern. Wesentlich ist, daß die Variationsbreite der Faser- wie der Gewebearten erheblich ist und die früheren Möglichkeiten der Schaffung hautnaher Kleidung, wie Unterwäsche, Strümpfe, Blusen, Strickwaren, Futter usw., heute bei weitem übertroffen werden. Wir können somit, für die Haut des gesunden wie für die des kranken Menschen innerhalb einer großen Zahl verschiedener Wäschearten auswählen.

Völlig falsch sind einige aus Propagandazwecken verbreitete Interpretationen von Fasereigenschaften. Es erscheint mir nötig, besonders darauf hinzuweisen. Wir Mediziner können über Aussprüche wie „Atmung der Faser“, „lebende Faser“ u.a. nur den Kopf schütteln. Hier liegt offensichtlich un-

seriöse Propaganda zur Verdummung der Käufer vor. Die Feststellung, daß eine Chemiefaser kein Wasser aufnimmt, rechtfertigt ausschließlich diese eine Aussage. Daß dagegen das Gewebe aus solchen Fasern in ganz erheblichem Maße Wasser sehr wohl aufsaugen und auch andere Eigenschaften gewinnen kann, ist jedem von Ihnen bekannt. In meinen Ausführungen beschränke ich mich auf solche Gewebe, die unmittelbar auf die Haut einwirken.

Die Abbildung der Haut (Abb. 1) läßt verschiedene Schichten erkennen. Aus der anatomischen Beschaffenheit geht hervor, daß Textilien nur auf die Hautoberfläche einwirken können. Textilien, die oberflächlich rau, stachelig und hart sind, vermögen an der *Hornschicht*, also an der obersten Schicht, eine Scheuerwirkung zu erzielen. Gewebe mit solchem „Bürsteneffekt“ werden vom Träger angesichts der Hautempfindlichkeit wohl immer abgelehnt. Man kann wohl sagen, daß nicht so sehr die komplizierte anatomische Struktur, sondern die unterschiedliche Beschaffenheit bei einer großen Variabilität der chemischen Bestandteile der Hautoberfläche für den Effekt einwirkender Textilien maßgebend sind.

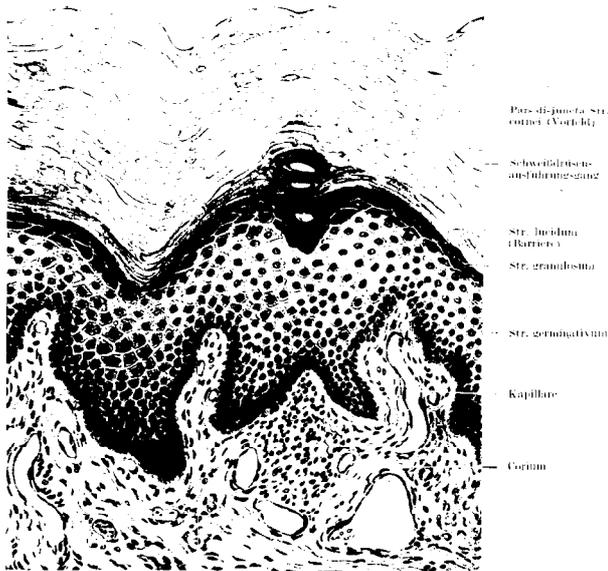


Abb. 1: Senkrechter Durchschnitt durch die Haut (nach Bargmann<sup>19)</sup>)

Aus Abbildung 2 geht hervor, wie zum Beispiel der Lipoidgehalt an der Hautoberfläche regionär verschieden ist. Ähnlich ist die Situation auch beim Schweißgehalt. Wir haben also bei der Haut den Chemismus ebenso wie die anatomischen Verhältnisse zu beachten.

Durch die anatomische Beschaffenheit der Haut ist eine

Resorption von Chemiefasern durch sie hindurch unmöglich, aber auch durch den Schweiß oder den Talg der Haut ist eine Lösung und damit eine Resorption von Chemiefasern ausgeschlossen. Ich darf an dieser Stelle schon vorwegnehmen, daß es eine Überempfindlichkeit (Allergie) gegen Chemiefasergewebe im Gegensatz zu anderen Gewebearten nicht gibt.

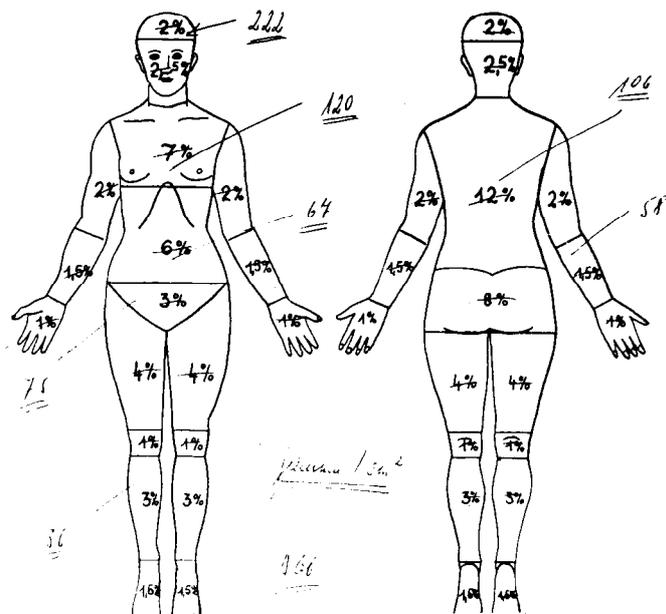


Abb. 2: Der Lipoidgehalt an verschiedenen Stellen der Hautoberfläche des menschlichen Körpers

Andererseits ist es medizinisch nicht vertretbar, daß eine bestimmte Unterbekleidung (Wäsche) als sogenannte „Gesundheitswäsche“ deklariert wird, da diese auch nicht anders wirkt als jede andere Wäsche. Derartige Bezeichnungen sind wiederum meist propagandistischer Art. Man kann lediglich feststellen, daß einzelne Personen diese oder jene Wäsche bevorzugen, also subjektiv motivieren.

Wenn ich nun den Einfluß der Textilien auf die Hautoberfläche prüfen will, so ist zu berücksichtigen, daß die Variabilität der Hautoberfläche außerordentlich groß ist. Schweiß-, Talggehalt, Durchblutung oder Oberflächenrelief können sich von Minute zu Minute ändern.

Die große Variabilität, die zu diesen Veränderungen führt, ist von exogenen Faktoren (Wärme, Kälte, Feuchtigkeit) wie auch von internen Faktoren, beispielsweise hormonellen, nervalen wie auch von psychischen Faktoren abhängig (Abb. 3). Lediglich in einer Klimakammer kann man einige dieser Faktoren konstanthalten und messen. Dies entspricht aber nicht den Gegebenheiten des täglichen Lebens. Es ergibt sich hieraus, daß die im Institut gemessenen Werte erst durch den kontrollierten Trageversuch bestätigt und ergänzt werden müssen.

Abb. 3: Talgspiegel über verschiedenen Körperstellen - untersucht mit der gravimetrischen Methodik [I.S. Hodgson und V.R. Wheatley (118)]

Körpergegend	Zahl der Personen	Zahl der Bestimmungen	Talgspiegelbereich	$\gamma/\text{cm}^2$ Mittelwert
Stirn	17	22	91-340	222
Brust	21	24	44 - 237	120
Rücken	27	40	21 - 268	106
Bauch	13	41	25 - 227	67
Achselhöhle	8	12	30-237	84
Arm	38	63	9-146	58
Leistenbeuge	4	4	50 - 105	75
Bein	11	13	18- 82	36

Die erste Frage, die uns beschäftigt hat, war die der *Wirkung von Chemiefasergeweben auf die gesunde Haut*. In vielen Hunderten von Versuchen *erfolgten* die Beobachtungen über Monate, ja Jahre. Diese Prüfungen wurden an Personen in den verschiedensten Lebensaltern, vom Neugeborenen bis zum Greis, wie auch bei verschiedenen Geschlechtern, durchgeführt. Verständlicherweise wurden vergleichsweise Textilien aus anderen Faserarten mitgeprüft.

Das Kriterium der Verträglichkeit bzw. Unverträglichkeit ist die objektive Veränderung der Haut, sei es in der Oberflächenbeschaffenheit, sei es in einer Durchblutungsstörung, zum Beispiel einer *Rötung*, oder auch die subjektive Empfindung in Form von Brennen, Jucken etc.

Die gute Verträglichkeit konnte bei Chemiefasertextilien, die bei Variation der zeitlichen Einwirkung unmittelbar auf der Haut getragen wurden, immer wieder bestätigt werden. Die Trageversuche wurden zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt. Der Effekt war stets gleichmäßig gut.

Es konnte hier der Einwand erhoben werden, daß die erkrankte beziehungsweise die verletzte Haut durch Chemiefasertextilien oder durch Mischgewebe ungünstig beeinflusst wird. Versuche dieser Art ergaben an meiner Klinik bei vielen Hunderten von Erkrankten niemals eine Unverträglichkeit oder gar eine ungünstige Beeinflussung des Hautleidens oder der Verletzung.

An Beispielen anormaler Haut seien nur erwähnt: Ekzemerkrankte, Personen mit Hautdefekten (Geschwürbildung) oder mit Verbrennungen ersten, zweiten oder dritten Grades.

Eine weitere Frage gilt der Verträglichkeit *unter besonders extremen Bedingungen*. Eine große *Anzahl* von Versuchspersonen (Ärzte) trugen Hemden aus Chemiefasern bei langwierigen Operationen und starkem Schwitzen. Objektiv wie subjektiv wurden keine Unverträglichkeiten bemerkt. Vielmehr wurde der Kühleffekt infolge des kontinuierlichen Trocknens als wesentlich angenehmer empfunden als dies bei einem mit Schweiß vollgesogenen Hemd der Fall ist, das durch Quellung der Fasern perspirationsabschwächend wirken kann und wegen seines hohen Bedarfs an Körperwärme unangenehme Kühle erzielt.

Im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen, die den Schweiß betreffen, seien Versuche an Säuglingen mit Win-

deln aus Chemiefasergeweben wiedergegeben. Eine häufige Erkrankung bei Säuglingen ist das sogenannte „Windel-ekzem“ (Abb. 4). Dieses kommt dadurch zustande, daß vom Urin benetzte Windeln die Haut mazerieren und Infektionen durch Pilze und andere Erreger verursachen.



Abb. 4: Windel-ekzem

Bei vorerwähnten Windeln ist die „Dochtwirkung“, also der Feuchtetransport, um mit *M e c h e l s* zu sprechen, außerordentlich *groß*. Sofern die Kinder bei entsprechender Außentemperatur *nur* mit Windeln gewickelt sind, bleibt die Haut trocken und frei von irgendwelchen krankhaften Veränderungen. Dieselbe Beobachtung wird auch gemacht, wenn die *Windel* unmittelbar auf die Haut und darüber ein Wickel anderer Textilart gelegt wird. Die Flüssigkeit (Urin) wandert rasch *aus* der *Windel* in den darüberliegenden Wickel.

Nicht unwichtig ist die Einwirkung des früher oft diskutierte unangenehmen Schwitzens an den Füßen beim Tragen von Strümpfen aus Chemiefasergarnen. Bei Damenstrümpfen ist dies unwesentlich, weil zum Beispiel im Sommer Sandalen, *also* offenes Schuhwerk, getragen werden. Beim *Mann* fehlt diese erhebliche „Dochtwirkung“, besonders wenn *das* Schuhfutter den Schweiß nur unzurei-

chend aufnimmt. Zumeist wird dieser unangenehme Effekt durch zu enge Strümpfe ausgelöst. Ich komme später noch auf diese Schweißwirkung zurück.

Fasse ich zusammen, so wurde für **sämtliche** Chemiefasergewebe nach unseren experimentellen wie auch nach den Trageversuchen eine gute Hautverträglichkeit beobachtet. Voraussetzung ist hierfür allerdings, daß ein Kleidungsstück richtig konstruiert und benutzt wird. Die Verträglichkeit **gilt** nicht nur für die gesunde, sondern auch für die erkrankte oder verletzte Haut.

Auch der Einwand, daß starke Sonneneinstrahlung auf **W**äsche aus Chemiefasern, beispielsweise auf Hemden, eine **u**ngünstige Wirkung auf die Haut **a**usübe, trifft nicht zu, wie ich in eigenen Versuchen beweisen konnte.

Die nächste, für die **P**raxi**s** wichtige Frage, ist die der Aufnahme **v**on farbenden Substanzen, **z**um Beispiel von Medikamenten, und die **M**öglichkeit der **A**uswaschbarkeit. Hierüber haben wir Versuche gemacht, die sich **m**it den Ergebnissen von **V**ier**t**e**l** voll decken.

Abbildung 5 möge zeigen, daß kein nennenswerter Unterschied hinsichtlich der verschiedenen Gewebearten besteht.

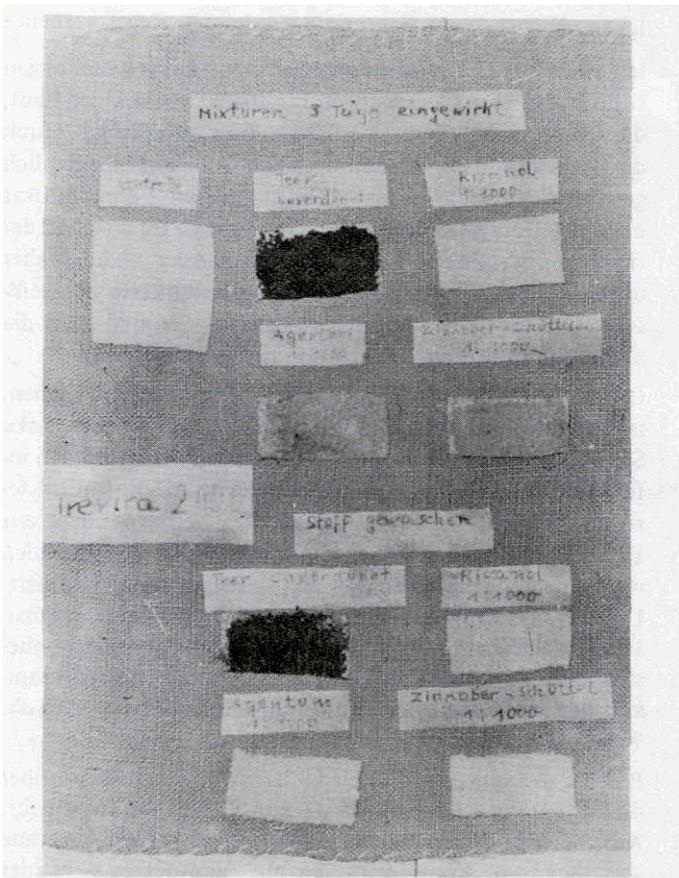


Abb. 5: Ergebnisse hinsichtlich Auswaschbarkeit von farbenden Substanzen (Medikamenten etc.) aus verschiedenen Chemiefasergeweben

In besonderen Versuchen haben wir nun geprüft, wie sich die Chemiefasergewebe auf die Hautoberfläche auswirken. Die Fettaufnahme (Talgabsonderung) ist aus Abbildung 6 ersichtlich. Ein wesentlicher Unterschied, insbesondere ein ungünstiger Effekt, konnte gegenüber anderen Gewebearten nicht beobachtet werden. Über die Wirkung auf die Schweißabsonderung habe ich bereits einiges **g**esagt.

Abb. 6: LIPOIDWERTE

	Wolle 100%	Trevira 100%	Viskose Zellwolle	Baumwolle 100%
Fettgehalt des aufgelegten Materials (Mittelwert von 8 Probanden)	0,118	0,102	0,147	0,137
Blindwert (Leerwert)	0,065	0,066	0,033	0,070
Fettaufnahme (% Extraktionswert, bezogen auf 100 g Stoffgewicht)	0,053	0,036	0,114	0,067

Aus Abbildung 7 ist ersichtlich, daß im Experiment **m**it der rascheren Trocknung auch ein leicht verstärkter Kühleffekt verbunden ist. Immer wieder wird auf frühere Versuche verwiesen, wonach beim Tragen von Chemiefaser-Strümpfen die Schweißabsonderung der Füße in geschlossenem Schuhwerk stärker sei, als wenn man Strümpfe aus anderen Garnen benutzt. Diese Interpretation ist **n**icht richtig.

Beim Tragen eines Strumpfes, dessen Volumen entsprechend **g**roß ist, verteilt sich der Schweiß. Das Nässegefühl wird **n**icht **s**o stark empfunden wie bei Tragen eines Strumpfes von geringerem Volumen, **z**um Beispiel von Chemiefaser-Strümpfen älteren Datums.

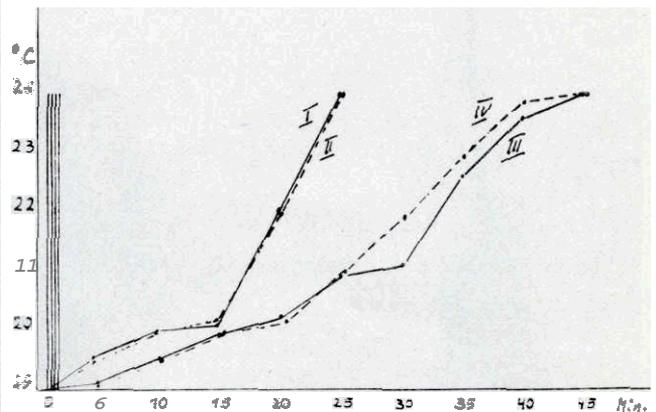


Abb. 7: Die Trocknung von Stoffen  
Trevira, rein: I u. II • Trevira/Baumwollgemisch: III u. IV

Ist die Ableitung der Flüssigkeit, zum Beispiel durch Verdunsten bzw. durch Aufnahme in das Schuhfutter, wesent-

lich eingeschränkt, so kann ein Nässegefühl auftreten. Ist dagegen die Verdunstung des Schweißes stark, oder erfolgt bei einer günstigen Dochtwirkung eine Ableitung des Schweißes in das Schuhfutter, so ist kein Nässegefühl feststellbar. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß der Schuh sinnvoll konstruiert ist. Wir haben also analoge Verhältnisse wie bei den oben erwähnten Windeln für Säuglinge.

Die Trageversuche folgender Art unterbauen obige Darlegungen:

Die Versuchspersonen trugen an einem Fuß einen Chemiefaserstrumpf, am anderen Fuß einen Strumpf aus einem anderen Textil. Nach längerem Gehen wurde die Schweißabsonderung gravimetrisch ermittelt und gleichzeitig der Schweißgehalt an der Haut gemessen. Danach konnte festgestellt werden, daß beim Tragen von Chemiefaser-Strümpfen keine stärkere Schweißabsonderung als beim Tragen anderer Textilien erfolgt. Damit können die hier von *Renbourn* bereits früher erwähnten Trageversuche, in der britischen Armee bestätigt werden.

Eine besondere Rolle spielt die Ausrüstung der Textilien. Früher waren Ekzeme infolge Farbstoffallergien relativ häufig. Die modernen, entsprechend ausgetesteten Farbstoffe führen heute nur selten zu derartigen Schädigungen, wie etwa das vor Jahrzehnten benutzte Ursol (Paraphenylen-diamin).

Die selbst in Medizinerkreisen nicht ungewöhnliche Bezeichnung Nylon-, bzw. Perlon-Dermatitis ist völlig falsch und unberechtigt. Das Ekzem wird ausschließlich durch den Farbstoff infolge einer Unverträglichkeit bzw. Allergie ausgelöst.

Abbildung 8 möge Ihnen anschaulich machen, wie sich unverträgliche Farbstoffe der Strümpfe auf die Haut auswirken können.



Abb. 8: Die Auswirkung unverträglicher Farbstoffe von Strümpfen auf die Haut

Nicht auszuschließen ist, daß leider manchmal auch minderwertiges Ausrüstungsmaterial aus wirtschaftlichen Gründen verwendet wird.

Nicht unwichtig ist aber auch die Einwirkung von Waschmitteln. Hier ist folgendes sehr interessant: Die Waschmittel enthalten optische Aufheller, die auch nach dem Waschen im Gewebe haften bleiben können. Bei Berührung mit der Haut und gleichzeitiger Sonneneinwirkung können diese Aufheller die Haut gegenüber dem Sonnenlicht sensibilisieren und zu manifesten Hautveränderungen führen. In vielen Ländern, besonders in den südlichen, sind Waschautomaten noch nicht so verbreitet wie etwa bei uns, und die Wäsche wird noch zum Trocknen ins Freie gehängt.

Wir haben daher geprüft, inwieweit eine Lichtsensibilisierung erfolgt und wodurch eine Gefährdung ausgelöst werden könnte. Bei Benutzung verschiedener Waschmittel haben wir jedoch eine mehr oder weniger starke Fluoreszenz beobachtet, eine nennenswerte Steigerung der Lichtempfindlichkeit konnte aber in keinem Fall nachgewiesen werden, ganz zu schweigen von irgendwelchen Lichtschädigungen der Haut.

Eine besonders große Rolle spielt heute die antibakterielle bzw. die antimykotische Ausrüstung. Die antibakterielle Ausrüstung wird in manchen Ländern besonders stark propagiert. Die Frage, ob dies notwendig oder auch zweckmäßig ist, wird von medizinischer Seite, also von Dermatologen, Hygienikern, Bakteriologen in der Regel verneint.

Ich erwähne nur die jüngst veröffentlichten Untersuchungen von *Lammers*, wonach die Bakterienflora der Haut, die im normalen Zusammenleben völlig harmlos ist, durch die Einwirkung von antibakteriellen Substanzen erheblich gestört wird, sodaß eine Pathogenität der Keime auftrat bzw. das Übergewicht gewann. Hartnäckige Infektionen der Haut und bestehende Veränderungen wurden dadurch eher ungünstig beeinflusst. Besonders wegen stärkerer Schweißsekretion sowie des Schweißgeruchs wurde und wird die antibakterielle Ausrüstung jedoch trotzdem empfohlen.

Ohne hier auf das schwierige Kapitel „Schweiß“ einzugehen, möchte ich sagen, daß an Stellen, an denen besonders starke Schweißabsonderung erfolgt, zum Beispiel Achselhöhlen infolge der Wirkung apokriner Schweißdrüsen, die antibakteriellen Wäscheteile bzw. Futterstoffe überhaupt nicht zur Einwirkung kommen. Es sei denn, daß man die Achselhöhlen mit entsprechend präparierten Textilien austamponiert. Letzteres ist wohl für jeden als Unsinn einleuchtend. Hinzu kommt, daß die antibakterielle Präparation meistens unbeständig ist, das heißt, daß durch das Waschen die Wirksamkeit der antibakteriellen Ausrüstung aufgehoben wird (Abb. 9 und Abb. 10).

Bereits vor Jahren habe ich Untersuchungsergebnisse über die antimykotische Ausrüstung von Socken veröffentlicht. Auf die vielen Einzelheiten, insbesondere auf die Zunahme von Mykosen, Komplikationen etc., erübrigt es sich, hier einzugehen.

Ich konnte nachweisen, daß bereits einmaliges Waschen die Wirksamkeit von antimykotisch ausgerüsteten Strümpfen herabsetzt. Zehnmaliges Waschen machte die Präparation

völlig unwirksam. Hier sei hervorgehoben, daß aus den Chemiefasergeweben und damit auch aus den Strümpfen Keime **dhedies** leicht ausgewaschen werden können. Die Haftbarkeit ist **also** keineswegs ungünstiger als bei Geweben anderer Art, die noch dazu auf Grund ihrer chemischen Beschaffenheit selbst Nährboden sein können.

Wie wichtig aber die Art der Versuchsanordnung ist, mag aus folgendem hervorgehen:

Ich hatte antimykotisch ausgerüstete Strümpfe geprüft, die wesentlich wirksamer waren als andere, bereits früher von mir untersuchte Strümpfe. Fünfzigmaliges und noch häufigeres Waschen hatte die Wirksamkeit nicht aufgehoben. Als ich aber dieselben Strümpfe ein Jahr später prüfte, war die antimykotische Wirkung völlig aufgehoben. Das war darauf zurückzuführen, daß die antimykotische Substanz, auf die ich hier nicht näher eingehen kann, nach einiger Zeit ihre Wirksamkeit verloren hatte. Wir müssen also bei derartigen Versuchen auch den Faktor „Zeit“ ganz besonders beachten.

Passe ich zusammen, so ist die antibakterielle wie auch die antimykotische Ausrüstung, wenn überhaupt, nur bedingt bzw. begrenzt wirksam. Das liegt schon daran, daß die Hautregionen mit den antimikrobiellen Substanzen der präparierten Textilien kaum in Kontakt kommen, auch wenn es sich um Wäscheteile handelt. Es besteht aber die Gefahr, daß durch sie die normale Keimflora der Hautoberfläche ungünstig beeinflusst wird.

Schließlich besteht die Möglichkeit einer Sensibilisierung und damit einem Auftreten von Hautekzemen gegenüber diesen antimykotischen oder antibakteriellen Substanzen, so wie wir es bei den Farbstoffekzemen der Strümpfe gesehen haben. Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, daß die Frage der Keimbeseidlung der Haut und dementsprechend der antibakteriellen Mittel weniger für den Mediziner als vielmehr für die Werbung von Interesse ist.

Nach all dem Gesagten konnte es den Anschein erwecken, als wäre ich völlig gegen eine antimykotische bzw. eine antibakterielle Ausrüstung von Textilien. Dies ist aber nicht der Fall. Ich würde zum Beispiel vorschlagen, daß Personen, die unfall- oder verwundungsgefährdet sind, für die Zeit einer besonderen Gefährdung antibakteriell bzw. antimykotisch ausgerüstete Wäsche tragen. Kommen nunmehr solche Textilteile in die Wunden, so wird die Infektionsgefahr unter Umständen gemindert oder gar verhütet.

Abschließend möchte ich betonen:

1. Der Arzt darf nur solche Textilien empfehlen, die auch bei langem Gebrauch keinerlei Schädigungen hervorrufen.
2. Neben der Verträglichkeit soll das Wohlbefinden nicht nur erhalten, sondern - wenn möglich - gesteigert werden, sodaß zum Beispiel die Unterbekleidung bei dieser oder jener Tätigkeit, die beispielsweise mit starkem Schwitzen oder ähnlichen Situationen verbunden ist, kompensatorisch wirkt.

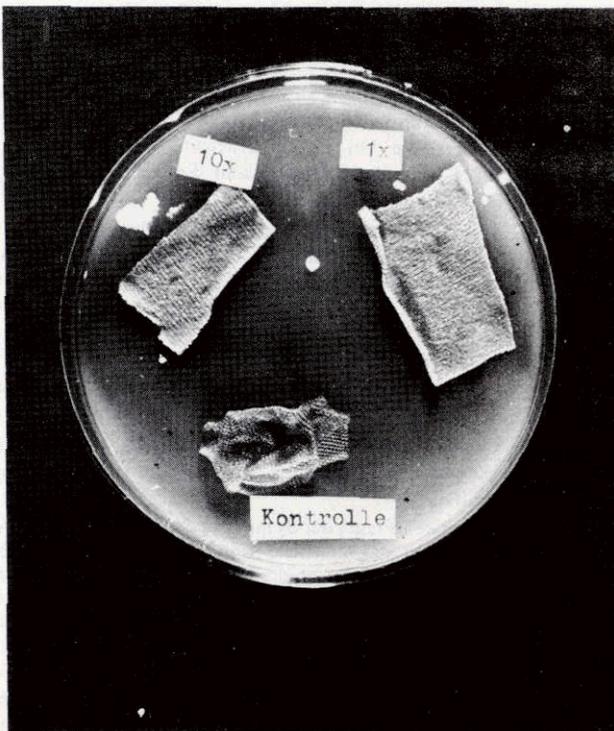


Abb. 9: Präparierte Damenstrümpfe, in einer Aufschwemmung von Hefe getränkt und anschließend 1mal bzw. 10mal in Wasser gespült; dann erneut in Hefeaufschwemmung getränkt und auf die Platte gelegt.

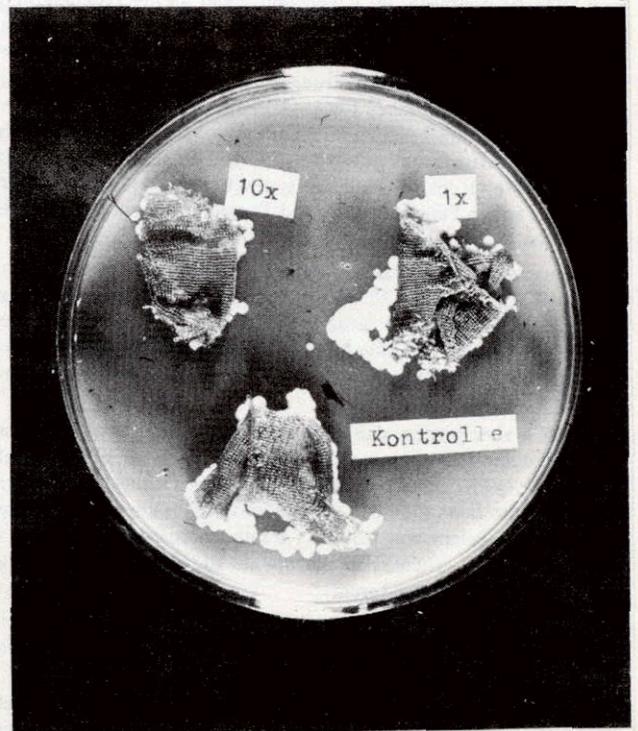


Abb. 10: Nichtpräparierte Damenstrümpfe, in einer Aufschwemmung von Hefe getränkt und anschließend 1mal bzw. 10mal in Rei-Waschlauge gewaschen; danach erneut in Hefeaufschwemmung getränkt und auf die Platte gelegt.

Wir stellen eigentlich analoge Forderungen an Medikamente oder an Reinigungsmittel, wobei es völlig unwesentlich ist, woraus sie hergestellt sind. Für Sie ist es beispielsweise gleichgültig, wenn Sie mit einem Medikament behandelt werden, ob es aus „Natur-“ bzw. aus „Kunst“-produkten hergestellt ist. Die Hauptsache ist die Wirksamkeit und die Unschädlichkeit.

Bei den Textilien liegt der gewaltige Vorteil der Chemiefaserindustrie darin, daß sie eine große Auswahlmöglichkeit bietet, die sich nicht nur auf die Jahreszeit bezieht, sondern

die auch die unterschiedlichen Klimaverhältnisse eines einzelnen Tages berücksichtigt und schließlich auch noch dem individuellen Faktor gerecht werden kann, sodaß der Träger voll und ganz zufriedengestellt ist.

Es ist also möglich geworden, mit den Chemiefasern völlig normale Kleidung zu schaffen, die sowohl von gesunden wie auch von kranken Menschen getragen werden kann, selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß Ausrüstung, Verarbeitung usw. sinnvoll sind.

**Diskussion**

**Köb:** Das Thema, das wir heute angeschnitten haben, war im Rahmen dieser Konferenz noch nicht besprochen worden. Es war eine von seiten der Medizin gesehene Betrachtung zum Thema ‚Chemiefasern‘.

Wir haben gesehen, daß gewisse Vorurteile keine medizinische Begründung haben. Wenn irgendwo Lücken offen bleiben, dann können diese Lücken in den Farbstoffen oder in der Ausrüstung stecken, und man kann sie verfolgen, im Bewußtsein nicht an der falschen Stelle zu suchen. Damit kann man auch restliche Bedenken aufräumen oder Dinge anders machen, falls sie anders gemacht werden müssen.

**Diebschlag:** Aus eigenen Erfahrungen kann ich sagen, daß die Gefahr, daß bei synthetischer Fußbekleidung eine Mykose entsteht - wobei ich jetzt einmal nicht zwischen Nylonsocken oder einem anderen Schuhstoffmaterial unterscheiden will -, existiert. Vermutlich nicht auf Grund des verwendeten synthetischen Materials, sondern wegen der hohen Feuchtigkeiten und Temperaturen, die sich einstellen können.

Es ist ein wesentlicher Faktor, wenn ich statt einer Hauttemperatur von 34, 35°C am Fuß 37 oder gerade 37,7°C habe und eine Luftfeuchtigkeit, die über 60 % liegt, ja oft sogar auf 80 bis 90 % ansteigt. Die Gefahr, daß eine Mykose entstehen kann, ist schon deshalb wesentlich größer, weil Scheuerstellen, also Epidermisverletzungen, eingetreten sein können.

Es hat sich aber gezeigt, daß auch hier wieder die Materialdicke sowohl bei den Socken als auch beim Schuhstoffmaterial eine erhebliche Rolle spielt, wenn man die Dicke solcher synthetischer Materialien, die zum Schuhoberbau verwendet werden, um einige Zehntelmillimeter, vielleicht von 1,5 auf 1,0 mm, herabsetzt, dann hat man sofort einen ganz erheblichen Einfluß auf die relative Luftfeuchtigkeit und auf die Temperaturen.

Sofern wäre das also nur eine Bestätigung, daß nicht das synthetische Material als solches für irgendwelche Mykosen verantwortlich ist, sondern die Bedingungen, die dadurch geschaffen werden.

**Carrié:** Die Temperatur ist für das Pilzwachstum schon wesentlich, doch liegt die optimale Temperatur bei 28°C. Mit anderen Worten, es würde die höhere Temperatur das Pilzwachstum sogar ungünstig beeinflussen.

Etwas anderes ist die Traumatisierung der Haut und die Feuchtigkeit, also die Maceration. Ich sagte vorhin schon, die Dochtwirkung ist das Wesentliche, das heißt das Ableiten der Feuchtigkeit von der Hautoberfläche bzw. das Ableiten aus dem Strumpf oder aus dem Material, das getragen wird.

**Thater:** Herr Professor, Sie haben sich grundsätzlich gegen den großen Umfang der Hygieneausstattung ausgesprochen. Wir wissen aber, daß zahlreiche Produkte auf dem Markt sind und im Grunde eine sehr starke Werbung damit getrieben wird, und wir müssen damit rechnen, daß diese Ausrüstung zunimmt.

Sie sagten, daß viele Hygieneprodukte nur begrenzt wirksam wären und nur eine Anzahl von Keimen erfassen und daß andere dagegen, die vorher in Symbiose mit diesen lebten, dann besonders ungünstig zur Wirkung kämen. Wäre es dann vielleicht zweckmäßig, nur Hygieneprodukte einzusetzen, die eine besondere Wirkungsbreite haben, die also praktisch alle Keime erfassen? Oder kommen wir da in einen Teufelskreis und müssen dafür so aktive Produkte einsetzen, wie quecksilberorganische Verbindungen, daß wir in medizinische Schwierigkeiten kommen?

Ein großer Teil der hygienisch ausgerüsteten Textilien käme Ihrer Aussage nach überhaupt nicht mit der Haut in Berührung, wie beispielsweise Futterstoffe bei Achselschwitzen. Das stimmt zwar schon, doch sitzt nicht der Schweiß dann doch in diesen Stoffen und kommt er nicht doch an diese Stoffe heran?

Was halten daher Sie von dem Einsatz von Hygieneprodukten in Waschmitteln, wofür ja auch eine Tendenz deutlich zu spüren ist? Es sind ja nun viele Artikel auf dem Markt - zwangsläufig -, die aus Chemiefasern bestehen und die nicht kochbar sind, zum Beispiel Miederstoffe mit Polyurethanen und Polyamiden. Was halten Sie als Arzt, als Mediziner, von diesen Artikeln?

Soviel mir bekannt ist, entsteht auf der Haut - permanent - ein leicht negatives Potential. Wirkt sich die elektrostatische Aufladung in irgendeiner Form auf das menschliche Verhalten, auf das Wohlbehagen aus oder umgekehrt? Es gibt ja die verrücktesten Dinge, wie anti-rheumatische Wäsche usw.

**Carrié:** Zu Ihrer ersten Frage, der Symbiose: Sie meinen, man könnte ein Präparat nehmen, das sämtliche Keime beseitigt. Wie Sie selbst vermuten, würde dies zu Schwierigkeiten führen; man müßte dann schon Präparate nehmen, die nicht harmlos sind. Manchmal wirken die Präparate so, daß ein Teil der Keime abgetötet bzw. deren Zahl vermindert wird und andere dafür das Übergewicht gewinnen, wodurch es zu krankhaften Störungen kommen kann.

Als Beispiel kann ich folgendes anführen: Nach Verabreichung bestimmter Antibiotika kommt es zum Absinken des Gehalts an Staphylokokken, Streptokokken und anderen Keimen auf der Hautoberfläche, und damit gewinnen Pilze das Übergewicht, sodaß nicht selten ein harmloses Pilzekzem, besonders in der Leistengegend, aufblüht und unangenehm wird.

Insofern bin ich grundsätzlich gegen eine Ausrüstung mit antibakteriellen, antimykotischen Präparaten unter der Einschränkung, wie ich es vorhin sagte. Hinzu kommt noch, daß die Wirksamkeit nur ganz

vorübergehender Natur ist. Ich bekomme ja keine absolute Keimfreiheit. Wenn wir operativ tätig sind und uns vorher die Hände mit den stärksten antibakteriellen Mitteln usw. waschen, dann werden trotzdem noch Gummihandschuhe getragen, weil man weiß, daß man eine vollkommene Bakterienfreiheit nicht erzielen kann. Ob ich auf der Haut 100 000 Keime habe oder 1 Million auf einem Bezirk, ist also unwichtig. Die Zahl wird ja sowieso wieder am Ende die gleiche sein. Ich bin nicht absolut dagegen, aber ich sehe keinen Vorteil, jedenfalls nicht in medizinischer Hinsicht.

Das zweite ist der Achselweiß, der vom Futterstoff aufgenommen wird. Ein Kontakt mit antimykotisch ausgerüsteter Unterbekleidung, also mit Wäsche oder mit Futterstoffen, erfolgt leider nicht an den Stellen, an denen er eigentlich erfolgen soll. Es ist richtig, daß der abtropfende Schweiß vom Futterstoff aufgesogen wird; es ist aber der in der Achselhöhle verbleibende Schweiß, der den Geruch erzeugt. Wenn Sie sich das in praxi vorstellen, so wird der Geruch vielleicht um 10 Prozent verringert.

Nun, man hat versucht, auch in die Waschmittel Präparate hineinzugeben, die gleichzeitig auch eine antibakterielle Wirkung haben. Dagegen ist gar nichts einzuwenden. Wenn ich die Wäsche früher gekocht habe, dann hatte ich ja damit auch eine antibakterielle Wirkung erzielt. Es bestehen keine Bedenken, mit Waschmitteln unter Zusatz von irgendwelchen antibakteriellen Substanzen unter 100°C zu waschen. Ich weiß zufällig von Herrn Professor Reploh aus Münster, daß die meisten Keime - mit Ausnahme der Pilze - schon bei Temperaturen von 70°C oder noch geringer weitgehend abgetötet werden.

Zu Ihrer vierten Frage, die fehlende Möglichkeit, Wäscheartikel zu kochen: Es wäre wichtig, für Personen, die krank sind, ein Waschmittel zu benutzen, das ihrer eigenen Wäsche eine entsprechende antimykotische bzw. antibakterielle Ausrüstung gibt. Das heißt mit anderen Worten, daß Personen, die bereits eine Pilzinfektion an den Füßen haben, ihre Wäsche, Socken etc. mit entsprechenden Mitteln waschen sollten. Für den gesunden Menschen ist außer der üblichen Körperpflege eine absolut keimfreie Kleidung nicht notwendig. Am Körper spielen ja im wesentlichen auch Bakterien eine Rolle, Koli-bazillen und andere, und die werden schon bei niedrigen Temperaturen abgetötet, was vollkommen ausreichend ist.

Dann haben Sie noch von der elektrostatischen Aufladung gesprochen. Es ist nicht erwiesen, daß die elektrostatische Aufladung ganz gleich bei welchem Gewebe, ob aus Wolle oder aus Chemiefasern oder aus sonst etwas - eine schädliche Wirkung hat. Das einzige, was passiert, ist, daß empfindsame Personen auf einmal einen Schrecken bekommen, wenn es irgendwie 'funk't; das ist aber etwas Subjektives, sodaß dies von dem einen als angenehm, von dem anderen aber als unangenehm empfunden wird.

Die Älteren von Ihnen, aber auch vielleicht die Jüngeren, erinnern sich noch an die Elektrisiermaschinen. Man gab sich die Hand, und es wurde immer stärker gedreht, usw. Dieses 'Elektrisieren' wurde von vielen als außerordentlich angenehm empfunden; es gab aber viele, die fanden es entsetzlich. So ähnlich möchte ich die elektrostatische Aufladung deuten. Schädigungen sind in keinem Fall beobachtet worden, abgesehen davon, daß jemand darüber erschrickt und es durch dieses Erschrecken zu einer Schädigung kommt, ist mir keine nachteilige Wirkung bekannt.

**Martin:** Herr Professor Carrié, haben Sie versucht, beispielsweise Caprolactam als Substrat für irgendwelche Keime oder für Pilze zu benutzen?

**Carrié:** Habe ich nicht benutzt.

# Höller-Eisen

Inh. Max L ö b e r b a u e r

## Auszug aus unserem Verkaufsprogramm:

### NOMINierter WERKSHÄNDLER

für Stab-, Band-, Winkel-, Fasson- und Betoneisen -  
I- und U-Träger - Torstahl - Grob-, Fein- und Mittelbleche

### VERZINKTE BLECHE U. SPENGLEREI-BEDARFSARTIKEL

### STAHL - METALLE - ROHRE

Wasserleitungs-, Siede-, Preßluft-, Präzisions-, Eternit- u.  
Kunststoffrohre - VÖST-Formrohre

### SANITÄRE BEDARFSARTIKEL

### WERKZEUGE UND MASCHINEN

für Industrie und Gewerbe, für Holz- und Eisenbearbeitung

### GERÄTE UND WERKZEUGE

für Land- und Forstwirtschaft und Bienenzucht

### EISENWAREN UND BESCHLÄGE

Schrauben aller Art - Schweißgeräte - Kugellager

### BAUSTOFFE

Heraklith - Dachpappe - Glaswolle

### GROSSKÜCHENANLAGEN

Kochgeräte - Großküchenmaschinen - Bandverteilungsanlage

### GROSSWÄSCHEREIANLAGEN

### SAALEINRICHTUNGEN

### HERDE - ÖFEN - KAMINE

für Holz, Kohle, Gas, Propangas und Elektro

### HAUS- UND KÜCHENGERÄTE

### WASCHMASCHINEN - KÜHLSCHRÄNKE - ELEKTROGERÄTE

### SPORTARTIKEL

Wintersport-, Tennis-, Fischerei- und Jagdgeräte - Waffen

### RADIO- UND FERNSEHGERÄTE

eigener HEIZÖL- und PROPANGAS-Zustelldienst

**GMUNDEN - SALZBURG -  
LINZ**

## Untersuchungen zur Psychophysiologie der Arbeitskleidung als Beitrag zur Methodik von Trageversuchen

Dozent DDr. Wilhelm N e s s w e t h a  
Glanzstoff AG., Wuppertal

In Untersuchungen über das Behaglichkeitsklima von Arbeitskleidung, die einschließlich standardisierter Unterwäsche einen Isolationswert von 1 clo hatte, wurden bei Einhaltung homogener Bedingungen Schwankungen der Behaglichkeitsraumtemperaturen, die mehr als 10°C betragen, festgestellt. Aus der Untersuchung der Ursachen für diesen großen Streubereich ermittelte man mit Hilfe der Faktorenanalyse eine Reihe von extra- und intraindividuellen Variablen, die wegen ihrer relativ hohen Ladung bei physiologischen Trageversuchen berücksichtigt werden sollten, um eine optimale Effizienz der zeitlich und finanziell aufwendigen Versuche zu erzielen.

An der Spitze der intraindividuellen, den Streubereich beeinflussenden Faktoren steht der Reaktionstypus der Probanden mit definierbaren Unterschieden in Geschwindigkeit und Größe der thermoregulatorischen Abläufe; diese konstitutionellen Differenzen werden mit steigender physischer Belastung zwar etwas kleiner, bleiben jedoch bis zu einer Arbeitsschwere von 120 kcal/m<sup>2</sup>h erhalten.

Die zweite Stelle nimmt der Faktor der Durchblutungsgröße der unteren Gliedmaßen - besonders der Füße - ein, gefolgt von der augenblicklichen Stoffwechsellage, der physisch-psychischen Verfassung, dem Alter und von der Einstellungsqualität der Versuchspersonen zu einzelnen Textilarten.

Von äußeren extraindividuellen Bedingungen spielen neben den bekannten Kriterien von Luftbewegung und Luftfeuchtigkeit vor allem die bioklimatische Lage, das Expositionslicht, die Farbe und die Schwere der Arbeitsbekleidung und schließlich die Jahres- und Tageszeit eine Rolle; statistisch gesehen haben diese Variablen den Rang eines sekundären Faktors.

Bei der Korrelation gemessener physiologischer Kriterien mit der skalierten Beurteilung der Behaglichkeit zeigte die Pulsfrequenz eine weitaus größere Relevanz als beispielsweise die Werte der Hauttemperatur, die lediglich in ihrem dynamischen Ablauf pro Zeiteinheit gewisse Zusammenhänge erkennen ließen.

Aus den Befunden ergeben sich wichtige Konsequenzen für eine überschaubare Programmierung und Bewertung der Trageversuche, bei denen eine möglichst weitgehende Homogenität der biologischen und physikalischen Determinanten angestrebt werden sollte.

Studies made under uniform conditions for the purpose of ascertaining the climatic comfort of work clothes, which - standardized underwear inclusive - had an insulation value of 1 clo, have revealed that variations of "the comfortable room temperature" exceed 10°C. The investigation of the causes responsible for this wide range of variation by means of factor analysis has led to a number of extra-individual and intra-individual variables which, in view of their relatively high charge, should be taken into consideration in physiological wear-tests for optimum efficiency of time-consuming and costly experiments.

The list of intra-individual factors capable of influencing the range of scatter is topped by the reactive types represented by the test

subjects which involve differences in the rate and extent of heat-regulating processes; while these constitutional differences are somewhat reduced with rising physical strain, they are retained up to a physical performance of 120 kcal/m<sup>2</sup>/h.

Factor No. 2 is the blood volume circulating through the lower extremities - mainly the feet - and is followed in rank by the current metabolic situation, the psychosomatic condition, the age, and the attitude of the test subjects towards the various types of textiles.

Extra-individual factors include, besides the well-known criteria of air-motion and atmospheric humidity, the light to which the individual is exposed, the color and weight of the work clothes, and finally the season and time of day; from the statistical angle, these variables rank among secondary factors.

In establishing correlation between measured physiological criteria and scaled evaluation of comfort, the pulse-rate was found to be much more relevant than were, for example, skin-temperature values which showed certain correlations merely in their dynamic progress per unit time.

The findings permit important conclusions concerning the surveyable programming and the evaluation of wear-tests in connection with optimum uniformity of biological and physical determinants.

Wer sich mit bekleidungsphysiologischen Trageversuchen beschäftigt, weiß, daß die Interpretation der gewonnenen Variablen für den Bedarf der Praxis schwierig sein kann, und zwar aus Gründen, die sowohl den Prüfling als auch die Versuchsperson betreffen. Der folgende kritische Beitrag wird ausschließlich die komplexe Interpretationssituation anvisieren, die in der Versuchsperson liegt; es wird versucht, die Problematik

1. anhand einiger experimenteller Daten, die bei Untersuchungen mit Arbeitskleidung aus Chemiefasern gewonnen wurden, zu veranschaulichen,
2. zu einer Analyse der wichtigsten Faktoren vorzustoßen, die sich unabhängig vom Prüfling für die subjektiven, aber auch objektiven Meßergebnisse als relevant erwiesen haben, und schließlich
3. als Konsequenz dieser Befunde Empfehlungen zu erarbeiten, die helfen sollen, bekleidungsphysiologische Trageversuche methodisch befriedigend zu gestalten und somit einer optimalen Effizienz zuzuführen.

ad 1) Die Probanden waren lediglich im Hinblick auf Alter, Geschlecht, Größe und Arbeitsbelastung relativ homogen. In Abbildung 1 ist das Ergebnis eines Trageversuchs mit einer Arbeitskleidung aus 80 % Polyester und 20 % Baumwolle mit einem - einschließlich homogener Standardwäsche - Isolationswert von ca. 1/2 und ca. 1 clo<sup>\*)</sup> wiedergegeben.

Die Behaglichkeitstemperatur, die vom objektiven Standpunkt als diejenige Umgebungstemperatur bezeichnet werden kann, bei der weder eine Stoffwechselsteigerung als Zeichen der „chemischen Wärmeregulation“ gegen

\*) Die Einheit clo, von clothing abgeleitet, ist bekanntlich die Isolation, die das Behaglichkeitsempfinden eines ruhenden Menschen (mittlere Hauttemperatur von 33°C) in einem Raum von 22°C (nicht über 50 % Feuchtigkeit und nicht über 3 m/sec Luftbewegung) aufrecht erhält. In physikalischen Maßeinheiten entspricht 1 clo einer Isolation, die 5,6 kcal/m<sup>2</sup>/h/°C durchläßt<sup>1</sup>.

Abkühlung noch eine Schweißproduktion als Zeichen der „physikalischen Wärmeregulation“ gegen Überwärmung des Körpers eintritt, läßt breite interindividuelle Schwankungen erkennen, die bei Kleidungsstücken mit einem Isolationswert von 1/2 clo und einem Energieumsatz von 80 kcal/m<sup>2</sup>/h pro Stunde 12 Grad betrug, bei einem Isolationswert von 1 clo bei gleicher Arbeitsleistung 11 Grad ausmachte. Es ist verständlich, daß bei Vorliegen solcher Daten brauchbare Schlußfolgerungen für den Gebrauch in der Praxis kaum abzuleiten sind.

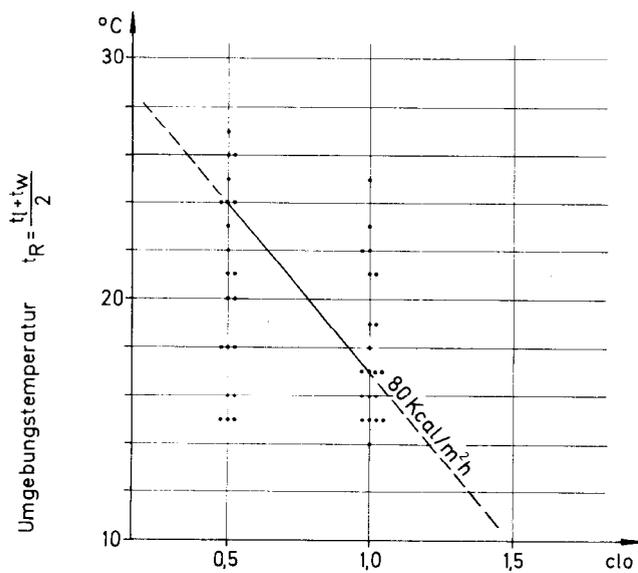


Abb. 1: Streuung der Behaglichkeitstemperatur bei verschiedenen Versuchspersonen (●) unter gleichem Isolationswert der Kleidung und sitzender Tätigkeit

Ähnliche Streuungen erhalten wir, wenn die maximale, ohne Schweißproduktion und ohne Kältesensationen mögliche Arbeit an einem Kollektiv geprüft wird, das eine Arbeitskleidung von einem Isolationswert von etwas über 1 clo trug, und zwar unter verschiedenen leichten körperlichen Belastungen (Abb. 2).

Wir sehen, daß die Schwankungsbreite der Behaglichkeitstemperatur beim Sitzen 11 Grad beträgt, beim Gehen in der Ebene 8 Grad und schließlich beim Gehen auf einer ansteigenden Fläche immerhin 7 bzw. 4 Grad ausmacht. Mit zunehmender Schwere der Arbeit verengt sich die intraindividuelle Streubreite proportional, bleibt aber immer noch deutlich sichtbar, bis schließlich bei sehr schwerer physischer Arbeit eine enge Verdichtung um die Mitte stattfindet.

Bereits aus diesen beiden Beispielen, bei denen absichtlich Extremwerte Berücksichtigung fanden, wird offensichtlich, wie schwierig es sein kann - und in der Regel auch ist -, aus den Meßergebnissen einer zufälligen und für die Trageversuche nicht spezifischen Auswahl von Probanden Urteile über physiologische Eigenschaften

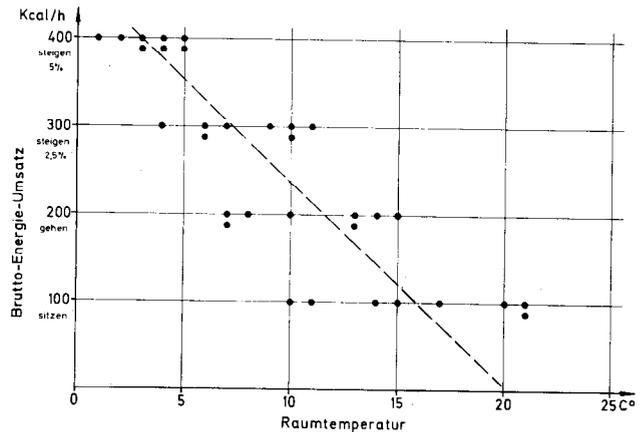


Abb. 2: Streuung der Behaglichkeitstemperatur bei verschiedenen Versuchspersonen (●) unter gleichem Isolationswert der Kleidung und verschiedenen Tätigkeitsarten

eines Gewebes oder eines Bekleidungsstückes zu bilden. Die in Lehrbüchern angeführten physiologischen Normen der Behaglichkeitstemperatur sind Mittelwerte aus relativ kleinen Kollektiven, die nicht ohne weiteres auf konkretes Material übertragen werden können.

a) 2) Obwohl einige Ursachen der aufgezeigten breiten Streuung der Befunde offensichtlich sind, wurde versucht, auf systematischem Wege die Gründe, die die Behaglichkeit überhaupt beeinflussen und jene, die außerhalb des Prüflings liegen, faktorenanalytisch zu erfassen und zu quantifizieren:

a) Den wichtigsten Faktor mit höchster Ladung, der freilich nicht frei von Interkorrelationen mit anderen Variablen ist, bildet der *interindividuelle Reaktionstypus* der Versuchsperson. Aus der Bioklimatik, besonders aber aus der Balneophysiologie, wissen wir, daß die menschliche Reaktion auf Reize, zu denen auch die physiologischen Parameter der Bekleidung in Verbindung mit der Umgebungstemperatur gehören, von der individuell unterschiedlichen Erregungslage abhängig ist. Die Erregungslage ist neben passageren Situationen vor allem eine Determinante des Konstitutionstypus. In der Medizin gibt es viele mehr oder weniger verlässliche Ansätze zur Differenzierung der Reaktionstypen, die sich entweder auf allgemeine anthropologische Kriterien beziehen (E. Kretschmer<sup>5, 6</sup> u.a.) oder die durch das Medium gezielter physikalischer, bioklimatischer oder biochemischer Reizungen als integrative Antwort transparent werden (Lampert, Curry, Kracmar, Skorobogatov<sup>4, 6</sup> u.a.).

Unabhängig von den jeweiligen Methoden und ihrer Spezifität läßt sich die menschliche Reaktionsbereitschaft grundsätzlich in drei Typen einteilen:

a) in die sogenannte *Plus-Variante* des Normtyps, die auf einem höheren psychophysischen Reaktionsniveau eingestellt ist und die darüberhinaus sehr heftig auf äußere und auch innere Reize antwortet. Phänomenologisch

tritt dies unter anderem in Form von Blutdruckerhöhung, starkem Schwitzen oder erhöhter Hautreaktion in Erscheinung. Bekleidungsphysiologisch gesehen ist es den Menschen der Plus-Variante immer zu warm.

- β) Den Gegenpol bildet die *Minus-Variante* des Normtypus, deren wesentliches Kennzeichen Bemühungen zur Erhaltung der potentiellen Leistungsfähigkeit sind. Phänomänologisch werden Menschen der Minus-Variante durch sparsame Reaktionsbereitschaften charakterisiert, wie durch relativ langsamen Puls, niedrigen Blutdruck, Verengung der Pupillen und durch eine relativ trockene Haut. Bekleidungsphysiologisch gesehen gehören sie zu der Gruppe, die sehr leicht fröstelt oder die verhältnismäßig frühzeitig die chemische Wärmeregulation einschaltet.
- γ) Das dritte und statistisch größte Kollektiv bildet der Normtypus; es sind Probanden, deren Reaktionslage sich etwa in der Mitte der beiden Polgruppen befindet und die für Trageversuche optimal geeignet sind; wir nennen sie auch *bekleidungsphysiologische Standardtypen*.

Über die quantitative Verteilung der einzelnen Reaktionstypen lassen sich nur Schätzungsangaben machen; auf Grund von Stichproben kann man annehmen, daß etwa 65 bis 70 Prozent der Bevölkerung zum Normtypus zählen, während sich der Rest annähernd gleich in Plus- und Minus-Varianten teilt.

Zur Auswahl geeigneter Probanden bedienen wir uns in der Praxis vornehmlich eines speziellen Fragebogens, der erschöpfend und zuverlässig ist und der ohne besonderen Aufwand eine brauchbare Auslese aus großen Kollektiven erlaubt. Natürlich kann man auch physiologische Meßmethoden heranziehen. Aus der umfangreichen Reihe von Möglichkeiten sei lediglich auf die Messung des elektrischen Hautwiderstandes hingewiesen. Während die elektrische Polarisation der Haut bei der Plus-Variante einen relativ hohen kapazitiven, aber nur einen geringen Ohmschen Widerstand aufweist, findet sich bei der Minus-Variante das Gegenteil: ein niedriger kapazitiver und ein hoher Ohmscher Widerstand. Der Ohmsche Widerstand ist bekanntlich umgekehrt proportional der elektrischen Leitfähigkeit, das heißt im vorliegenden Fall der Leitfähigkeit der Haut. Der Standardtypus liegt wiederum in der Mitte.

In Abbildung 3 wird die Effektivität programmierter Trageversuche demonstriert; durch eine Differenzierung der Reaktionsarten erhalten wir gut voneinander getrennte und für praktische Zwecke ausreichend befriedigende Polbildungen. Normtypen, die eine Arbeitsbekleidungskombination von etwa 1 clo tragen, empfinden ohne Ausnahme in guter Übereinstimmung mit physiologischen Laborwerten die Temperatur zwischen 19 und 20 Grad bei einer Tätigkeit von 60 kcal/m<sup>2</sup>/h als behaglich, die Plus-Variante fühlt sich zwischen 15 und 16 Grad wohl, die Minus-Variante dagegen zwischen 21 und 23 Grad. Probanden mit einer Arbeitskleidung von 1/2 clo Isolationswert liegen bei gleicher Verteilung entsprechend

höher, desgleichen Probanden mit höherer physischer Belastung von 80 bzw. 100 kcal/m<sup>2</sup>/h.

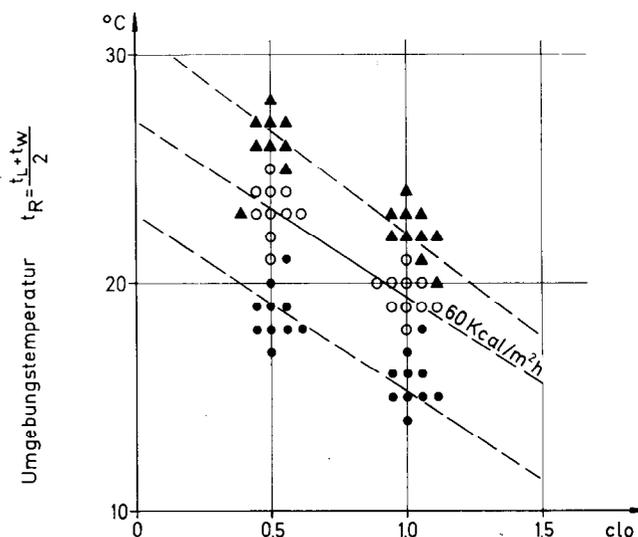


Abb. 3: Die Abhängigkeit der Verteilung der Behaglichkeitstemperatur vom Reaktionstypus  
(▲ = Minusvariante, ● = Plusvariante, ○ = Standardtyp)

Neben dem dominierenden Faktor des Reaktionstypus gibt es eine Reihe sekundärer Variablen, die trotz ihrer statistisch geringen Profilierung bei bekleidungsphysiologischen Trageversuchen nicht übergangen werden sollte.

- b) Die größte Valenz aus dieser Reihe nimmt der Befund der *Durchblutungsgröße der Füße* ein. In Abbildung 4 wird die Abhängigkeit der Behaglichkeitstemperatur von der Wärme der Füße deutlich sichtbar. Ist der Fuß maximal durchblutet, wird eine Arbeitskleidung von 1 clo Isolationswert und einer energetischen Bilanz von 60 kcal/m<sup>2</sup>/h noch bei 15 Grad Raumtemperatur als behaglich empfunden. Mit sinkender Fußdurchblutung muß die Umgebungstemperatur proportional angehoben werden, um ein Frösteln auszuschalten, obwohl sich am Isolationswert der Kleidung nichts ändert. Dieser Befund demonstriert, daß bei Trageversuchen stets auf möglichst homogene Versuchsbedingungen geachtet werden muß. Prüfungen (z.B. der Arbeitskleidung oder der Wäsche) verlangen nicht nur nach Gleichheit akzessorischer Zutaten, sondern infolge ganzheitlicher thermoregulatorischer Vorgänge auch nach einer Homogenität der Fußbekleidung in Material, Schnitt und Ausrüstung.
- c) Von den sekundären Einflußgrößen auf die Behaglichkeitsangaben fanden sich ferner signifikante *Abhängigkeiten von der momentanen Stoffwechsellage*; im nüchternen Zustand kann sich die Behaglichkeitstemperatur bis um 4 Grad C erhöhen.
- d) Unter monotonen Arbeitsbedingungen, aber auch bei monotoner Arbeit an manchen Automaten, hat die Be-

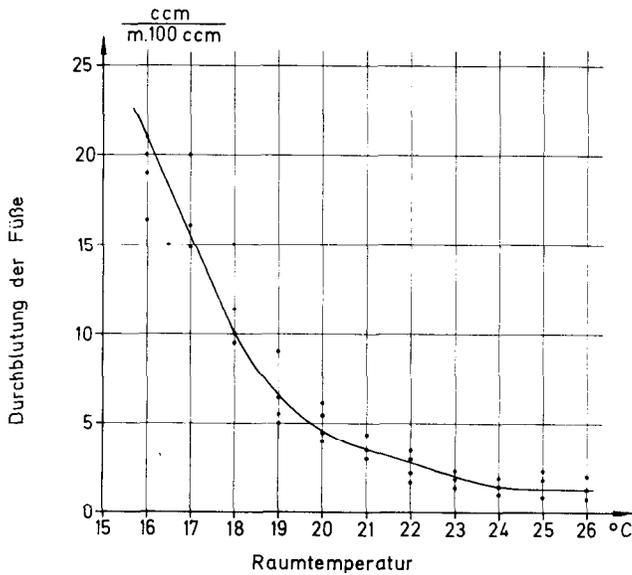


Abb. 4: Abhängigkeit der Behaglichkeitstemperatur von der Durchblutungsgröße der unteren Gliedmaßen

haglichkeitstemperatur der Arbeitskleidung einen bedeutend höheren Pegel als in Situationen gesteigerter psychischer Aktivität. Dieser Befund erklärt sich aus der Tatsache zahlreicher *Verbindungen zwischen den Retikularstrukturen im zentralen Nervensystem* - dem eigentlichen Sitz der Aktivität der Persönlichkeit - und den vegetativen, muskulären und thermoregulatorischen Arealen im Gehirn.

- e) Die Abhängigkeit des Tragekomforts vom *Lebensalter* macht sich erst ab Ende des fünften Dezenniums bemerkbar. Die Fähigkeit zur Selbstbeurteilung thermoregulatorischer Vorgänge nimmt mit höherem Alter relativ ab, so daß man hier mit ausschließlich psychophysiologischen Kriterien vorsichtig sein muß.
- f) Von den individuellen Faktoren der Behaglichkeitstemperatur ist schließlich der Einfluß der *Einstellung der Probanden zu Chemiefasern* nicht zu vernachlässigen. Versuchspersonen, die bewußt, besonders aber unbewußt, eine negative Einstellung zu Kunststoffen haben, sind für Trageversuche mit Kleidungsstücken aus Chemiefasern nicht geeignet. Bei solchen Menschen gibt es immer wieder große Schwierigkeiten, ein befriedigendes Behaglichkeitsklima mittels Kleidung aus Chemiefasern herzustellen. Dieser Befund unterstreicht neben methodischen Konsequenzen auch die Wichtigkeit einer sachlichen Aufklärung über Chemiefasern.

Neben den mitgeteilten intraindividuellen Einflußgrößen auf die Behaglichkeitstemperatur fanden sich auch einige extraindividuelle Parameter, die wegen ihrer Valenz bei der Auswertung und Beurteilung von Trageversuchen von Bedeutung sein können:

- g) An erster Stelle ist dies die *bioklimatische Lage*.

Um Zusammenhänge zwischen Wettererscheinungen und physiologischem Geschehen in der Praxis beurteilen zu

können, bedarf es einer „vernünftigen“ meteorologischen Bearbeitung, worunter eine bevorzugte Hinwendung zum thermischen, photogenetischen und luftchemischen Komplex verstanden wird. Das natürliche Wettergeschehen pendelt bekanntlich in fortwährendem Wechsel zwischen eigenbürtigem, das heißt streng periodischem, nur durch die tägliche Ein- und Ausstrahlung gesteuertem Rhythmus der meteorologischen Elemente, und fremdbürtigem Wetter, in dem die normale Periodik durch die Zufuhr eines Luftpörpers anderer Temperaturen und Feuchte gestört wird.

In der Meteorobiologie ist man seit langem bemüht, die komplexe Dynamik in der freien Atmosphäre in ein für Korrelationsuntersuchungen praktikables Schema einzuordnen. Aus der Reihe zahlreicher Ansätze zu einem vereinfachten Arbeitsmodus erwies sich der Reduktionsversuch von U n g e h e u e r<sup>5</sup> am geeignetsten. Danach sind im idealen Wetterablauf unserer Breiten sechs Wetterphasen zu unterscheiden: mittleres, gesteigertes und föhning übersteigertes Schönwetter, ferner aufkommender und vollzogener Wetterumschlag und schließlich die Phase der Wetterberuhigung. Für die quantitative Bestimmung der einzelnen Abläufe wird die Temperatur und der Wasserdampfgehalt der Luftmassen herangezogen, Kriterien, die in der Biosphäre des Menschen leicht erfaßbar sind. Diese Angaben - als *Temperatur-Feuchte-Milieu* bezeichnet - beschreiben stellvertretend die integrale Wirkung einer als typisch erkannten Vielzahl von meteorologischen Elementen.

Im thematischen Zusammenhang könnte man ohne weiteres auf diesen kurzen Exkurs in die Bioklimatik verzichten, wenn sich nicht immer wieder erwiesen hätte, daß die extraindividuelle bioklimatische Variable oft das Ergebnis der Trageversuche entscheidend beeinflusst. Als Beleg für diese Tatsache wird eine Zeichnung demonstriert (Abb. 5), aus der die Schwankungen des Komfortgefühls beim Tragen eines Arbeitskittels aus Mischgewebe (bei einem arbeitsplatzadäquaten Isolationswert von etwas über 1/2 clo) in Abhängigkeit von verschiedenen Wetterlagen eingetragen ist.

Innerhalb des sonst störungsfreien Umgebungsbereiches werden an Tagen des Wetterumschlags empfindliche Beeinträchtigungen der Behaglichkeit registriert, die ohne Heranziehung biometeorologischer Kriterien nicht zu erklären wären. Stunden oder Tage mit einem Maximum an Störungen des Tragekomforts sind übrigens identisch mit atmosphärischen Vorgängen, die mit depressiver Stimmungslage und mit Reaktionen im Sinne einer Absenkung des Aktivationsniveaus korrelieren; es sind die gleichen Phasen übrigens, die sich auch im Erlebnissbereich der Wetterfähigkeit, der Kreislaufregulation und anderer vegetativer Störungen manifestieren; es handelt sich also um temporäre Modulationen des Rezeptors.

- h) Als ein weiterer außerindividueller Faktor der Behaglichkeit erwies sich die *Farbe*, und zwar die *Farbe des Kleidungsstückes* und die *farbliche Gestaltung des Arbeitsraumes*.

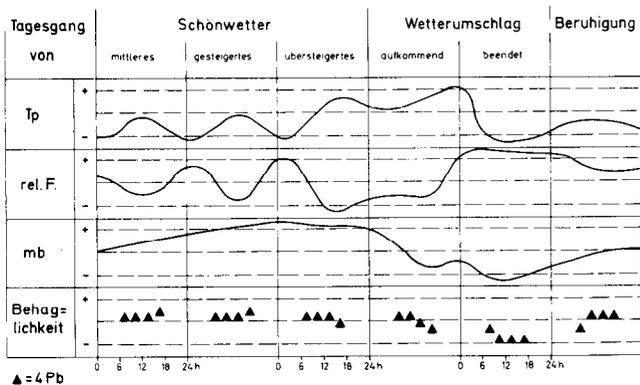


Abb. 5: Änderungen der Behaglichkeit in Abhängigkeit von der bioklimatischen Lage

Bereits seit den Untersuchungen von Baron<sup>2, 3</sup> wissen wir, daß Farben auf der Oberfläche der Wundaufgabe einen signifikanten Einfluß auf die thermophysikalischen Bedingungen der Wunde ausüben; während ungefärbte Folien neben Schwarz die höchste Temperatursteigerung bewirken, hat Violett einen eindeutigen objektiven und subjektiven Kühleffekt. Bordeauxrot kommt diesen Werten am nächsten, gefolgt von Brillantgrün. Auch bei der Kleidung finden wir ähnliche Zusammenhänge, wobei sich Signifikanzen nur unter Laborbedingungen nachweisen lassen.

Es ist allgemein bekannt, daß Farben großen Einfluß auf den jeweiligen emotionellen Zustand des exponierten Menschen ausüben. Bei der systematischen Untersuchung der biologischen Wirkung der Farben ergab sich, daß die Intensität der Empfindungen sich etwa proportional zur Intensität der Strahlungsenergie verhält, also zu den ausgestrahlten Lichtquanten; die Anzahl der Quanten ist wiederum eine Funktion der Wellenlänge des Strahlers, die bekanntlich die Farbe bestimmt. Rot begrenzt zum Beispiel das Farbenspektrum in Richtung des langwelligen Bereichs und ist gegenüber der entgegengesetzten hellblau-violetten und kurzwelligen Begrenzung im Hinblick auf die Quantenemission energieärmer.

Dementsprechend sind auch die biologischen Wirkungen: Ein längerer Aufenthalt in einem rötlich getönten Raum bewirkt eine Erhöhung der Muskelspannung, zum Teil auch einen Anstieg des Blutdruckes und eine Zunahme der Atem- und Herzfrequenz. Physiologisch gesehen geraten die Probanden in eine Reaktionslage, die sich der Plus-Variante nähert. In der Tat wird in rötlich gehaltenen Räumen der Isolationswert der Kleidung im Vergleich zur farblich indifferenten, thermisch jedoch gleichen Umgebung als zu hoch empfunden.

Eine überwiegend blaue Farbgebung bewirkt eine Senkung des Blutdruckes und eine relative Verlangsamung der Atem- und Herzfrequenz. Probanden in bläulich getönten Arbeitsräumen benötigen dagegen einen relativ höheren Isolationswert der Kleidung als dies unter sonstigen, thermisch homogenen Milieubedingungen der Fall ist.

Weißes Licht in angemessener Helligkeit ähnelt den Wirkungen von Rot.

Diese recht vielfältigen physiologischen Einflüsse von Licht und Farbe sollten vom wissenschaftlichen, aber auch vom praktischen Aspekt bei Versuchen mit Berufsbekleidungsstücken berücksichtigt werden. Im psychophysiologischen Sinne sind beide Faktoren Klimagrößen, die folglich auch für die Auswahl der Arbeitsbekleidung Konsequenzen nach sich ziehen.

- i) Die Behaglichkeit unter homogenen thermischen, Feuchtigkeit- und Luftströmungsbedingungen ändert sich schwach signifikant auch dann, wenn der Faktor *Sonnenlicht* einbezogen wird. Der Einfluß der Lichtimpulse ist vor allem ursächlich mit Vorgängen in der Retikularstruktur des Gehirns verknüpft.
- j) Als eine weitere extraindividuelle Einflußgröße erwies sich das *Gewicht der Kleidung*. Mit zunehmender Schwere bei gleichem Isolationswert wird die Bekleidung subjektiv als wärmer empfunden. In Versuchen, bei denen Bleiplättchen in Arbeitskittel eingenäht worden waren, konnte festgestellt werden, daß sich Gewichtsunterschiede bereits ab 100 g in thermoregulatorischer Hinsicht auswirkten. Es erübrigt sich hier, auf die Vorteile der Chemiefasern hinzuweisen.
- k) Beim Vergleich des Tragekomforts in Längsschnittuntersuchungen über unter sonst gleichen thermischen Bedingungen auch der *Tagesrhythmus* und die *Jahreszeit-schwankungen* einen Einfluß aus. Im Gegensatz zur Grundlagenforschung können solche Parameter für die Praxis vernachlässigt werden.

Bevor abschließend Hinweise für die Gestaltung der Trageversuche in Anlehnung an die Befunde gegeben werden, erfolgen noch einige Bemerkungen zur Korrelation zwischen den subjektiven Angaben über die Behaglichkeitstemperatur und den objektiven Messungen, besonders der Temperatur an der Haut und in den Bekleidungszwischen-schichten. Während sich in relativ extremen Situationen eine gute Übereinstimmung fand, war dies in der breiten Mitte kaum der Fall. Unter experimentellen Bedingungen verhält sich der Korrelationskoeffizient zwischen Störungen des Behaglichkeitsgefühls und der Herzfrequenz am günstigsten, sodaß die Puls-schlagszahl und ihre Änderungen in der Zeit als ein relevantes Kriterium gelten kann. Für Untersuchungen in der Praxis ist diese Methode der Pulszählung nicht brauchbar. Wird allerdings ein Versuchskollektiv unter Berücksichtigung einiger der mitgeteilten Einflußgrößen programmiert, dann können auch Temperaturmessungen in der bekleidungsphysiologischen Praxis durchaus den Rang einer wissenschaftlich befriedigenden Methode erreichen.

ad 3) Es wurde darauf hingewiesen, daß sich aus den experimentellen Daten Konsequenzen für die praktische Gestaltung bekleidungsphysiologischer Trageversuche ergeben. Zunächst wollen wir fragen, welche Aussageziele von Trageversuchen erwartet werden:

- a) Vor allem geht es um Beurteilung und Vergleich von ein und derselben Kleidung, die jedoch aus variierenden Textilmaterialien in chemisch-physikalischer, struktureller oder ausrüstungsmäßiger Hinsicht besteht,

- b) um die Erzielung von Werten für Entwicklungsarbeiten, besonders um Konstruktionsgrundlagen für Berufs- und Arbeitsschutzkleidung diverser Art, aber auch für Alltagskombinationen, zum Beispiel aus neuen Fasern und Geweben,
- c) schließlich um die Erarbeitung bekleidungsmedizinisch relevanter Absolutwerte diverser physiologischer Kriterien. Den Endzweck dieser Bemühungen bildet die Erzielung brauchbarer Korrelationen zwischen chemisch-physikalischen, strukturellen und ausrüstungsmäßigen Daten einerseits und subjektiven Aussagen der Versuchspersonen und physiologischen Meßdaten andererseits zur Erstellung umfassender praktikabler Kriterien für die Beurteilung der Behaglichkeit einer Kleidung.

Solange wir dieses idealtypische Ziel nicht erreicht haben, müssen wir uns mit relativ unvollkommenen Verfahren begnügen, deren Effizienz durch Einschaltung einer Reihe von Kautelen allerdings erheblich gesteigert werden kann. Probanden für Trageversuche sollten nicht zufällig zusammengestellt, sondern aus einem großen Kollektiv sorgfältig ausgesucht werden, wobei neben den üblichen Kriterien einer allgemeinen biologischen Homogenität vor allem auf den Reaktionstypus und auf die Einstellung zu den Kunststoffen geachtet werden soll.

Befriedigende Resultate erhält man bereits bei einer Stichprobe von 15 Probanden. Eigene Berechnungen ergaben, daß der Korrelationswert zwischen den Skalenwerten bei einer Gruppe von 100 Probanden und den Skalenwerten derselben Aussage bei einer Gruppe von 15 Probanden 0,94 beträgt; erhöht sich die Zahl der Versuchspersonen auf 20, verbessert sich die Korrelation zwischen den Skalenwerten beider Gruppen bereits auf 0,98.

Nachdem eine qualitativ und quantitativ geeignete Versuchsgruppe mit überschaubaren Eigenschaften erstellt ist, erfolgt im Längsschnittverfahren die Beurteilung des Prüflings mit Hilfe von Befindensmessungen anhand möglichst geeichter Fragestellungen, von denen jede mindestens drei, höchstens neun Antwortmöglichkeiten bieten sollte. Da das Makroklima durch den psychophysiologischen Gesamtzustand des Organismus, durch das Temperaturverhältnis zum äußeren Milieu und durch Eigenschaften der Bekleidung bestimmt wird, ist eine synchrone Orientierung über das Makroklima während des ganzen Trageversuchs wichtig. Dabei ist es erforderlich, die Befindensmessung, das heißt die Beantwortung spezieller Fragen zum Tragekomfort, die Registrierung des Makroklimas einschließlich der bioklimatischen Lage und die Festhaltung des Tagesablaufes bei Berücksichtigung der Kriterien, die sich für die Behaglichkeit als relevant erwiesen haben, regelmäßig jeden Abend zu registrieren.

Eine weitere wichtige Versuchsbedingung ist die Herstellung und die Überwachung homogener bekleidungsphysiologischer Verhältnisse mit Hilfe akzessorischer Standardbekleidung, einschließlich des Schuhwerks. Werden mit dieser Programmierung objektive Meßverfahren kombiniert (am besten mit Hilfe der Telemetrie bei Übertragung der umfangreichen rechnerischen Aufgabe an Rechenautomaten) erreicht man ein effektives Niveau, das geeignet ist, die Bekleidungsphysi-

ologie der Chemiefasern sowohl vom wissenschaftlichen als auch vom praktischen Aspekt aus wesentlich zu bereichern.

#### Zusammenfassung

In Untersuchungen über das Behaglichkeitsklima von Arbeitskleidung, die einschließlich standardisierter Unterwäsche einen Isolationswert von 1/2 bis 1 clo hatte, wurden bei Einhaltung homogener Bedingungen Schwankungen der Behaglichkeitstemperaturen, die mehr als 10°C betragen, festgestellt. Bei der Analyse der Ursachen für diesen großen Streubereich mit Hilfe der Faktorenanalyse fand sich eine Reihe von extra- und intraindividuellen Variablen, die wegen ihrer relativ hohen Ladung bei physiologischen Trageversuchen berücksichtigt werden sollten, um eine optimale Wirksamkeit der zeitlich und finanziell aufwendigen Versuche zu erzielen.

An der Spitze der intraindividuellen, den Streubereich beeinflussenden Faktoren steht der Reaktionstypus der Probanden mit definierbaren Unterschieden an Geschwindigkeit und Größe der thermoregulatorischen Abläufe; diese konstitutionellen Differenzen werden mit steigender physischer Belastung zwar etwas kleiner, bleiben jedoch bis zu einer Arbeitsschwere von 120 kcal/m<sup>2</sup>/h erhalten.

Die zweite Stelle nimmt der Faktor der Durchblutungsgröße der unteren Gliedmaßen - besonders der Füße - ein, gefolgt von der augenblicklichen Stoffwechsellage, der physisch-psychischen Verfassung, dem Alter und der individuellen Einstellung der Versuchspersonen zu den jeweiligen Textilarten.

Von äußeren extraindividuellen Bedingungen spielen neben den bekannten Kriterien der Luftbewegung und der Luftfeuchtigkeit vor allem die bioklimatische Lage, das Expositionslicht, die Farbe und die Schwere der Arbeitskleidung und schließlich auch die Jahres- und die Tageszeit eine Rolle; statistisch gesehen haben diese Variablen den Rang eines sekundären Faktors.

Bei der Korrelation der gemessenen physiologischen Kriterien mit der skalierten Beurteilung der Behaglichkeit zeigte die Pulsfrequenz eine weitaus größere Relevanz als zum Beispiel die Werte der Hauttemperatur; diese erwiesen sich nur dann als brauchbar, wenn die aufgezeigten Prinzipien der biologischen Homogenität berücksichtigt werden. Aus den Befunden ergeben sich wichtige Konsequenzen für eine überschaubare Programmierung und Bewertung der Trageversuche.

#### Literatur:

- 1) E.W. Baader; Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin, Bd. 1: Arbeitsphysiologie

- 2) H. Baron: „Die Bedeutung des Temperaturfaktors für Wunde und Haut bei Bedeckung mit 'non woven' und Folienschichten unter besonderer Berücksichtigung von Kühlfarben“; Arzneimittel-Forsch. (Drug.Res.) **17**, 1402-1407 (1967)
- 3) H. Baron: „Die Bedeutung der örtlichen Temperatur im Wund- und Hautbereich im Lichte der experimentellen Chirurgie unter besonderer Berücksichtigung von Kühlfarben“; Langenbeck; Arch.f.Klin.Chir., Bd. 113 (1965)
- 4) W. Nesswetha: „Einige objektive und subjektive Elemente der Bekleidungsphysiologie“; Bekl.Med. **3**, 5-9 (1964)
- 5) W. Nesswetha: „Bioklimatische Wirkungen auf die Arbeit“; Hb.f. Psychologie, Bd. 9: Betriebspsychologie; Göttingen 1961
- 6) H. Reinders: „Mensch und Klima“; VDI-Düsseldorf, 1969

**Diskussion**

**Köb:** Wir haben jetzt gesehen, was sich tatsächlich auf der anderen Seite der geheizten Kupferplatte in unserem Modell befindet.

**Diebschlag:** Erstmals fiel heute in Ihrem Vortrag das Wort ‚Signifikanz‘. Wie haben sie diese Signifikanzen - egal nun in welcher Weise - berechnet: nach dem A-Test, nach dem T-Test, oder haben Sie eine Varianzanalyse versucht? Da erheben sich ja gerade von der Mathematik bzw. von der Statistik her gesehen sehr große Schwierigkeiten. Können Sie dazu noch etwas sagen, bitte?

**Nesswetha:** Die Frage ist sehr berechtigt. Nun, wenn ich von ‚Signifikanz‘ sprach, dann habe ich diese bis zu 5 % Niveau angenommen. Etwa in 60 % unserer Befunde war die Signifikanz 2 %. Die einzelnen statistischen Methoden waren stets der Fragestellung angemessen; wir haben Z-Tests, A-Tests usw. herangezogen. Eine Varianzanalyse haben wir nicht durchgeführt; soweit es angebracht war, sind wir faktorenanalytisch, wie ich gesagt habe, vorgegangen.

**Welfers:** Herr Dr. Nesswetha, Sie haben als Dimension die internationale Einheit clo/units gewählt. Wenn ich mich nicht irre, so sind das 5,55 kcal bei einer Temperatur von 21 bis 22°C, sitzend, Windgeschwindigkeit 3 m/sec. Ich persönlich bin der Meinung, daß die gesamten Prozesse im Organismus über die Wärme gehen und daß man daher bei der klaren Definition kcal bleiben sollte.

Ich möchte deshalb die Frage an die Mediziner richten: Glauben Sie, daß man überhaupt die Behaglichkeit so angeben kann? Ich fühle mich zum Beispiel, wenn ich arbeite, im Arbeitszimmer bei 20°C wohl. Zu Hause muß ich die Heizung abdrehen, aber meine Frau will 23°C haben. Das sind Fälle bei 50 oder 45 % relativer Feuchte. In der Praxis kann man doch sagen, daß jeder Mensch seinen eigenen Behaglichkeitsbereich hat, und darum möchte ich wissen, ob man überhaupt von clo/units sprechen soll, oder ob man einfach bei kcal bleiben kann.

**Nesswetha:** Herr Welfers, Sie wissen ja selbst gut, daß die clo-Einheit nur ein empirisches Maß für das Wärmeisolationsvermögen ist. Ein clo entspricht etwa einer physikalischen Einheit von 5,6 kcal/h/m<sup>2</sup> Oberfläche und Grad. Das clo sagt ja nichts über die Behaglichkeit; das ist ja nur ein Maßstab, mit dem ich mich Ihnen verständlich machen wollte, wie warm oder wie kühl die geprüfte Kleidung war.

Und ich muß noch hinzufügen, daß die clo-Einheiten nicht exakt berechnet waren, sondern ich habe gesagt: ca. 1/2 clo, ca. 1 clo.

**Welfers:** Die Frage, ob man die Behaglichkeit messen könne, wurde schon gestern an Herrn Kaswell gestellt. Ich meine, man soll da sehr vorsichtig sein, und ich glaube nach wie vor, daß jeder Mensch ein eigenes Behaglichkeitsgefühl oder einen eigenen Behaglichkeitsparameter hat.

**Nesswetha:** Ein indirektes und nur unvollkommenes Kriterium - um das Behaglichkeitsgefühl messen zu können - ist zum Beispiel die Pulszahl im Experiment unter Ruhebedingungen. Da müssen natürlich sehr viele Begleitumstände homogen sein.

Eine weitere Methode bietet sich in der encephalographischen Methode an. Diese ist aber sehr umständlich und für die Praxis daher undiskutabel. Rein methodisch-physiologisch wäre hier aber ein Zugang möglich.

Ein weiterer Weg, der sich öffnet und von dem ich glaube, daß er eine große Rolle in der Bekleidungsphysiologie spielen wird, ist die Messung der Durchblutungsgröße, die mit dem Fluvographen erfaßt werden kann. Diese Werte sind viel valenter als es die Temperatur ist. In unseren Untersuchungen war die Koordination zwischen der Temperaturmessung und der Behaglichkeit nicht so groß; besser war sie beim Puls.

**Köb:** Sie haben offensichtlich Versuchspersonen unter verschiedenen Temperaturen arbeiten lassen und sie dann herausuchen lassen, bei welcher Temperatur sie sich behaglich fühlen. Das würde beim Fernsehen heißen, jeden Abend einmal die Heizung anders stellen und dann notieren, bis man auf den Mittelwert kommt, und das Programm noch abziehen, wenn es die Sache beeinflusst.

Wie lange muß man denn operieren, bis man an einer Person eine derartige Kurve bekommt? Das dauert doch sicher stundenlang, bis sich irgendeine Situation eingeegelt hat.

**Nesswetha:** Ja, ich konnte natürlich nicht kontinuierlich an dieser Sache arbeiten, aber was ich heute vorgetragen habe, war das Resultat einer Arbeit von acht Jahren.

**Köb:** Ja, wo ist der Behaglichkeitspunkt unter bestimmten Bedingungen für die Einzelperson? Wie lange muß man warten, bis sie sagt: ‚Jetzt ist es mir zu kalt!‘ - ‚Jetzt ist es mir zu warm!‘?

**Nesswetha:** Zunächst muß man bei jedem Versuch die Probanden adaptieren lassen, und zwar mindestens 30 Minuten.

**Köb:** Dann kommt die Aussage ‚zu warm‘ oder ‚zu kalt‘, oder steuert er die Temperatur selber?

**Nesswetha:** Nein, die Steuerung erfolgte von uns nach der Aussage: ‚Mir ist zu kalt!‘ oder ‚Ich möchte es wärmer!‘, - ‚Jetzt ist es angenehm!‘

**Köb:** Also in Form einer Reihe: einmal hinauf - einmal hinunter. Dankeschön.

**Nesswetha:** Es gibt da noch eine Reihe anderer Methoden. Ich bin aber apparativ nicht so ausgerüstet, daß ich diese eleganteren Methoden hätte wählen können.

**Diebschlag:** Darf ich als Diskussionsbemerkung dazufügen, daß wir bei Hunderten von Versuchen an den Füßen festgestellt haben, daß ein größeres Probandenteam - sowohl weiblichen als auch männlichen

chen Geschlechts - exakt angeben konnte, wann eine Temperatur am Fuß den Wert 33,5 bzw. 34,1°C (das sind nur 0,6°C Differenz!) überschritt.

Es konnte ebenfalls angegeben werden, wann der Behaglichkeitszustand - das würde die relative Luftfeuchtigkeit betreffen - überschritten wurde. Das lag etwa zwischen 60 und 65 %.

Es muß dazu gesagt werden, daß die Probanden nicht in der Lage waren festzustellen, wann diese Temperatur beispielsweise auf dem Rist oder an der Ferse überschritten wurde. Wir konnten immer wieder feststellen, daß von all den über den ganzen Fuß verteilten Thermofühlern einzig und allein dieses Gefühl des ‚Zu-warm‘ kam, wenn der Thermofühler, der zwischen den beiden Fußballen, also an der Fußsohle, saß, in den kritischen Bereich hineinkam.

Daß die Schwankungsbreite zwischen 33,5 und 34,1°C lag, also immerhin noch 0,6°C betrug, führe ich darauf zurück, daß die Raumtemperaturen und die Klimatisierung noch nicht so optimal waren. Es könnte sein, daß dieser Temperaturwert und auch die Feuchtigkeit noch exakter getroffen werden könnte. Es ist vielleicht gar nicht so schwer, hier einen recht genau fixierbaren Punkt für die Temperatur und die Feuchtigkeit zu finden.

**Nesswetha:** Nun, bei Messungen am Fuße ist das natürlich viel einfacher, weil sie eine topographisch umschriebene Stelle haben. Am Körper sind die Verhältnisse schon etwas komplexer; aber ich gebe Ihnen völlig recht, die Probanden sind fähig, den Punkt der Behaglichkeit genau zu bestimmen.

**Mecheels:** Zu der Frage, ob man die Behaglichkeit messen oder sie feststellen kann, möchte ich auch noch ein paar Worte sagen.

Es wurde eben gesagt, ‚zu warm‘ oder ‚zu kalt‘ sei unbehaglich; das heißt, der Mensch kann durch irgendwelche äußeren Umstände oder auch durch die Bekleidung Zustände erreichen, wo die eigene Temperaturregulation nicht mehr ausreicht. Jedesmal wird dadurch der Organismus rein physisch belastet.

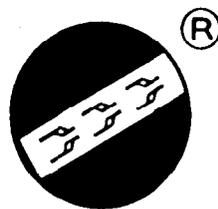
Die erhöhte Schweißabgabe, das nichtverdampfte Wasser, die Überwärmung unter zu warmen Bedingungen, die damit verbunden ist, belasten den Körper. Auch das Frieren verlangt eine ausgesprochen körperliche Arbeit. So ist beispielsweise das ‚Frostzittern‘ mit einem Energieumsatz von ungefähr 550 kcal/h verbunden, was also bereits Schwerarbeit entspricht. Infolgedessen kann man einsehen, wie der Organismus in unbehaglichen Zuständen belastet wird. Diese Belastung kann man durch Pulsfrequenzmessungen, durch Sauerstoffverbrauch, durch eben wirklich objektiv meßbare Größen bestimmen.

Der Mensch wird wohl selbst nicht genau abgrenzen können, bei welcher Feuchtigkeit, bei welcher Temperatur etwa, sein Behaglichkeitsbereich liegt, da das auch von dem Maß der körperlichen Arbeit und von verschiedenen anderen Dingen abhängt. Unter ganz bestimmten Randbedingungen kann man ihn jedoch messend erfassen.

Die Arbeitsphysiologie hat an vielen Beispielen gezeigt, daß man sagen kann: ‚Hier liegt der behagliche Bereich dieser Versuchsperson unter den und den Umgebungsbedingungen.‘

Man kann also vereinfachend zusammenfassen: Behaglich fühlt sich ein Mensch dann, wenn ihm die Kleidung im Zusammenwirken mit seiner körperlichen Arbeit und dem Umgebungsklima ein Minimum an Belastung des Organismus bringt.

**Nesswetha:** Das kann ich voll unterstreichen.

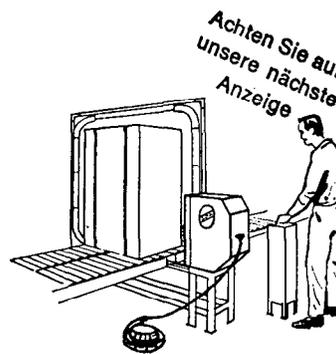


**Modern verpacken  
Kosten sparen  
Sicher umreifen**

**TITAN „HÜLSENLOS“**



Patente In- und Ausland  
**TITAN**  
löst alle Verpackungsprobleme, verschließt sicher und schnell jedes Versandgut mit Stahlband oder Draht, Kunststoffband oder Kordel, Klebestreifen oder Klammern, Folie oder Schrumpffolie. Unsere Fachberater helfen Ihnen rationalisieren



**TITAN-GMBH. 583 SCHWELM/WESTF.**  
FS. 8 591 959 · TEL. 42 42

## Kleidung aus Chemiefasern für heiße Klimabedingungen

Dr. rer. nat. Jürgen Mecheels  
Direktor des Bekleidungsphysiologischen Instituts e.V.,  
Hohenstein/BRD

Bei warmen, sommerlichen oder tropischen Klimabedingungen muß der menschliche Körper zur Regelung seiner Temperatur verstärkt die Kühlmöglichkeit durch Verdampfung des Schweißwassers einsetzen. Dieser Mechanismus funktioniert umso wirkungsvoller, je höher das Sättigungsdefizit des Wasserdampfgehaltes der den Körper umgebenden Luft, also je niedriger deren relative Luftfeuchte ist. Da der Mensch mit dem größten Teil seiner Körperoberfläche nicht dem Klima seiner Umgebung gegenübersteht, sondern dem Mikroklima unter seiner Kleidung, kann diese durch ihre Eigenschaften einen erheblichen Einfluß auf die Wirksamkeit dieses Kühlmechanismus und damit auf Komfort und Leistungsfähigkeit des Kleidungs-trägers nehmen.

Das Referat untersucht die einzelnen Konstruktionselemente der menschlichen Kleidung in ihrem Einfluß auf die Feuchtigkeit des Mikroklimas, was unter warmen Klimabedingungen auf die Fähigkeit der Kleidung hinausläuft, die vom Körper über die Haut abgegebene Feuchtigkeit an die Umgebung weiterzuleiten. Der wirksamste Abtransport größerer Feuchtemengen ist über die Lüftung der Kleidung möglich, die hauptsächlich von Konstruktion, Schnitt und Trageweise der Kleidung beeinflusst ist.

Im Hinblick auf die Chemiefasern als Funktionselemente der Kleidung interessiert hauptsächlich die Feuchtigkeitsdurchlässigkeit von Textilschichten. Dampfförmig einer Gewebeoberfläche angebotenes Wasser hat grundsätzlich die Möglichkeit, nach vier Mechanismen die Gewebeschicht zu durchdringen und auf der anderen Seite wieder abgegeben zu werden:

- Diffusion durch die Luft in den Poren des Textils,
- Absorption in das Fasermaterial, Weiterleitung durch das Faserinnere und Desorption auf der gegenüberliegenden Gewebeseite an die umgebende Luft,
- Wanderung als Kondenswasser innerhalb der Gespinnst- und Gewebekapillaren,
- Wanderung entlang der Faseroberfläche.

Dabei ist die thermische oder die erzwungene Konvektion von feuchtigkeitsbeladenen Luftmengen durch das Gewebe hindurch nicht berücksichtigt. Das Referat untersucht nun anhand von theoretischen Überlegungen und experimentellen Ergebnissen die Wirksamkeit und die quantitativen Gegebenheiten der einzelnen Mechanismen.

Dabei ergibt sich, daß die vielfach für die Feuchtedurchlässigkeit von Textilien allein verantwortlich gemachte Wasseraufnahmefähigkeit der Fasern, also der Quellungsmechanismus, auf die Feuchtigkeitsdurchlässigkeit von Textilien nur einen untergeordneten Einfluß nimmt. Die Diffusion durch die Poren kann sehr wirksam durch eine Feuchtigkeitsleitung nach einem Kapillarmechanismus oder nach dem Mechanismus der Feuchtigkeitsleitung durch Migration auf der Faseroberfläche unterstützt werden.

Wenn man diese Tatsachen bei der Konstruktion von Textilien aus Chemiefasern zielbewußt ausnützt, sind zahlreiche Möglichkeiten geboten, die Funktion von Textilien aus Chemiefasern zu optimieren.

In hot or tropical climates the human body has to maintain its temperature by increased perspiration and vaporization. This mechanism will be all the more effective the greater the saturation deficit of the steam-content of the ambient air, i.e. the lower its relative humidity is. Since, however, the major part of man's body surface is surrounded by the micro-climate existing under his clothes rather than by the ambient atmosphere, the properties of the former can have a substantial influence on the effectiveness of this cooling mechanism and hence on the well-being and efficiency of the wearer.

The author investigates the influence of individual structural elements of the human clothing on the humidity of the micro-climate which, under warm weather conditions, is due to the ability of garments to conduct body-moisture excreted through the skin to the surrounding atmosphere. The removal of major water volumes can be achieved by a ventilation of the clothing, which depends mainly on fabric construction, cut and manner of wearing.

With respect to man-made fibers as function-elements of clothing the permeability to moisture of textile layers is of primary interest. Water contacting the fabric surface in the form of steam can penetrate the fabric layers and reach the opposite side by four different mechanisms, i.e.

- diffusion through the air present in the pores of textile materials;
- absorption by the fibers, transport through the interior of fibers, and desorption to the ambient air on the opposite side of the fabric;
- migration of condensation-water within fabric capillaries;
- migration across fiber surfaces.

This does not take into account thermal or forced convection of moisture-laden air volumes through the fabric. The effectiveness and the quantitative characteristics of the individual mechanisms are investigated on the basis of theoretical arguments and experimental results.

Such investigation reveals that fiber-hygroscopicity, i.e. the swelling-mechanism, which has frequently been regarded as the only factor determining the permeability of textiles to moisture, has no more than a subordinate effect thereon. Diffusion through pores can be very effectively supported via moisture-conduction by a capillary mechanism or by migration across the fiber-surfaces.

Systematic utilization of these facts in designing man-made fiber textiles will permit numerous approaches towards optimizing the function of such textiles.

### 1. Das Problem

Seit vielen Jahrhunderten trägt der Mensch Kleidung aus den auch heute noch gebräuchlichen Naturfasern, wie beispielsweise Baumwolle, Flachs und Wolle. In sehr langen Zeiträumen wurden diese Fasern zur Herstellung von Textilien ausgewählt, und es wurden Technologien entwickelt, nach denen optimale Gewebe oder in jüngerer Zeit auch Maschinenwaren für die verschiedensten Zwecke herstellbar sind. Chemiefasern gibt es dagegen erst seit wenigen Jahrzehnten, und wenn wir von den Regeneratfasern einmal absehen und nur die Synthetics betrachten, erst in neuester Zeit. Bei ihrer Verarbeitung stand zunächst nicht die Entwicklung spezieller, für diese Fasern geeignete Technologien im Vordergrund, sondern sie mußten auf Maschinen und nach Verfahren verarbeitet werden können, welche in der Industrie schon vorhanden waren.

Trotzdem wurden von Anfang an gute Erfolge erzielt. Aus synthetischen Fasern konnten äußerst haltbare, pflegeleichte Textilien mit einer ganzen Reihe von zusätzlichen vorteil-

haften Eigenschaften hergestellt werden. Man mußte jedoch bei dem anfänglichen Kompromiß, neue Fasern nach bestehenden Technologien zu verarbeiten, auch Nachteile in Kauf nehmen. Diese zeigten sich dem Verbraucher hin und wieder im Tragekomfort. Deshalb hat sich leider (weil inzwischen zu Unrecht) in der Öffentlichkeit und manchmal sogar in die Fachwelt hinein die Meinung gebildet, die stark vereinfachend sagt: „Unter Kleidung aus synthetischen Fasern schwitzt man.“

Wenn auch derartige Verallgemeinerungen stets bedenklich sind, so kann man diese Meinung doch immer wieder hören. Als Beweis dafür möchte ich eine Tabelle, die noch 1955 im Textile Research Journal erschienen ist, vorführen (Tab. 1).

**Tabelle 1: Quellwerte**

F A S E R	Sorptive Gruppen	Quellung in %
Viskose	+ +	65
Wolle	+ +	26
Baumwolle	+ +	21
Seide	+ +	19
Azetat	+	8
Polyacrylnitril	+	5
Polyamid	+	3
Polyester		1
Polyvinylchlorid		—

Pflegeleichtigkeit ↓

↑ Komfort

Zwar befaßte sich diese Arbeit von A.M. S o o k n e<sup>1</sup> vornehmlich mit den Pflegeleichteigenschaften, aber der Pfeil, der sich auf den Komfort, also mehr oder weniger auf die Trageeigenschaften, bezieht, zeigt doch sehr deutlich die zumindest damals vielfach herrschende Meinung.

Die Tabelle kennzeichnet jedoch auch eine zweite, äußerst bedenkliche, weil falsche, Vereinfachung: Der Komfort wird einfach proportional zur Quellbarkeit, also zur Hygrokopizität der Fasern, angegeben.

Zweifellos ist dieser Abstufung des Komforts die Wasserdampf- oder besser die Feuchtedurchlässigkeit von Textilien aus diesen Fasern gleichgesetzt. Trifft es aber wirklich zu, daß die Feuchtedurchlässigkeit mit der Quellbarkeit der Fasern durch Wasser ansteigt? Gibt es vielleicht auch andere wirksame Mechanismen, durch die ein Feuchttransport durch Textilien bewirkt werden könnte? Wie verhält sich eine Textilschicht überhaupt zwischen der feuchten Haut und dem Umgebungsklima?

Daß nämlich die Gegebenheiten, die in Tabelle 1 angedeutet sind, nicht grundsätzlich zutreffen können, zeigt schon die Lebenserfahrung. Zum Beispiel war der Tragekomfort von Zellwoll-Oberhemden, wie sie im zweiten Weltkrieg hergestellt wurden, durchaus nicht gut; andererseits aber stellt man heute auch aus den synthetischen Fasern auf der ganzen Welt Textilien her, die gute Komforteigenschaften aufweisen, und zwar insbesondere, seit man andere Technologien als bei der Verarbeitung von Naturfasern anwendet.

Worauf kommt es also wirklich an?

Mit dieser Frage soll sich das folgende Referat befassen. In heißen Klimabedingungen sind die Feuchttransporteigen-

schaften von Textilien von besonderer Bedeutung, und deshalb soll untersucht werden, welche Konstruktionsprinzipien für unter diesen Umständen optimal funktionierende Bekleidungstextilien aus synthetischen Fasern oder auch aus deren Mischungen mit anderen Fasern bestehen.

## 2. Körperkühlung durch Wasserverdampfung

Die wichtigste Aufgabe der Kleidung ist die Unterstützung der Temperaturregelvorgänge des Körpers. Beim Menschen als warmblütigem Lebewesen muß die Kerntemperatur (in Kopf und Rumpf) in äußerst engen Grenzen konstant gehalten werden, was bedeutet, daß seine Wärmeabgabe jeden Augenblick gleich der Wärmeproduktion sein sollte. Gerade die Wärmeproduktion ist jedoch mit dem Grad der jeweiligen körperlichen Arbeitsschwere des Menschen großen Schwankungen (etwa zwischen 100 bis 400 oder gar 600 kcal/h) ausgesetzt. Außerdem hängt die Wärmeabgabemöglichkeit zur Umgebung stark von dem meist ebenfalls nicht konstanten Klima ab. Deshalb besitzt der Mensch recht wirksame Regelmechanismen für seine Kerntemperatur. Diese müssen jedoch von der Kleidung unterstützt werden.

Als ursprünglich tropisches Lebewesen kommt der Mensch in den meisten Gebieten der Erde nicht ohne wärmeisolierende Kleidung aus. Da deren Isolation jedoch bei steigender Arbeitsschwere, also der Notwendigkeit, größere Wärmemengen nach außen abzugeben, und wärmer werdendem Umgebungsklima zu groß ist, muß der Mensch in diesen Fällen von dem recht wirksamen Kühlmechanismus, der Verdampfung von Schweißwasser, Gebrauch machen. Darin kann ihn aber ungeeignete Kleidung mit zu geringer Feuchtigkeitsdurchlässigkeit erheblich beeinträchtigen. Aus arbeitsphysiologischen Untersuchungen geht hervor, daß nicht nur ein unangenehmes Gefühl, sondern in vielen Fällen eine mehr oder weniger große Behinderung der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit eintritt.

Dieser Kühlmechanismus der Verdampfung von Schweißwasser ist außerordentlich wirksam. Obwohl die Haut immer Feuchte enthält und stets auch unter kühlen Umgebungstemperaturen etwas Wasserdampf abgibt (mindestens 10 g/h), setzt die aktive Schweißsekretion aus den Schweißdrüsen erst bei einer Hauttemperatur oberhalb 34 bis 35°C ein<sup>2</sup>.

Der Mensch kann ohne Schwierigkeit pro Stunde einen halben bis einen ganzen Liter Wasser zur Verdampfung bereitstellen, kurzfristig sogar bis zu vier Liter pro Stunde. In 24 Stunden können so bis zu 10 oder 12 Liter abgegeben werden<sup>2</sup>.

Bei Hauttemperatur werden pro Liter verdampften Schweißes dem Körper etwa 580 kcal an latenter Wärme abgenommen. Diese Zahlen bedeuten, daß der Mensch in der Lage ist, seine gesamte Wärmeproduktion bei Schwerarbeit (ca. 600 kcal/h) allein durch die Verdampfung von Wasser über gewisse Zeiträume abzugeben. Dies ist zum Beispiel bei sehr hohen Umgebungstemperaturen notwendig. Aber auch schon bei niedrigen Temperaturen müssen oftmals größere Wärmemengen durch Schweißverdampfung abgegeben werden, insbesondere bei erhöhter Arbeitsschwere.

Voraussetzung für das befriedigende Funktionieren dieses Kühlmechanismus ist jedoch eine ausreichende Aufnahmefähigkeit der Umgebungsluft für Wasserdampf. Dies drückt sich im Sättigungsdefizit der relativen Luftfeuchtigkeit und in einem ausreichenden Partialdruckgefälle des Wasserdampfes zwischen Körperoberfläche und Umgebung aus. Je niedriger die relative Luftfeuchtigkeit in der Umgebung des Menschen ist, desto mehr Wasser kann verdampft und damit der Körper wirksam gekühlt werden. Ist die relative Luftfeuchtigkeit der Umgebung nahe oder bei 100 Prozent, so kann eine Körperkühlung durch Schweißverdampfung praktisch nicht mehr stattfinden.

Tatsächlich steht aber der Mensch mit etwa 90 Prozent seiner Körperoberfläche nicht dem Umgebungsklima, sondern dem *Mikroklima unter seiner Kleidung* gegenüber, dessen Feuchtigkeitsgehalt jedoch nicht nur vom tatsächlichen Umgebungsklima abhängt, sondern ganz wesentlich auch von der Fähigkeit der Kleidung, Wärme und insbesondere Wasserdampf abzutransportieren.

Wenn also die Kleidung die Temperaturregelvorgänge des Körpers optimal unterstützen soll, dann muß sie insbesondere unter heißen Klimabedingungen oder bei größerer Arbeitsschwere ein möglichst trockenes Mikroklima zwischen sich und dem Körper bewirken, also von der Haut abgegebene Feuchte möglichst leicht hindurchlassen.

Dies ist zu einem wesentlichen Teil allein schon mit der Schnittform und der Trageweise der Kleidung erreichbar, wodurch mit Hilfe der Konvektion wesentliche Wärme- und Feuchtemengen allein durch Luftaustausch vom Mikroklima an die Umgebung abgegeben werden können. Trotzdem kommt der Feuchtedurchlässigkeit der für die Kleidung verwendeten Textilschichten und der zwischen den Schichten befindlichen Luft noch eine erhebliche Rolle zu.

### 3. Wasser in Textilschichten

Man kann eine Textilschicht nicht einfach als mehr oder weniger großen Widerstand gegen die Wasserdampfdiffusion vom Mikroklima zur Umgebung hin auffassen. Zwar wird vielfach die Luftdurchlässigkeit einer Kleidung zu deren Wasserdampfdurchlässigkeit als proportional angenommen, jedoch liegt hier ein grundsätzlicher Irrtum vor. Abbildung 1 will dies illustrieren.

Wäre die Kleidung etwa ein Sieb, so würde sie einem Luftstrom von der einen zur anderen Seite einen bestimmten Widerstand entgegensetzen. Diesen mißt man im Prinzip, wenn man die Luftdurchlässigkeit von Textilien ermittelt. Würde dieses „Sieb“ bei gleicher Querschnittsfläche an Tiefe zunehmen (Figur b in Abb. 1), was also einer dicker werdenden Textilschicht entspricht, dann würde sich der Widerstand gegen den Luftstrom nur wenig erhöhen.

Bei der Wasserdampfdiffusion durch Textilschichten (Fig. c) wird jedoch nicht durch das „Sieb“ geblasen, sondern der Wasserdampf muß durch eine in den Maschen des Siebes ruhende Luftschicht diffundieren. Hierbei ist die Tiefe des Siebes (Fig. d) oder auch die Dicke des Stoffes von großer direkt proportionaler Bedeutung.

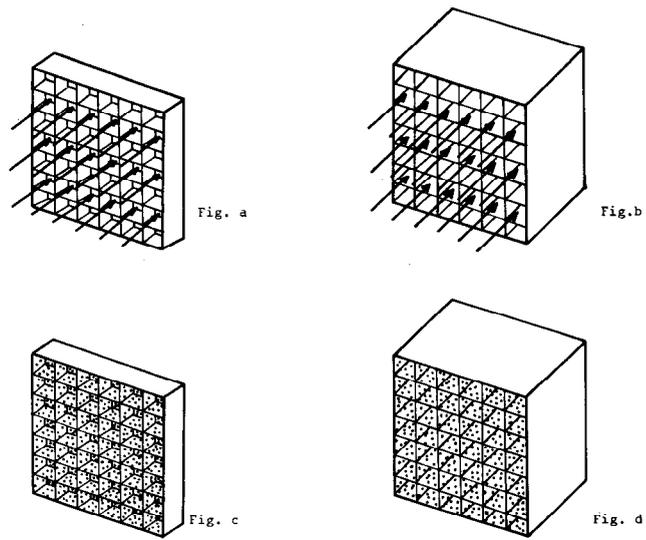


Abb. 1: Schema zur Unterscheidung von Luftdurchlässigkeit und Wasserdampfdurchlässigkeit von Textilien

Aber auch mit diesem Diffusionsvorgang des Wasserdampfes durch die Kanäle des Siebes, das heißt bei Textilien durch die Gewebeporen, ist der Feuchtetransport durch Kleidungsschichten noch keineswegs beschrieben. Vielmehr befindet sich die Kleidung in den allermeisten Fällen innerhalb eines Temperaturgefälles zwischen Körperoberfläche (bzw. dem Mikroklima) und der Umgebung. Unter diesen Umständen kann eine Kondensation von Wasser innerhalb von Kleidungsschichten eintreten.

Beachten wir einmal in Abbildung 2 links den Temperaturverlauf durch eine praktisch homogene Textilschicht bei einer zwischen beiden Seiten herrschenden Temperaturdifferenz von 40°C. Wir können dann einen linearen Temperaturabfall annehmen. Nun übertragen wir die Temperaturen von der Ordinate auf die Abszisse, die dann auch äquidistant geteilt ist.

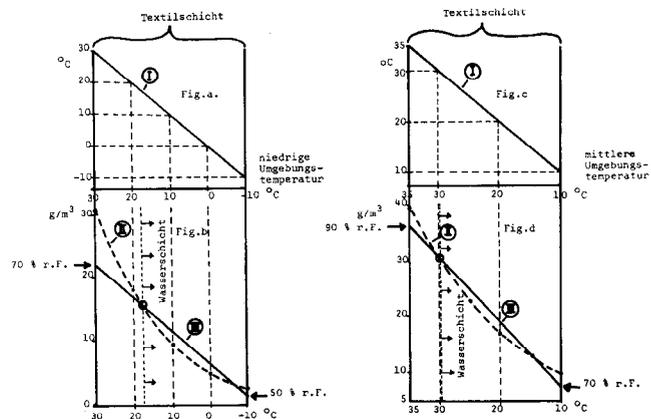


Abb. 2: Kondensation von Wasser in Textilschichten im Temperaturgefälle

In Figur b der Abbildung 2 sind die Temperaturen über die Stoffdicke von oben wieder auf die Abszisse übertragen; auf der Ordinate findet sich der Wasserdampfgehalt der Luft von 0 bis 30 g/m<sup>3</sup>. Kurve II ist die Sättigungskurve, das heißt, sie gibt die Sättigungsmenge des Wasserdampfes in Luft in Abhängigkeit zu der Temperatur der Kleidungs-schichten an.

Setzen wir nun auf der Innenseite der Kleidung eine Temperatur von 30°C und 70 % r.F. voraus, so herrscht dort eine Wasserdampfkonzentration in der Luft von etwa 22 g/m<sup>3</sup>. Für das Umgebungsklima von -10°C nehmen wir 50 % r.F., also etwa 1 g Wasserdampf/m<sup>3</sup> an. Da wir zunächst auch einen linearen Abfall der Wasserdampfkonzentration über die Stoffdicke annehmen können, verbinden wir die beiden letztgenannten Punkte durch eine Gerade, die Kurve III. Wir finden bei etwa 18°C einen Schnittpunkt mit Kurve II. Dort erfolgt Kondensation! Es bildet sich also eine Wasserschicht parallel zur Gewebeoberfläche aus. Was mit diesem flüssigen Wasser weiterhin geschehen kann, wird uns noch beschäftigen.

In den Figuren c und d in Abbildung 2 finden sich analoge Darstellungen für geringere Temperaturdifferenzen, jedoch höhere Feuchte des Mikroklimas und der Umgebung. Diese Darstellungsweise entspricht also mäßig warmen Klimabedingungen. Auch dort tritt eine Kondensation und damit eine Wasserschicht im Textil auf. Auch bei höheren Temperaturen sind Kondensationseffekte zu erwarten. Mit Sicherheit auszuschließen sind sie nur dann, wenn zwischen den Oberflächen der Textilschicht keine Temperaturdifferenz vorhanden ist oder die Wasserdampfkonzentrationen über dem gesamten Stoffbereich recht niedrig sind.

Wir haben diese Überlegungen auch experimentell bestätigt gefunden. Als Versuchsgerät benutzen wir unser schon mehrfach beschriebenes thermoregulatorisches Funktionsmodell der menschlichen Haut, dessen Äußeres samt Klimaschrank und Regeleinrichtung in Abbildung 3 dargestellt ist.

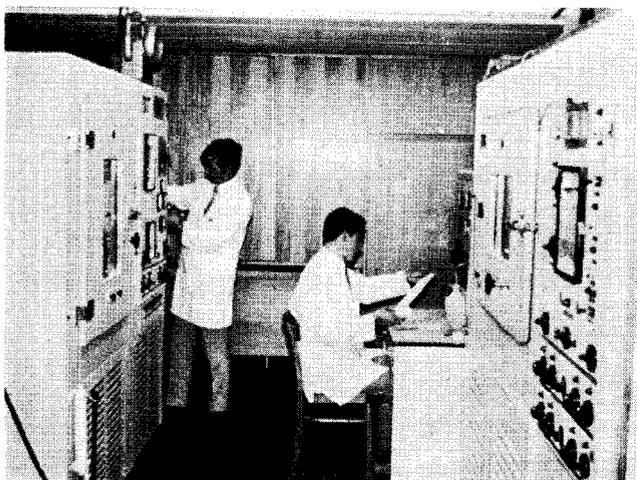


Abb. 3

Das Modell besteht im wesentlichen aus einer auf 35°C beheizten Platte, die quantitativ verfolgbare Wärme und Feuchtigkeit durch einen Prüfling hindurch in ein vorgegebenes Umgebungsklima abgeben kann. Damit haben wir ein dreischichtiges Textilsystem untersucht und mit Hilfe von Thermo-elementen die Temperaturen zwischen den einzelnen Textilschichten verfolgt.

Abbildung 4 zeigt einen Blick in den Klimaschrank auf die eigentliche Meßanordnung mit Meßplatte und Thermo-elementen. Beim Versuch wurde auf der Meßplatte zunächst als Abstandhalter ein dünnes Plastiknetz angeordnet, darüber lagen die drei Textilschichten. Schematisch ist dies in der Mitte von Abbildung 5 dargestellt.

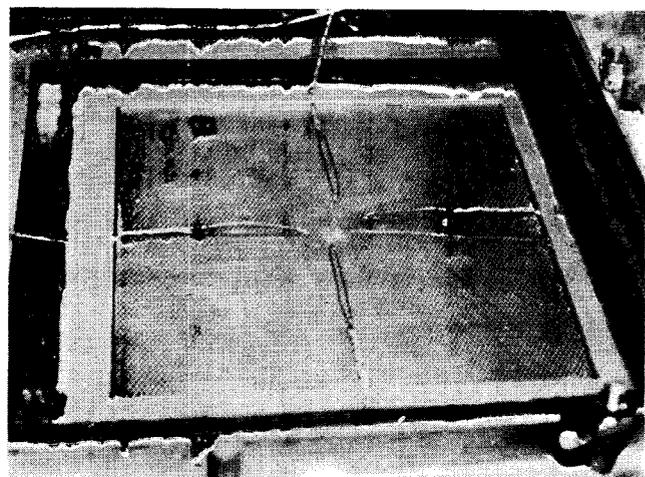


Abb. 4

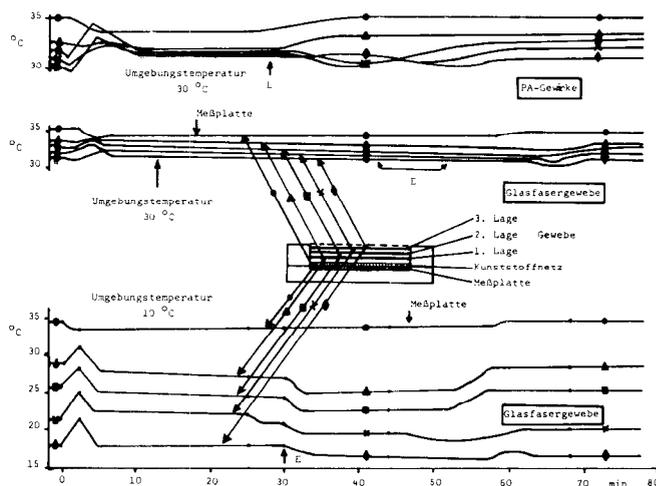


Abb. 5: Temperaturverlauf zwischen drei Gewebeschichten aus Glasfaser bzw. Polyamid während und nach „Schweißausbruch“ am Hautmodell

Die Temperatur der Meßplattenoberfläche und diejenige zwischen jeder der Schichten wurden durch Thermo-elementen-

te registriert. Die Meßplatte, also die „Haut“, begann nach dem Konstantwerden der Temperatur beim Zeitpunkt Null plötzlich mit der Wasserabgabe und damit mit der Verdampfung. Dies drückt sich in einer Erniedrigung der Meßplatten-temperatur aus.

Der Versuch wurde so lange fortgesetzt, bis eine bestimmte Wassermenge verbraucht war, dann wurde die Wasserverdampfung eingestellt. Dies ist durch den Punkt E gekennzeichnet. Danach trockneten die Textilien wieder.

Abbildung 5 zeigt drei derartige Versuchsergebnisse. Die untere Kurvenschar ist bei einer Umgebungstemperatur von 10°C entstanden, also bei mäßiger Temperatur und der Möglichkeit von Wasserkondensation. Man sieht, wie zu Beginn der Wasserverdampfung beim Zeitpunkt Null die Meßplatten-temperatur wegen der vermehrten Wärmeabgabe absinkt. Außerdem treten Temperaturspitzen in allen Gewebeschichten auf. Dies kann durch das Freiwerden von Kondensationswärme erklärt werden.

Im weiteren Verlauf verdampft das zunächst kondensierte Wasser wieder, und es stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Kondensations- und Verdampfungswärmeeffekten ein. Deshalb gehen die Temperaturen wieder etwa auf den Ausgangswert zurück. Zum Zeitpunkt E hört die Wasserverdampfung an der Meßplatte und damit die Kondensation von Wasser auf die Textilschichten auf. Deren Temperaturen erniedrigen sich jetzt, weil nur noch ein Wärmeverbrauch für die Trocknung der Textilien auftritt. Zum Schluß steigen die Temperaturen wieder auf die Ausgangswerte der trockenen Textilien an.

Die mittlere Kurvenschar ist bei einer Umgebungstemperatur von 30°C entstanden. Man sieht zu Beginn der Wasserabgabe nur einige Unregelmäßigkeiten und schwache Spitzen im Temperaturverlauf. Charakteristische Kurvenpunkte sind in gewissem Maße höchstens noch zum Ende der Trockenperiode erkennbar. Hier findet also keine deutliche Kondensation und Wiederverdampfung von Wasser statt, sondern der Wasserdampf dringt lediglich durch die Poren des Gewebes und an den Faseroberflächen entlang nach außen. Daß tatsächlich Wasser verdampft wird, sieht man am Abfall der Meßplattentemperatur.

Ganz oben in Abbildung 5 sind die an drei Lagen Polyamidgewirke erhaltenen Meßergebnisse aufgezeichnet. Auch hier ist durch die Umgebungstemperatur von 30°C eine Kondensation unwahrscheinlich gemacht worden. Trotzdem treten nach Beginn der Wasserabgabe sehr deutliche Temperaturspitzen auf. Dies kann jedoch nicht der reinen Kondensation von Wasser, sondern nur einer Absorption von Wasser in die Polyamidfaser zugeschrieben werden; die Temperaturspitzen sind also durch das Auftreten von Sorptionswärme bedingt. Nach dem Aufhören der Wasserverdampfung (Punkt E) sieht man auch hier deutlich einen Temperaturabfall der Textilschichten infolge des Wärmeverlustes durch Desorption.

Es ist also leicht einzusehen, daß das Verhalten von Textilien gegenüber Wasser, deren Feuchttransporteigenschaften wesentlich beeinflussen muß. Das in Abbildung 5 unten gezeigte Glasfasergewebe ist zum Beispiel hydrophobiert. Wäre es dagegen saugfähig, dann wäre es unwahrscheinlich, daß

sich an ein und derselben Stelle ein Gleichgewicht zwischen Kondensation und Verdampfung einstellen würde. Vielmehr könnte Wasser an einer Stelle kondensieren und dort die Temperatur erhöhen. Das flüssige Wasser würde nun möglicherweise in eine andere Schicht des Textils weggesaugt und könnte dort unter Temperatursenkung verdampfen.

Das Feuchteverhalten von Textilien ist also etwas komplizierter, als man bei oberflächlicher Überlegung annehmen würde. Es ist jedoch nicht nur von den Eigenschaften des Fasermaterials, sondern auch von der Faseroberfläche und von der Textilstruktur abhängig. Wir wollen im folgenden diese Verhältnisse genau betrachten.

#### 4. Feuchttransportmechanismen

Im Rahmen dieses kurzen Referats kann darüber nur blitzlichtartig berichtet werden. Es werden sich jedoch auch daraus genügend viele Anhaltspunkte ableiten lassen, wie Textilien aus Chemiefasern für heiße Klimabedingungen konstruiert werden sollen.

Wenn einer wasserdampfdurchlässigen Textilschicht oder einer Kombination von mehreren Schichten auf der einen Oberfläche Wasserdampf in Luft angeboten wird, auf der gegenüberliegenden Fläche jedoch ein Klima herrscht, das ein genügendes Sättigungsdefizit und einen niedrigeren Wasserdampfgehalt hat, als auf der einen Seite herrscht, dann wird der Wasserdampf durch die Textilschicht hindurchgehen. Das Wasser kann hierzu grundsätzlich vier Mechanismen folgen:

1. Wasserdampfdiffusion durch die in den Poren der Textilschicht enthaltene Luft.
2. Absorption von Wasser in das Faserrinnere, Transport durch das Fasermaterial hindurch, sowie Desorption auf der gegenüberliegenden Seite der Textilschicht. Dieser Vorgang kann sich auch in Teilvorgänge aufspalten.
3. Kapillarer Transport von kondensiertem flüssigem Wasser durch die Gespinnst- und Gewebefalten.
4. Adsorption von Wasser auf den Faseroberflächen, Migration von Wassermengen entlang der Oberflächen und Desorption auf der trockenen Seite.

Der erste Mechanismus, nämlich die *Wasserdampfdiffusion durch die im Gewebe eingeschlossene Luft*, ist zweifellos von erheblicher Bedeutung. Bestehen doch alle Textilien, gleich ob Gewebe, Gewirke oder Vliese, zu einem großen, ja meist überwiegenden Volumenanteil aus Luft. Die Diffusionskonstante von Wasserdampf in Luft ist jedoch verhältnismäßig klein, und man darf deshalb den Widerstand dieser Luftschichten gegen Wasserdampfdurchgang nicht unterschätzen.

Die auf diesem Wege durch das Gewebe dringende Wassermenge wird nur durch die Textilstruktur beeinflusst, also durch die Schichtdicke und die auf Grund der Garn- und Gewebedaten gegebene Form der Luftkanäle. Man kann hier also weder durch Faserauswahl noch durch Textilveredlung (soweit sie nicht die geometrische Struktur verändern) irgendwelche Einflüsse ausüben.

Dem zweiten Mechanismus, nämlich dem *Transport von Quellwasser innerhalb der Fasern*, wird - wie eingangs erwähnt - vielfach eine große Bedeutung zugemessen. Tatsächlich kann diese Meinung aber bei näherer Betrachtung der Verhältnisse nicht aufrechterhalten werden. F o u r t, C r a i g und R u t h e r f o r d <sup>3</sup> haben nämlich schon 1957 die Diffusionskonstanten für Wasserdampf in verschiedenen Fasern ermittelt. Sie betteten dieselben in Acrylharze ein und unterbanden so eine Diffusion durch freie Luft-räume neben der Faser.

Die Autoren erhielten die in Tabelle 2 gezeigten Diffusionskonstanten. Diese liegen für die verschiedenartigen Fasern bei 21°C zwischen  $7 \times 10^{-4}$  und  $134 \times 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/sec. Gegenüber der Diffusionskonstante von Wasserdampf in Luft bei 21°C mit ca.  $2500 \times 10^{-4}$  geht also die Wasserdampfdiffusion in Fasern um mehrere Zehnerpotenzen langsamer als in Luft vor sich. Der Quellungsmechanismus darf deshalb in seiner Bedeutung schon auf Grund dieser Versuche nicht überschätzt werden.

**Tabelle 2: Diffusionskonstanten für Wasserdampf im Material verschiedener Textilfasern nach F o u r t, C r a i g und R u t h e r f o r d<sup>3</sup> und zum Vergleich in Luft**

FASER	Diffusionskonstante 10 <sup>-4</sup> (cm <sup>2</sup> /sec)
Wolle	39
Viskose	56
Baumwolle	114
Nylon	8
Dacron	7
Luft	2530

Daß dies innerhalb von Textilien tatsächlich nicht anders ist, zeigen Versuche, die von uns bereits früher beschrieben worden sind<sup>4</sup>. Wie Tabelle 3 zeigt, haben wir vier verschieden präparierte, aber sonst gleiche Baumwollproben auf Feuchtedurchgang untersucht. Probe Nummer 1 war nur gebleicht, Nummer 2 war durch Quervernetzung quellarm ausgerüstet, Nummer 3 war an der Oberfläche hydrophobiert und Nummer 4 war sowohl quervernetzt als auch hydrophobiert.

**Tabelle 3: Quellwerte von Baumwollmaterialien mit verschiedenem Feuchteverhalten**

Nr.	Material und Behandlung	Quellwert bei 90 % r.F. (%)
1	Baumwolle, gebleicht	16,5
2	Baumwolle, harzfrei, quervernetzt	12,5
3	Baumwolle, wasserabstoßend ausgerüstet	16,4
4	Baumwolle, quervernetzt und wasserabstoßend ausgerüstet	12,2

Aus den Quellwerten sieht man, daß die Proben 2 und 4 gegenüber 1 und 3 eine merkbar herabgesetzte Quellung haben. Wenn die Quellwerte des Fasermaterials deutlich in die Feuchtigkeitsdurchlässigkeit von Textilien eingehen würden, dann müßten die Proben 2 und 4 eine wesentlich geringere Feuchtedurchlässigkeit aufweisen als 1 und 3. Die Untersu-

chung wurde mit unserem bereits erwähnten „Hautmodell“ durchgeführt, und die Ergebnisse sehen Sie in Tabelle 4.

**Tabelle 4: Wärme- und Feuchtedurchgangswerte von Baumwollmaterialien mit verschiedenem Feuchteverhalten. Meßanordnung: 2 Lagen Baumwollgewebe + Polyester-Anzugstoff auf dem „Hautmodell“**

Nr.	MATERIAL UND BEHANDLUNG	feuchtigkeitsbedingte Wärmedurchgangszahl (kcal/m <sup>2</sup> .h.°C)	Feuchte-transport (g Wasser/m <sup>2</sup> .h)
1	Baumwolle, gebleicht	17,1	368
2	Baumwolle, harzfrei, quervernetzt	17,0	415
3	Baumwolle, wasserabstoßend ausgerüstet	13,9	312
4	Baumwolle, quervernetzt, wasserabstoßend ausgerüstet	12,8	302

Der Wärmedurchgang, also ein Maß für die Kühlung der Haut durch Wasserverdampfung, zeigt zwischen der unbehandelten Probe 1 und der quellarm ausgerüsteten Probe 2 praktisch keinen Unterschied. Der Feuchtedurchgang von Probe 2 ist sogar etwas höher als der von Probe 1.

Ähnliches gilt auch für die Proben 3 und 4 untereinander. Einen deutlichen Abfall jedoch erkennt man zwischen den hydrophobierten Proben 3 und 4 gegenüber den nichthydrophobierten 1 und 2. Es scheint also, daß hier weniger die Quellbarkeit des Fasermaterials als vielmehr die Benetzbarkeit der Faseroberfläche auf die Feuchtigkeitsdurchlässigkeit Einfluß nimmt.

Untersucht man in ähnlicher Weise unbehandelte bzw. quellarm ausgerüstete Viskosegewebe, dann stellt man sogar fest, daß das quellarm ausgerüstete Muster einen höheren Feuchte-transport besitzt als das unbehandelte (Tab. 5). Dies ist dadurch zu erklären, daß Viskose unter dem Feuchteeinfluß derart stark quillt, daß der genannte Mechanismus 1 - nämlich der Transport durch die Luftporen - aus rein räumlichen Gründen verkleinert wird.

**Tabelle 5: Wärme- und Feuchtedurchgangswerte von Viskosematerialien mit verschiedenem Feuchteverhalten. Meßanordnung: 2 Lagen Viskosegewebe + Polyester-Anzugstoff auf dem „Hautmodell“**

VISKOSEGEWEBE	Wasserrückhaltevermögen (in %)	feuchtigkeitsbedingte Wärmedurchgangszahl (kcal/m <sup>2</sup> .h.°C)	Feuchte-transport (g H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> .h)
unbehandelt	234	10,2	240
harzfrei, quervernetzt	72	13,2	290

Aus diesen Ergebnissen soll zwar nicht geschlossen werden, daß der Wassertransport innerhalb der Fasern eines Textils absolut unbedeutend ist, aber er scheint doch durch andere Mechanismen, für welche die Benetzbarkeit der Faseroberfläche von Bedeutung ist, quantitativ weit übertroffen zu werden.

Das könnte der dritte Mechanismus sein, nämlich ein Wasser-

transport durch die Gespinst- und Gewebekapillaren. Wie bekannt, ist die Saugkraft, also die Saughöhe einer Kapillare, abhängig von ihrem Durchmesser und von der Benetzbarkeit der Wandoberfläche. Textilien enthalten eine Menge der verschiedensten Kapillaren, wobei aber nicht etwa die Kapillarfäden synthetischer Garne gemeint sind, sondern die Zwischenräume und Spalten zwischen den Einzelfasern und den Garnen.

Sofern Bedingungen herrschen, die - wie eingangs erwähnt - eine Kondensation von Wasser innerhalb der Textilschicht durch Überschreiten des Sättigungsdampfdruckes ermöglichen, wird das kondensierte Wasser ganz zweifellos je nach der kapillaren Leitfähigkeit, also der Saugfähigkeit des Textils, mehr oder weniger schnell vom Ort der Kondensation weggeführt.

Die kapillare Leitfähigkeit aber kann durch die Gestaltung der geometrischen Kapillarform, also durch die Textilstruktur, sowie durch die Benetzbarkeit der Faseroberflächen, zum Beispiel durch Textilveredlung, variiert werden. Daß eine steigende Saugfähigkeit den Feuchttransport durch Textilien erhöht, zeigt Tabelle 6.

**Tabelle 6: Wärme- und Feuchttransport von je drei Gewebelagen aus Polyester mit unterschiedlicher Faserbenetzbarkeit**

	PE-Gewebe hydrophobiert	PE-Gewebe hydrophiliert	PE-Gewebe unbehandelt
Wärmedurchgangszahl unter Feuchttransport (kcal/m <sup>2</sup> . h . °C)	11,7	16,2	16,7
Feuchttransport (g H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> . h . torr)	7,8	13,9	14,4

Hier wurden drei Lagen eines Polyestergewebes auf dem Hautmodell auf Wärme- und Feuchtedurchlässigkeit untersucht. Einmal wurden die Faseroberflächen mit Hilfe eines Tensides maximal benetzbar gemacht, im anderen Fall wurden sie hydrophobiert. Sowohl die durch die Schichten hindurchgegangene Feuchtemenge als auch die unter Feuchttransport von der Meßfläche abgenommene Wärmemenge ist beim hydrophilierten Muster höher als beim hydrophobierten.

Eine benetzbare Faseroberfläche und damit eine gute kapillare Leitfähigkeit bringt also Vorteile, was noch in einer ganzen Reihe anderer Fälle bestätigt wurde.

Es ist interessant, daß die Ergebnisse beim unbehandelten Polyestergewebe (3. Spalte) denjenigen des hydrophilierten Gewebes sehr ähnlich sind. Dies rührt sicher von der auf dem unbehandelten Gewebe vorhandenen Appretur her.

In Tabelle 7 sind gleichartige Ergebnisse unter Verwendung von Glasfasergeweben aufgezeigt, die einmal gut benetzbar (sauberes Glas ergibt ja einen Randwinkel 0), zum anderen durch Silikonrüstung schwer benetzbar gemacht worden waren. Die drei linken Spalten zeigen Ergebnisse, die bei einem Außenklima gefunden wurden, das um 15°C niedriger als die Meßplattentemperatur des Hautmodells war. Hier kann also eine Kondensation auftreten. Es ist deshalb ver-

ständig, daß das hydrophile Gewebe einen höheren Feuchttransport zeigt als das hydrophobe.

Überraschend jedoch ist der folgende Befund: In den mittleren Spalten von Tabelle 7 sind auch die Feuchtigkeitstransportwerte ohne Temperaturdifferenz angegeben, wobei also die Meßplatte und das Umgebungsklima jeweils eine Temperatur von 35°C hatten. Selbst bei Luftfeuchtigkeiten,

**Tabelle 7: Feuchttransport von Glasfasergeweben in doppelter Lage auf dem „Hautmodell“**

Außenklima	20°C	20°C	20°C	35°C	35°C	korresp. Luftschichtdicke n. Turli <sup>5</sup>
	90%r.F.	75%r.F.	50%r.F.	75%r.F.	50%r.F.	
	Feuchtedurchgang g H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> . h . torr mit Temperaturdifferenz			Feuchtedurchgang g H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> . h . torr ohne Temperaturdifferenz		in cm
hydrophil unbeh.	16,1	17,5	18,0	12,9	16,3	0,19
hydrophob m.Silikon-ausrüstung	10,7	10,9	15,6	11,5	12,9	0,31

die weit von der Sättigung entfernt sind, zeigt ebenfalls das hydrophile Muster einen höheren Feuchttransport als das hydrophobe. Unter diesen Bedingungen ist jedoch eine Kondensation infolge Überschreitens des Sättigungsdampfdruckes ausgeschlossen.

Dieses überraschende Ergebnis hat uns sehr beschäftigt. Wie können Kapillareigenschaften oder die Faserbenetzbarkeit für den Feuchttransport eine Rolle spielen, wenn eine Kondensation von Wasser überhaupt nicht auftritt, also nur Wasserdampf in der Textilschicht zu erwarten ist? Glaubhaft ist der Befund, denn wir haben ihn mehrfach überprüft. Die letzte Spalte von Tabelle 7 zeigt zum Beispiel die Meßergebnisse an dem Glasfasergewebe nach der "control-dish"-Methode von Turli<sup>5</sup>, wobei der Feuchttransportwiderstand einer Textilschicht in Form einer Luftschichtdicke mit gleichem Widerstand angegeben wird.

Zunächst versuchten wir dieses Phänomen mit einer Kapillarkondensation zu erklären, einer Erscheinung, die zum Beispiel im Adsorptionsmittel eine Rolle spielt. Es handelt sich dabei um einen Effekt, der in sehr engen Mikrokapillaren auch unterhalb des Sättigungsdampfdruckes eine Kondensation von Wasser ermöglicht. Auch hier spielt die Benetzbarkeit der Kapillarwandung eine Rolle. Rechnet man aber nach einer von Lykow<sup>6</sup> angegebenen Formel den für eine Kapillarkondensation bei 60 % r.F. und 20°C erforderlichen Kapillarradius aus, so ergibt sich ein Wert von 2 mal 10<sup>-7</sup> cm.

Derart kleine Kapillaren treten jedoch zwischen den Fasern eines Textils nicht auf. Für die Kapillarkondensation kommen demnach nur Kapillarräume im Faserinnern in Frage; der dadurch auftretende Effekt fällt jedoch unter den Quellungsmechanismus. Allenfalls ist eine Kapillarkondensation an den Berührungsstellen der Fasern in Form eines Spaltes

parallel zur Faserachse denkbar. In jedem Fall ist die dabei auftretende Wassermenge und damit auch die Transportleistung sehr gering.

Bei weiterer Überlegung stießen wir auf den Effekt der Oberflächenmigration, das heißt auf eine Wanderung von an der Faseroberfläche gebundenem Wasser. Tatsächlich befindet sich auf hydrophilen Oberflächen eine mehrmolekulare Wasserschicht in Form eines zweidimensionalen Gases, die möglicherweise infolge Migration nennenswerte Wassermengen längs der Faseroberfläche transportieren kann. Hierbei kann die Transportleistung auch von der Benetzbarkeit der Faseroberfläche abhängig sein. Wir wollen also versuchen, dem Mechanismus 4, der *Oberflächenmigration*, auf den Grund zu gehen.

Die Berechnungsformel für die Substanzmenge Q, die durch eine solche Oberflächendiffusion transportiert wird, gibt W.M. Jones<sup>7</sup> wie folgt an:

$$Q = \frac{4n \pi r^2}{l} \sqrt{\frac{2RT}{\pi M}} m_r^{m_2} f \cdot dm$$

- Q = durch Oberflächendiffusion transportierte Substanzmenge
- n = Zahl der Kapillaren
- r = Radius der Kapillaren
- l = Länge der Kapillaren
- f = Anteil der beweglichen Moleküle
- m = adsorbierte Menge je Fläche

Dabei wird auf Kapillarröhren bezogen, die jedoch nicht ganz mit Wasser gefüllt, sondern nur an den Wandungen bedeckt sind. Es ist deshalb zulässig, für unsere Zwecke die Kapillarwände sozusagen umzuklappen und damit die Fasern als substanzgefüllte Kapillaren aufzufassen, auf deren äußerer Oberfläche sich das Wasser befindet.

Der erste Term der Gleichung bezieht sich auf die geometrischen Abmessungen der Kapillaren, also hier der Fasern, der zweite Term bringt die thermodynamischen Größen ein, der dritte bezieht sich auf die pro Flächeneinheit an der Oberfläche adsorbierte Wassermenge zwischen feuchter und trockener Seite der Oberfläche; f gibt den Anteil der beweglichen Moleküle an.

Es ist also zu erwarten, daß die Transportleistung entlang der Kapillaroberfläche an den genannten Glasfasergeweben tatsächlich dann unterschiedlich ist, wenn wir finden, daß - abhängig von der Benetzbarkeit - tatsächlich unterschiedliche Wassermengen auf der Faseroberfläche vorhanden sind.

Das haben wir untersucht. In Abbildung 6 sind die Adsorptionsisothermen von Wasserdampf an hydrophilen bzw. hydrophoben Glasfasergeweben in Abhängigkeit vom relativen Dampfdruck (der mit der relativen Luftfeuchtigkeit gleichzusetzen ist) angegeben. Man sieht Unterschiede über den gesamten Bereich. In der Literatur wird für Glas im allgemeinen eine mehrere hundert Å dicke Wasserschicht auf der Oberfläche angegeben. H.B. Boehm und G. Kämpf<sup>8</sup> fanden jedoch für Siliziumdioxid bei einem relativen Dampfdruck von 0,5 erst zwei Molekülschichten, bei 0,8 vier Mole-

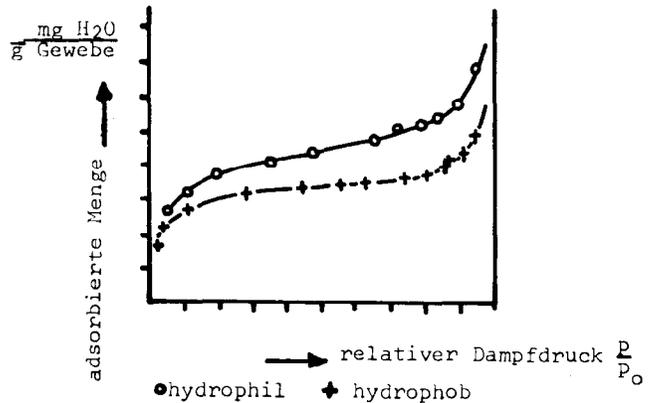


Abb. 6: Adsorptionsisothermen von Wasserdampf an zwei Glasfasergeweben

külschichten und erst kurz vor der Sättigung eine multimolekulare Adsorptionsschicht.

Bezieht man die in unserem Beispiel adsorbierte Wassermenge auf die Oberfläche, die nach geometrischen Gesichtspunkten aus der Faserdicke berechnet wurde, nämlich 0,22 m<sup>2</sup>/g Faser, so kommt man zu Wasserschichten in der Größenordnung von 100 bis 200 Å Dicke. Tatsächlich ist die Schichtdicke jedoch niedriger.

Durch Stickstoff-Adsorptionsmessungen fanden wir an dem Glasfasergewebe eine wahre Oberfläche von ca. 2 m<sup>2</sup>/g Faser, was auf die zerklüftete Oberfläche zurückzuführen ist. Hierauf berechnet ist die Wasserschicht etwa 10 bis 30 Å dick. Eine monomolekulare Wasserschicht ist 2,78 Å dick<sup>9</sup>. Damit wäre die Wasserschicht auf dem hydrophilen Material tatsächlich etwa 2 bis 7 Molekülschichten dick. Dies liegt in der gleichen Größenordnung wie die von Boehm und Kämpf für Siliziumdioxid gefundenen Wassermengen. Rechnet man aus den gefundenen Daten die Transportleistung des Oberflächenwassers an den Glasfasern für die hier verwendeten Glasfasergewebe aus, so kommt man zu den in Tabelle 8 gezeigten Ergebnissen.

Tabelle 8: Feuchtetransportwerte an Glasfasergeweben (2fache Lage), gemessen am „Hautmodell“ bzw. berechnet nach Jones<sup>7</sup> (g Wasser/m<sup>2</sup> · h)

Außenklima	hydrophil		hydrophob	
	gemessen	berechnet	gemessen	berechnet
35°C 50%r.F.	3,44 · 10 <sup>2</sup>	1,89 · 10 <sup>5</sup>	2,72 · 10 <sup>2</sup>	1,19 · 10 <sup>5</sup>

Man muß bei der Anwendung der Jones'schen Formel allerdings einige Vereinfachungen und auch einige Annahmen machen, die die Zuverlässigkeit der Zahlen hinsichtlich der Absolutwerte zweifelhaft erscheinen lassen. Man muß nämlich für die Länge der Kapillaren senkrecht zu den Gewebeerflächen eine nur geschätzte Annahme machen (wir nahmen eine Weglänge für das Wasser von der einen zur anderen Gewebeerfläche von 1 cm an), und man muß außerdem

für die Beweglichkeit der Wassermoleküle, nämlich für den Faktor  $f$  in der Jonesschen Formel, eine willkürliche Annahme machen. Wir setzten den Anteil mit 1 ein, nahmen also eine vollständige Beweglichkeit an.

Sicher ist die tatsächliche Beweglichkeit um 1 bis 2 Zehnerpotenzen kleiner, weil in der verhältnismäßig großen, zerklüfteten Glasfaseroberfläche auch eine ganze Reihe von Mikrokapillaren enthalten sind. Trotz dieser unzuverlässigen Absolutwerte können die für das hydrophile bzw. hydrophobe Glasfasergewebe gefundenen Ergebnisse in ihrem Verhältnis zueinander als zuverlässig angesehen werden.

In Tabelle 8 sind neben den berechneten Werten für die Oberflächenmigration die unter den gleichen äußeren Bedingungen auf dem Hautmodell gefundenen Feuchtetransportwerte angegeben. Trotz der erheblichen absoluten Differenzen findet man doch eine immerhin bemerkenswerte Übereinstimmung des Verhältnisses zwischen hydrophob und hydrophil.

Wenn man festhält, daß bei beiden Geweben der Feuchte-transport nach Mechanismus 1 (*Diffusion durch die im Gewebe eingeschlossene Luft*) gleich war, daß der Mechanismus 2 (*Wassertransport im Faserrinnern*) bei Glasfasern ausscheidet, daß der Mechanismus 3 (*Kapillarkondensation*) in beiden Fällen unwahrscheinlich ist, dann sind die gefundenen Differenzen mit einem solchen *Oberflächenmigrations-effekt* in Übereinstimmung.

Diese zunächst hypothetischen Überlegungen können jedoch noch gestützt werden. Wir haben einen Versuch mit der folgenden Überlegung durchgeführt:

Ein Bündel Polyamidfasern (einem Spinnkabel entnommen) wurde dicht gepackt in ein Glasrohr eingeschlossen. Glasrohr und Polyamidfaserbündel waren je 5 cm lang, mit ebenen Oberflächen an den Endflächen. Dieses durch das Rohr zusammengefaßte, an den Enden offene Faserbündel wurde zwischen Räume mit unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit (95 bzw. 40 % r.F.) jedoch mit gleicher Temperatur angeordnet.

Man kann nun aus der Fasermenge, aus dem spezifischen Gewicht und aus den Abmessungen des Rohres ausrechnen, welcher Luftquerschnitt zwischen den Fasern für den Wasserdampftransport nach Mechanismus 1 zur Verfügung steht. Aus der bekannten Diffusionskonstante für Wasserdampf in Luft läßt sich dann ausrechnen, welche Wassermenge durch eben diesen Luftraum zwischen den Fasern in einer bestimmten Zeit hindurchgehen muß. Bei unseren Versuchen haben wir jedoch höhere Wassermengen gefunden.

Tabelle 9 zeigt die für den Luftquerschnitt berechneten und die tatsächlich gefundenen Werte. Auch das spricht wieder für eine Oberflächenmigration, denn die zusätzlichen Wassermengen können entlang der Oberflächen transportiert worden sein. In der dritten Spalte von Tabelle 9 ist noch der Wassertransport angegeben, der unter Verwendung der genannten Diffusionskonstanten von Fourn, Craig und Rutherford für den auf die Fasern entfallenden Querschnitt des Bündels berechnet worden ist. Man sieht, daß durch die Fasern um Zehnerpotenzen weniger Wasser geht als durch die Lufträume und entlang der Oberflächen.

**Tabelle 9: Wasserdampfdiffusion durch ein Polyamidfaserbündel (in g/h)**

gefunden	berechnet auf Luftquerschnitt	berechnet auf Faserquerschnitt
$0,22 \cdot 10^2$ g/h	$0,12 \cdot 10^{-2}$ g/h	$0,11 \cdot 10^{-7}$ g/h

## 5. Schlußfolgerungen

Mit dieser kritischen Betrachtung, durch die sich die Bedeutung der einzelnen Feuchtetransportmechanismen durch die Textilschicht abschätzen läßt, ist nur ein Teil der von uns und an zahlreichen anderen Stellen in dieser Hinsicht unternommenen Arbeiten erfaßt. Sie zeigt aber doch recht deutlich folgendes:

Für den Durchgang von Wasserdampf durch Textilschichten ist die Quellbarkeit des Fasermaterials von relativ untergeordneter Bedeutung. Eine viel größere Transportleistung scheint an der Oberfläche der Fasern und - sofern Kondensation von Wasser in der Textilschicht durch entsprechende Bedingungen gegeben ist - an den Kapillaren möglich zu sein.

Diese beiden letzteren Mechanismen werden aber wesentlich durch die Benetzungseigenschaften der Faseroberfläche beeinflusst, eine Eigenschaft, die auch nicht in erster Linie von den Gegebenheiten des Fasermaterials, sondern vom Zustand der Oberfläche abhängt. Dieser kann jedoch sehr wirksam durch Textilveredlungsmaßnahmen beeinflusst werden.

Die kapillare Leitfähigkeit von Textilien wird außerdem noch von den geometrischen Abmessungen der Kapillaren (hier also wieder der Zwischenräume zwischen den Fasern) beeinflusst, was wiederum durch spinn- und webtechnische Maßnahmen verändert werden kann. Das Optimum läßt sich hier durch Saugfähigkeitsmessungen oder durch die Messung der Feuchteleitfähigkeit ermitteln.

Gegen die Empfehlung einer hohen Oberflächenbenetzbarkeit und einer guten kapillaren Leitfähigkeit könnte man einwenden, die hohe Saugfähigkeit eines Textils sei keine positive Eigenschaft. Es gibt Literaturstellen, die argumentieren, das Schweißwasser solle auf der Haut verdampft werden und dampfförmig durch die Kleidschichten dringen. Nur so sei gewährleistet, daß durch die Verdampfung auch tatsächlich eine Kühlung der Haut stattfindet. Im anderen Fall - bei saugfähiger Kleidung - würde das Wasser von der Haut weggesaugt und an der Außenseite der Kleidung verdampft, was allenfalls die dort befindliche Luft und nicht die Haut kühle.

Daß dies indessen nicht zutrifft, haben die gezeigten Ergebnisse an den Baumwollmustern (Tab. 4) und den Polyester-geweben (Tab. 6) gezeigt: Durch diese drang nicht nur bei den saugfähigen Mustern mehr Wasserdampf als bei den hydrophobierten, sondern es wurde auch der Meßplatte des Hautmodelle mehr Wärme entzogen. Auf die Praxis übertragen heißt das, daß die saugfähigen Muster die Wärmeabgabe der Haut durch Schweißverdampfung unterstützt haben.

In Abbildung 7 sehen Sie den Temperaturverlauf innerhalb mehrschichtiger Textilkombinationen aus Glasfasergeweben bei plötzlichem Schweißausbruch des Hautmodells. Analog zu dem eingangs gezeigten Versuch (Abb. 5) lag auf dem Hautmodell zunächst ein Abstandhalter in Form eines dünnen Kunststoffnetzes. Dann folgten drei Lagen eines nicht quellbaren Glasfasergewebes. Beim Punkt Null beginnt das Hautmodell durch Einspritzen einer bestimmten Wassermenge mit der Wasserdampfabgabe. Sofort geht die Temperatur der Meßplatte zurück, was auf eine wirksame „Körperkühlung“ schließen läßt.

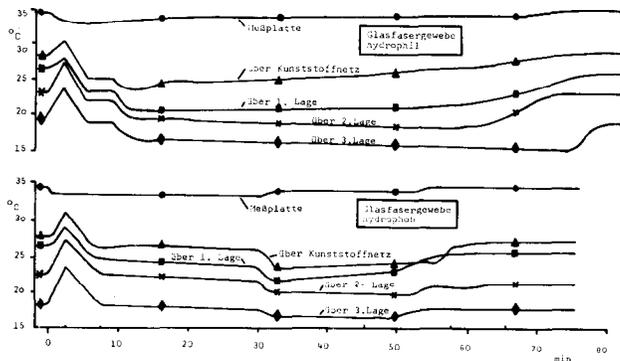


Abb. 7: Temperaturverlauf zwischen drei Gewebeschichten aus Glasfasern mit verschiedenem Feuchteverhalten während und nach „Schweißausbruch“ am Hautmodell. Außenklima: 10°C; 80% r.F.

Die zwischen den einzelnen Schichten angebrachten Thermoelemente registrieren - wie gehabt - zunächst eine Temperaturerhöhung, was auf eine Wasserkondensation an den einzelnen Glasfaserschichten hinweist. Schon nach kurzer Zeit beginnt aber das ursprünglich kondensierte Wasser nach außen hin zu verdampfen, und dadurch gehen die Temperaturspitzen auch wieder zurück. Im folgenden Kurvenverlauf findet sich ein Gleichgewicht zwischen Verdampfung und Kondensation bei etwa parallelem Temperaturverlauf. Beim Punkt E ist das eingespritzte Wasser völlig verdampft. Die Schichten trocknen wieder, und die dazu notwendige Verdampfungswärme bringt einen Temperaturabfall. Zum Schluß sind alle Schichten trocken, und die Ausgangstemperaturen sind wieder erreicht.

Betrachten Sie aber bitte die Unterschiede zwischen der unteren und der oberen Kurvenschar! Für den unten beschriebenen Versuch wurde ein hydrophobiertes Glasfasergewebe verwendet, für die oberen ein hydrophiles. Ohne auf nähere Einzelheiten dieser höchst aufschlußreichen Versuche einzugehen, erkennt man jedoch gleich folgendes:

1. Die Wasserverdampfung geht beim hydrophilen Gewebe schneller vor sich als beim hydrophoben, was im Zeitabstand der Punkte 0 und E erkennbar ist.
2. Bei den hydrophilen Geweben wird der „Haut“ schneller Wärme entzogen, was sich in einer stärkeren Temperaturerniedrigung der Meßplatte (jeweils die oberste Kurve) ausdrückt.

Die Folge davon ist, daß der Mensch, wenn er eine zusätzliche Wärmeabgabe durch Schweißverdampfung in die Wege leiten muß, dies unter hydrophilen Geweben wirksamer tun kann. Beachtenswert sind jedoch noch die folgenden Befunde:

3. Die hautnächste Gewebeschicht ist beim hydrophilen Gewebe während des Schweißausbruchs kälter als beim hydrophoben. Dies drückt sich in der zweitobersten Kurve (über dem Kunststoffnetz) aus, die beim hydrophilen Glasfasergewebe nach der ersten Temperaturspitze um ca. 3°C und beim hydrophoben Gewebe um ca. 1°C kälter ist als der Ausgangswert vor dem Punkt 0.
4. Nach Aufhören der Schweißverdampfung (Punkt E) sinkt die Temperatur der hautnächsten Gewebeschicht (über dem Kunststoffnetz) beim hydrophilen Gewebe nur kurzzeitig, beim hydrophoben jedoch längere Zeit stark ab. Es erfolgt bei letzterem also dann eine Temperaturerniedrigung, wenn der Mensch gar keine zusätzliche Wassermenge mehr loswerden will. Der in der Literatur bereits vielzitierte after exercise chill ist auch bei diesen hydrophilen Gewebeschichten weniger zu befürchten als bei den hydrophobierten.

Wir schließen aus den Ergebnissen, daß es durchaus möglich ist, aus Chemiefasern, und zwar aus synthetischen, Kleidung für heiße Klimabedingungen herzustellen. Man muß dabei die folgenden Konstruktionsprinzipien beachten:

1. gut benetzbare Faseroberfläche, erreichbar durch Textilveredlung;
  2. günstige kapillare Leitfähigkeit, erreichbar durch Textilkonstruktion;
  3. hoher Anteil an senkrecht zur Textilfläche stehenden Fasern, erreichbar durch Textilkonstruktion, und
  4. für heiße Klimabedingungen dünne Gewebeschichten.
- Diese Punkte lassen sich aus den beschriebenen Experimenten ableiten. Aus anderen Arbeiten sind jedoch noch zwei weitere Forderungen erkennbar:
5. die Verwendung von Spinnfasergarnen bzw. von texturierten Garnen, sowie
  6. ein nicht zu enger Zuschnitt der Kleidungsstücke.

Da innerhalb der Textilschichten nicht nur eine Weiterleitung von flüssigem Wasser, sondern auch eine Aufnahme sowie eine Abgabe von Wasser durch die Kapillaren erfolgen muß, soll die Kapillarkonstruktion offen sein, was sich durch Verwendung von Spinnfasergarnen bzw. von texturierten Materialien besser erreichen läßt als mit Filamenten.

Hinsichtlich des Zuschnittes von Textilien aus synthetischen Materialien wird insbesondere bei Maschenwaren oft der Fehler gemacht, daß man die gegenüber Naturfasergewirken größere Elastizität der Synthetik-Maschenwaren zum Anlaß nimmt, den Zuschnitt enger zu wählen. Enganliegende Kleidungsstücke vermindern jedoch den Tragekomfort stark. Man sollte auch Synthetik-Maschenwaren so zuschneiden, daß zwischen der Haut und der darüber befindlichen Kleidung ein Abstand bleibt.

Wenn diese Konstruktionsprinzipien optimal angewendet

werden, so kann man aus synthetischen Fasern und deren Mischungen besonders gut geeignete Kleidung auch für heiße Klimabedingungen herstellen. Allerdings darf man die genannten Grundsätze nicht einfach schematisch handhaben, sondern muß sich in jedem einzelnen Fall um eine Optimierung bemühen. Leider kann die Bekleidungsphysiologie hierfür heute noch nicht alle Grundlagen zur Vorausberechnung solcher Effekte angeben, es müssen vielmehr aus den verschiedenen möglichen Konstruktionen die geeigneten durch Messungen ausgesucht werden.

Welche Erfolge jedoch möglich sind, zeigen Ergebnisse, die wir in einem Gemeinschaftsvorhaben mit der Enka Glanzstoff GmbH. erhalten haben. Glanzstoff hat Textilien aus ein und demselben texturierten Garn in verschiedener Konstruktion und zum Vergleich ebensolche Konstruktionen aus nichttexturiertem Garn hergestellt. Wir haben diese Muster auf Wärme- und Feuchtedurchgang untersucht. In Abbildung 8 sehen Sie die Ergebnisse. Wir haben gleichzeitig auch die Dicke dieser Textilien angegeben.

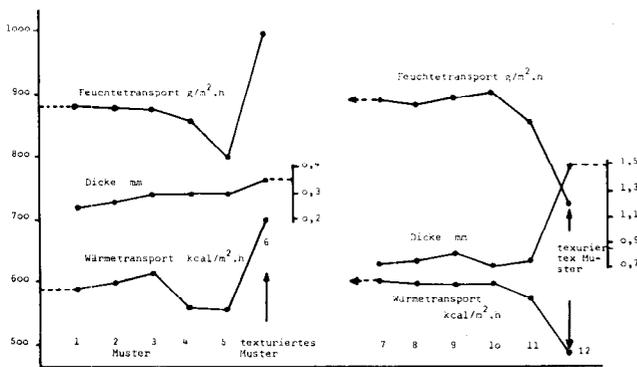


Abb. 8: Wärme- und Feuchttransport von Textilien aus verschiedenen glatten (Muster 6 und 12) und texturierten Polyesterfilamenten. Messung auf dem Hautmodell in zwei Lagen.

Während die nichttexturierten Garne Textilien von praktisch gleicher Dicke ergeben, die auch etwa den gleichen Wärme- und Feuchtedurchgang aufweisen, fallen gleichartige Textilien aus texturierten Garnen dicker aus. Auf Grund der längeren Diffusionswege durch die Luft und der längeren Wege auf der Faseroberfläche müßte man nun grundsätzlich in Übereinstimmung mit Mechanismus 1 bei den texturierten Materialien eine Herabsetzung des Wärme- und Feuchtetransports gegenüber den Vergleichstextilien erwarten. Dies ist in der rechten Seite tatsächlich gegeben. In der linken Serie wird jedoch durch die Texturierung der Feuchtetransport derart erhöht, daß trotz größerer Dicke ein höherer Feuchtetransport als bei den nichttexturierten Mustern vorhanden ist.

Man sieht hier also eine wirklich erfolgreiche Konstruktion und erkennt vor allem, daß gerade die Texturierung ein neuer Weg zur Herstellung besonders gut feuchtetransportieren-

der Materialien ist. Man hat also die Möglichkeit, sehr wirksame Konstruktionen zu erstellen, und der Verarbeiter kann durch sie die Wärme- und Feuchtetransporteigenschaften seiner Erzeugnisse willkürlich verändern.

Die Zwirnerei Untereggingen hat zusammen mit der Deutschen Rhodiaceta AG. eine Garn- und Maschenkonstruktion aus texturiertem Polyester nach den genannten bekleidungsphysiologischen Konstruktionsprinzipien entwickelt und unter dem Namen „Bio-tex“ auf den Markt gebracht.

Abschließend möchte ich Ihnen noch eine Reihe von Meßergebnissen in Abhängigkeit von der Dicke einiger Pullovermaterialien zeigen, die auf dem Hautmodell erhalten wurden (Tab. 10). Auch hier zeigt das „Bio-tex“-Material optimalen Feuchtetransport. Die Trageversuche zeigen ebenfalls die auf dem Hautmodell gefundenen Ergebnisse.

Tabelle 10: Wärmeisolation, Wärmedurchgang unter Feuchttransport und Feuchtedurchgang verschiedener Maschenwaren im Vergleich zur Dicke

MASCHENWARE	Dicke mm	Wärmeisolation $(\frac{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C}{kcal})$	Wärmedurchgang $(\frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C})$	Feuchtedurchgang $(\frac{g \text{ Wasser}}{m^2 \cdot h \cdot ton})$
dünner Pullover texturiert	0,58	0,102	33,9	23,8
Biotex texturiert	0,93	0,107	40,7	29,4
Biotex texturiert	0,98	0,102	37,3	27,6
Vergleichsmaterial texturiert	0,98	0,102	33,9	23,8
Trainingsanzug, texturiert	1,05	0,105	37,6	27,1
Trainingsanzug Synth./B'wolle	1,42	0,107	35,3	24,6
Wollgestrick	1,34	0,128	30,2	20,2

### 6. Schlußbemerkungen

Kleidung für heiße Klimabedingungen wird seit Jahrhunderten oder Jahrtausenden aus Baumwolle, Leinen oder Wolle hergestellt. Diese Fasern sind mit Wasser stark quellbar. Durch Entwicklung geeigneter Technologien über lange Zeiträume hinweg zeigt eine daraus konstruierte Tropenkleidung durchaus gute Trageeigenschaften. Man muß sich aber auch über den Nachteil im klaren sein: Wolltextilien zeigen zum Beispiel anlässlich eines plötzlichen Schweißausbruchs des Kleidungsträgers eine durchaus unerwünschte Erwärmung durch die auftretende hohe Sorptionswärme und nach Aufhören des Schweißausbruchs eine Abkühlung infolge Desorption.

Ähnliches, jedoch quantitativ kleiner, tritt auch bei Baumwolle und Leinen auf. Man muß sich jedoch darüber klar sein, daß nach den neuesten Forschungsergebnissen die Quellfähigkeit dieser Fasern für ihre Funktion eine Begleiterscheinung und nicht die Ursache für die im ganzen doch befriedigenden Resultate ist.

Setzt man jedoch für die Konstruktion von Bekleidungstextilien für heiße Klimabedingungen synthetische Chemie-

fasern oder auch Regeneratfasern unkritisch oder mit falschen Arbeitshypothesen ein, dann kann man durchaus ungeeignete Materialien erhalten. Beachtet man aber die vorstehenden Konstruktionsprinzipien und überprüft die erzielten Ergebnisse durch geeignete Messungen, dann können auch die Chemiefasern ihre Eignung für heiße Klimabedingungen entfalten.

#### Literatur:

- 1) A.M. Sookne; Text.Res.J. **25**, 609 (1955)
- 2) J. Aschoff in Landois-Rosemann „Lehrbuch der Physiologie des Menschen“; 28. Aufl., Bd. 1, S. 331-369

- 3) L. Fourt, A.R. Craig und M.B. Rutherford; Text.Res.J. **27**, 362 (1957)
- 4) J.H. Mecheels, R.M. Demeler, E. Kachel; Text.Res.J. **36**, 375 (1966)
- 5) J.E. Kennedy, L.H. Turl; Seventh Commonwealth Defense Conference on Clothing and General Stores, United Kingdom 1961, DRML Report No. 121-6
- 6) A.W. Lykow; „Experimentelle und theoretische Grundlagen der Trocknung“; 1. Aufl., S. 74, VEB-Verlag Technik, Berlin 1955
- 7) W.M. Jones; Transaction of the Faraday Society **47**, 381 (1951)
- 8) H.P. Boehm, G. Kämpf; Z.f.physik.Chemie, Neue Folge **23**, 265 (1960)
- 9) H.W. Kohlschütter, G. Kämpf; Z.f.anorg.u.allg.Chem. **292**, 306 (1957)

#### Diskussion

**Köb:** Auf dem Gebiet der Bekleidungsphysiologie, des Feuchte- und des Wärmetransports ergeben sich Gesichtspunkte, die wir bisher noch nicht diskutiert haben und die das Problem der Ausrüstung der Gewebekonstruktion miteinbezogen. Es muß zweifellos noch viel getan werden, und mit der Philosophie allein können wir sicher keine Lösung finden.

Wenn man mir vorgeworfen hat, ich hätte etwas gegen die Physik gehabt, so muß ich in diesem Falle schon sagen, daß die Physik allein hier eine absolut klare Linie ziehen kann, mit der man eine Voraussetzung für ein Denkmodell schaffen kann. Sicher wird nachher noch zu korrigieren sein, was der Mensch an Eigenheiten mit hineinbringt, so wie dies gestern gesagt wurde.

**Enzian:** Können Sie Angaben machen, wie weit die Art der Texturierung einen Einfluß hat? Wenn Sie beispielsweise in einem Fall eine dreidimensionale Kräuselung und im anderen Fall vielleicht eine Stauchkräuselung, die zweidimensional ist, miteinander vergleichen?

**Mecheels:** Ich kann Ihnen leider darüber keine exakten Angaben machen, weil ein derzeit laufender Forschungsauftrag herausfinden soll, welche Texturiercharakteristika den Feuchtetransport beeinflussen. Wir müssen uns bis jetzt auf die Funktionskontrolle der uns zur Verfügung gestellten Muster beschränken. Aber gerade bei den texturierten Fasern wird es doch in verhältnismäßig kurzer Zeit - ich nehme an, vielleicht in sechs bis sieben Monaten - so weit sein, daß wir vielleicht sagen können, so und so muß texturiert werden.

Ob man natürlich diese Texturierung dann wird praktisch durchführen können, wird noch von einer Reihe anderer Faktoren abhängen. Das werden technologische und wirtschaftliche Aspekte sein, aber man wird dann doch wenigstens erwägen können, wie man es nach bekleidungsphysiologischen Überlegungen am zweckmäßigsten machen könnte. Es tut mir aber leid, daß ich Ihnen nicht einfach ein Patentrezept angeben kann.

**Falthansl:** Herr Dr. Mecheels, Sie sprechen hier von Kleidung unter heißen Klimabedingungen. Ich würde empfehlen, zwischen heiß und trocken sowie zwischen heiß und feucht zu unterscheiden, da die elektrische Aufladung meiner Meinung nach im ersten Fall alle guten Bemühungen in bezug auf Zuschnitt und Auswahl des Materials für unsere Kleidung sehr rasch zunichte machen kann.

Ich kann mich beispielsweise in einem Polyesterkleid in einer heißen und feuchten Umgebung, wo es das Problem der elektrostatischen Aufladung nicht gibt, unter Umständen recht wohl fühlen.

Unter heißen und trockenen Bedingungen treten elektrostatische Kräfte auf, das Kleid klebt am Körper, und der gute Zuschnitt, das sorgsam gewählte Material können auch nicht helfen. Müßte man dieses Problem nicht vor allem durch eine besondere Ausrüstung lösen?

**Mecheels:** Wenn wir heiß-feuchte Klimabedingungen haben, dann können wir so ziemlich alles anziehen, es wird sich nicht sehr bewähren. Wenn die Luftfeuchtigkeit 100 % beträgt, dann kann ich nach außen auch nicht mehr viel Schweiß abgeben. In diesem Fall kann ich mich tatsächlich mit einer Kleidung aus quellbaren Fasern einige Minuten oder Viertelstunden einigermaßen über die Runden halten, aber dann ist es auch damit zu Ende. Da treten auch keine elektrostatischen Aufladungserscheinungen auf.

Das ist aber doch die Ausnahme der Klimabedingungen; normalerweise haben wir eine mittlere bis eine eben doch niedrigere Feuchtigkeit bei hohen Temperaturen, und da können solche Aufladungserscheinungen eintreten. Wenn Sie aber nun künftig nur Kleidungsstücke nach den von mir eben entwickelten Gesichtspunkten tragen, die nämlich eine hydrophile Oberfläche haben - durch irgendeine Ausrüstung, durch ein Antistatikum beispielsweise -, so wird diese immer wenigstens so viel Wasser aus der Luft aufnehmen - 0 % Feuchtigkeit hat man nie -, daß es ausreicht, diese störenden Ladungserscheinungen zu eliminieren.

**Falthansl:** Vielleicht wären dann gerade laminierte Stoffe nach dem Prinzip der von Herrn Kaswell beschriebenen Babywindel, die innen wasserabstoßend und an der Außenseite doch etwas hydrophil sind, sodaß keine elektrostatischen Ladungen auftreten können, eine Ideallösung?

**Mecheels:** Ja, das wäre schon nicht schlecht. Nur dürfen Sie auch wieder nicht die innerste Kleidungsschicht zu wasserabstoßend machen, weil sonst kein Übergang der Feuchtigkeit von der Haut auf die umgebende Schicht stattfindet. Bei Babywindeln ist es anders, da wird Wasser in größeren Mengen in flüssiger Form angeboten.

Aber es ist an sich schon richtig, daß man versucht, durch verschiedene Schichten solche Effekte zu erreichen. Ich möchte aber nicht die Ansicht unterstützen, daß die innerste Kleidungsschicht nicht saugfähig sein sollte und die äußerste schon. Ich bin der Meinung, daß gerade die innersten Kleidungsschichten saugfähig sein sollten,

denn alles Wasser, das auf der Haut bleibt, kann dort nicht verdampfen und verursacht vor allen Dingen ein sehr unangenehmes Gefühl.

**Ullmer:** Bekanntlich sind Sie der erste, Herr Dr. Mecheels, der an und für sich die Physik in die Bekleidungsphysiologie hineingetragen hat. Bei Ihren Untersuchungen gehen Sie praktisch immer von ein und demselben Menschen aus. Wäre es nicht angebracht, da Sie ja tief für prädestiniert sind, in Ihrem Institut Versuche, auf verschiedene Menschentypen bezogen, anzustellen? Da wir heute eine regelrechte Freizeit-Textilindustrie auf den verschiedensten Gebieten haben, wäre es einmal interessant, von der Unterhose, vom Hemd, vom Anzug aus gesehen, die Untersuchungen auf den verschiedenen Menschentypus abzustimmen.

Vielleicht muß ich zum Menschentyp ein paar erläuternde Worte abgeben. Ich knüpfe hier an die vielleicht wenig bekannte Lehre von Dr. C u r y in Riederau am Ammersee an. Cury geht in seiner Lehre von meteorologischen Gesichtspunkten aus, das heißt, er erstellt zwei Typen: einen K- und einen W-Typ.

**Köb:** Herr Ullmann, Sie konnten leider gestern nicht da sein, doch wurden hier die Konstitutionstypen unter verschiedenen Reaktionen ausführlich diskutiert.

**Ullmann:** Dann bitte ich vielmals um Entschuldigung. Ich darf vielleicht nur noch eines sagen: Wir haben bei uns im Betrieb Versuche gemacht - in Extremrichtungen gehend - mit einem Glasfasergewebe für einen Träger, der kaum schwitzt, und als Gegenstück dazu mit einem Baumwollgewebe für einen Träger, der stark schwitzt. Dann haben wir diese Lösungen umgedreht, und siehe da - dort hat es nicht gestimmt.

**Mecheels:** Tatsächlich hat ja Herr Dr. Nesswetha gestern über die verschiedenen Typen gesprochen und hat auch festgestellt, daß die Übereinstimmung bei der Mittelgruppe doch verhältnismäßig groß war. Sie schneiden hier aber ein sehr wichtiges Thema an, das auch mir sehr am Herzen liegt. Es wird oft argumentiert: „Ach was, Ihr in der Bekleidungsphysiologie macht ja doch nichts Rechtes, denn jeder Mensch reagiert anders.“

Es ist zwar beides richtig - wir machen vielleicht nichts Rechtes in der Bekleidungsphysiologie, und jeder Mensch reagiert anders -, aber die Folgerung, das Nebeneinanderstellen, das ist falsch! Natürlich reagiert jeder Mensch anders. Der eine neigt mehr zum Schwitzen als der andere; der eine friert leicht, der andere weniger. Das hängt von allem möglichen ab. Aber es ist doch klar, daß wir in unserer Kleidung einige Prinzipien erreichen müssen. Beispielsweise ist eine Kleidung für jeden Menschen umso besser, je leichter sie Feuchtigkeit durchläßt. Bietet der Mensch wenig an, so macht das nichts - bietet er viel an, dann lernt er die Grenzen der Kleidung eher kennen. Aber es ist doch eine Tatsache, daß die Wasserverdampfung zur Temperaturregelung eines Körpers mehr oder weniger gehört. Je weniger die Kleidung diesem Phänomen Schwierigkeiten entgegengesetzt, desto besser ist sie.

Ich kann Ihnen zum Beispiel nicht sagen, wie der Herr X, der hier vielleicht sitzen sollte, bei -10°C, bei einer bestimmten Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung, bei einer genau definierten Arbeit, im Winter ideal angezogen sein muß; aber ich kann Ihnen sagen, wie Sie eine Kleidung machen können, in die möglichst viele verschiedene Menschen unter gegebenen klimatischen Bedingungen einigermaßen unter Wahrung ihres Tragekomforts, also ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit, hineinpassen.

Das heißt also, daß - wenn schon die Menschen so verschieden sind - auf der anderen Seite die Kleidung die beste ist, die dem Menschen einen möglichst großen Regelbereich einräumt.

**Laupe:** Herr Dr. Mecheels, Sie haben eingangs Ihres Vortrags die Bemerkung gemacht, es gäbe da Leute, die der Ansicht sind oder die dazu neigen - unberechtigterweise - die Luftbewegung und den Feuchtigkeitstransport etwas durcheinanderzubringen. Ihren Erklärungen, die Sie im Anschluß daran machten, bin ich - offen gesagt - auch nicht ganz gefolgt, und zwar aus folgenden Gründen:

Man kann einmal davon ausgehen, daß es keine Luftströmungen in den Textilien, die wir tragen, gibt. Das ist eine vereinfachte Vorstel-

lung, die sicher nicht immer zutrifft; aber wenn es so ist, dann ist natürlich der Feuchtigkeitstransport allein auf Diffusionen angewiesen und ist damit ein außerordentlich langsamer Vorgang. Wenn aber die Luft doch bewegt werden kann, wenn sie strömt, dann strömt mit der Luft auch die Feuchtigkeit; das heißt: die Konvektion der Luft wird zum Bewegungsphänomen der Feuchtigkeit.

Das Wabenmodell, das Sie gebracht haben, ist ja nichts weiter als eine Platte, die von einer Reihe paralleler und zur Oberfläche des Körpers senkrecht angeordneter Röhren durchsetzt ist. Werden diese Röhren unter laminaren Verhältnissen durchströmt, dann gilt das Poiseuillesche Gesetz: *Der Druckabfall ist proportional zur Länge der Röhren, das heißt zur Dicke der Oberfläche.* Ist der laminare Fall nicht gegeben, dann ist eben der turbulente Fall gegeben.

Ich bin im Augenblick ein bißchen unsicher, aber ich glaube nicht, daß man dann die Abhängigkeit als unterproportional zur Länge, sondern eher als überproportional bezeichnen kann. Ich glaube daher, daß einerseits die Überlegung, daß die Dicke einen weniger als proportionalen Einfluß auf die Konvektion haben könnte und andererseits die Auffassung, daß der Feuchtigkeitstransport nicht mit der Konvektion eng zusammengehen müsse, doch den Verhältnissen nicht ganz entspricht.

**Mecheels:** Man könnte darüber lange diskutieren, doch gebe ich Ihnen im Prinzip vollkommen recht. Es ist natürlich auch insofern komplizierter, als wir ja im Textil nicht unbedingt ruhende Luft haben. Für die Wärmeisolation von Textilien ist es allerdings das Ziel, möglichst viel Luft in ein Gewebe einzuschließen und festzuhalten - und die muß laminar festgehalten werden, denn sonst hat sie ja keinen Isolationswert.

Daß es trotzdem aber auch irgendwelche turbulente oder - sagen wir - Konvektionsströmungen gibt, ist verständlich. Mit jeder Bewegung ist eine Durchströmung unseres Hemdes u.dgl. verbunden, es finden Strömungsvorgänge und damit eben ein Transport von Wasserdampf auch tatsächlich statt. Das habe ich aber praktisch alles in den Begriff *„Transport durch die Poren“* eingeschlossen.

Wenn also mein Modell zeigen sollte, daß die Luftdurchlässigkeit nicht gleich dem Feuchtetransport ist, ist es wie jedes Modell ein bißchen vereinfacht, dann nehmen Sie mir das, bitte, nicht übel.

Bei der Luftdurchlässigkeitsmessung blasen wir ja mit einer erheblichen Druckdifferenz Volumina durch - die m ü s s e n einfach durch. Bei der Wasserdampfdiffusion dagegen haben wir ja höchstens solche Konvektionsströmungen oder auch erzwungene Konvektionsströmungen, die andererseits wieder verhältnismäßig klein gehalten werden sollen, damit die Textilien Wärme isolieren. Wir könnten natürlich dieses Modell beliebig verfeinern, und dann kämen alle Ihre Argumente mit hinein.

**Laupe:** Herr Dr. Mecheels, ich wollte wirklich nicht das machen, was der Engländer 'nit picking' nennt, sondern ich sehe darin schon eine gewisse praktische Bedeutung. Sie haben nämlich im Verlauf Ihres Vortrags gesagt, daß wegen der erhöhten Dochtwirkung, die mit den kleinen Abständen zwischen den Kapillarfäsern, also mit den Kapillaren zwischen den Einzelkapillarfäsern, in Zusammenhang steht - wenn ich so vereinfacht sprechen darf -, das Gewebe möglichst dicht eingestellt werden soll. Sie hätten vielleicht auch sagen können, daß möglichst feinkapillare Fasern einzusetzen sind.

Wenn man dieser vereinfachten Überlegung folgt, könnte ich mir vorstellen, daß man nicht daran denkt, daß sich an der Oberfläche der Kleidung oft Turbulenzen befinden. Die Luft um uns herum ist bewegt. Ist das Gewebe weit eingestellt, dann können diese Turbulenzen in die Gewebekapillaren eingreifen und dort eine Konvektionsströmung verursachen und so Feuchtigkeit transportieren. Bändigen wir aber diesen Effekt durch Feinstkapillaren und enge Einstellungen, dann geht uns diese Form des Feuchtigkeitstransports völlig verloren und wir sind allein auf die Dochtwirkung angewiesen.

**Mecheels:** Absolut richtig.

**Albrecht:** Wir haben nun gehört, daß die Kapillarwirkung einen hohen Einfluß hat. Können wir uns vorstellen, Herr Dr. Mecheels, daß wir zum Beispiel bei einer konstanten Garnnummer und einer kon-

stanten Gewebekonstruktion Unterschiede messen können, wenn wir in einem Fall - sagen wir - 2 dtex Fasern nehmen und im anderen 4 dtex Fasern, wobei die gesamte Garnnummer aber konstant ist? Damit verändere ich ja praktisch die Faserzahl im Querschnitt und demzufolge auch die gesamten Dochtverhältnisse.

Ich kann mir zwar vorstellen, daß selbstverständlich das Spinnverfahren eingeht, aber wie liegen die Verhältnisse, wenn ich die Faserlänge größer und die Zahl der Faserenden, das heißt den Bruch im Docht, geringer mache? Entsteht dabei auch schon ein Effekt? Oder sind diese Möglichkeiten zu unbedeutend?

**Mecheels:** Das zweite, den Einfluß der Faserlänge, haben wir noch nicht untersucht, aber den Einfluß des Einzelfasertiters bei gleicher Garnnummer und gleicher Textilkonstruktion, der ist untersucht worden - und man kann damit tatsächlich einiges erreichen.

Es ist zwar in der praktischen Anwendung nicht unbedingt sensationell - wir haben damals 2, 3 und 6 den-Fasern mit gleicher Garnnummer genommen. Zwischen den 2 und 3 den-Fasern fanden wir praktisch keinen Unterschied, aber zwischen den 2 und 3 den-Fasern einerseits und den 6 den-Fasern andererseits war ein Unterschied zu sehen.

Es gibt übrigens amerikanische Arbeiten, die sich auch mit dem Einfluß der Garndrehung auf die Saugfähigkeit und auf den Wärmetransport beschäftigen. Diese haben ergeben, daß gerade bei hydrophilen Fasern, also bei synthetischen Fasern beispielsweise, die Drehung ganz erheblich eingeht; zwar nicht, daß die Drehung sehr hoch sein muß, sondern sie darf weder sehr hoch sein, weil die Kapillaren sonst zu klein werden, noch darf sie sehr niedrig sein, weil sonst gar keine Kapillaren zwischen den einzelnen Fasern mehr vorhanden sind; es gibt ein Optimum. Man kann also mit diesen Faktoren tatsächlich einiges erreichen.

**Marsoner:** Eigener Meinung nach sollte Kleidung so konstruiert sein, daß auch bei starker Schweißbildung kein Feuchtigkeitstau und damit Kondenswasser auftreten kann.

Dementsprechend ist ja die Herrenkleidung vollkommen unzumutbar. Wo immer es den Damen gestattet ist, ein transparentes, leichtes Kleid in einem ganz lockeren Stil, wo die Luftzirkulation vollkommen gegeben ist, zu tragen, sind wir durch Hosenbund und Krawatte eingeschnürt. Wo soll hier eine Luftzirkulation stattfinden? Die kritischen Stellen, die eben sehr schweißabsondernd sind, die kommen gar nicht in den Bereich der Luftzirkulation.

Es wäre daher vollkommen angebracht, wenn man hier vielleicht doch vor allem einmal die Krawatte ablegen würde. Warum müssen wir als Mitteleuropäer immer sehr gepflegt dastehen und immer mit der Krawatte? Es gibt leider nur wenige Mutige. Also vielleicht räumt man mit diesen Dingen einmal auf. Und Sie haben vollkommen richtig gesagt, und ich stimme Ihnen bei, daß es noch viele Möglichkeiten gibt, wo die Faser allein nichts ausmacht. Daß natürlich eine Faser, die hier kritisch ist, zu unangenehmen Folgen führt, oder daß man dann dementsprechend konfektionieren muß, das ist meiner persönlichen Meinung nach verständlich.

**Mecheels:** Unsere Kleidung besteht eben aus verschiedenen Funktionselementen und aus verschiedenen Zielen - eines davon ist ein modisches. Es gibt aber noch viele andere neue Funktionseigenschaften, die auch mit Bekleidungsphysiologie umschrieben werden können. Wenn ich vor Ihnen jetzt so stünde, wie man sich vom bekleidungsphysiologischen Standpunkt aus am zweckmäßigsten anziehen würde, dann hätten Sie mich nicht ernst genommen und hätten gesagt: „Da oben steht ein Naturapostel.“ Ich habe das Hemd an, von dem ich gestern sprach, eine Krawatte, weil sich das eben so gehört, aber andererseits habe ich den Eindruck, keine schlechte Kleidung zu tragen. Nur natürlich vielleicht ein bißchen unzumutbar - aber das ist man eben der Mode schuldig.

**Czarinski:** Ich vertrete eine Bekleidungsindustrie, die vorwiegend Sommerkleidung herstellt. Vor zehn Jahren haben wir nur Leinen- und Ramiegewebe verarbeitet. Heute sind wir auf Mischgewebe Polyester/Zellwolle, Polyester/Leinen bzw. Polyester/Ramie übergegangen. Diese Gewebe hatten anfänglich einen ziemlich großen Knitterwinkel, und wir versuchten eine Verbesserung dadurch zu er-

reichen, daß wir im Schuß oder in der Kette eine endlose Faser verwendeten. Nun, diese Kleidung war nicht angenehm, die Trageeigenschaften waren schlecht.

Seit kurzem haben wir die endlose Faser durch eine texturierte Faser ersetzt, und das führte zu einem sehr großen Erfolg. Der Einsatz von texturierten Fasern war eigentlich zufällig in Brasilien. Lastwagen, die durch das Landesinnere fahren, führen immer Ledersäcke mit Wasser mit, in denen das Wasser sehr kühl bleibt. Dr. Mecheels sprach vorhin auch von den Diffusionseigenschaften - ich möchte sagen, hier liegen parallele Verhältnisse zwischen den Diffusionseigenschaften der Garne und jenen des Leders. Dies ist gleichsam eine Bestätigung ihrer Forschungsergebnisse.

**Mecheels:** Vielen Dank, das ist eine feine Bestätigung.

**Weber:** Herr Dr. Mecheels, Sie haben in Ihrem Vortrag unter anderem festgestellt, daß der Feuchtigkeitstransport durch Diffusion im Fasermaterial gegenüber dem Feuchtetransport an der Oberfläche der Fasern von untergeordneter Bedeutung ist. Man konnte aus Ihren Tabellen nicht die Größenordnung entnehmen, oder die Relation zwischen Feuchtetransport durch Oberflächentransport an der Faser und durch Diffusion im Fasermaterial. Könnten Sie uns vielleicht die Frage noch beantworten?

**Mecheels:** Ja, das ist jetzt ohne Dia nicht ganz einfach, aber es gibt folgende Überlegung: Die Diffusionskonstanten durch das Fasermaterial sind schon um eine bis mehrere Größenordnungen kleiner als die durch Luft. Infolgedessen muß doch mindestens die Diffusion durch Luft größer sein als die durch Fasern. Ich habe Ihnen aber auch ein Dia vorgeführt, das den Oberflächentransport eines Spinnfaserbündels wiedergibt, und wo wir doch immerhin zeigen konnten, daß - wenn die Annahme des Oberflächentransports einigermaßen zutrifft - bei diesem Spinnfaserbündel eine ungefähr gleichgroße Wassermenge entlang der Oberfläche wie durch die Luft transportiert worden ist. Es ist also aus diesen beiden Dias zu entnehmen, daß dieser Oberflächentransport zumindest größer sein muß als der Transport im Faserninnern. Ganz genaue Abgrenzungen kann man da durch geeignete Untersuchungen machen. Wir glauben an diesen Oberflächentransport schon lange, wir haben ihn aber eigentlich erst mit diesem Faserbündelversuch so richtig auch für uns überzeugend nachgewiesen, und wir sind noch dabei, auch andere Untersuchungen anzustellen. Vielleicht genügt Ihnen diese Antwort, daß man also abschätzen kann, daß mehr über die Oberfläche transportiert wird als durch die Faser.

**Albrecht:** In der Praxis haben wir es bei Hemden beispielsweise sehr oft mit Mischgeweben zu tun, und bei den Mischgeweben haben wir nun praktisch immer hydrophobe und hydrophile Fasern nach der Nomenklatur, auf die wir uns gestern geeinigt haben, zusammen. Bei der hydrophoben Zellulosefaser könnten wir uns ohneweiters zwei Zustände denken: einmal, daß auf dieser Faseroberfläche irgend etwas draufsitzt und daß dies die hydrophile synthetische Faser abtransportiert. Ist das so? Das ist die erste Frage.

Daß nun praktisch unsere hygroskopische Zellulosefaser einiges an Feuchtigkeit aufnimmt, ist bekannt. Kann dies dann aber die hydrophile synthetische Faser übernehmen und abtransportieren? Ist es in diesem Garnverband, der doch nun relativ geschlossen ist, effektiv möglich, daß dann das, was wirklich an Substanz in die hygroskopische Faser hineingequollen ist, mit der Zeit übernommen und tatsächlich abtransportiert wird?

**Mecheels:** Eine sehr interessante Frage. Im Prinzip haben Sie recht, wenngleich man doch sagen muß, daß das Quellwasser innerhalb der Fasern ja nicht eigentlich als flüssiges Wasser auftritt, sondern in einer anderen Phase. Es ist aber doch denkbar, daß solche wechselseitigen Transporterscheinungen tatsächlich eintreten. Das müßte man einmal weiter überdenken, aber ich glaube, es würde zu weit führen, wenn man jetzt hier noch zu lange darüber diskutieren würde.

## Die automatisierte Arbeitsmethode für die Textilindustrie

Robert H. Bode  
Arthur D. Little, Inc., Boston

Vor ein paar Jahren untersuchte Arthur D. Little im Auftrag der Apparel Research Foundation, Inc. die Möglichkeit der maschinellen Handhabung von weichen Stoffen.

Das Programm wurde in zwei Phasen durchgeführt. Die erste Phase bestand aus einer Forschungsstudie, in der die verschiedenen Möglichkeiten einer Automatisierung überprüft wurden. Anschließend war ein Versuchsprogramm vorgesehen, das die verschiedenen technischen Aspekte der Automatisierung vor Augen führte.

Several years ago Arthur D. Little, Inc., undertook a feasibility study for the automated handling of limp fabrics for The Apparel Research Foundation, Inc.

The first phase was a state-of-the-art study in which automation was defined, and all efforts directed at automation were investigated. In addition, plans were made for a subsequent experimental program, investigating and interpreting various forces and techniques for automatically handling limp fabrics.

Das Grundthema meines Vortrags über unsere Forschungsarbeit ist die automatische Handhabung von lappigen Stoffen.

Lappigkeit, auch Weichheit oder Schmiegsamkeit genannt, bewirkt in Kleidungsstücken Komfort und angenehmes Trageverhalten. Für die Herstellung von Kleidungsstücken jedoch - und vor allem für die automatische Handhabung der einzelnen Stücke während des Erzeugungsvorgangs - ist diese Eigenschaft ein wahres Grundübel. Wir würden hier viel lieber vor das Problem gestellt sein, die Herstellung mittelalterlicher Rüstungen zu automatisieren.

Bei der Herstellung von Kleidungsstücken besteht der größte Teil an direkter Arbeit im Zusammenbringen der einzelnen Teile und nicht - wie man glauben würde - in Entwurf, Zuschnitt, Schnittauflegen, Ausfertigen und Kontrollieren. Daher galt es zunächst das **Problem der automatischen Handhabung von weichen Stoffen** zu lösen.

Das Herstellungsprogramm besteht aus fünf verschiedenen Tätigkeiten:

1. **Beförderung:** Das zuoberst liegende Stück Stoff wird von dem Stapel der zugeschnittenen Teile abgehoben und zum Verarbeitungsplatz, das heißt zur Nähmaschine, befördert.

2. Dann folgt die **Orientierung:** Das Material wird in die gewünschte Richtung und Position zur Weiterverarbeitung geschoben.
3. Der nächste Schritt ist das **Zusammenpassen:** Die Teile werden genau aufeinandergelegt.
4. Die **Kontrolle des eigentlichen Arbeitsvorgangs**, das heißt der Beförderung des Stoffes unter die Nähmaschine.
5. Darauf folgt die **Kontrolle nach dem Arbeitsvorgang**, das heißt der Beförderung des Stoffes zum nächsten Arbeitsvorgang.

Diese fünf Vorgänge können am händischen Nähen eines Hemdkragens demonstriert werden: Geübte Hände trennen die obere Lage von dem Stapel der zugeschnittenen Hemdkragen, legen sie in die gewünschte Position, passen die entsprechenden Teile aneinander, schieben sie zum Arbeitsort, wo der Kragen sorgsam unter die Nähmaschine geschoben wird. Nach dem Nähen wird er in den Sammelbehälter gelegt.

### 1. Möglichkeiten zur automatischen Beförderung eines Stoffteiles

In einem 1965 veröffentlichten Bericht konzentrierten wir uns hauptsächlich auf die Automatisierung des Vorgangs, den Stoff in die gewünschte Position zu bringen. Wenn dieser Arbeitsvorgang automatisiert werden konnte, so müßte es doch auch möglich sein, den Stoffteil nicht nur von einem geordneten, sondern auch von einem ungeordneten Stapel zu trennen und aufzuheben. Es müßte dann auch möglich sein, das Zusammenpassen der Teile zu korrigieren, falls das Aufheben von einem geordneten Stapel ungenau war.

Darüberhinaus wäre der wichtigste, eventuell auch zu automatisierende Arbeitsvorgang das genaue Zusammenfügen von zwei oder mehreren Teilen. Die Experimente beschränken sich auf eine einfache Vorführung im Versuchsraum.

Das Grundproblem bei einem automatisierten Aufeinanderlegen von zwei Stoffstücken ist das **Aufspüren der Stoffkanten**. Wenn es möglich wäre, die Kante entlang einer Reihe von Punkten aufzuspüren, und wenn dieses Aufspüren einen Kontakt auslösen könnte, der das Material einreihen würde, dann wäre eine automatisierte Orientierung erreicht.

Ein einfaches Beispiel für das Aufspüren von Kontaktverlust bietet ein elektrisches *Kantenaufspürgerät*. Der Stromfluß durch dieses Gerät wird von einem Lämpchen angezeigt. Wenn der Stoff den Kontaktpunkt berührt, ist der Stromkreis unterbrochen, und das Licht geht aus. Die Reaktionszeit beträgt 2 msec. In der Praxis könnte die elektrische Reaktion Relais oder andere Geräte in Tätigkeit setzen.

Es kann aber auch ein anderes Ein-Aus-Kontaktaufspürgerät benutzt werden. Das Ein-Aus-Kontaktaufspüren wird in der Bekleidungsindustrie gegenwärtig schon benutzt.

Eine weitere, häufig angewandte Technik ist die *Photozellenmethode*. Hier wird das Licht mit Hilfe eines transparenten Materials (Liberoptics) in eine Photozelle über-

tragen. Wenn die Kante die Übertragung durchbricht, reagiert das elektrische Licht in 1/10 msec.

Luft kann ebenfalls benutzt werden, um die Stoffkante aufzuspüren. In diesem positiven Druckaufspürgerät fließt Druckluft in eine Röhre über einen Abstand von 4,5 mm Höhe. Die Reaktionszeit beträgt 30 msec.

## 2. Automatische Weiterbeförderung und Orientierung

Die **Vorwärtsbewegung** ist ein weiterer wichtiger Faktor in dem Problem der Automatisierung. Sie ist für Transport und Erreichung der genauen Ortsposition des Stoffes erforderlich.

Wir haben eine durchsichtige Platte benutzt, um den Stoff zu einem Photozellen-Aufspürgerät hinzuschleichen. Die 6 mm dicke Plexiglasplatte stellt für die Photozelle kein Problem dar, und die Tatsache, daß die Photozelle porös ist, hat keinen Einfluß auf die Empfindlichkeit des Gerätes. Die Platte wird so auf einen Rahmen montiert, daß Bewegungen von einer Seite zur anderen sowie vorwärts und rückwärts möglich sind.

Auch der **Luftdruck** kann dazu benutzt werden, Bewegung und Orientierung zu erreichen. Der Stoff gleitet auf dem Luftstrom über eine mit Teflon bedeckte Platte. Diese Platte steht in einem bestimmten Winkel, sodaß das Material von der Schwerkraft geführt wird, bis es die Orientierungskante der Platte erreicht. Wenn der Druck vermindert wird, wird der Stoff, der durch diesen Vorgang etwas steifer geworden ist, wiederum in die richtige Lage gebracht. Diese Methode scheint außerdem sehr praktisch für den Transport von mehreren Lagen bereits zusammengepaßter Teile.

In einem weiteren Experiment wurde die **Vibration** zur Vorwärtsbewegung und zur Orientierung benutzt. Dieses Orientierungstischmodell verfügt über eine Kante, um die gerade Stoffkante einzureihen. Der Tisch befindet sich in einem rechten Winkel, sodaß die Schwerkraft die Kante des Stoffes gegen die Orientierungskante des Tisches hält. Linienförmige Vibrationseinheiten führen den Stoff den Tisch entlang, bis er dessen Ende erreicht, wo er bereits völlig eingereiht ist. Da die Stoffkante gleichzeitig senkrecht und waagrecht vibriert, wird der Stoff auf dem Weg zum Orientierungspunkt steifer.

Wahrscheinlich ist das Experiment, das **positiven Druck** für das Aufspüren der Kanten und **pneumatische Verstärker** für Bewegung und Orientierung benützt, am ungewöhnlichsten. Den Kernpunkt dieses Systems bildet ein Fließgerät, das den Luftstrom zu jedem Kolben kontrolliert. Jeder Orientierungspunkt verfügt über einen Kolben. Die Luft, die den Kolben antreibt, strömt durch den oberen Teil des Gerätes und wird dann in zwei gleichmäßige Ströme geteilt (d.h. der linke Strom führt in den vorderen Zylinder und der rechte fließt hinter den Kolben, wodurch er in zwei gleiche Teile geteilt wird). Solange der Luftdruck vor und hinter dem Kolben gleich stark ist, bleibt der Kolben in Ruhe.

Luft wird ebenfalls durch die positive Druckaufspürvorrichtung in das Gerät eingeführt. Für jeden Orientierungspunkt sind zwei Aufspürgeräte vorhanden. Das eine dient dazu, die

Stoffkante aufzuspüren und ist ganz geöffnet, das andere wird als Richtlinie benutzt und ist halb geöffnet. In dem halbgeöffneten Gerät strömt die Luft von rechts herein, sodaß sich darin mehr Druck von links als von rechts bildet und die Luft durch einen Kanal in den hinteren Teil des Zylinders fließt. Dies bedeutet, daß jetzt der Druck hinter dem Kolben größer ist als vorn. Dadurch wird der Kolben nach vorn getrieben und der Stoff so weit bewegt, bis die Kante die Öffnung halb erreicht hat.

Sobald die Stoffkante die Öffnung halb erreicht hat, wird der Luftdruck im Kantenaufspürgerät gleich dem im darunter befindlichen halbgeöffneten Richtliniengerät, und die Luft strömt gleichmäßig durch die beiden unteren Kanäle. Im Zylinder herrscht ebenfalls Gleichgewicht, und es ruhen daher Kolben und Stoff.

Wir haben nun die Orientierung des Stoffes diskutiert, sowie die verschiedenen Möglichkeiten, die Kanten aufzuspüren und sie vorwärts zu bewegen.

## 3. Das Zusammenpassen der Teile

In dem hierfür vorgesehenen Gerät (Abb. 1) befindet sich ein Vakuum, das die Teile bewegt und zusammenpaßt. An zwei kleinen Stoffstücken wird dieser Vorgang hier veranschaulicht.

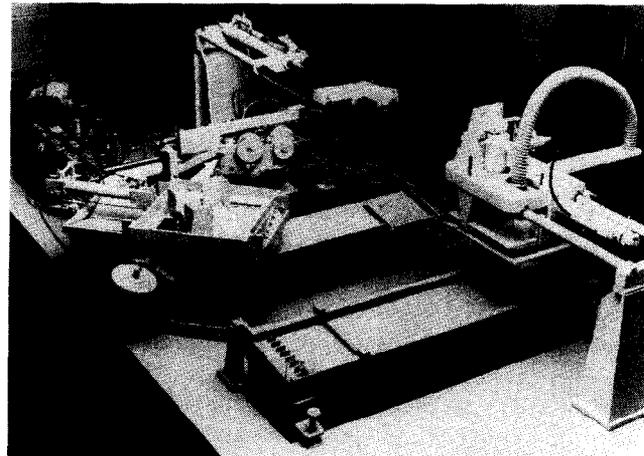


Abb. 1: Versuchsgerät zur automatischen Handhabung lappiger Materialien

Nehmen wir an, die beiden Stoffstücke wurden mit Hilfe einer der bereits beschriebenen Methoden aufeinandergelegt. Sie liegen nunmehr in einer bestimmten Stellung auf dem Tisch. Ein luftleeres Führungsgerät - so montiert, daß es nach vier verschiedenen Richtungen bewegt werden kann - wird zum ersten Stück Stoff geführt, hebt es ab, bringt es zum zweiten und befördert dann beide Stücke zum Arbeitsplatz. Es setzt die beiden, genau aufeinandergelegt, auf dem Arbeitsplatz ab.

Dasselbe Gerät kann auch ein Stück Stoff zum Arbeitsplatz befördern, dann ein zweites abheben und zum ersten trans-

portieren, sodaß die beiden ebenfalls genau aufeinander zu liegen kommen.

In der zweiten experimentellen Phase wurden einige der mehr Erfolg versprechenden Geräte zum Zweck des vollkommenen Vorführungsablaufes kombiniert. Dabei werden die automatisierte Trennung der Teile, das Aufheben, die Orientierung, die Zusammenpassung und die Kontrolle auf dem Arbeitsplatz vereinigt.

Die Vorführung zeigt vorerst einen geordneten und einen ungeordneten Stapel Stofflagen. Trennen und Abheben jeder einzelnen Schichte vom ersten Stapel wird durch druckempfindliche Klebestreifen erreicht. Von diesem von oben zugeführten Gerät werden alle vier Kanten eines jeden Stoffstückes abgehoben. Der oberste Stoffteil ist mit Hilfe einer Lage Papier und einer einfachen Zwischenlage, um ein genaues Abtrennen der jeweils obersten Schichte zu garantieren, diagonal ausgebreitet.

Diese obere Lage wird dann zum Orientierungstisch transportiert, der mit einem pneumatischen Verstärker ausgerüstet ist. Eine Abstreifplatte legt das Stück Stoff frei und registriert dies gleichzeitig an dem Klebestreifen, wodurch das Gerät vorbereitet ist, eine neue Lage Stoff abzuheben, sobald es zum Stapel zurückkehrt.

Während sich das *Abhebgerät* von der abgesetzten Stoffschichte entfernt, beginnen das *Aufspür-* und das *Orientierungsgerät* ihre Tätigkeiten. Dieses Aufspürgerät ist ähnlich dem früher vorgeführten, aber außerdem noch fähig, die Seitenkante und die Vorderkante des Materials aufzuspüren. Es verfügt also über drei Aufspürgeräte an Stelle von zweien. Sobald nun der Stoffteil in der gewünschten Position liegt, bewegen sich Kissen und Kantenaufspürgerät zurück.

Das luftleere *Führungsgerät* hebt dann das Stück Stoff ab und transportiert es zu dem Ort, wo es mit dem dazugehörigen Teil des zweiten Stapels zusammengepaßt wird.

Der zweite Stapel befindet sich in einem *Bodenzuführungsgerät*, das eine ganz neu konstruierte Vorrichtung für dieses Arbeitsprogramm darstellt. In diesen Apparat können ununterbrochen neue Stoffteile eingespeichert werden, ohne daß dabei der Arbeitsablauf unterbrochen werden muß. Das Funktionieren des Bodenzuführungsgerätes hängt von der Steife des Stoffes ab, die dann entsteht, wenn dieser die Form einer V-Kurve annimmt.

#### 4. Das automatische Nähen

Es wurden also die einzelnen Stofflagen von zwei getrennten Stapeln abgehoben, in die richtige Position gebracht, zu-

sammengepaßt und dann durch die Arbeitsstätte (die Nähmaschine) geführt - alles ohne jegliche Handarbeit.

#### 5. Das automatische Aufstapeln

Dieses könnte mit Leichtigkeit durch ein *Vakuum-Abhebgerät* oder mit Hilfe eines druckempfindlichen *Streifen-abhebgerät* erreicht werden. Die Vorführung dieses Arbeitsablaufes sollte lediglich dazu dienen, die verschiedenen Geräte hierfür zu demonstrieren. Wir haben daher das automatisierte Aufstapeln nicht miteingeschlossen, da dies Wiederholungen zur Folge gehabt hätte.

Alle vorerwähnten Arbeitsstufen werden von pneumatischen Geräten kontrolliert.

In dem pneumatischen Steuerungssystem gibt es zwei Hauptbestandteile, von denen der erste durch eine Serie von *Steuerungslogiegeräten* gebildet wird. Während der Arbeitskolben auf die einzelnen Arbeitsstufen eingestellt ist, wird ein Luftdrucksignal über einen Zähler weitergegeben. Der Zähler wiederum geht durch die verschiedenen Stufen, während er die Einsatzimpulse empfängt. Jedes dieser Steuerungsgeräte wurde so programmiert, daß es einen Impuls überträgt, sobald die entsprechende Registrierung im Zähler erfolgt ist. Dieser Impuls wird in Form eines Drucksignals auf den zweiten Teil, das heißt auf den *Druckverstärker*, übertragen.

Während die Kontrollgeräte ein paar Gramm pro Quadratcentimeter des Stoffes bearbeiten, beträgt der Ausflußdruck des Druckverstärkers 2 bis 7 kg/cm<sup>2</sup>. So wird also das verhältnismäßig schwache Drucksignal in einen Hochdruckstrom umgeformt, der stark genug ist, den Kolben in einem der Luftzylinder zu bewegen.

Alle diese Geräte sind sorgfältig programmiert, sodaß jeder einzelne Teil des Gesamtprogramms in genauer Reihenfolge arbeitet. Das System ist einfach, zuverlässig und einzigartig.

Der Vorführungsablauf, die Experimente und die Forschung, die zu dieser Entwicklung führten, befinden sich derzeit noch in den Anfangsstadien. Wir wollten aber zeigen, daß die automatisierte Handhabung von weichen Stoffen praktisch schon möglich ist. Dennoch wird noch viel Forschungsarbeit erforderlich sein, bevor dieses Tischvorführungsgerät in die Massenfabrikation aufgenommen werden könnte. Ob sich jedoch dieses Gerät je mit Erfolg durchsetzen wird, hängt - zumindest zum Teil - auch von der Unterstützung sowie vom Interesse der Bekleidungsindustrie ab.

## Pflege von Textilien aus Chemiefasern

**Dr.-Ing. Oswald Viertel**

Wäschereiforschungsinstitut Krefeld e.V., Krefeld

Die rasche Zunahme von Bekleidungstextilien aus Chemiefasern war der Anlaß, einmal Vertreter aller Industriezweige zu einem Round-table-Gespräch zu bitten, die im Interesse des Konsumenten um die Lösung jener Probleme bemüht sind, die mit der richtigen Behandlung und Pflege moderner Textilien zusammenhängen.

Zum ersten Mal wurde deshalb bei der 9. Internationalen Chemiefasertagung die Form einer Podiumsdiskussion gewählt, bei der unter dem Vorsitz von Herrn Dr. Viertel vom Wäschereiforschungsinstitut Krefeld die Herren Dr. Bumann namens der Waschmaschinenindustrie, Dr. Bussy für die Waschmittelindustrie, Fertsch-Röver für die Chemisch-Reinigung, Dr. Kratzsch für die Chemiefaserindustrie, Dr. Kreuzmann als Vertreter der Textil- und Veredelungsindustrie und Dipl.Ing. Wührer für die Bekleidungsindustrie ihre Meinungen und Erfahrungen austauschten. Selbstverständlich wurde auch die Frage der internationalen Textilpflegekennzeichnung in die Diskussion aufgenommen.

Die Tagungsteilnehmer hatten Gelegenheit, selbst an dem Gespräch mitzuwirken und Anfragen zu stellen.

The rapid growth in the production of man-made garment textiles made us decide to invite representatives of all those industries which, in behalf of the consumer, are concerned with the solution of problems connected with the proper treatment and care of modern textiles, to a round-table discussion.

Dr. Bumann in behalf of the washing-machine building-industry, Dr. Bussy in behalf of the detergent-producing industry, Mr. Fertsch-Röver in behalf of the dry cleaning industry, Dr. Kratzsch in behalf of the man-made fiber industry, Dr. Kreuzmann as a representative of the textile and finishing industries, and Dipl.Ing. Wührer in behalf of the clothing industry, exchanged their opinions and experiences under the chairmanship of Dr. Viertel, Institute of Laundry Research, Krefeld. The question of labels giving instructions on an international scale concerning the care of textiles was included in the discussion.

Visitors to the Congress had the opportunity to join in the conference and to ask questions.

Die Pflege von Textilien ist das letzte Glied einer Reihe, die mit der Faserherstellung beginnt und über Spinnerei, Weberei, Ausrüstung und Konfektion bis zur Textilreinigung führt. Die einzelnen Glieder dieser Reihe sollten eine sinnvolle Zusammenarbeit anstreben, um wertvolle Endprodukte herauszubringen. Bei der Herstellung von Textilien sollte jedoch nicht nur bis zum Verkauf, das heißt bis zum Ladentisch, sondern auch weiter an die Pflege, das heißt ans Waschen oder ans Chemisch-Reinigen, gedacht werden.

Das Waschen, Spülen und Wringen sowie das Trocknen und Bügeln der Wäsche gehören auf Grund arbeitsphysiologischer Untersuchungen des Max-Planck-Instituts Dortmund zu den

schwersten Arbeiten im Haushalt. Es ist daher verständlich, daß die Hausfrau sehr bemüht ist, sich hier Erleichterungen zu verschaffen. Seit gut fünfzehn Jahren wetteifern drei große Industrien dabei, die Arbeit der Hausfrau auf dem Gebiet der Wäsche und der Textilpflege zu erleichtern. Es sind dies die Waschmittel-, die Haushaltswaschmaschinen- und Textilindustrie. Ich will dies im folgenden kurz skizzieren:

### 1. Die Waschmittelindustrie

Denken Sie bitte an den früheren schweren, langen Waschtage. Schon am Tage vorher wurde die Wäsche sortiert und unter Verwendung eines Einweichmittels eingeweicht. Am nächsten Morgen wurde im Waschkessel das Wasser enthärtet, das Waschmittel aufgelöst und die eingeweichte Wäsche zum Kochen gebracht. Anschließend erfolgte das Bearbeiten noch schmutziger Stellen mit der Hand auf dem Waschbrett bzw. mit der Wurzelbürste. Zum Spülen mußte heißes Wasser bereitet werden, dem Spülmittel zugesetzt wurden. Die Wäsche wurde mindestens dreimal von Hand gut gespült und dann ausgewrungen.

Was geschieht heute? Die Waschmittelindustrie hat biodynamisch wirksame Vollwaschmittel entwickelt, wie beispielsweise Persil, Fakt, Sunil, Omo, Dash usw., deren Waschchemie so verstärkt worden ist, daß ein Einweichen normal verschmutzter Wäsche nicht mehr erforderlich ist.

Weiterhin ist es nicht mehr notwendig, das Wasser vorher zu enthärten. Der hohe Gehalt der Vollwaschmittel an Tripolyphosphat bewirkt eine Sofortenthärtung. Auch das Bereiten von Heißwasser zum Spülen fällt weg. Sie sehen, mithin eine große Arbeitserleichterung für die Hausfrau: kein Einweichen, kein heißes Spülwasser mehr und auch für die Vorratshaltung nur noch ein Vollwaschmittel.

### 2. Die Haushaltswaschmaschinenindustrie

Die außerordentlich langwierige und schwere Bearbeitung der Wäsche von Hand, das Durchwaschen, Spülen und Wringen der Wäsche, besorgt heute der Waschvollautomat. Die Hausfrau braucht nur noch die schmutzige Wäsche in den Vollautomaten zu füllen, das Waschmittel für die Vor- und für die Klarwäsche hineinzugeben, das richtige Waschprogramm einzustellen und auf den Knopf zu drücken. Dann wird die Wäsche in etwa 100 Minuten automatisch gewaschen, gespült und geschleudert. Diese Lösung bedeutet eine sehr große Arbeitersparnis. Wie statistisch nachgewiesen, besitzen heute bereits 65 Prozent der deutschen Haushalte eine Waschmaschine.

### 3. Die Textilindustrie

Auch sie bietet der Hausfrau große Arbeitserleichterung beim Waschen an. Begonnen damit hat die Chemiefaserindustrie. Sie brachte als erste pflegeleichte Textilien auf den Markt. Denken Sie bitte an das Perlon-Hemd oder an die Perlon-Bluse. Diese Textilien lassen sich leichter waschen, trocknen schneller und brauchen nicht gebügelt zu werden. Dies bedeutet eine große Annehmlichkeit für den Verbraucher. Derartige Textilien werden im Handel mit Be-

zeichnungen wie "wash and wear", "bügelfrei" oder "pflegeleicht" angeboten.

Leider gibt es bisher keine feststehenden Definitionen bzw. Normen für diese Bezeichnungen. Sie werden daher teilweise sehr großzügig vielen Textilien angeheftet, ohne daß diese Textilien genau halten, was die Etiketten aussagen. Die Verbraucher sind dann enttäuscht, daß die Textilien nicht ihren Wünschen entsprechen. Dadurch können Textilien, die zu Recht eine Pflegeleichtbezeichnung tragen, in Mißkredit geraten.

Mit dem steigenden Einkommen wächst in letzter Zeit die Nachfrage nach Gütern, bei denen bereits eine fertige Dienstleistung, das heißt also praktisch ein „Dienstmädchen" mit verkauft wird. Zum Beispiel Fertigmöbel, Haushaltgeräte, pflegeleichte, bügelfreie Textilien oder Fertiggardinen. Die Wünsche und Bedürfnisse der Verbraucher werden entscheidend von dem Wunsch geprägt, noch weitere Freizeit durch Arbeitersparnis und durch Arbeiterleichterung zu gewinnen.

Es ist daher äußerst wichtig, daß der Verbraucher die Sicherheit erhält, daß die Ware wirklich das erfüllt, was das Etikett verspricht. Dies ist aber nur durch eine sinnvolle Zusammenarbeit aller Industriezweige, die an der Herstellung und der Pflege der Textilien beteiligt sind, möglich. Es ist wenig sinnvoll, ein Bekleidungsstück als waschbar und bügelfrei zu bezeichnen, wenn wohl der Stoff, aber nicht auch die Zutaten wie Futter, Einlagen, Bänder, Nähgarn usw. diese Bedingungen erfüllen. Das Kleidungsstück wird nach der ersten Wäsche deutliche Falten und Knitter sowie wellige Nähte aufweisen.

Es gibt gute Lieferanten für pflegeleichte Zutaten. Allerdings sind diese etwas teurer. Der höhere Preis sollte jedoch unbedingt in Kauf genommen werden, um ein einwandfreies pflegeleichtes Kleidungsstück anzufertigen, das den Kunden nicht enttäuscht. Er wird dann auch Interesse und Freude an weiteren pflegeleichten Textilien zeigen und somit zu einer Konsumausweitung dieser Textilien beitragen.

Andererseits muß der Verbraucher aber auch die in die Textilien eingenähten Pflegeempfehlungen anwenden und berücksichtigen. Hält er zum Beispiel nicht die richtige Waschttemperatur ein, oder wählt er ein falsches Waschprogramm in seinem Waschvollautomaten, so kann er dafür nicht den Hersteller verantwortlich machen. Vorausgesetzt ist jedoch, daß der Hersteller das richtige Pflegeetikett eingenäht hat. Hier sollte manchmal nicht zu großzügig und leichtfertig verfahren werden. Ein Kleidungsstück sollte immer nach dem schwächsten Glied seiner Bestandteile gekennzeichnet sein.

Wir werden so oft gefragt, ob man alle pflegeleichten Textilien in der Waschmaschine waschen kann. Mit Ausnahme von sehr wenigen empfindlichen, feinen Artikeln kann heute fast alles in der Waschmaschine gewaschen werden. Die neuen Waschvollautomaten besitzen zahlreiche Spezialprogramme für die verschiedenen Textilien.

Eine andere Frage lautet: Muß Wäsche noch gekocht werden?

Zwecks Erhaltung der Pflegeleichteigenschaften sollte eine 60°C-Wäsche vollauf genügen. Wir müssen daher versuchen,

die 60°C-Wäsche so zu gestalten, daß sie die gleiche Reinigungswirkung und Wäshedeseinfektion erzielt wie die Kochwäsche. Hierfür muß vor allem die Waschchemie verstärkt werden. Es kommen daher immer mehr Spezialwaschmittel, auch solche, die eine Desinfektion der Wäsche bewirken, auf den Markt.

Weiterhin wird uns immer vorgehalten, daß die Haushalte in den USA die Wäsche nur bei 60°C, unter Zusatz von Chlor als Bleich- und Desinfektionsmittel, waschen. Untersucht man aber die verschiedenen Faktoren, die dies bedingen, einmal näher, so muß man feststellen, daß wir Europäer vollkommen andere Trage- und Waschgewohnheiten haben. Aus klimatischen Gründen wird die Wäsche in den USA öfter, fest täglich, gewechselt. Sie ist nur durchgeschwitzt, aber nicht stark verschmutzt, und läßt sich daher leichter waschen. Auch sind die Textilien meist dünner eingestellt, besitzen also ein geringeres Quadratmetergewicht. Sie sind daher im Waschprozeß leichter von der Waschlösung durchflutbar und halten den Schmutz nicht so fest wie unsere dichtgeschlagenen Gewebe.

Aber auch in Deutschland beginnt man jetzt, leichtere Gewebe, zum Beispiel für Oberhemden und für Bettwäsche, aus Polyester/Baumwoll-Mischgewebe herzustellen. Sicherlich wird diese Entwicklung dazu beitragen, auch unsere Waschgewohnheiten in Deutschland zu ändern.

Was in Deutschland jedoch noch nicht arbeitserleichternd für den Haushalt in größerem Umfang möglich ist, das ist das Trocknen der nassen Wäsche. Das Waschen, Spülen, Schleudern der Wäsche besorgt die Waschmaschine vollkommen automatisch. Das Trocknen und Glätten der Wäsche erfordert jedoch noch einen erheblichen Arbeits- und Zeitaufwand.

Das Trockentropfenlassen der bügelfreien Textilien bringt bereits eine große Arbeitserleichterung, denn der langwierige Glätt- und Bügelprozeß fällt fort. Solange es sich um kleinflächige Textilien, wie zum Beispiel Oberhemden, Freizeithemden und Nachtwäsche, handelt, kann das Trockentropfenlassen in der Wohnung, das heißt im Bad oder auf dem Balkon, vorgenommen werden. Wo aber sollen großflächige pflegeleichte Bett- bzw. Tischtücher arbeitserleichternd getrocknet werden? Das Trockentropfenlassen ist hierfür keine ideale Lösung.

Erheblich leichter kann dies im Warmluft-Wäschetrockner, auch Tumbler genannt, erfolgen. In den USA, wo bereits 35 Prozent der Haushalte einen elektrisch oder gasbeheizten Wäschetrockner besitzen, hat sich daher die pflegeleichte Bett- und Tischwäsche in den letzten Jahren in steigendem Maße eingeführt. Auch in deutschen Haushalten wird der Wäschetrockner in der Zukunft in steigendem Maße Aufstellung finden und so zum Wegbereiter für die zunehmende Einführung pflegeleichter Textilien werden. Allerdings müssen für deutsche Verhältnisse noch geeignete Möglichkeiten für die Aufstellung und für die Ableitung bzw. die Kondensation des aus der Wäsche verdampften Wassers gefunden werden.

Wir sind heute in der glücklichen Lage, namhafte Vertreter der einzelnen Industriezweige hier auf dem Podium zu ha-

ben, die an der Herstellung und an der Pflege der Chemiefasertextilien beteiligt sind.

Wir wollen nunmehr hören, welche Entwicklungen und Anstrengungen jeder einzelne Industriezweig gemacht hat, um

**Podiumsgespräch**

**Viertel:** Herr Dr. Kratzsch, es wird so oft davon gesprochen, daß es der Chemiefaserindustrie möglich sei, im Gegensatz zu den Naturfasern, *„Fasern nach Maß“* herzustellen. Können Sie uns dazu etwas Näheres sagen?

**Kratzsch:** Besten Dank, Herr Dr. Viertel, für den ersten Ball. Die Angelegenheit mit den *„Fasern nach Maß“* ist natürlich ein zweischneidiges Schwert, denn jedes Maß muß ja letzten Endes ein Ziel haben - und Ziele sind oft sehr unterschiedlich.

Die Vielfalt der verschiedenen Fasern und Fäden, die in den einzelnen Firmen geschaffen worden sind, hier, vor diesem Auditorium, zu besprechen, hieße *„Eulen nach Athen tragen“*. Dennoch will ich den Versuch machen, einige Details vorzubringen, um so den anderen Herren hier - ebenso Vertreter ihrer Herstellungskreise - die Möglichkeit zu geben, ihre Meinung zu äußern und uns zu sagen, was wir richtig und was wir falsch gemacht haben.

Eines, Herr Dr. Viertel, möchte ich vorausschicken - mit den *„Chemiefasern nach Maß“* können wir natürlich noch keine *„Dienstmädchen nach Maß“* zustellen, so, wie Sie das vorhin gleich als neueste Entwicklung mit anbieten - das ist uns bisher leider noch nicht gelungen.

Was Sie aber vor dem *„Dienstmädchen“* erwähnten, das war das Perlonhemd. Das gewirkte Polyamidhemd bedeutete für die Hausfrau, die ihre Arbeit auch etwas rationalisieren wollte, doch eine ganz große Erleichterung. Das Waschen wurde wesentlich vereinfacht, das Bügeln auf ein Minimum reduziert - ja, ich kann, glaube ich, ohne Übertreibung sagen, es fiel völlig weg.

Damit hatte eigentlich die Chemiefaserindustrie auf dem Sektor *„Pflegeleichtigkeit“* einen ersten, ganz großen Schritt nach vor getan. Daß sich später die Verbrauchergewohnheiten wieder änderten, ist einer der Beeinflussungsmomente, die auch Herr Dr. Mecheels heute früh erwähnt hat. Es spielt leider nicht immer nur das Zweckmäßige eine Rolle, sondern oft auch die Mode. So hatte sich plötzlich der Verbrauchergeschmack an diesen glatten Flächengebilden sattgegriffen, *„gesehen oder -getragen“* - wie Sie es nennen wollen. Nachdem vorerst die Veredlungsindustrie, insbesondere mit entsprechenden Verfahren, gleichgezogen hatte, gewann plötzlich das Fasergarn wieder an Interesse, und damit tauchten schlagartig ganz neue Probleme auf, die der Chemiefaserindustrie neue Aufgaben stellten.

Die Chemiefaserindustrie mußte sich also umstellen und nach einem Material suchen, das einerseits dem völlig gewandelten Verbraucherbedürfnis oder *„geschmack in Richtung auf das Fasergewebe“* entsprach und andererseits wieder die Möglichkeit optimaler *„Pflegeleichtigkeit“* bot. Wir kommen sicherlich noch im einzelnen auf die Mischungen aus Polyester und Baumwolle zu sprechen, die nicht nur für Hemden, sondern auch für Berufsbekleidung und für Bettwäsche immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Diese Entwicklung hat nicht nur allein auf die Chemiefaserindustrie ein riesiges Programm zugebracht. Wir konnten diese Problematik einfach nicht allein lösen, vielmehr bedurfte es hier - gestatten Sie mir den inzwischen schon sehr benutzten Ausdruck - einer *„konzentrierten Aktion“* innerhalb der gesamten Textilindustrie, der weiterverarbeitenden Industrie und der bei der Textilpflege mithelfenden Industrie. Dabei meine ich meine beiden Kollegen rechts und links, denn ohne deren Mithilfe wären wir sicherlich nicht da, wo wir heute stehen.

Es erscheint uns heute schon ganz selbstverständlich, daß wir eine 60°C-Wäsche für das Hemd als am Markt etabliert annehmen können, daß Waschmaschinen da sind, daß entsprechende Waschmittel

zu Bestlösungen, zu einer Harmonisierung der einzelnen Bearbeitungsstufen zu kommen, damit letztlich der Verbraucher Textilien aus Chemiefasern erhält, die ihm wirklich eine Arbeitserleichterung bringen und an denen er Freude hat.

erhältlich sind, daß die Textilveredlungsindustrie *„Pflegeleichtausrüstungen“* anbietet, daß von der Weberei Verbesserungen angeboten werden und daß damit der Markt optimal versorgt ist.

Diese gute Zusammenarbeit war wirklich einmalig, denn es läßt sich mit einer Faser allein nicht alles machen. Es läßt sich sicher vieles mit Fasermischungen erzielen, genauso wichtig ist aber auch die Konstruktion, die Ausrüstung usw., also alles das, was die Textilindustrie im Anschluß dann aus der Faser macht. Ich glaube, daß da Sie, Herr Dr. Kreuzmann, uns aus dem Blickwinkel der Veredlungsindustrie, der das gesamte Gebiet der Textilindustrie überspannt, doch auch etwas zu sagen haben, zum Beispiel, welche Mühen Ihrerseits aufgewendet werden mußten, um der Hausfrau wieder einmal mehr Zeit fürs Fernsehen zu geben.

**Kreuzmann:** Ja, Herr Dr. Kratzsch, ich glaube, ich brauche keinen langen Vortrag über Weben, Wirken, Stricken oder über die Herstellung sonstiger textiler Flächengebilde zu halten, ich will daher gleich auf das Gebiet der Veredlung eingehen, das mir persönlich vielleicht am nächsten liegt.

Sicher ist Ihnen bekannt, welche großen Veränderungen die Veredlung in den letzten Jahrzehnten durchgemacht hat. Als *„typische Konstante“* möchte ich nur einmal die *„Temperatur“* herausgreifen. In der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg kam man üblicherweise mit Temperaturen von 100°C gut aus - sie reichten durchaus, um Textilien zu trocknen. Dann gab es eine Zeit, wo wir mit 140, 150°C gearbeitet haben, wo man also veredelt und *„knitterfest“* gemacht hat.

Eine weitere Temperatursteigerung brachten die synthetischen Fasern mit ihren Fixierprozessen mit sich, wo wir jetzt bei Temperaturen von etwa 220°C angelangt sind. Diese Temperaturveränderungen zeigen zwar den technischen Fortschritt, den die Veredlung in den vergangenen Jahren durchgemacht hat, sie sind aber nur eine Seite davon.

Die andere Seite ist selbstverständlich der Einsatz der entsprechenden Hilfsprodukte, Textilhilfsmittel, Farbstoffe etc. Auch die *„Farbstoffindustrie“* hat seit der Entwicklung der Synthetics in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. So ist es heute durchaus möglich, so echt zu färben, wie man es nur braucht - auch Synthetics, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen.

Wenn ich vom Färben spreche, muß ich natürlich auch gleich das *„Drucken“* erwähnen. Oft ist es beim Druckprozeß nicht möglich, einen Farbstoff ganz echt zu applizieren. Ich denke hier beispielsweise an bedruckte Azetat- oder Triazetatstoffe, wo man in der Farbechtheit nicht so hoch kommt wie beim Färben im Bad. Wir sind aber heute durchaus in der Lage, die angebotene Faserpalette auch entsprechend auszurüsten.

Der weitere Weg aber - und das wurde hier schon mehrmals erwähnt - bedarf dann immerhin noch der *„Harmonisierung“*. Was nützt es, wenn ein textiles Flächengebilde noch so echt gefärbt oder gut ausgerüstet ist, wenn es nachher in der Konfektion nicht richtig verarbeitet wird! Herr Dr. Viertel hat das ja auch schon angeschnitten. Ich glaube, ich darf jetzt mein Wort an den neben mir sitzenden Vertreter der Konfektionsindustrie weitergeben.

**Wührer:** Danke vielmals. In der Reihenfolge von der Faserindustrie über die Textilindustrie zeigt sich die Konfektion als letztes Glied, bevor das fertige Produkt auf den Markt kommt, und zwar mit der Marke des Konfektionärs. Ich glaube, dies ist ein wesentlicher Faktor. Denn wir haben damit das Produkt sozusagen auf dem Markt zu vertreten, und eventuell auftretende Reklamationen des Verbrau-

chers fallen nicht auf die Faserindustrie oder auf die Textilindustrie zurück, sondern immer zuerst auf den Konfektionär - dies nur zur Einleitung.

*Welche Möglichkeiten hat nun die Konfektion wirklich, um ein pflegeleichtes Produkt auf den Markt zu bringen?*

Es wurde von einer Harmonisierung gesprochen, und das ist vollkommen richtig. Uns werden oft Gewebe angeboten, die dem Tragekomfort und der Pflegeleichtigkeit wahrscheinlich bis zu einem Optimum entsprechen. Wir können auch die Zutaten, wie Herr Dr. Viertel erwähnt hat, auf dem Markt kaufen, aber meistens nicht zur gleichen Zeit. Zur gleichen Zeit, das heißt, wenn der Markt, der Verbraucher, das Produkt gerne hätte, sodaß es sehr oft zu Kompromissen kommt. Hier wäre ein Vorschlag, ein Wunsch der Konfektion, daß sich die Textilindustrie einerseits und die Zubehörtartikelindustrie andererseits nicht unabhängig voneinander bemühen sollten, zu wirklich optimal pflegeleichten Produkten zu kommen, sondern gemeinsam. Selbstverständlich ist es unsere Aufgabe, das Gekaufte - wir können es ja nur kaufen - dann anschließend richtig, das heißt pflegerecht, zu verarbeiten.

Wie im ersten Vortrag des heutigen Tages bereits angeschnitten wurde, besitzt die Konfektion dazu viele Möglichkeiten. Wenn auch das Gewebe und das Zubehör noch so pflegeleicht sind und aufeinander abgestimmt wurden, so liegt doch sehr viel an der Konfektionierung.

Wir alle kennen das Problem, wenn beim Oberhemd nach dem Waschen an den Nähten eine Kräuselung, ein Schrumpfen am Kragen und an den Manschetten auftritt. Die Konfektion kann das verhindern, und zwar nicht nur durch die Wahl des Materials. In Zusammenarbeit mit der Maschinenindustrie kann der richtige Einsatz von Nähmaschinen mit verschiedenen Nahtbildungen - die eine dehnbarer, die andere etwas starrer - für die einzelnen Gewebe- oder Gewerkestrukturen ermittelt werden.

Der Zuschnitt muß richtig auf das Produkt (Hemd, Mantel) und auf das Material (Mischgewebe, im extremen Fall Synthetikware) abgestimmt werden.

Hier sind Entwicklungen im Gange, die Verbesserungen anstreben, da gerade die Mischgewebe und Stoffe aus synthetischen Fasern neue Verarbeitungsmethoden notwendig machten. Ich denke hierbei an Verklebungen und Verschweißungen, die bei der Konfektion teilweise schon sehr gut Eingang gefunden haben.

Damit komme ich auch zur Pflegekennzeichnung und möchte betonen, daß es selbstverständlich sein sollte, daß ein Artikel pflegerecht gekennzeichnet wird und - wie Herr Dr. Viertel sagte - möglichst exakt. Für den Verbraucher liegt hier ein großes Problem! Wir sollten daran denken, daß unser Produkt auch einmal gewaschen werden muß, entweder in der Waschmaschine oder von Hand, wenn die Waschmaschine die nötigen Programme nicht zur Verfügung hat.

Vorteilhaft wären hier allerdings Gewebe mit einer größeren Streubreite, und zwar nicht nur hinsichtlich der Pflegeleichtigkeit, sondern auch im Hinblick auf die Tragekomforteigenschaften, was eine Vereinfachung bei der Pflege durch den Konsumenten bedeutete. Dies wäre vielleicht eine Anregung - nicht nur für die Waschmaschinenindustrie mit ihren vielen Waschprogrammen, sondern vielleicht sogar rückwirkend auch auf die Faserindustrie.

**Viertel:** Ich danke für Ihren Beitrag, Herr Dipl.Ing. Wührer. Es ist ja nun so, daß heute ein vielseitiges Angebot pflegeleichter Textilien vorliegt. Ich möchte an Herrn Dr. Bumann die Frage richten: Was hat die Waschmaschinenindustrie getan, um diese Textilien, die anfangs, wie Sie gerade erwähnten, nur von Hand gewaschen wurden, auch maschinell waschbar zu machen?

**Bumann:** Uns Waschmaschinenhersteller bot die Einführung der Chemiefasern in Gewebe eine sehr interessante Aufgabe. Vor allem mußten wir mit verschiedenen Waschprogrammen den gestellten Anforderungen ganz schnell nachkommen.

Ich darf vielleicht vorausschicken, daß die Zeit für die Entwicklung der heutigen Automaten bzw. Vollautomaten sehr kurz war, denn es sind kaum zwanzig Jahre vergangen, seit wir die ersten Automaten - wenigstens in Europa - konstruierten. Diese ersten Automaten kann-

ten nur zwei Wäschearten, nämlich die Kochwäsche und die Buntwäsche. Mehr war damals einfach nicht zu waschen. Mit Wolle haben wir uns überhaupt nicht beschäftigt.

Dann aber kamen die pflegeleichten Artikel auf den Markt. Zuerst einmal in Form des weißen Herrenhemdes, das heißt, es setzte die sogenannte 'Weiße-Hemdenwelle' ein. Wir mußten uns darauf einstellen, und wir konnten es auch sehr gut, denn die Waschmaschine besaß die Möglichkeit, die Waschbedingungen den Fasern bzw. den Geweben anzugleichen, sodaß sich für diese Hemden eine recht gute Waschbarkeit ergab.

Unsere Voraussetzungen sind folgende: Wir können mechanische Arbeiten durch die Maschine ersetzen, das heißt durch einen von einem Elektromotor angetriebenen Teil. Wir können aber auch die notwendige Wärme erzeugen und schließlich durch eine Steuerung das ganze zu einem sinnvollen Ablauf bringen.

Das Erscheinen von Geweben aus Chemiefasern hielten wir insofern für eine große Vereinfachung, als wir nunmehr etwas sanfter waschen konnten - ich spreche jetzt ausschließlich von der Trommelwaschmaschine, denn diese ist heute der vorherrschende Typ in Europa. Das sanfte Waschen erreichte man durch viel Wasser in der Trommel. Außerdem können wir die Waschrhythmen leicht einstellen, das heißt, wenn wir in einer bestimmten Zeiteinheit eine Trommel bewegen, dann kann man immer wieder Pausen dazwischenschalten und je nachdem, wie die Pausen eingestellt sind, sanfter oder intensiver waschen. Selbstverständlich können wir die Temperaturen dazu regeln.

Die Chemiefaser kommt uns entgegen, sie ist für uns eine sehr sympathische Faser, weil sie sich ausgezeichnet waschen und hervorragend gut und schnell spülen läßt.

Das Wegbringen des Wassers, das wir zuerst so nötig brauchen und das uns zum Schluß so lästig ist, können wir heute sogar bis zu einem gewissen Grad mit dem Ausschleudern bewirken, ein Vorgang, der früher sehr unangenehm und nur so zu lösen war, daß wir das tropfnasse Aufhängen empfahlen. Was es aber für die Hausfrau bedeutet, die tropfnasse Wäsche aus der Waschmaschine herauszunehmen, irgendwohin zu tragen und aufzuhängen, das weiß jeder, der damit einmal zu tun hatte. Es ist deshalb eine große Erleichterung, wenn wir heute sagen können, es ist durchaus denkbar, daß wir diese außerordentlich stabile Faserart auch etwas ausschleudern und dadurch sehr viel leichter und bequemer trocknen können.

Es gäbe vielleicht noch mehr über das Trocknen zu sagen, aber ich glaube, das sollte man später bringen. Vorerst wäre es interessant, etwas von der Seite des Waschmittelherstellers zu hören, und ich darf Herrn Dr. Bussy darum bitten.

**Bussy:** Die Waschmittelindustrie, meine Damen und Herren, befand sich in einer sehr ähnlichen Situation wie die Waschmaschinenindustrie. Nach dem Zweiten Weltkrieg gab es in Europa zwar Baumwolle und Leinen, und nach der Währungsreform konnte man um 40 bis 60 DM - die Damen werden sich vielleicht noch erinnern - die ersten Polyamidstrümpfe aus amerikanischen Beständen kaufen. Diese machten uns keinerlei Schwierigkeiten beim Waschen, denn sie wurden in lauwarmem Wasser mit der Hand in einer großen Flotte geschwenkt und gewaschen.

Doch damit fing für uns eigentlich schon eine ganz neue Entwicklung an. Wir mußten uns nun der Chemiefasern sehr intensiv annehmen, denn sehr kurze Zeit darauf wurde in ganz Europa eine Menge Polyamid hergestellt. Das weiße Herrenhemd trat seinerzeit seinen Siegeszug an, auf den wir uns vorbereiten und einrichten mußten. Bis dahin hatten wir vornehmlich Baumwolle zu waschen, die mit den üblichen Waschmitteln anstandslos gewaschen werden und die auch mit den vorhandenen Aufhellern sehr gut aufgehellt werden konnte.

Die ersten weißen Polyamidhemden brachten uns aber von seiten der Hausfrau Reklamationen ein, weil die alte Regel, daß weiße Wäschestücke in der Sonne naß aufgehängt werden sollen, damit sie besonders schön weiß werden, bei den Polyamidhemden nun auf einmal nicht mehr stimmte. Der Erfolg war leider: rasch vergilbte Hemden.

Wir mußten uns daher einerseits mit der Faserindustrie in Verbindung setzen, andererseits aber auch unser Waschmittel etwas anders konfektionieren. Neben den Aufhellern für Baumwolle war es nötig geworden, auch noch zusätzliche Aufheller für Polyamide einzubauen, um beiden Textilarten gerecht zu werden. Diese Entwicklung lief dann eine ganze Anzahl von Jahren sehr zufriedenstellend. Ich würde hier fast an die Worte von Herrn Dr. Viertel und auch an die von Herrn Dr. Kratzsch anknüpfen - wir waren wirklich auch in der Lage, eine Art 'Waschpulver nach Maß' herzustellen, das heißt, wir konnten für jede Gewebeart das optimale Waschmittel herstellen.

Sie werden sich sicherlich noch an jene Spezialwaschmittel, mit denen man vergilbte Sachen aufhellen konnte, erinnern. Die einzige Einschränkung, die mit dieser 'Maßarbeit' verbunden war, waren unsere Bedenken, daß die Hausfrau aus der Fülle der verschiedenen Waschmittel aus Versehen doch nicht immer zum richtigen greifen würde, und wir fürchteten die Folgen einer falschen Anwendung. Außerdem hatten wir auch noch - weil wir ja sozusagen das letzte Glied an der Kette sind und unsere Produkte beim Einzelhändler absetzen - die Klagen der Kaufleute zu erwarten, die vielleicht schon drei, vier, fünf, sechs, sieben verschiedene Waschpulversorten in ihren Regalen stehen hatten und langsam unwillig wurden, auch noch die neunte, zehnte und elfte zu führen. Es mangelte einfach an Stellflächen in den Regalen! Alles das mußten wir berücksichtigen.

Die zweite Welle der Chemiefasern - ich denke jetzt an die Einführung von Polyesterfasern und Polyester/Baumwollgemischen - traf uns schon weniger plötzlich, wir konnten uns darauf besser einstellen. Momentan haben wir zwar für Baumwolle und für Polyamide, wie ich schon erwähnte, ausgezeichnete Aufheller. Für Haushaltswaschmittel sind aber die Aufheller für Polyestertypen noch nicht ganz zufriedenstellend. Sie müssen immer daran denken, daß ein Waschmittel für den Haushalt so gebaut, so konfektioniert sein muß, daß der Aufheller bei normalen Waschttemperaturen - und wie wir hörten, fangen nun in Europa die Kochtemperaturen von 90 oder 100°C auf 60°C zu sinken an - aufzieht, und das ist derzeit mit verträglichen, das heißt mit halbwegs erschwinglichen Preisen noch nicht zu machen.

Wir würden also das empfehlen, was anfangs schon anklang, daß man eben Gewebe aus Polyester oder aus Polyester/Baumwollmischungen recht oft wäscht und nicht zu lange trägt, wobei man dann genau den gleichen Wascheffekt erwarten kann, wie man ihn bisher erzielt hat.

Wir arbeiten aber mit der chemischen Industrie ständig eng zusammen, um in nächster Zeit auch Aufheller, die für Polyestergerewebe geeignet sind, für den Haushalt erschwinglich zu machen. Mir ist sogar schon ein Unternehmen bekannt, das ein konfektioniertes Waschmittel mit einem speziellen Polyesteraufheller zwar noch nicht für den Haushalt, aber doch bereits für Großwäschereien herstellt.

Außerdem gibt es aber eine ganze Reihe von Textilien - ich denke da vor allem an Oberbekleidung -, die vielleicht gar nicht gewaschen werden sollten.

Wir haben uns an die Wash-and-wear-Gewebe aus Amerika sehr schnell gewöhnt - und ein großer Teil davon läßt sich ohne besondere Schwierigkeiten mit den üblichen Waschmitteln in der Waschmaschine waschen. Es gibt aber auch gewisse Oberbekleidungstextilien, die wegen der sich darin befindlichen Applikationen so empfindlich sind, daß wir von der Waschmittelseite her empfehlen würden, diese Sachen doch lieber einem Fachmann der Chemisch-Reinigung in die Hand zu geben. Das Gewebe könnte zwar gewaschen werden, es könnten aber dann doch vielleicht durch die modisch bedingten Knöpfe oder Verzierungen Veränderungen an dem Kleidungsstück auftreten, die nicht unbedingt positiv ausfallen. Darüber kann uns sicher Herr Fertsch-Röver von der Chemisch-Reinigungsindustrie Näheres sagen.

**Fertsch-Röver:** Herr Dr. Bussy, vielen Dank für den Zuruf. Ich möchte eigentlich noch einmal Herrn Dr. Viertel zitieren, der von der Arbeitserleichterung für die Hausfrau durch die Waschmittel-, Waschmaschinen- und Textilindustrie gesprochen hat. Gleichzeitig möchte

ich aber Herrn Dr. Viertel - er wird mir das nicht übelnehmen - rügen, daß er die Dienstleistung der Chemisch-Reinigung nicht erwähnte. Sicher nehmen auch wir der Hausfrau erhebliche Arbeit ab. Die chemische Reinigung von Oberbekleidung hat in den letzten Jahren ganz wesentlich an Umfang zugenommen - in der Bundesrepublik Deutschland sind es ungefähr 250 Millionen Stück pro Jahr, die in die Chemisch-Reinigung gehen.

Daß mit dem Aufkommen der Chemiefasern in der Reinigung alles so problemlos ginge, wie wir es eben vom Waschen gehört haben, können wir leider nicht behaupten, da muß man schon Wasser in den Wein schütten. Chemiefasern verhalten sich reinigungstechnisch - dies wurde auch beim Waschen erwähnt -, aber auch trockentechnisch oder beim Bügeln in ihrer Wärmeempfindlichkeit sehr unterschiedlich.

Eine ganz zwingende Notwendigkeit - möchte ich sagen - ist deshalb parallel zur Einführung der Chemiefasern unsere Bitte nach *Information*, einer Information für den Verbraucher über die Pflegeeigenschaften, aber auch für die gewerblichen Textilreinigungsbetriebe, die heute mit den vielen verschiedenen Chemiefasern, mit den zum Teil sehr modisch abgestimmten Veredlungen, den immer wieder neuen Veredlungsformen neuer Chemiefasern oder deren Mischungen ohne diese Information nicht zurechtkommt. Ich möchte dabei erwähnen, daß zum Beispiel die Acrylfasern ein ganz anderes Reinigungsverfahren, vor allen Dingen auch ein anderes Trockenverfahren, benötigen wie andere Synthetics.

Die Wärmeempfindlichkeit der Chemiefasern ist eine weitreichende Skala. Wie soll der Verbraucher wissen, wie er bügeln soll, wenn er nicht die Information hat, was er eigentlich vor sich hat, wobei er mit dem Gattungsnamen meistens nicht viel anfangen kann. Es wäre daher die Angabe, wie eben zu bügeln ist, mit welcher Temperatur, höchst wichtig. Deshalb ist eine sinnvolle Information unserer Meinung nach eigentlich nur gegeben, wenn sie *international aussagekräftig* ist, das heißt durch Zeichen - durch *Pflegekennzeichen* - und nicht durch Worte.

Wir haben es deshalb sehr begrüßt, daß die internationale Chemiefaservereinigung CIRFS die Wichtigkeit der Pflegekennzeichnung sehr rasch erkannt und aufgegriffen hat, und wir sind jetzt dabei, die Pflegekennzeichen allgemein einzuführen und damit zu arbeiten, wenn es auch manchmal noch Pannen gibt.

Aber auch die Ausrüstung macht noch oft erhebliche Schwierigkeiten - Herr Dr. Kreuzmann, das wissen Sie -, wenn ich an solche modische Ausrüstungen denke wie jetzt die Knautschlackgewebe, die plötzlich auf den Markt geworfen wurden, meist ohne lange genug erprobt worden zu sein. Die Textilpresse hat darüber schon viel geschrieben. Ein Wunsch deshalb auch an die Textilindustrie, vor allen Dingen auch an die Textilveredlungsindustrie: bei neuen, insbesondere bei modischen Ausrüstungen vorerst eine Prüfung hinsichtlich Reinigungsbeständigkeit oder überhaupt der Pflegeeigenschaften - und eben immer wieder die Bitte, *Information durch Pflegekennzeichen*.

**Viertel:** Ich glaube, es ist das beste, wenn Herr Dr. Kreuzmann, der sehr große Erfahrung auf dem Gebiet der internationalen Pflegekennzeichnung hat, dieser Bemerkung von Herrn Fertsch-Röver entgegenet.

**Kreuzmann:** Herr Fertsch-Röver, Sie haben mich direkt auf die Pflegekennzeichnung ganz allgemein und auf die Pflegekennzeichnung etwas delikaterer Artikel im besonderen angesprochen. Sie erwähnten unter anderem die modernen Knautschlackartikel und ähnliche Applikationen. Ich glaube, Reinigung und Pflege bereiten hier keine Schwierigkeiten, wenn wir davon ausgehen, daß die daraus hergestellten Kleidungsstücke mit Etiketten der Pflegekennzeichen versehen sind.

Das soll in Zukunft kein Problem sein. Verantwortungsbewußte Betriebe werden alle ihre Produkte auf ihr Verhalten beim Waschen, Trocknen, Bügeln und Chemisch-Reinigen prüfen. Wir sind jetzt bei einem Kapitel angelangt, das Herr Dr. Albrecht schon in seinen Einführungsworten erwähnt hat, nämlich bei der Schaffung eines *weltweiten Systems der Pflegekennzeichnung*.

Ich möchte hier erwähnen, daß vor zwei Wochen in London eine Tagung stattgefunden hat, die sich vor allem mit der Frage der Pflegekennzeichnung von Textilien befaßte. Alle Herren - ich sehe hier einige im Saale sitzen, die mit in London waren - sind sicher mit mir der Meinung, daß diese ISO-Tagung hinsichtlich Pflegekennzeichnung weltweit einen erheblichen Fortschritt gebracht hat.

Sicher kennen Sie, meine Damen und Herren, das mittlerweile in vielen Millionen Etiketten herausgebrachte europäische System, wie es vom „Symposium für Pflegekennzeichnung“, dem die Länder Belgien, Holland, Luxemburg, Frankreich, Deutschland und Österreich angehören, herausgebracht wurde. Italien wird vielleicht demnächst dem Symposium beitreten, und mit den nordischen Ländern bestehen sehr intensive Beziehungen. Auch in anderen Ländern sind die Pflegekennzeichnungssymbole eingeführt worden. In der DDR sowie in anderen Ostländern besteht ebenfalls die Absicht, diese Pflegekennzeichen anzuwenden. Das sind aber bekannte Dinge, zunächst einmal nur auf Europa beschränkt.

Weltweit sieht dieses Problem natürlich etwas anders aus, denn die Waschgewohnheiten sind sehr verschieden. In den USA beispielsweise - Herr Dr. Viertel hat dies schon erwähnt - kennt man keine andere Wäsche als bei höchstens 60°C. Ich möchte es daher als einen großen Fortschritt betrachten, daß man sich bei der Londoner Tagung zunächst einmal auf zehn verschiedene Waschkümpfe, Waschprogramme, Waschzyklen geeinigt hat, die weltweit angewandt werden.

Es wird nun die Angelegenheit einer weiteren Tagung und weiterer Sitzungen sein, wie man diese Waschprogramme vielleicht noch etwas konzentrieren könnte. Man soll aber nicht meinen, daß sich letzten Endes sämtliche Waschprogramme der Waschmaschinen sowie die Waschgewohnheiten aller Hausfrauen der Welt auf einige wenige Arten werden beschränken können. Man wird also auch hier Konzessionen machen müssen, denn - was in dem einen Land oder in dem einen Kontinent gut anwendbar ist, muß nicht unbedingt für alle anderen Kontinente zutreffen.

Wie wir vorhin von Herrn Dr. Viertel hörten, spielt in Amerika das Chlorieren eine große Rolle. Darüber wurde in London nichts gesprochen.

Auf dem Gebiet des Bügelns hat man völlige Einigung erzielt, und zwar mit dem Symbol des Bügeleisens mit dem einen bzw. den zwei oder drei Punkt(en) für die drei Bügeltemperaturen, die Ihnen sicher bestens bekannt sind.

Für die Chemisch-Reinigung wurden die drei Symbole H, P und F bei normaler mechanischer Behandlung gewählt. Es hat sich herausgestellt, daß auch verschiedene Produkte, wenn sie chemisch gereinigt werden, eine verminderte mechanische Beanspruchung besser vertragen, und so hat man sich auf die entsprechend verminderten mechanischen Arbeitsgänge festgelegt.

Diese weltweite Pflegekennzeichnungsaktion, die sicher in den nächsten Jahren noch weitere bedeutende Fortschritte machen wird, wird einmal über die ganze Welt die entsprechenden Kleidungs- und Wäschestücke mit einheitlichen Pflegesymbolen auszeichnen.

**Viertel:** Ich danke Ihnen, Herr Dr. Kreuzmann, für Ihren Beitrag speziell über die internationale Pflegekennzeichnung und daß Sie uns die neuesten Ergebnisse der Londoner Tagung mitgeteilt haben. Herr Dr. Kratzsch, Sie hatten um das Wort gebeten.

**Kratzsch:** Herr Dr. Kreuzmann, ich halte die Pflegekennzeichnung für wunderbar. Aber ich möchte als einfacher Mann doch dazu sagen, daß es dabei nicht nur auf die Einigung von verschiedenen Gremien ankommt, sondern ich glaube, daß das, was vorhin von Herrn Wührer angeschnitten und von Herrn Fertsch-Röver groß herausgestellt wurde, nicht zu vergessen ist, nämlich die intensive Information des Publikums. Der Normalverbraucher muß ja auch wirklich wissen, was er mit den Punkten anfangen soll. Sie können beim Normalverbraucherpublikum nicht damit rechnen, daß die Pflegekennzeichnung so, wie sie in diesem Saal absolut bekannt ist, auch dort verstanden wird und daß nicht trotzdem Fehler vorkommen. Ich glaube, es wäre wichtig, hier richtig vorzugehen, damit nicht spätere Enttäuschungen entstehen.

Zur Information über einen Artikel gehört aber auch - da haben Sie völlig recht, Herr Wührer - eine Information über die verschiedenen Zutaten. Sie - wie Sie sich bezeichneten - als der letzte, den die Hunde beißen - sind natürlich darauf angewiesen, informiert zu werden, und Sie informieren sicher auch intensiv weiter.

In eine ähnliche Kerbe wie die Pflegekennzeichnung schlägt ja doch auch meiner Meinung nach die seit langem bekannte Verwendung von gewissen Warenzeichen, die eigentlich dazu dienen sollten, bei Einkäufen eine gewisse Hilfe zu sein. Zu bestimmten Warenzeichen hat sich ein gewisses Vertrauen eingebürgert. Diese Warenzeichen sind bewußt eingeführt worden, um damit eine bestimmte Qualität zu garantieren. Es gibt Warenzeichen, die bis zum Endverbraucher durchlaufen, sodas die letzten in der Kette nicht allein anfallenden Reklamationen gegenüberstehen. In solchen Fällen ist ja dann häufig die Firma, die für einen Markennamen des verwendeten Zubehörs bürgt, mit an ihrer Seite.

Das Zubehör ist ja ein Thema, das in dieser - wie ich schon sagte - konzentrierten Aktion zur Herstellung des textilen Bekleidungsstückes sehr wichtig ist. Es war auch völlig richtig, daß sich die Erwartungen nur nach dem schwächsten Glied, das in dieser ganzen Kette drin ist, richten dürfen. Was nutzt es, wenn 60°C auf einem Etikett steht, und es ist ein Zubehör mitverarbeitet worden, das aus irgendwelchen Gründen nur bei 40°C gewaschen werden soll? Ich sehe daher völlig ein, daß es für Sie wichtig ist, das empfindlichste Glied, das heißt hier Futterstoffe oder Nähseide, zu erkennen, was Ihnen mit Hilfe von Warenzeichen, Gütezeichen usw. möglich sein sollte und wodurch Sie klare, präzise Angaben erhalten, was Sie diesem Zubehör zutrauen können.

Zum anderen haben Sie mir den Ball zugespielt, die Chemiefaserindustrie sollte Fasern mit einem größeren Pflegespektrum bringen. Ich glaube, daß die Chemiefasern an sich doch ein sehr breites Pflegespektrum haben. Sicherlich sind einige thermoplastisch empfindlich, wenn sie bei 100°C behandelt werden, weil das nun einmal eine Deformation ist, aber diese Deformation kann man ja ausgleichen. Dabei kann man die Temperatur zur Not beibehalten, wenn man die Waschprozesse hinterher so gestaltet, daß diese Thermoplastizität wieder dazu dient, einen Glättungseffekt herbeizuführen.

Es muß aber auch festgehalten werden, daß nun einmal zu einem gewissen Textil auch eine bestimmte Pflegeart gehört. Von verschiedenen Herren hier am Tisch wurde auf vergangene Jahrzehnte hingewiesen. Aber damals wußten die Damen ja auch, daß man Wolle nur bei bestimmten Temperaturen wäscht und daß man nur bestimmte Manipulationen mit Wolle durchführen darf, bei Seide ebenfalls. Ja, ist es denn dann so furchtbar aufregend, wenn man heute einen texturierten Polyesterpullover nur bei einer bestimmten Temperatur behandeln soll oder daß man meinetwegen einen Perlonartikel nicht in die Sonne hängen soll? Das sind doch Erscheinungen, die sicherlich nur daran krankt, daß der Verbraucher mit den neuen Gewohnheiten noch nicht genug vertraut ist!

Unsere Mütter und deren Vorgenerationen bekamen von Oma sozusagen die nötigen Anleitungen mit. Wir sind die erste Generation, die Chemiefasern verwendet, wir können daher auf keine langjährige Erfahrung zurückgreifen. Ich bin überzeugt davon, daß das breite Spektrum zwar da ist, daß aber die Spezifität doch erhalten bleibt - dort ist eben eine Grenze, die man nur durch Gewöhnung übersteigen kann.

Herr Dr. Bussy, wir begrüßen es außerordentlich, daß es nunmehr gelungen ist, auch für Polyester optische Aufheller, die dem Waschmittel zugesetzt werden sollen, zu erzeugen. Das wird sicherlich manches Problem einer Lösung näherbringen. Ich bin zu vorsichtig, um zu sagen, das Problem zu lösen, denn da werden sicher noch andere Erscheinungen beachtet werden müssen.

Bei den Waschprozessen von beispielsweise Polyester/Baumwolleartikeln, die gekocht werden, zog man Baumwolle zum Vergleich heran. Da bin ich so dreist zu sagen, daß man hier Äpfel mit Birnen verglich. Denn im Fall Baumwolle haben wir während des Waschens ein Wechselspiel mit dem optischen Aufheller, der dann hinterher auf der Baumwolle bleibt. Bei Polyester/Baumwollartikeln ist der optische Aufheller auch nur auf der Baumwolle, bisher war er auf

dem Polyester nicht zu finden. Ganz im Gegenteil - wenn der Polyester vom Ausrüster her optimal ausgerüstet war, dann verlor der Artikel bei jeder Wäsche bei Kochtemperatur ein bißchen davon, und ich könnte mir vorstellen, daß bei über zweihundert Wäschen, die so ein Berufskittel aushalten soll, vom Aufheller nicht mehr viel übrig bleibt. Insofern wäre es wirklich sehr erstrebenswert, wenn dieses Wechselspiel, das für Baumwolle bisher die Regel war, nunmehr auch für Polyester gelten würde. Wir müssen jetzt nur sehen, daß dieses Wechselspiel ein e c h t e s Wechselspiel bleibt und daß nicht eine additive Wirkung zustandekommt, das heißt, daß der Aufheller nur aufzieht, aber nicht wieder heruntergeht und daß dann irgendwann einmal ein Überschlagen in die Farbe des Aufhellers auftritt.

**Viertel:** Ich danke Ihnen, Herr Dr. Kratzsch, für Ihre Ausführungen und glaube, es wäre angebracht, wenn Herr Dr. Bussy ganz kurz dazu Stellung nähme, und dann lassen wir Herrn Wührer als Konfektionär zu Wort kommen.

**Bussy:** Ich möchte nur noch einmal an Sie, meine Damen und Herren im Publikum, die Sie ja aus der Industrie kommen, deren Produktion wir sozusagen behandeln, eine Bitte richten, die auch schon bei Herrn Fertsch-Röver anklang. Es wäre eine große Hilfe, würden Sie all die neuen Mischgewebe, Baumwolle/Polyester u.ä., bei denen wir im Augenblick noch einige Probleme haben - wie beispielsweise bei dem gerade beschriebenen Aufheller - einige Zeit b e v o r diese Ware auf den Markt kommt, an uns zur Erprobung schicken. Wir würden gern vorher mit diesen Artikeln ein wenig experimentieren, um Sie vielleicht dadurch noch rechtzeitig auf andere Wege zu bringen und eine Katastrophe oder Reklamationsfälle, die dann sowohl bei uns als auch bei Ihnen anlaufen würden, zu vermeiden.

Ich glaube, daß sich hier das Österreichische Chemiefaserinstitut einen großen Verdienst erworben hat, nämlich dadurch, daß es uns zu dieser meines Wissens ersten Round-table-Konferenz einlud. Ich begrüße es sehr, daß es uns hier in diesem Gremium möglich ist, mit der Industrie, für die wir die Waschmittel herstellen, an diesem Tisch zum ersten Mal zusammzusetzen und über Probleme, die alle beide Industriezweige betreffen, ausführlich zu sprechen. Bitte, versuchen Sie tatsächlich diesen Kontakt aufrechtzuerhalten, nicht nur hier in Dornbirn einmal im Jahr, sondern treten Sie gelegentlich auch einmal an uns heran, vielleicht können wir Ihnen nach ganz kurzen Versuchen sagen, ob Sie auf dem richtigen Weg sind oder ob wir Sie rechtzeitig vor möglichen Reklamationen bewahren können. Aber ich glaube, Herr Dr. Viertel will das Gespräch jetzt an Herrn Wührer weitergeben.

**Wührer:** Danke schön. Herr Dr. Kratzsch, Sie brachten das Beispiel von der Großmutter, die ja auch wußte, w a s sie zu waschen hatte und w i e sie es zu machen habe. Ich glaube, der Vergleich hinkt etwas, denn damals wurde primär von Hand gewaschen, während heute dazu Maschinen verwendet werden, die immerhin vier bis fünf Kilogramm Wäsche aufnehmen können.

Wenn wir nun ein ganz extremes Beispiel heranziehen, dann können Sie fünf verschiedene Kleidungsstücke haben, die fünf verschiedene Waschvorgänge bzw. Waschprogramme benötigen. Ich möchte nun nicht den Berg Wäsche kennen, der in einem Haushalt vorhanden sein muß, um hier jeweils wieder die Waschmaschine vollzufüllen. Hier wird nochmals der Wunsch der Konfektion bzw. des Verbrauchers nach möglichst wenig Waschprogrammen und einem größeren Pflegespektrum für die einzelnen Gewebe unterstrichen.

**Bumann:** Herr Wührer, Sie sprechen mir sozusagen aus der Seele, denn als Waschmaschinenhersteller und als einer, der weiß, w a s unsere Kunden wollen, muß ich ganz entschieden für so wenig wie möglich Waschprogramme plädieren. Es besteht gar kein Zweifel darüber, daß die Hausfrau heute die ganze Vielfalt der modernen Fasern und deren Besonderheiten kennen kann. Wir haben ein sehr breites Spektrum, ohne daß wir es eigentlich notwendig hätten, und wir könnten ohne weiteres noch eine ganze Reihe der differenziertesten Temperaturen einführen. Das ist aber nicht der Weg, den man heute geht, heute geht man vielmehr den Weg zum vorkonfektionierten oder zum völlig konfektionierten Waschprogramm, bei dem niemand mehr etwas einstellen muß, ganz einfach deshalb, weil man den Verbraucher davor schützen will, etwas Falsches zu tun.

**Viertel:** Ich danke Ihnen, Herr Dr. Bumann. Gerade das letztere möchten wir auch von der Wäschereiforschung in Krefeld her unterstreichen. Ich glaube kaum, daß sich die Hausfrau, was auch Sie, Herr Wührer erwähnten, diese vielen kleinen sortierten Wäschehäufchen wünscht, die dann jedes für sich allein gewaschen werden sollen. Man sollte sich wirklich auf nur einige wenige Spezialprogramme beschränken können.

**Kreutzmann:** Damit sind auch wir sehr einverstanden. Sie haben ja gehört, daß auch wir bemüht sind, den Schilderwald, der aus der Informationsweitergabe resultieren kann, so klein wie möglich zu halten.

Andererseits möchte ich aber doch darauf aufmerksam machen, daß die Reklame nicht unterschätzt werden darf. Einen Konkurrenzkampf wird es wohl auch in der Waschmaschinenindustrie geben, und derjenige, der über mehr Waschprogramme verfügt, hat eben mehr anzubieten als der andere. Vielleicht dürfte ich da bitten, im eigenen Haus oder in der eigenen Industriegruppe dafür zu sorgen, daß nicht durch voreilige Reklame alles das, was wir v e r e i n h e i t l i c h e n wollen, wieder zerschlagen wird.

**Kratzsch:** Meine Damen und Herren, ich freue mich, daß wir hier eine so ausgezeichnete Übereinstimmung erzielen. Ich kann sowohl Ihrem Wunsch nach einer Beschränkung der Waschprogramme als auch nach einer entsprechenden Pflegekennzeichnung durchaus zustimmen. Die Chemiefaserindustrie war bisher mit den Programmen, die die Waschmaschinenindustrie brachte, immer sehr zufrieden, und es liegt uns ferne, noch mehr zu verlangen, das heißt, daß wir nun auch noch bei 48,5°C waschen wollen oder nach weiteren Möglichkeiten suchen wollen. Das beabsichtigen wir ganz und gar nicht! Wir begrüßen es vielmehr, wenn eine gewisse Vereinfachung angestrebt wird, denn nur so kann ein Zusammenspiel von Pflegekennzeichnung, wenn sie genug bekannt und wirklich klar definiert ist, und der richtigen Wahl des Waschprogramms funktionieren.

Die Waschprogramme kamen den Chemiefasern sehr entgegen, insbesondere, nachdem - das muß ich allerdings noch sagen - gewisse anfängliche Handicaps, wie beispielsweise das plötzliche Abschrecken des Spülbades, in gemeinsamer Arbeit beseitigt wurden. Dies brachte zwar im Grunde genommen kein spezielles Waschprogramm, es hat aber - ich spreche hier allerdings als Laie auf diesem Gebiet - auch dem übrigen Waschprogramm in keiner Weise geschadet.

**Viertel:** Meine sehr geehrten Damen und Herren, damit sollten wir zunächst unsere Gespräche hier oben beenden, und ich möchte nun die Diskussion eröffnen und bitte um Wortmeldungen.

**Rouette:** Ich möchte fragen, ob nicht die sogenannte 'Soil-release'-Ausrüstung bei der Reduzierung der Waschprogramme eine Erleichterung bringen könnte - sei es nun durch die Ausrüstung des Textils selbst oder durch Zugabe von Soil-release-Mitteln zu den Waschmitteln, die dann in einem der letzten Waschzyklen automatisch auf das Textil aufgebracht werden?

Das Problem der Vergrauung der Wäsche ist hier überhaupt noch nicht erwähnt worden. Wahrscheinlich ist es noch nicht möglich - so, wie ich es heute sehe -, die Vergrauung der Wäsche mittels optischer Aufheller zu retuschieren. Wie sieht man hier die zukünftige Entwicklung? Wäre nicht auch das ein Einsatzgebiet für Soil-release-Mittel?

**Viertel:** Ich glaube, Herr Dr. Kreutzmann wird zu dieser Frage Stellung nehmen können.

**Kreutzmann:** Zu Ihrer ersten Frage, ob sich durch eine Soil-release-Ausrüstung der Textilien die Waschprogramme reduzieren lassen, - das glaube ich nicht.

Die andere Frage, ob man durch Zugabe von Soil-release-Mitteln in das Waschbad eine bessere Wäsche bekommt, möchte ich allerdings zur Beantwortung an Herrn Dr. Bussy weitergeben.

**Bussy:** Von seiten der Waschmittelindustrie sind schon eine ganze Anzahl von Soil-release-Produkten in Versuchswaschpulvern verwendet worden. Leider sind diese Mittel aber in kleinen Konzentrationen, wo sie preislich noch einsetzbar wären, nicht wirksam. Höhere Konzentrationen, die tatsächlich einen Soil-release-Effekt erzielen würden, sind aber - zur Zeit zumindest - noch so teuer, daß sie in die

Kalkulation nicht hineinpassen. Es kann aber sein, daß die Preise nur wegen des geringen Angebotes und der vielleicht bloß halbttechnisch angekurbelten Produktion im Augenblick so hoch liegen, nachher aber absinken werden - darüber kann ich Ihnen aber allerdings nichts Näheres sagen.

**Thater:** Zunächst vielleicht eine Definitionsfrage zu den einleitenden Worten von Herrn Dr. Viertel. Es fielen die beiden Worte ‚pflegeleicht‘ und ‚bügelfrei‘. Es scheint mir nicht ganz verständlich, daß man bei der Definition dieser beiden Worte solche Schwierigkeiten hat. ‚Bügelfrei‘ ist eben *b ü g e l f r e i*, wie wir das Wort auch sonst verwenden, und ‚pflegeleicht‘ kann nur *n i c h t g a n z b ü g e l f r e i* bedeuten, das heißt, es ist noch mit einigen Handhabungen verbunden. Die beiden Begriffe werden aber generell durcheinandergeworfen, was an sich sehr bedauerlich ist. Ansonsten hat das Programm der Pflegekennzeichnung die volle Zustimmung aller Ausrüster, die mit diesen Schwierigkeiten ja stets zu kämpfen haben.

Eine Bitte nun an die Chemiefaserindustrie - generell -, die auch schon Herr Dr. Bussy vorbrachte: Es wäre sehr zweckmäßig, wenn wir, bevor neue Artikel auf den Markt geworfen bzw. angekündigt werden, etwas mehr Zeit haben könnten, um damit Versuche anzustellen - das war also ganz aus unseren Herzen gesprochen.

Herr Dr. Bussy, wir würden gerne mit allen neuen Fasern sowie mit deren Mischungen Experimente anstellen und auch gerne die Kosten dafür tragen, wenn wir nur Zeit hätten, entsprechende Ausrüstungsmittel zu entwickeln. Das ist leider oft nicht der Fall. Man begeistert sich in der Chemiefaserindustrie gerne an neuen Fasern, an Faser-mischungen, die technologisch interessant sind und die auch bekleidungsphysiologisch interessante Effekte versprechen, vergißt aber leider gerne die Ausrüstungsprobleme, die in dem Moment auftreten, wenn die Mode dazukommt, und der können wir nicht ausweichen, das ist unser Motor und gleichzeitig natürlich auch unser Fluch - möchte ich sagen.

Das Problem der Vergrauung kurz angeschnitten: Polyester/Baumwolle ist ja eine auch in Zukunft äußerst wichtige Fasermischung, und unsere Vorstellung ist noch immer - und damit gleich zur Frage an Dr. Viertel -, daß die Vergrauung nur deshalb auftritt, weil die Verschmutzung des Baumwollanteils durch eine 60°C-Wäsche konventioneller Art, wie wir sie hier in Europa durchführen, nicht zu entfernen ist; man müßte die Wäsche chlorieren, dann wäre das möglich, denn man muß Schmutz oxydativ zerstören. Baumwolle läßt sich eben nur durch einen reinen Kochprozeß reinigen, und wenn das nicht möglich ist, wird der Schmutzpegel in der Baumwolle so lange ansteigen, bis schließlich ein Übergang zur Polyesterfaser stattfindet - und dann tritt als natürliche Folge eine Vergrauung ein.

Die Frage an Herrn Dr. Viertel lautet daher: Ist diese mir bekannte Theorie über Polyester/Baumwollmischgewebe eine Hypothese oder hat sich diese bereits als richtig erwiesen?

**Viertel:** Ich danke für Ihren Beitrag. Wir haben in Krefeld gerade viele Versuche unternommen, um festzustellen, wo auf den Mischgeweben der Schmutz sitzt, wenn der Stoff stärker und länger getragen und oftmals gewaschen worden ist und allmählich, nach zehn, zwanzig Wäschen, eine Vergrauung eintritt. Sie haben recht, den Schmutz findet man vorwiegend dann auf der Baumwolle, wenn nur bei 60°C gewaschen wurde. Der Schmutz kann aber auch bis zur Polyesterfaser wandern, wenn eine andere Ausrüstung gewählt wird. Aber ich glaube, Herr Dr. Kratzsch, Sie wollten auch noch etwas zu dem Problem ‚Vergrauung‘ sagen.

**Kratzsch:** Danke schön, Herr Dr. Viertel. Es war zuerst einmal von Herrn Dr. Thater die Zusammenarbeit mit der Veredlungs- und mit der Waschmittelindustrie angeschnitten worden. Dazu möchte ich sagen, daß an sich durchaus gewisse Kontakte zur Waschmittelindustrie bestanden. Meiner Meinung nach, Herr Dr. Thater, wurden aber die Waschprobleme erst kürzlich problematisch, als neue Materialien für die Herstellung von Berufsbekleidung verwendet wurden.

Ein Problem, das in der Vergangenheit mit den Waschmitteln eng verbunden war, haben Waschmittel-, Chemiefaserhersteller und Veredler in intensiver Zusammenarbeit gelöst - ich denke hier an die Gardine. Herr Dr. Thater, Sie wissen ja, daß wir mit den Veredlern regelmäßig zusammenkommen, um uns über gewisse Perspektiven, die uns beide betreffen, zu unterhalten. Wir versuchen dabei, die

Wege, die hier eingeschlagen werden sollen, gemeinsam zu erarbeiten. Sicherlich nehmen wir gerne Ihren Vorschlag an, diese Zusammenarbeit noch zu intensivieren, denn je modischer die Artikel werden - das ist ja unser Treibmittel, unser Fluch, wie Sie selbst sagten -, desto schwieriger werden sicherlich die Probleme, die auf den Veredler zukommen, und umso mehr muß er darüber beraten werden.

Zur Frage der Waschvergrauung: Herr Dr. Viertel hat sehr eingehende und umfangreiche Versuche gemacht, die immer wieder zu dem Ergebnis führten, daß im Grunde genommen die Wechselwirkung zwischen Baumwolle und Polyester hier die entscheidende Phase zu sein scheint. Wir haben teils gemeinsam mit dem Wäschereiforschungsinstitut, teils auch bei uns Versuche laufen. Wir haben mit sterilen Waschlotten, also solchen, in denen *n u r* Waschmittel, aber *k e i n* Schmutz anwesend war, teils mit definiertem Schmutz - wie Herr Dr. Viertel - und teils mit Schmutz, wie er gewöhnlich in der Praxis anfällt, gearbeitet.

Dabei erhielten wir sehr interessante Ergebnisse, so zum Beispiel, daß mit einer 60°C-Wäsche, die sehr häufig propagiert wird, schon sehr viel erreicht werden kann, weil es mit den guten Waschmitteln, die heute auf dem Markt sind, durchaus gelingt, speziell den Pigmentschmutz zu entfernen. Soll dann zusätzlich in einer zweiten Stufe gekocht werden, um das Perborat zur Wirkung kommen zu lassen und eine Bleichwirkung zu erzielen, dann liegt schon eine saubere Waschlote vor. Es wäre daher eine zweistufige Waschweise, wenn man aus irgendwelchen Gründen kochen will oder muß, der einstufigen vorzuziehen.

Dieses Ergebnis erhielten wir in Übereinstimmung mit Krefeld, um eben dieses *Herüberkochen* - so will ich es hier nennen - von Baumwolle auf Polyester so weit wie möglich zu vermeiden.

Zur Frage von Herrn Dr. Rouette möchte ich ganz klar hervorheben, daß bei den Waschttemperaturen, die wir eben diskutierten (60°, 70° und 80°C), die sogenannte ‚Substanzvergrauung‘ von Polyester nicht auftritt. Wenn Sie unter sterilen Bedingungen waschen, dann bemerken Sie, daß Sie auch nach oftmaligem Waschen keinen nennenswerten Abfall des Weißgrades haben. Wenn ich ‚nennenswert‘ sage, dann will ich damit nur dem entgegen, daß dieser Weißgrad haargenau auf ein und demselben Punkt stehenbleibt - unter ‚nicht nennenswert‘ verstehe ich ca. 2 bis 2 1/2 Prozent Abfall in der Remission. Insofern sind also von dieser Seite her keine besonderen Schwierigkeiten zu erwarten, und es wird sich manches ausgleichen lassen, sobald Waschmittel mit optischen Aufhellern auf den Markt kommen.

**Viertel:** Vergrauungsprobleme haben aber nicht nur die Wäscher, sondern auch die Chemisch-Reiniger. Würden Sie ganz kurz etwas dazu sagen, Herr Fertsch-Röver?

**Fertsch-Röver:** Ja, das will ich gerne, denn das Problem ‚Vergrauung‘ spielt auch in der Chemisch-Reinigung eine große Rolle, einfach schon deshalb, weil das Schmutztragevermögen von wäßrigen Flotten viel größer ist als von Flotten aus organischen Lösungsmitteln, selbst wenn man das Schmutztragevermögen durch Zusätze etwas erhöhen kann.

Eine Feststellung, die wir gemacht haben, die wir aber leider bis jetzt noch nicht exakt definieren können, ist die Erscheinung, daß es Ausrüstungssubstanzen gibt, die ausgesprochen *vergrauungsfördernd* wirken. Dazu gehören beispielsweise gewisse permanente antistatische Ausrüstungen, die in der Chemisch-Reinigung zu ganz starken Vergrauungen führen können, zu einer Vergrauung, die praktisch schon eine Dunkelfärbung darstellt, wobei man die Gleichmäßigkeit der Verteilung der antistatischen Ausrüstung genau feststellen und kontrollieren kann.

Diese Entwicklungen hatten alle den Zweck, etwas besser zu machen, und führten dann zu richtigen Rückschlägen. Leider haben wir über jene Substanzen, die in der Chemisch-Reinigung *vergrauungsfördernd* wirken, noch keine ausreichende Information vorliegen, aber die Deutsche Forschungsstelle Chemische-Reinigung hat derzeit gerade einen Forschungsauftrag durchzuführen, der sich mit diesem Thema sehr intensiv beschäftigt.

Auch bei Materialien aus Polyester/Baumwollgemischen kommt dieses Problem verstärkt auf uns zu. Nicht nur von seiten der Popelimbekleidung aus dieser Mischung, sondern vor allem von seiten der Arbeitsbekleidung, die ja zumeist mit öligen, fettigen Substanzen stark verschmutzt ist, beispielsweise von Arbeiten an Tankstellen, in Schlossereien, Reparaturwerkstätten u.ä., und die nun auch in die Chemisch-Reinigung kommt.

Wir haben daher ähnliche Probleme, wobei wir rein erfahrungsgemäß der Ansicht sind, daß auch hier gewisse Ausrüstungen mitspielen. Wir bevorzugen eigentlich gerade deshalb bei den Arbeitskitteln *nicht* ausgerüstete Ware.

Die Ausrüstung scheint nämlich einen Einfluß auszuüben, insbesondere dann, wenn sie sowohl Silikone als auch Kunstharze enthält, die wahrscheinlich im Lösungsmittel quellen, dabei die Schmutzpigmente aufnehmen und bei der Trocknung, das heißt bei der Rückquellung - wenn sie also wieder in den ursprünglichen Zustand zurückkehren -, diese Schmutzpigmente sehr intensiv festhalten.

**Faltthansl:** Man spricht so viel von der Wasserverseuchung durch die Industrie. Der Hausfrau werden Waschmittel in die Hand gegeben, und sie erzeugt damit viele Liter Ablauge. Wer ist dafür verantwortlich? Die Hausfrau wird sich über die Ablauge nie Gedanken machen. Ich glaube, es wäre die Aufgabe der Waschmittelhersteller oder auch der Waschmaschinenherzeuger, hier entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

**Dr. Bussy:** Es gibt in vielen europäischen und auch in außereuropäischen Ländern das sogenannte *'Detergentien-Gesetz'*, das besagt, daß bei Waschmitteln, soweit sie synthetischer Herkunft sind - Seife wird sowieso bakteriologisch abgebaut -, innerhalb von drei Stunden bis zu 80 oder 90 Prozent ihrer Konzentration abgebaut sein müssen. Die Waschmittelindustrie und auch die Rohstoffindustrie ist weit darüber hinausgegangen. Die gegenwärtig verwendeten Rohstoffe aller Waschmittel Europas werden in zweistündiger Wartezeit bis zu 90 und 95 Prozent abgebaut.

Worüber man aber gerade in letzter Zeit sehr viel sprach, besonders in Amerika, in Kanada, aber auch in Schweden, das ist die sogenannte *'Eutrophierung von Gewässern'*, die dadurch entsteht, daß mit den

Wasserenthärtern, die zur Zeit Phosphate sind, ein ausgezeichnetes Düngemittel in die Gewässer gebracht wird, und der Algenwuchs bei Sonneneinstrahlung und bei warmem Klima anfängt phantastisch zu werden.

Nun, das stimmt, trifft aber für europäische Verhältnisse nur bedingt zu. Das kann nämlich nur dort zu einem Problem werden, wo Sie sehr viele flache, stehende Gewässer haben, wie das vielleicht bei den finnischen und schwedischen Seen ist, oder bei den kanadischen. Bei normal fließenden Gewässern, wie wir sie in Europa haben, ist die Konzentration an Phosphaten durchaus nicht so hoch, daß sie lebensgefährlich würde und daß sich die Hausfrau darüber Sorgen zu machen brauche.

Unabhängig davon hat die Waschmittelindustrie gegenwärtig Versuchsarbeiten laufen, um die Phosphate durch andere Wasserenthärtungsmittel zu ersetzen. Allerdings ist das im Augenblick noch mit vielen Problemen verbunden. Wir haben zwar Substanzen, die Wasser enthärten können, wir wissen aber nicht, wie sich diese in zehn, fünfzehn oder zwanzig Jahren in höheren Konzentrationen auf die Umwelt auswirken werden. In Schweden hat allerdings eine Waschmittelfirma versuchsweise ein vollkommen phosphatfreies Waschmittel auf den Markt gebracht und bereits mit einigem Erfolg verkauft.

**Viertel:** Leider drängt die Zeit so sehr, daß wir unser Podiumgespräch beenden müssen. Es war - wie wir aus den Anfragen gesehen haben - so aktuell, daß ich wünschen und hoffen möchte, daß wir hier in Dornbirn ein derartiges Podiumgespräch wieder fortsetzen können - allerdings mit der Bitte um etwas mehr Zeit dafür.

Ich möchte allen Herren aus den verschiedenen Industriezweigen, die sich für dieses Podiumgespräch zur Verfügung gestellt haben, recht herzlich für ihre Mitarbeit danken. Es war ein erstes Treffen, und es hat gezeigt, daß Probleme nur dann gelöst werden können, wenn alle Industriesparten harmonisch zusammenarbeiten, damit der Endverbraucher wirklich nur das bekommt, was auf dem Etikett steht. Nur dann wird er auch geneigt sein, weiterhin diese speziellen, pflegeleichten Artikel, die ihm eine Arbeitserleichterung bringen, zu kaufen und in noch größerem Maße in seinem Haushalt einzusetzen.

## Was kann die Wirtschaftsforschung in der betrieblichen Praxis leisten ?

Dr. Raimund M a u e r

Geschäftsführer der Forschungsstelle für allgemeine und textile Marktwirtschaft an der Universität Münster

Die Fragestellung zwingt uns zunächst zur Diskussion über Zweifel, die J.M. K e y n e s 1924 in der Bemerkung zusammengefaßt hat, daß die Ökonomie im Gegensatz zur Technologie kein System feststehender Ergebnisse liefert, die unmittelbar auf die Praxis anwendbar wären. Dabei wird sich zeigen, daß es hier um Abweichungen zwischen „Funktionsmodellen“ und der Realität geht, die bei betriebswirtschaftlichen Teilproblemen und bei gesamtwirtschaftlichen (makroökonomischen) Zusammenhängen weitgehend überwunden werden konnten. Insbesondere die Fortschritte der Makroökonomie während der Nachkriegszeit haben großen praktischen Einfluß ausgeübt, der bis auf die Ebene der Unternehmung hin wirkt.

Bezeichnet man die empirische Wirtschaftsforschung als die Anwendung ökonomischer (volks- und betriebswirtschaftlicher sowie sozialwissenschaftlicher) Theoreme auf konkrete Wirtschaftslagen und die Praxis als Planen und planmäßiges Handeln, dann ist eine konkrete Antwort, was die Anwendung ökonomischer Theoreme auf die Unternehmensplanung zu leisten vermag, möglich.

Ausgangspunkt ist die Feststellung, daß die nach Wachstum strebende Unternehmung unter makroökonomischen Aspekten mit einer gegenüber der traditionellen Ausgangslage des stationären Konkurrenzmarktes neuen Situation konfrontiert wird, die zu langfristiger Planung zwingt. In dieser Lage kann - und soll - die Wirtschaftsforschung Handlungsmaximen für die betriebliche Praxis liefern.

In einem Überblick, der mehr auf die Darstellung des generell gültigen Gerüstes langfristiger Planung als auf Anwendungsbeispiele von Lehrstoff abzielt, wird versucht, das Gesamtkonzept einer Unternehmensplanung zu umreißen.

Die Planungsmaximen setzen bei der Kapazitätsprognose ein. Als Konsequenz ist die Grundlage der Faktorbedarfsrechnung darzustellen, die sich zur Prognose der Faktorpreisentwicklung, der Mechanisierungs- und Rationalisierungsprognose ausweitet. Die Entwicklung von Faktoreinsatzmengen je 100 000,- DM Nettoproduktionswert in der Textilindustrie wird für die Nachkriegszeit graphisch gezeigt und macht deutlich, wie kritisch eine Unternehmensdisposition, der langfristige Planungsunterlagen fehlen, von heute auf morgen beurteilt werden muß.

Neben die *Globalplanung* des Unternehmens, die auf der Faktorbedarfsplanung bei vorgegebener Kapazitätsplanung basiert, muß die *Detailplanung* treten. Für die Faktorbedarfsanalyse erscheint sie so selbstverständlich, daß sie hier ausgeklammert werden kann. Unterentwickelt dagegen erscheint die Detailplanung für die linke Seite der Produktionsfunktion, also die *Planung der Sortimentstruktur*. Die *Input-Analyse* muß durch die *Output-Analyse* ergänzt werden. Die Marktforschung und -planung für neue und für eingeführte Produkte der Unternehmung steht gleichwertig neben der Faktorbedarfsplanung, so wie langfristige und kurzfristige Planung (Planmodifikationen aus aktuellem, temporär limitiertem Anlaß) sich in diesem Konzept ergänzen.

The problem in question primarily calls for discussion of certain doubts which J.M. K e y n e s , in 1924, summarized by stating that

economy, in contrast to technology, does not yield a system of fixed results immediately applicable to practical conditions. It will become apparent that deviations from reality of "functional models" are under consideration here which have been largely overcome in connection with partial problems of industrial management and with interrelations existing in the field of overall economy (macro-economic interrelations). Advances made in the field of overall economy during the post-war period, in particular, have exerted major practical influences which have made themselves felt even on the entrepreneurial level.

If empirical industrial research is defined as the application of economic theorems (theorems pertaining to national economy, industrial management and social science) to concrete economic situations and if practice is understood to mean planning and planned action, a concrete answer can be given to the question of how much the application of economic theorems to management planning is able to accomplish.

Used as a key-point is the finding that the growth-conscious enterprise under macro-economic aspects is confronted with a new situation which differs from the traditional starting position of a stationary competitive market and enforces long-term planning. Industrial research can - and should - supply maxims for practical operations in this situation.

A survey is given which is aimed at outlining the generally valid basic structure of long-term planning rather than at showing only examples of applied instruction material, and in which an attempt is made at sketching the overall concept of management planning.

The maxims of planning are brought into action at the time of making capacity prognoses.

The fundamentals of calculation of factor requirements are to be presented as a consequence, and the calculation is expanded to include prognosis of factor price development, prognosis of mechanization and prognosis of rationalization. The development of factor quantities to be used by the textile industry per 100,000 DM of net product value is shown diagrammatically for the post-war period, and demonstrates how critically managerial decisions made in the absence of long-term planning data must be evaluated from one day to another.

*Global planning* by enterprises which is based on factor requirement planning and preceded by capacity planning must be supplemented by *detailed planning*. The latter is a foregone conclusion in connection with factor requirement analysis, and need not be discussed in this context. Detailed planning in regard to the left side of the production function, i.e. planning of the structure of assortments, on the other hand, seems to be undeveloped. *Input analysis* must be supplemented by *output analysis*. Market research and market planning in connection with both new and established products of enterprises is of the same order of importance as factor requirement planning, just as long-term and short-term planning (modifications of plans for topical reasons valid for limited periods) are mutually supplementary under this concept.

Diese Frage kann sehr konträr motiviert sein, nämlich

- a) durch den prinzipiellen Zweifel an der hinreichenden Leistungsfähigkeit der Wirtschaftsforschung für die Belange der praktischen Arbeit in der Unternehmung,
- b) durch den Zweifel daran, daß die in der Unternehmenspraxis prinzipiell leistungsfähige Wirtschaftsforschung in ihrer Wirksamkeit erkannt ist und erschöpfend genutzt wird.

Von beiden Motivationen her soll der Frage in groben Umrissen nachgegangen werden. Vor dem Versuch einer Beweisführung für die Berechtigung der zu b) genannten Zwei-

fel steht eine kurze Diskussion der prinzipiellen Einwände gegen die Arbeitsmethoden der Wirtschaftsforschung sowie gegen die Brauchbarkeit ihrer Ergebnisse in der Praxis.

### 1. Modell und Realität in Ökonomie und Technologie

Die prinzipiellen Einwände lassen sich damit begründen, daß die Ökonomie - im Gegensatz zur Technologie - kein System feststehender Ergebnisse liefert, die *unmittelbar* auf die Praxis anwendbar wären<sup>1</sup>. Damit verbunden ist ein bestimmtes Maß an Unsicherheit der ökonomischen Aussage zu konkreten Wirtschaftssituationen. So stellt J.A. Schumpeter bei der Analyse eines realen Falles fest: *Folgerungen aus beinahe völlig richtigen Beobachtungen und Theoremen können beinahe völlig falsch sein*<sup>2</sup>.

Wo liegen die Ursachen dieser Komplikationen bei der Anwendungstechnik: in den *Beobachtungen* (Informationen) oder in den *Theoremen* (Methoden)?

Was die Informationen angeht, so sind sie nach quantitativen und nach qualitativen Merkmalen (Zahleninformationen und Verhaltensinformationen) herbeizuschaffen. Regelmäßig müssen sie als nur *beinahe richtig* angesehen werden, weil Fehler im Informationsmaterial sowie Informationslücken nicht vollständig zu beseitigen sind.

Vollständige Information zu erhalten ist für den Ökonomen deswegen schwierig, weil er auf qualitative Merkmale im allgemeinen größere Rücksicht nehmen muß als der Technologie, weil *Interdependenzen* (Wechselbeziehungen zwischen Aggregatteilen) in größerer Zahl vorliegen und weil alle Aggregatteile permanenten Veränderungen in der Zeit unterworfen sind.

Das bei der Anwendung von ökonomischen Theoremen auftretende Unsicherheitsmoment, von dem Schumpeter spricht, zielt kaum auf einen Mangel im logischen Aufbau der Funktionsmodelle ab, sondern darauf, daß diese Modelle in der Regel mit „*rigorosen und vereinfachenden Annahmen*“ (K. R o s e) erkaufte sind. Diese Annahmen decken zum Teil Informationslücken ab, teilweise sind sie methodologisch bedingt<sup>3</sup>.

Nun kommen auch technologische Modelle nicht ohne solche Bedingungen aus. Beispielsweise erfordern einige moderne textiltechnologische Verfahren - wenn sie modellgerecht ablaufen sollen - feststehende raumklimatische Bedingungen. Aber die Technologen haben den Vorzug, die Bedingungen ihrer Funktionsmodelle im allgemeinen realisieren zu können, während die Ökonomen nur selten Gelegenheit finden, die Realität den Modellen gemäß umzuformen und zudem dem Zweifel ausgesetzt sind, ob eine derart gewandelte Realität überhaupt wünschenswert sei.

Die Problematik der ökonomischen Anwendungstechnik liegt also weniger in der Wissenschaftsmethodik als in der Umwelt, mit der sie sich konfrontiert sieht.

An den beiden folgenden Grenzfällen, in denen diese Anwendungsproblematik minimiert wird, erweist sich das:

a) bei der Verkleinerung des Untersuchungsobjektes bis zu dem Punkt, an dem eine vollständige Information herbeigeführt werden kann und an dem die Annahmen in Über-

einstimmung mit den realen Verhältnissen und dem Problem stehen. Als Beispiel könnte hier gelten: Wirtschaftlichkeitsrechnungen für alternative Verfahren bei gegebener Kostenlage;

b) bei der Vergrößerung des Untersuchungsobjektes bis zu jenem Punkt, an dem die ökonomischen Beziehungen durch eine beschränkte Zahl von quantitativen Informationen vollständig ausgedrückt werden können und sich das Problem der Information über Verhaltensweisen als „*explizierte Logik der Zahl*“ (G. M a c k e n r o t h) darstellt, das heißt als eine Frage der Überführung qualitativer Merkmale in quantitative Zusammenhänge. Das praktische Beispiel dafür ist die *Makroökonomie*, also der Teil der Ökonomie, der sich mit Zusammenhängen befaßt, die die Volkswirtschaft als Ganzes betreffen.

Gerade aus dem Beispiel der Makroökonomie geht hervor, daß die Annäherung der Funktionsmodelle an die Realität gelingt und daß die Anwendung der Theoreme auf konkrete Wirtschaftssituationen nicht mehr auf Spezialbegabung beruhendes Handwerk ist, sondern zur Technik mit eindeutigen Ergebnissen wird. „*Das Ansehen der Ökonomen ist auch deshalb gestiegen, weil unter den Wissenschaftlern in zunehmendem Maße Übereinstimmung erzielt werden konnte*<sup>4</sup>.“ ...

Ein nicht geringer Teil dieser Anwendungstechnik besteht in der Konstruktion mathematischer, rechenbarer Modelle, in denen die ökonomischen Zusammenhänge dargestellt, quantifiziert und auch prognostiziert werden können. Und das Ergebnis dieser Verfahrenstechnik: „*Das entscheidende Merkmal der ‚Neuen Wirtschaftslehren‘ ist nicht, daß sie neu sind. Entscheidend ist vielmehr, daß mit ihrer Hilfe zum ersten Mal die Erkenntnisse der modernen Volkswirtschaftslehre - die Erkenntnisse von K e y n e s und die der Klassiker - in den Dienst der Allgemeinheit gestellt werden und daß mit der Realisierung ihrer Verheißungen Ernst gemacht wurde*<sup>5</sup>.“

Die in der Fragestellung anklingenden Zweifel sind gewiß nicht prinzipieller Art, können aber mit der *Aggregierungsstufe* - also mit der Lage des Untersuchungsobjektes zwischen den erwähnten Grenzfällen - zusammenhängen.

Die Diskussion der Leistungsfähigkeit der Wirtschaftsforschung auf Unternehmensebene soll sowohl diesen Teilaspekt der Anwendungstechnik berühren als auch die Berechtigung des zu b) genannten Zweifels begründen.

Bezeichnet man die empirische Wirtschaftsforschung als die Anwendung ökonomischer (volks- und betriebswirtschaftlicher sowie sozialwissenschaftlicher) Theoreme auf konkrete Wirtschaftssituationen und die Praxis als Planen und planmäßiges Handeln, dann geht es darum zu demonstrieren: Was kann und was soll die Anwendung ökonomischer Theoreme für die *U n t e r n e h m e n s p l a n u n g* leisten?

Die Unternehmensplanung zielt darauf ab:

- Probleme rechtzeitig zu erkennen,
- alternative Problemlösungen zu erarbeiten,
- eine rationale Entscheidung über diejenige Lösung zu treffen, die man zu praktizieren gedenkt, wenn das betreffende Problem akut wird.

Um Probleme erkennen zu können, ist es erforderlich, eine Vorstellung von der konkret vorliegenden Marktsituation zu besitzen, in der sich das Unternehmen befindet.

**2. Marktmodelle als Grundlage der Unternehmensplanung**

**Das traditionelle Modell**

Als Grundlage der Unternehmensplanung wurde traditionell eine Situation angenommen, wie sie Abbildung 1 zeigt. Die Kurve  $N-N'$  ist die graphische Darstellung einer (fallenden) Nachfragefunktion  $N = f(p)$ , und die Kurve  $A_1-A_1'$  die einer (steigenden) Angebotsfunktion  $A = f(p)$ . Zum Preis  $P_1$  sind die Nachfrage- und Angebotsmengen ausbalanciert ( $G_1$ ).

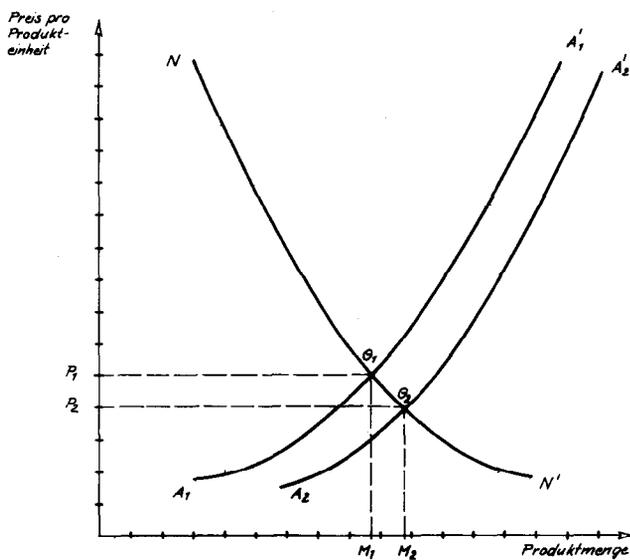


Abb. 1: Das traditionelle Marktmodell

Die für die Unternehmensplanung relevante Annahme ist die, daß die  $N-N'$ -Kurve zwar kurzfristigen, beispielsweise konjunkturellen Schwankungen ausgesetzt sein mag, im übrigen aber - langfristig - als konstant gelten muß. Ein Unternehmen, das in dieser Lage nach einer Erhöhung der Profite strebt, muß kostengünstiger produzieren, preisgünstiger anbieten und Konkurrenten, die nicht mithalten können, aus dem Markt drängen; es muß auf Wachstum hinarbeiten. Die Angebotskurve verschiebt sich nach  $A_2-A_2'$ , und eine neue Marktbalance wird im Punkt  $G_2$  zum Preis  $P_2$  erreicht. Das heißt: Die gesamte Unternehmensplanung orientiert sich an kurzfristigen, konjunkturellen Schwankungen, vor allem aber an der Kosten- und Preisunterbietung der Konkurrenz. In diesem Schema sind einige Annahmen enthalten, die es nur *beinahe richtig* machen. Eine solche Angebotskurve kommt nur zustande, wenn beispielsweise keine Patent- bzw. Lizenzbeschränkungen für das Fertigungsverfahren existieren, wenn das know-how weit verbreitet ist, wenn keine spezifischen Anforderungen an das Gros der Arbeitskräfte gestellt werden müssen, wenn nicht besondere und eng be-

grenzte Standortbedingungen zu erfüllen sind, wenn die Zahl derer, die das erforderliche Kapital beschaffen können und die über unternehmerische Initiative verfügen, nicht von vornherein eng limitiert ist.

Daß diese Voraussagen in der Wirtschaft der Gegenwart eher die Ausnahme als die Regel darstellen, bedarf kaum des Nachweises. Und es kommt hinzu, daß die Annahme einer langfristig konstanten Nachfrage *beinahe völlig falsch* ist. Die Makroökonomie hat auf die *ständige Expansion der Nachfrage* in der wachsenden Wirtschaft verwiesen und der Unternehmung vor Augen geführt, daß ihre Planung dieses wachsende Nachfragepotential nicht ignorieren kann.

**Ein neues Modell**

Eine Lage, die den veränderten Bedingungen gerecht wird und als typisch, wenn auch nicht generell gültig angesehen werden kann, ist in Abbildung 2 modelliert worden. Die  $N-N'$ -Kurven wandern von  $t_0 - t_1$ , von  $t_1 - t_2$  usw. auf ein höheres Nachfragevolumen. Eine Angebots-„Kurve“ kommt nicht mehr zustande, weil die Annahme lautet, daß für die Produktionsaufnahme bei dem betreffenden Produkt die im traditionellen Modell ausgeschlossenen Restriktionen existieren und nur eine eng limitierte Anzahl von Unternehmen zulassen; dies ist durch die Angebotskreise gekennzeichnet. Das wäre die Situation eines Oligopols im wachsenden Markt.

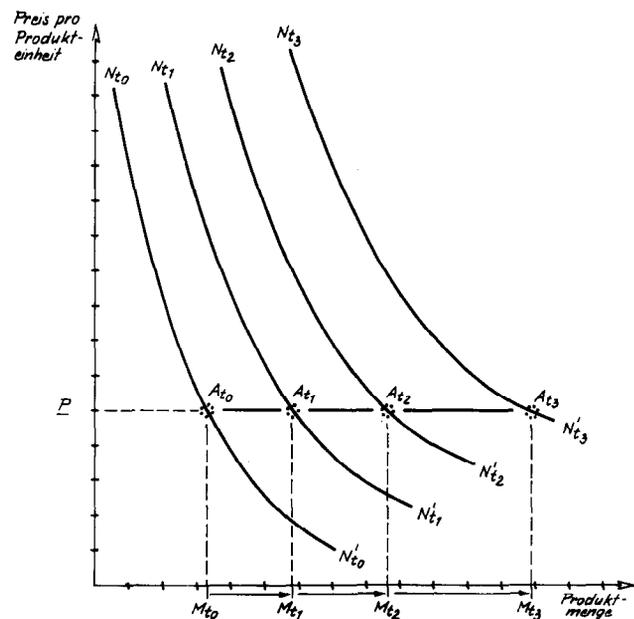


Abb. 2: Ein neues Marktmodell

Diese Marktlage ist im Zeitpunkt  $t_0$  stabil, weil jedes Unternehmen einen bestimmten Marktanteil errungen hat oder ein Marktsegment beherrscht, ohne eine Chance zu sehen, durch offenen Kampf oder durch Aggression am Verhandlungstisch - mit dem Ziel der Fusion - Marktanteile zu interessanten Bedingungen zu erobern.

Die Stabilität dieser Lage wird sich nur so lange halten, so lange die relativen Marktpositionen konstant bleiben. Der *Wettbewerb* äußert sich jetzt im Streben nach der zeitlichen und mengenmäßigen Optimierung des von der Nachfrageexpansion eingeräumten Produktionswachstums. Dabei sei angenommen, daß zur Stabilität der Lage auch die Preisstabilität gehört. Das Wachstum des Nachfragepotentials läßt sich dann auf der Abszisse ablesen ( $M_{t-0} - M_{t-1}$ ,  $M_{t-1} - M_{t-2}$  usw.).

Da das Wachstum der Unternehmung definitionsgemäß durch den Erwerb von ausscheidenden Grenzünternehmen nicht realisiert werden kann, und weil die Produktionserweiterung den Standort betreffende, personelle und andere Voraussetzungen erfordert, die nicht generell vorliegen, wird die langfristige Unternehmensplanung zur *conditio sine qua non* des Überlebens der Unternehmung als selbständige Produktionseinheit.

DIE ERSTE ANTWORT AUF DIE FRAGESTELLUNG LAUTET: DIE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG ANALYSIERT UND PRÄZISIERT DIE KONKRET VORLIEGENDE WETTBEWERBS- UND MARKTLAGE DER UNTERNEHMUNG, - AUS DER MARKTLAGE LEITEN SICH PLANUNGSMAXIMEN, AUS DEN PLANUNGSMAXIMEN HANDLUNGSMAXIMEN AB.

### 3. Maximen der Produktionsplanung<sup>6</sup>

Erste Maxime der langfristigen Planung sollte sein, die Planung selbst zu planen, um Kosten und Informationsertrag abzuwägen, alternative Möglichkeiten der Planerstellung sowie die Einordnung der Planung in die Organisation des Unternehmens festzulegen. - Dazu ist das Gerüst eines Planungskonzepts zu umreißen.

#### Die Kapazitätsplanung

Aus dem Modell nach Abbildung 2 geht hervor, daß zunächst die an das Unternehmen künftig gestellten Leistungsanforderungen geplant werden müssen. Als *allgemeiner Ausdruck* der Leistungsabgabe einer Mehrproduktunternehmung kann hier der Umsatz gewählt werden, da bei konstanten Preisen die Umsatzwachstumsrate der Produktionswachstumsrate entspricht.

In der Größe *Umsatz* werden Änderungen des Produktionsprogramms homogenisiert, und sie ist eine geeignete Basis für Globalplanungen im Bereich der Administration (Lagerwesen, Verkauf, Finanzbuchhaltung, Liquidität). In der Einproduktunternehmung wird als Ausdruck der Leistungsabgabe eine physische Größe gewählt werden (vgl. Abb. 3 mit der Absatzprognose für ein Haushaltsgerät).

Das konkrete Problem der Planung der Gesamtkapazität ist die langfristige *Prognose*. Denn Kapazitätserweiterung erfordert Anlageinvestitionen, Investitionen müssen geplant und durchgeführt werden, und mit diesen realisierten Investitionen hat sich die Unternehmung langfristig festgelegt. Planung, Investitionen und Leistungsabgabe der Investition benötigen *Zeit*. Der Zeitbedarf ist es, der zur Prognose zwingt.

**Exkurs 1:** Manchen Praktikern erscheinen Prognosen als unseriös, und man gibt nur ungern zu - ja man bestreitet -

daß Zukunftsüberlegungen in die unternehmerische Entscheidung eingehen. Daher wäre festzuhalten: „*Es ist einfach nicht richtig, daß ein Investor - oder auch ein Spekulant - sich nicht für die Dauerrentabilität einer neu zu erstellenden Fabrik interessiert. Jeder den Investoren vorgelegten Rentabilitätsrechnung liegt eine Prognose der Zukunft auf sehr lange Sicht zugrunde.*“ (A. H a h n).

Wenn ökonomische Prognosen auch nicht die Exaktheit naturgesetzlich verankerter Vorausberechnungen erreichen, so sind sie doch nicht als unseriös zu bezeichnen, sondern als die Sicherung von Erwartungen über die Veränderung ökonomischer Größen durch die „explizierte Logik der Zahl“ und durch die Logik ökonomischer Beziehungen zu charakterisieren.

Entsprechend bieten sich als Prognosemethoden spezifisch statistische Verfahren<sup>7</sup> oder spezifisch ökonometrische Verfahren<sup>8</sup> an. Auf ihre Anwendung zu verzichten, ist nicht etwa deswegen seriös, weil sie statt exakter Ergebnisse nur den Trend angeben, vielmehr eher unseriös, weil der Verzicht auf diese Methoden die Gefahr einer völligen Fehleinschätzung des Trends einschließt.

Die Leistungsfähigkeit der Prognostik wird am Vergleich zwischen einer prognostizierten Absatzentwicklung und dem tatsächlichen Absatzverlauf zu messen sein, wie er in Abbildung 3 am Beispiel einer Prognose der Firma Siemens AG. dargestellt ist<sup>9</sup>.

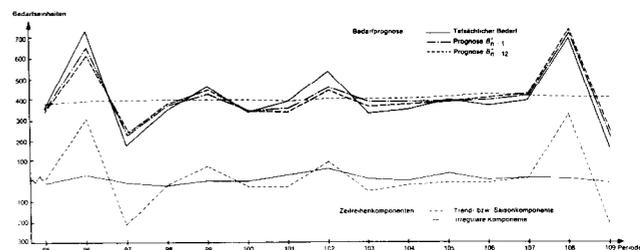


Abb. 3: Absatzprognose und tatsächlicher Absatzverlauf (eines Haushaltsgeräts) nach dem SIEMENS-Prognosesystem Savoy I

DARAUS FOLGT DIE ZWEITE ANTWORT AUF DIE GESTELLTE FRAGE: DIE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG GIBT DAS KONKRETE, QUANTIFIZIERTE PRODUKTIONSZIEL AN, FÜR DAS DIE TECHNISCHE KAPAZITÄTEN BEREITGESTELLT WERDEN MÜSSEN.

Der praktische Nutzen der Prognose wird gerade dann auffallend, wenn sich - abweichend vom gewählten Modell - ein negativer Trend herausstellen sollte.

#### Die Faktorbedarfsplanung

Kapazität bedeutet Produktionspotential. Aus der Schilderung der *Technostruktur* des Produktionsprozesses ging hervor, daß nicht für jeden Produktionsfaktor jederzeit das erforderliche Potential verfügbar ist. Die Unternehmung kann vor der Lage stehen, daß kein Angebot greifbar ist, wenn sie nicht durch rechtzeitige Vorplanung Angebotspotential

schaft; und dies insbesondere bei Vollbeschäftigung und wachsender Wirtschaft. Hinzu kommt, daß bereits konstante Jahreswachstumsraten (v.H.-Sätze) *a b s o l u t* steigend marginale Produktion bedeuten und entsprechend steigenden Faktorbedarf.

Unter diesem Aspekt wird die *F a k t o r b e d a r f s r e c h n u n g* in der Produktionsplanung zu einer entscheidenden Position.

Die Bedarfsrechnung setzt bei der Produktionsfunktion ein, die eine zunächst konstante Beziehung zwischen dem Produktionsvolumen (V) und den erforderlichen Produktionsfaktoren Arbeit (A), Kapital (K), Boden (B), Material (M) und anderen (...) feststellt, und dann geschrieben wird:

$$V = f(A, K, B, M, \dots) \quad \text{I.}$$

Aus dieser Produktionsfunktion lassen sich Produktionskoeffizienten - Bedarfskennzahlen - ableiten. E. H e l m - s t ä d t e r<sup>10</sup> bezeichnet den Produktionskoeffizienten des Faktors Kapital mit  $K_i$  und definiert ihn durch den Quotienten aus Kapitalgütermenge  $M_i$  und Endproduktmenge  $X_i$ , also

$$\frac{M_i}{X_i} = K_i \quad \text{II.}$$

Diese Beziehung kann wieder zur Produktionsfunktion einer Einfaktorproduktion umformuliert werden in:

$$X_i = \frac{1}{K_i} M_i$$

Dabei ist  $\frac{1}{K_i}$  der Kehrwert des Kapitalkoeffizienten, also die Kapitalproduktivität.

Löst man die Gleichung zur gesuchten Bedarfsgröße  $M_i$  hin auf, dann ergibt sich:

$$M_i = \frac{X_i}{1/K_i} \quad \text{III.}$$

oder allgemein:

$$\text{Faktorbedarfsmenge} = \frac{\text{Produktionsvolumen}}{\text{Faktorproduktivität}}$$

Als Konsequenz stellt sich die dritte Antwort auf die Frage ein:

**DIE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG DECKT DIE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEM PRODUKTIONSZIEL UND DEN MITTELN AUF, DIE ZU SEINER REALISIERUNG EINGESETZT WERDEN MÜSSEN.**

Dieser Ansatz gilt für eine bestimmte Technologie. Regelmäßig ist damit zu rechnen, daß weitere Verfahren, die zum gleichen Ergebnis, wenn auch mit unterschiedlichen Faktorbedarfsmengen, führen, einzukalkulieren sind. Graphisch werden diese Verfahren in einer Kurve zusammengefaßt, die als Isoquante bezeichnet wird und die die differierenden Faktorbedarfsmengen zur Herstellung einer fixierten Produktionsmenge abbildet (vgl. Kurve  $I_{V-1}$  in Abbildung 4 für alle Kombinationen von A und K).

Beim Übergang von Kombinationspunkt  $C_1$  auf Kombinationspunkt  $C_2$  tritt der Fall ein, daß die Arbeitsproduktivität durch die Kapitalproduktivität ausgetauscht bzw. *erkauft*

wird. Dann bleibt die totale Faktorproduktivität konstant, die Arbeitsproduktivität steigt, die Kapitalproduktivität sinkt (bzw. der Kapitalkoeffizient steigt). Das ist der Fall der *Mechanisierung*. Er wird praktisch relevant, wenn sich das Verhältnis der Arbeitskosten zu den Kapitalkosten zugunsten des Faktors Arbeit entwickelt und das Kostenoptimum einen erhöhten Einsatz des Faktors Kapital notwendig macht. Um den kostenoptimalen Mechanisierungsgrad zu planen, müssen also die im Planzeitraum zu erwartenden Faktorpreise prognostiziert werden.

Entscheidend für den Mechanisierungsgrad ist nicht die technologisch eleganteste Lösung eines Produktionsproblems, sondern das Verfahren der geringsten Kosten. Ein Streitpunkt zwischen Technologen und Ökonomen, der anscheinend Ewigkeitswert besitzt und der sich umso nachteiliger auswirken muß, als enge Kooperationen zwischen beiden den Erfolg der Planung bestimmt. Das gilt, wenn die Isoquante nicht als jederzeit greifbares Marktangebot aufgefaßt wird, sondern als der gegebene technische Horizont, der die Alternativen offenlegt, die bei Berücksichtigung der Entwicklungs- und Lieferfristen der Maschinenhersteller genutzt werden können.

Die gleiche Darstellung (Abb. 4) läßt sich auf eine in der vollbeschäftigten Wirtschaft besonders aktuelle Situation anwenden. Statt die Ausbringungen als Konstante anzusehen und die Faktoreinsatzmengen als Variable, kann es bei regional erschöpftem und überregional unvollkommenem Arbeitsmarkt angezeigt sein, das Potential an Arbeitskraft als Konstante und den Faktor Kapital sowie die Ausbringung als Variable zu wählen. Dann wird mit dem Übergang von  $C_1$  zu  $C_2$  auf der Kurve  $I_{V-1}$  Arbeitspotential freigesetzt und die Chance eingeräumt, eine Isoquante höherer Ausbringung zu erreichen (bei konstanten Faktorpreisrelationen  $C_3$  auf  $I_{V-2}$ ). In diesem Falle bestimmt der Mechanisierungsgrad das Wachstum der Unternehmung.

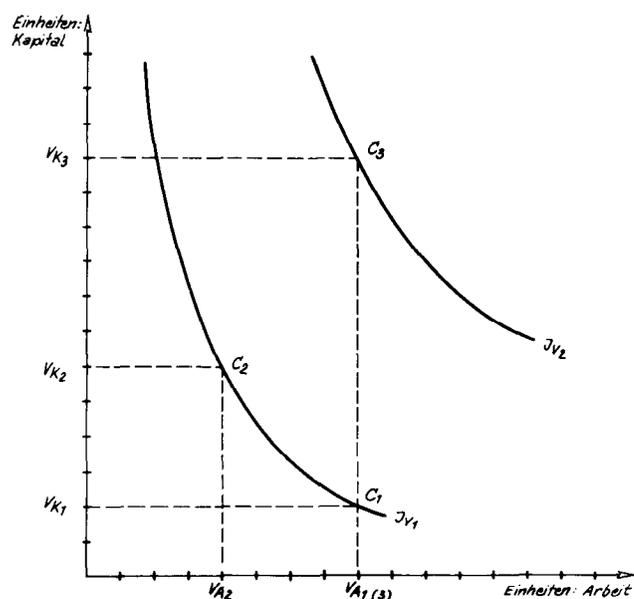


Abb. 4: Mechanisierungseffekte

Zu Mißverständnissen kann diese Strategie Anlaß geben, wenn die durchschnittlichen Stückkosten im Punkt  $C_3$  höher sind als im Punkt  $C_2$ . Man entfernt sich dann vom absoluten (technischen) Kostenoptimum. Eine Situation, die z.B. dann eintritt, wenn einerseits der Sprung in der Kapazitätserhöhung auf  $C_3$  technologisch eine Alternative der geringeren Dimension nicht bietet, und andererseits die Nachfrageentwicklung zunächst eine optimale Ausnutzung der zusätzlichen Kapazität noch nicht erlaubt. Dennoch ist der Entwicklungsweg ökonomisch so lange sanktioniert, wie die Kosten der zusätzlichen Produktion geringer bzw. nicht höher sind als der zusätzliche Ertrag. Das Wachstum wird also nicht vom absoluten Stückkostenoptimum limitiert, sondern durch die Kosten-/Ertragsrelation der *Grenzproduktionseinheit*.

**Die Planung der Rationalisierung**

Die Entwicklung des Faktorbedarfs in der Zeit wird von einer zweiten Komponente stark beeinflusst: vom technischen Fortschritt, von den Fortschritten der organisatorisch-arbeitswissenschaftlichen, der maschintechischen und naturwissenschaftlichen Forschung, die zur Erweiterung des technischen Horizonts führen. In der graphischen Darstellung nach Abbildung 5 wirkt sich der Fortschritt als Wanderung der Isoquante (gleicher Ausbringung!) auf die Achsen zu aus. Nunmehr steigt die totale Faktorproduktivität, der gesamte Faktorbedarf sinkt; ein Vorgang, der als *Rationalisierung* bezeichnet wird.

gegen mit ungleichen Raten des Produktivitätswachstums der Faktoren - innerhalb der Erhöhung der totalen Faktorproduktivität - rechnen. Es kommt daher nicht nur darauf an, Rationalisierungseffekte allgemein einzuplanen, sondern auch darauf, den Weg festzulegen, den die Rationalisierung nehmen wird.

Für die Textilindustrie im ganzen läßt sich dieser Weg ex post verfolgen. Als Ausdruck der konstanten Ausbringung werden DM 100 000,- Nettoproduktionswert (real, zu Preisen von 1958) eingesetzt. Die Faktorbedarfsmengen für die Stichjahre 1950, 1955, 1960 und 1965 sind nach dem Ansatz I ermittelt worden.

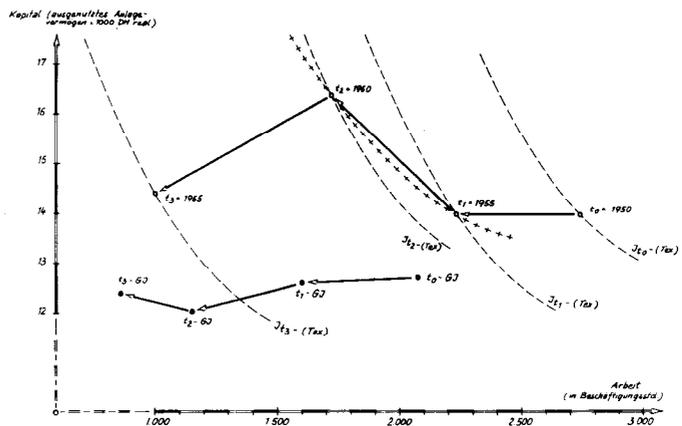


Abb. 6: Fortschritt und Substitution in der Textilindustrie und in der gesamten Industrie, dargestellt an den Veränderungen der Faktoreinsätze zur Erzeugung von je 100 000 DM Nettoproduktionswert (real) in den Stichjahren 1950, 1955, 1960 und 1965.

Abbildung 6 zeigt die Veränderung der tatsächlichen Kombinationspunkte für die Textilindustrie [Kreis  $t_0$  auf  $I_{t-1}$  (Tex), Kreis  $t_1$  auf  $I_{t-1}$  (Tex) usf.] und den Durchschnitt der gesamten Industrie (Punkt  $t_0$  - GI, Punkt  $t_1$  - GI usf.)<sup>11</sup>. Die Kombinationspunkte sind mit Bezug auf die Abbildungen 4 und 5 durch hypothetische Isoquanten (Kurven: - - - bzw. + + +) ergänzt worden. Damit wurde deutlich, wie schwierig es ist, Fortschritt und Substitution ohne genaue Kenntnis der tatsächlichen Isoquanten exakt zu isolieren. Die Veränderung der Kombinationspunkte zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  wäre als Fortschritt zu identifizieren, wenn eine Isoquantenverschiebung [ $I_{t-1}$  (Tex) zu  $I_{t-2}$  (Tex)] eingetreten ist, jedoch als Substitution, wenn beide Punkte auf einer Isoquante (vgl. Kurve + + +) gelegen haben sollten.

Der Verlauf des Rationalisierungs- bzw. Mechanisierungsprozesses läßt sich anhand der jeweiligen prozentualen Veränderung der Faktoreinsatzmengen von Periode zu Periode beschreiben. In Tabelle 1 sind die Werte zusammengestellt.

**Exkurs 2:** Daß die Trennung von Fortschritt und Substitution ohne genaue Kenntnis der tatsächlichen Isoquantenverschiebung nur näherungsweise möglich ist, wird

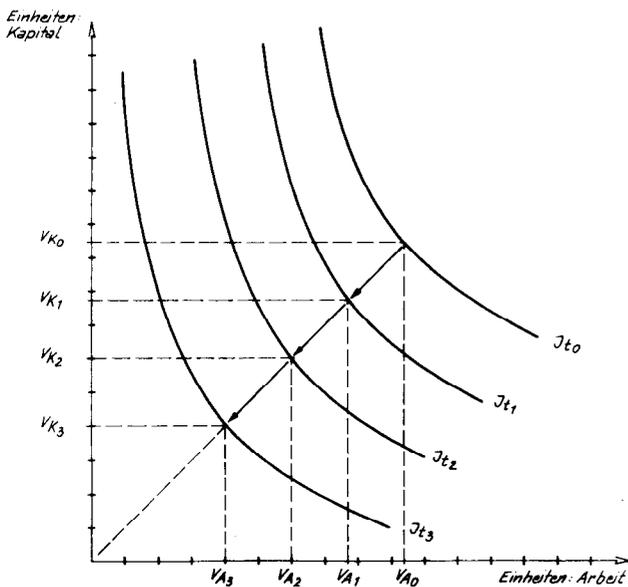


Abb. 5: Neutraler Rationalisierungseffekt

Allerdings wird in Abbildung 5 nur eine Form des technischen Fortschritts gezeigt. Sie kann als „neutral“ insofern charakterisiert werden, als der Bedarf beider Produktionsfaktoren mit der gleichen Rate sinkt. In praxi muß man da-

nicht von dem möglichen Einwand berührt, daß die mit Hilfe einer *Cobb-Douglas-Funktion*<sup>12</sup> durchgeführten Quantifizierungsversuche offenbar sehr befriedigend verlaufen sind, nachdem W. Kurth<sup>12</sup> nachweisen konnte, daß diese Funktion die Produktion des Aggregats Textilindustrie mit Abweichungen von nur (max.) ± 2 Prozent beschreibt.

Für die Produktionsschätzung ist diese Abweichung tatsächlich irrelevant; nicht jedoch für das Problem des Fortschritts- bzw. des Substitutionseinflusses. Denn die *Cobb-Douglas-Funktion* geht von einer über die Zeit konstanten Fortschrittsrate aus, die in der Analyse von W. Kurth mit rund 6 Prozent pro Jahr erscheint.

Nimmt man an, daß der ökonomische Ansatz akzeptabel ist und daß der Einfluß der Faktoren Arbeit und Kapital korrekt berechnet werden konnte, dann konzentriert sich die in einzelnen Perioden auftretende Abweichung in voller Höhe auf den Fortschrittseinfluß, das heißt, bezogen auf den Fortschritt kommt es in einzelnen Perioden zu Fehldiagnosen in einer Größenordnung bis zu 30 Prozent.

Für die Faktorbedarfsprognose ist das Problem nach wie vor existent, und die Lösung - nämlich Klarheit über die jeweils gegebene bzw. die zu erwartende Isoquante zu gewinnen - ist eine Frage der engen Kooperation zwischen Technologen und Ökonomen.

**Tabella 1: Die prozentuale Veränderung der Faktoreinsatzmengen je 100 000 DM Nettoproduktionswert von Periode zu Periode in der Textilindustrie und in der gesamten Industrie**

Periode	Arbeit		Kapital	
	Textil-industrie	gesamte Industrie	Textil-industrie	gesamte Industrie
1950 bis 1955	./. 18,52 %	./. 23,08 %	+ 0,01 %	./. 2,84 %
1955 bis 1960	./. 24,04 %	./. 27,66 %	+ 18,07 %	./. 2,03 %
1960 bis 1965	./. 41,58 %	./. 25,60 %	./. 12,18 %	+ 2,65 %

**Konsequenzen**

Damit sind die Grundlagen einer nicht nur kurzfristig zukunftsorientierten Produktions- und Faktorbedarfsplanung grob skizziert.

Die Frage nach dem Sinn solchen Theoretisierens und der Darstellung einiger ökonomischer Gemeinplätze beantwortet sich von selbst, wenn man einer Publikation des Jahres 1960 folgende Lagebeurteilung entnehmen kann:

*„Die technische Entwicklung: In der Textilindustrie war seit der industriellen Revolution keine tiefgreifende technische Entwicklung zu verzeichnen. Das typische Aussehen eines Textilbetriebes wandelte sich langsam und nur unwesentlich<sup>14</sup>.“*

Einem so ungesicherten Urteil sollte vorgebeugt werden. Eine Unternehmensführung auf dieser Basis minimiert die Überlebenschancen.

**DIE VIERTE ANTWORT AUF DIE FRAGE HEISST: DIE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG LIEFERT DIE PLANUNGS-**

**MAXIMEN FÜR DIE PRODUKTIONSTECHNIK, DEN PRODUKTIONSAKTORENBEDARF UND DIE PRODUKTIONSWIRTSCHAFTLICHE DETAILANALYSE.**

**4. Ungleichgewicht im Planungskonzept**

An diesem Punkt könnte die Diskussion abgebrochen werden, denn das Produktionsziel und die Optimierungsfrage wurden gestreift. Dennoch wäre die Folgerung, nunmehr wäre der Wachstumspfad der Unternehmung vorgezeichnet, beinahe völlig falsch.

Der Verdacht, die Planungskonzeption enthalte eine Lücke, wird schon dadurch hervorgerufen, daß das Wachstum zwar makroökonomisch als *marginale Produktion* in der Periode definiert werden mag, daß jedoch für die Unternehmung gilt:

*„Die Wachstumsrate ... ist die Veränderung des Kapitalwertes in der Planungsperiode, bezogen auf diesen Zeitraum<sup>15</sup>.“*

Bezeichnet man als *Kapitalwert* der Unternehmung die auf die Gegenwart (den Planungsbeginn) abdiskontierten Erträge einer Planperiode, dann decken sich die Definitionen nur, wenn Produktion und Erträge mit der gleichen Rate wachsen.

Angenommen, von der Produktions-(Kosten-)Seite her wären die Voraussetzungen dazu geschaffen, dann ist das Resultat gleichen Wachstums von Produktion und Rendite oder gar das einer Kapitalwertoptimierung dennoch unsicher. Die globale Absatzprognose enthält nämlich das Manko, *„daß der Wert historischer Analogien überschätzt wird“* (A. Hahn). Das gilt sowohl im Hinblick auf die Projektion vergangener Entwicklungstendenzen in die Zukunft, als auch auf die ausgeklammerte Optimierungsfrage.

Es ist mit anderen Worten unsicher - weil unerforscht -, ob sich die Absatzsituation der Vergangenheit in der Zukunft analog festsetzen wird und ebenso, ob die aus irgendwelchen Gründen als befriedigend angesehene Absatzlage tatsächlich optimal (oder nur bequem) war.

Orientiert sich die Absatzprognose einfach an den unerforschten Tatsachen, dann führt sie zu dem effizienten Fehler, schwache Stellen der Absatzwirtschaft des Unternehmens in die Zukunft zu projizieren, fest einzuplanen und damit zu verewigen. Es kommt zum Ungleichgewicht im Planungskonzept, das sich im ungünstigsten Fall als ein produktionswirtschaftliches Optimum, bezogen auf ein absatzwirtschaftliches Debakel darstellt.

Die praktische Frage ist die nach dem *richtigen Sortiment* der Planperiode.

**5. Maximen der Sortimentplanung**

Zur Bestimmung des optimalen Sortiments für die Planperiode sollte man im Idealfall über eine Absatzfunktion verfügen und diese Funktion - analog zur Produktionsfunktion - empirisch belegen können. Da erweist es sich nun als äußerst schwierig, einen Komplex, der von der *statistischen*

Marktanalyse bis zur Motivforschung, von der Ideenproduktion bis zum gemanageten Käuferverhalten reicht, in eine kompakte Formel zu zwingen.

Immerhin kann man davon ausgehen, daß der Absatz eines Produktes ( $A_p$ ) vom Einkommens- bzw. Verbrauchsausgabenniveau ( $E$ ), vom Preis ( $P$ ), von der Produktqualität ( $Q$ ), vom Produktstyling ( $St$ ), von den Absatzwegen ( $D$ ) und von der Werbung ( $W$ ) abhängig ist. Auf diese Weise erhält man die Absatzfunktion

$$A_p = f(E, P, Q, St, D, W)$$

und weiß, welche Einflußgrößen einkalkuliert werden müssen und welche zu absatzstrategischen Aktivitäten genutzt werden können. Praktiker und Wirtschaftsforscher werden kritisch vermerken, daß hier - wie auch bei der Produktionsfunktion - die Komponente „Organisation“ ausgelassen wurde.

Im Zeitablauf einer Planperiode ist neben Veränderungen einzelner Größen mit dem zu rechnen, was V. P a c k a r d mit funktioneller Obsoleszenz bezeichnet: „Ein vorhandenes Erzeugnis veraltet durch Einführung eines neuen, das seine Funktionen besser erfüllt“<sup>16</sup>. Die Absatzfunktion des neuen Produktes beeinflusst das Niveau der Absatzfunktion des alten Produktes. Wirkt sich diese Produktinnovation im Unternehmen als Sortimentserneuerung aus, dann wird, wie H. A l b a c h empirisch belegen konnte, ein besonders starker Wachstumsimpuls ausgenutzt.

Gesucht ist unter diesen Aspekten das Sortiment für die Planperiode, welches den Kapitalwert der Unternehmung in dieser Periode optimiert. Das Optimum wird bestimmt durch die Deckungsbeiträge bei den einzelnen Artikeln des Sortiments und durch die Lebenserwartungen. Die Balance im Sortiment ist dadurch charakterisiert, daß die Summe der Produkte aus potentielltem Stückabsatz und Deckungsbeitrag je Artikel durch Artikelsubstitution (innerhalb der traditionellen und in der Entwicklung befindlichen Artikel) nicht mehr erhöht werden kann.

Hier nun setzt die Wirtschaftsforschung mit der Beschaffung der nötigen Informationen über die faktische und die potentielle Lage ein, die anzuvisieren wäre. Welche Informationen die Wirtschaftsforschung zur Absatz- und Sortimentsanalyse anbietet, soll an einigen Beispielen gezeigt werden.

Kriterien der Analyse können beispielsweise sein:

- die inter- und intrasektorale Verteilung des Absatzes,
- die regionale Verteilung,
- die Verteilung nach Distributionswegen,
- die Verteilung nach produktspezifischen Verwendungsrichtungen und
- die temporale Verteilung - jeweils national und international.

Die Frage nach der temporalen Verteilung wird durch die bekannte Saisonkurve beantwortet, deren Einfluß auf die Sortiments- und Absatzplanung kaum der Diskussion bedarf.

Die Verteilung nach regionalen Kriterien und nach dem Kriterium der Distributionswege läßt sich mit einem Verfahren

analysieren, das den Gesamtabsatz in Tabellenform auffächert<sup>17</sup>.

Inter- und intrasektorale Verflechtungen der Industriezweige gehen aus der Input-Output-Matrix hervor, worin „in der Vorspalte alle unterschiedenen Industriezweige als Lieferanten, in der Kopfzeile als Bezieher von Lieferungen fungieren“ (H. Gerfin).

Das Zahlenwerk (vgl. Tabelle 2) - aus Raumgründen mit vertauschter Verkäufer/Käufer-Anordnung<sup>18</sup> - gibt für die Praxis der Planung über die Lieferströme der Industriezweige (hier des Zweiges Textilindustrie) Auskunft, die periodisch verfolgt werden können und die Fragen nach der Vollständigkeit des Sortiments, sowie nach Um- und Neudispositionen innerhalb des Sortiments stellen<sup>19</sup>.

Pos. Nr.	Verkäufer Käufer	TEXTILINDUSTRIE		
		1954	1958	Differenz
		Mio DM	Mio DM	Mio DM
1	Landwirtschaft	64	67	+ 3
2	Elektrizitätswirtschaft	9	12	+ 3
3	Gas- und Wasserwirtschaft	3	5	+ 2
4	Bergbau	8	7	- 1
5	Steine und Erden	5	4	- 1
6	Eisenschaffende Industrie	31	30	- 1
7	EST-Gießerei	4	3	- 1
8	NE-Metallindustrie	2	1	- 1
9	Chemische Industrie	81	86	+ 5
10	Mineralölverarbeitung	4	3	- 1
11	Kautschukindustrie	216	229	+ 13
12	Holzbearbeitung	2	1	- 1
13	Papierherzeugung	33	24	- 9
14	Stahlbau	3	3	± 0
15	Maschinenbau	8	8	± 0
16	Straßenfahrzeugbau	109	173	+ 64
17	Schiffbau	21	19	- 2
18	Luftfahrzeugbau	-	1	+ 1
19	Elektrotechnik	57	54	- 3
20	Feinmechanik - Optik	2	2	± 0
21	Stahlverformung	2	2	± 0
22	EBM-Industrie	7	6	- 1
23	Feinkeramik	2	1	- 1
24	Glasindustrie	1	1	± 0
25	Holzverarbeitende Industrie	140	141	+ 1
26	MSSS-Industrie	20	16	- 4
27	Papierverarbeitende Industrie	20	17	- 3
28	Druckerei	5	4	- 1
29	Kunststoffverarbeitende Industrie	23	20	- 3
30	Lederindustrie	125	134	+ 9
31	Textilindustrie	3.474	3.415	- 59
32	Bekleidungsindustrie	1.721	2.504	+ 783
33	Mühlindustrie	1	1	± 0
34	Ölmühlen- u. Margarineindustrie	2	1	- 1
35	Zuckerindustrie	1	1	± 0
36	Brauerei und Mälzerei	3	4	+ 1
37	Tabakverarbeitende Industrie	1	1	± 0
38	sonst. Nahrungs- u. Genußmittelindustrie	9	11	+ 2
39	Handwerk	1.309	1.287	- 22
40	Baugewerbe	13	15	+ 2
41	Großhandel	78	64	- 14
42	Einzelhandel	60	53	- 7
43	Eisenbahnen	12	15	+ 3
44	Schifffahrt	12	14	+ 2
45	Übriger Verkehr	24	25	+ 1
46	Bundespost	7	9	+ 2
47	Kredit- u. Versicherungsgewerbe	3	3	± 0
48	Wohnungsvermietung	3	3	± 0
49	Sonstige Dienste	163	175	+ 12
50	Staat	141	191	+ 50
	Zwischensumme	8.044	8.866	+ 822
	Privater Verbrauch	2.769	4.165	+ 1.396
	Anlageinvestitionen, Vorratsveränderungen und Ausfuhr	1.742	1.826	+ 84
	Bruttoproduktion	12.555	14.857	+ 2.302

Tabelle 2: Der Output der deutschen Textilindustrie 1954 und 1958, gegliedert nach Empfängersektoren

Weiters läßt sich für den Hersteller von konsumfernen Gütern die Abhängigkeit ihrer sektorspezifischen Lieferungen von den Lieferabhängigkeiten der Empfängersektoren ermitteln<sup>20</sup>.

Die Verteilung des Absatzes nach produktspezifischen Verwendungsrichtungen benötigt der Hersteller von Vorprodukten als Information zur Sortimentsplanung, und zwar sowohl im Hinblick auf die Mengenplanung als auch im Hinblick auf die temporale wie regionale Steuerung der Warenabrufe, mithin die Lagerplanung sowie die Art der Aufmachung usf. Diese Information geben produktspezifische Verwendungstabellen. Ihre Aussagefähigkeit für die Planung geht aus dem Beispiel einer Faserverwendungstabelle (vgl. Tab. 3) unmittelbar hervor.

I	II	III	IV			V			VI			VII		VIII		IX	
			g/cm	qm/Stück	g/cm	qm/Stück	g/cm	qm/Stück	g/cm	qm/Stück	g/cm	qm/Stück	g/cm	qm/Stück	g/cm	qm/Stück	g/cm
<b>Kleider für Damen und Mädchen</b>																	
1965	- Oberstoff, Webware	29,917	183	2,31	2,591	1,611	698	282									
	- Oberstoff, Maschenware	5,651	285	2,47	469	167	91	211									
	- ...	...	...	...	...	...	...	...									
1967	- Oberstoff, Webware	29,290	104	2,18	3,912	2,620	919	170									
	- Oberstoff, Maschenware	10,526	278	2,22	2,480	106	465	1,909									
	- ...	...	...	...	...	...	...	...									
1968	- Oberstoff, Webware	28,751	133	2,18	4,002	2,903	910	211									
	- Oberstoff, Maschenware	19,558	204	2,21	6,758	499	605	8,654									
	- ...	...	...	...	...	...	...	...									

Tabelle 3: Ausschnitt aus einer Faserverwendungstabelle

Es handelt sich hier um den Ausschnitt aus einer von rund 160 Positionen des Zahlenwerks. In der Vorspalte (II) erscheinen die Produkte, in die textiles Fasermaterial eingeht, in der (den) Kopfzeile(n) der Syntheticeinsatz insgesamt (IV) und nach Typen (VII-IX) unterteilt.

Darüberhinaus werden die den Gesamtfasereinsatz je Artikel bestimmenden Komponenten ausgewiesen: Produktionsmenge, Warenverbrauch je Einheit und durchschnittliches Gewicht je Einheit der verbrauchten Ware. Gleichzeitig sind in Tabelle 2 die bisher vorliegenden Veränderungen der produktspezifischen Faserintensitäten eingefügt worden. Ein Blick über die Zahlenreihen beweist den Wert der Information zur kurzfristigen Planung und Vorausschätzung ebenso wie die Dringlichkeit des Übergangs von der ex-post- zur ex-ante-Analyse.

Wie unterentwickelt die praktische Anwendung dieser Informationen noch beurteilt werden muß, läßt sich daran messen, daß für die erwähnten Anwendungsbereiche eine zu langfristiger Prognose ausreichende, reihenbildende Zahl von Analysen fehlt. Zu prognostizieren wäre allenfalls, daß es dank der Forschungsaktivitäten der Chemiefaserindustrie

(in Verbindung mit den Institutionen der Naturfaserproduzenten, für die ähnliche Tabellen erstellt werden) in absehbarer Zeit unternommen werden kann, zur Entwicklung der produktspezifischen Faserintensitäten Prognoseverfahren zu suchen und zu testen.

Liegen Informationen über die zu erwartenden Marktdaten und -potentiale vor, dann sind Optimierungskriterien für das Sortiment zu ermitteln und Optimierungsmodelle zu konstruieren. Die Ergebnisse der Modellanalyse werden ihrerseits als Entscheidungshilfe bei der Planung von Forschung, Produktentwicklung und Produkteinführung dienen.

DIE FÜNFTE ANTWORT AUF DIE FRAGE MUSS LAUTEN: DIE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG ERMITTELT UND PROGNOTIZIERT ABSATZWIRTSCHAFTLICHE DATEN UND POTENTIALE, STELLT DIE FRAGE NACH DER OPTIMALEN SORTIMENTSTRUKTUR, LIEFERT OPTIMIERUNGSKRITERIEN UND OPTIMIERUNGSMETHODEN.

### 6. Zusammenfassung

Wenn das Planungskonzept in den Umrissen feststeht, dann wird im konkreten Fall nach den Planungsschwerpunkten und in der Folge nach der Organisation der Planungsabteilung gefragt werden müssen. Aus der **Globalplanung** entwickelt sich die **Bereichsplanung** und die **Einzelplanung** (H. K o c h).

Aus dem kompletten Plansystem ergibt sich die Strategie des Handelns. Planen und Handeln erfordern Kontrollen. Aus den Kontrollen resultieren kurzfristige Planmodifikationen. Damit wäre der Kreis geschlossen und nunmehr auch die Verbindung zum gesamten Komplex der kurzfristigen Planung hergestellt. Erst mit dem Fundament eines langfristigen Konzepts besitzt - so scheint es - die kurzfristige Planung jenen Orientierungspunkt, der ihr den Vorwurf erspart, h e u t e als *richtig* zu entscheiden, was m o r g e n als *falsch* entschieden gelten muß.

Der größere Teil der **Betriebswirtschaftsforschung** und der höchst bedeutsamen **Konjunkturforschung**<sup>21</sup> erhält jetzt für die praktische Arbeit in der Unternehmung noch größere Relevanz. Die großen unterentwickelten Regionen im Bereich der kurzfristigen Planung, die dem Verfasser in vielen, nicht nur textilen und nicht nur kleinen Unternehmen auffielen, sind jedenfalls nicht mehr durch die oft entgegengesetzte Argumentation gestützt: kurzfristige Planung lohnt sich nur, wenn man die längerfristige Entwicklung kennt. Da wir über die längerfristige Entwicklung nie etwas wissen werden, kann die kurzfristige Planung nur *improvisiert* werden<sup>22</sup>.

### 7. Die unbekannte Größe in der Planung

Abschließend sei in wenigen Worten auf die Unvollständigkeit der Fragestellung verwiesen. Es drängt sich auf, wenigstens zu erwähnen, was die Wirtschaftsforschung in der Unternehmung n i c h t leisten kann.

Bringen wir unsere Überlegungen und Beobachtungen dazu auf die einfachste Formel, so müssen wir eingestehen: Die

Wirtschaftsforschung in der Unternehmung verbürgt nicht grundsätzlich den Erfolg! Da aber alle Welt nach Erfolg strebt, sind wir am Ende wohl nicht klüger als zuvor.

Es wird behauptet, die Forschung verbürge nicht grundsätzlich den Erfolg. Sie ist also immerhin eine, und eine gewiß nicht unwesentliche Komponente des Erfolgs; soviel ist jetzt sicher.

Offen bleibt dann allerdings die Frage, w a s dem Status des erwünschten *Grundsätzlichen-Erfolg-Habens* eigentlich noch fehlt?

Vermutlich ist es das, was sich nur schwer fassen und prognostizieren läßt. Kontrolliert man das Planungsschema auf die fehlende Einflußgröße, so wird schnell klar: Es ist die Größe, für die sich auf Unternehmensebene der Wert historischer Analogien auf ein Minimum reduziert - es ist die **neue Idee**; die Idee zu einer neuen Konstruktion oder Form, die Idee zu einer neuen Faktorkombination, die Idee zu neuen Organisationsformen, die Idee zu einem neuen Marketingkonzept - die Idee, eine Prognose in neuer Weise anzudeuten, aus der *richtigen* Interpretation die erfolgreichen Planungsmaßnahmen abzuleiten und Aktivitäten zu entwickeln. Womit der Kreis wieder geschlossen wäre.

**Erfolg** ist das Zusammenfinden von **Rationalität** und **Kreativität**:

$$E = R + K.$$

Die Leistung der Wirtschaftsforschung in der Unternehmung bezieht sich auf den Erfolgsfaktor R. Zur Optimierung des Erfolgs muß die Größe K hinzutreten, wenn wir vom dritten, am ehesten entbehrlichen Faktor Macht - als Substitut für R oder K oder gar beides - einmal absehen.

Dies ist der Grund, der daran zweifeln läßt, daß es für die Planung des Unternehmens und auch für die Prognostiker selbst, als Erfolgssymptom gedeutet werden darf, wenn die Prognosen regelmäßig eintreffen. Denn das bedeutet, von Prognosefehlern abstrahiert, entweder die Stagnation des kreativen Potentials, oder - und das ist der häufigere Fall - die Überlagerung der Kreativität durch die bloße Formalität, bis zum Extrempunkt, daß nicht prognostizierte Erfolge in Unternehmen eines Wirtschaftssystems gar nicht mehr zur Kenntnis genommen, ja sogar als Fehlleistung angesehen werden. Bis zum Ausbleiben der prognostizierten Erfolge ist es dann nicht mehr weit.

Solange die Formel  $E = R + K$  gilt, bleiben - wie A. Hahn und F.A. L u t z treffend belegten - Prognosen unter einzelwirtschaftlichen Aspekten *Minoritätsprognosen*, weil der Faktor K nicht zu managen, weniger gleichmäßig verteilt und über die Zeit instabiler ist als der Faktor R. C'est la vie.

Der Ökonom möchte die Minorität der Erfolgreichen angesprochen haben.

#### Literatur:

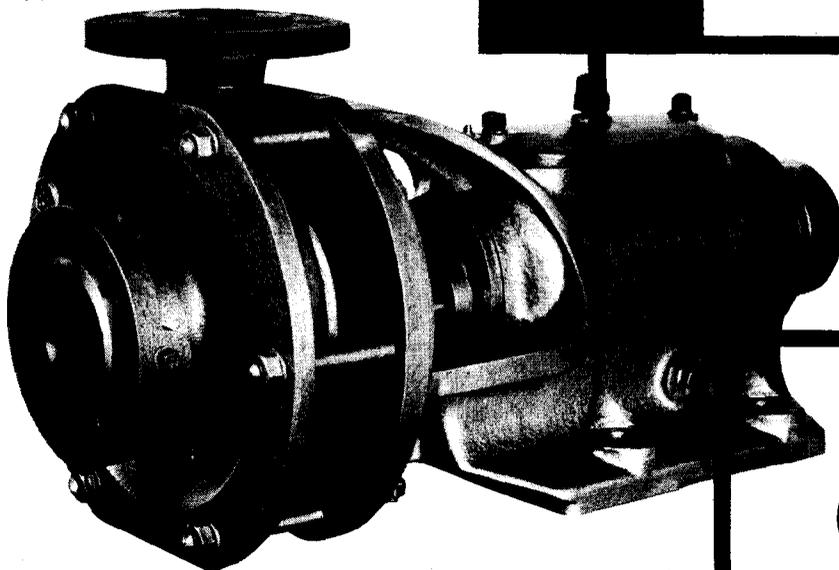
- 1) J.M. Keynes, im Vorwort zu H.D. Henderson: „Angebot und Nachfrage“; deutsche Ausgabe, S. III, Berlin 1924

- 2) J.A. Schumpeter: „Kapitalismus und Demokratie“; II. Auflage, S. 135, Bern 1950  
F. Machlup: „Wettbewerb im Verkauf“; S. 76, Göttingen 1966  
W. Eucken: „Die Grundlagen der Nationalökonomie“; 5. Auflage, S. 25 ff., Bad Godesberg 1947
- 3) F. Lutz: „Das Problem der Wirtschaftsprognosen“; S. 8 ff., Tübingen 1955
- 4) Walter W. Heller: „Das Zeitalter des Ökonomen“; S. 7, Tübingen 1968
- 5) derselbe, a.a.O., S. 51 f.
- 6) H. Albach: „Die Theorie des wachsenden Unternehmens“; aus „Theorie des einzelwirtschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Wachstums“; Schriften des Vereins für Sozialpolitik, Neue Folge, Band 34, S. 9 ff., von W. Krelle, Berlin 1965  
L. Pack: „Marktbezogene Führung als unternehmerische Aufgabe“; Z.f.Allg.u.Text.Marktwirtschaft, Heft 2/1969, S. 95 ff., Göttingen 1969  
H. Koch: „Betriebliche Planung, Grundlagen und Grundfragen der Unternehmenspolitik“; Wiesbaden 1961
- 7) K. Reif: „Verfahren der Bedarfsermittlung“; Z.f.Allg.u.Text.Marktwirtschaft, Heft 2/1969, S. 142 ff., Göttingen 1969
- 8) W. Kurth: „Die Projektion des Produktionsprozesses“; aus „Textilwirtschaft im Strukturwandel“ von W.G. Hoffmann, S. 328 ff., Tübingen 1966  
„Aspekte der textilwirtschaftlichen Expansion in der BRD“; a.a.O., S. 191 ff.  
H. Gerfin: „Langfristige Wirtschaftsprognose“; Tübingen-Zürich 1964
- 9) H. Wever, M. Stillhammer: „Savoy 1 - ein Programmsystem zur Bedarfsprognose“; Siemens-Schriftenreihe „data-praxis“, Programm-Bibliothek-Nr. 443 12 11201
- 10) E. Helmstädter: „Der Kapitalkoeffizient - eine kapitaltheoretische Untersuchung“; S. 207, Stuttgart 1969
- 11) R. Krengel u. Mitarbeiter: „Produktionsvolumen und Produktionsfaktoren im Gebiet der BRD“; Statistische Kennziffern, 7. Folge, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1967
- 12) H. Hesse: „Die Meßbarkeit des technischen Fortschritts, dargestellt am Beispiel Textilindustrie“; aus Z.f. Allg.u.Text.Marktwirtschaft, Sonderheft 1969, S. 16 ff., Göttingen 1969
- 13) W. Kurth: „Die Projektion des Produktionsprozesses“; a.a.O. S. 328 ff.
- 14) o. Verf.: „Europäische Konferenz - Technischer Fortschritt und Gemeinsamer Markt“; S. 265, Brüssel 1960
- 15) H. Albach; a.a.O., S. 45
- 16) V. Packard: „Die große Verschwendung“; S. 73, Düsseldorf 1961
- 17) B. Heneke u. W.Chr. Sonneborn: „Die regionale Verteilung der Textilnachfrage in der BRD, Kennziffern des Textilabsatzes an Einzelhandel, Großhandel und Konfektionsindustrie“; Schriften zur Textilwirtschaft, Bd. 6, Münster 1962
- 18) R. Stäglin: „Aufstellung von Input-Output-Tabellen, konzeptionelle und empirisch-statistische Probleme“; DIW-Beiträge zur Strukturforchung, Heft 4, Berlin 1968  
R. Stäglin u. H. Wessels: „Input-Output-Tabellen und Input-Output-Analysen für die BRD“; DIW-Beiträge zur Strukturforchung, Heft 6, Berlin 1969
- 19) A. Oberhauser: „Die innere und äußere Verflechtung der Textilwirtschaft“; Schriften zur Textilwirtschaft, Bd. 3, Münster 1959

- 20) W.D. Evans: "Marketing Uses of Input-Output-Data"; Journal Marketing, Bd. XVII, Nr. 1, S. 11 ff., New York 1952
- 21) H.P. Lösch: "Die Textilkonjunktur im Rahmen des allgemeinen Wirtschaftsablaufs, Ausmaß und Ursachen der erhöhten Instabilität der Textilindustrie"; Köln und Opladen 1969
- 22) E. Falz: "Wissenschaftliche Unternehmensführung"; aus Rationalisierung 20(12), 296 ff., München 1969
- 

*Das ist die*

**Chemie-  
Pumpe**  
für alle  
Anforderungen



**RCE**

4 Wellenabdichtungen nach dem  
Baukastensystem



**RHEINHÜTTE** Wiesbaden-Biebrich

## Rückblick und Ausblick

Generaldirektor Komm.-Rat Rudolf H. Seidl  
Präsident des Österreichischen Chemiefaser-Instituts, Wien

Mit über 600 Teilnehmern aus 22 Staaten verzeichnete die 9. Internationale Chemiefasertagung in Dornbirn wieder eine Rekordbeteiligung. Als Vorsitzender der Tagung konnte ich viele führende Repräsentanten der Chemiefaserindustrie und der Textilindustrie aus den USA, der UdSSR, der BRD sowie aus zahlreichen anderen führenden Industriestaaten West- und Osteuropas begrüßen. Der Generalsekretär der Internationalen Chemiefaservereinigung (CIRFS) in Paris entbot unserer Tagung die Grüße dieser Vereinigung und wies dabei auf den bevorstehenden 3. Weltkongreß der Chemiefaserindustrie im Jahre 1971 in München hin.

Das diesjährige Tagungsprogramm stand unter dem Rahmenthema „*Chemiefasern als Funktionselemente der Kleidung*“ und hatte damit einen besonders konsumentennahen Problembereich zum Gegenstand. Mit dem rasch zunehmenden Einsatz von Chemiefasern auf dem Sektor der Bekleidung hat die Bekleidungsphysiologie und die richtige Gestaltung, sowie die Pflege der Bekleidung an Bedeutung gewonnen.

Den einleitenden Vortrag hielt Professor Dr. Hermann Mark (New York - Brooklyn). Unter den Stichworten „Bekleidung - Hygiene - Tragekomfort“ berichtete er über neue zukunftsweisende Entwicklungen von Chemiefasern, welche den Forderungen nach bequemer und gesunder Bekleidung gerecht werden sollen.

Präsident Ernest Kaswell (Fabric Research Laboratories, Dedham) beleuchtete dasselbe Gebiet unter dem Gesichtspunkt des Aufbaues textiler Gebilde, wobei Fragen der Wärmehaltung, der Luftdurchlässigkeit und des Feuchte-transportes im Vordergrund standen.

In Vertretung von Professor Dr. Rogowin berichtete Professor Dr. Pakschewer vom Allunions-Forschungsinstitut in Moskau über erfolgreiche Versuche zur Verbesserung der Eigenschaften von zellulosischen Chemiefasern durch Pfropfen bestimmter synthetischer Fasersubstanzen, beispielsweise zur Erzeugung von Flamm-sicherheit, Blutstillung oder Abwehr von Bakterien.

Dr. Harald Chedron (Hoechst) machte grundlegende Ausführungen über den Aufbau von polymeren Fasersystemen, wie sie zur Herstellung von Kunststoffen bereits üblich sind, und deutete an, in welcher Hinsicht diese Erkenntnisse zukünftig auch für die Chemiefaserherstellung nutzbar gemacht werden können.

Seit einigen Jahren ist die Erzeugung texturierter Garne in rapider Entwicklung, und daraus hergestellte Artikel mit ihrer definierten Elastizität, Bauschigkeit und Luftdurchlässigkeit entsprechen in hohem Maße den Forderungen nach Tragekomfort.

Dr. Helmuth Stöhr (Enka-Glanzstoff) gab eine eindrucksvolle Darstellung des aktuellen Standes der Texturierungstechnik und ging dabei insbesondere auf die in Entwicklung befindlichen Verfahren ein, den Garnen gleich während des Herstellungsprozesses die gewünschte Kräuselung zu erteilen. Das bisherige Vorgehen, hierzu einen besonderen Prozeß anzuwenden, wird aber noch längere Zeit die führende Rolle spielen. Mit der zunehmenden Einführung texturierter Garne im Webereisektor erhöhen sich die an die Qualität der Garne und an die Sorgfalt der Weiterverarbeitung gestellten Forderungen.

Dr. Wolfgang Martin (BASF) diskutierte an Hand umfangreicher Versuchsergebnisse die Eigenschaften texturierter Garne aus Nylon 66 und Nylon 6 und zeigte auf, welche Schritte möglich sind, um aus beiden Rohstoffen praktisch gleichwertige Endprodukte herzustellen.

Der Direktor des Wollforschungsinstitutes Brünn, Dipl.Ing. Bohumil Reichstädter, hat in umfangreichen Laboruntersuchungen die Eigenschaften verschiedener Faserstoffe und Fasermischungen, die für die Lebensdauer von Bekleidungsstücken entscheidend sind, festgestellt. Die Veränderungen, die sich bei der Verarbeitung von Fasern, Garnen und Flächengebilden ergeben, und die praktische Abnutzung der Bekleidung stellten das Kernthema seiner Arbeiten dar.

Die eigentliche Bekleidungsphysiologie von Flächengebilden aus Stapelfasern wurde von Dr. Egidius Welfers (Hoechst) gewissenhaft untersucht. Er beschrieb Versuchsanordnungen zur Messung wichtiger Vorgänge, wie des Wasserdampftransportes und der Wärme sowie der elektrostatischen Aufladung, und kam zu dem Schluß, daß das für das Tragegefühl entscheidende Mikroklima über der Haut weitestgehend vom Gewebe- bzw. vom Gewirkeaufbau, vom Schnitt der Kleidungsstücke und von der Anzahl der textilen Schichten, aber praktisch nicht vom Fasermaterial als solchem abhängt.

Professor Dr. med. C. Carrié, Dortmund, hat sich in jahrelangen Untersuchungen mit der Wirkung von Chemiefasertextilien auf die Haut des Menschen befaßt und stellte fest, daß bei geeigneter Wahl von Gewebekonstruktionen und Ausrüstungen sehr günstige Verhältnisse erreicht werden können.

DDr. Wilhelm Nesswetha von der Enka-Glanzstoff berichtete als Arbeitsmediziner über den Zusammenhang zwischen inneren bzw. äußeren Belastungen des Menschen und dem Behaglichkeitsgefühl beim Tragen von Arbeitskleidung. Der Pulsfrequenz scheint dabei eine größere Bedeutung zuzukommen als der Höhe der Hauttemperatur.

Das spezielle Problem „Chemiefaserbekleidung für heiße Klimabedingungen“ zu entwickeln, wurde von Dr. Jürgen Mecheles, Forschungsinstitut Hohenstein, untersucht. Er stellte fest, daß die Aufnahmefähigkeit der Fasersubstanzen für Wasser nur eine untergeordnete Bedeutung hat und daß vielmehr die Faseroberfläche und der textile Aufbau der Bekleidung für die Abführung von Wasserdämpfen wesentlich ist.

In einem Podiumsgespräch, das Dr. O. Viertel, Wäschereiforschungsinstitut Krefeld, leitete und an dem Vertreter der Textilveredlungs-, der Konfektions-, der Haushaltswaschmaschinen-, der Waschmittel-, der Chemisch-Reinigungs- und der Chemiefaserindustrie teilnahmen, wurde der ganze breite und komplexe Bereich der Pflege und der Reinigung von Textilien diskutiert. Dabei kam man in steter Verbindung mit dem Auditorium zu dem Schluß, daß bei der Konstruktion von Textilien und bei der Herstellung der Kleidung mehr Rücksicht auf die spätere Pflege genommen werden sollten. Die umfassende Einführung von Pflegekennzeichnungssymbolen in Etikettform in allen Textilien ist für

den praktischen Gebrauch wichtiger als viele heute schon in Textilien angebrachten Kennzeichnungen anderer Art. Die vom „Symposium Pflegekennzeichnung“ angebotene Form der Unterrichtung der Konsumenten ist eine empfehlens- und nachahmenswerte Möglichkeit.

Den Abschluß der Tagung bildete wie immer ein Vortrag aus dem wirtschaftlichen Sektor. Dr. Raimund Maur (Universität Münster) stellte und beantwortete die Frage, was die Wirtschaftsforschung in der betrieblichen Praxis leisten kann, wobei sowohl die betriebliche Analyse und Planung als auch die Marktforschung als wichtige Hilfsmittel zur Unternehmensführung besprochen wurden.

---

## INSERENTENVERZEICHNIS

	Seite		Seite
Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG. D-6700 Ludwigshafen am Rhein . . . . .	143	W. Höhnel - Korrosionsschutz KG. 4021 Linz-Donau . . . . .	102
Barmag - Barmer Maschinenfabrik AG. D-5630 Remscheid-Lenep . . . . .	43	Höller-Eisen, Inh. Max Löberbauer 4810 Gmunden/OÖ. . . . .	111
Dr. Th. Böhme KG., Chem. Fabrik D-8192 Gartenberg/Obb. . . . .	119	Lindemann KG. D-4000 Düsseldorf . . . . .	13
Bühring & Bruckner, 1040 Wien . . . . .	51	W. Neuber KG., Chem. Fabrik 1060 Wien . . . . .	137
Chemiefaser Lenzing AG., 4860 Lenzing/OÖ. Anlagenbau . . . . .	62	Österr. Chemische Werke Ges.m.b.H. 1150 Wien . . . . .	137
SFBA . . . . .	112	Rheinhütte D-6020 Wiesbaden-Biebrich . . . . .	164
Werbung . . . . .	7	K. Rosenbauer KG., 4020 Linz-Donau . . . . .	85
Chemische Fabrik Stockhausen & Cie. D-4150 Krefeld . . . . .	103	G. Rumpel AG., 1015 Wien . . . . .	25
Deutscher Spinnereimaschinenbau Ingolstadt D-8040 Ingolstadt-Donau . . . . .	139	W. Schlafhorst & Co., Maschinenfabrik D-4050 Mönchengladbach . . . . .	87
Deutsche Steinzeug- und Kunststoffwarenfabrik D-6800 Mannheim-Friedrichsfeld . . . . .	153	Büro - Organisation, R. Streit 3300 Amstetten . . . . .	39
Ebenseer Solvay-Werke, Solvay & Cie., KG. 1015 Wien . . . . .	121	TITAN-GmbH. D-583 Schwelm (Westfalen) . . . . .	122
Farbenfabriken Bayer AG. D-509 Leverkusen-Bayerwerk . . . . .	135	Ing. Gottfried Tschamler, 1191 Wien . . . . .	23
Geigy - Warenhandelsges.m.b.H., 1011 Wien . . . . .	15	Werner & Pfleiderer, 1171 Wien . . . . .	75

*Wir laden nur jene Firmen ein, in dieser Hauszeitschrift zu inserieren,  
die wir auf Grund jahrelanger Zusammenarbeit mit unserem Unternehmen unseren  
Freunden und Lesern gewissenhaft weiterempfehlen können.*

**DIE REDAKTION**