

# „E-BIZ AND HIGH TECH IN OLD ECONOMY“ - DIE ROLLE DER LENZING AG ALS PARTNER FÜR DIE TEXTILINDUSTRIE

Jochen Werz

Lenzing AG, A - 4860 Lenzing, Österreich

Die Lenzing AG sieht sich als innovativer Partner der Textilindustrie. In der Textilindustrie ergeben sich durch die neuen Möglichkeiten der New Economy in Verbindung mit dem intensiven Wettbewerbsdruck Ansätze für einen Paradigmenwechsel. Wurde das Geschäftsleben bislang von der „Old Economy“ bestimmt, die durch Eigenschaften wie linear, mechanisch, analog, rigid, zentral, und relativ stabil bzw. tendenziell statisch charakterisiert werden konnte, so gab's in der jüngeren Vergangenheit einen Wechsel hin zu E-biz und High Tech, die durch Schlagworte wie networking, organisch, digital, flexibel, unabhängig und dynamisch geprägt sind.

Die Lenzing AG – mit dem Gründungsjahr 1938 ein traditionsreiches und alteingesessenes Unternehmen - kann als „World leader in cellulose fiber technology“ als „Kritische Masse“ im Zentrum eines Netzwerks bieten, das sich über die gesamte textile Kette bis hin zum Konsumenten erstreckt. Die „Kritische Masse“ ist aufgrund der Größe von Lenzing als der führende Zellulosefaser-Hersteller der Welt gegeben, welche eine entsprechende Infrastruktur von Dienstleistungen ermöglicht (vgl. Faser-Services bzw. AWETA). Diese Position ist naturgemäß von großer Bedeutung für die Entwicklung von e-business in der Industrie.

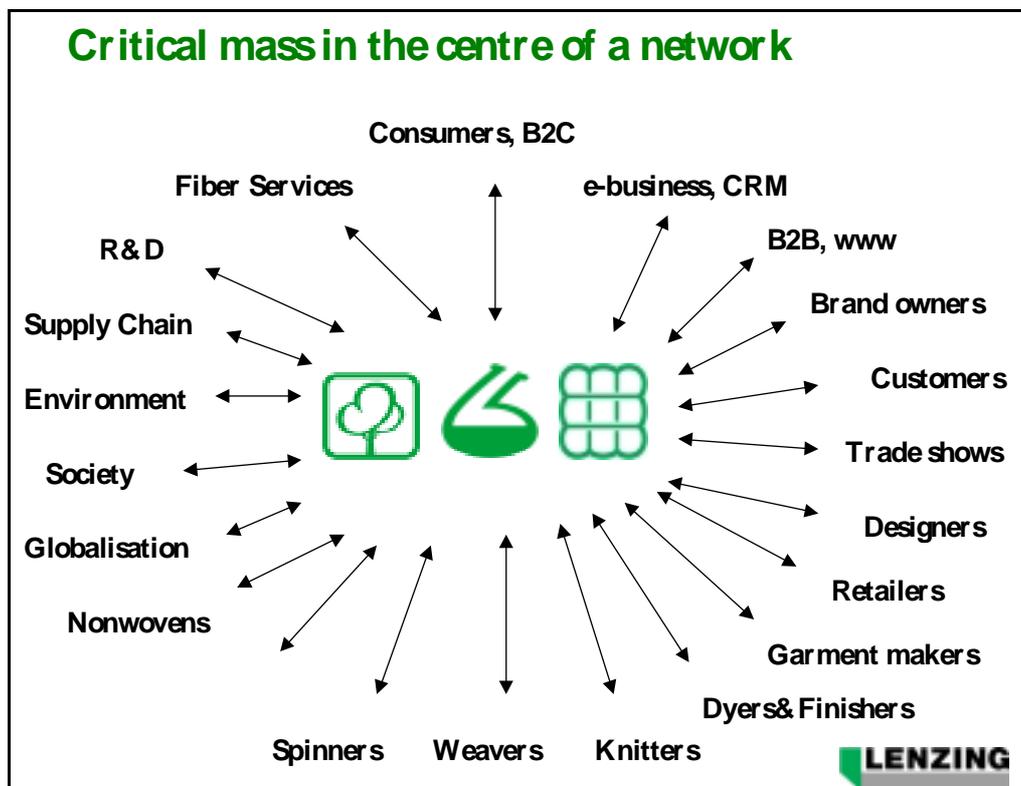


Abbildung 1.

Aber nicht nur unser Geschäftsgebaren wurde einem einschneidenden Wandel unterzogen. Ein neues Management hat im Konzern einen Struktur- und Kulturwandel ermöglicht, der unter an-

derem gekennzeichnet ist durch eine umfangreiche Reorganisation, die Verselbständigung der Geschäftsbereiche Lenzing Technik und Lenzing Plastics, und durch ein erfolgsorientiertes Ent-

lohnungsschema. Dieses Bemühen um eine wertorientierte Unternehmensführung zeigt auch bereits „Früchte“ in Form einer starken Ergebnissteigerung, und einer wesentlich besseren Bilanzstruktur.

Die Lenzing Gruppe ist als einziger Global Player mit eigenen Produktionsstätten in allen wichtigen Weltmärkten – Europa, USA und Asien – vertreten.

Wir können seit der Gründung auf die Erfahrung von kumuliert rund 6 Mill. produzierten Tonnen Cellulosefasern zurückblicken, eine Erfahrung,

die mit jedem produzierten Kilo Fasern wächst, und von der vor allem unsere Geschäftspartner und Kunden in der textilen Kette profitieren. Verbunden mit der Steigerung der Produktionsmengen hat sich auch der Weltmarktanteil der Lenzing Gruppe an Viskosefasern in den letzten zehn Jahren mehr als verdoppelt. Mit einer Steigerung von 9% im Jahr 1990 auf derzeit 21% haben wir unsere Weltmarktstellung auf eindrucksvolle Art und Weise ausgebaut und gefestigt.

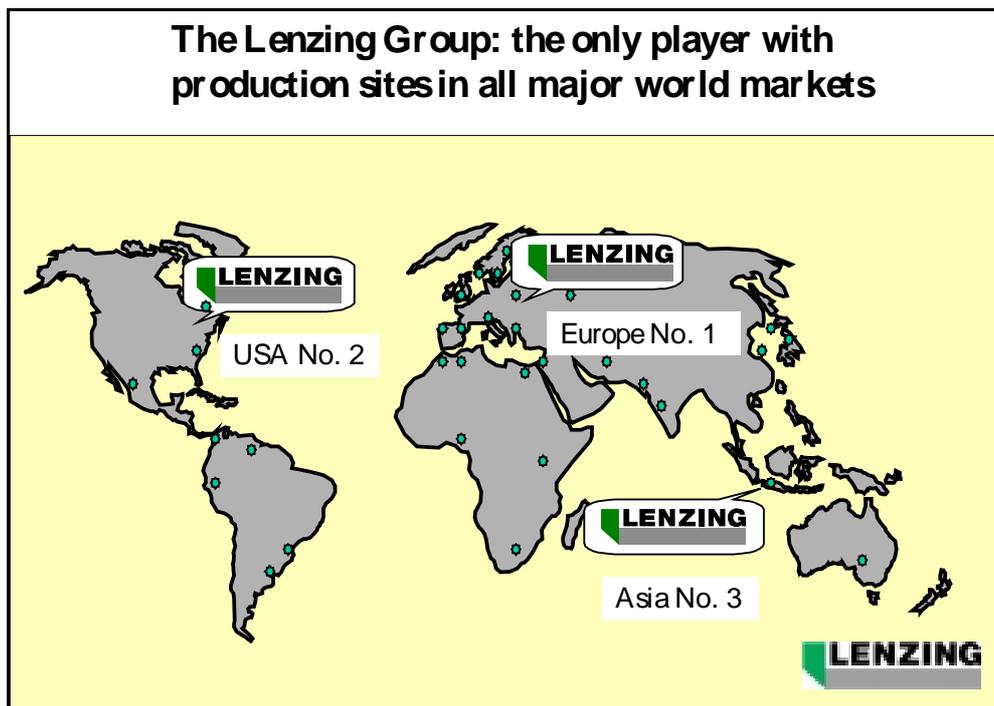


Abbildung 2.

### High Tech in Old Economy

Kompetenz im Bereich des Kerngeschäftes, unsere Technologie-, Qualitäts- und Kostenführerschaft bei Cellulosefasern sind die Schwerpunkte der Lenzing-Strategie. Seit dem Jahr 1996 können wir diesbezüglich mit einer deutlichen Senkung der Kilokosten für Fasern – immerhin 20% - aufwarten.

Weiters legen wir großes Augenmerk auf unsere neue Marketingstrategie, in deren Rahmen wir uns vor allem auf High Margin Produkte und den Aufbau von Brands konzentrieren wollen. Teil dieser Marketingstrategie ist auch das Engagement von Naomi Campbell als Werbeträgerin für Fasern aus dem Hause Lenzing. Denn unser Kerngeschäft ist und bleibt neben all unseren

anderen Aktivitäten die Produktion von Fasern, die mit 78% auch den Löwenanteil unseres Umsatzes ausmachen.

Zum Schlagwort „High Tech in Old Economy“ gehört dementsprechend auch unser Bekenntnis zu kontinuierlicher Forschung & Entwicklung als strategischem Erfolgsfaktor.

Wir verstehen unser „Flaggschiff“ in Lenzing als Kompetenzzentrum für Cellulose und Cellulosefasern, und beschäftigen in diesem Bereich mehr als 100 hochqualifizierte F&E-Spezialisten. Deren Kompetenz wird ergänzt durch eine Vielzahl von Forschungsk Kooperationen mit internationalen Forschungsinstituten und Universitäten. Aus diesen Aktivitäten des Hauses Lenzing resultieren auch eine Vielzahl namhafter wissenschaftlicher Publikationen.

Wir bieten Forschungsdienstleistungen aber auch für Interessenten außerhalb unseres Konzerns an und kooperieren mit einer Reihe von industriellen Partnern auf dem Gebiet der Zellstoffforschung, bei der Entwicklung weiterer Produkte aus Cellulose – wie Folien und Schwämmen - und des Umweltschutzes

Lenzing ist weltweit der einzige Komplettanbieter von Man-made Cellulosefasern, der sowohl Viskose als auch Modal und Lyocell-Fasern im Produktprogramm hat. Die hohe Innovationsrate offenbart sich auch bei der Betrachtung unseres Produktmixes, der bereits zu 58% aus Spezialfasern besteht.

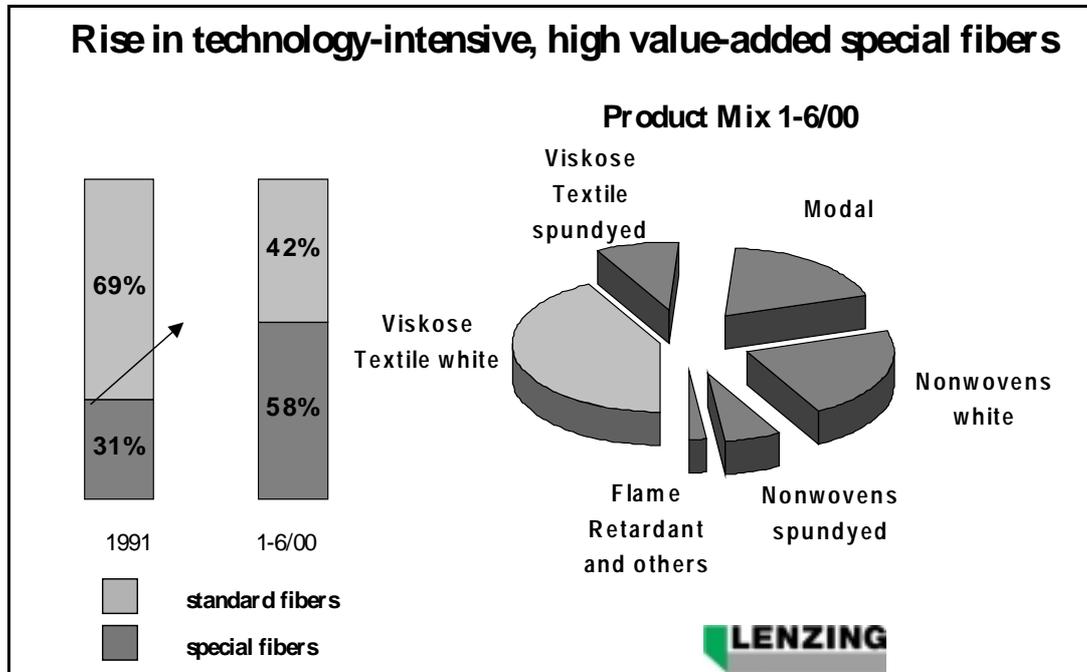


Abbildung 3.

Spezialfasern mit flammhemmenden Eigenschaften, Fasern mit integriertem Sonnenschutz oder hoher Saugfähigkeit für Hygieneanwendungen oder ähnliche Spezialitäten befinden sich im Lenzing-Portfolio.

Besonders stolz sind wir auf unsere Lenzing Lyocell Faser, der auch dieses Symposium gewidmet ist. Die Erklärung der technischen Eigenschaften und der damit verbundenen Möglichkeiten, die hinter dieser neuen Fasergeneration stecken, möchte ich meinen Kollegen überlassen. Ich will hier nur die Meilensteine, Lenzing Lyocell betreffend, bis zum heutigen Tag aufzeigen. Bereits im Jahr 1986 hat man sich im F&E-Technikum der Lenzing AG mit der NMMO-Faser, das war der damalige „Arbeitsname“ für die neue Faser, beschäftigt. Um Erfahrungen in der Produktion zu sammeln, wurde 1990 eine Pilotanlage in Betrieb genommen und bereits 1997 (zwei Jahre nach der Grundsteinlegung) begannen wir mit der großkommerziellen Produktion in unserem Werk in Heiligenkreuz/Burgenland. Nach anfänglichen „Kinder-

krankheiten“ haben wir im Sommer 2000 die Kapazität auf 20.000 to erhöht und mittlerweile sind 150 Mitarbeiter mit der Produktion von Lenzing Lyocell beschäftigt.

Unsere Ziele für die Zukunft von Lenzing Lyocell sind eine weltweit offensive Marktpenetration, die kontinuierliche Erhöhung der Verkaufsmenge, eine weitere Diversifizierung der Anwendungen und die Entwicklung alternativer Produkte. Hier beschäftigen wir uns zur Zeit vor allem mit der Entwicklung von Folien aus Lenzing Lyocell.

### Lenzing – Bet on the Right Horse!

Aber nicht nur unser Stellung am Weltmarkt haben wir Lenzinger ausgebaut, auch in Westeuropa ist unser Marktanteil seit 1980 um 27% gestiegen (1980: 15%; 1999: 42%). Von 16 Produktionsstätten für Cellulose-Fasern im Jahr 1980 sind bis 1999 noch 6 übrig geblieben – und dazu gehört erfreulicherweise auch die Lenzing AG.

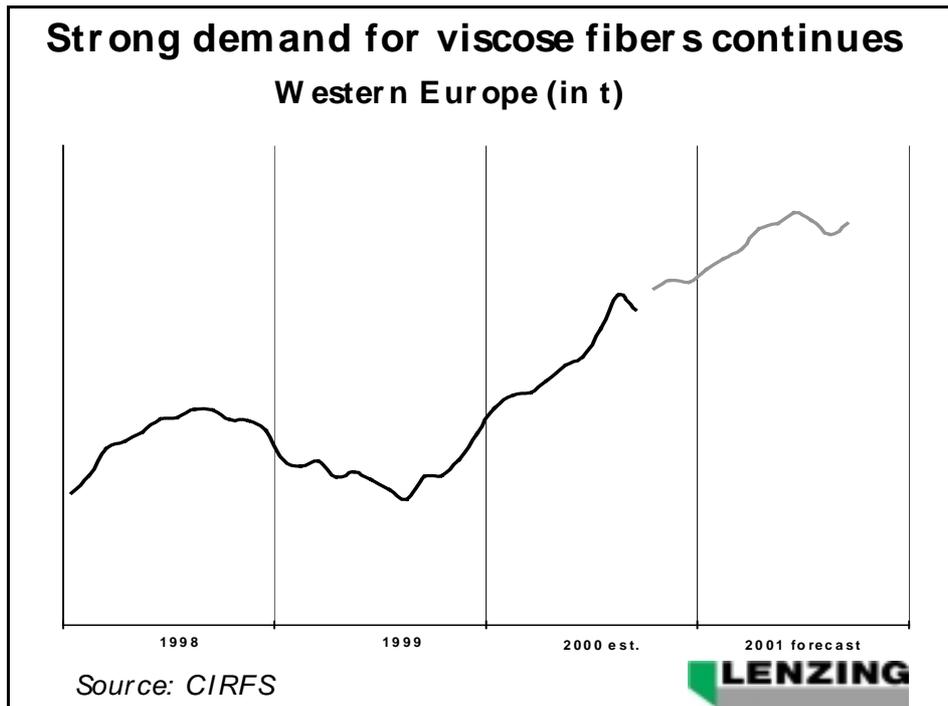


Abbildung 4.

Betrachtet man die Prognosen des CIRFS, betreffend die Nachfrage nach Viskosefasern in Westeuropa, so stimmt dieser Ausblick ausgesprochen optimistisch: Denn diesen Prognosen zufolge

hält die starke Nachfrage nach Viskosefasern bis ins Jahr 2001 an. Womit einem weiteren erfolgreichen Geschäftsjahr der Lenzing AG nichts mehr im Wege steht.

## MANMADE CELLULOSICS: FROM STANDARD TO SPECIALTY

**Haio Harms**

Lenzing AG, R& D, A- 4860 Lenzing, AUSTRIA

How does it come that in the last decade the number of publications and specialised conferences on manmade cellulose has rapidly increased, that new products and processes are being introduced and that new grassroots plants are being installed? It cannot be denied that there is an amazing amount of activity going on! But what is it, some fresh leaves on an old trunk, or is it springtime and trees just have started to grow again after a quiet season?

In cellulose it is natural to talk about trees: it is trees and their cellulose which makes them different to all other man-made fibers. Whenever outstanding mechanical properties, durability, a special functionality or price was the issue, cellulose were replaced by synthetics. But it seems that there is an end to this situation! It is the cellulose which makes people feel comfortable in dresses or sheets made of cotton or linen, and the same is true for man-made cellulose made of wood pulp. All cellulose show a balanced set of general features, some advantages with respect to fashion and appearance and a wide scope of specialised functions, but their uniqueness is their specific control of moisture and the physiological benefit and wearing comfort for the end-user.

Within the last 20 years, about 700.000 tons of viscose staple fiber capacity has been installed in new grassroots plants mainly in the Far East. It is only a question of time until China, more than aware of the one-sidedness of investments in synthetics, is going to install new capacities. But recently, even in Western Europe, expansion programs are on their way again. Viscose is no longer the only significant man-made fiber as it used to be at the beginning of its development, but it has successfully managed the transition from a cheap substitute commodity for cotton to an upmarket product with special features for many differentiated market segments.

Of course, today's "standard" viscose is no longer the viscose fiber of 100 years ago! The

continuous development efforts of a few key manufacturers have resulted in a significant improvement of the performance. This is particularly important in the field of textile applications. If a relatively high percentage of viscose fibers is used in high performance spinning and weaving mills in Western Europe today, it is because of a drastic improvement of their mechanical and technological properties. ProViscose by Lenzing will be the next step in the direction of an even higher performance in textile processing.

It has been the moisture absorbency of cellulose, which - apart from excellent processing properties - has been the reason for the success in non-wovens and technical applications, presently the fastest growing segment, already amounting to 45% of the viscose consumption in Western Europe. But also new fibers with special functions have started to be of interest: trilobal viscose designed for improved water retention in hygiene products, "Fresh" fibers for applications where smell and growth of microorganisms is undesired, fibers with ion exchange properties for effluent treatment etc. Increasingly, the customers commitment in this type of development is shown by their direct involvement in vertically integrated cooperative projects as carried out under the R&D Framework Program of the EU, for example.

Special functions are, of course, also of particular importance for the textile market. Support of innovative looks, new drapes, new hands and special effects as well as improved processing properties are decisive for a success in the fast changing and fashion driven textile world. And here the wide technological basis available with the viscose, modal and recently also the lyocell process, offers a large basis for producing all the variety of fibers for special needs of the market.

Standard viscose is the work horse! By incorporation it is possible to produce an amazing scope of spun-dyed fibers and fibers with tailor made

functions. A new fiber with improved dyeing properties is in the pipeline. Modal on the other hand has an unmatched softness. It is the fiber with the lowest fibrillation tendency of all cellulose, including cotton and all other natural fibers, and has a better dimensional stability. The matching dyeing behaviour and mechanical properties make it an outstanding blending partner for cotton, which for instance is used for the production of attractive knits. The higher basic strength of modal is the basis for the production of some specialty fibres: micro-deniers, UV-protection and flame retardant properties are only a few of the features in that field. Textiles made of lyocell, the youngest fiber in the family, give the skin a cool and fresh feeling. They have a very soft, flowing drape and the inherent fibrillation can be used to produce a silky peach-skin hand. This “feel good fiber” is stronger than modal and has even better dimensional stability. New types with suppressed fibrillation tendency should be used where special surface effects are not the issue. Lyocell also offers specific advantages for technical textiles.

However, the benchmark for man-made cellulose in mainstream textiles is prime quality

cotton. Nature is still able to do several things better than our present industrial processes can. But it seems doubtful whether cotton supplies in the future will be able to cope with the growing demand for textiles. With the new lyocell process the benchmark cotton has, for the first time, come within reach, even if present day lyocell fibers will need further improvement. The production costs will come down by improving the productivity and by efforts to develop reasonably priced pulps of appropriate quality. With an improved understanding of the physics and chemistry of pulp, really fundamental innovations in processes and products can be expected. As soon as the lyocell process can be practically modified to produce fibers with the excellent existing properties and also with the additional utility value of cotton, a huge growth potential will open up. The “European Award for the Environment, 2000” for the Lenzing Lyocell process is the EU’s acknowledgement of the importance of this innovation.

All the odds are that the present situation is the beginning of a new springtime for man-made cellulose!

**DAS „LENZING LYOCELL PROJEKT“ – START IN EIN NEUES ZEITALTER  
DER GROßTECHNISCHEN ZELLULOSEFASERHERSTELLUNG IN EUROPA  
SIEGER DES EUROPÄISCHEN UMWELTPREISES 2000 IN DER KATEGORIE  
*TECHNOLOGY AWARD FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT***

**Wolfram Kalt, Bernd Zauner**

Lenzing Lyocell Ges.m.b.H. und Co. KG  
Industriegelände 1, A-7561 Heiligenkreuz, Österreich  
phone: +43-3325-4100-200; fax: +43-3325-4100-401

**Kurzbeschreibung der Einreichung zum Europäischen Umweltpreis**

- Am Standort Heiligenkreuz im Südburgenland, Österreich, wurde auf Basis einer neuen Schlüsseltechnologie zur Umwandlung von Cellulose aus Holz eine erste kommerzielle Großanlage zur Produktion neuartiger Zellulosefasern in Europa errichtet.
- Die Produktion der neuen „High-tech“ Fasern über das sogenannte Lyocell (früher: NMMO-) Verfahren erfolgt aus dem natürlichen und nachwachsenden Rohstoff Holz und setzt völlig neue Standards im Bereich Ökologie und Ökonomie der Faserherstellung
- Die Kommerzialisierung der NMMO-Technologie stellt eine unabhängige Entwicklung der Lenzing AG dar, einem Marktführer im Bereich der Viskosefaserproduktion, der weltweit nach vergleichsweise höchsten Umweltstandards produziert.

**Die größten Errungenschaften dieses Projekts**

- Die Kommerzialisierung der Lyocell-Technologie stellt einen Meilenstein für die gesamte europäische Textilindustrie dar.
- Die Lyocell-Technologie stärkt die Position der europäischen Faser- und Textilindustrie gegenüber den Niedriglohnländern im Fernen Osten.
- Zudem wird damit ein High-tech Produktion mit außergewöhnlich hohen Umweltstandards und sehr attraktiven ökonomischen Aspekten kombiniert.
- Der Lyocell Prozess hat nicht nur das Potential, bestehende Technologien zu ersetzen,

sondern er stellt darüber hinaus die erste neue Faserentwicklung seit Jahrzehnten dar. Dadurch drängen neue und innovative Produkte auf den Markt, die einen großen Einfluss auf die gesamte Zellulosefaserindustrie haben werden.

**Einige Schlüsselargumente für die neue Technologie**

***Innovation.***

- Die Lyocell Technologie basiert auf einem neuen kommerziell anwendbaren Verfahren, bei dem die Zellulose sehr einfach über ein sogenanntes Direktlöseverfahren in ihrer Form verändert und in verschiedenste neue Produkte überführt werden kann.
- Als „Lösungsmittel“ wird dabei NMMO (*N*-Methylmorpholin-*N*-oxid) verwendet, eine ungiftige und biologisch vollständig abbaubare Substanz.
- Die Zellulose wird in diesem Verfahren physikalisch gelöst, der Vorgang ist vergleichbar dem Auflösen von Zucker in Wasser.
- Lenzing kommerzialisierte den Lösungsmittel-Spinnprozeß zur Herstellung von Fasern auf Basis der NMMO-Technologie als erstes Unternehmen in Europa.
- Die Lyocell-Technologie ist ein Verfahren der geschlossenen Kreisläufe und damit extrem ressourcensparend.

***Vorteile für die Umwelt.***

- Der Rohstoff dieses Verfahrens ist Holz – eine natürliche und schnell nachwachsende Primärquelle.
- Das Lösungsmittel NMMO wird zu mehr als 99.6% rückgewonnen, dadurch entsteht nur ein

sehr geringer Nachfüll- (feed-up) Bedarf an Lösungsmittel.

- Das Lyocell-Verfahren ist ein hochtechnologisches Verfahren, das emissionsseitig vergleichsweise zu geringster Land-, Luft- und Wasserbelastung führt. Durch weitgehend geschlossene Kreisläufe ergibt sich ein extrem niedriger spezifischer Wasserverbrauch.

- Sowohl die Zellstoff- als auch die Lyocell Faserherstellung, erfolgt völlig chlorfrei (TCF). Lenzing ist der einzige Zellulosefaserproduzent weltweit der Viskose, Modal und Lyocell Fasern nach dieser besonders umweltfreundlichen Erzeugungsmethode anbietet.

- Reine Zellulosefasern sind zu 100% biologisch abbaubar.

	Lyocell	Viskose	Baumwolle	Polyester
<b>Wasserverbrauch (l/kg)</b>	100	250-500	7000-20000*	-
<b>Landverbrauch (m<sup>2</sup>/kg)</b>	17-66	17-66	66-200	-
<b>Chemikalienverbrauch(_g/kg)</b>	345	-	350	-
<b>Energieverbrauch (MJ/kg)**</b>	20-45	-	20-40	70

\* wo Bewässerung notwendig ist

\*\* nicht erneuerbare Primärenergie

### ***Gesellschaftliche Vorteile.***

- Durch die NMMO-Technologie ergeben sich exzellente Arbeitsbedingungen, die einen neuen Standard für die Zellulosefaserindustrie setzen.
- Die Lyocell Fasern entsprechen allen Ökotex Standards und geben damit dem Konsumenten die Sicherheit eines natürlichen und unbelastenden Produkts.
- Mit den Förderungen für den Produktionsstandort Heiligenkreuz (ein führendes Industrieprojekt in einer wirtschaftlich schwachen Region) leisteten sowohl die EU, als auch der Staat Österreich zusammen mit den burgenländischen Behörden - und nicht zuletzt die Lenzing AG - einen sehr wichtigen Beitrag für die regionale wirtschaftliche Entwicklung eines Gebiets an der EU-Außengrenze zu Osteuropa.

### ***Ökonomische Vorteile.***

- Der Lenzing Lyocell-Prozess und die daraus hergestellten Produkte geben der europäischen Textilindustrie neue Chancen, um gegen die Faserimporte aus den Niedriglohnländern des Fernen Ostens auch in Zukunft bestehen zu können.
- Zudem werden durch die Errichtung neuer Produktionsstandorte in Europa wichtige Industriearbeitsplätze gesichert.
- Unter der Annahme von vergleichbaren Kapazitäten und einer weiteren Technologieoptimierung (in der jungen Technologie steckt noch viel ungenütztes Potential), wird die nächste Generation von

Lyocell-Anlagen der Viskosetechnologie im Bereich der Investitions- und Betriebskosten zumindest ebenbürtig sein, Vorteile in Teilbereichen sind sehr wahrscheinlich.

### **Bisherige Entwicklungsschritte**

- Die Investitionen der Lenzing AG in die neue Technology übersteigen mittlerweile 135 MIO Euro.
- Die Kapazität des Produktionsstandortes in Heiligenkreuz wurde erst kürzlich auf 20.000 to/Jahr erweitert.
- Obwohl die erste europäische Lyocell-Großproduktion unter sehr schwierigen Marktbedingungen gestartet wurde (so erfolgte 1997 im Zuge der Asienkrise ein starker Rückgang des Faserabsatzes) plant das Unternehmen im Zuge der immer positiver verlaufenden Entwicklung der neuen Faser nun den weiteren Ausbau des Werkes Heiligenkreuz. Durch die Implementierung einer zweiten Produktionslinie am Standort wird die vorhergesehene wirtschaftlich gesunde Struktur entstehen, auf der die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsrechnungen für die nächsten Jahre basieren.
- Die Lenzing Lyocell Fasern etablieren sich in immer mehr neuen Produkten.
- Die Fasernormungsstelle, BISFA, hat die Lyocell Faser als eigene Gattung im Bereich der Zellulosefasern aufgenommen.

## Wachstumspotentiale

- Die Lenzing AG, die über die Lenzing Lyocell GmbH&Co KG die erste europäische Lyocell-Großanlage mit der Unterstützung der europäischen Union errichtet hat, hat die Bedeutung dieser neuen Technologie für den Europäischen Markt sehr früh erkannt.
- Die neue Technologie, die sich weltweit in den Händen von zwei Unternehmen befindet, eröffnet wichtige Chancen für zukünftige Produktionsstandorte in Europa.
- Hier kann damit die Führungsrolle in der Herstellung und Verarbeitung umweltfreundlicher Zellulosefasern weiter gefestigt und ausgebaut werden.
- Die Technologie wird sich jedoch in der nahen Zukunft zweifelsfrei auch in asiatischen Ländern etablieren.
- In Europa werden nicht nur die Faserhersteller von dieser neuen Entwicklung profitieren, positive Auswirkungen sind für die gesamte textile Kette abzusehen.
- Bereits jetzt nutzen viele europäische Kunden der Lenzing Lyocell Ges.m.b.H. (Llaudet in Spanien, Maclodio in Italien, Feldkirch in Österreich, Kulmbacher in Deutschland, Arco in Portugal, Tiba in Tschechien, etc.) die Marktvorteile, die sich durch die Verarbeitung von Lyocell ergeben.

## Quellenangaben

Verschiedene Detailangaben zur europäischen Einreichung sind auch in den Projektunterlagen zum Umweltpreis der Österreichischen Industrie 1998 aufzufinden. Darin war u.a. ein Datenvergleich von Lyocell mit Baumwolle enthalten, wobei in wesentlichen Belangen auf Publikation [1] verwiesen wurde.

Für einen detaillierten Vergleich der Verbrauchs- und Emissionsdaten von Viskose mit Lyocell wurden einerseits Angaben aus der Literatur verwendet [2], [3], [4], andererseits publizierbare Daten aus der Produktionsanlage Heiligenkreuz herangezogen.

Literatur zum Umweltpreis ist ebenfalls im Internet abrufbar. [5]

- [1] H. Firgo; D. Eichinger; M. Eibl: "Lyocell – eine ökologische Alternative"; Lenzinger Berichte 75, 1996.
- [2] J. Schmidtbauer und B. Böhringer, Lenzinger Berichte Nr. 75, 1996, 15-22
- [3] R. Pleva, *Öchem. Z.* **1995**, 4, 131 – 133.
- [4] Wolschner *et al.* *Lenz. Ber.* **1996**, 75, 9-13. Cellulosic Fibre Industry - Economic and ecological Aspect of further developments.
- [5] <http://www.lenzing.at/d/index.html>  
<http://www.eu-environment-awards.org>  
[http://www.sage-rsa.org.uk/projects/jan\\_lenzing.html](http://www.sage-rsa.org.uk/projects/jan_lenzing.html)

## NEUES VOM PRODUKTIONSSTANDORT HEILIGENKREUZ

### Wolfram Kalt

Lenzing Lyocell Ges.m.b.H. und Co. KG  
 Industriegelände 1, A-7561 Heiligenkreuz, Österreich  
 phone: +43-3325-4100-200; fax: +43-3325-4100-401

**Die im Südburgenland errichtete jüngste Produktionsstätte der Lenzing AG hat bewegte Tage hinter sich. In letzter Zeit mehrten sich aber die positiven Anzeichen, dass die in den Jahren 1998 und zum Teil auch 1999 im Zusammenhang mit den Einführungsschwierigkeiten der neuen Lyocell Faser am Markt erlebte Talsohle für den Standort durchschritten ist und es wieder**

**deutlich aufwärts geht. An den Themenschwerpunkten**

- **Kapazitätsausbau der Produktion**
- **Erweiterung der Typenvielfalt und**
- **Nominierung zum Europäischen Umweltpreis**

**wird dies verdeutlicht.**

Der Standort Heiligenkreuz hat in der kurzen Zeit seines Bestehens bereits eine wechselvolle Geschichte erlebt.

Nach einer für den Gesamtkonzern Lenzing schwierigen Standortdiskussion und der letztendlichen Festlegung auf Heiligenkreuz im Südburgenland wurde von Oktober 1995 bis Juli 1997 in knapp 20monatiger Bauzeit nahe zur ungarischen Grenze das modernste Faserwerk der Welt errichtet.

Ursprünglich noch für zwei Produktionslinien mit jeweils 10.000 Jahrestonnen (jato) Produktion geplant, änderten sich die Zielsetzungen noch während der Umsetzung auf 12.000 und danach sogar auf 14.000 jato. Vorerst wurde aber nur die Produktionslinie 1 komplett ausgeführt. Linie 2 wurde in dieser ersten Errichtungsphase nur in Teilbereichen realisiert - der Einbau und die Inbetriebsetzung der noch fehlenden Anlagen war für Mitte 1999 vorgesehen.

Bereits kurz nach dem punktgenauen Start der Produktion am 02. Juli 1997 mussten die hochangesetzten Erwartungen revidiert werden. Ausgehend von Asien war im Herbst 1997 eine massive Verschlechterung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eingetreten, die insbesondere in den Kernländern der Lyocell Einführung und Verarbeitung die Absätze

drastisch absinken ließ. Auch in Europa und Amerika war die Krise zu spüren. Der Drang, in dieser Phase rückläufigen Wachstums neue Produkte einzuführen, war nur in sehr geringem Ausmaß gegeben.

Die neue „Lenzing Lyocell Faser“ benötigte aber Entwicklungen und auch viele kundenseitige Bemühungen zur erfolgreichen Einführung. Die für eine breite Anwendung noch schwierige und zu diesem Zeitpunkt auch nicht unbedingt billige Ausrüstung der Faser schreckte in der kommerziellen Umsetzungsphase selbst langjährige Lyocell Kunden ab, und es wurde da und dort sogar die Frage laut „ob denn die Faserwelt wirklich eine neue Cellulosefaser brauche“?

Bis Mitte 1999 halten die Absatzprobleme der neuen Faser an und lassen auch über dem Standort Heiligenkreuz dunkle Wolken aufziehen. Eine massive Unterauslastung der Linie 1 und deutlich höhere Anfahrverluste als geplant erfordern vielerorts sehr starke Nerven, und es waren nicht nur das Lyocell Werk und seine Betreiber, die damit zu kämpfen hatten, sondern das gesamte wirtschaftliche Umfeld im neu errichteten Industriepark. An eine zeitgerechte Umsetzung der Linie 2 war in dieser Phase nicht zu denken und dennoch - die

definitive Nachricht von der Verschiebung aller Planvorhaben rund um Linie 2 traf viele, die insgeheim doch noch auf einen Ausbau gehofft hatten.

Nur den außerordentlichen Bemühungen aller Beteiligten und Partner ist es in dieser Phase zu verdanken, dass der Bestand und die Fortführung des Werkes gesichert werden konnten.

Im besonderen waren es vor allem auch Bemühungen der gesamten Lenzing Gruppe zur Trendumkehr am Markt, sowie enorme Anstrengungen am Standort Heiligenkreuz, um

- die Technologie- und Produktkompetenz zu festigen,
- Innovationsleistungen zu forcieren und
- eine nachhaltige Kostenoptimierung zu erzielen.

Ab Mitte 1999 tragen die gemeinsamen Anstrengungen langsam Früchte, es sind wieder zunehmend „Good News“ rund um die Lenzing Lyocell zu vernehmen.

In einem sich erholenden Marktumfeld kommen neue Lenzing Konzepte, wie jenes der „Pro Viskose“, gut an, zeitgleich eröffnen neue Fasertypen neue Märkte. So wird eine Lyocell „Nonwovens Type“ herausgebracht, eine im Haus Lenzing entwickelte „Low fibrillation“ Faser erfolgreich auf die Großproduktion übertragen, und es werden mit einer hochqualitativen „Mikro Lyocell Faser“ bemerkenswerte Kundenentwicklungen möglich gemacht.

<b>Aktuelle Standard Typen für Textile Anwendungen</b>				
Mikro-Lyocell	0,9 dtex	/ 34 mm	/ glzd	
Lyocell	1,3 dtex	/ 38 mm	/ glzd	
Lyocell	1,7 dtex	/ 38 mm	/ glzd	
Lyocell	2,2 dtex	/ 50 mm	/ glzd	
Lyocell LF	1,3 dtex	/ 38 mm	/ glzd	NEU!
<b>Standard Type für Non Wovens Anwendungen</b>				
Lyocell	1,7 dtex	/ 38 mm	/ matt	NEU!

Ab Ende 1999 verstärkt sich dieser positive Trend, es ist auch an den Verkaufszahlen wieder eine stabile Aufwärtsentwicklung erkennbar. Diese Entwicklung erfordert dann binnen kurzer Zeit sogar Zusatzmaßnahmen zur Abdeckung des

Bedarfs und resultiert auch in einem Kapazitätsausbau der vorhandenen Linie 1 in Heiligenkreuz.

Die notwendigen Aktivitäten werden noch im Herbst in Angriff genommen, und bereits im Frühjahr 2000 sind es nur mehr abschließende Arbeiten an Schüsselaggregaten, die in einem mehrwöchigen Stillstand durchgeführt werden.

Die dabei erzielte Erweiterung der Linie 1 von 12.000 auf 20.000 jato Nominalleistung hat sehr positive Signalwirkung. Nicht nur für die Lyocell Faser, die damit trotz aller Bedenken ein kräftiges Lebenszeichen setzt, sondern auch für das erfolgreiche Lenzinger Verfahren und v.a. für den Standort, der mit dieser Maßnahme wieder deutlich an Dynamik gewinnt.

Die inzwischen erfolgte Wiederaufnahme der Planungen zum Ausbau der Linie 2 ist ein klares Indiz, dass wieder auf eine Zukunft mit Wachstum gesetzt wird. Natürlich müssen zuvor noch die erarbeiteten Positionen im Markt nachhaltig abgesichert und ausgeweitet werden und auch vor Ort in Heiligenkreuz noch weitere Potentiale bei Linie 1 gehoben werden.

Die im September 2000 erfolgte Nominierung für die „European awards for environment“ der Europäischen Union unterstützt Lenzing Lyocell bei diesem Vorhaben und gibt Produktion und Vermarktung gleichermaßen einen wichtigen Rückhalt.

Als 1998 ausgehend von Heiligenkreuz die Projekteinreichung für den Umweltpreis der Österreichischen Industrie erfolgte, hatte noch niemand an die Möglichkeit gedacht, mit Lenzing Lyocell als Vorzeigeprojekt einmal an der Spitze der europäischen Industrie zu stehen. Dennoch war bereits der 1. Platz in Österreich bei dem von der Bundessektion Industrie der Wirtschaftskammer ausgeschriebenen Umweltpreis von großer Bedeutung. Erstmals wurde der von Lenzing eingeschlagene Weg auch außerhalb des Unternehmens mit Anerkennung gewürdigt.

In den Einreichunterlagen war dargestellt worden, dass das Lyocell Verfahren

- modernste Produktionsmethodik
- mit höchsten Umweltstandards
- sowie attraktiven ökonomischen Potentialen verbindet, wobei die hergestellten Fasern hervorragende Eigenschaften besitzen.

Auf Basis der weiteren Argumentation, dass

- die Lyocell Technologie in Ihren Ursprüngen zweifelsfrei aus der europäischen Faserindustrie hervorgeht,
- Lenzing diese „Europäische Entwicklung“
- mit der „ersten kommerziellen Lyocell Produktion in Europamaßgeblich mitgestaltet hat und
- diese Kommerzialisierung nicht nur einen Meilenstein für das Unternehmen, sondern für die gesamte Europäische Textilindustrie und ihre weltweiten Partner bedeutet,

wurde das Projekt im Frühjahr 2000 gemeinsam mit 7 anderen österreichischen erfolgreichen Projekten der Jahre 1998 und 1999 bei den „*European Awards for the Environment*“ eingereicht.

Aus insgesamt 85 nationalen Siegerprojekten nominierte eine Jury der EU letztendlich 13 Unternehmen für die am 5. Dezember 2000 in Brüssel stattfindende Endausscheidung um die „Europäischen Umweltskars“.

Die Lenzing Lyocell GmbH und Co KG ist unter den nominierten Projekten und bekommt in der größten Kategorie – der des „Technology award for sustainable developments 2000“ – die

Möglichkeit, sich den europäischen Titel zu holen.

Dass dies dem südburgenländischen Faserhersteller als erstem österreichischen Unternehmen dann auch tatsächlich gelingt, war zum Zeitpunkt des Vortrages in Schlaining natürlich noch nicht bekannt und nur eine vage Hoffnung: Eine Hoffnung, die sich aber erfüllte, denn am 05. Dezember 2000 erhielten Vertreter des Unternehmens vor großem Publikum die höchste europäische Umweltauszeichnung von Frau Umweltkommissarin Margot Wallström überreicht.

Nach den schwierigen Tagen des Beginns der kommerziellen Produktion der neuen Lyocell Faser ist diese Preisverleihung eine wichtige und gewissermaßen selbsterklärende Antwort auf die Frage nach der Sinnhaftigkeit der Entwicklung.

Auch wenn viele Kunden von heute in Ihren Kaufentscheidungen die Umweltsorgen von morgen noch nicht berücksichtigen können, so wurden doch nachhaltige, nicht mehr umkehrbare Schritte gesetzt. Vielleicht ist das die eigentliche gute Neuigkeit vom Lyocell Produktionsstandort Heiligenkreuz.

# DAS LYOCELL-VERFAHREN - GEGENWÄRTIGE LEISTUNGSGRENZEN AUS STOFFLICHER UND TECHNOLOGISCHER SICHT

Christoph Michels, Birgit Kosan

Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V.,  
Breitscheidstr. 97, D - 07407 Rudolstadt-Schwarza, Germany

## Allgemeines

Die Entwicklung cellulosischer Filamentgarne, seinerzeit als Kunstseide bezeichnet, fällt in das ausgehende 19. Jahrhundert. Die Vereinigten Kunstseidenwerke in Kelsterbach nahmen 1900 und die Courtaulds in Coventry 1904 die ersten industriellen Anlagen zum Herstellen von Kunstseiden nach dem Kupfer-Ammoniak bzw. Viskoseverfahren in Betrieb. Mit der Inbetriebnahme der ersten Stapelfasermaschine 1916 durch die Glanzstoffwerke in Oberbruch kamen die Spinnfasern dazu.

Das Viskoseverfahren dominierte die Entwicklung von Chemiefasern, Folien, Membranen usw. im gerade beendeten 20. Jahrhundert und leistete wesentliche Beiträge zur allgemeinen Entwicklung der modernen Polymerenchemie und -physik.

In das ausgehende 20. Jahrhundert fällt die Entwicklung des Lyocell-Verfahrens zum Herstellen cellulosischer Filamentgarne und Stapelfasern, und mit der Inbetriebnahme der ersten industriellen Anlagen durch Courtaulds 1992 in Alabama und die Lenzing AG 1997 in Heiligenkreuz hat sich dieses neue Verfahren etabliert. Die Parallelen verleiten zu der Frage, ob dem Lyocell-Verfahren im 21. Jahrhundert eine gleiche oder ähnliche Erfolgsgeschichte wie dem Viskoseverfahren im 20. Jahrhundert beschieden sein wird?

Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Verfahrens sind heutzutage wohl die Verkaufsfähigkeit des Produktes, d.h., seine Eigenschaften, Aufmachung und erzielbarer Preis, seine Gesteungskosten und die Umweltverträglichkeit des Verfahrens vorrangig zu nennen.

Parameter	Spinnfaser		Filamentgarn
	normal	vernetzt	
Feinheit dtex	mikro b-Typ	0,6 - 1,0 1,1 - 1,7	mikro 27 f 30 40 f 30 - 150 f 90
Reißfestigkeit tr. cN/tex		35 - 45	30 - 40
Variationskoeffizient %	<	15	< 3
Reißkraftverhältnis %	>	75	> 70
Reißdehnung tr. %	14 - 18	16 - 12	6 - 10
Schlingenreißkraft cN/tex	14 - 25	16 - 9	-----
Nassscheuerbest. T	20 - 40	350 - 900	analog Faser
Nassmodul cN/tex	>	180	-----
Knotenreißkraftverh. %		-----	> 60
Uster (träge) %		-----	> 60
Kochschrumpf %		> 1.5	> 1.5

Abbildung 1. Fasereigenschaften.

Dass der Lyocell-Prozess in hohem Maße die heutigen Anforderungen an die Umweltverträglichkeit eines Verfahrens erfüllt, ist bekannt und in der Vergangenheit Gegenstand vieler Veröffentlichungen, insbesondere der Lenzing AG [1a, 1b], gewesen. Zur Ökologie des Verfahrens ge-

hört auch die großtechnische Beherrschbarkeit des immanenten Gefährdungspotentials der Aminoxide und der Celluloselösungen. Wesentliche Arbeiten der Akzona bzw. Akzo Nobel und des TITK hierzu stammen aus den 80iger Jahren [2a - 2e].

Die erreichbare Qualität der Spinnfasern und Filamentgarne hat ein Niveau erreicht, das hinsichtlich mechanischer und technologischer Parameter alle bisher bekannten cellulosischen Fasern übertrifft. Eine zusammenfassende Darstellung gibt Abbildung 1 wieder.

Wo Licht ist, ist auch Schatten und so muss man hier anmerken, dass die geringe Nassscheuerbeständigkeit der Lyocell-Fasern ihr nicht immer zum Vorteil gereicht.

Einer Erhöhung der Nassscheuerbeständigkeit durch Modifizieren von Lösungszustand und / oder Fadenbildungsprozess sind enge Grenzen gesetzt und erfolgversprechende Wege sind momentan nicht in Sicht.

Das Stabilisieren der fibrillären Faserstruktur durch geringfügige Vernetzung mittels bi- bzw. mehrfunktionellen Verbindungen während der Nachbehandlung ist mit relativ geringen Mitteln möglich. Dieser Schritt führt bei Einhaltung bestimmter Randbedingungen, wie z.B. ausreichend hohe Molmasse und geringe Dehngeschwindigkeit bei der Fadenbildung, zur erforderlichen Nassscheuerbeständigkeit bei nur geringfügiger Veränderung der anderen Faserparameter, wie Abbildung 1 zu entnehmen ist. Das heißt, durch Vernetzen ist das Problem heute lösbar, die Vernetzung bleibt aber ein Weg 2. Wahl, da sie zusätzliche Kosten für das Vernetzungsmittel und die Energie zum Vernetzen verursacht.

Damit dürfte das Wesentliche zur Umweltverträglichkeit des Verfahrens und zur erreichbaren Faser- bzw. Filamentqualität gesagt sein, und es bleibt der 3. Faktor, die Gestehungskosten zu beleuchten. Dabei möchte ich nicht auf die Kosten für Hilfsstoffe, Energie und Personal eingehen, sondern mich vielmehr auf den Rohstoff und die leistungsbestimmenden Faktoren der Anlagen beim Lösen und Spinnen konzentrieren. Dieser Faktor erscheint mir besonders wichtig, da eine Erhöhung der Kapazität natürlich ohne Abstriche an der Qualität erfolgen sollte.

## Zellstoff

Im Rahmen der langjährigen Untersuchungen des TITK sind weit über 100 Zellstoffe von weltweit mehr als 20 Zellstoffproduzenten allein oder in Mischung auf ihren möglichen Einsatz im Lyocell-Verfahren getestet worden. Cellulo-

sebasis bildete neben Nadelholz, Hartholz und Eukalyptus auch Baumwoll-Linters und andere Einjahrespflanzen. Der Aufschluss erfolgte nach verschiedenen Varianten des Sulfit- und Kraft-Sulfatverfahrens, sowie nach Alternativvarianten.

Eine Beurteilung der Zellstoffe auf Eignung für den Lyocellprozess allein aus seinen Analysendaten, wie z.B. der Grenzviskosität, dem  $\alpha$ -Cellulose-, Schwermetall- und Aschegehalt, dem Carbonyl- und Carboxylgruppengehalt usw. ist heute und wird auch künftig nicht möglich sein. Der Grund dafür ist darin zu suchen, dass die Cellulose im Zellstoff, der Lösung und Faser wohl chemisch weitgehend identisch ist, sich aber im physikalischen Erscheinungsbild signifikant unterscheidet.

Das Lösen und Verspinnen unter Standardbedingungen ist zwingend notwendig, da einerseits wesentliche Analysendaten wie Partikelgehalt und -verteilung, Nullscherviskosität, Relaxationszeit und Uneinheitlichkeit erst durch Vermessen der Lösung und andererseits wesentliche Spinnparameter wie z.B. maximale Feinheit und Abzugsgeschwindigkeit sowie die Faser- bzw. Filamentgarneigenschaften erst durch Prüfung der Spinnproben zugänglich sind.

Das Lösen und Verspinnen unter Standardbedingungen ist eine notwendige aber keine hinreichende Analyse zum Beurteilen der Leistungsfähigkeit einer Zellstoffprovenienz, da die optimalen Löse- und Spinnbedingungen zwischen den Zellstoffen erheblich variieren können. Aus den zahlreichen experimentellen Ergebnissen können wir ableiten, dass der überwiegende Teil der untersuchten Zellstoffe für das Erspinnen von Fasern und Filamentgarnen unter kleintechnischen Bedingungen grundsätzlich geeignet ist. Beim Übergang in den Pilot- bzw. großtechnischen Maßstab kann diese Palette aber durch mögliche technische Grenzen der Anlagen eine mehr oder weniger große Einschränkung erfahren.

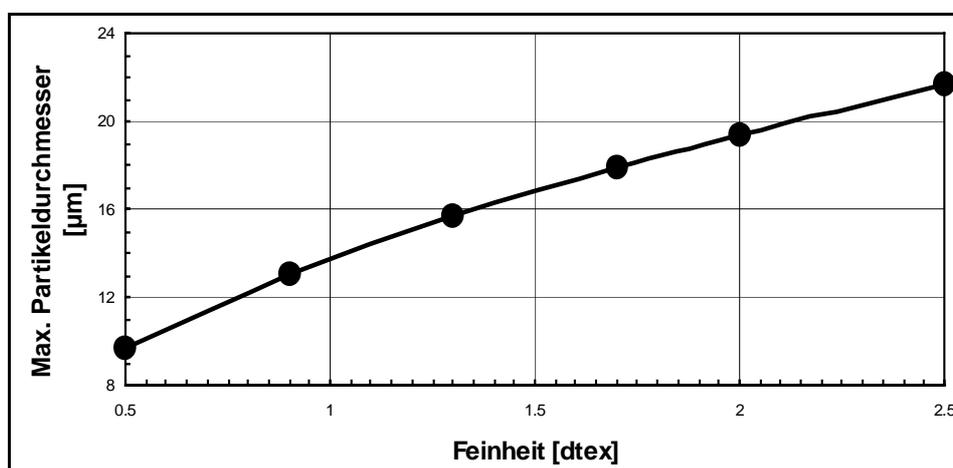
## Lösungsqualität und Lösungszustand

Das Quellen und Lösen der Cellulose in wässrigem NMMO und die Beschreibung des Lösungszustandes ist eine wichtige Aufgabe. Unter dem Blickwinkel des Lyocell-Verfahrens versteht man unter der Celluloselösung eine verformbare

Masse aus 10 - 14 % Cellulose und 90 - 86 % NMMO-Hydrat. Dabei sollte man sich fragen, liegt hier wirklich eine Lösung vor? Zur Beantwortung dieser Frage haben wir zunächst die Grenzviskosität des Systems Cellulose / NMMO-Monohydrat im Bereich 75 bis 95°C mit einem Rotationsviskosimeter vom Typ Rheostress 100 mit Doppelspalt-Zylindermesseinrichtung untersucht. Die Grenzviskosität des untersuchten Zellstoffs mit einer Cuen- bzw. Cuoxamviskosität bei 23°C von 400 bzw. 290 [ml/g] liegt mit 340 [ml/g] bei 75°C im gleichen Bereich, d.h. bei freier Quellung und vollständiger Solvataion kommen auf 1 mol Cellulose 480 mol Lösungsmittel NMMO-Hydrat. Die Huggins-Konstante ergab sich zu 0,38, was für die Güte des Lösungsmittels NMMO-Hydrat spricht. Betrachtet man dagegen die technischen Lösungen mit 10 - 14 % Cellulose, was einem Molverhältnis von 1 : 11 bis 1 : 7 entspricht, so kann man weniger von einer Lösung, als vielmehr von einem mehr oder weniger stark gequollenem Gel, einem strukturiertem „Verhakungsnetzwerk“ oder eben von einer verformbaren Masse sprechen. Offensichtlich erhöht sich mit zunehmender Solvataion beim Lösen unter gleichzeitiger Sprengung der Wasserstoffbrückenbindungen die Beweglichkeit der Celluloseketten dergestalt,

dass sowohl eine irreversible Umwandlung von Cellulose I in Cellulose II als auch Platzwechselfvorgänge beim Verformen möglich sind. Eine freie Beweglichkeit der Polymerketten sollte man jedoch ausschließen.

Zur möglichst umfassenden Beurteilung der Spinnmasse, hat sich eine Unterscheidung in *Lösungsqualität* und *Lösungszustand* als zweckmäßig erwiesen. Die Lösungsqualität korreliert mit der „Spinnsicherheit“ und beschreibt den mikroskopischen und submikroskopischen Bereich. Der Lösungszustand dagegen erfasst den molekularen Bereich und hat einen größeren Einfluss auf die Ausspinn Grenzen hinsichtlich Feinheit und Geschwindigkeit sowie auf die mechanischen Eigenschaften der Lyocellfasern. Eine hohe Spinnsicherheit steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem maximalen Durchmesser möglicher Inhomogenitäten in der Spinnlösung und der auszuspinnenden Feinheit wie in Abbildung 2 dargestellt. Für eine Feinheit der Spinnfasern bzw. Filamente von beispielweise 1,3 dtex sollte die Spinnlösung keine Partikel größer als 15 µm enthalten. Da die mikroskopische Nachweisgrenze bei ca. 20 µm liegt, darf im sogenannten „Mikrobild“ praktisch nichts zu sehen sein.



**Abbildung 2. Maximaler Partikeldurchmesser - Faserfeinheit.**

Die Analyse des submikroskopischen Bereiches durch Laserbeugung [ 3a, 3b ] gestattet Aussagen sowohl zum Gehalt als auch zur Verteilung der Partikel, wie in Abb. 3 dargestellt. Hierbei handelt es sich um Lösungen aus 4 Zellstoffen unterschiedlicher Provenienz, die in 3 verschiedenen Löseaggregaten hergestellt wurden. Unter der Annahme, dass die Dichte der Lösung und der Inhomogenitäten gleich ist, liegen die Partikel-

gehalte zwischen 4,8 und 39 ppm und die Maxima der Verteilungen bei 45, 27, 15 und 6 µm.

Während der Partikelgehalt vorrangig vom Zellstoff und seiner Vorbehandlung abhängt, ist die Partikelverteilung durch das Aktivieren und die möglichen Lösebedingungen, wie z.B. Scherfeld des Reaktors, Lösetemperatur und -zeit determiniert.

Zum Beschreiben der Lösungsqualität durch nur eine Zahl, haben wir aus den Daten der Partikelanalyse einen Filterwert definiert und diesen mit der Spinnbarkeit korreliert.

Es hat sich gezeigt, dass die halblogarithmische Darstellung der aus Gehalt und Verteilung berechneten Partikelanzahl  $N$  über dem Partikeldurchmesser  $X$  in guter Näherung durch eine Gerade ersetzt werden kann, siehe Abbildung 4. Der Filterwert ist dann definiert als Quotient aus dem maximalen Partikeldurchmesser  $X_m$  und dem Logarithmus der Partikelanzahl  $N_{10}$  in der Größenklasse  $10 \mu\text{m}$ .

$$F_p = 10 \cdot \frac{X_m}{\lg N_{10}} \quad (1)$$

Der Filterwert der in Abb. 3 dargestellten Lösungen lag zwischen 22 und 177 und die Erfahrung lehrt, dass Lösungen mit  $F_p < 50$  sehr gute, mit  $F_p < 100$  gute und  $F_p > 100$  unzureichende Spinnbarkeiten zur Folge haben. Neben der Spinnbarkeit schlechthin, ist ein Filterwert  $< 50$  auch eine notwendige Voraussetzung zum Ausspinnen großer Feinheiten sowie zum Spinnen mit hohen Abzugsgeschwindigkeiten, insbesondere bei Filamentgarnen.

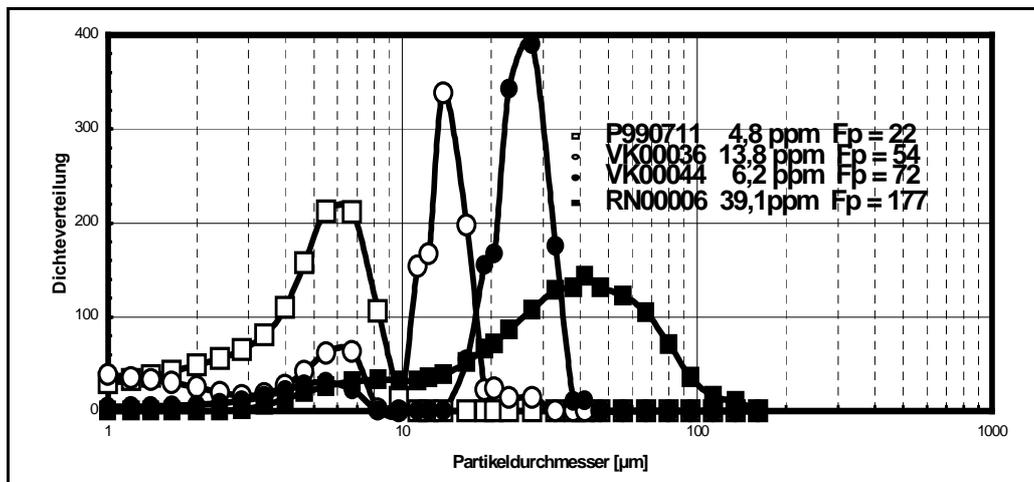


Abbildung 3. Partikelverteilung - Spinnlösung.

Zum Beschreiben des Lösungszustandes der viskoelastischen Spinnmasse im molekularen Bereich, haben sich relativ leicht zugängliche rheologische Daten wie die Nullscherviskosität  $\eta_0$ , der Speicher-  $G'$  und Verlustmodul  $G''$  und daraus abgeleitete Größen als zweckmäßig erwiesen. Die Messmethodik und erste Ergebnisse waren Gegenstand von Veröffentlichungen [4, 5] und eines Vortrages [5a]. In Ergänzung zu diesen Publikationen einige Ausführungen.

Bekanntlich ist die Nullscher- bzw. komplexe Nullviskosität  $\eta^*$  eine Funktion von Molmasse, Konzentration und Temperatur. Der Viskositätsanteil  $\eta^\#$  am Kreuzungspunkt der dynamisch aufgenommenen Deformationsfunktion von Speicher-  $G'$  und Verlustmodul  $G''$  d.h. für

$$\eta^\# = \frac{G'}{\omega^\#} = \frac{G''}{\omega^\#} \quad (2)$$

ist zusätzlich durch die Breite der Molmasseverteilung charakterisiert. Der Quotient aus Nullscherviskosität und Viskosität am „cross over“ sollte dann der molekularen Uneinheitlichkeit entsprechen.

$$U_\eta = \frac{\eta_0}{\eta^\#} - 1 \quad (3)$$

Der Index  $\eta$  soll darauf hinweisen, dass die Uneinheitlichkeit aus rheologischen Daten resultiert. Messungen an Lösungen unterschiedlicher Celluloseprovenienz ergaben für

Baumwoll-Linters-Zellstoffe  $U_\eta = 2,5 - 4,2$

Holzcellulose  $U_\eta = 4,9 - 8,0$

Cellulosemischungen  $U_\eta = 6,8 - 9,5$

Verfolgt man, wie in Abb. 5 dargestellt die Nullscherviskosität und Uneinheitlichkeit ab dem Zeitpunkt, wo die Suspension Cellulose / NMMO-Hydrat in ein Gel übergeht, so kann man die zunehmende Solvation unter gleichzeitiger Abnahme der Vernetzung über Wasserstoffbrücken beobachten. Bei vollständiger Solvation erreicht die Nullscherviskosität ein Minimum und die Uneinheitlichkeit einen konstanten Wert, d.h. die der chemischen Uneinheitlichkeit überlagerte durch Vernetzung über Wasserstoffbrücken entfällt.

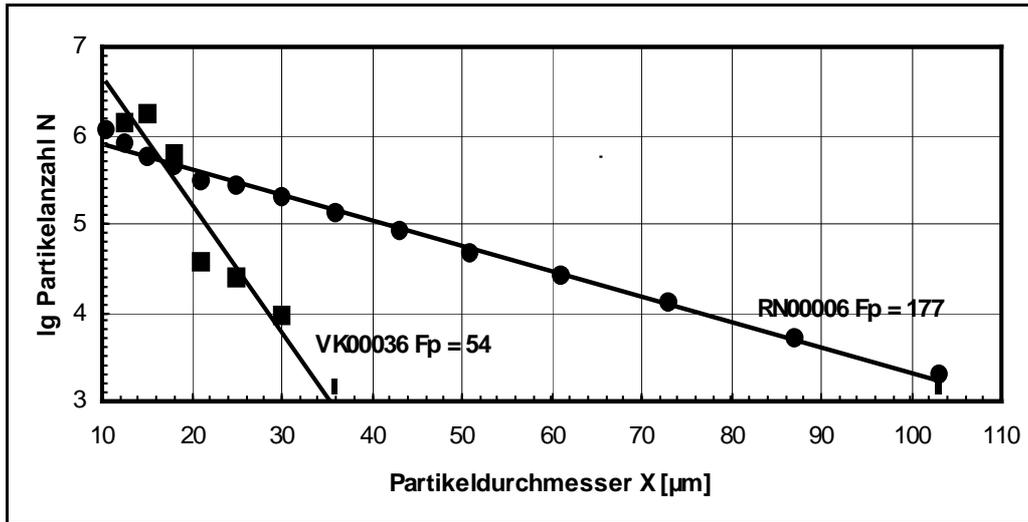


Abbildung 4. Filterwert Spinnlösung.

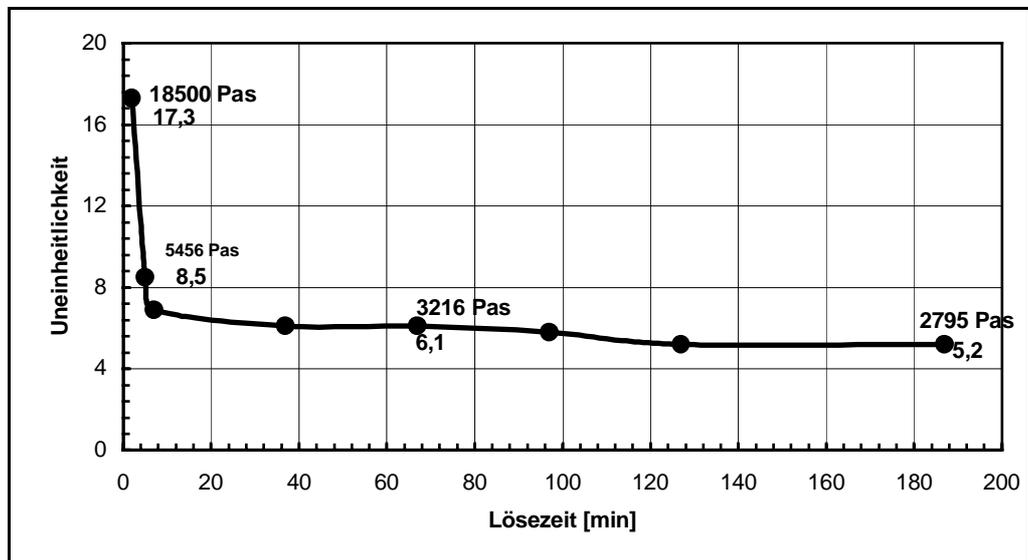


Abbildung 5. Uneinheitlichkeit Spinnlösung.

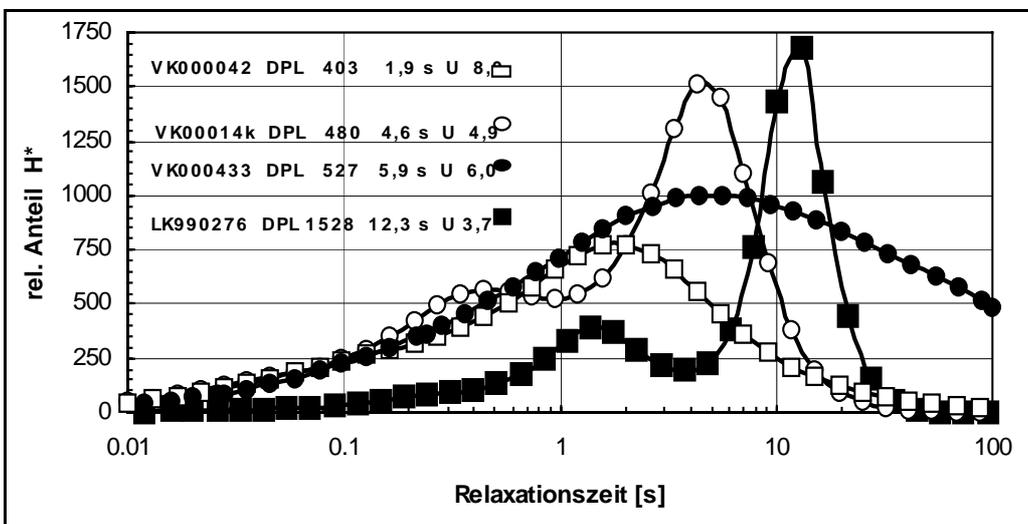


Abbildung 6. Relaxationszeitspektren.

Die Relaxationszeit bzw. das Relaxationszeitspektrum folgt durch Berechnung aus der Deformationsfunktion und ist der Molmasse bzw. der Molmasseverteilung proportional. Abbildung 6 enthält die Relaxationszeitspektren einiger Lösungen im Cuoxam DP Bereich von 403 bis 1528. Die Uneinheitlichkeit schwankt zwischen 3,7 für die Lösung aus einem Baumwoll-Linters und 8,0 für einen Holzzellstoff und die Relaxationszeiten am Häufigkeitsmaximum zwischen 1,9 und 12,3 s für die gleichen Lösungen. Beide Parameter finden unmittelbaren Niederschlag in den wählbaren Spinnbedingungen und in den mechanischen Parametern der Spinnfasern bzw. Filamentgarne, da sie die *Kinetik der Fadenbildung* wesentlich beeinflussen. Eine zunehmende Uneinheitlichkeit, insbesondere wenn sie auf niedermolekulare Anteile mit geringen Relaxationszeiten zurückzuführen ist, führt zu schlechteren Faserwerten. Offensichtlich sind die kurzkettigen Molekülfraktionen kein durch Verschlaufungen am Verhakungsnetzwerk beteiligter Bestandteil. Auf diesen Sachverhalt haben Schrempf u. Mitarb. [6] bereits 1995 hingewiesen. Die Relaxationszeit bestimmt maßgeblich die Länge des Luftspaltes und die exponentielle Abhängigkeit der Relaxationszeit  $\lambda$  von der Temperatur erklärt den signifikanten Einfluss der Spinn temperatur auf die Spinn sicherheit und Fasereigenschaften.

$$\lambda = k_{\lambda} \cdot e^{\frac{B}{T}} \quad (4)$$

Durch Zumischen hochmolekularer Anteile kann man die Relaxationszeiten der Lösungen erhöhen.

### Fadenbildungsprozess

Die Fadenbildung erfolgt beim Lyocellprozess durch Verformen der Lösung im Düsenkanal und Spalt, Fällen des orientierten Cellulosenetzwerkes, Austausch des NMMO durch Wasser und Trocknen der Fasern unter gleichzeitiger Kristallisation. Bisher wurde das Verformen der viskoelastischen Celluloselösung im Düsenkanal unter dem Einfluss der Scherung und im Spalt unter dem der Dehnung beschrieben. Diese Betrachtungsweise entspricht nicht der Realität, da schon bei geringer Deformation der elastische Anteil dominiert. Collier und Mitarbeiter kamen 1998 zu einer ähnlichen Auffassung bei Untersuchun-

gen zur Scher- und Dehnrheologie von Lösungen aus Cellulose und NMMO-Hydrat. [7]

Es scheint der Realität wesentlich näher zu kommen, wenn man die Fadenbildung als einen Prozess der *reinen Dehnverformung* beschreibt. Die Dehnverformung erfolgt in zwei Stufen, nämlich unter dem Einfluss des *Druckes*  $\Delta P$  im Düsenkanal

$$\Delta P = \eta_D \cdot \dot{\epsilon}_D \quad (5)$$

mit der Dehngeschwindigkeit  $\dot{\epsilon}_D$

$$\dot{\epsilon}_D = \frac{v_e}{l} e^{\ln\left(\frac{D_E}{D_A}\right)^2 - 1} \quad (6)$$

und anschließend unter dem Einfluss der *Dehnspannung*  $\sigma_D$  im Luftspalt.

$$\sigma_D = \eta_a \cdot \dot{\epsilon}_a \quad (7)$$

mit der Dehngeschwindigkeit  $\dot{\epsilon}_a$

$$\dot{\epsilon}_a = \frac{v_s}{a} \cdot e^{\ln\left(\frac{v_a}{v_s}\right) - 1} \quad (8)$$

Die Dehnviskosität  $\eta_D$  ist eine Funktion der Molmasse, Molmasseverteilung, Cellulosekonzentration, Temperatur und der Dehngeschwindigkeit selbst. Die Dehngeschwindigkeit des Gesamtprozesses folgt dann als Wurzel aus dem Produkt der Einzelprozesse zu

$$\dot{\epsilon}_{D,a} = \sqrt{\dot{\epsilon}_D \cdot \dot{\epsilon}_a} = 19,1 \cdot 10^{-5} \frac{T_{10} \cdot v_a}{\rho_L \cdot c_{Cell} \cdot D_E \cdot D_A} \sqrt{\frac{e^{\ln\left(\frac{D_E}{D_A}\right) - 1} \cdot e^{\ln\left(\frac{v_a}{v_s}\right) - 1}}{l \cdot a}} \quad (9)$$

und ist abhängig von der Feinheit  $T_{10}$ , der Abzugsgeschwindigkeit  $v_a$ , der Dichte  $\rho_L$ , der Konzentration  $c_{Cell}$  der Celluloselösung, dem Eintritts-  $D_E$  und Austrittsdurchmesser  $D_A$  des Düsenkanals, der Spritzgeschwindigkeit  $v_s$ , der Spinnkapillarenlänge  $l$ , und dem Luftspalt  $a$ .

Die *Dehngeschwindigkeit* bestimmt die *Kinetik der Fadenbildung* und ist von signifikantem Einfluss auf die „Güte der Orientierung“ und die Fasereigenschaften.

Die Schlingenreißkraft über der Dehngeschwindigkeit, wie in Abbildung 7 dargestellt, macht diese Abhängigkeit deutlich. Die Abbildung zeigt Ergebnisse von 23 Spinnversuchen mit 3 Lösungen einer Zellstoffprovenienz im Cuoxam DP - Bereich von 508 -527. Die Nullscherviskosität lag zwischen 4300 und 5000 Pas (85°C), die Spinn geschwindigkeit zwischen 30 und 500

m/min, die Feinheit zwischen 0,7 und 1,9 dtex, der Austrittsdurchmesser des Düsenkanals zwi-

schen 0,007 und 0,015 cm und der Luftspalt zwischen 1,0 und 12,0 cm.

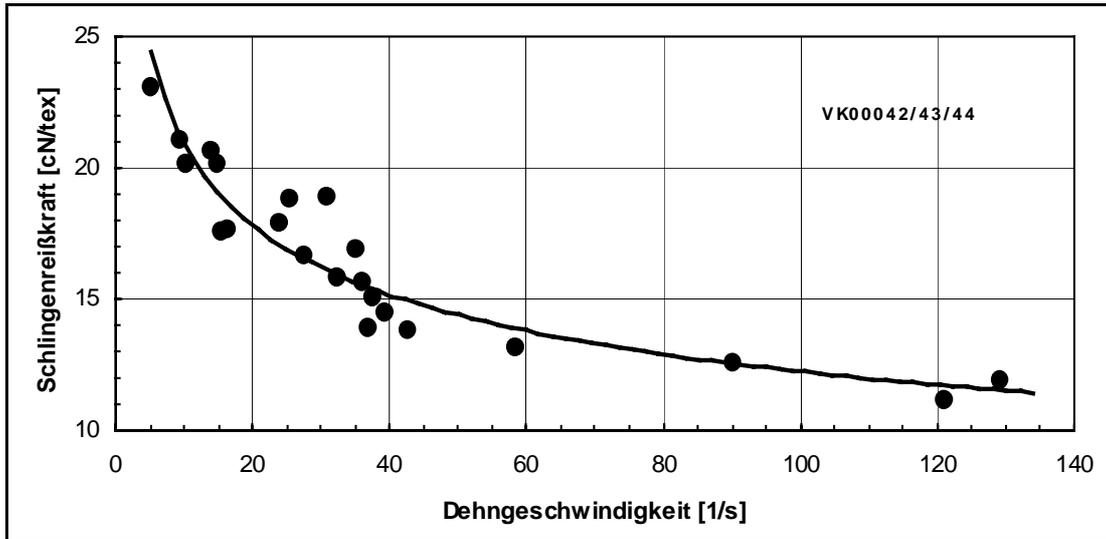


Abb. 7. Schlingenreißkraft - Dehngeschwindigkeit.

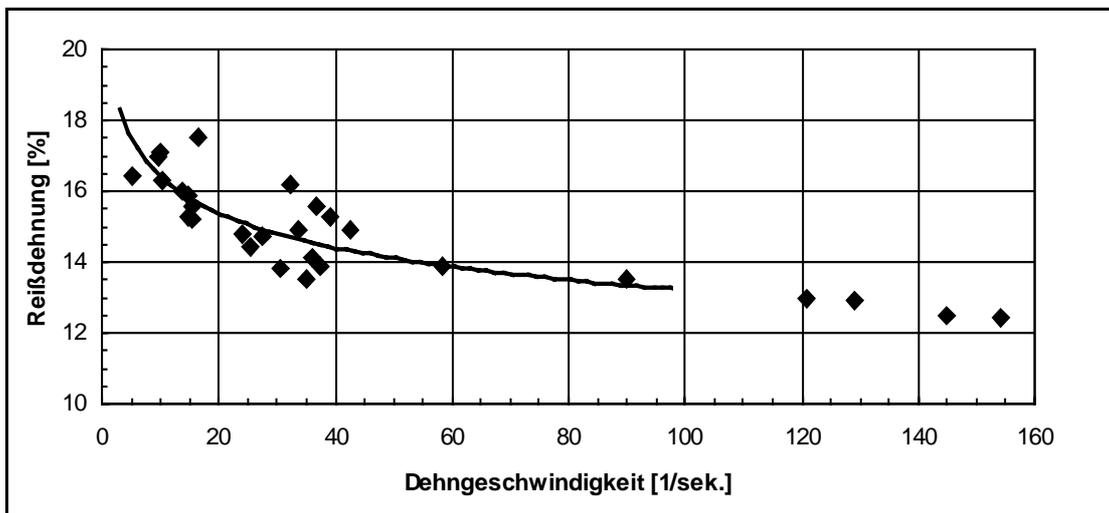


Abbildung 8. Reißdehnung - Dehngeschwindigkeit.

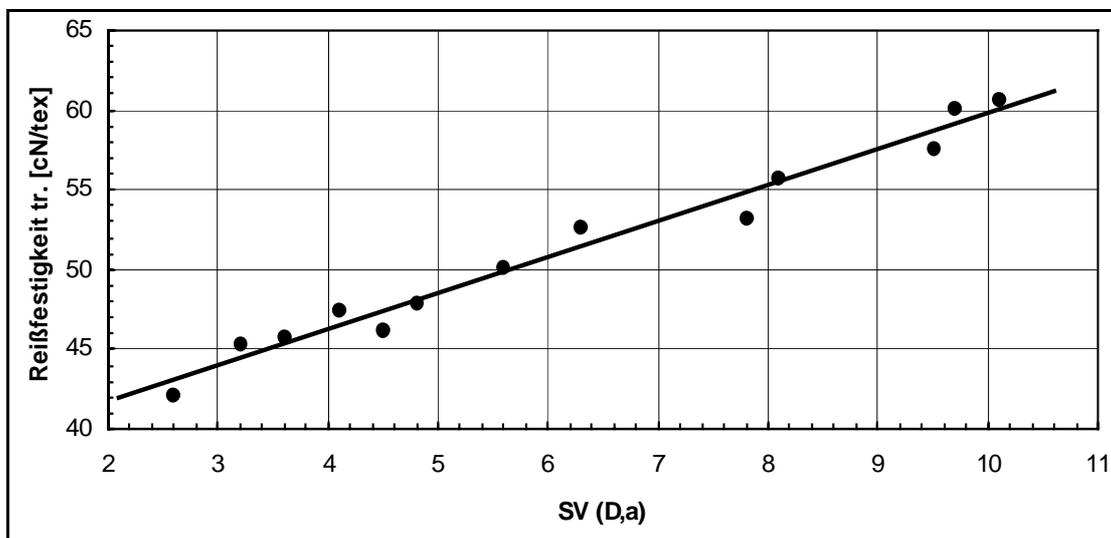


Abbildung 9. Reißfestigkeit - Gesamtspinnverzug.

In Abbildung 8 ist die Abhängigkeit der Reißdehnung über der Dehngeschwindigkeit für die gleichen Versuche dargestellt. Die Abbildungen unterstreichen den Einfluss der Kinetik der Fadenbildung auf die Ausbildung wesentlicher Fasereigenschaften, insbesondere in den amorphen Bereichen.

Wir haben Grund zu der Annahme, dass die Spinnmasse - durch das Lösungsmittel bedingt - als ein *Netzwerk mit immanenter Struktur* vorliegt, und dieses beim Dehnen im Spinndüsenkanal und Luftspalt durch Platzwechselvorgänge orientiert wird.

Die erreichbare Orientierung folgt unter der Betrachtungsweise der reinen Dehnverformung aus zwei Teilen, nämlich dem Spinnverzug  $SV_D$  im Düsenkanal

$$SV_D = \left( \frac{D_E}{D_A} \right)^2 \quad (10)$$

und dem Spinnverzug  $SV_a$  im Spalt

$$SV_a = \left( \frac{D_A}{D_K} \right)^2 = \frac{v_a}{v_s} \quad (11)$$

Die Gesamtdeformation  $SV_{D,a}$  resultiert dann aus der Wurzel des Produktes der Teilverzüge:

$$SV_{D,a} = \sqrt{SV_D \cdot SV_a} \text{ bzw. nach Umformung:}$$

$$SV_{D,a} = \sqrt{SV_D \cdot SV_a} = 93,4 \cdot D_E \sqrt{\frac{\rho_L \cdot c_{Cell.}}{T_{10}}}$$

und ist damit formal nur abhängig vom Düsenkanaleintrittsdurchmesser  $D_E$ , der Dichte der Spinnlösung  $\rho_L$ , der Cellulosekonzentration  $c_{Cell.}$  und der Feinheit  $T_{10}$ .

Aus Versuchen ist aber hinreichend bekannt, dass die maximale Cellulosekonzentration und die erreichbare Feinheit von der Molmasse, der Molmasseverteilung und dem Lösungszustand abhängen.

In Abbildung 9 ist die Reißfestigkeit trocken als Maß der Orientierung über dem gesamten Spinnverzug für das Verspinnen einer Lösung mit 11.8% eines BWL-Zellstoffes mit einem Cuoxam-DP von 610 und einer Uneinheitlichkeit von  $U_\eta = 3,4$  dargestellt. In guter Näherung findet man eine lineare Abhängigkeit zwischen dem orientierungsbedingten Anteil der Reißfestigkeit und dem Gesamtspinnverzug. Die Steigung der Geraden ist durch die Molmasse und Molmasseverteilung determiniert. Die Größe des Ordinatenabschnitts, d.h. die Reißfestigkeit der

„isotropen“ Faser ist bei gegebener Konzentration eine Funktion der Molmasse und Molmasseverteilung, respektive der Uneinheitlichkeit.

Für eine Vielzahl von Spinnversuchen bestand eine überraschend gute Übereinstimmung zwischen den maximal erreichbaren Werten der Reißfestigkeit  $\sigma_1$  und den experimentell ermittelten Daten der vollständig solvatisierten Spinnlösung (d.h. Cuoxam DP, Uneinheitlichkeit  $U_\eta$ , Cellulosekonzentration und Dichte) sowie den den Gesamtspinnverzug ergebenden Spinnparametern nach der Beziehung:

$$\sigma_1 = \sigma_{isotrop} + \Delta\sigma_{orientiert} = \frac{3 \cdot \sqrt{D_{Lösung}^{Cuoxam} / 2}}{\left(2 - \frac{2}{U_\eta}\right)} + \frac{4 \cdot \sqrt{D_{Lösung}^{Cuoxam} / 2}}{\left(2 - \frac{2}{U_\eta}\right)} \cdot 93,4 \cdot D_E \sqrt{\frac{\rho_L \cdot c_{Cell.}}{T_{10}}} \quad (13)$$

Von der experimentell zugänglichen Fadenspannung am Fällbadausgang, die maximal 5 - 7 cN/tex erreicht, entfällt nur ein Teil auf die eigentliche Deformation, während ein mehr oder minder großer Anteil auf die Kompensation der elastisch gespeicherten Energie im Düsenkanal und die Reibungskomponenten Faden/ Fällbad und Faden/Leitorgane entfällt. Letzterer Anteil führt in der Regel zu einer Qualitätsminderung und kann beim Spinnen von Filamentgarnen bei Geschwindigkeiten oberhalb 300 m/min zum bestimmenden Faktor werden.<sup>(12)</sup>

Aber auch beim relativ langsamen Faserspinnen kommt dem Fällbadweg eine große Bedeutung zu, da das Verhältnis von Düsenkanalaustrittsdurchmesser und Länge der Verzugs- und Fällbadstrecke die maximale Kapillardichte und damit die Spinnstellenleistung begrenzt. Die Leistung der Spinnstellen bei gleichzeitiger Qualitätserhöhung kann man durch Einsatz eines speziellen Spinnkastens verbessern, mit dessen Hilfe man vom Einfach- zum Mehrfachabzug pro Spinnstelle übergeht und so bei optimaler Länge von Verzugs- und Fällbadstrecke und bei Abzugsgeschwindigkeiten von 75 m/min Faserqualitäten wie in Abbildung 1 dargestellt, erhält [8]. Nach dem Fällen liegt ein in 2 Richtungen geordnetes Cellulosenetzwerk vor, das mit der smektischen Phase flüssig-kristalliner Stoffe vergleichbar erscheint und dessen Kristallisation durch den hohen Hydratisierungsgrad verhindert wird.

Beim Trocknen des zweidimensional orientierten Netzwerkes wächst die Ordnung in der 3. Di-

mension und bei Wassergehalten von ca. 60 % erfolgt spontane Kristallisation unter irreversibler Abnahme des Wasserrückhaltevermögens von ca. 120-150 auf ca. 60-75 %. Der Wasseraufnahme analog verhält sich die Farbstoffaufnahme, d.h. die Farbstoffaufnahme der spinnfeuchten Faser ist immer größer als die der kristallisierten und wieder befeuchteten Faser. Färbungen mit Direktfarbstoffen ähnlicher Struktur, aber verschiedener Größe machen deutlich, dass die spinnfeuchte Faser erheblich mehr große Farbstoffmoleküle aufnehmen kann und demzufolge ihre Struktur lockerer sein sollte [9].

Für den Auftrag von Vernetzungsmitteln zum Erhöhen der Nassscheuerstabilität ist daraus abzuleiten, dass die spinnfeuchte Faser besser geeignet ist, da man eine statistische Verteilung der Vernetzermoleküle erwarten darf und das Vernetzen eine integrale Stufe des Gesamtverfahrens darstellt.

### Zusammenfassung

Nach einer Zeitspanne von rund 30 Jahren Forschung und 10 Jahren Pilot- und Produktionsanlagenbetrieb hat das Lyocell-Verfahren einen Stand erreicht, der hinsichtlich Qualität und Leistung seine Vorgänger erreicht bzw. übertrifft. Der Entwicklungsstand ist durch folgende Punkte gekennzeichnet:

- Als nahezu geschlossener und vorwiegend physikalischer Prozess können die ökologischen Anforderungen an das Lyocell-Verfahren als erfüllt bzw. als erfüllbar angesehen werden.
- Das Lösungsmittel NMMO-Hydrat und die Celluloselösung mit ihrem immanenten Gefährdungspotential sind großtechnisch beherrschbar.
- Die Rohstoffbasis ist langfristig gesichert. Es gibt mehrere Produzenten, die qualitativ hochwertige und für das Lyocell-Verfahren geeignete Zellstoffe anbieten.
- Technische Ausrüstungen zur Durchführung des Verfahren werden in zunehmendem Maße durch den Maschinen- und Anlagenbau angeboten.
- Bei Kenntnis des erforderlichen „know how“ für das Lösen, Verformen und Nachbehandeln, lässt die Qualität der Spinnfasern und Filamentgarne zumindest für den textilen Be-

reich kaum Wünsche offen. Das Problem der unzureichenden Nassscheuerbeständigkeit kann über den Weg der Vernetzung hinreichend gelöst werden.

- Die Spinnstellenleistung dürfte mit 90 m/min Abzugsgeschwindigkeit bei Fasern und 500 m/min bei Filamentgarnen ihre gegenwärtige Grenze erreicht haben.
- Neben einer ganz natürlichen Weiterentwicklung des gesamten Verfahrens, besteht Handlungsbedarf bei der Entwicklung technischer Fasern, der Vereinfachung der Lösungsherstellung sowie der Verbesserung der Energiebilanz.

### Literatur

- [1a] Firgo H.; Eibl M.; Kalt W.; Meister G. Lenzinger Berichte 74 (1994) 81 - 89.
- [1b] Firgo H.; Eibl M.; Eichinger D. Lenzinger Berichte 75 (1996) 47 - 50.
- [2a] Brandner A. ; Zengel H.G. DE 3 034 685 13.09.1980.
- [2b] Michels Ch.; Mertel H. DD 229 708 13.12.1984.
- [2c] Taeger E.; Franz H.; Mertel H. Formeln, Faserstoffe, Fertigware 4 (1984) 14 - 22.
- [2d] Taeger E. u.a. Cell. Chem. Technol. 20 (1986) 3 289 -301.
- [2e] Buijtenhuijs F.A. u.a. Das Papier 40 (1986) 10 615 - 619.
- [3a] Michels Ch. ; Meister F. Das Papier 51 (1997) 4 161 - 165.
- [3b] Kosan B. ; Michels Ch. Chemical Fibers International 49 (1999) 3 50 - 54.
- [4] Michels Ch. Das Papier 52 (1998) 3 - 8.
- [5] Schausberger A. ; Möslinger R. Das Papier 53 (1999) 715 - 721.
- [5a] Michels Ch. 3. Internationales Symposium „Alternative Cellulose - Herstellen, Verformen, Eigenschaften“, 1998, Rudolstadt.
- [6] Schrempf Ch.; Schild G.; Rief H. Das Papier 49 (1995) 748 - 757.
- [7] Collier J.R. ; Romanoschi O. ; Petrovan S. J. Appl. Polym. Sci. 69 (1998) 2357 - 2367.
- [8] Michels Ch. ; Kosan B. DE 199 54 152.
- [9] Nechwatal A. Interner Bericht TITK 6/2000.

# MÖGLICHKEITEN ZUR ERHÖHUNG DES ELASTIZITÄTSMODULS VON LYOCCELLFASERN DURCH DIE KOMBINATION VON VERNETZUNGS- UND VERSTRECKUNGSPROZESSEN

Axel Nechwatal, Thomas Reußmann, Klaus-Peter Mieck, Monika Nicolai

Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V.,  
Breitscheidstr. 97, D - 07407 Rudolstadt-Schwarza, Germany

Grundsätzlich lassen sich Lyocellfasern auch in Verbundwerkstoffen einsetzen. Vorteilhaft sind die hohen Festigkeiten der Lyocellfasern und die Tatsache, daß sie sich bei gleichmäßiger Qualität als Festigkeitsträger in beliebiger textiler Aufmachung dem konkreten Einsatzfall anpassen lassen. Als Problem steht jedoch der im Vergleich zu etablierten Verstärkungsfasern relativ niedrige Elastizitätsmodul und die hohe Bruchdehnung.

Vernetzungen an der Faser führen zu einer Faserversprödung, aber nicht zu einer signifikanten Modulerhöhung. Erst über Reckprozesse oder die Kombination von Verstreckungs- und Vernetzungsvorgängen lassen sich deutliche Steigerungen des Elastizitätsmoduls erzielen.

Der Artikel behandelt die Versuchsreihen sowie erste Ergebnisse zum Nachweis der erzielten Veränderungen an der Faser im Verbund.

## Einleitung

Die Suche nach Werkstoffen mit extremen Festigkeiten und Steifheiten bei geringster Masse führte zur Entwicklung von Verbundwerkstoffen. Eine zunehmende Rolle spielt die Verstärkung von Kunststoffen mit cellulosischen Naturfasern. So sind maßgebliche Automobilfirmen dazu übergegangen, bei einem Teil ihrer Verbundwerkstoffe Glas durch cellulosische Naturfasern zu ersetzen [1,2].

Die Ursachen für diese Entwicklung sind zum einen die Nachteile der Glasfasern - neben den bekannten arbeitsphysiologischen Problemen sowie Schwierigkeiten beim Recyclen weisen sie die relativ große Dichte von etwa  $2,6 \text{ g/cm}^3$  auf. Zum anderen stellen sich cellulosische Fasern gerade in der heutigen Zeit, in der die Sensibilität für ökologische Zusammenhänge immer mehr wächst, vom Image her günstiger dar. Fasern wie Flachs, Jute oder Ramie verleihen den Verbundwerkstoffen ein spezifisches (auf die Dichte bezogenes) Eigenschaftsprofil, das dem der glasfaserverstärkten Composites nahekommmt.

Allerdings werfen diese Fasern genau die Probleme auf, die allen Naturprodukten mehr oder weniger eigen sind. Je nach Anbaugebiet und Erntebedingungen schwanken deren Preise, Reinheit und Fasereigenschaften. Bezüglich der Com-

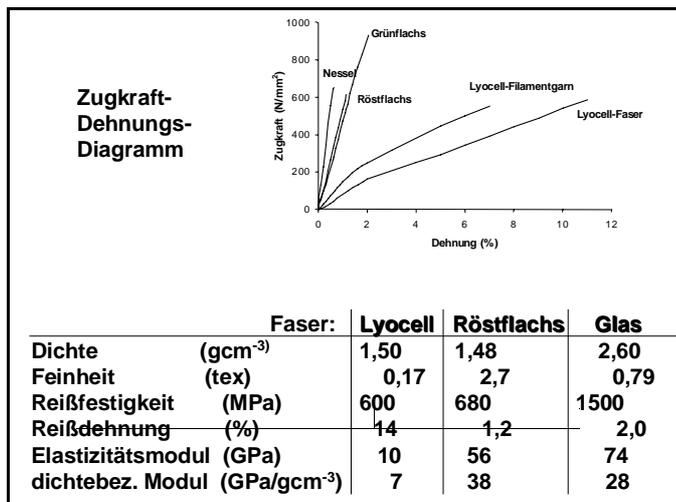
posite-Herstellung ist bei Naturfasern weiterhin von Nachteil, daß sie nur mit begrenzter Faserlänge zur Verfügung stehen und daher bekannte Technologien in der Kunststoff-Technik nicht angewandt werden können (Abbildung 1).

<p><b>Vorteile der Naturfasern gegenüber Glasfasern</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✦ nachwachsende Rohstoffe</li> <li>✦ Öko-Image</li> <li>✦ geringere Dichte</li> <li>✦ arbeitshygienisch unproblematischer</li> <li>✦ geringe Abrasivität</li> <li>✦ keine Schlackenbildung in Müllverbrennungsanlagen</li> <li>✦ niedriger Preis</li> </ul> <p><b>Probleme mit Naturfasern</b></p> <p>je nach Bedingungen bei Anbau, Ernte und Aufschluß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ schwankende Reinheit, Preise und Qualität</li> <li>➔ nur begrenzte Faserlänge verfügbar:</li> <li>➔ einige Technologien der Composite-Produktion sind nur über die (teure) Garnherstellung möglich</li> </ul>
---

Abbildung 1. Cellulosische Naturfasern in Composites.

Als Alternative bietet sich mit dem Lyocell eine neue Klasse cellulosischer Regenerat-Fasern an. Lyocell wird auf Basis eines nachwachsenden Rohstoffes hergestellt und weist hervorragende Eigenschaften auf. Beim textilphysikalischen Niveau fallen besonders die im Vergleich zu Viskose und Modal relativ hohen Festigkeits- und

Modulwerte der Faser auf, verursacht durch längere und höher orientierte kristalline Bereiche. Soll Lyocell in den großen Markt der Verbundwerkstoffe eindringen, so müssen die für Composites relevanten Parameter dem Niveau der Glas- oder Cellulose-Naturfasern nahekommen. Bezüglich Reißfestigkeit steht Lyocell den Naturfasern wie z.B. Flachs kaum nach. Elastizitätsmodul und Reißdehnung, für die Herstellung von steifen Verbunden von großer Bedeutung, sind jedoch vom Wertenniveau der Naturfasern weit entfernt (Abbildung 2).



**Abbildung 2. Elastizitätsmodul verschiedener Fasern.**

**Elastizitätsmodul.** Die Eigenschaften eines Composites werden maßgeblich vom Verhalten der Verstärkungsfasern bestimmt. Ist die Adhäsion zwischen Faser und Matrix ausreichend, so sind Festigkeit und Steifheit der textilen Einlage ausschlaggebend für den gesamten Werkstoff.

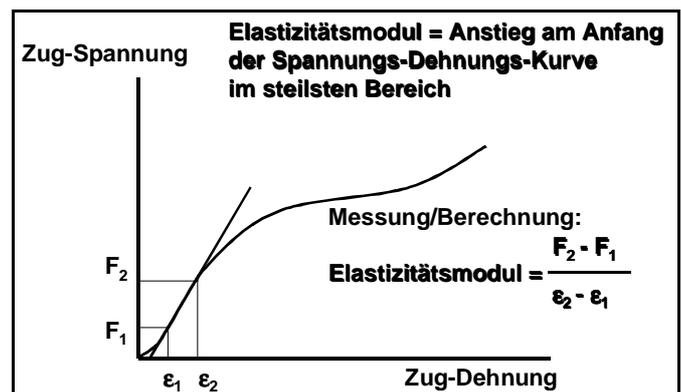
Zur Bestimmung dieser Parameter wird üblicherweise der Zugversuch an Einzelfasern durchgeführt. Das Ergebnis des Zugversuchs ist die Beziehung zwischen Zugkraft und Längenänderung, i.a. bis zum Bruch der Probe.

Für den Elastizitätsmodul ist der elastische HOOKsche Bereich der Kraft-Dehnungs-Kurve interessant. Bei Chemiefasern liegt jedoch bereits bei sehr kleinen Dehnungen keine lineare Abhängigkeit mehr vor. Deshalb wird häufig auch die erste Ableitung der Spannungs-Dehnungs-Kurve zur Definition des Elastizitätsmoduls verwendet.

Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeiten sollten innerhalb kurzer Zeit große Probemengen (vorrangig Filamentgarn) bewältigt werden. Aus die-

sem Grund kam ein weniger aufwendiges Verfahren zur Anwendung: In Vorversuchen wurde zunächst eine Kraft-Dehnungs-Kurve aufgenommen. Der steilste Abschnitt im Anfangsbereich dieser Kurve diente zur Festlegung der Grenzen von  $F_1 = 5 \text{ N}$  bis  $F_2 = 10 \text{ N}$  für die Berechnung eines Sekantenmoduls, der hier als Elastizitätsmodul verstanden werden soll (Abbildung 3).

Die Ungenauigkeiten, die im Gegensatz zu den oben angedeuteten exakten Methoden prinzipiell auftreten können, sind systematischer Natur, da immer von ein und demselben Filamentgarn ausgegangen wurde. Die absolute Höhe der gefundenen Meßwerte kann von denen nach anderen Methoden und an der Einzelfaser ermittelten Werten abweichen. Die Vergleichbarkeit verschiedener einzelner Versuchsvarianten ist jedoch gegeben.



**Abbildung 3. Messung des Fasermoduls.**

**Untersuchungen zur Steigerung des Elastizitätsmoduls durch Vernetzung.** Hochveredlungsprozesse zielen auf eine verbesserte Formbeständigkeit von cellulosischen Textilien. Diese Maßhaltigkeit wird der Immobilisierung von Fasersegmenten zugeschrieben. Bei mechanischer Belastung (z.B. beim Knittern) können die Fasersegmente weniger voneinander abgleiten, das hochveredelte Kleidungsstück behält seine ursprüngliche Form. Parallel dazu ändern sich wichtige Faserparameter, wie z.B. Zugfestigkeit, Dehnung oder Schlingenfestigkeit.

Die Immobilisierung strukturtragender Faserelemente läßt sich auf a) kovalente und/oder nicht-kovalente Verknüpfungen zwischen Hochveredlungsagenz und Cellulose-Ketten sowie b) eine generelle Hydrophobierung - die Zugänglichkeit der amorphen Bereiche für Wassermole-

küle und damit die Quellbarkeit sinkt wegen der eingelagerten Vernetzermoleküle - zurückführen. Sowohl Vernetzungserscheinungen als auch eine verringerte Quelfähigkeit bewirken also die verbesserte Formstabilität der Faser [3,4].

Der Immobilisierungs-Effekt von Hochveredlungsagenzien ist nicht nur am verbesserten Knitterverhalten, sondern auch am Einfluß auf die Naßfibrillierung nachweisbar. Darüber wurde an dieser Stelle schon mehrfach berichtet. Über Trockenvernetzungsprozesse läßt sich die Naßscheueranzahl im Grunde beliebig erhöhen. Genau wie bei der Hochveredlung ist damit immer eine Erhöhung der Fasersprödigkeit verbunden – je mehr die kristallinen Bereiche verknüpft sind, desto weniger können sie bei Belastung voneinander abgleiten, desto stärker fallen Zugfestigkeit, Dehnung oder Schlingenfestigkeit der Faser ab und desto schlechter wird das Trockenscheuerverhalten von Flächengebilden [5-8].

Ausgehend von diesen Erkenntnissen bezüglich Hochveredlung und Naßscheuerung sollte sich die Lyocell-Faser über Vernetzungsprozesse versteifen lassen. Deshalb wurde untersucht, ob derartige aus der Textilindustrie bekannte und damit sofort überführbare Technologien zu einer ausreichenden Erhöhung des Elastizitätsmoduls von Lyocell-Fasern führen.

Den meisten Verfahren der Hochveredlung liegt die Trockenvernetzung zugrunde. Es kommen verschiedene Vernetzersysteme zur Anwendung. Eigenvernetzende Produkte bilden durch Polykondensation höhermolekulare Harze, welche hauptsächlich über Wasserstoffbrücken an die Faser gebunden sind. Die wichtigste Gruppe der Hochveredlungsvernetzer stellen jedoch cyclische Harnstoffderivate des Typs Dimethyloldihydroxy-ethylenharnstoff (DMDHEH) dar. Solche bifunktionellen Produkte bilden kein Harz, sondern werden vorzugsweise an die Hydroxylgruppen der Cellulose unter Bildung von Querbrücken gebunden (Reaktandvernetzer). Seit einigen Jahren sind auch formaldehydfreie Vernetzer im Angebot, z.B. Polycarbonsäuren.

Man hat nun verschiedene Möglichkeiten, die interfibrilläre Verbrückung zu beeinflussen. So gibt es klare Abhängigkeiten zwischen der Vernetzerkonzentration und den Faserparametern. Auch die Art und die Menge des zugesetzten sauren Katalysators sowie die Kondensationsbedingungen wirken sich deutlich aus.

Die Vielzahl der durchgeführten Versuchsreihen mit dem Ziel eines höheren Elastizitätsmoduls läßt sich hier nur im Überblick darstellen. Alle Arbeiten wurden mit Lyocell-Filamentgarn, aufgewickelt auf Behandlungsrahmen, durchgeführt. Die Prüfung erfolgte an den abgeschnittenen Strängen.

Wie zu erwarten war, nehmen bei Vernetzungen mit Hochveredlungsagenzien Zugfestigkeit und Dehnung immer ab. Über die Auswahl der Substanzen und der Applikations-Technologie kann man dies jedoch in gewissen Grenzen steuern.

Trotz vielfältiger Variation der technologischen Parameter (Konzentrationen an Vernetzer und Katalysator, Dauer und Temperatur bei der Kondensation) konnten jedoch nur in wenigen Fällen signifikante Steigerungen des Elastizitätsmoduls beobachtet werden. Versucht man, die Vielzahl der Ergebnisse zusammenfassen, so lassen sich zwei Trends unterscheiden: Bei hoher Vernetzung verschlechtern sich Zugfestigkeiten und Dehnungen drastisch, der Elastizitätsmodul verändert sich nicht oder sinkt ebenfalls. Bei moderatem Vernetzungszustand nehmen Festigkeiten und Dehnungen weniger ab, der Elastizitätsmodul steigt tendenziell an [4].

Angesichts der Zugkraft-Dehnungs-Kurve des Filamentgarns (Bild 4) ist diese Beobachtung verständlich – eine Vernetzung ist offensichtlich nicht notwendigerweise mit einem erhöhten Elastizitätsmodul verbunden. Es kann sogar ein Modul-Abfall auftreten; die Zugkraft-Dehnungs-Kurve wird auf Grund der strukturellen Faserveränderungen „abgeschnitten“.

Damit ergibt sich nun ein Widerspruch. Die (in der Literatur nachgewiesene) Vernetzung von Fibrillen führt zwar zur Versprödung, erkennbar unter anderem am Abfall von Dehnung und Zugfestigkeit - ein messbarer Anstieg des Elastizitätsmoduls bzw. eine meßbare Versteifung in Faserrichtung ist damit aber nicht notwendigerweise verbunden. Nur bei sehr wenigen ausgewählten Systemen und den dazu abgestimmten Kondensationsbedingungen läßt sich eine tendenzielle Zunahme des gemessenen Moduls beobachten.

So ist (zumindest für Lyocell) festzuhalten, daß die Hochveredlung vermutlich viel weniger auf „mikromechanischen“ Effekten der Vernetzer-Brücken, sondern mehr auf der Hydrophobierung durch diese Brücken beruht. Liegt überhaupt eine

„mechanische“ Vernetzung vor, dann handelt es sich wahrscheinlich um eine weitgehend isotrope Verknüpfung von Fibrillen.

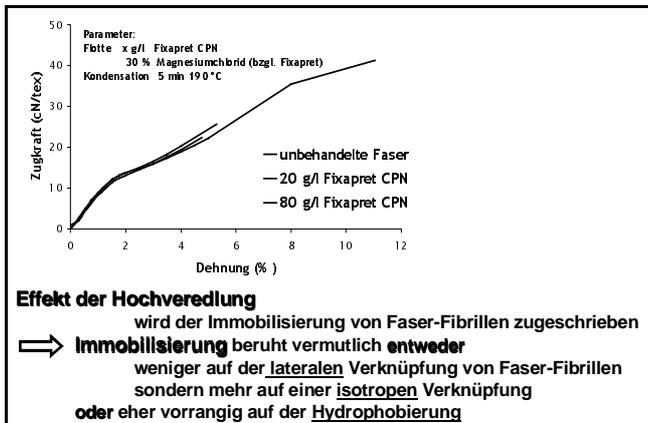


Abbildung 4. Kraft-Dehnungs-Kurven vor und nach (spannungsfreier) Vernetzung.

Vernetzungsprozesse, bei denen der eigentliche Reaktionsschritt in der gequollenen Cellulosefaser abläuft, führen nur zu einem verbesserten Naßknitterverhalten und auch nicht zu einem erhöhten Elastizitätsmodul.

Interessante Steigerungen des Elastizitätsmoduls ließen sich nur durch die Ausrüstung mit Polycarbonsäuren erzielen. Hier wurden Werte in der Größenordnung von 22–24 GPa erreicht. Dies ist gegenüber dem Ausgangsniveau (15–17 GPa) eine deutliche Zunahme, reicht aber für den technischen Einsatz bei weitem noch nicht aus.

Daß sich solche Modifizierungen im Eigenschaftsbild des Composites widerspiegeln, ist beispielhaft in Abbildung 5 dargestellt. Die Veränderungen der Faser werden also auf den Verbund übertragen.

**Wirkung von Quellungsprozessen.** Strukturelle Veränderungen durch Quellungsprozesse sind vielfach belegt. Die wiederholte Quellung mit Wasser und anschließende Trocknung soll zu einem Zuwachs an Kristallinität führen. Auch Quellung mit Alkalilösungen beeinflusst den Faseraufbau. Am Lyocell-Filamentgarn kann man bei solchen Versuchen jedoch keine Effekte bezüglich des Elastizitätsmoduls beobachten.

Eine nachfolgende Ausrüstung mit Reaktantvernetzer, die auf Grund der strukturellen Veränderungen bei der Alkalibehandlung möglicherweise intensivere Vernetzungsvorgänge hervorrufen könnte, brachte ebenfalls keine Erfolge.

Matrix: Epoxidharz Fasergehalt: 50%				
Ausrüstungsvariante		Höchst-Zugspannung	Dehnung	Modul
Flotte	Kondensation	(MPa)	(%)	(GPa)
unbehandeltes Garn	ohne	216,5	4,3	15,2
Wasser (Blindbeh.)	ohne	217,1	4,2	15,4
80 g/l Knittex FA	10 min 150°C			
+ 12 g/l MgCl <sub>2</sub>		209,8	2,7	16,6
+ 24 g/l MgCl <sub>2</sub>		220,2	2,9	17,3
40 g/l Lyofix MCS	7 min 150°C			
+ 12 g/l MgCl <sub>2</sub>		196,8	2,5	16,9
160 g/l Butantetracarbonsäure				
+ 8 g/l NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub>	10 min 150°C	161,0	1,4	17,3
	20 min 150°C	152,2	1,0	18,4
+ 16 g/l NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub>	10 min 150°C	156,3	1,0	18,5

Vernetzer: Produkte der Ciba Spezialitätenchemie Pflerssee

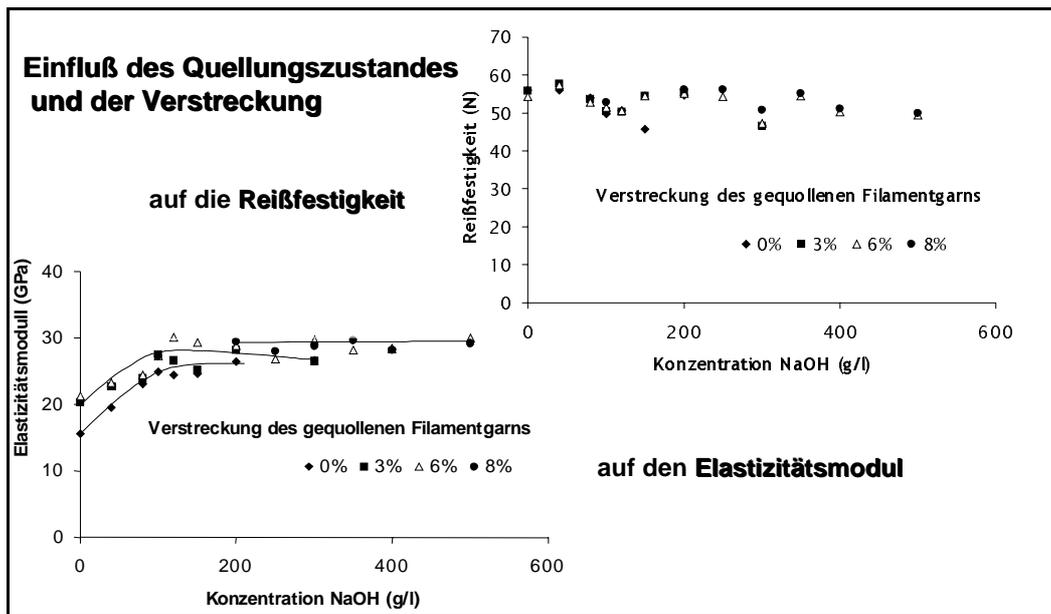
Abbildung 5. Vernetztes Lyocell-Filamentgarn im Composite.

**Verstreckungsprozesse an gequollenen Lyocell-Filamentgarnen.** Aus der Praxis der Chemiefaserproduktion ist die Bedeutung von Reckprozessen bekannt, zu Lyocell-Fasern liegen dazu jedoch kaum Erkenntnisse vor.

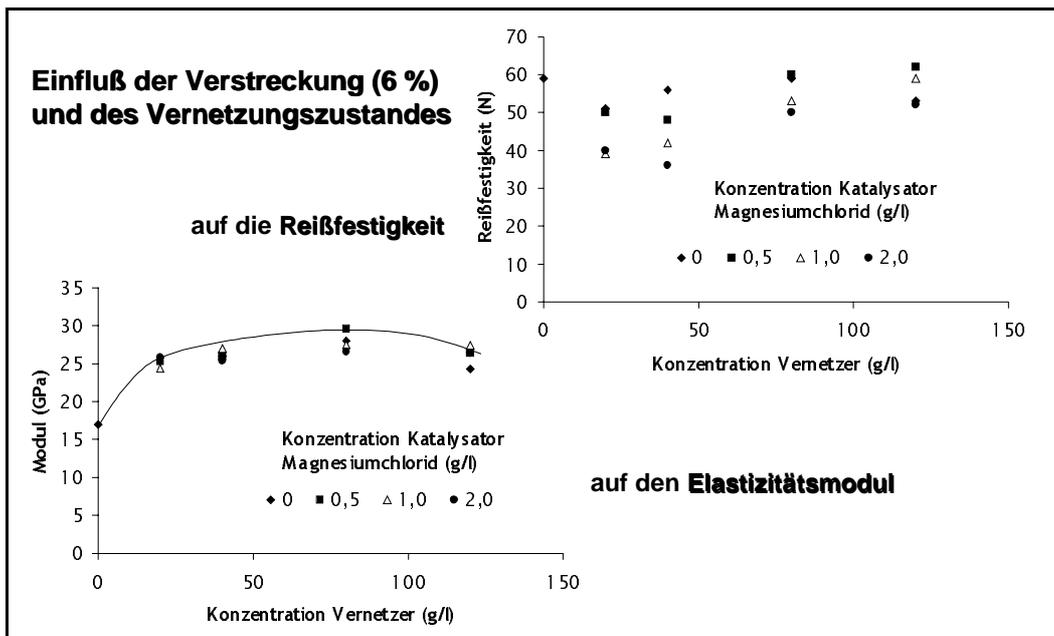
Zur experimentellen Umsetzung der Versuche wurden zunächst spezielle Spannrahmen gebaut, auf denen man die Filamentgarne ausrüsten, definiert verstrecken und trocknen kann. So ließ sich die Wirkung von Verstreckungsprozessen systematisch untersuchen.

Wie beispielhaft in Abbildung 6 ersichtlich, zeigen sich hierbei positive Ergebnisse. Verstreckt man gequollene Lyocell-Filamentgarne, so steigt bei weitgehend konstanter Zugfestigkeit der Elastizitätsmodul an, die Dehnung fällt ab. Diese Veränderungen sind vom Reckgrad und dem Quellungszustand abhängig. In der Nähe des Bruchdehnungs-Bereiches fallen die betrachteten Parameter wieder ab.

**Kombination von Reck- und Vernetzungsprozessen.** Wie in Abbildung 6 gezeigt, erhöht sich beim Verstrecken offensichtlich die Orientierung der geordneten fibrillären Faserelemente, der Elastizitätsmodul nimmt zu. Vernetzt man nun, so sollte die (gestreckte) momentane Struktur partiell fixiert werden. Tatsächlich kann der höher orientierte Zustand durch die Vernetzer „eingefroren“ werden. Ursache für den Zuwachs des Fasermoduls ist damit nicht eine Vernetzung, sondern vor allem die höhere Ausrichtung von Faserfibrillen. Vernetzungsvorgänge dürften den im Augenblick der Reaktion aktuellen Faserzustand nur stabilisieren.



**Abbildung 6. Verstrecken von gequollenem Lyocell-Filamentgarn.**



**Abbildung 7. Vernetzen/Verstrecken von Lyocell-Filamentgarn.**

Für Lyocell-Filamentgarn zeigt Abbildung 7 solche Versuchsreihen. Die gemessenen Parameter steigen mit wachsender Verstreckung zunächst an, fallen dann – vermutlich auf Grund beginnender Faserschädigung – wieder ab. Dieser Trend gilt für alle bisher untersuchten Vernetzer-Systeme.

Zusammengefaßt läßt sich folgendes festhalten:

1. Verstreckt man gequollene Lyocell-Filamentgarne, so steigen die Parameter Reißfestigkeit und Elastizitätsmodul an, die

Reißdehnung fällt ab. Diese Veränderungen fallen um so höher aus, je stärker gequollen die Cellulose vorliegt (z.B. mit wachsender Alkalikonzentration) und je höher gereckt wird. Kommt man beim Recken in die Nähe des Bruchdehnungs-Bereiches, so fallen die genannten Parameter jedoch wieder ab.

2. Der interessanteste Effekt ist beim Vernetzen unter Spannung zu beobachten. Wie bereits erwähnt, verschlechtern Vernetzungsvorgänge die meisten der untersuchten Fasereigenschaften. Reckt man je-

doch das Garn beim Vernetzen, so fallen Reißfestigkeit und Reißdehnung wesentlich weniger ab, beim Elastizitätsmodul sind Steigerungen zu erkennen.

Damit stellt die Kombination von Reck- und Vernetzungsvorgängen die bisher beste Möglichkeit dar, den Elastizitätsmodul zu steigern.

Derzeit laufen in unserem Haus Arbeiten zur Steigerung des Elastizitätsmoduls über Modifikationen im Prozeß der Faserherstellung. Die Untersuchungen umfassen alle relevanten Parameter des Spinnprozesses [9]. Ohne auf Einzelheiten der laufenden Aktivitäten einzugehen, soll mit der Tabelle in Abbildung 8 ein Eindruck über die durch Manipulationen im Spinnprozeß derzeit erreichten Werte gegeben werden.

beispielhafte Versuchsreihe: (Faser-Prüfungen)		Versuchs-Variante			
	Vergleichs- probe	1	2	3	4
Titer (tex)	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11
Reißfestigkeit (cN)	5,31	5,77	5,82	5,93	6,10
(cN/tex)	45,8	49,7	55,7	56,5	56,0
Bruchdehnung (%)	12,9	9,5	9,0	10,0	8,3
Schlingenreißkraft (cN/tex)	12,0	10,7	10,7	13,2	8,8
Elastizitätsmodul (cN/tex)	827	1264	1410	1378	1424

**Abbildung 8. Reckprozesse bei der Lyocell-Herstellung.**

### Zusammenfassung und Ausblick

Lyocell wird für technische Anwendungen, insbesondere für Verbundwerkstoffe, zunehmend interessant. Als Problem steht jedoch der relativ niedrige Elastizitätsmodul und die hohe Reißdehnung. Deshalb wurde im Rahmen der hier kurz vorgestellten Arbeiten versucht, über kommerzielle Produkte und Verfahren der Hochveredlung Möglichkeiten für die Steigerung des Elastizitätsmoduls aufzuzeigen.

Insgesamt ergab sich folgendes Bild: Alle getesteten Reaktant- und Eigenvernetzer verringern die Zugfestigkeit und die Dehnung der Filamentgarne. Man kann zwar die Applikationsbedingungen so wählen, daß sich die Dehnung deutlich stärker als die Festigkeit verringert und somit eine gewisse Faserversteifung erzielen. Auf den Elastizitätsmodul hat das aber nur in wenigen Fällen

Einfluß. Die relativ besten Ergebnisse ließen sich mit höheren Konzentrationen von Polycarbonsäuren erzielen.

Die Veränderungen von Zugfestigkeit, Dehnung und Elastizitätsmodul zeigen sich qualitativ im Composite.

Mit Verstreckungsvorgängen kann man den Elastizitätsmodul deutlich steigern. Der höchste Zuwachs ist jedoch beim Vernetzen unter Spannung zu beobachten.

Es ergeben sich nun eine Reihe neuer interessanter Fragestellungen bzw. Ansätze, die Gegenstand derzeitiger Aktivitäten sind:

- Grenzen der Verstreckbarkeit von Lyocell in Abhängigkeit vom Quellungszustand,
- Test weiterer Vernetzersysteme beim gleichzeitigen Verstrecken/Vernetzen,
- Dynamische Beständigkeit derart behandelter Lyocell-Filamentgarne,
- Eigenschaften von Composites auf Basis dieser Fasern.

### Literatur

- [1] T. Fölster, Textilveredlung 30, 2-8 (1995).
- [2] K.P. Mieck, T. Reußmann, Kunststoffe 85, 366-370 (1995).
- [3] K. Bredereck, H. Dolmetsch, Melliand Textilber. 48, 699-707 (1967).
- [4] A. Nechwatal, K.P. Mieck, T. Reußmann, M. Nicolai, Melliand Textilber. 81, 185-189 (2000).
- [5] J. Lenz, J. Schurz, E. Wrentschur, Acta Polymerica 43, 307-312 (1992).
- [6] J. Lenz, J. Schurz, E. Wrentschur, Colloid & Polymer Science 271, 460-468 (1993).
- [7] K. Bredereck, M. Gruber, A. Otterbach, F. Schulz, Textilveredlung 31, 194-200 (1996).
- [8] K.P. Mieck, M. Nicolai, A. Nechwatal, Chemical Fibres Int. 45, 44-46 (1995).
- [9] M. Eilers, K. Berghof, E. Taeger, persönliche Mitteilung.

## THE SORPTION BEHAVIOUR OF CELLULOSE FIBRES

Tatjana Kreze,<sup>1</sup> Karin Stana-Kleinschek,<sup>1</sup> Volker Ribitsch<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Maribor, Institute of Textile Chemistry,

Laboratory for Characterisation and Processing of Polymers

<sup>2</sup> University of Graz, Institute of Chemistry, Rheology & Colloid Science

### Abstract

Cellulose fibres are the most important materials in textile finishing. Reactivity and adsorption properties of the fibres are critical for the success of the treatment. Of major interest are the properties of fibres swollen in polar liquids. Under these circumstances the less ordered regions determine the fibre properties and therefore the void size and accessible amorphous regions are supposed to be responsible for the reactivity.

This work correlates the fine structure, surface properties with the adsorption behaviour of the new lyocell fibres [[1]]. The fine structure was investigated by conventional methods [[2],[3]] and compared with those of viscose, modal and differently pre-treated cot-

ton. The adsorption properties of all kinds of fibres were investigated by water adsorption (vapour adsorption, water retention, swelling of fibres). Due to the fact that the interaction properties are strongly influenced by the electric charges on the surface, the streaming potential was measured and from these values the zeta potential was calculated as a function of the pH.

Our results, obtained by different independent methods, demonstrate clearly, that the adsorption properties of fibre forming polymers are determined by the amorphous regions, the size and organisation of voids and the interaction properties of the surface. The influence of the crystalline regions, their size and orientation on the adsorption character is less important.

### Deutsche Zusammenfassung

Cellulosefasern sind jene textilen Fasern die am häufigsten hochveredelt werden. Die Reaktivität und das Adsorptionsverhalten der Fasern ist für diese Bearbeitung von größter Bedeutung. Von besonderem Interesse ist das Verhalten der gequollenen Fasern in polaren Medien, wo in erster Linie die Eigenschaften der ungeordneten Bereiche eine wichtige Rolle spielen. Es wird angenommen, dass in diesem Zustand die Reaktivität der Faser überwiegend auf ihre Porengröße und die zugänglichen amorphen Bereiche zurückzuführen ist.

In der vorliegenden Arbeit wird eine Korrelation zwischen der Feinstruktur, den Oberflächeneigenschaften und dem Adsorptionsvermögen der neuen Lyocellfasern hergestellt [[1]]. Die Feinstruktur der Lyocellfaser wurde mit klassischen Methoden untersucht [[2],[3]] und mit jener von Viskose, Modal und unterschiedlich vorbehandelter Baumwollfasern verglichen. Das Adsorp-

tionsverhalten wurden mittels Wasserdampfadsorption, Wasserrückhaltevermögen und Quellung in wässrigen Medium bestimmt. Da die Wechselwirkungen zwischen den Fasern und den Prozesschemikalien auch wesentlich von den Ladungseigenschaften der Oberfläche (elektrokinetische Eigenschaften, Oberflächenpotential) der Fasern abhängt, wurden diese mittels Strömungspotentialmessung bestimmt und daraus das Zetapotential als Funktion des pH – Wertes berechnet.

Unsere Resultate, die mit unabhängigen Methoden gewonnen wurden, zeigen, dass das Adsorptionsverhalten faserförmiger Polymerer in erster Linie von den amorphen Bereichen, der Zusammensetzung und Organisation der Hohlräume und den Wechselwirkungseigenschaften der Faseroberfläche bestimmt wird. Der Einfluss der kristallinen Bereiche, deren Größe und Orientierungsgrad auf das Adsorptionsverhalten ist geringer.

## Introduction

Conventional regenerated cellulose fibres are produced generally by the indirect viscose process (viscose fibres), while high-tenacity modal fibres are produced using a modification of the basic procedure. The fibre production processes are based on the derivatisation of cellulose using carbon disulfide [[4],[5]]. New lyocell fibres are produced by a more environmentally friendly procedure, by regenerating cellulose into fibre form out of a solution of cellulose in *N*-methylmorpholine-*N*-oxide, without the formation of derivatives [[6],[7],[8],[9],[10]]. The natural, as well as the conventional and new regenerated cellulose fibres, consist more or less of a chemically clean cellulose. The natural fibres are always cleaned in order to remove the non-cellulose compounds (as pectinic products, wax, proteins...). Different production processes of conventional viscose, modal, and new lyocell fibres cause differences in the structure and properties of the fibres in spite of having the same chemical composition.

Cellulose fibres, natural as well as regenerated, have a crystalline/amorphous microfibrillar structure. Elementary fibrils consist of a succession of crystallites and intermediate less-ordered amorphous regions. Lateral tie molecules connect laterally adjacent amorphous regions [[11],[12]]. The differences between natural and particular types of regenerated cellulose fibres are, above all, in the size of crystallites and amorphous regions, amorphous and crystalline orientation, size and shape of the voids and the number of interfibrillar lateral tie molecules. In order to characterise cellulose accessibility, interaction with water is often employed, which is able to destroy weaker hydrogen bonds but cannot penetrate into the regions of high order [[13],[14]]. The adsorption properties of fibres can be obtained also on the basis of various methods for determining the dye, iodine, surfactant adsorption [[13],[15]]. Currently some additional methods especially sensitive to surface properties (determination of the electrokinetic properties of fibres) were applied in order to characterize the reactivity of the fibre surfaces [[16],[17]].

Analyses of the structure characteristics of new lyocell fibres and comparison with conventional viscose and modal fibres were performed. The

degree of polymerisation DP and the supermolecular structure (crystallinity index CrI, crystallite dimension  $\Lambda^*$ , molecular orientation  $f_{\Delta n}$ , void structure  $V_p$ ,  $S_p$ ,  $d$ ) of the regenerated cellulose fibres were investigated [[2],[3]]. Differences in molecular and supramolecular structure of natural and different types of regenerated cellulose fibres cause different adsorption and electrokinetic properties of fibres. In addition the structural parameters (amorphous regions and void system) which significantly influence the adsorption properties of fibres (moisture adsorption, water retention, swelling of fibres in aqueous medium) were determined. The accessibility of free adsorption places in the amorphous part of cellulose fibres was investigated by the determination of electrokinetic properties, which were analysed by zeta potential ( $\zeta$ ) measurements.

## Experimental

**Materials.** Three types of the regenerated cellulose fibres (viscose, modal, lyocell) and one of the natural cellulose fibres (100% cotton fabric; purified and NaOH mercerised), produced by Lenzing AG Austria, were investigated. In previous research work the analysis of structural parameters (molecular mass, degree of polymerisation, crystallinity index, orientation factor, void structure) and mechanical properties of investigated regenerated cellulose fibres was performed [[2],[3]]. In Table 1 and Table 2 the specifications and some of the most important fibre structure characteristics of investigated cellulose fibres were presented.

The following surface and structure modification processes for the cotton cellulose fibres were applied:

- a) - *Purifying treatment* (the cellulose structure remains unchanged - cellulose I); symbolized as – Cotton 2%NaOH
  - *Boiling* - Removal of non-cellulose compounds - interfibrillar swelling: (20 g/l NaOH; pH = 11.5; t = 90 min; T = 95°C).
- b) - *Treatment causing a structural modifications* (the cellulose structure is changed to cellulose II); symbolized as – Cotton 24%NaOH
  - *Mercerisation* - interfibrillar and intrafibrillar swelling: (24% NaOH, pH = 13, t = 60s, T = 15°C)

After each treatment the fibres were washed with distilled water until a conductivity of less than 3 ms/m was reached. The processed material was air-dried.

**Table 1. Specifications and structure characteristics of regenerated cellulose fibres [1], [2].**

Fibre type		Viscose	Modal	Lyocell
Symbol		CV	CMD	CLY
Linear density $T_t$ [dtex]	DIN 53 812	1.88 $\pm$ 0.15	1.78 $\pm$ 0.23	1.82 $\pm$ 0.30
Fibre length $l$ [mm]	DIN 53 808	39.9 $\pm$ 0.51	40.1 $\pm$ 0.33	39.4 $\pm$ 0.44
Fibre diameter $d$ [ $\mu$ m]	DIN 53 811	14.3 $\pm$ 1.39	14.2 $\pm$ 1.10	12.8 $\pm$ 1.00
Density $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	DIN 53 479	1.5045	1.5141	1.5205
Degree of polymerisation DP	DIN 54 270	235 $\pm$ 5.13	507 $\pm$ 3.61	642 $\pm$ 4.58
Molecular mass M	DIN 54 270	38005 $\pm$ 881	82097 $\pm$ 538	104021 $\pm$ 730
Crystallinity index CrI	*	0.25	0.37	0.44
Orientation factor $f_{\Delta n}$	**	0.58 $\pm$ 0.07	0.69 $\pm$ 0.08	0.71 $\pm$ 0.04
Void volume $V_p$ [cm <sup>3</sup> /g]	***	0.68	0.49	0.62

\* Determined by X-ray wide angle diffraction ( $2\theta = 5^\circ - 45^\circ$ )

\*\* From birefringence measurements of the fibres

\*\*\* Determined by size exclusion chromatography [[18],[19],[20],[21]]

**Table 2: The specifications of investigated natural cellulose fibres.**

Fibre type	Cotton
Symbol	Co
Degree of polymerisation $DP_n$	4700 $\pm$ 34.3
Metal content [ppm/0.5 g fibres]	
Mg	249
Fe	39.4
Mn	1.26
Zn	20.2

**Methods.** Moisture sorption of fibres was determined according to standard DIN 54 351. Cellulose fibres were exposed to standard atmosphere 20  $\pm$ 2°C, 65%  $\pm$ 2% RH for 24 hours (DIN 53 802). Moisture sorption was calculated as a mass % of absolute dry material ( $T = 105^\circ\text{C}$ ,  $t = 4$  hours).

Water retention power of cellulose fibres was determined according to standard DIN 53 814. This method is based on a determination of the quantity of water, which the fibres can absorb and retain under strictly controlled conditions. This property is expressed as a ratio between the mass of water retained in the fibre after soaking (2 hours) and centrifuging (20 min), and the mass of absolute dry sample ( $T = 105^\circ\text{C}$ ,  $t = 4$  hours).

Swelling of the cellulose fibres in the aqueous medium was determined on the basis of fibre diameter measurements. Applied equipment:

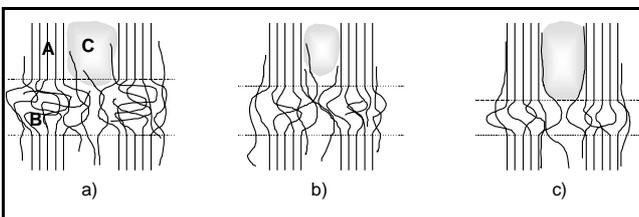
fibre diameter measurements were carried out with the Axiotech 25 HD microscope using the image analysis system and supporting Kontron KS 300 software.

Electrokinetic properties of fibres were analysed by zeta potential  $\zeta$  measurements, which were determined by streaming potential measurements as a function of the pH. It has been shown that the streaming potential measurement is the most appropriate electrokinetic technique for studying electrokinetic properties i.e. the zeta potential ( $\zeta$ ) of fibres systems [[16],[17]]. The  $\zeta$  was calculated from the streaming potential ( $U_s$ ) data using the Smoluchowski equation. The channel's geometry was taken into account according to Fairbrother and Mastin [[22]]. This measurements were always performed in a fibre cell using 0.001 n KCl as electrolyte solution. The pH of the electrolyte solution was always varied in an identical way. It was first adjusted to pH 10 using 0.1 n NaOH and then decreased gradually with 0.1 n HCl. The here mentioned zeta potential values were always those obtained at the constant part of the zeta potential - pH function in the alkaline region at pH = 9. Applied equipment: Electrokinetic Analyzer EKA, A. Paar KG.

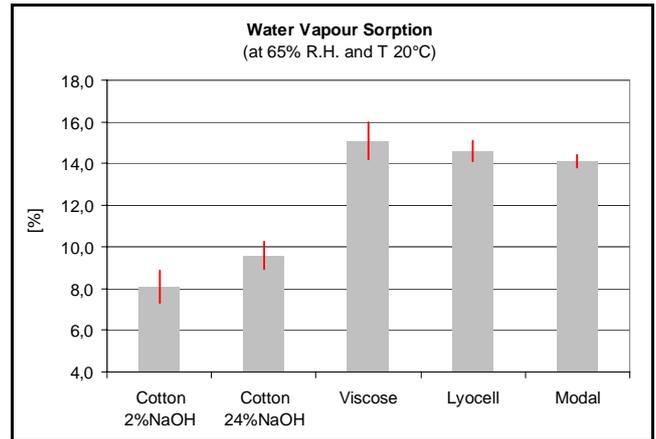
## Results and discussion

From previous research work [[2]] it is clear that the crystal structure of the new environmentally friendly fibers differs from conventional (viscose or modal) fibers. The structure analyses of investigated regenerated cellulose fibers (Table 1) show the following: the molecular mass, degree of polymerization, density, orientation factor, crystallinity index decreases from lyocell to modal fibers. The most significant decrease of these parameters is evident in the case of viscose fibers. The same trend is not observed in the case of the void structure. The analyses of voids using the size exclusion chromatography show that voids diameter  $d$ , volume  $V_p$  and specific inner surface of voids  $S_p$  is the biggest in viscose fibers. Lyocell fibers follow, they are very similar to viscose fibers regarding the structure of the voids. The void volume is the smallest of the most stretched modal fibers (Table 1).

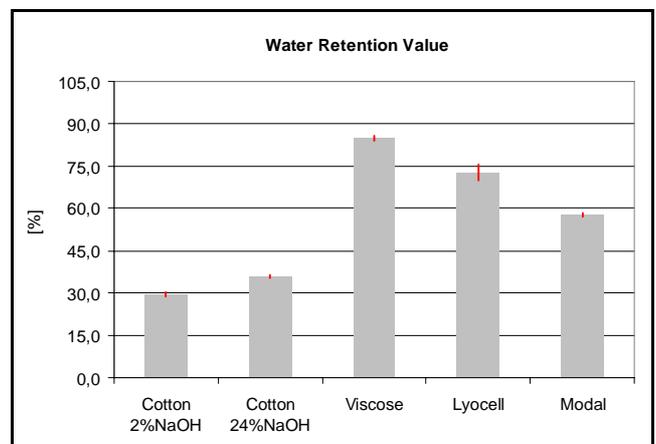
All three types of investigated fibers differ regarding their crystalline area (A), amorphous area (B) and also in the void structure (C) (Figure 1). The amorphous regions of lyocell fibers are smaller in comparison with modal and viscose fibers. Nevertheless the void parameters, above all, the void volume, is similar to that of viscose fibers. This differences in molecular and fine structure cause different sorption properties. It becomes evident that the most significant influence on the adsorption properties of fibers have the accessible regions (Figure 1) - the part of less ordered amorphous regions and void system.



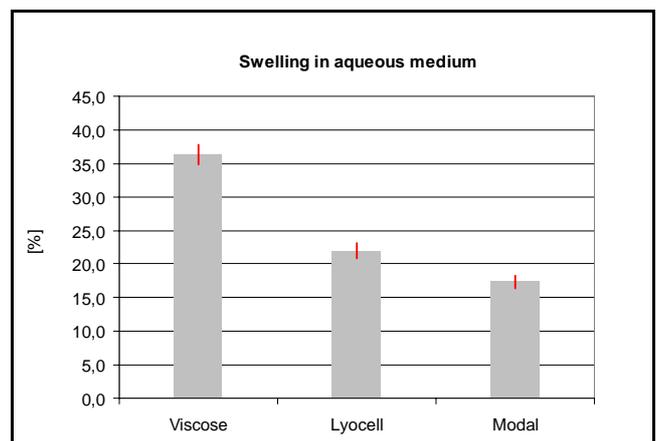
**Figure 1.** Accessible regions (A – crystallites, B – amorphous region, C - void) in fiber structure of different regenerated cellulose fibers; a) viscose fibers, b) modal fibers, c) lyocell fibers [1].



**Figure 2:** Water vapour adsorption of different cellulose fibres.



**Figure 3:** Water retention power adsorption of different cellulose fibres.

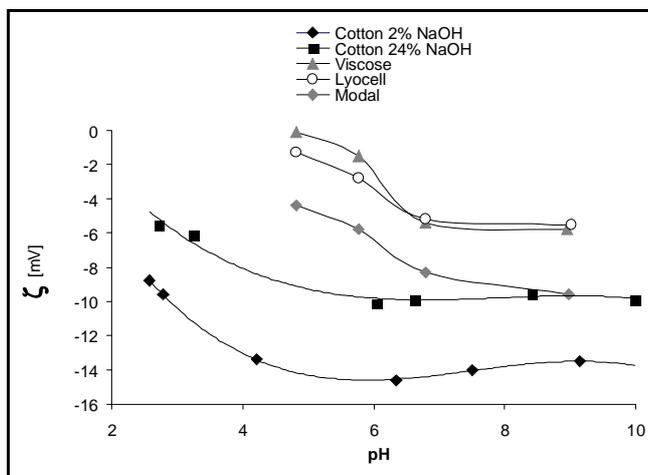


**Figure 4:** Swelling of regenerated cellulose fibres in aqueous medium.

In the Figure 2, 3 and 4 the results of water sorption measurements: water vapour adsorption, water retention power and swelling of fibres in aqueous medium are presented. Water vapour adsorption shows that the differences between the investigated fibres are insignificant (modal

14.1%, lyocell 14.6%, viscose 15.1%). Viscose fibres show the highest water retention value, lyocell fibres follow. Water retention value of modal fibres is 15% lower than that of lyocell fibres and 32% lower than that of viscose fibres. As shown by the data in Figure 4, the increase in fibre width after swelling in water is also decreases from viscose fibres (36.3%) to lyocell fibres (22.0%) and is considerably smaller in the case of modal fibres (17.4%). The lowest value of water adsorption have the natural cellulose fibres (cotton), whose hydrophilic character increases from cotton NaOH cleaned to cotton mercerised.

When considering water sorption, the new lyocell fibres are similar to the less dense, low crystalline and least oriented viscose fibres. Water vapour adsorption, water retention, swelling in water places lyocell fibres between the viscose and modal fibres. Contrary to expectations the sorption phenomena in the aqueous medium are not in agreement with the basic structural data i.e. degree of crystallinity and orientation factor (Table 1). In the case of cellulose fibres the structure of voids (especially their diameter and volume, and less inner surface) the fraction and orientation of amorphous areas are more important than other structural characteristics. The ordered regions (crystalline) do not contribute significantly to the process of water adsorption. In spite of the highest degree of crystallinity and orientation, lyocell fibers have excellent sorption properties, similar to those of viscose fibers due to their void system and amorphous region.



**Figure 5.** Zeta potential  $\zeta$  as a function of the pH (conc. of electrolyte solution (KCl) = 0,001 mol/l).

Differences are also observed regarding the zeta potential - pH functions (Figure 5), between the very hydrophilic regenerated and more crystalline cotton materials. The hydrophobic character of cotton in comparison to the hydrophilic character of regenerated fibres, is responsible for their highest negative surface charge. The highest negative zeta potential in the alkaline region, has boiled cotton fibres ( $\zeta_{\text{plateau}}$  of Cotton 2%NaOH = app. -16 mV). The primary wall of cotton (location of non-cellulose compounds) at the fibre surfaces is destroyed using NaOH cleaning, causing higher accessibility of the surface groups (COOH). If cotton fibres are mercerised a decrease of  $\zeta_{\text{plateau}}$  is observed, because of changed cellulose structure. The transformation of cellulose fine structure from cell I to cell II causes enlargement of the amorphous part of the fibre, which leads to the higher reactivity of the cellulose. The  $\zeta_{\text{plateau}}$  values of structured cotton fibres become similar to those of the regenerated ones ( $\zeta_{\text{plateau}}$  of Cotton 24%NaOH = app -10 mV). The degree of swelling is increased by decreased crystallinity (the crystallinity of Cotton 24%NaOH is reduced from 90% to 77%; according to iodine adsorption values ([23]). This is an explanation for the reduction of the  $\zeta_{\text{plateau}}$ .

The  $\zeta_{\text{plateau}}$  value of modal is app. -9.5 mV, the  $\zeta_{\text{plateau}}$  of viscose is the smallest (app. -5 mV), probably due to the distinct reactive groups (OH and COOH) accessibility, which is determined by different structure of regenerated fibres ([1], [2]).

## Conclusion

The results of the vapour adsorption, water retention power and swelling of different cellulose fibres show clear differences between the hydrophilic (viscos, lyocell) and the hydrophobic fibres (cotton, cotton-mercerised) which are in excellent correlation with the  $\zeta$  - pH function of cellulose fibres.

The results of fibre reactivity and adsorption characteristics obtained by conventional methods, correlate with the electrokinetic character of materials - the natural fibres are less reactive as the regenerated one, so the  $\zeta_{\text{max}}$  of cotton is the highest. The hydrophilicity of cotton is improved by mercerisation (changed primary structure-formation of cell II structure), but not as high as

in the case of viscose and lyocell fibres. The surface potential is in the good correlation with fibre behaviour in polar liquids (in the swollen state) – the higher the potential the smaller the hydrophilic character of the material.

## References

- [1] T.Kreze, Dissertation, University of Maribor, (1999).
- [2] T. Kreze, S. Strnad, K. Stana-Kleinschek, V. Ribitsch, *Materials Research Innovations*, 4 (2001) 2/3, 107-114.
- [3] T.Kreze, S.Malej, *Textile Research Journal*, in press.
- [4] G.Cook, *Handbook of textile Fibres, Man-Made Fibres*, 5<sup>th</sup> ed., Merrow, Durham, (1984), 47-64.
- [5] R.W.Moncrieff, *Man-Made Fibres*, Sixth Edition, Butterworths Scientific, London (1975).
- [6] W.Albrecht, M.Reintjes, B.Wulfhorst, *Chem. Fibres International* 47, (1997), 289-304.
- [7] W.Berger, *Chemiefasern / Textilindustrie* 44/96, (1994), 747-750.
- [8] H.Brüger, *Chemiefasern / Textilindustrie*, 44/96, (1994), 701.
- [9] D.J.Cole, *Lenzinger Berichte* 75, (1996), 45-48.
- [10] R.Krüger, *Lenzinger Berichte* 74, (1994), 49-52.
- [11] J.Schurz, *Lenzinger Berichte* 74, (1994), 37-40.
- [12] J.Schurz, J.Lenz, *Macromol. Symp.* 83, (1994), 273-289.
- [13] D. Klemm, personal communication.
- [14] M.Peter, H.K.Rouette, *Grundlgen der Textilveredlung*, 13. Auflage, Deutscher Fachverlag, Frankfurt, (1989).
- [15] M.Lewin, S.B.Sello, *Chemical Processing of Fibers and Fabrics, Part A Fundamentals and preparation*, Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, (1983).
- [16] K.Stana-Kleinschek, S.Strnad, V.Ribitsch, *Polymer Engineering & Science* 39, No.8 (1999) 1412-1424.
- [17] K.Stana-Kleinschek, S.Strnad, V.Ribitsch, *Colloids and Surfaces A* 140, (1998), 127-138.
- [18] K.Bredereck, M.Gruber, A.Otterbach, F.Schulz, *Textilveredlung* 31, Nr.9/10, (1996), 194-200.
- [19] K.Bredereck, F.Schulz, A.Otterbach, *Melliand Textilberichte* 10, (1997), 703-711.
- [20] K.Bredereck, W.Meister, A.Blüher, *Melliand Textilberichte* 12, (1993), 1271-1276.
- [21] K.Bredereck, A.Blüher, A.Hoffmann-Frey, *Das Papier* 44, Heft 12 (1990), 648-656.
- [22] F.Fairbrother, H.Mastin, *J. Chem. Soc.* (1924) 75, 2318.
- [23] K.Stana-Kleinschek, T.Kreze, V.Ribitsch, S.Strnad, *Mac. Materials and Engineering*, in press.

## OPPORTUNITIES FOR MEMBRANE APPLICATIONS OF CELLULOSE FILMS IN OSMOSIS PROCESSES

Alan Smith

UCB Sidac Limited, Wigton, Cumbria, CA7 9BG, United Kingdom  
phone: +44-16973-42281

UCB have developed a water purification device known as an Osmotic Bag for use in humanitarian applications, amongst others. The Osmotic Bag is made from cellulose film manufactured from the viscose process and relies on the hydrophilic nature of cellulose to wet out sugars inside the bag. This in turn generates osmotic pressure allowing a flow of water to the inside of the bag. The pore size of the cellulose structure is sufficiently small to prevent bacteria and viruses entering the bag. It is therefore possible to generate clean water for a range of different food and drinks products from a contaminated water source.

The Osmotic Bag is currently made from cellulose film produced by the viscose process. Research into new films manufactured from the "Lyocell" (NMMO) process offer opportunities to improve the performance of the Osmotic Bag. The opportunities arise from the inherently stronger films that are available from the Lyocell process, together with a range of process variables that allow optimisation of film porosity. Strength and porosity characteristics can be balanced over a much wider range than with film produced from the viscose process. Results of the early work are described in this paper.

### Osmotic Bag concept

Supply of microbiologically safe drinking water has been an ongoing problem in many parts of the World. Over the years, many techniques have been used, and patents taken out to solve this problem. In 1993 UCB took up the challenge to manufacture a bag from cellulose film based on patented technology. The bag relies on osmotically driven rehydration, which has been scientifically known from the mid-1700's.

Cellulose film is a semi-permeable membrane which has been used in filtration applications for at least the past 3 decades. The major challenges were therefore not in establishing the principle, but reaching a practical solution to the many challenges. One design of the Osmotic Bag is shown in Figure 1.1 before hydration, and in figure 1.2 after hydration. The hydration cycle is shown in Figure 1.3.

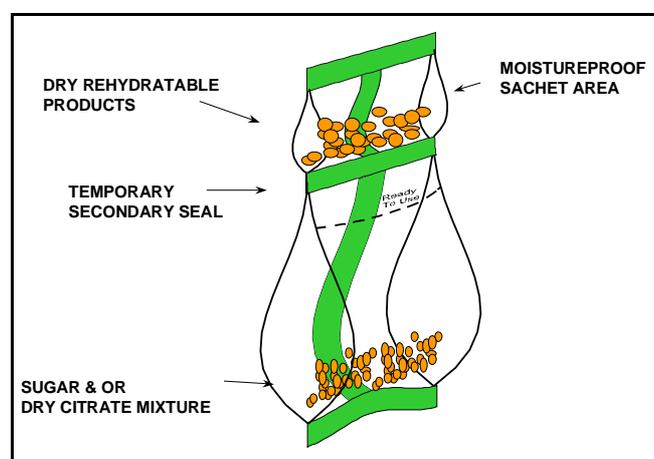


Figure 1.1. Self Rehydrating Cellopore™, Duplo Format, before hydration.

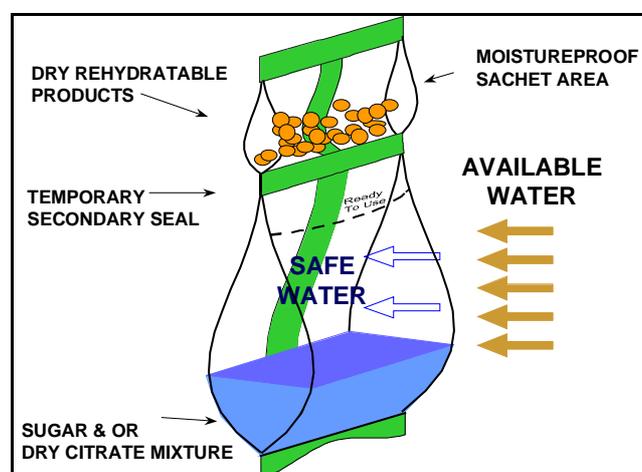
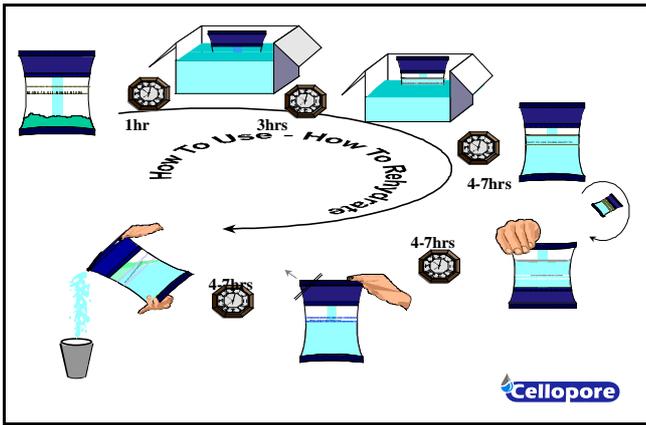


Figure 1.2. Self Rehydrating Cellopore™, Duplo Format, after hydration.



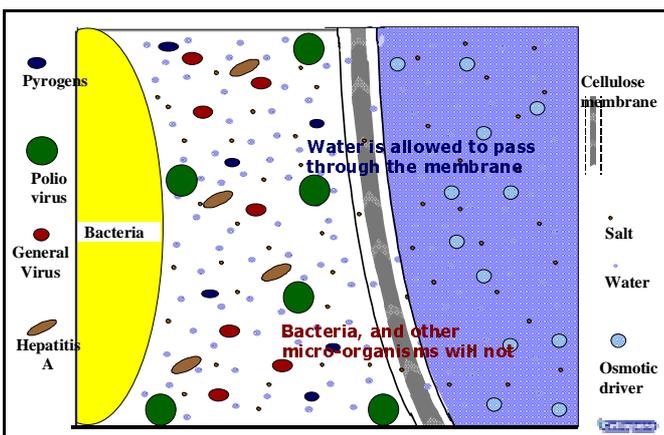
**Figure 1.3. Self Rehydrating Cellopore™, hydration cycle.**

Some of the major challenges and solutions in developing the Osmotic Bag are described below.

- *To achieve good seal integrity in wet conditions*

The seal geometry is a folded seal, designed to protect the inner seal from the water during hydration.

- *To exclude bacteria, viruses and pathogens*
- Major advances in cellulose chemistry have led to the development and controlled manufacture of pliable cellulose membranes with consistent pore size. Figure 2.1 shows a schematic representation during hydration, demonstrating the exclusion characteristics of the membrane. Figure 2.2 shows the pore size range of the Osmotic Bag.

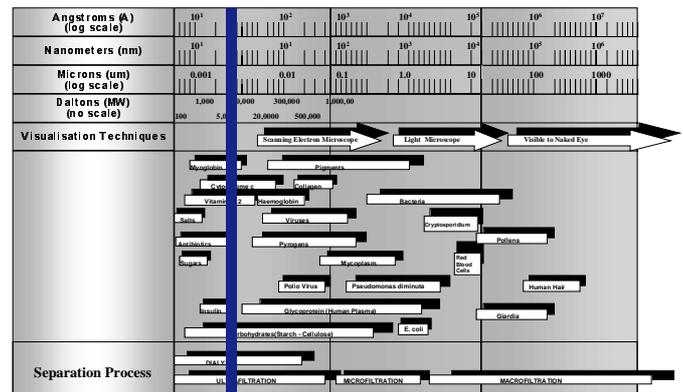


**Figure 2.1. Relative size of molecules, viruses & bacteria compared to cellulose pore pathways.**

- *To achieve acceptable flux rates/hydration times*

The cellulose film structure is made more open and a secondary, finer membrane coating applied

to the inside of the bag. The former increases water transport across the cellulose membrane, whilst the latter prevents dialysis of sugars from the bag, and thus maintains osmotic pressure to increase hydration rate. Typical hydration times are from 2 to 8 hours, depending on the application. Prevention of sugar dialysis by the secondary membrane is also an important factor for two further reasons. It ensures the correct concentration of sugar in solution when the bag is hydrated, and it allows hydration to take place in any external volume of water.



**Figure 2.2. Dialysis and Filtration Chart**

- *To prevent dialysis of smaller salt molecules*
- The bag is constructed in 2 sections with dry salts (or food or milk powder) in an upper compartment, protected by a waterproof coating, which prevents wetting during hydration. After hydration, the bag is inverted, breaking the central “smart” seal, when the contents of the upper compartment can be thoroughly mixed with the sugar solution.

The bag is constructed in 2 sections with dry salts (or food or milk powder) in an upper compartment, protected by a waterproof coating, which prevents wetting during hydration. After hydration, the bag is inverted, breaking the central “smart” seal, when the contents of the upper compartment can be thoroughly mixed with the sugar solution.

- *To control the concentration of salts and sugars in the re-hydrated bag within fine tolerances*

Design of the membrane pore size, weight of sugar added and filling to the correct level control the sugar concentration. Salt weight and the duplex design of the bag ensures salt concentration is optimised.

The Osmotic Bag has been validated for exclusion of bacteria and viruses by Public Health Laboratories in the United Kingdom, and by the International Centre for Diarrhoeal Disease Research, Bangladesh (ICDDR,B). It has also been proven to meet the sugar and salt concentrations for Oral Rehydration Solutions set out by the World Health Organisation (WHO).

As with many products, continuous improvement in product design is desirable. For the Osmotic Bag two key factors emerge that could result in improved product performance:

- Increased flux rates (porosity) to reduce fill time.
- Increase strength to prevent damage in transit and use.

Film manufactured by the NMMO process is inherently stronger than viscose film because of the increased Degree of Polymerisation (DP) of cellulose in solution. This should lead to an opportunity to balance the strength/porosity ratio to improve product performance.

### NMMO Film Trials

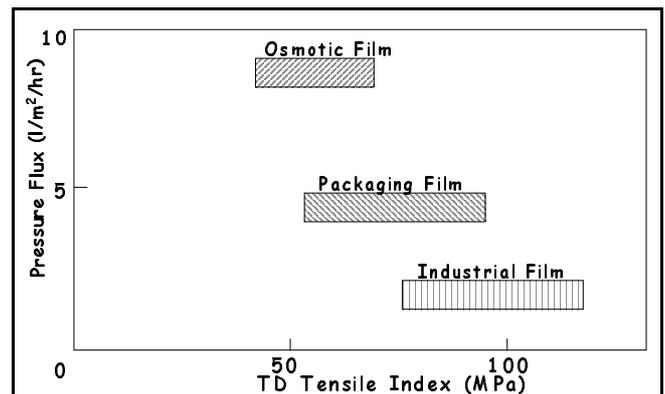
**Introduction.** Lenzing AG has developed the Lyocell process for the manufacture of Lyocell fibres over the past 14 years. In 1996 they invested in a Pilot Line to investigate application of the Lyocell technology to flat film manufacture. After generating sufficient data they contacted UCB in 1997 to work in partnership to develop new films from this technology. This culminated in a Joint Collaboration Agreement signed in December 1998, although joint trial work was in progress throughout 1998.

Because of the completely different process and processing conditions, UCB saw this technology as a way of developing a new range of specialist cellulose films, not simply as a means of replacing the well established viscose technology. One key development area for UCB is the Osmotic Bag described above, which has been developed from 1993. Although further advances are still under development via viscose technology, it is believed that the Lyocell process can offer a step change in the development that will open up new market areas. In particular, increased strength and reduced hydration rates may be possible via the Lyocell technology, and this paper describes some of the advances made over the past 2 years.

**Pilot Line Development.** The original Pilot Film Line in Lenzing consisted of dope extrusion at 400mm width, regeneration and washing followed by wind-up of wet film. The initial trial work was completed to justify continued interest

and investment from UCB. In mid-1999 a decision was made to invest in a completely new line equipped with a 1 metre wide extruder, new longer washing track, a stenter to stretch the web in the transverse direction (TD), followed by a conventional multi-cylinder dryer and wind-up. Latest technology in web profiling has also been fitted to the new line. The new line started commissioning phase in June 2000 and is now fully operational. It has the capability to make finished film at a width of 1 metre for market trials.

**Viscose film characteristics.** UCB manufacture films that can be classified into 3 broad categories - Industrial, packaging and Osmotic Films. Properties are controlled by varying process conditions in viscose and casting manufacture, and typical ranges of properties for permeability and TD tensile index (tenacity) are shown in figure 3.1.



**Figure 3.1 Pressure flux vs. tensile index for different "viscose" films.**

### Lyocell Process Trials.

**Standard Conditions:** In order to establish a benchmark, films were manufactured using pulps and conditions typical for the manufacture of Lyocell fibres. Results are shown in Figure 3.2. These initial results obviously show no benefits of the standard conditions to manufacture Osmotic Film, so several trials were run using different processing conditions, as follows:

**Blowing of Gases in the Air Gap:** Various gases (air, ethanol, isopropanol, acetic acid) were blown into the air gap before co-agulation in an attempt to increase film porosity. Results are shown in Figure 3.3. Although there are small improvements in porosity, they do not offer significant benefits to further progress.

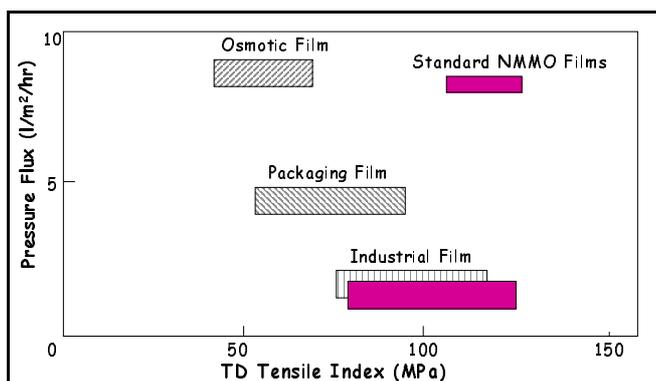


Figure 3.2. "Standard" NMMO films vs. viscose.

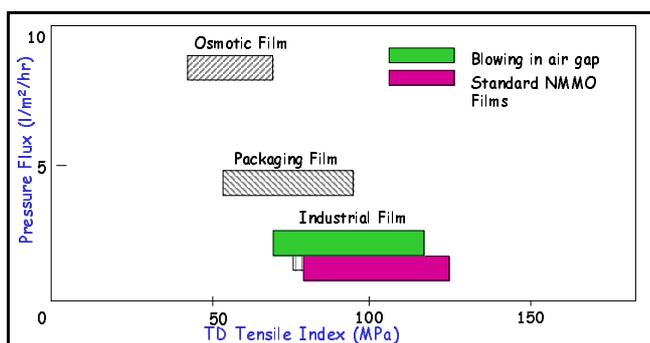


Figure 3.3. "Standard" NMMO films vs. viscose.

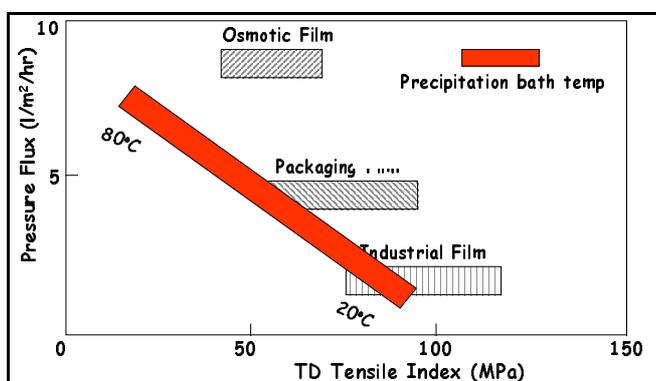


Figure 3.4. Precipitation bath temperature and concentration.

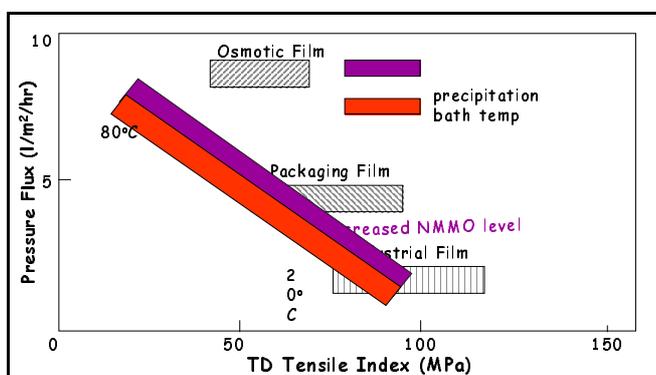


Figure 3.5. Precipitation bath temperature and concentration.

#### Increased Precipitation Bath Temperature:

Precipitation bath temperatures were increased from 20°C to 80°C in steps of 10°C, and the results are shown in Figure 3.4. This time there is significant increase in porosity, but ultimately at the cost of film strength. At 80°C the film is too weak to be viable for the Osmotic Bag.

#### Increased Precipitation Bath Concentration:

NMMO concentration in the precipitation bath was increased from 20% to 40% at the same range of temperatures as above. Results are shown in Figure 3.5. The increase in NMMO concentration gave an incremental increase in porosity, but it is clear that temperature has the major effect. Again film strength became a problem at the higher porosity.

#### Different Pulps with different degree of polymerisation (DP) requiring lower cellulose in dope (CID) concentrations:

Figure 3.6 shows the results of using different pulps at a precipitation bath temperature of 25°C. Clearly there is a marked increase in moving to higher DP, lower CID, and the results are now exceeding those of the viscose films.

*Higher precipitation bath temperature and different pulps:* Combining higher temperature with different pulps gave the results in Figure 3.7. Combining temperature with higher DP and lower CID gives further improvements in porosity.

*Transverse Direction (TD) stretching:* Structures generally fail at their weakest point, which is the Transverse direction in conventional cellulose film, where the MD/TD ratio is around 2:1. Lyocell films, because of the draw ratio from the die, have MD/TD tensile ratios of typically 4:1, particularly on the thinner films which are more advantageous for Osmotics applications. As already seen, the TD tensile is similar or higher than viscose films, and the MD strength is consequently at least double those of viscose films.

By stretching in a stenter frame it is possible to significantly increase the TD tensile (at the expense of MD strength) as illustrated in Figure 3.8. It is possible by stretching 200% (i.e. finished width 3 x original) to achieve a "square" film with both MD and TD tensile in excess of 200 KPa. This is typically 3 times the TD tensile of standard viscose films, so has the potential to increase film strength at a given porosity.

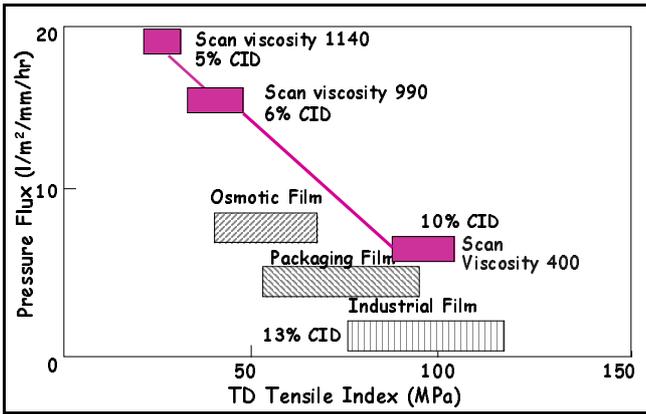


Figure 3.6. Different DP's and cellulose in dope concentration.

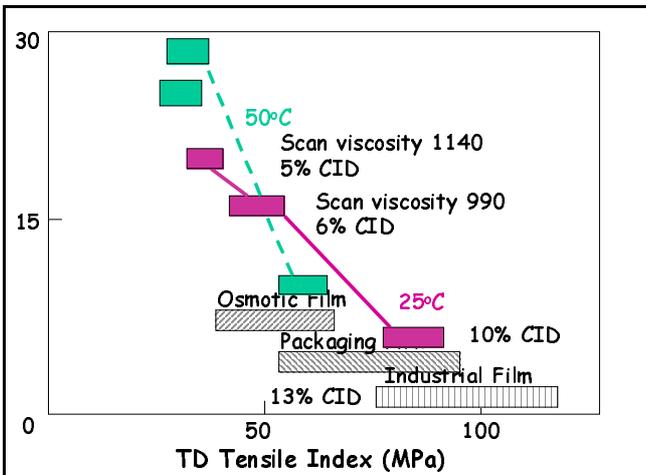


Figure 3.7. Different DP's and cellulose in dope concentration.

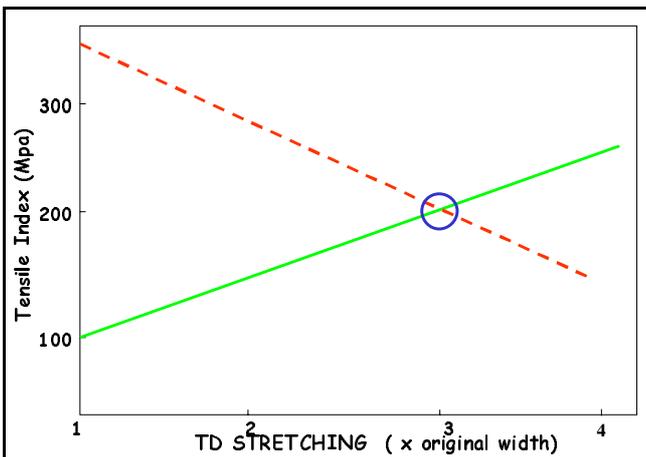


Figure 3.8. MD/TD strength vs. TD strength.

*Effect of TD stretching on porosity:* Figure 3.9 shows the effect of TD stretching on film porosity for “standard” fibre processing conditions. TD film strength is markedly increased with only a marginal change in porosity.

*Combinations of TD stretching with different pulps and temperature:* Only limited data has

been generated to date. However, the data that exists shows a compounding effect of pulp type, temperature and stretching. This will be confirmed by running controlled trials in the near future. The predicted graph from the early results is shown in Figure 3.10.

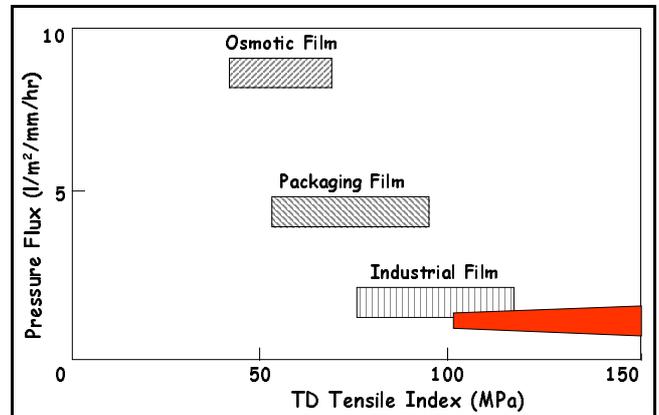


Figure 3.9. Effect of TD "stretching" film.

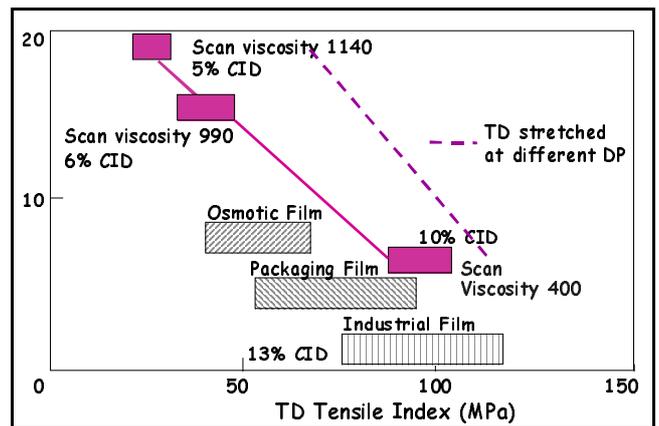


Figure 3.10. Different DP's and cellulose in dope concentration.

### Future Work

So far we have only had time to investigate the effect of a limited number of parameters to enhance the performance of the Osmotic Bag. Nevertheless, these have shown the potential to change the strength/porosity relationship to produce an enhanced product. Other parameters will be investigated in the coming months.

**Other Application areas.** Whilst the Osmotic Bag is a key business for UCB, there are other potential applications that we are concentrating on to exploit the enhanced properties possible from Lyocell technology. These include membrane applications, battery separators and panel films amongst others.

## **Conclusions**

Lyocell technology offers a new dimension for Cellulose films. By exploring and exploiting the much wider range of process variables available in the direct dissolution technology, it is possible to tune the process to produce specialist films for new applications. From an initial starting point that gave inferior film properties than viscose films, it has been demonstrated how it is possible to surpass the properties of viscose films by correct choice of process variables and raw materials for application as an Osmotic Bag. Basically, the box of tricks in direct dissolution

technology is far more diverse and offers enhanced opportunities for new film development. With the recent start up of the new pilot line many new films will be developed in the coming year.

## **Acknowledgements**

My thanks go to all the dedicated people at Lenzing AG and at UCB Films who have worked diligently on this project, and to the board of UCB for having the insight to finance the work.

## WHAT OPPORTUNITIES ARE AVAILABLE TO THE FINISHER FROM TODAY'S POINT OF VIEW WHEN IT COMES TO DYEING AND FINISHING OF LENZING LYOCCELL®

Peter Bartsch, Georg Kling

Lenzing AG, A - 4860 Lenzing, Austria

In this paper an overview of the present status of the dyeing and finishing of Lenzing Lyocell® is given. Rope dyeing and the field of garment wash and garment dye cover the classical methods with primary fibrillation and enzyme treatment. In rope dyeing, the goal is to obtain reproducible finishing results and to lower the costs of finishing. Today, corresponding auxiliary materials, dyeing and finishing machines as well as different process steps are available to the finisher, which increase the process safety and make it possible to extend the usable machinery.

Apart from classical rope dyeing methods, particularly to produce special handle and visual effects, one can observe a trend towards continuous dyeing and finishing routes. With the help of continuous finishing processes at open width, interesting garments can be

produced in the woven textile sector, such as high-quality easy-care shirt and blouse fabrics, bed linen, and fabrics for industrial and professional clothing, which have a smooth fabric surface. The work procedures and finishing costs are comparable with those of a corresponding cotton article.

With the introduction of Lenzing Lyocell® LF the finisher has a whole new range of perspectives with a Lyocell fibre showing no fibrillation. Here in rope dyeing in particular, especially in the knit wear sector as well as in applications such as terry towelling goods, lace or in garment dye, there are a number of considerable simplifications for the dyer and finisher as well as a reduction in the finishing costs.

### Introduction

In the recent past, Lenzing Lyocell® has been firmly established in numerous applications. Except for outer wear (shirts, blouse fabrics, T-shirts, etc.) this fibre is frequently found in the lingerie and home textile area (bed linen, tickings, terry towelling goods) as well as in denim (garment wash, garment dye).

Since the selection of working procedures in dyeing and finishing depends on the article and the possibilities offered by the finishing equipment available, different requirements are set by the dyer and finisher, depending on the article and form of presentation. Home textiles, such as bed linen or tickings as well as outer wear, such as shirt and blouse fabrics, are mostly finished in continuous or semi-continuous finishing steps or limitations are to be observed

with Lyocell articles at the pre-treatment and dyeing and finishing stages.

This changes when it comes to rope dyeing and the dyeing of made-up fabrics. Particularly in finishing knit wear and outer wear, the work procedure must agree with the characteristic fibre properties of Lyocell.

### The characteristics of Lyocell fibres

Lyocell fibres are spun in a solvent spinning process. As a result of the spinning process Lyocell fibres have characteristic fibre morphology. The excellent fibre properties are explainable by the fibre structure, for example the high strengths - in particular the wet strengths and the low fibre shrinkage. On the other hand, it is responsible for the swelling behaviour and for the fibre fibrillation in wet processes due to the

**Table 1. Physical data of Lenzing fibres in comparison with cotton.**

	<b>Cotton</b>	<b>Viscose</b>	<b>Modal</b>	<b>Lyocell</b>
Tenacity cond [cN/tex]	24-28	24-26	34-36	40-42
Elongation cond [%]	7-9	18-20	12-14	15-17
Tenacity wet [cN/tex]	25-30	12-13	20-22	34-36
Rel. wet tenacity [%]	105	50	60	85
Elongation wet [%]	12-14	21-23	13-15	17-19
Loop tenacity [cN/tex]	20-26	7	8	20
Grade of fibrillation	2	1	1	4-5
Water retention ability [%]	50	90	60	70
Natural moisture content [%] (65 % rel. H)	8	13	12,5	11,5
Crystallinity [%]	(60)	25	25	40
Volume swelling in water [%]	35	88	63	67

For the dyer and finisher the higher accessibility and liquor pick-up capacity, the swelling and fibrillation behaviour and the deeper dyeing are the relevant differences to cotton.

This results in the differences in finishing behaviour described in greater detail in the following.

#### **Rope dyeing, respectively the dyeing or washing of made-up articles**

The fibrillation tendency of Lyocell fibres is most certainly the most important criterion for dyers and finishers, and it has to be taken into consideration within the course of the work procedures. The fibrillation behaviour offers various possibilities to create interesting handle and visual effects, but in rope dyeing and garment wash/dye it requires the adaptation, respectively modification, of the finishing procedures and the availability of corresponding machinery. At the same time, the finishing process also depends on the fabric structure and the mass-per-unit area.

dyeing are wet rigidity as a result of high fibre

frequently encountered hairiness on the fabric surface.

Hairiness increases during rope dyeing when staple fibres, which are not tightly enough wound into the yarn, begin to disentangle. At the same time in a swollen state and exposed to mechanical stress, the fibres diagonal to the fibre axis begin to fibrillate. Hairiness and fibrillation are two effects which accumulate, resulting in an unsteady, fluffy and grey fabric appearance.

For this reason, it is important in rope dyeing to organise the work procedures so as to achieve optimum (running) flow characteristics in the dyeing machines. Either one tries to avoid the fluffing and fibrillation of the fabrics as far as possible, or one controls fibrillation so that it remains regular.

To obtain reproducible results one has to take care to have good laying and flow properties in the dyeing machines due to fibre fibrillation and the tendency towards rope marking defects. Table 2 shows the influencing variables, by means of which the fabric appearance can be controlled.

**Table 2. Influencing variables which determine fabric appearance.**

Improvement: +      Deterioration: -

	Flow behaviour	Hairiness	Fibre fibrillation
High yarn twist		+	
Open fabric structure	+	-	
Singeing		+	
Caustic treatment	+	+	
Cross-linker (AE 4425)			-
Running crease prevention agents	+		-
High temperature	+		+
Strong mechanics		-	+
Alkali (pH-value)	-		+
Process time		-	+
Enzyme treatment		+	-
High-grade finishing		(+)	-
Finishes/softening agents		-	

### Fabric structure

The behaviour of the fabrics in finishing and the utility values depend on the fabric structure, the mass-per-unit area and the final fabric look one is striving for. Thus, it is first and foremost important to try to firmly engage the fibres in the yarn to minimise fluffing. In knit wear for example, a slightly higher yarn twist ( $\alpha_m = 110$ ) is recommendable. Likewise, the use of siro-spun-yarns, respectively twisted threads, leads to a corresponding improvement.

Compared to an equivalent cotton fabric, the construction should be slightly more compact for Lyocell. A covering comparable with cotton yarns can be most easily achieved with Lyocell yarns by increasing the stitch density. For a yarn Nm 50/1 knitted on a gauge of E28, this means about 13-14 stitches/cm are to be knitted instead of 12 stitches/cm. Another possibility is to use coarser Lyocell yarns (approx. 4 Nm coarser), or

### Singeing

A reduction in the hairiness and an improvement in the fabric appearance and the utility values can be obtained in woven and knitted goods as a result of singeing. To obtain an optimum singeing effect one has in practise to pay attention to the higher residual moisture of Lyocell. Compared to a similar cotton fabric, the fabrics should be run at an approximately 10-15% lower speed.

### Caustic treatment

A caustic treatment applied at open-width (foulard) leads to a drastic reduction in wet rigidity, a deeper and more even dyeing, and less fluff on the fabric surface.

The reduction in wet rigidity improves the (running) flow behaviour (even when finishing at open-width), and as a result rope laying in the chafe marks and rope marking defects and

increases the process safety and finally the quality of the end product.

Woven fabrics, which can as a rule only be fibrillated, enzyme treated and dyed on Airflowjets or Airtumblers, can be dyed with reactive dyes following caustic treatment on a Softflow- or Overflowjet without any chafe marks forming. This is, however, only to be recommended for lighter and medium weight fabrics.

The caustic treatment of knit wear demands a tubular mercerising machine or the slop-padding of the fabric at open-width. In our experience, knit wear which has undergone a caustic treatment reveals a more regular fabric surface with less fluff and better pilling values, although it should be remembered that the handle is influenced by the caustic treatment.

Caustic treatment cannot, however, replace a fibrillation stop using a pre-treatment with AE 4425 or a corresponding finish with artificial resin.

The alkali type and the concentrations of alkaline solution are geared towards the type of Lyocell fabric desired, or the blending partners available, respectively.

Both caustic lye of soda and potassium hydroxide solution can be used for fabrics of 100 % Lyocell. Caustic treatment with caustic lye of soda leads to deeper dyeing results with Lyocell.

For Lyocell/cotton blends we recommend mercerisation or treatment with potassium hydroxide solution, which only has a slight influence on the dyeing behaviour of Lyocell, but raises the dyeing affinity of cotton to about the same level as Lyocell. As a result we obtain much better tone-in-tone dyeing results.

### Process parameters

Process parameters, such as the temperature, pH value (>7), mechanical influences and the process length have a considerable influence on the fibrillation and (running) flow behaviour of the fabrics. For this reason, these are to be kept constant in rope dyeing from batch to batch and checked. To guarantee reproducible finishing results here and to ultimately reduce the finishing costs the following points should be observed.

⇒ In all wet processes in the rope form. a

- ⇒ Running creases and chafe marks often form at the critical opening stage. For this reason you should only run-in the fabric after adding the running crease prevention agent, and not start the process below 50-60 °C.
- ⇒ As a result of the fibre swelling and the resultant wet rigidity, the normal machine load (in relation to the cotton fabric) is to be reduced by approx. 20 - 25 %.
- ⇒ Process parameters, such as the loading amount, fabric speed of circulation and the use of auxiliary materials, are to be maintained for each load.
- ⇒ With knit wear it should be noted that - as a result of the swelling of the fibre - the wet rigidity does not have such clear effect as it does with woven fabrics. Compared to woven fabrics, for which Air-Jets are absolutely recommended for wet treatments in rope form, knit wear can also be dyed on normal Soft-Jet and Overflow machines. Attention should be paid to good laying of the goods in rope form during the wet treatment.
- ⇒ If the fabric was cut open in the course of the pre-treatment, the pieces should be sewn in tubular form to guarantee good (running) flow behaviour on the Jet (rope laying, evenness, chafe marks).
- ⇒ All the dyestuff systems suitable for cellulosic materials can be used for dyeing. For deep dyeing, multiple-anchor reactive dyestuffs are to be given preference due to their cross-linking effect.

### Fibrillation stop

Cross-linking systems such as an Axis treatment or AE 4425 will no longer be available to us in the future. Alternatives, such as Preshade NF/Ipposha, are commercially available, but are still in the introductory and test phase, and their suitability has still to be tested.

To obtain a washable fabric out of regular Lyocell, generally an artificial resin finish is suitable with resins with a low level of formaldehyde (Ökotex 100). Preliminary trials are to be carried out regarding the tensile strength and fastness to chafing.

Lenzing Lvocell® LF can be used here as an

### Finishing at open-width

Unlike rope dyeing, no problems with fibre fibrillation and the formation of chafe marks are to be expected from procedures at open-width (continuous and semi-continuous processes). Without primary fibrillation and an enzyme treatment fabrics with a smooth surface can be produced using simple, reproducible and cost-favourable finishing procedures, as commonly with comparable fabrics of cotton or regenerated fibres.

Lyocell fabrics of this kind are characterised by their pleasant smooth and silky handle, good dimensional stability and utility values and excellent thermo-physiological and sensory properties.

Successful developments of this kind with interesting benefits are, for example, high-quality fabrics in the home textile area, such as tickings including Lyocell filling material or bed linen, and in the professional clothing and men's and ladies' outer wear sector, such as easy-care, iron-free shirt and blouse fabrics.

### Easy-care shirt and blouse fabrics

As is known from high-quality cotton shirt fabrics, Lyocell fabrics with an attractive smooth fabric surface and excellent utility values can be made from Lenzing Lyocell® with the help of a liquid ammonia treatment in combination with wet or dry cross-linking. Within the framework of a project in which several reputed companies participated iron-free, easy-care shirt fabrics were produced. For the fabrics made of Lenzing Lyocell® there were no restrictions or disadvantages, as compared to cotton, within the individual processing steps of the textile chain (spinning mill, yarn dyeing, weaving and finishing) in terms of processing, performance or finishing costs. The finishing costs turned out to be slightly cheaper for Lyocell than for cotton, since the pre-treatment is simpler.

The Lyocell fabrics are clearly superior to cotton fabrics with regard to the strength values, tear strength and resistance to further tear, scrubbing of the edges and wash-and-wear behaviour.

Clothing physiological tests carried out by the Hohenstein Institute of Research on two shirt

fabric. The overall mark for wear comfort comprises a thermo-physiological and skin sensory aspect. A grade A Lenzing Lyocell® has a slightly better thermo-physiological wear comfort than cotton, which has a 1-2 grade. This evaluation results from the slightly better short-term water steam absorption and the buffer effect for the liquid sweat. Compared to cotton fabric, the Lyocell fabric reveals a slightly higher water retention capacity, which, however, has no noticeable negative effect on the wearability with the same thermal insulation and drying time.

The differences between the skin sensory properties are more serious. Here the Lyocell sample shows a more favourable and lower adhesion index (adhesion to the skin when perspiring) and fewer contact points between the textiles and the skin. Thus, when perspiring the Lyocell shirt fabric is felt to be less clammy or damp than a comparable cotton shirt fabric. With a grade of 1.6 the skin sensory evaluation, Lyocell fabric is much more favourable than cotton with a grade of 2.7 (Table 3).

**Table 3. Wear comfort of easy-care shirt fabrics. Source: Hohenstein Research Institute**

	TK <sub>T</sub>	TK <sub>H</sub>	TK
Lyocell	1,2	1,9	1,4
Cotton	1,6	2,7	2,0

TK<sub>T</sub>: Thermo-phys. wear comfort

TK<sub>H</sub>: Skin sensory wear comfort

TK: Overall wear comfort,

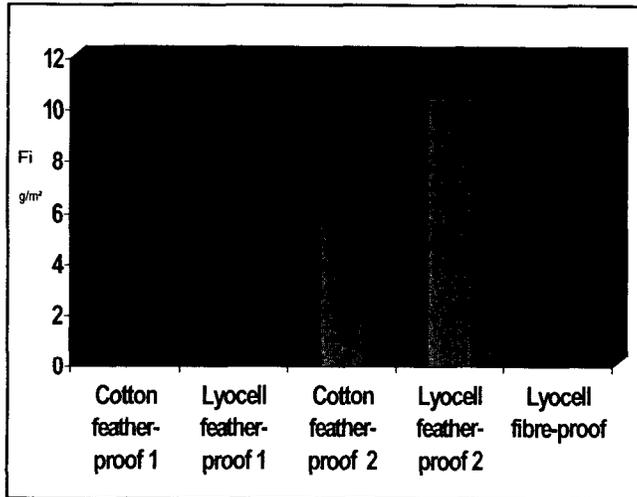
$TK = 0.66 TK_T + 0.34 TK_H$

### Home textiles – tickings / filling material

There are similarly positive results in the field of home textiles for tickings. In a direct comparison of different Lyocell tickings with cotton tickings, the two Lyocell samples were given the best thermo-physiological evaluation (Table 4). The main variables influencing the thermo-physiological comfort of a ticking were the water vapour transmission resistance  $R_{et}$ , the short-term steam absorption capability  $F_i$  and the moisture balance coefficient  $F_d$ . Lyocell tickings have a much lower water steam transmission resistance, *i.e.*, better breathing properties, much higher water steam absorption capacity (Figure 1) and a

**Table 4. Evaluation of thermo-physiological comfort of tickings. Source: Hohenstein Research Institute.**

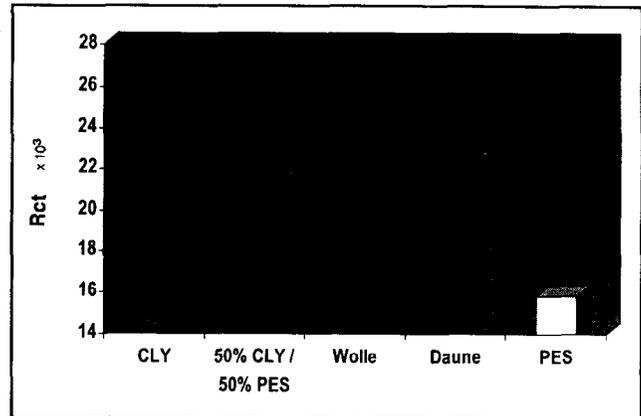
Fabric	Mark
Lyocell sample 3 fibre dense	1
Lyocell sample 2 feather-proof	2
Lyocell sample 1 feather-proof	3
Cotton sample 1 feather-proof	4
Cotton sample 2 feather-proof	5



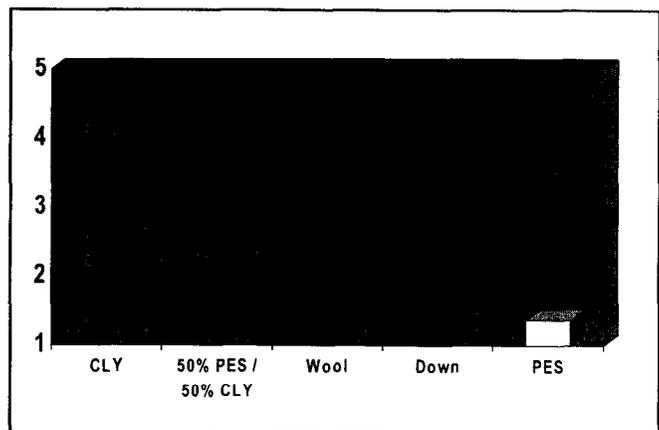
**Figure 1. Evaluation of water steam absorption capacity  $F_i$ .**

These physiological properties determined for fabrics were confirmed by High Loft filling materials, which are used in bed quilts, for instance.

For example in relation to the fleece cover, Lenzing Lyocell® has a much better heat insulation than all the other conventional materials, such as wool, down and polyester (Figure 2). Moreover, the moisture transport and the moisture absorption properties of the Lyocell fibres are striking compared to other filling materials. In one overall evaluation of all the parameters, Lenzing Lyocell® produces much better results than conventional filling materials (Figure 3). This means that the use of Lyocell bed linen, Lyocell tickings and Lyocell filling fibres is an optimum combination which defines a new standard in terms of thermo-physiological and skin sensory properties.



**Figure 2. Heat insulation  $R_{ct}$  in relation to the fleece thickness. Source: Hohenstein Research Institute.**



**Figure 3. Overall evaluation of the physiological properties. Source: Hohenstein Research Institute.**

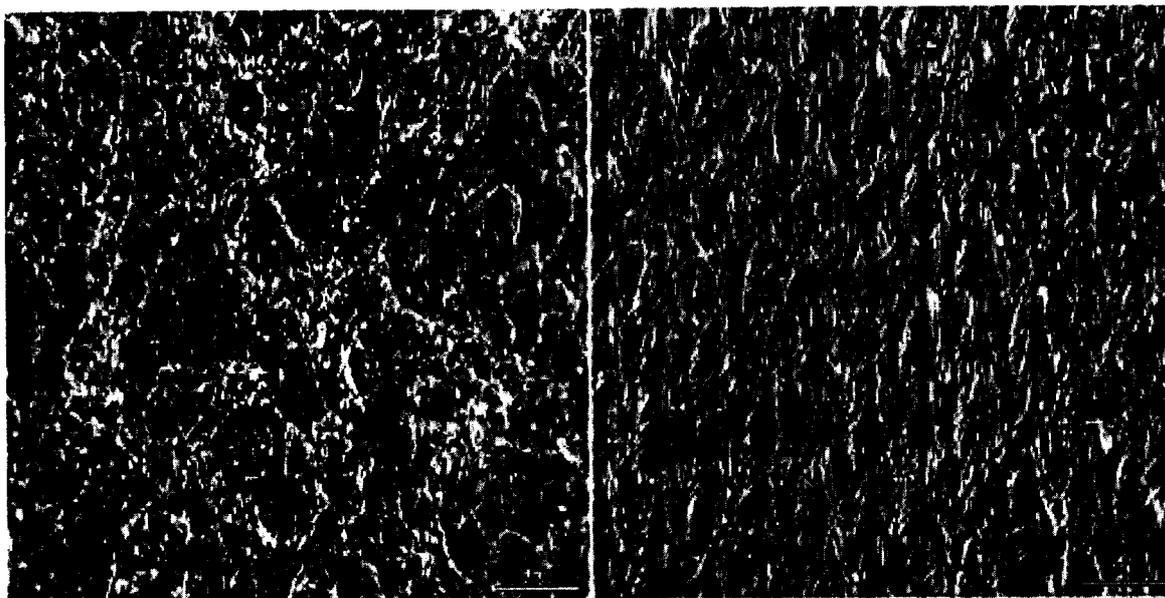
### Peach Skin Effects

In classical finishing peach skin effects are produced in rope form using Airflows and Airtumblers.

Alternatives are produced in open-width finishing with special emery finishes. Here for example, emery papers coated with diamond dust are recommended, which imitate effects comparable to the classical method.

With knitted fabrics, special machines have to be used such as Ultrasoft/Lafer S.p.a.. In a joint attempt the surface of rope-dyed, fibrillated knit wear with a high fluff level was mechanically cleaned instead of using an enzyme treatment.

Apart from Peach Skin effects, various finishes can naturally be applied to fabrics of Lenzing crêpe or other special effects.



**Figure 4. Surface treatment of dyed Lyocell knitwear with Ultrasoft/Lafer.**

## **Lenzing Lyocell® LF**

Lenzing Lyocell® LF is a non-fibrillating Lyocell fibre with the typical Lyocell attributes, such as naturalness, high strengths, good dimensional stability and a cool, soft and dry handle.

Lenzing Lyocell® LF was specially developed for use in rope dyeing with the aim of being able to finish fabrics made of Lyocell without any stripes and fibre fibrillation. Fabrics, in which for technical reasons no artificial resin finish can be carried out, are another important application.

### **Possible applications**

**Knitted fabrics:** circular knitted yard goods, circular bodice yard goods and finished goods (seamless), made to measure knitted flat knits or cotton goods (fully fashion), Laces and warp knit goods, socks and hosiery.

**Woven fabrics:** fabrics with a smooth, non-fibrillated fabric surface finished in rope form as well as garment dye fabrics.

**Fibre blends:** the use of Lenzing Lyocell® LF can currently be recommended for the 100 % variant or in blends with elastane, cotton, polyamide, wool (cotton system/short staple) and silk.

with polyester we would still recommend the normal type.

### **What advantages has Lenzing Lyocell® LF**

#### **1) Simple dyeing and finishing**

- No fibre fibrillation
- No rope marking defects
- A wide spectrum of dyeing and finishing machines can be used
- No primary fibrillation and enzyme treatment recommended
- No cross-linking finish (high-grade finishing) necessary
- Low finishing costs

#### **2) High alkali and peroxide resistance**

Sufficient resistance to alkali treatments as are common within the framework of the pre-treatment and dyeing processes for blends with cotton and regenerated fibres.

- Alkali treatments at low temperatures
  - Mercerisation
  - Caustic treatment
  - Sandoflex A
- oxidative peroxide bleach and reductive bleach

### 3) No formaldehyde

- No formaldehyde in accordance with law of Japan 112 (EN ISO 14181-1/01/99)

As a result of the non-fibrillation tendency, the finishing of Lenzing Lyocell® LF becomes more simple. Cost-intensive finishing steps, such as fibrillation and defibrillation processes, do not apply so that Lyocell LF can be dyed and finished using the machines normally used for cellulose fibres without the formation of stripes and fibrillation. This means that the finishing

methods are basically comparable with those required for viscose, Modal or cotton.

It has been shown that knitted fabrics of Lyocell LF, finished using the simplest finishing route (preliminary wash, reactive dyeing, finish), lead to washable fabrics which produce absolutely faultless end products in home laundering (25 x 60 °C + tumble drying) in terms of pilling and fibre fibrillation.

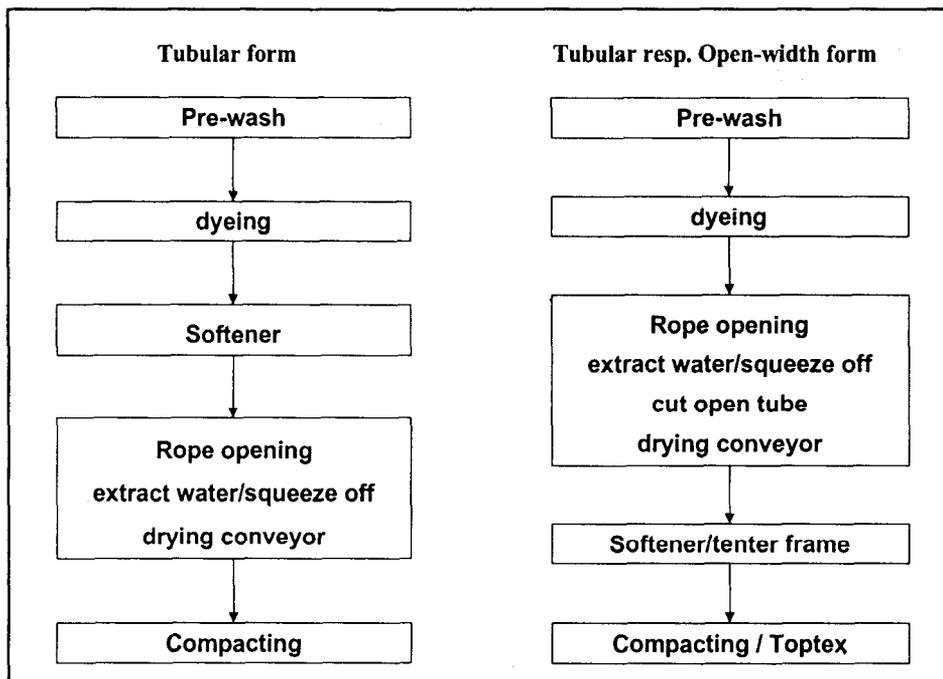


Figure 5. Suitable finishing routes for circular knitted fabrics of 100 % Lenzing Lyocell® LF.

The finishing of woven fabrics of Lenzing Lyocell® LF can be carried out using rope finishing and within the framework of the continuous process in the same way as for woven fabrics of viscose or Modal.

A primary fibrillation and defibrillation (enzyme treatment) does not make sense, since this fibre does not fibrillate. Primary fibrillation leads to a reduction in the fibrillation protection and thus again to fibre fibrillation. Enzyme treatment does not produce the desired effect on Lenzing Lyocell® LF.

The dyeing behaviour of Lenzing Lyocell® LF depends on the fibre type and differs slightly from the dyeing behaviour of the conventional Lenzing Lyocell® fibre.

slightly lighter dyeing result than on the Lenzing Lyocell® fibre due to the repelling interaction forces between the anionic dyestuffs and the slightly anionic fibre surface. The affinity of the dyestuffs can be slightly improved by adding salt.

Reactive dyestuffs basically behave in a similar way on Lyocell LF as they do on normal Lyocell. Depending upon the dyestuff type and the dyeing behaviour, lighter or deeper shades can occur for Lenzing Lyocell® LF at the same dyeing conditions. A separate colour adjustment is necessary.

Bi-functional dyestuffs are advantageous (e. g., Remazol black, Cibacron I, Sulfon). These also have a crosslinking effect with deeper shades

The dyeing behaviour is characterised by the slightly anionic character and the very high swelling capacity, despite cross-linking, of Lenzing Lyocell® LF. The swelling capacity is slightly higher than for normal Lyocell.

The non-fibrillating character is attained with a cross-linking agent on the basis of reactive dyestuff anchors. Within the finishing steps a reversal of cross-linking can occur with certain process parameters (pH, temperature, time), so that certain recommendations are to be observed within the framework of the pre-treatment, dyeing and finishing processes.

- NOT RECOMMENDED FOR POLYESTER BLENDS

HT-dyeing conditions (30 min at 130 °C, pH 4.5) for PES blends, dyeing conditions for polyacrylonitrile (60 min at 95°C, pH 4.5) or corresponding wool, respectively PA, dyeings with acid dyestuffs at boiling temperature in a strong and weak acidic range lead to a reduction in fibrillation protection.

- OXIDATIVE PEROXIDE BLEACH – OBSERVE THE BLEACHING RECOMMENDATIONS

Aggressive oxidative bleaching conditions, such as those common for cotton or linen, lead to an increasing reduction in fibrillation protection – be careful with recipes for full white.

The upper concentration level for peroxide bleach is 5 ml/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (35%), 1 ml/l NaOH (50%), 60 min at 90 °C.

- CAREFUL WITH EXTREME PROCESS CONDITIONS

The tendency towards fibrillation is increased again within the individual finishing steps as a result of factors, such as high process temperatures, high amounts of alkaline solution respectively acid and long process times.

Additional fibre stress factors, as a result of dye stripping processes and the renewed dyeing in the exhaust dyeing process with reactive or vat dyestuffs (alkali, high dyeing temperature), reduce the fibrillation protection.

# **KOOPERATIVES UMWELTMANAGEMENT IN DER TEXTILEN KETTE - BILANZIERUNG DER ÖKOLOGISCHEN ASPEKTE VON LYOCELL, VISCOSE UND BAUMWOLLE**

**Thomas Fischer, Tobias Winkler, Tobias Maschler**

Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf, Management Research,  
Körschtalstraße 26, D-73770 Denkendorf, Germany  
e-mail: thomas.fischer@itv-denkendorf.de

**Für die Entwicklung umweltfreundlicher Textilien und Bekleidung sind über das betriebliche Umweltmanagement hinaus kooperative Managementkonzepte nebst darauf abgestimmter Informationssysteme erforderlich. Im von der Europäischen Union geförderten Forschungsprojekt „VIRTEX“ (BE-96-3470) wurden neue Management-Methoden für Firmen zur kooperativen Produktentwicklung in einer „Virtuellen Organisation“ untersucht. Dieser Beitrag beschreibt Ergebnisse des VIRTEX-Teilprojekts „Integration von Umweltaspekten in die kooperative Produktentwicklung“: eine Bilanzierung der Material- und Energieströme in der textilen Kette sowie eine Musterda-**

**tenbank mit Projektmanagement-Funktionalität zur Unterstützung der kooperativen, überbetrieblichen Produkt-Entwicklung unter Einbeziehung von Umweltaspekten.**

### **Stichwörter:**

kooperative Produktentwicklung,  
kooperative Managementkonzepte,  
virtuelle Organisation,  
verteilte Datenbank,  
Akteurs-Kooperation,  
Integration von Umwelt-Aspekten,  
Material- und Energiebilanzierung,  
textile Kette.

## **Einführung**

Europäische Märkte fordern innovative, qualitativ hochwertige und funktionelle, gesundheitlich unbedenkliche und umweltverträglich hergestellte Produkte. Für mittelständische Unternehmen der Europäischen Textilindustrie sind insbesondere Kooperationen in der Produktentwicklung ein geeignetes Konzept, um diesen neuen Anforderungen auf sich globalisierenden Märkten gerecht zu werden.

Bislang finden sich jedoch in der Praxis nur wenige Beispiele für enge vertikale Kooperationen in der textilen Kette.<sup>1</sup> Dies gilt insbesondere für Kooperationen zur Produktoptimierung unter ökologischen Gesichtspunkten. So handelt es sich bei den derzeitigen Formen der Zusammenarbeit in der textilen Kette weniger um gemeinsam durchgeführte Entwicklungsprojekte als um bilaterale Handelsbeziehungen, bei denen Anforderungen des Handels oder der nachfra-

genden Produktionsstufen an die Lieferanten weitergegeben werden, bzw. wo Produzenten durch Kennzeichnung, durch detaillierte Gebrauchsanweisung sowie mittels Produktberatung den nachgelagerten Stufen helfen, optimal mit dem Produkt umzugehen.

Handelsunternehmen als Schnittstelle zwischen den Produkt-Lebensphasen „Herstellung“ und „Nutzung“ verfügen über einen relativ großen Einfluss auf ihre Lieferanten in der Produktionskette. Die Produktionskette wiederum ist durch eine hohe Vernetzung und Dynamik gekennzeichnet, da jedes Unternehmen im allgemeinen sowohl mehrere Lieferanten als auch mehrere Kunden besitzt. Das Stoff- und Produktwissen, das insbesondere zur ökologischen Produktoptimierung benötigt wird, ist in der gesamten Produktionskette angesiedelt. Es wird bisher kaum zur kooperativen Optimierung eines Produktes hinsichtlich der Bedürfnisse des Marktes eingesetzt.

Immer kürzer werdende Produktlebenszyklen und eine zunehmende Spezialisierung der Unternehmen auf textile Stufen erfordern daher Methoden und Werkzeuge für eine problembezogene, stufenübergreifende Zusammenarbeit in der Produktentwicklung, um auf zeitlich begrenzte Marktpotentiale kurzfristig und kostengünstig reagieren zu können.

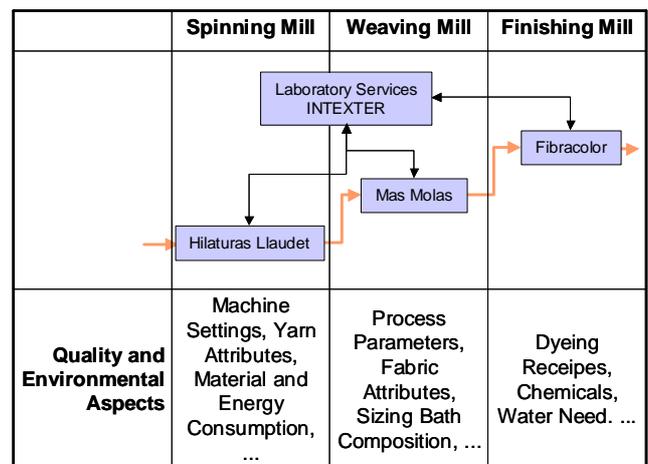
Das Konzept der „Virtuellen Integration der Produktentwicklung“ stellt einen vielversprechenden Ansatz für problembezogene Kooperationen in der Produktentwicklung dar. In der Literatur gibt es vielfältige Beschreibungen für diese Kooperationsform.<sup>2</sup> Gemeinsam ist diesen, dass verschiedene von einander unabhängige Unternehmen Teile ihrer Prozesse - vorrangig im Bereich ihrer Kernkompetenzen - zielgerichtet kombinieren und die hierfür relevanten Geschäftsprozesse so integrieren, dass sie von außen betrachtet wie eine Einheit wahrgenommen werden. Durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologie soll eine hohe Flexibilität hinsichtlich Ort und Zeit erzielt werden.

### Forschungsprojekt VIRTEX

Die praktische Umsetzung dieses Konzeptes in der europäischen Textilindustrie war Gegenstand des europäischen Gemeinschaftsforschungsprojektes VIRTEX (BE 96-3470), welches vom „Institut für Textil und Verfahrenstechnik Denkendorf“ der „Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung, Stuttgart e.V.“ koordiniert wurde. Unternehmen aus vier typischen textilen Ketten in wichtigen Textilregionen Europas, welche hochwertige Produkte und Materialien verarbeiten, bildeten die Kerngruppe des VIRTEX-Konsortiums. Gemeinsam mit Forschungsinstituten und Informationstechnik-Ausstattern entwickelten diese textilen Unternehmens-Ketten angepasste organisatorische Strukturen, Methoden und Instrumente zur gemeinsamen, kooperativen Produktentwicklung. Dabei kamen Informations- und Kommunikations-Technologien des „Computer Supported Cooperative Work“ (CSCW) sowie neue Software-Werkzeuge, angepasste Test- und Messverfahren und weitere Informationssysteme zum Einsatz.

### VIRTEX Mode-Kette

In einer textilen Kette in Katalonien (ES), die sich aus den Unternehmen „Hilaturas Llaudet S.A.“ (Garnherstellung), „Mas Molas S.A.“ (Gewebeherstellung) und „Fibracolor S.A.“ (Veredlung) sowie dem Forschungsinstitut und Laboratorium „Intexter“ der „Universitat Politècnica de Catalunya“ zusammensetzt, werden gemeinsam hochwertige, modische Gewebe aus Lyocell Fasern von Lenzing entwickelt. Die textile Kette ist in Abbildung 1 dargestellt.



**Abbildung 1. Stufen der VIRTEX-Mode-Kette nebst für die kooperative Produkt-Entwicklung relevanten Qualitäts- und Umwelt-Aspekten.**

Im Rahmen von VIRTEX wurden die organisatorische Gestaltung und die informationstechnische Unterstützung des gemeinsamen Entwicklungsprozesses untersucht und weiterentwickelt. Einen Schwerpunkt lag dabei auf der Integration von Aspekten des Umwelt- und Gesundheitsschutzes in den gemeinsamen Produkt-Entwicklungsprozess.

### Kooperative Produktentwicklung in der textilen Kette unter Einbeziehung von Umwelt-Aspekten

Um den gesamten Produktionsprozess möglichst effizient im Sinne der nachhaltigen Entwicklung zu gestalten, müssen Informationen über die Material- und Energieströme entlang der gesamten Produktionskette bereits in der Produktentwicklung zur Verfügung stehen. Neben der produktionsinternen Abstimmung der Prozesse wird es immer bedeutender, die

ökologische Effizienz des Produktes auch anderen gesellschaftlichen Gruppen wie den Konsumenten, der Öffentlichkeit oder dem Staat zu vermitteln. Hierzu müssen am Ende der Entwicklungsphase zugleich mit dem Produkt auch Informationen über seine Umweltauswirkungen gegeben werden, die entsprechend allgemein akzeptierter Bewertungskriterien strukturiert und aufbereitet sind.

Die Methode der Ökobilanz mit ihrer produktbezogenen Sichtweise ist hierfür prinzipiell geeignet, da für sie das Produkt die Verbindung zwischen den Unternehmen darstellt. Der Bilanz-Bezug auf das Produkt lässt die Aggregation mehrerer Produktionsstufen zur einer Kette zu. Damit kann der Ressourcen-Einsatz und die Sinne der Umweltleistung eines Produkts für die gesamte Kette ermittelt werden.

Die Ökobilanz-Methodik wurde ursprünglich jedoch nicht als ein Controlling-Instrument konzipiert, mit dem in regelmäßigen Abständen Ziele für die Umweltleistung eines Produktes festgelegt werden und die Erreichung derselben überprüft wird. Praktische Anwendungsbeispiele belegen, dass die Durchführung von Ökobilanzen einen großen zeitlichen und finanziellen Aufwand bedeutet, der kurzfristig nicht durch einen entsprechenden Nutzen gerechtfertigt werden kann. Ökobilanzen werden vielmehr zur Absicherung strategischer Entscheidungen herangezogen. Daher sollten die bei einer Ökobilanz gewonnenen Informationen grundsätzlich als Teil eines weitaus umfassenderen Entscheidungsprozesses oder zum Erkennen von Wechselwirkungen dienen: So erlaubt die produkt-bezogene Übersicht über den Ressourcen-Einsatz und die Umwelt-Einwirkungen die eine transparente Betrachtung von unternehmensübergreifenden Zusammenhängen, z.B. die Abstimmung des Schlichte-Bades in der Weberei und des Vorbehandlungs-Prozesses in der Veredlung auf im Kontext der textilen Kette geringste Umwelteinwirkungen.

### **Bilanzierung der Material- und Energie-Ströme für Lyocell, Viscose und Baumwolle**

Im Rahmen von VIRTEX wurde eine Analyse der Material- und Energieströme von der Garnherstellung über die Gewebeerstellung bis hin zur Gewebe-Veredlung durchgeführt. Die Daten wurden von den Partnern in der textilen

Kette erhoben und vom Forschungsinstitut Intexter (Spanien) aufgearbeitet. Später wurden in diese Analyse die Ökobilanzen für die Produktionsstufe „Faserherstellung“ des Unternehmens „Lenzing AG“ (AT) mit einbezogen. Für Baumwolle wurden Vergleichswerte aus der Literatur herangezogen.<sup>3</sup> Zur Unterstützung der Modellierung, der Datensammlung und der Auswertung wurde das Software-Werkzeug „GaBi 3“ eingesetzt.<sup>4</sup> Zur weiteren Auswertung und grafischen Darstellung der Ergebnisse wurden die Daten mit EXCEL aufbereitet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Material- und Energiestrom-Bilanzierung der textilen Kette unter Einbeziehung der Ökobilanzen der Lenzing AG vorgestellt.

### **Ziel der Bilanzierung**

Zielsetzung dieser Analyse war es, umweltrelevante Prozesse zu identifizieren und - soweit möglich und sinnvoll - zu quantifizieren. Ein besonderes Augenmerk wurde hier auf die Struktur und den Material- und Energiebedarf der Prozesse in der textilen Kette gelegt. Dabei wurden einfache Modellstrukturen ausgearbeitet, welche Abschätzungen der mit einem Produkt verbundenen Ströme mit einfachen Mitteln - das heißt soweit wie möglich mit den dem Unternehmen direkt zur Verfügung stehenden Daten in Prozess-Anweisungen und Maschinenhandbüchern - ermöglichen sollen. Aus den Ergebnissen sollten produktbezogene Kennzahlen abgeleitet werden, mit denen die produktbezogene Umweltleistung der Produktionskette unter Berücksichtigung der in der Phase der Produktentwicklung verfügbaren Daten und Zeit hinreichend genau abgeschätzt werden kann. Die Analyse ist an die Methode der Ökobilanz<sup>5</sup> angelehnt.

Die Material- und Energie-Bilanzen wurden für folgende Produkt-Szenarien erstellt:

- Faser-Produktion (Lyocell, Viscose und Baumwolle)
- Gefärbtes und veredeltes Gewebe (Rohgarn Spinnen → Weben von Roh-Gewebe → Veredeln mit Blau-Färben)
- Veredeltes, zum Färben vorbereitetes Gewebe (Rohgarn Spinnen → Weben von Roh-Gewebe → Veredeln)

- Veredeltes Gewebe aus Buntgarn (Spinnen mit Marine- und Beige-Garnfärben → Weben mit je zur Hälfte marine- und beige-färbigem Garn → Veredeln von Gewebe aus Buntgarn)

Die Prozess-Folge in der textilen Kette ist sehr produktbezogen: so können je nach Ausstattung und Arbeitsweise der Unternehmen Prozesse hinzukommen oder wegfallen. Auch der Energie-Verbrauch der verwendeten Maschinen kann variieren.

### Die Grenzen des Bilanzraums

Die Bilanzen umfassen die Produktionsstufen „Faserherstellung“, „Spinnen“, „Weben“ und „Veredeln“. Eine Übersicht über die Bilanzräume im Groben gibt Abbildung 2. Die Material- und Energie-Bilanzen konzentrieren sich dabei auf die Produktions-Prozesse. Die Energie-Erzeugung wurde hier (falls möglich) ebenso wie die Abwasser-Klärung und die Abluft aus den Bilanzräumen ausgenommen<sup>6</sup>. Ebenso wenig bilanziert wurde der Transport zwischen den Produktionsstufen. Die Baumwoll-Produktion wurde hier nach Richtwerten der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages (1995) modelliert. Für sie liegen je nach geografischer Herkunft recht weit gestreute Daten vor: so schwanken beispielsweise die Angaben über den Wasserkonsum zur Bewässerung für 1 kg Baumwolle zwischen 7 m<sup>3</sup> (Israel) und 23m<sup>3</sup> (Sudan). Neben dem Bewässerungs-Anbau von Baumwolle gibt es auch Regionen mit Trockenfeld-Anbau. Der Primärenergie-Bedarf für Baumwoll-Anbau variiert je nach Mechanisierung der Produktion zwischen 12,6-20,9 MJ (Sudan) bis zu 42,9 MJ (USA, GUS) pro kg Baumwolle<sup>7</sup>. Die Produktionsstufe „Mittleuropäische Forstwirtschaft (AT)“ wurde hier nicht mitbilanziert, da für sie im Grossen und Ganzen nur die schon ausgeschlossenen Transporte anfallen. Zwar läge ein Vergleich der Stufe „Baumwoll-Produktion“ mit den verkoppelten Stufen „Mittleuropäische Forstwirtschaft“ und „Faserproduktion“ nahe, dies hätte aber den Interessensbereich „kooperative Produktentwicklung“ des Projektes VIRTEX verlassen. Die Garn- und Gewebeeigenschaften sind ebenfalls in Abbildung 2 dokumentiert.

	Fibre Production	Spinning (Option: Yarn Dyeing)	Weaving	Finishing	
				Fibracolor S.A. (ES) →	
			Mas Molas S.A. (ES)		
		Hilaturas Llaudet S.A. (ES)			
	Cotton Cultivation (unspec.)	Lenzing AG (AT)			
<b>Product</b>	–	Bright Staple Fibre: Lyocell: 13%hum., unbleached; Visoco: 11% hum., TCF bleached	Yarn Nm 1/50, raw or beige/marine dyed	Grey or colour-woven Fabric: 24 picks/cm, 8.160 yams, 269g/lin m, width: 1,7m, Grey or colour-woven Fabric	Dyeing & Finishing grey Fabric; Preparing grey Fabric for Garment Dyeing; Finishing colour-woven Fabric
<b>Other Main Inputs</b>	Pesticides, Fertilizers, Limestone, etc.	Water, Chemicals, etc.	Water, Chemicals, etc.	Chemicals, etc.	Water, Chemicals, etc.
<b>Other Main Outputs</b>	–	Waste, By-Products	Waste	Waste	Waste
<b>Modelling Approach</b>	Literature Data	Black Box Model	White Box	White Box	White Box
<b>Related, unbalanced Production Steps *</b>	–	Power Plant **, Middle-European Wood Production (AT)	Power Plant, Sewage Treatment	Power Plant	Power Plant, Sewage Treatment

\* Transport between the production sites was not balanced here.

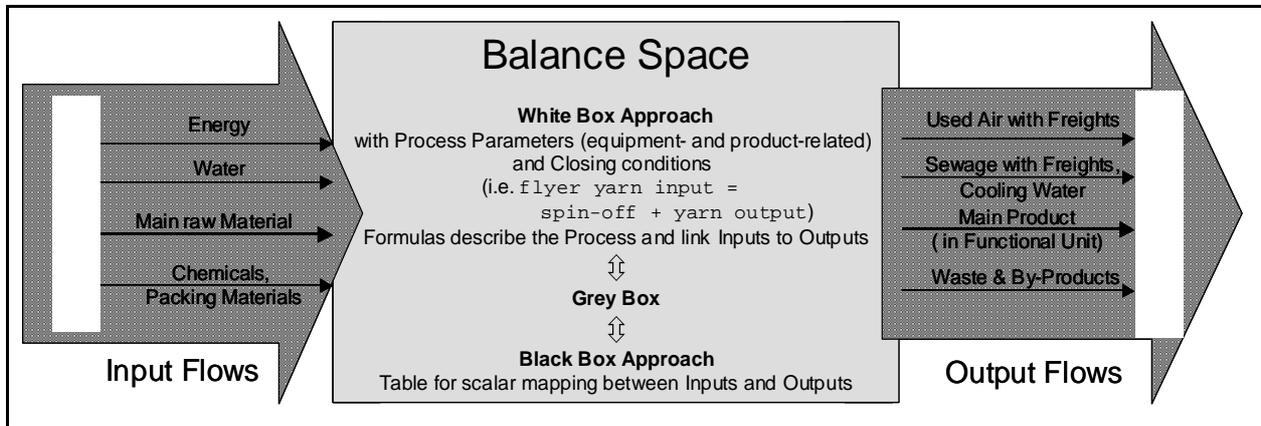
\*\* The viscose production has an integrated power plant, which was not separated.

**Abbildung 2. Bilanzraum in der textilen Produktionskette mit einer Auswahl an Strömen.**

Die Produktionsstufe „Faser-Herstellung“ wurde hier nicht in die Hochrechnungen über die Kette

einbezogen, da die involvierten Faser-Produktionsstufen nur bedingt vergleichbar sind: so hat die Produktionsstufe für Viscose-Fasern ein 10mal höheres Produktionsvolumen als die Produktionsstufe für Lyocell-Fasern und ist mit einer eigenen Energie-Erzeugung ausgestattet.

Damit arbeitet sie im Netto-Energie-Verbrauch deutlich effizienter als die Lyocell-Produktionsstufe (siehe Abbildung 8) und hat ein sehr reduziertes Abfall-Aufkommen<sup>8</sup>. Ferner liegen für Baumwolle nur Richtwerte für bestimmte geografische Regionen vor.



**Abbildung 3. Struktur der hier verwendeten Bilanzräume.**

Ein Bilanzraum kann weitere Bilanzräume beinhalten. Die Inputs und Outputs beinhalten eine Auswahl an Beispiel-Flüssen.

Als Systemgrenze wurden die direkten Produktionsprozesse in den Unternehmen gewählt. Daher stellen die Zu- und Abgänge abweichend von dem Idealfall - wie in ISO 14040 beschrieben - nicht sämtliche Elementarflüsse über die Systemgrenze<sup>9</sup> dar. Der Energie- und Wasserkonsum wird durch Berechnungen näherungsweise bestimmt und nicht gemessen, um den Aufwand für die Datenerhebung insbesondere in Hinblick auf die Entwicklung eines Controlling-systems zu minimieren. Die Emissionen in die Luft und die Abwasser-Frachten wurden in der Analyse nicht berücksichtigt.

### Das Modellierungskonzept

Das verwendete Modellierungskonzept ist in Abbildung 3 skizziert: für jeden Produktionsprozess wird im Modell ein Bilanzraum gebildet. Ein Bilanzraum kann weitere Bilanzräume beinhalten. Damit lassen sich mehrere Produktionsprozesse zu einer Produktionsstufe und mehrere Produktionsstufen zu einer Produktionskette kapseln.

Je nach Verfügbarkeit der Daten und Vertretbarkeit des Aufwandes wurden die Prozesse in zwei verschiedenen Formen modelliert. Die einfachste Modellierungsform, der „Black Box“-Ansatz, gibt den Prozess als reine Abbildung zwischen Zugängen und Abgängen, d.h. ohne Berücksich-

tigung seiner inneren Struktur wieder. „White Box“-Modelle beinhalten Maschinen- oder Anlage- sowie Produktionsrezept-Daten in Form von Prozess-Parametern. Formeln (wie z.B. Bilanzgleichungen) geben die Vorgänge im Prozess wieder und setzen die Prozess-Zu- und Abgänge mit der Maschine oder Anlage sowie den Produkt- und Prozess-Daten in Beziehung. Eine Übergangs-Form zwischen der White-Box und Black-Box-Modellierung stellt der Grey-Box-Ansatz dar. Die Faserproduktion wurde hier als Black-Box-Modell realisiert, alle anderen Produktionsstufen hingegen als Grey- und White-Box-Modelle. Das Haupt-Augenmerk bei der Datenbeschaffung wurde auf die Rohstoff-Flüsse, Maschinen und Anlagen-Parameter (z.B. Energie-Konsum) sowie die Produktions-Rezepte (z.B. Farbe-Programme oder Einstellungen der Maschinen) gelegt.

Das für die jeweiligen Produktionsstufen verwendete Modellierungskonzept ist in Abbildung 2 dargelegt.

### Interpretation der Ergebnisse

In den folgenden Abschnitten werden der Energie- und der Wasserverbrauch sowie der Chemikalieneinsatz in Abhängigkeit vom Fasertyp diskutiert. Alle Werte beziehen sich auf

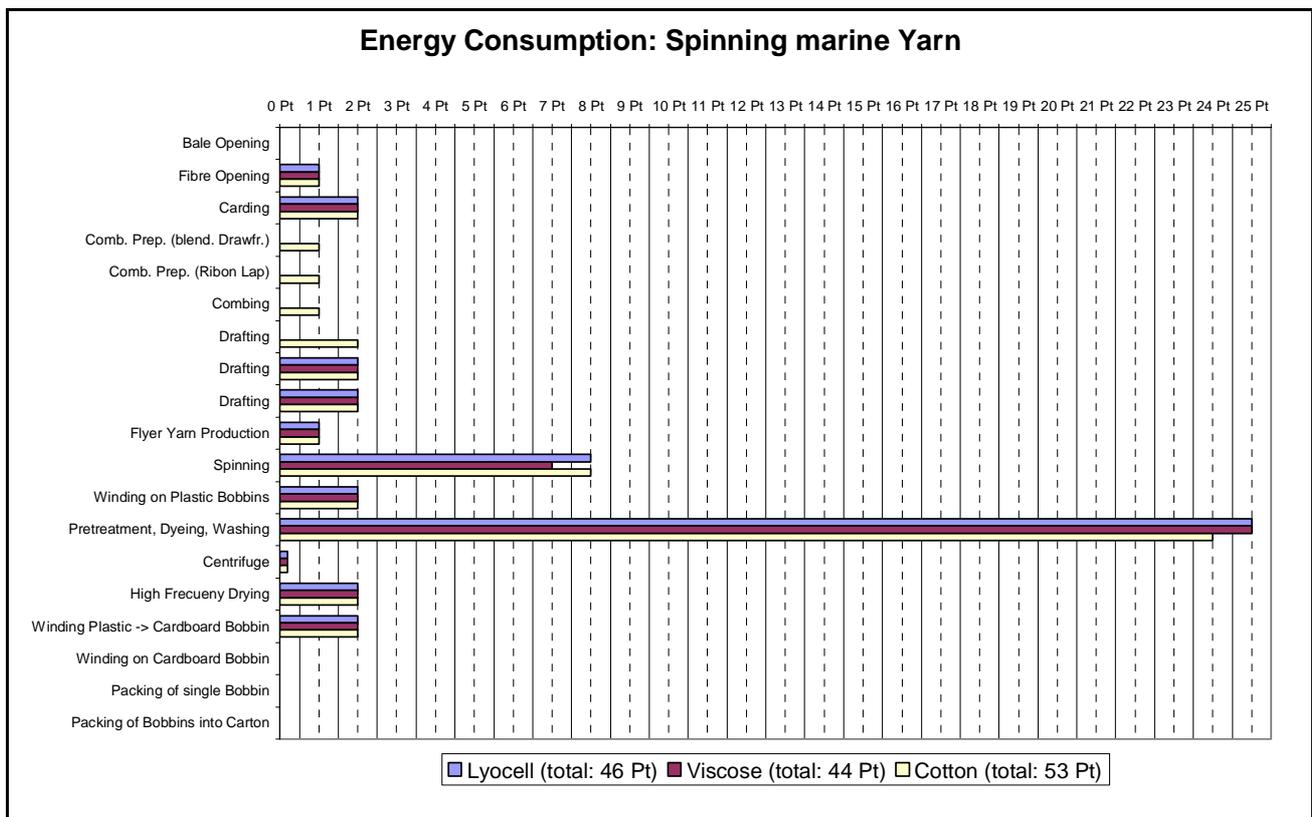
1 kg Endprodukt der jeweiligen Produktionsstufe, sofern nicht ausdrücklich anders erwähnt. Die Werte für den Energie- und Wasserkonsum sowie für den Faserverlust wurden auf ein Punktesystem abgebildet, um sowohl dem Datenschutz als auch der Genauigkeit der Werte zu genügen. Einem Punkt im Kontext „Energie“ entspricht ungefähr 1 MJ. 1 kWh wird damit in etwa von 3,6 Energie-Punkten repräsentiert. Einem Punkt im Kontext „Wasser“ entspricht zirka 10 l Wasser. Einem „Faser“-Punkt entspricht 5g Faserverlust, also 0,5 %. Werte, welche auf 0 abgerundet wurden, wurden pauschal durch 0,2 Punkte ersetzt, damit diese Prozesse aus der Auswertung nicht herausfallen. Die Punkte für die Produktionsstufen und die Produktionskette wurden immer aus den Original-Werten errechnet. Gegenüber der Summe der Einzelwerte können hier rundungs- und materialverlustbedingt leichte Abweichungen auftreten. Diese Abweichungen liegen jedoch alle im Genauigkeitsbereich des Modells. Für den Chemikalien-Einsatz wurde wegen des

weiten Wertebereichs (5 bis 1500 g) und der nötigen feinen Auflösung (für den Farbstoff-Einsatz) auf eine Abbildung auf eine Punkte-Skala verzichtet.

### Energie-Bilanzierung

Im folgenden werden die Ergebnisse der Energie-Bilanzierung für die Spinnerei, Weberei und die Veredlung für verschiedene Produkt-Szenarien und Faser-Arten diskutiert. Auf die Produktionsstufe „Faser-Herstellung“ wird erst in der Gesamt-Betrachtung eingegangen, da diese Produktionsstufe mit dem Black-Box-Ansatz modelliert wurde und somit keine eingekapselten Prozesse aufweist.

**Prozesse in der Spinnerei.** In Abbildung 4 ist der Energie-Verbrauch für die Spinnerei-Prozesse im Szenario „Spinnen mit Marine-Garnfärben“ dargestellt. In Abbildung 4 sind ebenfalls alle für die Produktions-Stufe „Spinnen“ identifizierten Prozesse aufgetragen.



**Abbildung 4. Energieverbrauch in der Produktionsstufe „Spinnerei“ für das Szenario „Spinnen mit Marine-Garnfärben“.**

Das Szenario „Rohgarn Spinnen“ beinhaltet nicht die Prozessschritte „Winding on Plastic Bobbins“, „Pretreatment, Dyeing, Washing“, „Centrifuge“, „High Frequency Drying“, „Winding Plastic -> Cardboard Bobbin“. Der Prozess „Pretreatment, Dyeing and Washing“ benötigt beim Beige-Garnfärben nur 17 Pt Energie (Lyocell und Viscose) bzw. 18 Pt Energie (Baumwolle).

Baumwoll-Garn benötigt zusätzlich den Prozess „Kämmen“ mit der zwei-stufigen Kämm-Vorbereitung sowie einen weiteren Streck-Prozess. Dies erfordert 5 Extra-Energie-Punkte. Die Prozess-Geschwindigkeit bis einschliesslich zum Spinnen ist für Viscose am höchsten. Dies spart Viskose im Prozess „Spinnen“ einen Energie-Punkt. Im Prozess „Vorbehandeln,

Marine-Färben und Waschen“ ist der Energie-Konsum für Baumwolle um einen Punkt geringer als bei Viscose und Lyocell, da weniger Heiss-Dampf benötigt wird. Baumwolle benötigt im Prozess „Vorbehandeln, Beige-Färben und Waschen“ zusätzlich einen Energie-Punkt, da ihre Verarbeitungsgeschwindigkeit geringer als die von Lyocell und Viscose ist.

	Energy Consumption			Water Consumption		
Production Stages & Product Scenarios	Final Product			Final Product		
	Lyocell	Viscose	Cotton	Lyocell	Viscose	Cotton
<b>Fibre Production</b>	56 Pt	40 Pt	13-43 Pt *	10 Pt	20 Pt	700-2300 Pt **
	relates to 1kg bright staple fibre					
<b>Spinning Mill</b>						
Raw Yarn	17 Pt	15 Pt	23 Pt			
Beige Yarn	38 Pt	36 Pt	46 Pt	10 Pt	10 Pt	10 Pt
Marine Yarn	46 Pt	44 Pt	53 Pt	15 Pt	15 Pt	15 Pt
	relates to 1kg raw/ dyed yarn					
<b>Weaving Mill</b>	16 Pt	16 Pt	16 Pt	0,2 Pt	0,2 Pt	0,2 Pt
	relates to 1kg grey/ colour-woven fabric					
<b>Finishing Mill</b>						
Preparing grey Fabric for Garment Dyeing	30 Pt	30 Pt	57 Pt	1 Pt	1 Pt	4 Pt
Dyeing blue and finishing grey Fabric	69 Pt	61 Pt	88 Pt	11 Pt	7 Pt	10 Pt
Finishing colour-woven Fabric	49 Pt	30 Pt	57 Pt	5 Pt	1 Pt	4 Pt
	relates to 1kg finished fabric					
<b>Spinning Mill - Weaving Mill - Finishing Mill</b>						
Preparing grey Fabric for Garment Dyeing	64 Pt	62 Pt	97 Pt	1 Pt	1 Pt	4 Pt
Dyeing blue and finishing grey Fabric	102 Pt	93 Pt	127 Pt	11 Pt	7 Pt	10 Pt
Finishing colour-woven Fabric	108 Pt	88 Pt	124 Pt	18 Pt	15 Pt	17 Pt
	relates to 1kg finished fabric					

\* Depending on agriculture mechanization.  
\*\* Values for irrigation cultivation only.

**Abbildung 5. Energie- und Wasserkonsum der betrachteten Produktionsstufen und Produkt-Szenarien sowie der textilen Produktionskette.**

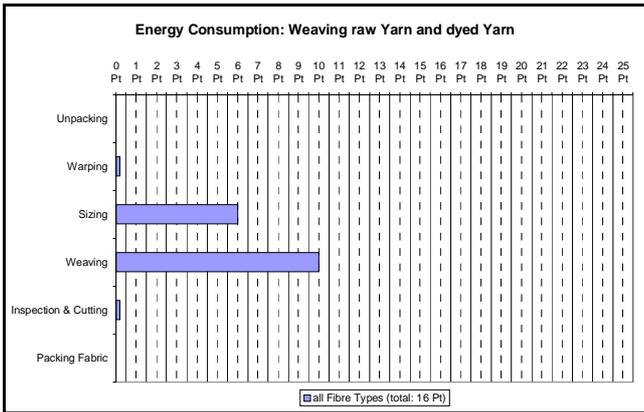
Die Richtwerte für den Wasser-Konsum beim Baumwoll-Anbau entfallen für Trockenfeldbau.

Abbildung 5 und Abbildung 8 vergleichen den Energie-Verbrauch der drei Produkt-Szenarien in der Produktionsstufe „Spinnerei“. Beige-Färben benötigt weniger Prozess-Zeit als Marine-Färben sowie weniger Dampf-Zufuhr; damit fällt der Energie-Bedarf für Beige-Färben deutlich geringer aus als für Marine-Färben. Den Energie-Verbrauch in der Spinnerei dominieren der Färbe- und der Spinn-Prozess: Der Spinn-Prozess konsumiert für Roh-Garn zwischen ~35 und ~45 % des Energie-Bedarfs für die gesamte Prozess-Stufe; der Färbeprozess ungefähr zwischen ~40 und ~55 % des Energie-Bedarfs der gesamten Prozess-Stufe für

gefärbte Garne. Alle zur Garn-Veredlung nötigen Prozesse konsumieren zusammen ~50 bis ~65 % des Energie-Bedarfs der Prozess-Stufe.

Vernachlässigt werden können hinsichtlich der Energie-Bilanzierung die Prozesse „Ballen Öffnen“, „Zentrifuge“ sowie „Garn-Spule einpacken“ und „Garn-Spulen in Karton packen“.

**Prozesse in der Weberei.** Die Verteilung des Energie-Verbrauchs auf die einzelnen Prozesse in der Weberei zeigt Abbildung 6. Alle hier identifizierten Prozesse sind dort aufgetragen.



**Abbildung 6. Energieverbrauch in der Produktionsstufe ‚Weberei‘.**

Im Gegensatz zum Prozess „Schlichten“ konsumiert „Weben“ ausschließlich elektrische Energie. Der Energieverbrauch ist für alle Ausgangsmaterialien in der Prozessstufe „Weben“ gleich.

Der Produktionsablauf in der Weberei unterscheidet sich für die verschiedenen Fasertypen nur hinsichtlich der Zusammensetzung des Schlichtebades. Der Energie-Bedarf der Prozesse dieser Produktionsstufe ist für alle Faser-Arten gleich hoch.

Der Energie-Verbrauch der Produktionsstufe wird vom Nass-Prozess „Schlichten“ sowie vom Prozess „Weben“ klar dominiert. Der Energie-Verbrauch der Vorbereitungs-Prozesse „Auspacken“, „Kettbaum-Herstellung“ sowie der „Endkontrolle mit Ablängen“ kann vernachlässigt werden.

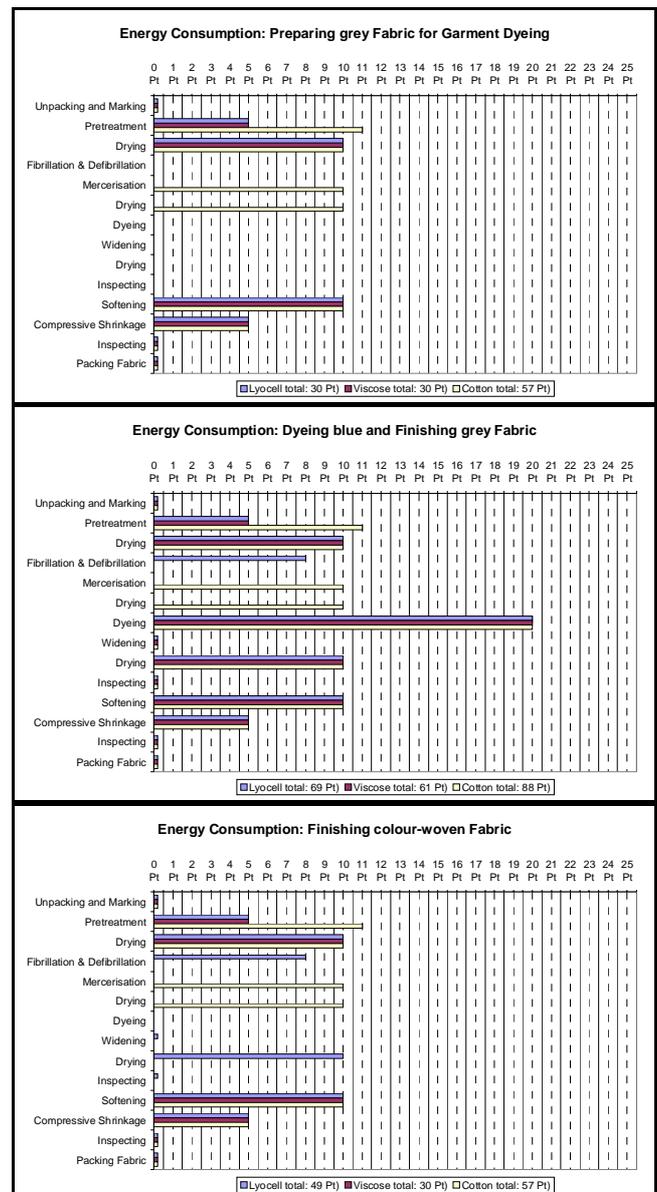
**Prozesse in der Veredlung.** Abbildung 7 zeigt den Energie-Konsum für die Prozesse in der Veredlung für verschiedene Produkt-Szenarien und Faser-Arten. Wie schon bei den oben betrachteten Produktionsstufen sind alle identifizierten Prozesse in der Abbildung aufgetragen.

Baumwoll-Gewebe benötigen im Prozess „Vorbehandeln“ mehr Energie, da ihre Prozess-Geschwindigkeit nur halb so hoch ist wie die von Lyocell- und Viscose-Geweben. Ferner benötigen Baumwoll-Gewebe den zusätzlichen Prozess-Schritt „Merzerisieren“ und einen anschließenden Trocken-Prozess. Damit benötigt Baumwolle in allen betrachteten Szenarien 16 Energie-Punkte mehr als Viscose. Lyocell durchläuft im Produkt-Szenario „Färben und Veredeln“ zusätzlich den Prozess „Fibrillierung und Defibrillierung“. Damit benötigt es in diesen Szenarien 8 Punkte mehr Energie als Viscose. Im Szenario „Veredeln von Bunt-Gewebe“ sind zusätzlich zum Prozess „Fibrillie-

ren und Defibrillieren“ noch die Prozesse „Aufweiten“, „Trocknen“ und „Kontrollieren“ nötig. Damit verbraucht Lyocell in diesem Szenario 18 Energie-Punkte mehr als Viscose.

Der Färbe-Prozess dominiert den Energie-Verbrauch im Szenario „Blau-Färben und Veredeln“. Sein Anteil am Gesamt-Energie-Verbrauch beträgt je nach Faser-Art ~ 20 bis ~35%.

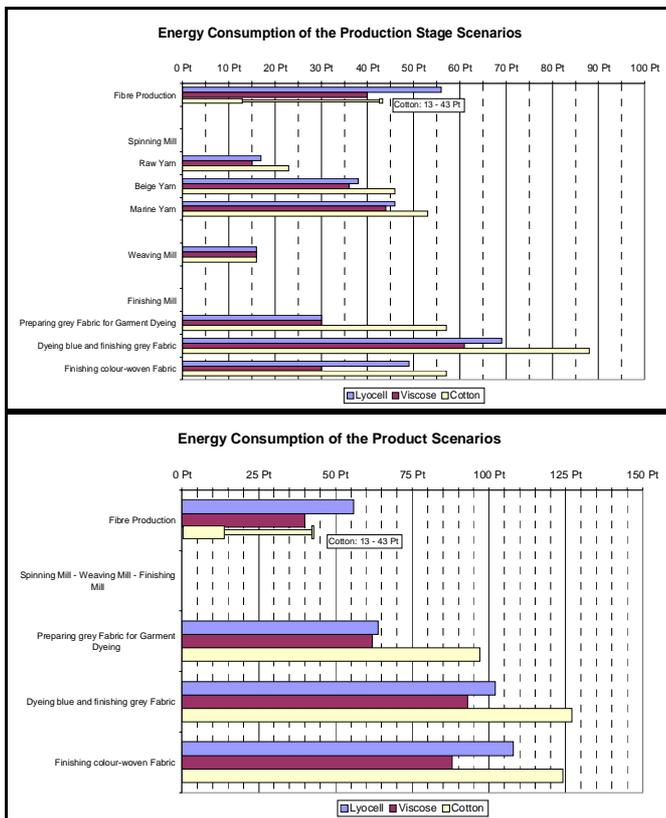
Die Prozesse „Auspacken und Markieren“, „Aufweiten“, „Kontrollieren“ und „Einpacken“ können in allen betrachteten Szenarien vernachlässigt werden.



**Abbildung 7. Energieverbrauch der Produktionsstufe ‚Veredlung‘.**

**Gesamtbetrachtung.** Der Energie-Verbrauch aller Produktionsstufen ist in Abbildung 8 und Abbildung 5 dargestellt. Die Faser-Herstellung

wurde aufgrund der stark unterschiedlich gestalteten Bilanzräume hier nicht in die Hochrechnung über die Kette mit einbezogen. Für die Produktionsstufe „Baumwoll-Produktion“ sind hier ca. 13 – 43 Energie-Punkte anzusetzen; der Transport aus z.B. der GUS, dem Sudan oder den USA nach Europa würde ebenfalls eine nicht zu vernachlässigende Energie-Menge verbrauchen. Bei der Faser-Produktion fällt ferner auf, dass Lyocell 16 Punkte mehr Energie benötigt als Viscose. Wie schon oben erwähnt, spielen hierbei die Kapazität der Produktionsanlage und die Integration der Energie-Erzeugung im Falle der Viscose-Faser-Produktion eine grosse Rolle. Die Faser-Produktion von Lyocell und Viscose konsumiert hier ungefähr ~45 bis ~55% der Energie der drei folgenden Produktionsstufen.



**Abbildung 8. Energie-Verbrauch der Produktionsstufen.**

Im oberen Diagramm sind die Produktionsstufen einzeln aufgeführt, im unteren aufsummiert. Die Faser-Produktion wurde nicht mit einbezogen, da die Produktionsstufe für Viskose einen 10fach höheren Ausstoss hat. Ferner besitzt diese Produktionsstufe eine eigene Energie-Erzeugung. Die Produktionsstufe für Lyocell-Fasern bezieht ihre Energie von einem externen Kraftwerk. Für

Baumwolle ist die Spannweite der Werte aufgeführt.

Für die betrachteten Szenarien in der textilen Kette fällt auf, dass Viscose-Produkte allgemein am wenigsten Energie benötigen, gefolgt von Lyocell-Produkten. Baumwoll-Produkte bilden in diesem Vergleich das Schlusslicht. Ein Vergleich des Energie-Verbrauchs zwischen den Szenarien „Blau gefärbtes und veredeltes Roh-Gewebe“ sowie „Veredeltes Bunt-Gewebe“ ist bedingt durch die unterschiedliche Farb-Zusammensetzung (im ersten Falle Blau-Färbung, im zweiten Fall Einsatz von 50% beige- und 50% marine-gefärbtem Garn) nicht möglich.

### Wasser-Bilanzierung

Nun soll auf den Wasser-Verbrauch der Prozesse und Produktionsstufen eingegangen werden. Der Wasserverbrauch für die Faser-Produktion wird erst in der Gesamt-Betrachtung mit diskutiert, da nur Zu- und Abströme für die Produktionsstufe selber bekannt sind (Black-Box-Modell). Ebenso wird mit dem Wasser-Verbrauch für die Spinnerei und Weberei verfahren, da in diesen Produktionsstufen jeweils nur ein Wasser-konsumierender Prozess vorhanden ist.

**Prozesse in der Veredlung.** Abbildung 9 geht auf den Wasser-Konsum der Prozesse in der Produktionsstufe „Veredlung“ ein.

Ähnlich wie beim Vergleich des Energie-Konsums für die Produktionsstufe benötigen Produkte aus Baumwolle wegen des zusätzlichen Merzerisierungs-Prozesses 2 Punkte mehr Wasser als Viscose-Produkte. Lyocell-Gewebe durchläuft in den Produkt-Szenarien „Blau-Färben und Veredeln“ und „Veredeln von Bunt-Gewebe“ zusätzlich den Prozess „Fibrillierung und Defibrillierung“. Daher benötigt es in diesen Szenarien 4 Punkte mehr Wasser als Viscose-Gewebe.

**Gesamtbetrachtung.** Die Verteilung des Wasser-Konsums über alle Produktionsstufen ist in Abbildung 5 sowie in Abbildung 10 dargestellt.

Die Baumwoll-Produktion mit ihrem Bewässerungs-Wasser-Konsum für die Bewässerung von 700 bis 2.300 Punkten gibt dem Wasser-Konsum der Produkt-Szenarien eine vernachlässigbare Dimension; trotz alledem soll hier der Wasser-

konsum zur Lyocell- und Viscose-Faser-Produktion und in der Textilien Kette diskutiert werden, da er einen nicht zu vernachlässigenden Kostenfaktor darstellt.

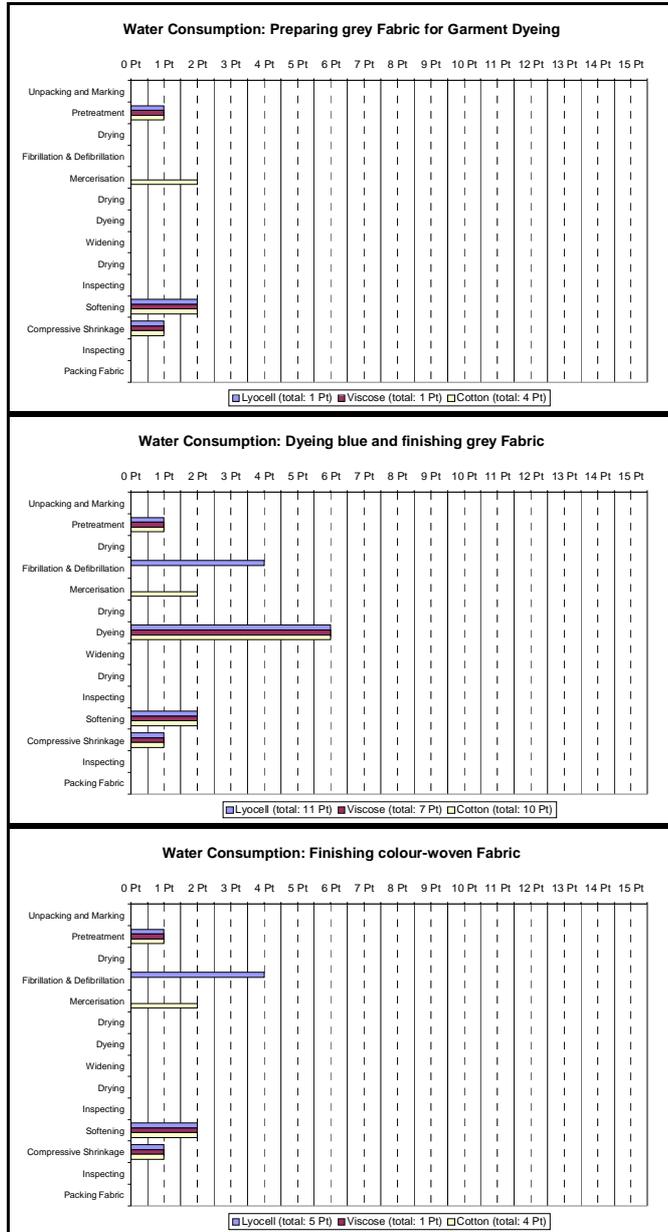


Abbildung 9. Wasser-Konsum in der Produktionsstufe „Veredlung“.

Auffällig ist der im Vergleich zur Viskose-Faser-Produktion halbierte Wasser-Verbrauch der Lyocell-Faser-Herstellung.

In der Produktionsstufe „Spinnerei“ benötigt der Prozess „Vorbehandlung, Beige-Färben und Waschen“ für alle Faser-Arten 10 Punkte Wasser, der Prozess „Vorbehandlung, Marine-Färben und Waschen“ konsumiert für alle Faser-Arten 15 Punkte Wasser.

Die Produktionsstufe „Weberei“ benötigt für das Schlichte-Bad nur eine vernachlässigbare Menge Wasser.

Die Betrachtung des Wasser-Verbrauchs für die drei Produkt-Szenarien über die Produktionskette zeigt, dass die Lyocell-Faser-Produktion zirka ~55 bis ~90 % des Wassers bezogen auf die darauf folgenden Produktionsstufen verbraucht. Viscose benötigt in der Faser-Herstellung ~135 bis ~285 % des Wasserverbrauchs der drei Folge-Produktionsstufen.

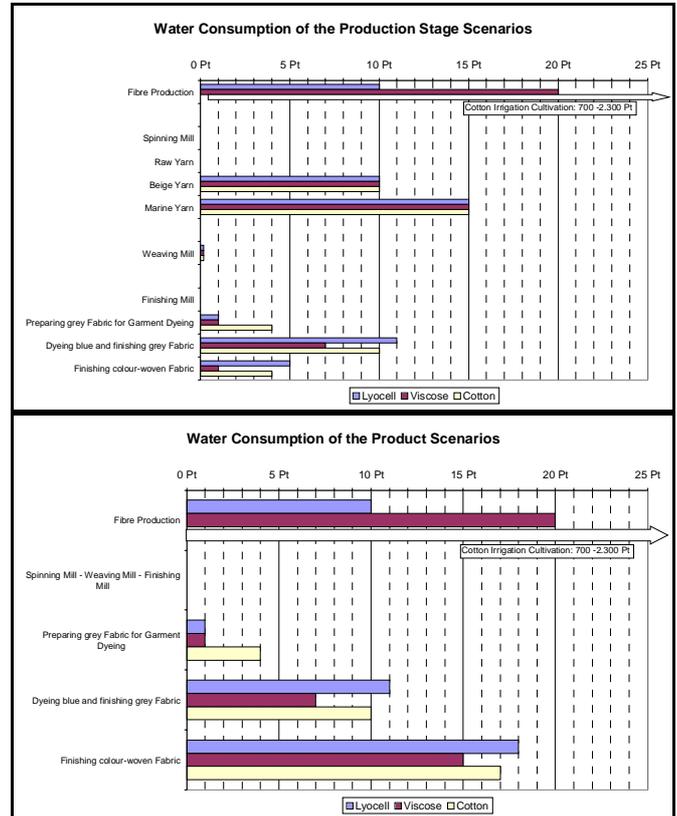


Abbildung 10. Wasser-Konsum der Produktionsstufen.

Im unteren Diagramm befindet sich der kumulierte Wasser-Konsum. Die Viscose-Produktionsstufe benötigt ferner noch 15 Punkte Kühlwasser für ihre integrierte Energie-Erzeugung.

**Chemikalien-Einsatz.**

Abbildung 11 enthält eine Tabelle zum Chemikalien-Einsatz in den einzelnen Produktionsstufen. Firgo *et al.* (1996) führen für Baumwolle aus Californien einen Chemikalien-Einsatz von 0,351 kg pro kg Baumwoll-Fasern an, davon 20g Pflanzenschutz-Mittel, 61g Phosphat, 100g Stickstoff sowie 170g Kalk). Diese Werte sind noch mit dem Faser-Bedarf der Produktionsstufe Spinnen (hier qualitätsbedingt ~1,33 kg pro kg Baumwoll-Garn) zu multiplizieren.

Der Chemikalien-Bedarf für die Produktionsstufe „mitteleuropäische Forstwirtschaft“ kann vernachlässigt werden.

Der Chemikalien-Einsatz bei der Herstellung von Lyocell-Fasern macht weniger als 1/3 des Einsatzes in der Viscose-Produktion aus. Beim Garnfärben benötigt Lyocell-Garn die geringste Farbstoffmenge. Baumwolle benötigt mehr Hilfsstoffe im Garnfärben, vor allem Salz.

Beim Schlichten benötigt Lyocell dafür doppelt soviel Chemikalien wie Viscose; Baumwolle benötigt dreimal so viel Chemikalien wie Viscose.

<b>Production Stage Scenario</b>	<b>Lyocell</b>	<b>Viscose</b>	<b>Cotton</b>
<b>Fibre Production</b>	0,305 kg, made up by 1/3 NaOH	1,107 kg, made up by ~60% NaOH	i.e. 0,351 kg with 20 g pesticides *
relates to 1kg bright staple fibre			
<b>Spinning Mill</b>			
Beige Yarn	5,5 g dye stuff	7,8 g dye stuff	6,1 g dye stuff
	0,410 kg aid chem.	0,562 kg aid chem.	0,828 kg aid chem.
Marine Yarn	49,6 g dye stuff	54,7 g dye stuff	58,7 g dye stuff
	0,850 kg aid chem.	0,850 kg aid chem.	1,199 kg aid chem.
relates to 1 kg raw/ dyed yarn			
<b>Weaving Mill</b>			
Sizing Bath	183 g	91 g	274 g
relates to 1 kg grey/ colour-woven Fabric			
<b>Finishing Mill</b>			
Preparing grey Fabric for Garment Dyeing	0,183 kg	0,183 kg	0,404 kg
Dyeing and finishing grey Fabric	31,3 g dye stuff	31,3 g dye stuff	27,6 g dye stuff
	1,297 kg other chem.	1,261 kg other chem.	1,482 kg other chem.
Finishing colour-woven Fabric	0,219 kg	0,183 kg	0,404 kg
relates to 1kg finished Fabric			
* Values for California (US).			

**Abbildung 11. Chemikalien-Einsatz in den Produktionsstufen für verschiedene Produkt-Szenarien.**

Der Bezug für die Werte ist jeweils unterhalb der Tabellenabschnitte für die Produktionsstufen aufgeführt.

Wegen des zusätzlichen Prozesses „Fibrillierung und Defibrillierung“ konsumiert Lyocell in der Produktionsstufe „Veredlung“ für die Produkt-Szenarien „Blau-Färben und Veredeln“ sowie „Buntgewebe Veredeln“ etwas mehr (36 g) Chemikalien als Viscose.

Der Farbstoff-Einsatz im Szenario „Veredeln mit Blau Färben“ ist für beide Materialien gleich hoch. Baumwoll-Gewebe benötigen zwar etwas weniger Farbstoffe, dafür aber etwas mehr Chemikalien als Viscose-Gewebe, dies liegt am zusätzlichen Prozess „Merzerisierung“.

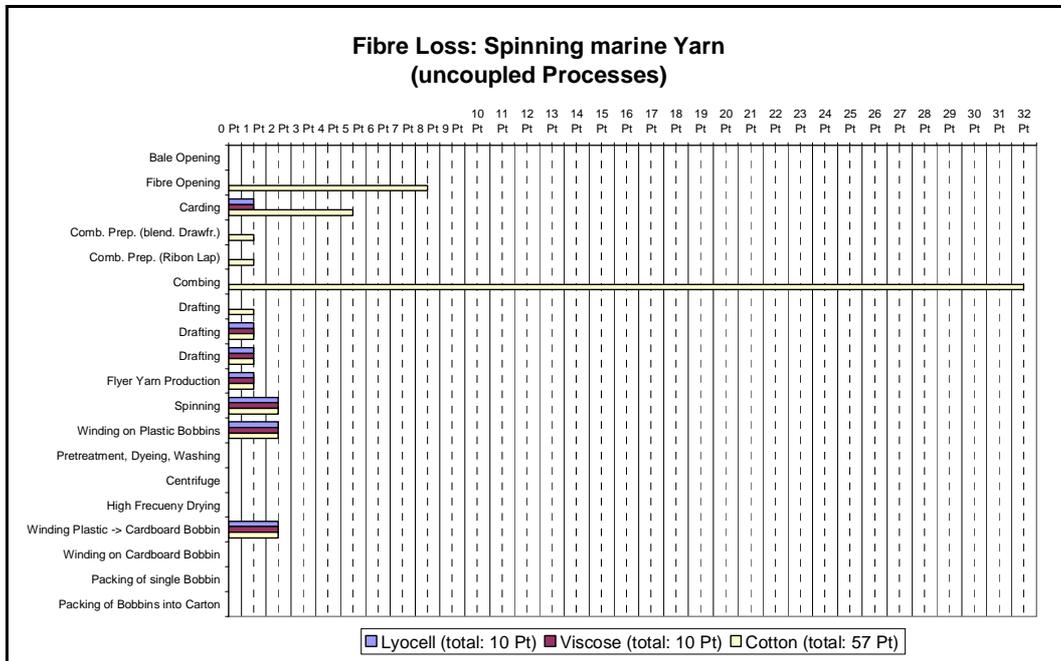
#### **Material-Verlust**

Nennenswerte Material-Verluste treten nur in der Produktionsstufe „Spinnen“ für Baumwolle auf. Abbildung 12 zeigt die Material-Verluste für „Spinnen mit Marine-Garnfärben“.

Da Baumwoll-Fasern ein Naturprodukt sind, werden sie mit einem gewissen Anteil von Verunreinigungen beim Garnproduzenten angeliefert. Diese Verunreinigungen machen einen grossen Teil der Material-Verluste im Prozess „Faserflocken öffnen“ sowie „Kardieren“ aus. Es ist zu sehen, dass in diesen bei Baumwolle 8 bzw. 5 Punkte Material abgeschie-

den werden. Die Spinn-Szenarien für Baumwolle benötigen hier zusätzlich die Prozesse „Kämmen“ mit zwei Vorbereitungs-Prozessen sowie einen Streck-Prozess. Da beim Spinnen im Allgemeinen eine bestimmte Mindest-Faser-

Länge erwünscht ist, werden im Prozess „Kämmen“ zu kurze Fasern abgeschieden. Hier gehen für Baumwolle weitere 32 Punkte Material verloren, das sind ungefähr 16 %.



**Abbildung 12. Material-Verlust im Produkt-Szenario „Spinnen und Marine-Garnfärben“.**

Ein Punkt entspricht ungefähr 5 g Material-Verlust. Die Prozesse sind ungekoppelt, d.h. der Material-Verlust der Prozesse bezieht sich immer auf 1 kg Prozess-Haupt-Rohstoff. Die Material-Verluste für beiges Garn sind identisch mit den oben gezeigten Verlusten. Für den Fall, dass nur ungefärbtes Garn produziert wird, fallen die Prozesse „Vorbehandlung, Färben, Waschen“ sowie „Umspulen von Plastik- auf Karton-Spule“ weg.

## Schlussfolgerungen

Der Energie-Einsatz für Lyocell ist über die gesamte Kette etwas höher als Viscose, hauptsächlich bedingt durch den zusätzlichen Fibrillations- und Defibrillationsprozess. Baumwolle benötigt in den drei betrachteten Produkt-Szenarien 35-55% mehr Energie als Viscose.

Der zusätzliche Fibrillations- und Defibrillationsprozess für Lyocell macht sich ebenso beim Wasser-Konsum bemerkbar; allerdings benötigt Lyocell in der Faserherstellung nur halb so viel Wasser wie Viscose. Baumwolle benötigt durch den zusätzlichen Merzerisierungs-Prozess in der Veredlung ebenfalls etwas mehr Wasser als Viscose.

Der geringere Farbstoff-Einsatz sowie der Einsatz sonstiger Stoffe für Lyocell im Vergleich zu Viscose und Baumwolle in der Spinnerei kann für die Veredlung als Ansatzpunkt für Optimierungen angesehen werden.

Eventuell gibt es beim Prozess „Schlichte-Bad“ der Prozess-Stufe „Weben“ für Lyocell-Garne ebenfalls noch ein Optimierungspotential: hier werden ungefähr doppelt so viel Chemikalien eingesetzt wie bei Viskose-Garn.

## Ausblick

Die hier ausgearbeiteten Energie- und Stoffstrom-Bilanz-Modelle für die textile Kette lassen sich vom Konzept her in Werkzeuge zur inner- und überbetrieblichen Produktentwicklung einbinden. Dies erlaubt es, Gedanken Umweltschutz im Sinne eines effizienten und differenzierten Ressourcen-Einsatzes (und damit auch der Produktions-Kosten) gerecht zu werden. So könnten z.B. Prozesse in Szenario-Analysen auf verschiedenen Maschinen miteinander verglichen werden.

Die Erstellung von Energie- und Stoffstrom-Bilanz-Modellen in der Produkt-

Entwicklungsphase aus Prozess-Rezepten und Maschinen-Daten erlaubt in der Produktionsphase des Produktes eine direkte Auskunft über die Umwelt-Freundlichkeit des Produktes ohne zusätzlichen Aufwand. Die Betrachtung des Chemikalien-Einsatzes mit einer Kumulierung z.B. nach Gefahrgut-Kriterien oder Ausschluss-Listen würde die gezielte Identifikation von Ansatzpunkten zur Prozess-Optimierung erlauben: damit lassen sich für die Umwelt oder im Sinne des Arbeitsschutzes gefährliche Stoffe direkt in der Produkt-Entwicklung identifizieren.

## **DIE MUSTERDATENBANK ECO+ ALS INSTRUMENT ZUR UNTERSTÜTZUNG DER KOOPERATIVEN, ÜBERBETRIEBLICHEN PRODUKT-ENTWICKLUNG**

### **Analyse und Problembeschreibung**

Parallel zur Analyse der Material- und Energieströme in den Produktionsprozessen wurden mit einer Geschäftsprozessanalyse der Ablauf und die organisatorische Gestaltung der Entwicklungsprozesse bei den Unternehmen in der betrachteten textilen Kette untersucht. Die Geschäftsprozessanalyse ergab, dass die Entwicklung in Form einer Musterplanung und -produktion organisiert ist: Im Allgemeinen wird ein Entwicklungsprojekt von einem Partner in der textilen Kette angestoßen und koordiniert. So möchte beispielsweise die Spinnerei die Eigenschaften eines neuen Garns beim Weben und Ausrüsten testen und benötigt hierzu die Zusammenarbeit mit dem Weber und dem Veredler; oder der Veredler möchte ein neues Veredlungsverfahren für Gewebe aus Lyocell erproben und wünscht sich hierzu entsprechende Garne und Gewebe.

Die Musterplanung und die zugehörige Versuchsplanung erfolgen in gemeinsamen Besprechungen. Die Planung wiederum stößt die Produktion von Mustern an. Die Durchführung der Musterproduktion (Garn-, Kett-, Rohgewebemuster und Muster von veredeltem Gewebe) und die damit verbundene Planung der Prozesseinstellungen erfolgt auf den jeweiligen Stufen. Die Bewertung der Entwicklungsergebnisse erfolgt anhand der produzierten Muster und ihrer Testergebnisse.

Im Rahmen der Geschäftsprozess-Analyse wurden ebenfalls der Informationsaustausch und die verwendeten Informationsmedien analysiert. Hier wurde ein wesentliches Verbesserungspotential identifiziert: Die Kommunikation zwischen den Unternehmen erfolgte im wesentlichen mündlich per Telefon sowie papierbasiert mit Briefen und Faxen. Jedes Partner-Unternehmen verfügt ferner intern über eigenständige Kennzeichnungs- und Aktualisierungsverfahren zur Verwaltung seiner Produktdaten. Dies erfolgt zum Teil auf Papier, aber auch Software-unterstützt.

Dies bringt einige Nachteile mit sich: durch die redundante Daten-Ablage treten leicht Inkonsistenzen aufgrund mangelnder Aktualisierung auf. Die Suche nach Daten, die verteilt sind oder sich nur schwer wiederfinden und zuordnen lassen, führt zu Zeitverzögerungen. All dies trägt zu Intransparenz im Muster-Entwicklungsprozess bei.

### **Die Musterdatenbank zur Unterstützung der kooperativen Produktentwicklung**

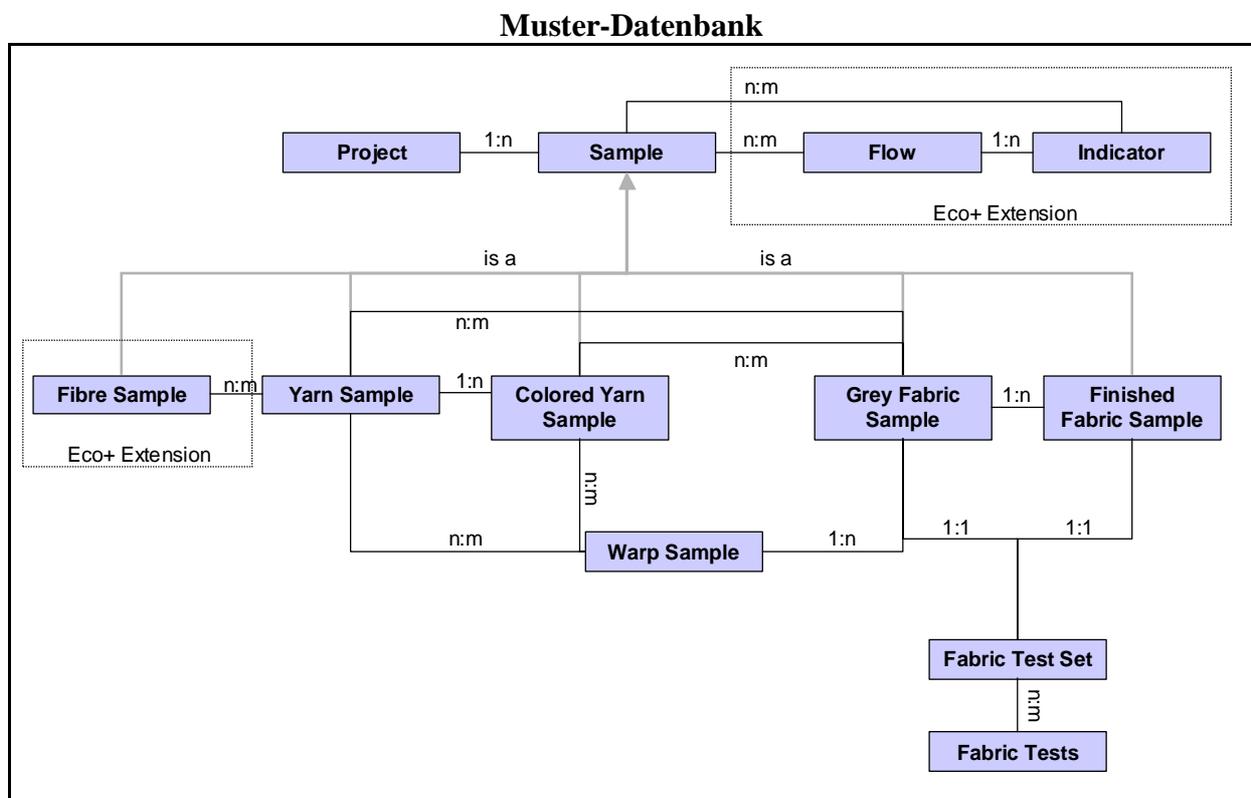
Um diesen Missständen zu begegnen, vereinbarten die Partner, die Prozesse der Musterplanung und Musterproduktion gemeinsam zu managen. Dies umfasste die Strukturierung des gemeinsamen Entwicklungsprozesses von der ersten Spezifikation des Projektes und seiner Entwicklungsziele über die Muster-Spezifikation, die Planung und die Durchführung der Musterproduktion, über die Durchführung von Tests und die Dokumentation der Produkt- und Prozessdaten bis zur abschließenden Bewertung der Test-Ergebnisse. Dies wurde mit einer gemeinsamen Datenbank mit Projektmanagement-Funktionalität auf der Basis von Lotus Domino und Lotus Notes realisiert. Diese gemeinsame Datenbank soll im Folgenden als „Muster-Datenbank“ bezeichnet werden.

Lotus Notes kann Informationen zu einem Themengebiet in Form eines Dokumenten-Archivs zusammenfassen. Ein Dokument kann sowohl unstrukturiert als auch strukturiert gestaltet sein: ein formatierter Text mit eingebundenen Objekten ist ebenso möglich wie Felder zur Eingabe spezieller Informationen, z.B. Muster-Nummern, Projekt-Titel und – Verantwortliche. Ferner können Dokumente Verweise enthalten. Verweise („Hyperlinks“)

stellen Beziehungen zu anderen Dokumenten her. Mit Hilfe von „Ansichten“ können Dokumente in einem Archiv hinsichtlich bestimmter Fragestellungen und Kriterien sortiert und kategorisiert werden. Lotus Notes ermöglicht ferner eine Benutzerverwaltung mit Zugriffsrechten. Notes-Datenbanken können zwischen verschiedenen Unternehmen durch Replikationen konsistent gehalten werden, d.h. Änderungen an einem Notes-Dokument in einem Unternehmen werden automatisch bei allen Partnern vollzogen. Abbildung 13 zeigt die Beziehungs-Struktur in der Musterdatenbank. Diese Struktur basiert auf Geschäftsprozess-Analysen und Interviews mit den Partner-Unternehmen. Bis auf die abstrakte

Einheit „Muster“ wurden alle Einheiten als Dokument-Vorlagen in der Muster-Datenbank realisiert. Die Dokument-Vorlagen für Flüsse und für Indikatoren wurden erst in der Musterdatenbank-Erweiterung „ECO+“ realisiert.

In dem Dokument „Projekt“ beschreibt der Initiator das Entwicklungsprojekt mit dessen Zielen. Dem Projekt werden die zu entwickelnden Muster zugeordnet. Für die einzelnen Produktionsschritte wurden jeweils separate Musterdokument-Vorlagen erstellt: „Faser-Muster“, „Garn-Muster“, „Farbgarn-Muster“, „Kett-Muster“, „Roh-Gewebe-Muster“ und „Muster von veredeltem Gewebe“.



**Abbildung 13. Beziehungen in der Muster-Datenbank.**

Die Einheit „Muster“ stellt eine abstrakte Oberklasse dar. Sie wurde in der Musterdatenbank nicht als Dokumentenvorlage realisiert.

Ein Muster-Dokument verweist auf die Muster der jeweils vor- und nachgelagerten Produktionsstufe. Die jeweiligen Beziehungen sind in Abbildung 13 eingetragen.

Die Vorlagen „Gewebe-Test-Set“ sowie „Gewebe-Tests“ dienen zur Anforderung und Dokumentation der erforderlichen Tests am Gewebe. Diese Vorlagen wurden mit der weiter unten beschriebenen Erweiterung „ECO+“ überflüssig.

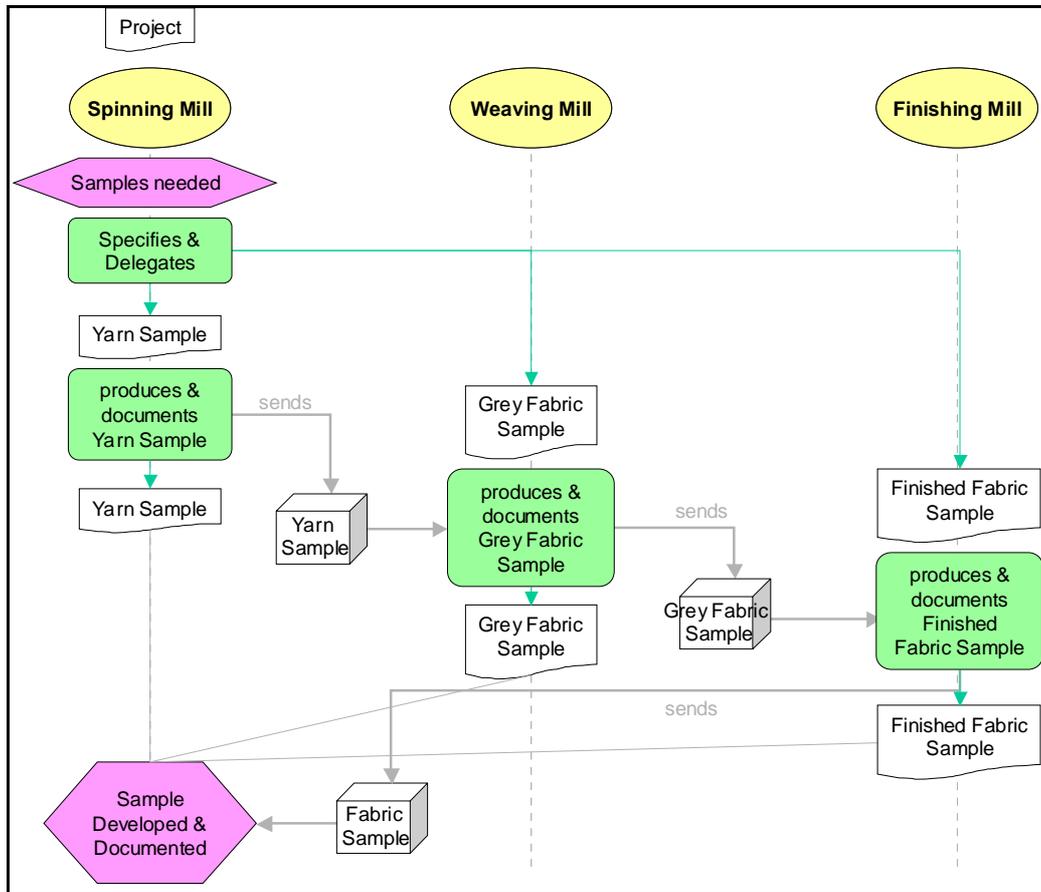
### Beispiel-Szenario

Das Vorgehen bei der kooperativen Muster-Entwicklung mit Unterstützung der Muster-Datenbank ist folgendes:

Um die Produktion eines Musters anzustoßen, wird vom Projekt-Initiator ein entsprechendes Musterdokument erstellt. Im Musterdokument spezifiziert der Projekt-Initiator die gewünschten Eigenschaften des Musters sowie die benötigte Menge mit dem gewünschten Liefertermin und

den Partner, an den das Muster ausgeliefert werden soll. Der mit der Muster-Produktion beauftragte Partner prüft seinerseits die Daten im

Dokument, produziert und liefert das Muster und dokumentiert dessen Fertigstellung.



**Abbildung 14. Vereinfachtes Beispiel für den Ablauf einer Muster-Produktion.**  
Die Spinnerei initiiert hier das Projekt.

Abbildung 14 illustriert dies beispielhaft für die Spinnerei als Projekt-Initiator und –Koordinator: Die Spinnerei Laudet benötigt ein veredeltes Gewebe aus einem bestimmten Garn. Sie spezifiziert das Projekt und erstellt die Dokumente für das Garn- und Rohgewebe-Muster sowie für das veredelte Gewebe in der Muster-Datenbank. Dies entspricht einer Auftrags-Vergabe. Anschließend produziert die Spinnerei das Garn-Muster und dokumentiert es. Daraufhin schickt sie das Garn-Muster an die Weberei. Diese fertigt entsprechend der ihr im Dokument für das Rohgewebe-Muster übermittelten Spezifikationen das Rohgewebe und dokumentiert es dort. Anschließend reicht die Weberei das Rohgewebe an die Veredlung weiter, die nach dem Veredeln ihr Muster dokumentiert und das fertige, veredelte Gewebe-Muster an die Spinnerei zurückschickt.

Falls Tests am Rohgewebe oder am veredelten Gewebe erforderlich sind, wird dies vom Projekt-Initiator, der Spinnerei, in einem zusätzlichen Dokument „Gewebe-Test-Set“ spezifiziert. Die Tests werden vom Labor des Instituts „Intexter“ ausgeführt und in separaten Test-Dokumenten protokolliert. Die Ergebnisse werden in das Dokument „Gewebe-Test-Set“ übernommen.

### **Erweiterung „ECO+“: Einbeziehung von Umwelt-Aspekten**

Um den Umwelt- und den Gesundheitsschutz bereits in der Produktentwicklung zu berücksichtigen, müssen entsprechende Informationen hierzu in den Entwicklungs-Ablauf integriert werden. Dazu wurden in die Muster-Datenbank zwei weitere Dokument-Vorlagen integriert. Mit der Dokument-Vorlage „Indikator“ können

Kriterien, Testmethoden und Hersteller-Deklarationen für umweltfreundliche und gesundheitlich unbedenkliche Textilien beschrieben werden. Die Kriterien können von den Projektpartnern selbst oder von externen Stellen, z.B. von Stellen zur Vergabe von Produktlabeln (EU ECO Label, ECO-TEX 100, Eco Tex 100+) stammen. Einem Muster können verschiedene Indikatoren zugeordnet werden.

Viele Anforderungen aus Umwelt- und Gesundheitsschutz sind jedoch nicht direkt Produkt-Mustern zugeordnet, sondern den für diese nötigen Material- und Energieflüsse in der Produktionsphase. Beispiele hierfür sind Kriterien für Farb- und Hilfsstoff-Einsatz, Grenzwerte für Abwasserbelastungen oder Emissionen. Um diese Anforderungen ebenfalls berücksichtigen zu können, wurde die Dokument-Vorlage „Fluss“ in die Datenbank integriert. Ein Initiator kann für einen Fluss — ähnlich wie für ein Muster — die Durchführung von Tests veranlassen. Z.B. kann der Veredler „Fibracolor“ das Labor im „Intexter“ beauftragen, eine Abwasser-Analyse durchzuführen. Hierzu wurden die Vorlagen für Muster-Dokumente um die Möglichkeit, den Mustern diese Flüsse zuzuordnen, erweitert.

Ferner wurden die Muster-Dokument-Vorlagen mit den im Abschnitt "Bilanzierung der Material- und Energie-Ströme für Lyocell, Viscose und Baumwolle" verwendeten Formeln zur Abschätzung des Energie- und Wasserverbrauchs ergänzt. Dies ermöglicht eine erste grobe Abschätzung des Energie- und Wasserverbrauchs für die Muster und die künftigen Produkte. In der weiteren Erprobung der Datenbank ist die Allgemeingültigkeit der Formeln durch Vergleichsmessungen zu validieren.

## Zusammenfassung

Die bisherige Anwendung des Pilotsystems „Muster-Datenbank“ zeigt folgende Vorteile: Die Datenbank unterstützt sowohl das Projektmanagement als auch die Dokumentation der Entwicklungsergebnisse in der gemeinsamen Produktentwicklung. Der Entwicklungsprozess wird von der Spezifizierung und Initiierung des Projektes und der Festlegung seiner Entwicklungsziele bis zur abschließenden Bewertung der Projektergebnisse abgebildet und damit doku-

mentiert. Bei der Dokumentation der Entwicklungsergebnisse werden neben den funktionellen Eigenschaften der Muster auch Prozessdaten und Aspekte des Umwelt- und Gesundheitsschutzes berücksichtigt. Alle Dokumente werden den jeweiligen Projekt-Partnern über den Replikations-Mechanismus von Lotus Notes in der jeweils aktuellen Version zugänglich gemacht. Die Produkt-Entwickler werden damit von mühseligen Kommunikationsprozessen zur Informationsbeschaffung und von Archivierungstätigkeiten erheblich entlastet.

Auf Informationen über die Produkt- und Prozess-Spezifikationen, welche für alle Partner relevant sind, kann somit einfach zugegriffen werden. Dadurch, dass alle Informationen in einer einheitlichen Datenbank zusammengefasst werden, können auch dem Konsumenten, der Öffentlichkeit oder den Behörden leicht Informationen über die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit des Produktes verfügbar gemacht werden.

## Danksagungen

Wir möchten uns bei Josef Schmidtbauer, Heinrich Firgo, Christian Rohrer und Bernd Zauner bei der Lenzing AG für Ihre freundliche Zusammenarbeit bedanken.

Wir bedanken uns bei unseren spanischen Partnern aus dem VIRTEX-Projekt, den Unternehmen „Hilaturas Llaudet S.A.“, „Mas Molas S.A.“ und „Fibracolor S.A.“ sowie dem Forschungsinstitut „Intexter“ der „Universidad Politècnica de Catalunya“ herzlich für die Zusammenarbeit bedanken. Insbesondere die Mitarbeiter Inés Algaba, José Tornero und Samuel Pérez haben vor Ort die umfangreiche Erfassung und Pflege der Daten sowie die Erstellung und Wartung der Musterdatenbank übernommen.

Unser Dank gilt an dieser Stelle ebenso Herrn Rainer Wolf. Es hat wesentlich zur IST-Analyse und zur Konzeption der Muster-Datenbank beigetragen.

## Literaturverzeichnis

1. Davidow, W.H.; Malone, M.S. (1992): *The Virtual Corporation: Structuring and revitalizing the corporation for the 21st century*. New York: Harper Business, 1992.
2. DIN EN ISO 14001 (1996): *Umweltmanagementsysteme. Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung. Leitfaden*. Berlin: Beuth Verlag, 1996.
3. DIN EN ISO 14040 (1997): *Umweltmanagement, Ökobilanz: Prinzipien und allgemeine Anforderungen*. Berlin: Beuth Verlag, 1997.
4. DIN EN ISO 14041 (1997): *Umweltmanagement, Ökobilanz: Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz*. Berlin: Beuth Verlag, 1997.
5. Eibl, M. (Lenzing Lyocell GmbH & Co KG), Mangeng, B. (Lenzing AG) und Alber, S. (IATC Wien)(1997): *Ökobilanz von Lenzing Lyocell: Eine Stoff- und Energie-Bilanz*. Lenzinger Berichte 76/97, S. 95ff.
6. Engelke, M. und Pfohl H.-Ch. (1994): *QM-Systeme sind extern motiviert*. Zeitschrift für industrielles Qualitätsmanagement 39(1994)8, S.860ff.
7. Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des Deutschen Bundestages (Hrsg.): *Die Industriegesellschaft gestalten. Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen*. Bonn: Economica Verlag 1994, ISBN-NR. 3-87081-364-4.
8. Firgo H., Eibl M. und Eichinger D. (Lenzing AG) (1996): *Lyocell — eine ökologische Alternative*. Lenzinger Berichte 75/96, S. 47ff.
9. Oksana, A.; Faisst, W.; Härtling, M.; Sieber, P. (1995): *Virtuelle Unternehmen als Unternehmenstyp der Zukunft?* In: HMD 185/1995, S.8-23.
10. PE Product Engineering und Institut für Kunststoffkunde und Kunststoff-Prüfung (IKP), Univ. Stuttgart (DE) (1998): *GaBi3 Manual*. April 1998. <http://www.ikp2.uni-stuttgart.de/gabi>, <http://www.pe-product.de>.
11. Pleva R. (1995): *ÖchemZ* Nr 4, 1995, S. 131-133.
12. Schmidbauer J. (Lenzing AG) (1997): *Clean Production of Rayon - an Eco-Inventary*. Lenzinger Berichte 76/97, S.27ff.
13. Schmidbauer J., Böhringer B. (1996): *Lenzinger Berichte: 75/96*, S. 15-22.
14. Scholz, Ch. (1994): *Die virtuelle Organisation als Strukturkonzept der Zukunft?* Arbeitspapier Nr. 30, Universität des Saarlandes Saarbrücken, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre. September 1994.
15. Schwank Th. (2000): *Stufenübergreifende E-Commerce-Anwendung*. Vortrag auf dem WHU-Kongress „E-Commerce“ in Koblenz, 6. September 2000.
16. Stuart I., Mueller P.: (1994): *Total quality management and supplier partnerships: A case study*. International Journal of Purchasing & Materials Management 39(1994)1, S.14ff.
17. Wolschner *et al.* (1996): *Cellulosic Fibre Industry- economic and ecological Aspects of further developments*. Lenzinger Berichte 75/96, S. 9-13.

## Quellen und Erläuterungen

1. Siehe hierzu: Engelke *et al.* (1994) und Stuart *et al.* (1994). Ein Beispiel für eine vertikale Kooperation gibt Schwank (2000).
2. Siehe: Davidov *et al.* (1992), Oksana *et al.* (1995) sowie Scholz (1994).
3. Siehe: Firgo *et al.* (1996), Enquete (1995).
4. GaBi3 ist ein Software-System zur Ganzheitlichen Bilanzierung. (PE & IKP 1998). Es wurde am Institut für Kunststoffkunde und Kunststoff-Prüfung (IKP) entwickelt und für das Forschungsprojekt zur Verfügung gestellt.
5. Siehe DIN EN ISO 14040 (1997).
6. Näheres zur Abluft der Viscose-Produktion erläutern Wolschner *et al.* (1996) sowie Schmidbauer *et al.* (1996) und Pleva (1995).
7. Siehe hierzu: Firgo *et al.* (1996) sowie Enquete (1995).
8. Näheres dazu ist in Eibl *et al.* (1997) sowie Schmidbauer (1997) beschrieben.
9. Ein Elementarfluss ist ein Stoff oder eine Energie, der bzw. die der Umwelt ohne vorherige Behandlung durch den Menschen zugeführt oder entnommen wird.

# DIE VERARBEITUNG VON LENZING LYOCELL ® NACH DEM ROTORSPINNVERFAHREN: GESTERN - HEUTE

Reinhard Kampl

Lenzing AG, A – 4860 Lenzing, Österreich

## Projekt

Diese Versuchsreihen stellen ein gemeinsames Projekt von Fa. Lenzing AG und Fa. Schlafhorst partnerschaftlich unter dem Titel „BELCORO ®“, für die ITMA – ASIA im Oktober 2001 dar.

Nahezu 50% der europaweit verarbeiteten Viscosfasern gehen in die Rotorspinnerei. Es werden flächendeckend alle Nummernbereiche und Einsatzgebiete in diversen Mischungen für viele End Einsatzgebiete produziert.

Lenzing Lyocell ®, die Faser des neuen Millenniums, mit den hervorragenden Eigenschaften ist geradezu prädestiniert, den 1983 begonnenen Siegeszug von Viscose im Rotorbereich fortzusetzen.

Nachdem die Verfügbarkeit von Baumwolle und deren Ressourcen begrenzt ist, ergibt sich eine enorme Chance, diesen Bedarf durch innovative Cellulosefasern abzudecken.

Weltweit gesehen steigt der Bedarf der Fasergruppe von saugfähigen cellulosischen Fasern, was ebenso auf eine Marktlücke für den Rohstoff Lenzing Lyocell ®, hinweist (Abbildungen 1-3).

Die Ausarbeitung der Prozess- u. Garnparameter wurde gemeinsam mit der Fa. Schlafhorst durchgeführt.

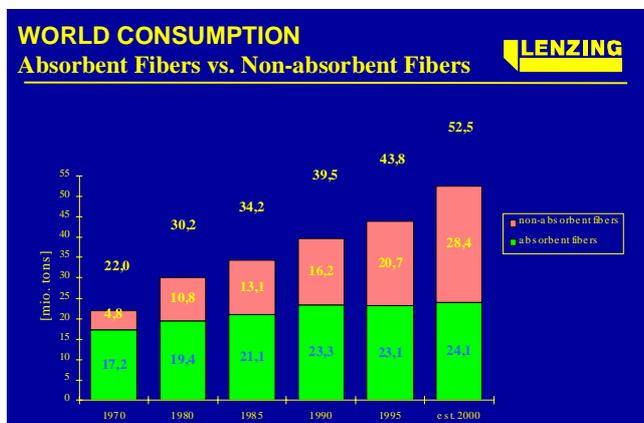


Abbildung 1.

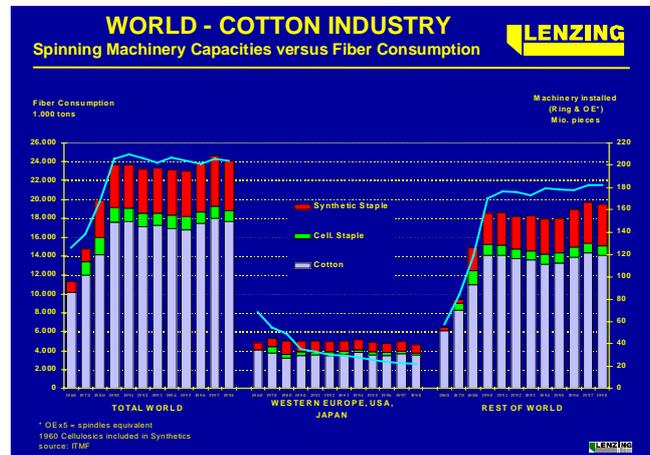


Abbildung 2.

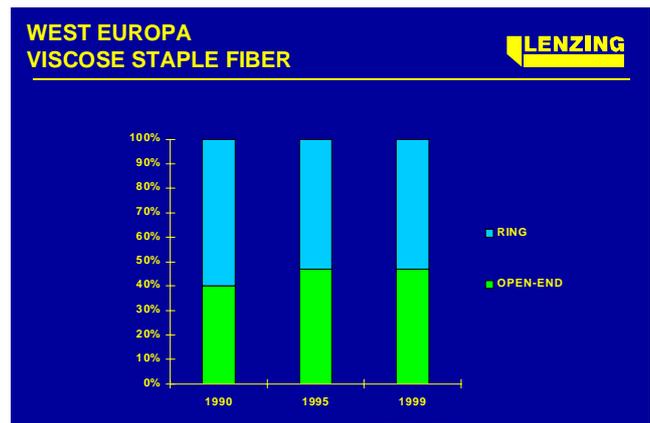


Abbildung 3.

## Steigende Anforderungen an Textilmaschinenbau und Faserindustrie

Die gemeinsame Vorgangsweise von Textilmaschinenbau und Faserindustrie, um Synergien zu nutzen, ist unumgänglich notwendig, um den Herausforderungen des gemeinsamen Marktes zu begegnen.

Nur ein Abgleich der maschinentechnischen Neuentwicklungen mit den neuen Fasergenerationen der Faserproduktion kürzt die Entwicklungszeiten ab und verhindert nachgeordnete kostenaufwändige Korrekturen.

Die Fa. Schlafhorst hat durch die Entwicklung der Maschinengenerationen von SE-7 bis SE-11 eine entscheidende Basis für Qualität und rationelles Produzieren in der Praxis gelegt.

Im weiteren steht die Verbindung des „Belcoro - Gedankens“, Maschinentechnologie und Faserentwicklungen, mit kontrollierten Schritten bis zum fertigen, textilen Gebrauchsartikel zu führen: „Fiber to Fabric“ (Abbildungen 4-5).

Lenzing Lyocell® - Gestern und Heute 		
Faserdaten		
	GESTERN 1997	HEUTE 2000
Faserfeinheit / dtex:	1,3	1,3
Festigkeit / cN/tex:	35 - 37	40 - 42
Dehnung / %:	13 - 14	15 - 17
Festigkeit nass / cN/tex:	29 - 31	34 - 36
Dehnung nass / %:	17 - 19	17 - 19
Schlingenfestigkeit / cN/tex:	18	20

Abbildung 4.

Lenzing Lyocell® - Gestern und Heute 		
Maschinenkonditionen		
	GESTERN 1997	HEUTE 2000
Rotor:	Autocoro SE-9 T233D	Autocoro SE-11 T233B5
Drehzahl:	100.000 upm	100.000 upm
ALW:	S22P	S21DN
Drehzahl:	8000 upm	9700 upm
Düsen:	KN 4	K 4
Garnnummer:	Nm 60/1	Nm 68/1
Drehungsbeiwert:	αm 115	αm 115
Torque-Stop:	TS 30/3 weiß	TS 30/3 weiß

Abbildung 5.

### Prozessparameter CLY - Standard 1997 zu 2000

Die gemeinsame Entwicklungsarbeit startete im Jahr 1997 mit einer der ersten Fasergenerationen von Lenzing Lyocell® 1.3 dtex/38mm glzd.

Der Vergleich dieser Fasertypen - praktisch der ersten Stunde - mit der in Stufen optimierten Faser und der weiterentwickelten Technologie, soll in verschiedenen Richtungen aufgezeigt werden.

Der entscheidendste Vorteil der neuen cellulose-faser liegt in der besseren Substanzausnutzung gegenüber den herkömmlichen Cellulose-Regeneratfasern, der höheren Nassfestigkeit und Schlingenfestigkeit.

Untersuchungen und Messwerte werden wie folgt gegenüber gestellt :

- Maschinenkonditionen
- Änderungen Faser
- Änderungen Maschine
- Faserdaten
- Garndaten.

Speziell im Rotorbereich ist beim Einsatz für Kettmaterial die Festigkeit ein entscheidendes Kriterium. Besonders im feinen Nummernbereich Nm 60 – 70 kommt dieser Festigkeitsvorteil bei Lyocell in den folgenden Stufen der „Textilen Kette“ voll zum Tragen (Tabelle 1).

Tabelle 1. Vergleich 1997 – 2000.

Parameter	Nm 60/1 (1997)	Nm 68/1 (2000)
Tenacity, cN/tex	19.3	20.0
Elongation, %	8.5	8.0
Uster CV %	16.3	16.3
Thin Places -50%	65	70
Thick Places +50%	120	112
Neps +280%	35	26
Ends-Down / 1000 Rh	200	66

### Vergleich CLY und LF – Type

Die Vergleiche sollen herausarbeiten, dass die Verarbeitung der LF-Variante in 1.3 dtex/38mm glzd. in der Spinnerei in keiner Weise schwieriger wird, sondern im Gegenteil neben besten Laufeigenschaften auch hervorragende Qualitätsdaten zu erzielen sind (Abbildungen 6-8 und Tabelle 2).

Vergleich Lenzing Lyocell® zu Lyocell LF 		
Maschinenkonditionen		
	Lyocell	Lyocell LF
Rotor:	Autocoro SE-11 T233B5	Autocoro SE-11 T233B5
Drehzahl:	100.000 upm	100.000 upm
ALW:	S21DN	B20DN
Drehzahl:	9700 upm	9200 upm
Düsen:	K 4	K 4
Garnnummer:	Nm 68/1	Nm 68/1
Drehungsbeiwert:	αm 115	αm 115
Torque-Stop:	TS 30/3 weiß	TS 30/3 weiß

Abbildung 6.

Vergleich Lenzing Lyocell® zu Lyocell LF		
Faserdaten		
	Lyocell	Lyocell LF
Faserfeinheit / dtex:	1,3	1,3
Festigkeit / cN/tex:	40 - 42	35 - 37
Dehnung / %:	15 - 17	9 - 11
Festigkeit nass / cN/tex:	34 - 36	27 - 29
Dehnung nass / %:	17 - 19	11 - 13
Schlingenfestigkeit / cN/tex:	20	17

Abbildung 7.

Produktivitätsvergleich an Lyocell LF			
Maschinenkonditionen			
	Lyocell LF	Lyocell LF	Lyocell LF
Rotor:	Autocoro SE-11 T233B5	Autocoro SE-11 T231B5	Autocoro SE-11 K230B5
Drehzahl:	100.000 upm	110.000 upm	125.000 upm
ALW:	B20DN	B20DN	B20DN
Drehzahl:	9200 upm	9200 upm	9200 upm
Düsen:	K 4	K 4	K 6
Garnnummer:	Nm 68/1	Nm 68/1	Nm 68/1
Drehungsbeiwert:	am 115	am 115	am 135
Torque-Stop:	TS 30/3 weiß	TS 30/3 weiß	TS 30/3 weiß
Lieferung:	105 m/min	116 m/min	112 m/min

Abbildung 8.

Tabelle 2. Vergleich Nm 68/1 Lyocell und Lypcell LF.

Parameter	Nm 68/1 (Lyocell)	Nm 68/1 (Lyocell LF)
Tenacity, cN/tex	20	17
Elongation, %	8.0	6.3
Uster CV %	16.3	14.8
Thin Places -50%	70	26
Thick Places +50%	112	54
Neps +280%	26	18
Ends-Down / 1000 Rh	66	1

### Entwicklung im LF – Bereich

Für die Praxis hat sich für verschiedene Einsatzgebiete eine Reduktion der Fibrillierstufe der neuen Faser als Vorteil herausgestellt. Es wurde daher eine nicht fibrillierende Faser entwickelt, die trotz einer leichten Absenkung der Festigkeitswerte in der Faser noch immer auf ein sehr

gutes Arbeitsvermögen in allen Verarbeitungsstufen verweisen kann (Tabelle 3).

Tabelle 3. Comparison of productivity, Lenzing Lyocell LF – Nm 68/1.

Parameter	100000	110000	125000
Tenacity, cN/tex	17.0	17.0	17.0
Elongation, %	6.3	7.1	6.5
Uster CV %	14.8	15.2	15.2
Thin Places -50%	26	23	30
Thick Places +50%	54	64	55
Neps +280%	18	9	19
Ends-Down / 1000 Rh	1	30	130

### Produkte in der Praxis / Innovationen

Für den Einsatz von Bettwäsche, Hemden u. Blusenstoffen sind Rotorgarne eigentlich nicht mehr wegzudenken.

Die Vorteile in den verschiedenen Verarbeitungsstufen sind klar feststellbar und ergeben hervorragende Gebrauchswerte und Trageeigenschaften.

Die Faser Lenzing Lyocell® ist noch lange nicht ausgereizt, dies belegen die jüngsten Untersuchungen. (und es sind schon eine Reihe von Entwicklungen im Vorfeld.)

Die Erzeugung von Rotorgarnen mit weichem Griff - erzeugt mit niedriger Garndrehung - ist ein interessanter Aspekt in Richtung neuer Produktentwicklungen.

Besonders beim Rotorspinnverfahren, wo viele Fasertypen im Festigkeitsbereich bei feinen Nummern die Bedingungen nicht erfüllen, ist der Einsatz von Lyocell als Trägerfaser sinnvoll.

Die Mischungen mit Baumwolle und Flachs ergeben interessante Qualitätsverbesserungen. Durch Zumischung sind sowohl Festigkeitserhöhungen mit besserem Arbeitsvermögen als auch neue Griff – Optikvarianten möglich.

Faserentwicklungen im Micro – CLY Bereich sind ebenso angedacht und öffnen neue Anwendungsgebiete.

## Zusammenfassung

- Es kann deutlich dokumentiert werden, dass die Entwicklung im Maschinenbau sowie die Weiterentwicklung der Faser einen positiven Einfluss auf die Garnparameter und auf die Prozessstabilität, ergeben.
- Die Entwicklung der nicht fibrillierenden Lyocell Type macht eine rationelle Herstellung von Garnproduktionen möglich, die sowohl in der Weberei als kettfestes Rotorgarn als auch als

grifflich interessante Varianten im Strickbereich, eingesetzt werden können.

- Wie aus dem Leistungsvergleich hervorgeht, ist Lenzing Lyocell® speziell im feinen Nummernbereich ( Nm 60 bis 70), wo Viscose und Baumwolle nicht mehr rationell produzierbar sind, deutlich überlegen. Neue Anwendungsgebiete für feine, cellulose Rotorgarne eröffnen sich aus diesem Bereich.

## Experience with Lyocell and Lyocell with cotton and polyamide blends

Josep Maria Llaudet

Hilaturas Llaudet, S.A.

### Introduction

In this paper, I would like to provide a brief summary of our experience as a spinning mill with the new generation of cellulose fibres. The Lenzing Lyocell<sup>®</sup> fibre.

My intention is to give you a brief report concerning our innovation strategy, which will not be limited to the spinning processes, but which will also contemplate our active participation in the subsequent weaving processes and in the adornment of the fabrics.

I shall also refer to the applications that have been experienced and on the future prospects of this new range of yarns based on the Lenzing Lyocell<sup>®</sup> fibre.

### Hilaturas Llaudet, S.A.

Hilaturas Llaudet, S.A. was founded in the year 1901 by my great grandfather, which means that it is about to celebrate one hundred years of existence. It is a medium-sized family business, which manufactures high quality yarns using the ring spinning system. It is currently managed by a Management Committee belonging to the fourth generation of the Llaudet family. It owns four spinning mills equipped with modern machinery installations and a single plant for package dyeing, all of which are located in the autonomous region of Catalonia, in the north-east of the Iberian peninsular.

My name is Josep Maria Llaudet. I obtained my Textile Engineering Diploma at the Fachhochschule of Reutlingen (Germany). From 1971 I was responsible for the Commercial Department and the Product Applications Department, then in 1997 I took over the management and Presidency of the Board of Directors of Hilaturas Llaudet, S.A.

Our products have always distinguished themselves for their high levels of quality and innovation. All of which is thanks to cutting-edge production technology, strict control over quality

plus constant and intensive effort into research and development.

Since 1997, our quality system has been certified in accordance with the ISO 9001 standard, and the majority of our yarns have been analysed for harmful substances in accordance with the Oeko-Tex 100 standard.

The continuous, up-to-date information concerning suitable applications for our products that is provided to our customers, together with an efficient technical "*Post Sales Support*", are further examples of our most notable characteristics.

Our yarns are therefore highly appreciated and employed in many EU countries, and in other overseas countries, for the production of soaked fabrics, knitted fabrics, sewing threads and other textile and technical applications. Our export figures currently exceed 70% of the total production, which is approximately six million kilograms per year.

One of the paths that can be taken to guarantee the survival of our textile industry, which has expensive labour costs, should be based on production innovation in order to reach the highest technical, qualitative and fashion levels that are also respectful of the environment.

The offer and the distribution systems have evolved and radically changed over the last few years, and they are going to continue doing so even more in the future. The well-known names and distribution chains are being obliged to constantly innovate their offers. When faced by the current intense competition, differentiation factors are being pursued that are becoming more and more in line with the tastes of an ever-increasingly demanding and knowledgeable consumer. Along these lines, it is necessary for the entire textile production chain to become involved.

There is also an increasing ecological awareness, both in production and in the generation and treatment of waste products and also in consumer goods.

With the globalisation of markets, competition with those countries having cheap labour in the

production of basic products has intensified in an extraordinary fashion.

European yarns, being the first link in the textile chain, cannot remain aloof from this reality. In order to be considered as a leading industrial sector, it has to achieve a high level of specialisation and to make a significant contribution to the results of the end product. Here, it is those small- and medium-sized companies, which are highly specialised and flexible, that will have the greatest opportunity.

During my professional life of the last few years, I have been a faithful defender of the need to encourage research and development, not only in the yarn fields, but also in all those processes within the textile chain that contribute to the attainment of quality, highly innovating products that possess solid added value. For this reason, Hilaturas Llaudet, S.A., has taken this opportunity aboard, to the point where it has become a significant part of its philosophy.

This fact has led to the development of qualitative concepts and differentiation factors, such as:

**Quality.** This is understood as being the obtaining yarns with high qualitative parameters that permit high performance in the weaving process, together with an unsurpassable appearance and behaviour in the use of the end product.

**Innovation.** This is understood as being the production of yarns with new physical and aesthetic characteristics, which are in line with the latest fashion trends and contribute further added value to the end product.

**Functionality.** The quality and properties of the selected raw materials should follow criteria of functionality (comfort and easy-care etc) and should also contribute to endow the end product with particular and differentiated aesthetic factors (appearance, hang, feel and colour etc).

**Versatility.** To conceive new yarn qualities that permit their use in a wide range of applications.

**Competitiveness.** This is understood as being the just relationship of "value for money" which allows the manufacture of high quality, innovating articles, which are, at the same time, competitive.

European yarns are therefore faced with the need to develop products that are clearly innovative and distinguishable. The production of quality raw materials, whether used 100% or mixed with natural and/or man-made fibres that provide both technical and aesthetic improvements to the end product, with the consequent added value.

This is the case of yarn obtained from the new generation Lyocell cellulose fibre, where the products require specific research and development into applications and later adornment. This is a true challenge to both technology and innovation.

The Lyocell fibre represents a significant contribution to the textile industry, not only from the ecological point of view, but also thanks to its properties and characteristics, together with its formidable potential for innovation. Through the employment of specific finishes, it is possible to obtain fabrics and garments with numerous interesting variations in appearance and feel. The immense development possibilities open up pathways to truly revolutionary textiles.

The Lyocell fibre is being put forward as the most promising innovation in the man-made fibre sector for almost half a century. Since it is manufactured to be respectful of the environment, the Lyocell fibre is completely biodegradable, its production is ecological and it meets most of the requirements of the contemporary textile industry.

Because of its high absorption capacity and moisture transfer rate, the Lyocell fibre, whether used pure or mixed with other natural or man-made fibres, complies with the consumers' demands for comfort.

Because of its inherent dry and wet strength properties, the Lyocell fibre is located at a high level in terms of "easy-care" properties and moreover, it will not shrink.

The Lyocell fibre possesses a series of unique advantages:

- *It provides the end product with excellent properties.* The advantages of a cellulose fibre, usage physiology, both dry and wet strength, durability, volume and extreme softness, thanks to its permanent chemical curl, controlled fibrillation, and it can also be machine washed.
- *It is a raw material that is attractive to the textile production line.* It allows high levels of productivity in both spinning and weaving, dura-

bility in wet conditions and cost-effectiveness in dyeing and finishing.

- *It is ideal for innovation and creativity.* New possibilities in both appearance and feel, thanks to the controlled fibrillation.
- *Respectful of the environment.* Obtained through a process that is respectful of the environment, sustainable and biodegradable material.

### Hilaturas Llaudet and Lyocell fibre

The enormous expectations that have been created around this new generation of cellulose fibre around 1993, awakened our interest in the possibility of including it in our production programme in the near future. The encouraging results that were then obtained in the “denim” sector also made a significant contribution to this.

We compiled as much information as was possible concerning the available experience from both Europe and Japan. Except for a few specific applications, we found ourselves facing an embryonic and somewhat disappointing situation because of the presence of significant problems. We learned that the technology and processes for dyeing and finishing on the fabric weave was still in an experimental stage. Actual experience was still scarce and there were serious problems in obtaining an acceptable product quality.

As from this point in time, we decided that our own R + D Department would carry out, right from the very beginning, a thorough investigation and experimentation in to the applications, in which all the textile line processes, in other words, weaving and, above all, preparation, dyeing and the finishing of the fabrics should be contemplated.

As a first step, and in order to establish the state of the new dyeing and finishing techniques, contact was established with the main machinery manufacturers and with most of the chemical product manufacturers, together with a series of well-known prestigious finishing firms.

The work that has been carried out during these last few years has provided us with deep knowledge as to the application possibilities for this new product.

Today, thanks also to the Lenzing Marketing Department and to the efficient collaboration with a series of firms belonging to the textile

sector, I am now able to confirm the growing interest and demand for yarns manufactured with Lyocell fibre.

### Lenzing Lyocell fibre yarns

*Why have we chosen Lenzing Lyocell® fibre?*

- Because we consider that Lyocell is a cellulose fibre with a future.
- Because of the guarantee that we are offered by a fibre producer such as Lenzing, which is backed up by our long and intense relationship that covers more than thirty years.
- Because of the proven quality and extremely interesting properties and characteristics of the Lenzing Lyocell® fibre, which significantly surpasses all other cellulose fibre known today.
- Because it is a fibre with a natural origin that provides a high degree of comfort and its feel is extremely pleasant to the skin.
- Because its production process is highly respectful of the environment.
- Because it is a biodegradable fibre with Oeko-Tex certification.
- Because it provides a wide range of application possibilities.
- Because it allows various, highly innovative finishes to be obtained.
- Because it can be finished in piece (across the width and the weave) and the finished garment.
- Because it can be mixed with other natural and man-made fibres, emphasising their properties.
- Because it represents a true challenge to both technology and innovation.

The yarns that employ Lenzing Lyocell® fibre and which currently form part of our manufacturing programme are as follows:

**LYOCELL:** 100% CLY, Lenzing Lyocell® 1.3 dtex 38 mm bright

**LYOCOT 67/33:** 67% CLY, Lenzing Lyocell® 1.3 dtex 38 mm bright

33% CO, Cotton 1” 1/8 super-combed

**CLYPA 75/25:** 75% CLY, Lenzing Lyocell® 1.3 dtex 38 mm bright

25% PA, Polyamide 6.6 DuPont Nylon, 2.2 dtex 40 mm semi-dull

**100% LYOCELL**

Our company was one of the first Lenzing customers to experiment with the Lenzing Lyocell<sup>®</sup> fibre when this was still being produced at a pilot plant installed at Lenzing. After several years of prior investigation, as from September 1997 we began the industrial production of yarn employing 100% Lenzing Lyocell<sup>®</sup> 1.3 dtex 38 mm bright.

The specifications for the yarn that was employed are as follows:

Fineness	1.3 dtex
Length	38 mm
Appearance	bright
Section	oval
Twist	permanent chemical
Strength (acon.)	> 40 cN/tex
Stretching	> 14%
Wet strength	(85%)

These yarns were designed for creativity and comfort. The yarns that are manufactured with natural origin Lenzing Lyocell<sup>®</sup> fibres harmonise with our bodies. The appearance of fabrics that are manufactured with LYOCELL yarns is, by sight and touch, one of the finest natural fibres. Garments that are produced with LYOCELL yarn are extremely pleasant to the skin, allow active transpiration, do not produce allergy and provide good absorption of body moisture. They are easy to take care of and may be machine washed without any problems.

The range of counts is as follows:

Nm 1/34, Nm 1/34 voile, Nm 1/40, Nm 1/50, Nm 1/70, Nm 1/70 crêpe S+Z, natural, white and coloured (package-dyeing). These yarns are also supplied in two- or three-plies twists.

The R & D work also included experimentation with the specific machinery for dyeing and finishing and the most suitable chemical products, together with the preparation, dyeing and finishing processes for:

- Yarns
  - In package-dyeing
- Soaked fabrics
  - Across the width
  - Across the weave
- Knitted fabrics
  - Across the weave
- Garment
  - In made-up garment: Soaked fabrics

Knitted fabrics: Fully fashioned (rectilinear knitting machines and cotton machines)

Hosiery

- Sewing threads

**Soaked fabrics.** Successful investigation has been carried out, on both dyeing and finishing across the width (Pad batch), and dyeing and finishing across the weave (airjet and airtumbler).

The R + D that was carried out into soaked fabrics (spinning, weaving, preparation, dyeing and finishing), were included in the Brite-Euram VIRTEX programme in Task 2.3 of the Quality Chain, in which Mas Molas, S.A. (fabric manufacturer), Fibracolor, S.A. (fabric preparation, dyeing and finishing) collaborated, together with the textile technological institutes ITV-Denkendorf and Intexter.

**Knitted fabrics.** This is perhaps the area in which we have concentrated most of our efforts. The lack of available information as to the preparation, dyeing and finishing of knitted fabrics encouraged us to deeply examine this subject. Today, after carrying out research and experimentation with various specific finishing machines, we are able to state that the process now offers full guarantees of quality.

One of the machines that was most successfully employed in the knitted fabric finishing process was the Alliance *Zephyr* Air-tumbler. This machine carries out the fibrillation process of the dyed material in a water medium, the enzymatic defibrillation process and, if required the dry tumble and final drying treatment.

**Knitted garments.** Other applications that were successfully investigated were the dyeing and finishing of knitted garments that were manufactured from knitted fabrics, together with garments that were produced with rectilinear knitting machines and cotton machines.

**Socks.** The application of Lyocell fibre yarns was also developed for the manufacture of socks.

**Sewing threads.** Sewing threads manufactured using Lyocell fibre makes an interesting alternative to 100% cotton sewing threads. The characteristics and extraordinary properties of the

Lyocell fibre permit the manufacture of sewing threads that provide extraordinary performance and behaviour in the production of all types of garments.

100% Lyocell sewing threads are also the most suitable for the production of soaked and knitted fabrics that have been manufactured from Lyocell yarn or mixtures that are to be later dyed and finished as garments.

**LYOCOT 67/33.** Around the middle of 1999, after two years of industrially producing yarns manufactured with 100% Lenzing Lyocell<sup>®</sup> fibre, it was considered a suitable time to increase the range with a fine mixture of Lyocell fibre with combed cotton in proportions of 67/33.

This is when we became aware of the combined action of the Lyocell fibre and cotton. The composition and properties of LYOCOT 67/33 yarn allow the production of soaked and knitted fabrics that possess characteristics, appearance and feel that had been previously unknown. Garments that are produced with LYOCOT 67/33 yarn are extraordinarily pleasant to the skin, allow active transpiration, do not produce allergy and provide good absorption of body moisture. They are easy to take care of and may be machine washed without any problems.

Range of counts:

Nm 1/40, Nm 1/50, Nm 1/70, in natural, white and colours (package-dyeing)

These yarns are also supplied in two- or three-plies twists.

The same type of Lyocell fibre is used for this mixture (1.3 dtex 38 mm bright) and cotton fibre, 1" 1/8 combed at 18%.

A more cotton-style of feel and appearance was sought, but at the same time maintaining the Lyocell fibre properties and characteristics. This product is therefore, recommended for sportswear, with a wider range of possible end use than in the case of yarn produced from 100% Lyocell (unisex garments).

The applications of the LYOCOT 67/33 quality are basically the same as those for the LYOCCELL 100% quality, except for sewing threads.

The processes that are followed for the preparation, dyeing and finishing of the fabrics and garments are basically the same as those employed for articles made from 100% Lyocell.

**CLYPA 75/25.** These are yarns that are produced from a fine mixture of 75% Lenzing Lyocell<sup>®</sup> fibres and 25% of Polyamide 6.6 fibres. The composition and properties of CLYPA 75/25 yarn allow the production of soaked and knitted fabrics that possess very important characteristics, appearance and feel.

Through the dyeing of the Polyamide 6.6 fibres and the reserve, bleaching or dyeing of the Lyocell fibres, interesting denim are obtained, together with combined colours and two-tone effects.

The CLYPA 75/25 yarns are also very suitable for mixing with elastane (Lycra<sup>®</sup>) fibres. The characteristics of the dyeing of the polyamide fibres do not deteriorate the remarkable stretching and return strength properties of the elastane fibres.

Garments that are produced with CLYPA 75/25 yarn are extraordinarily beautiful, pleasant to the skin, allow active transpiration, do not produce allergy and provide good absorption of body moisture. They are easy to take care of and may be machine washed without any problems.

Range of counts:

Nm 1/40, Nm 1/50, Nm 1/70, in natural and colours (package-dyeing). These yarns are also supplied in two- or three-plies twists.

The applications of the CLYPA 75/25 quality are basically the same as those for the LYOCCELL 100% quality, except for sewing threads.

The processes that are followed for the preparation, dyeing and finishing of the fabrics and garments are basically the same as those employed for articles made from 100% Lyocell.

## Conclusions

It is quite obvious that we now possess yarn qualities that possess extraordinary possibilities that were unthinkable just a few short years ago. They are products that provide significant improvements to the production processes and which greatly contribute to innovation and to the improvement of the performance of the finished product. It is also true that fear and reticence involved in the consumption of this type of products have been overcome thanks to the gradual sway in favour caused by the fabric adornment processes. In spite of all this, we are only at the beginning.

## LYOCELL LF – PROFILE OF A FIBRILLATION-FREE FIBRE FROM LENZING

Christian Rohrer, Peter Retzl, Heinrich Firgo

Lenzing AG, R & D, A - 4860 Lenzing, Austria

### Introduction

Today Lyocell by Lenzing is an established fibre from the „man made cellulosic“ fibre family. A lot has been discussed and published about the advantages and disadvantages of this fibre, one important point was and is the effect of fibrillation on textile finishing and the performance properties of textile materials.

In recent past, new Lyocell products have been developed in finishing which stand out due to their outstanding visual appeal and hand variations, but which partly require elaborate finishing procedures. Finishers have often demanded a Lyocell fibre which makes finishing more simple and more favourably priced. With Lyocell LF, Lenzing has developed a fibre, in which the tendency towards fibrillation is suppressed by chemical cross-linking at the production stage.

### The production of Lyocell LF

As with the regular Lyocell fibre, the production process for Lyocell LF is based on the principle

of solvent spinning. In this respect the pulp is dissolved in the NMMO (*N*-methylmorpholine-*N*-oxide) solvent, a highly viscous solution is produced by evaporating water and then extruded through spinnerets. Following stretching in an air gap the cellulose is precipitated into an aqueous solution of NMMO. Finally the product is cut and washed to recover the solvent.

This fibre is then chemically cross-linked in an additional finishing step. This means that the tendency towards fibrillation is prevented by the introduction of additional linking agents between the cellulose molecules. Lenzing used a patented substance for this purpose which contains anchor groups from the chemistry of the reactive dyestuffs whereby the selection was of course influenced by environmental considerations. For the properties of the product it is decisive that this cross-linking takes place in a never dried condition so that the typical fibre properties of Lyocell are largely maintained. In the following step the soft finish is applied which is necessary for spinning and the fibre is dried.

Lyocell LF has the same basic properties since it is produced using the same technology.

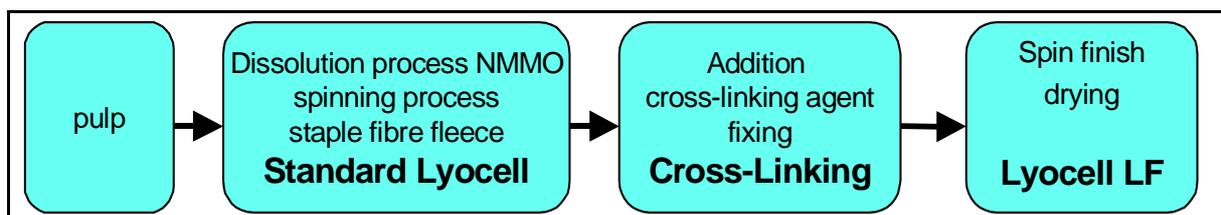


Figure 1. Principle of production of Lyocell LF by Lenzing.

Cross-linking during production results in a non fibrillating Lyocell fibre produced in conditions which are readily controllable and the finisher requires no additional finishing steps to suppress fibrillation.

### Fibrillation – the cause and effects

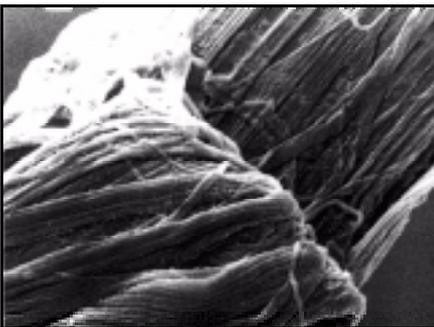
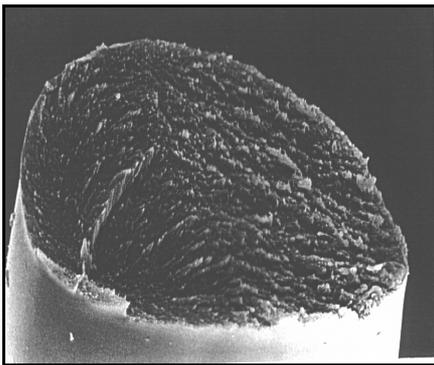
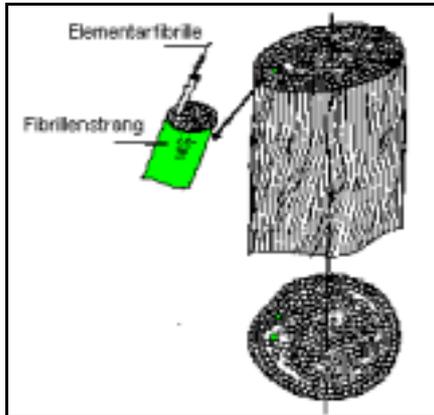
The properties of Lyocell are defined at the stretching stage and during precipitation: in the

crystalline area of the fibre very long crystallites form which are very highly oriented in the longitudinal axis of the fibre but which have a low clustering rate. At the same time these fibres have by comparison a high amorphous orientation. A longitudinally stretched hollow system results with a relatively large pore volume compared to cotton.[1]

The result is the special property of Lyocell fibres even in a swollen condition (wet), a high

mechanical strength and a high dyeing affinity. In parallel terms there is however a low lateral hold between the fibril bundles.[2]

Together with wet rigidity and the mechanical effects which occur during processing this leads to rope marking defects in hank finishing respectively to greying and a change of handle in normal washes.



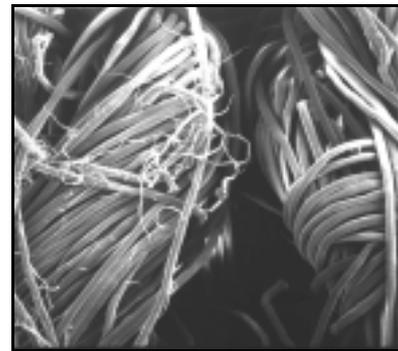
**Figure 2. Fibrillation – the cause and effects.**

### The properties of Lyocell LF by Lenzing

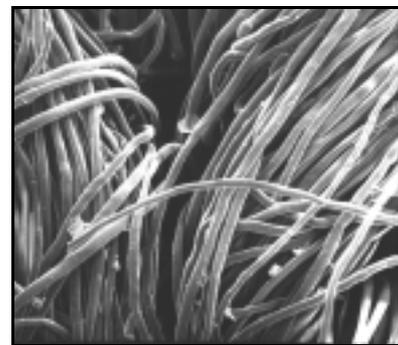
**Fibrillation protection.** As a result of cross-linking – the introduction of links between the cellulose chains – we now have a Lyocell LF fibre with which it is possible to conduct processing on the machinery normally used for

cellulose fibres without the occurrence of the problems we associate with fibre fibrillation.

No fibrillation effects are observed on a fabric finished in an optimum manner (without high-grade finishing) even after repeated washing. The fibre continues to display the attributes typical of Lyocell (an oval cross-section or the permanent crimp typical of the Lenzing fibre). As a result of the cross-linking agent the fibre has a more pronounced anionic character than normal Lyocell which can lead to a reduction in dyeing affinity with certain dyestuff groups (direct dyeing).



Standard Lyocell.



Lyocell LF.

**Figure 3. Surface of Lyocell after dyeing (rotor yarn).**

Following test methods used at Lenzing cellulosic fibres reveal fibrillation in the order of the following sequence from no fibrillation to strong fibrillation: Viscose/Modal/Lyocell LF → Cotton → Polynosics → Standard Lyocell.

**Fibre data.** Cross-linking leads to characteristic properties in Lyocell LF which influence the fibre data and the performance values. Table 1 shows the results of the fibre test of Lyocell LF in which the high relative wet strength characteristic of Lyocell, the high transverse strength (loop and knot strength) or the high wet

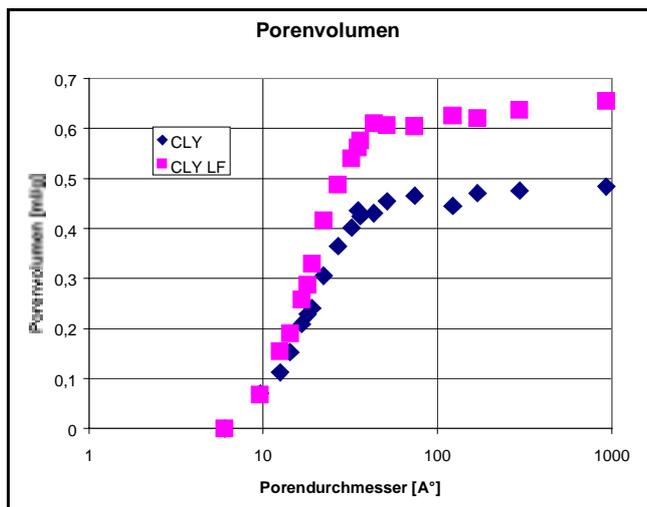
modulus are documented. As a result of cross-linking the tenacity and the elongation of the fibre are reduced.

**Table 1. Fibre data of Lyocell LF (1.3 dtex).**

	Lyocell LF	Standard Lyocell
Tenacity cond. [cN/tex]	35-37	40-42
Elongation cond. [%]	9-11	15-17
Wet tenacity [cN/tex]	27-29	34-36
Wet elongation [%]	11-13	17-19
Bisfa wet modulus [cN/tex/5%ε]	9,5-10,5	9-10
Loop strength cond. [cN/tex]	17	20
Loop elongation cond. [%]	4	
Knot strength cond. [cN/tex]	28	

\*Source: fibre test in Lenzing (remarks: no specification limits)

**Fibre morphology.** The cross-linking of the cellulose chains in the fibre in a never dried state results in specific morphological properties. From the data provided by the (ISEC, inverse size exclusion chromatography) it is possible to deduce that Lyocell LF has a higher accessibility and a modified pore structure. These changes can be deduced from the water retention capacity and the swelling behaviour.



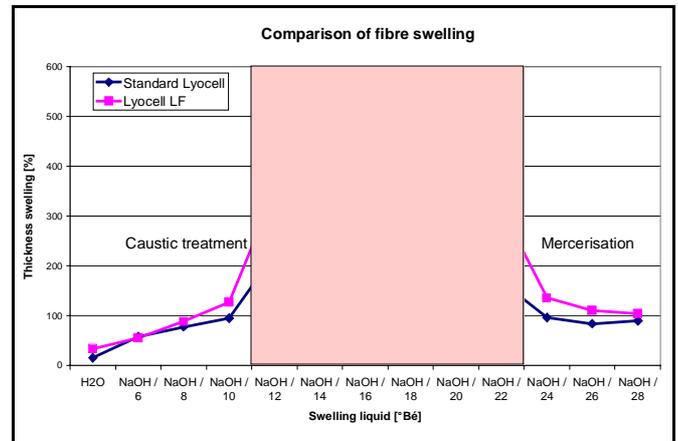
**Figure 4. Comparison of pore volumina of Lyocell LF and standard Lyocell.**

With Lyocell LF the differences in the morphological properties in combination with the changed ionic character cause a slight change in the dyeing behaviour of Lyocell LF, which is however still within the range familiar to the dyer for cellulosic fibres. One should, however, observe the clear change in the swelling behaviour of Lyocell LF, whereby the wet rigidity of Lyocell LF is, surprisingly, much lower than with standard Lyocell fibres.

**Table 2. Structural parameters of Lyocell LF.**

	Lyocell LF by Lenzing	Standard Lyocell
Pore volume [ml/g]	0,82	0,60
Inner surface [m <sup>2</sup> /g]	507	374
Water retention capacity [%]	69	55
Thickness swelling in H <sub>2</sub> O [%]*	34	15

\*after 5 min; laboratory test



**Figure 5. Fibre swelling depending on the concentration of alkaline solution.**

**Toxicological tests.** It is important for users of Lyocell LF to know that no eco-toxicological compounds are released when finishing or using Lyocell LF. Therefore no formaldehyde is present in Lyocell LF due to cross-linking chemistry. This has also been confirmed by tests carried out in accordance with Japan Law 112 respectively EN ISO 14181-1/01/99.

## Processing properties

**Yarn formation.** A look at the yarn values for these fibres in ring and rotor spinning shows that very good results were obtained whereby the running properties were particularly good on the rotor spinning system.

If one compares the results with the data for the normal fibre one can see a reduction in yarn tenacity respectively elongation which is on the same scale as the change in fibre data. All the other test variables are at the same level as the normal fibre.

**Table 3. Yarn data of Lyocell LF.**

Parameter	Ring yarn Nm50		Rotor yarn Nm 60	
	Lyocell LF	Standard	Lyocell LF	Standard
Uster CV %	10,8	10,8	14,3	15,5
Thin places -50% /1000m	0	0,0	18	55
Thick places +50% /1000m	6	6	46	87
Neps +200 / +280* %/1000m	14	15	8	15
Hairiness	6,4	6,2	5,2	4,7
Yarn tenacity [cN/tex]	26,5	29,9	16,1	19,4
Yarn elongation [%]	9,1	11,1	6,9	8,3
Classimat overall errors [/100km]	55	57	47	55

\*Rotor: Rieter R1

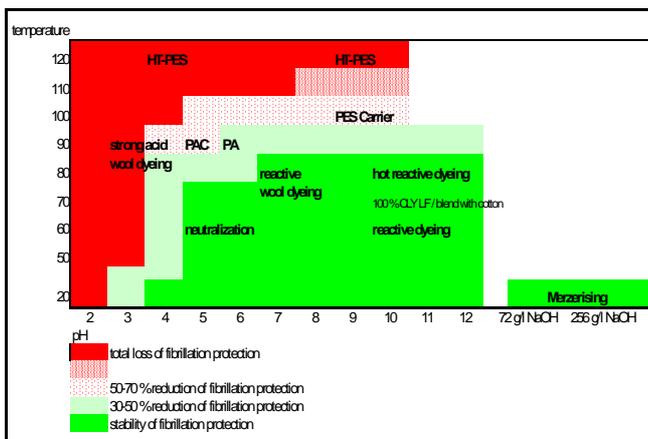
Source: internal spin trials from the applicational engineering dept., production controls Lenzing.

## Finishing of Lyocell LF.

**The chemical stability range of Lyocell LF.** For every finisher it is of central significance to know that the protection against fibrillation can be broken down again in specific and known conditions. Since each finishing step influences cross-linking to a greater or lesser degree it is necessary to fine tune the finishing route with regard to the chemical resistance of cross-linking.

mechanics. It is important that each finishing step can influence cross-linking thus leading to an adding effect.

Figure 6 provides an overview of what pH and temperature ranges (without considering the time effect) are possible for Lyocell LF and gives examples for finishing routes or steps connected with this in accordance with what we know to date.



**Figure 6. Principle diagram of chemical resistance of Lyocell LF.**

The most important variables in this context are the pH value, the temperature, time and

**Alkaline processes.** The chemical stability of Lyocell LF is very good in moderate temperature ranges in alkaline conditions which means that the greater part of the finishing of 100% fabrics respectively blends with cotton can be covered. The presence of oxidation agents ( $H_2O_2$ ) leads to a marked reduction in protection against fibrillation with higher alkali amounts whereby here again the temperature and time are decisive factors.

**Acid treatment steps.** In acid media Lyocell LF is clearly much more sensitive. Finishing steps in the range of pH values around 4 can be readily carried out at moderate temperatures and times, lower pH values, however, quickly lead to a reduction in the protection against fibrillation.

**Table 4. Influence of alkali conditions on protection against fibrillation.**

Treatment	Influence	Finishing step
1 g/l Soda, 90°C, 20min	No reduction	Pre-wash
1 ml/l NaOH (50%), 90°C, 60 min	No reduction	Alkali treatment
72 g/l NaOH, 20°C, 120 min	No reduction *	Caustic treatment
250 g/l KOH, 20°C, 180 min	No reduction *	Sandoflex
1 ml/l NaOH (50%); 4 ml H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (35%) 90°C; 60 min	~40% reduction	Bleach

\* at the moment even improvements are noticeable

**Table 5. Influence of acid on the protection against fibrillation.**

Treatment	Influence	Finishing step
pH 2-3; 90°C, 60min	Loss of fibrillation protection	Wool dyeing with strong pick-up
pH 4-5; 90°C, 45 min	40-50 % reduction	Wool dyeing
pH 4; 95°C; 60 min	50 % reduction	

**Table 6. Examples for different textile bleaches.**

Procedure		Berger	Tappi	Fibrillation protection
Aktivated H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> bleach	6ml/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (35%)	73	85	-22 %
KKV bleach	1ml/l NaOH (50%), 2g/l Soda 45ml/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (35%) 25ml/l NaOH (50%), 19 h	72	83	-32 %
Steamer bleaching	20ml/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (35%) 6ml/l NaOH (50%), 20 min	72	83	-25 %
exhaustion bleach	4 ml/l H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (35%) 1ml/l NaOH (50%), 45 min	67	82	-49 %

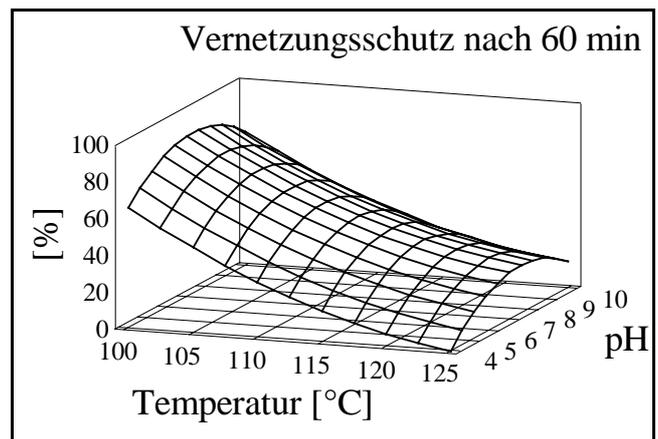
#### ***Influence of the temperature – wet processes.***

The cross-links are not resistant to acid or alkaline finishing steps at higher temperatures (>100°C,) which practically affects all PES HT-dyeings.

#### ***Influence of the temperature – dry processes.***

The curing (fixation) steps carried out in a dry state with very short retention times (e.g. for blends with elastane fibres) can however be carried out without any problems and without any loss of fibrillation protection.

***Pre-treatment - bleach.*** Lyocell LF can be bleached with oxidative and reductive agents whereby long treatments at higher temperatures are to be avoided. The bleach represents a certain challenge for the finisher since the recommended process conditions, which basically comply with those of cellulosic regenerated fibres, are to be precisely observed.

**Figure 7. Fibrillation protection in [%] following HT-treatments.**

The activated H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bleach proved to be advantageous for the stability of the cross-linking (Warwick bleach).

Tests show that a specific selection of optical brighteners has to be made whereby blue-tinted types are to be given preference since Lyocell LF

reveals a slightly lower remission in the blue spectral range.

An increase in the degree of whiteness in conditions more drastic than recommended always leads to a loss in fibrillation protection. The performance of in-house tests revealed no negative effect in normal household washing.

**Dyeing.** When dyeing fibre blends the chemical stability of the cross-links must be very closely observed. For this reason the processes should be carried out within the chemical stability range. Basically Lyocell LF can be dyed without any problems with reactive, direct or vat dyestuffs. The behaviour is typical for cellulose fibres and for the blend with cotton in particular a good basis was created for even dyeing results with the mercerisability.

**Table 7. Depth of colour (reactive dyestuffs) compared with standard Lyocell.**

Dyestuff	$\Delta L$	Evaluation
Cibacron navy-blue FG	0	Small difference
Remazol brilliant blue R-special	3	Lighter
Remazol blue 3R	-9	Darker
Remazol brilliant blue BB	3	Lighter

Reference: Standard Lyocell, Single Jersey.

The accessibility for dyestuffs is not influenced by the cross-linking in the spun-wet condition. However, the dyeing behaviour of Lyocell LF is determined by the anionic character of the cross-

linking agent, the changed pore structure already mentioned respectively the accessibility of the fibre.

The use of reactive dyestuffs in which the electrostatic effects are minimised by the addition of salt showed that deeper dyeing results could in part be observed with LF in comparison to standard Lyocell depending on the dye type.

**Stripping.** The stripping of dyestuffs is connected with considerable losses in fibrillation protection since these procedures (acidic as well as alkaline) always have to be carried out on the border line of the chemical stability range.

**Light Fastness.** Principle tests with Sirius ruby-red and Sirius scarlet red respectively a direct dye trichromaticity revealed no differences between Lyocell and Lyocell LF.

**Table 8. Fastness to light - a comparison.**

Fibre type	0,3% SR	2% SR	0,3% SS	3% SS	TRC hr
CLY	7,5	7,5	4	6	7-8
CLY-LF	6,5	8	4,5	5,5	6

SR Sirius ruby-red; SS Sirius scarlet red;

TRCh: trichromaticity of: 1% Sirius yellow KGRL, 1% Sirius ruby-red KZBL and 1% Sirius blue KGRLN

**Wet fastness.** Likewise here no difference could be found to standard Lyocell with different reactive dyestuffs.

**Table 9. Wet fastness – a comparison.**

	Sample	Wash fastness 60°C ISO 105 C03			Perspiration ISO 105 E04					
		Colour	CLY	WO	acidic			alkaline		
					Colour	CLY	WO	Colour	CLY	WO
CLY	Trichromatic./ Remazol dye	4	4-5	4-5	4-5	4-5	5	4-5	4-5	5
CLY LF	Trichromatic. / Remazol dye	3-4	4-5	4-5	4	4-5	5	4	4-5	5
CLY	Cibacron navy-blue LS	4	4	4	4	3-4	4-5	4	3-4	4
CLY LF	Cibacron navy-blue LS	4	4	4	4	3	4	4	3	4
CLY	Remazol jet-black 150 N	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	4-5	3-4	3	4-5
CLY LF	Remazol jet-black 150 N	4	3-4	3-4	4	4	4-5	3-4	3-4	4-5

## Summary

With Lyocell LF the finisher has a Lyocell type which is much easier to process and the strengths of which lie, according to our present knowledge, in the finishing of 100% fabrics and blends with elastane, cotton, polyamide, wool (cotton system / short staple) and silk.

The profile of the fibre shows that it was possible to almost completely retain the advantages of Lyocell in terms of fibre and yarn properties.

Although it is necessary to bear the specific properties of a chemically modified fibre in mind when finishing the fibre, the lower finishing costs should speak for themselves.

As with every new product, however, extensive tests have to still be carried out with Lyocell LF to better understand the behaviour in the textile chain. We would, therefore, ask our customers to support this learning process by participating in a dialogue with the marketing services department and research scientists of Lenzing AG.

## References

- [1] Brederick *et al.*, "The pore system of cellulose fibres and their significance for fibre properties", 7<sup>th</sup> IFVTCC Congress, Vienna, 1996.
- [2] J. Schurz, *Lenz. Ber.* **1994**, 74, 37.

# DIE VEREDLUNG DER LYOCELLFASER IN DER WÄSCHEREI

Frank Schneider

Rotta GmbH, Industriestr. 39, D-68169 Mannheim, Germany  
phone: +49-621-3304185; fax: +49-621-3304199

Die Veredlung der Lyocellfaser in der Wäscherei erfolgt nicht in einer normalerweise jedem bekannten Haushaltswaschmaschine, sondern in speziell für die Veredlung konstruierten Maschinen, die – wie Sie auf dem Bild sehen – wenig mit derselben gemeinsam haben. So hat diese Maschine ein Trommelvolumen von 3640 l und einen Durchmesser von 1,8 m und wird mit ca. 120 kg Denimmaterial beladen.

Die Art und Intensität der auf das Textilmaterial einwirkenden Mechanik ist im Gegensatz zu einer Haushaltswaschmaschine für Schmutzwäsche sehr different. Während bei der „normalen“ Waschmaschine eher ein Walken bzw. Drehen des Textilgutes um die eigene Achse zu erkennen ist, fallen bei der Industriemaschine die Teile von oben nach unten und beschreiben dabei, bei richtiger Einstellung der Parameter Beladung, Drehzahl und Flottenverhältnis, einen Bogen. Durch die Fallhöhe wirkt sehr viel Mechanik auf das Textilgut.

Mit dem Siegeszug der Blue Jeans wurden die bis dahin lediglich für Schmutzwäschen benötigten Industriewaschmaschinen auch zum Waschen von fertig konfektionierten Kleidungsstücken - im Fachjargon „Garments“ genannt – benutzt. Durch die bereits erwähnte hohe Mechanik und in Gegenwart der speziellen Cellulasen und evtl. Bimssteinen wird die Faserstruktur aufgelockert und der Indigo, welcher nicht chemisch, sondern mechanisch an die Faser gebunden ist, kann leicht abgerieben werden. Man nennt dies Stonewash.

Heute wird aber nicht nur „gestoned“, sondern in der Wäscherei nahezu jegliche Art von Ausrüstung durchgeführt. Man spricht heute auch von Waschveredlung von Garments.

Vor allem die fibrillierende Faser Lyocell eignet sich sehr gut für die Waschveredlung zur Erzielung von modischen Effekten, wie anhand der Beispiele gezeigt werden soll:

1. ROTTA®-BIOFINISH
2. ROTTA®-cure
3. ROTTA®-BREEZE
4. COOL-TOUCH AUSTRÜSTUNG
5. SPRAY COATING

## 1. ROTTA®-BIOFINISH

Die klassische Lyocellfaser weist das größte Fibrillierungsvermögen nahezu aller Fasern auf. Diese Fibrillierung, sichtbar als Flusen bzw. Pilling, wird durch die starke Mechanik bei der Waschveredlung der Industriewaschmaschinen noch deutlich gefördert. Die Fibrillierung bedeutet einerseits vor allem bei der „Meterwarenausrüstung“ Probleme hinsichtlich Faltenbildung durch die hohe Nassstarre der Faser, andererseits sind dadurch erst interessante Griffe und Optiken wie Angel-Skin, Pfirsichhaut, usw. möglich.

Wichtig ist, dass eine gute und abgeschlossene Primärfibrillation durchgeführt wird, damit bei späteren Haushaltswäschen keine weitere Fibrillierung entsteht und die Kleidungsstücke unansehnlich machen und zu Beanstandungen bzw. Reklamationen führen können.

Die Primärfibrillation wird normalerweise mit sauren, oberflächenaktiven Enzymen beseitigt.

Die Firma ROTTA GmbH beschäftigt sich seit Jahrzehnten mit Enzymen, insbesondere mit Cellulasen für die Waschveredlung, und ist weltweit ein Partner der bekanntesten Bekleidungshersteller. Wir beraten nicht nur bei der Lyocell-Ausrüstung unsere Kunden bei der Auswahl der Enzyme vor Ort.

Das Biofinish-Verfahren von Artikeln aus Lyocell sieht wie folgt aus:

### **Primärfibrillation:**

0,5 - 2 g/l Alkali (Soda, Natronlauge)

1 - 2 ml/l GISAPAL® 116

0 - 2 ml/l ROMAPON® 173 und/oder

ROMAPON® 1590

FV 1 : 6 - 1 : 10, 15 - 20 Minuten, 60 - 70 °C

**ROTTA-Biofinish:**

1 - 2 % ROGLYR BIO<sup>®</sup> 1537

0 - 2 ml/l ROMAPON<sup>®</sup> 173 und/oder

ROMAPON<sup>®</sup> 1590

1 g/l MOLLAN DS<sup>®</sup> 95819

FV 1:5-1:10, 20-45 Min, 50°C-55°C, pH 4,5-5

Die Reaktion kann durch Zugabe von Alkali (Soda oder Natronlauge) auf pH über 9 oder durch eine alkalische Nachwäsche bei pH-Werten über 9 abgebrochen werden.

**Softening:**

1 - 2 ml/l BADENA<sup>®</sup> 237

0,5 - 2 % RO-MA-SILIKON<sup>®</sup> 271

1 ml/l Essigsäure

FV 1:7-1:10, 10-15 Min, 25°C-30°C, pH 5-5,5

Der erzielte Griff kann durch Aufbringen unterschiedlicher griffgebender Produkte sowie der unterschiedlichen Steuerung des Trocken- bzw. Tumblerprozesses (Sekundärfibrillation) nachhaltig beeinflusst werden.

Durch die Behandlung von Cellulosefasern mit ROGLYR<sup>®</sup> BIO 1537 tritt eine gewisse Abnahme der Festigkeit ein. Diese beträgt in der Regel bei Gewichtsverlusten von 3 - 5 % etwa 10 - 20 % von der Ausgangsfestigkeit.

Bei Mischungen mit Bastfasern wie z.B. Leinen sind die Festigkeitsverluste besonders zu beachten. Entsprechende Vorversuche zur Überprüfung der Gewebefestigkeit sollten bei neuen Artikeln durchgeführt werden.

Waschrezepturen für mit Indigo gefärbten Garments sind erheblich aufwendiger und werden auch zum Teil mit neutralen, gepufferten Cellulosen wie unser ROGLYR<sup>®</sup> 1533 oder ROGLYR<sup>®</sup> 1527, einem „Cold Enzyme“ durchgeführt. Auch müssen wegen der Vergilbungstendenz von Indigo ausgewählte Weichmachungsmittel wie BADENA<sup>®</sup> JEANS 287 oder BADENA<sup>®</sup> JEANS 1587 eingesetzt werden.

**2. ROTTA<sup>®</sup>-cure**

Nicht nur für die zahlreicher werdenden Single-Haushalte in Westeuropa ist eine bügelfreie, sprich „wash and wear“-Ausrüstung für Lyocell notwendig. Durch das ROTTA<sup>®</sup>-cure-Verfahren

wird auch die Sekundärfibrillierung der Faser deutlich reduziert.

Man unterscheidet prinzipiell zwischen PRE-CURE und POST-CURE sowie dem ROTTA<sup>®</sup>-cure-Verfahren. Während beim PRE-CURE Verfahren die nicht konfektionierte Ware mit einem Vernetzer ausgerüstet und auskondensiert wurde, werden beim POST-CURE-Verfahren die nicht konfektionierte Teile Ware mit Vernetzern ausgerüstet, aber nur getrocknet. So ist es nach dem Konfektionieren möglich, vor dem endgültigen Kondensieren der Garments eine permanente Bügelfalte in die Ware zu pressen. Bei diesem Verfahren muss eine perfekte Logistik vorgesehen sein, denn die Vernetzer sind nur über einen gewissen Zeitraum in dem nicht kondensierten Zustand reaktiv und somit für die gewünschten Effekte verwendbar.

Beim ROTTA<sup>®</sup>-cure-Verfahren unterscheidet man zwei spezielle Applikationsverfahren. Das 1. Verfahren nennt man Tauch/Schleuder-Verfahren, bei dem die Garments mit Vernetzern behandelt werden. Das 2. Verfahren ist die Sprühapplikation, bei der die exakt benötigte Menge an Textilhilfsmitteln in der modifizierten Waschmaschine oder Tumbler auf die Garments gesprüht wird.

Beim ROTTA<sup>®</sup>-cure-Verfahren bleibt man in der Zeit- sowie Wareneinteilung äußerst flexibel, wobei auch bei diesem Verfahren einige Anforderungen an das Gewebe gestellt werden müssen. Diese sind: Mindestreißfestigkeit, Wasch- und Hitzebeständigkeiten von Einlagen, Nähfäden, Hosenbundbändern sowie säurestabile und „echte“ Farbstoffe. Hier ist, wegen den Laborprüfungen, eine enge Zusammenarbeit mit unserem Technischen Service und unseren Kunden nötig.

Eine mögliche Rezeptur für Lyocell sieht im Tauch/Schleuder - Verfahren wie folgt aus:

40 – 70 g/l DRYWEAR<sup>®</sup> SET 555

20 – 40 g/l BADENA<sup>®</sup> 247

10 – 30 g/l RO-MA-SILIKON<sup>®</sup> 273, oder

75 – 130 g/l DRYWEAR<sup>®</sup> SOFT 97290

FV 1 : 2 bis 1 : 4, Flottentemperatur 25 °C - 35 °C, Behandlungsdauer 10 min

(Bei entsprechender maschineller Einrichtung ist eine Wiederverwendung der Restflotte nach dem Abschleudern möglich.)

- Abschleudern auf 80 – 100 % Flottenaufnahme
- Trocknen im Tumbler bei 80 – 100 °C auf 10 - 20 % Restfeuchtigkeit
- Glatt bügeln bzw. toppen oder pressen, falls eine Bügelfalte erforderlich
- Auskondensieren im Tunnelfinisher oder Kondensierofen (140 – 160 °C, 8 - 15 min)

### 3. ROTTA®-BREEZE

Mit diesem neuen Verfahren erhält der Endverbraucher u.a. auf der Lyocell-Faser einen doppelten, waschpermanenten Effekt, nämlich:

- *Geruchsabsorption.*

Hierbei werden unangenehme Gerüche wie Rauch, Schweiß usw. absorbiert und gespeichert. Diese werden bei der nächsten Wäsche wieder abgegeben. ROTTA®-BREEZE ist somit reaktivierbar und vielfach wiederverwendbar.

- *Frischefunktion.*

Aufgebrachter Duftstoff wird gespeichert und langsam, dosiert freigegeben. So duften Textilien länger frischer.

Eine Behandlungsrezeptur auf der Waschmaschine für Lyocell-Garments sieht wie folgt aus:

- 30 g/l ROTTA®-FINISH 203  
12 – 18 g/l ROTTA®-FRESH 97220  
FV 1:8 - 1:10, Temperatur 35 °C,  
Behandlungsdauer 10 - 15 min
- Abschleudern
- Tumbeln
- Bügeln oder Toppen und im Curingofen bei 130 - 150 °C kondensieren

Als 2. Schritt kann die Applikation von Duftstoffen und Weichmachungsmitteln erfolgen:

- 0,5 - 1 g/l ROTTA®-DEODORANT VK 50235 (oder anderen, individuellen Duftstoffen), 2 - 3 g/l BADENA® 237  
FV 1:8 - 1:10, Temperatur 35 °C,  
Behandlungsdauer 10 - 15 min, pH 4,5 - 5,5
- Abschleudern
- Tumbeln

Besonders interessant ist diese Art der Ausrüstung für Hemden und Blusen, aber auch für Hosen aus der Lyocellfaser.

### 4. COOL-TOUCH-Ausrüstung

Man erzielt mit dieser Ausrüstung einen Griff, der kalt ist, und modisch auf großes Interesse stößt. Das eingesetzte Lyocell-Gewebe muss hierzu eine möglichst glatte Oberfläche haben, damit der größtmögliche Effekt erzielt werden kann.

Rezeptur für COOL-TOUCH:

- 2,5 - 3 % ROTTA®-FINISH 206  
1,5 - 2 % RO-MA-SILIKON® 96621  
FV 1:2 - 1:4, Flottentemperatur 20 °C - 25 °C,  
Behandlungsdauer 10 min, pH 6 - 7
- Abschleudern auf 80-100 % Flottenaufnahme
- Trocknen im Tumbler bei 100-120 °C
- Glatt bügeln bzw. toppen oder pressen (verstärkt den Effekt)

### 5. SPRAY COATING

Vor allem aus dem italienischen Markt sind Spraybeschichtungen auf Garments zu finden. Die Anfänge dieser Art der Ausrüstung waren Lederimitate auf Denimhosen. Das Verfahren wurde mittlerweile optimiert und ist ein Bestandteil der Ausrüstung von Garments geworden. Vor allem die Lyocellfaser eignet sich hierfür hervorragend, da die Faser das höhere Preissegment abdeckt, und somit die nicht ganz preisgünstigen, zum Teil in Handarbeit produzierten Teile noch weiter aufwertet. Diese Optiken sind zur Zeit absolut topmodisch.

Die Firma ROTTA hat für folgende Applikationen jeweils ein Compound zu bieten:

- Bicolor: mit ROTTA®-COATING 96730
- Silberglanz: mit ROTTA®-COATING 80031
- Goldglanz: mit ROTTA®-COATING 96610
- Kupferglanz: mit ROTTA®-COATING 96109
- Ceramika: mit ROTTA®-COATING 97100

Es werden jeweils 60 Teile des Produktes mit 40 Teilen Wasser über eine normale, handelsübliche Sprühpistole appliziert. Die Viskosität muss hierbei bei 200 mPas liegen.

Nach dem Sprühen wird getrocknet und bei 150 °C / 5 min kondensiert.

Anschließend erfolgt ein Pressen der Ware über eine Plattenpresse bei 180 °C / 20 sec.

**SCHLUSSBEMERKUNG**

Die Lyocellfaser ist eine Faser, die sich für neue, kreative und modische Anwendungen bestens eignet. Der Artikel soll einen kleinen Einblick in die Waschveredlung bieten, in welcher die Lyocellfaser bereits einen festen Platz hat.

Sollte durch die Ausführungen das Interesse an einer der genannten Ausrüstungen geweckt worden sein, steht die Firma ROTTA gerne auch in Zukunft mit Rat und Tat vor Ort zur Verfügung.

## THE ROLE OF MANMADE CELLULOSICS IN GLOBAL FIBRE MARKETS

Reinhard Kampl, Josef Bachinger

Lenzing AG, A – 4860 Lenzing, Österreich

### Development of world fibres production

**Before the turn of the century.** By the end of the 18th century the European masses were wearing primarily linen and wool fabrics. At that time cotton played a subordinate role and it was not before the industrial revolution that cotton became more important than wool and linen. It started in Great Britain where cotton spinning mills widely outstripped the wool industry as early as 1850. The growing population - demanding higher standards with increasing prosperity - rocketed the requirement of spinning fibers for making fabrics.

**The 20th century.** By the turn of the century the rise of the chemical fiber industry started and became extremely successful within a short time. From 1900 to 1925 production increased almost a hundred times.

Viscose fibers were among the first to be produced industrially, their development going back to the end of the 19th century.

Since that innovation, cellulosic fiber, with a total quantity of approx. 2.6 mil. tons, gained its firm ground among the textile greige goods worldwide. This fiber quantity includes staple fibers and filaments manufactured according to the viscose, acetate, cupro and solvent-spun process.

At the beginning of the development, mainly filaments could be found on the market. The staple fiber production started in 1930.

Production reached its peak in the early seventies and today, viscose staple fibers hold by far the highest volume compared to viscose filament fiber.

The growing prosperity and the rapidly changing processing technology in the textile and garment industry presented a great challenge for cellulosic fibers.

Permanent innovations and improvements were made to production processes (e.g. a continuous

process by Akzo Nobel) and to product properties. This led to the development of higher quality specialty fibers, such as Modal and Polynosic in the second half of the 20th century. Product improvements were also made continuously with regard to stronger and finer fibers, and incorporated features, such as flame retardant, antibacterial and UV protection. This development mainly referred to the viscose staple fibers, which today are rightly considered as quality fibers.

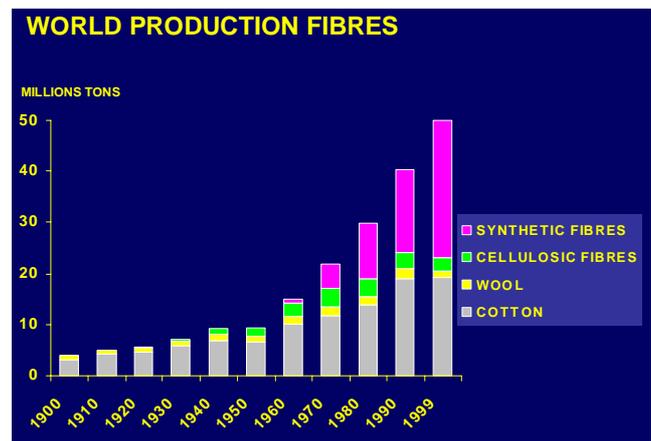


Figure 1a.

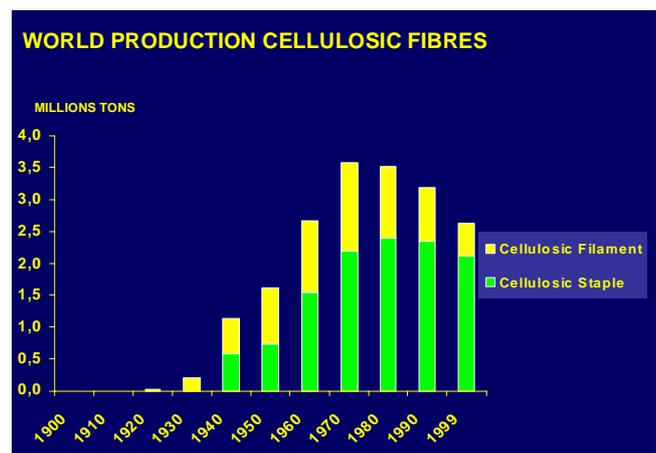


Figure 1b.

Figures 1a and 1b show the development of cellulosic filament and staple fibers available on the market from 1950 up to now. For the further

development of the cellulosic fibers compared to natural and synthetic fibers, it is important to discuss their applications in more detail based on experiences in Western Europe and USA.

These experiences may vary from region to region all over the world.

**High tenacity filament**

Figures 2a and 2b show the two main applications for high tenacity filament, where tires represent the dominant part. A small percentage goes into coated fabrics or into ropes.

In Western Europe, high tenacity filament fibers are used to produce high velocity tires, whereas in other countries, such as the USA or the Far East there is no use for such tires based on these requirements.

The advantage of viscose high tenacity filament for tires lies in its temperature resistance. Naturally, this industry aims at introducing reasonably priced types, but also in this end-use segment efforts are being made to fulfill the requirements with low-priced materials.

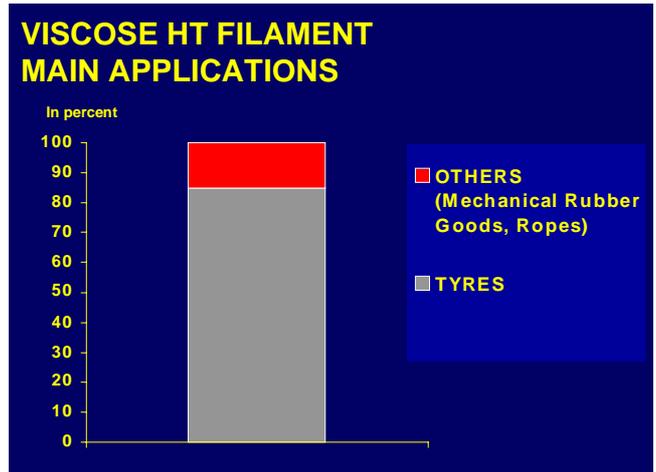


Figure 2b.

**Acetate Filament**

Today acetate filament is primarily used for linings and fashionable end-uses in ladies and men’s wear (figures 2a and 3).

Presently, the world production is approx. 150,000 tons. The main producers can be found in the USA, Western Europe and Japan.

The main advantage of this product lies in its silky sheen, but it is subject to fashion changes. This is why many European and Japanese producers have developed a lot of new products.

We believe that this product will still have a good chance in the future, but the high price level will be hindering for substantially growth. We expect that the worldwide demand for acetate filaments will decrease further in addition to the capacity reductions that recently happened.

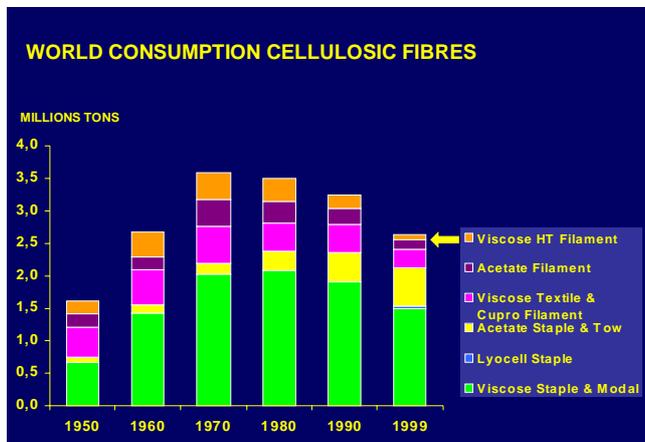


Figure 2a.

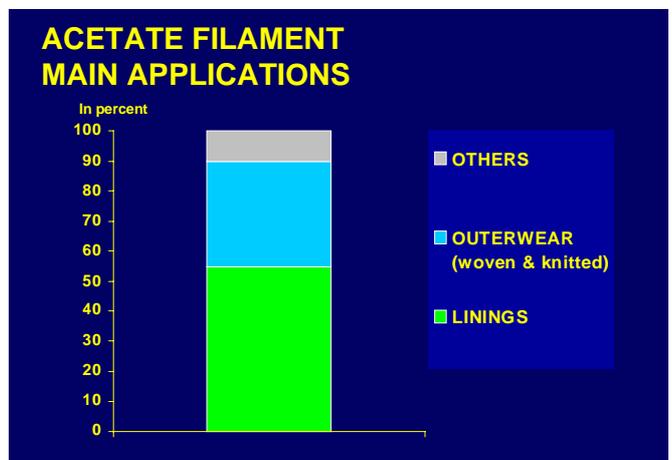


Figure 3.

## Viscose textile and cupro filament

With this type cellulosic filament, approximately 40% goes into linings (figures 2a and 4).

Most of it can be found in fashion garment applications for men's wear and particularly ladies' wear, both in woven and knitted applications. The main advantage of these cellulosic filaments in linings is their beautiful silky sheen, in addition to their anti-static behavior which is inherent to the cellulosic fiber.

This fiber type also greatly depends on fashion changes. Last year there was a remarkable decline in European demand. The major reason for this downturn is the high cost of production in Europe (due to high operation costs in winding and twisting) as compared to cheap Asian imported polyester filament.

There are however, forecasts proclaiming a higher demand based on the shift of the garment industry to the Far East, especially to China.

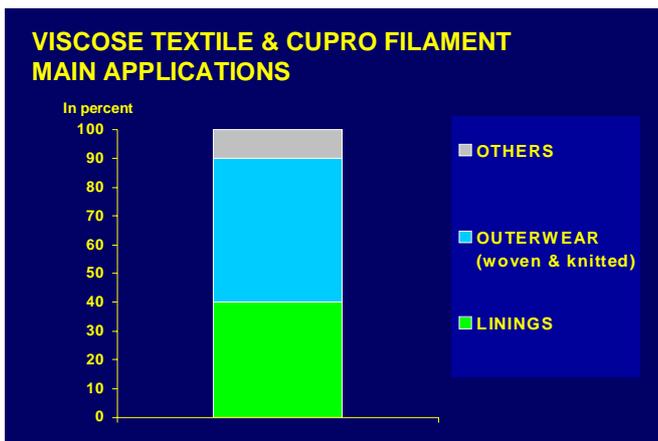


Figure 4.

## Acetate staple and tow (cigarette filter)

Today, the main production of acetate lies at almost 600,000 tons worldwide. As the above title suggests, it is solely used for cigarette filters (figure 2a and 5).

There are good chances for growth in the future, as still a great potential is seen in the developing countries. This despite the fact that in classical industrialized countries, such as the USA and Europe, the number of smokers is decreasing. Recent announcements on planned new capacities in Eastern Europe, China, and Malaysia confirm this trend.

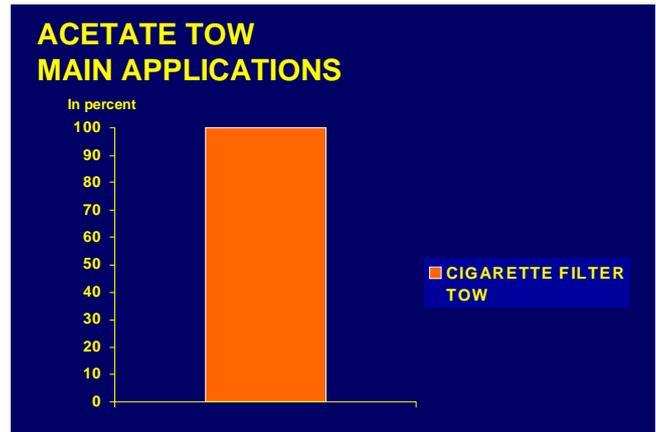


Figure 5.

## Viscose staple fiber

Among the cellulosic fibers, viscose staple fibers, with 1.5 mil. tons produced worldwide, hold the highest volume (figure 6).

Up to the nineties, the world production increased, while with the transition of the former Eastern block countries to a market-oriented economy, viscose capacities have dropped.

Another reason was the growing environmental awareness in these countries which lead to the shut-down of out-dated plants.

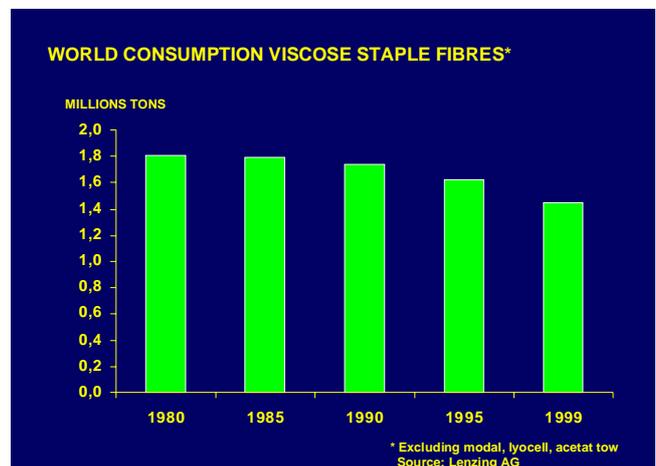


Figure 6.

However, if you take a look at the consumption development without the former Eastern block countries, the consumption continuously increased by more than 1 % per year (figure 7).

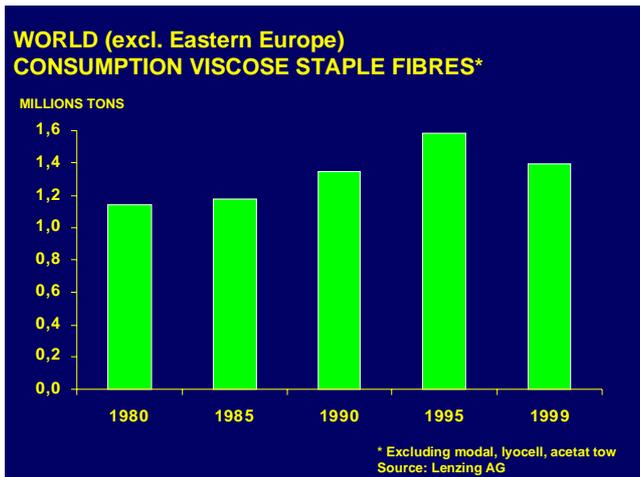


Figure 7.

The decrease between the years 1995 and 1999 was the consequence of the Asian and Russian crises, which had a negative effect also to the demand of all the other fibers.

The reason for the decrease between 1995 and 1999 was due to the Asian and Russian crises, which happened also to all the other fibers.

Due to its excellent product properties, the main applications in Europe for viscose staple fibers primarily lie in the garment area (figures 8a, 8b). A large portion of this fiber type goes into hygienic end-uses because of its purity and absorbency, where we see an increasing tendency. Also in the Home Textiles area, the viscose fiber is in high demand based on its many types.

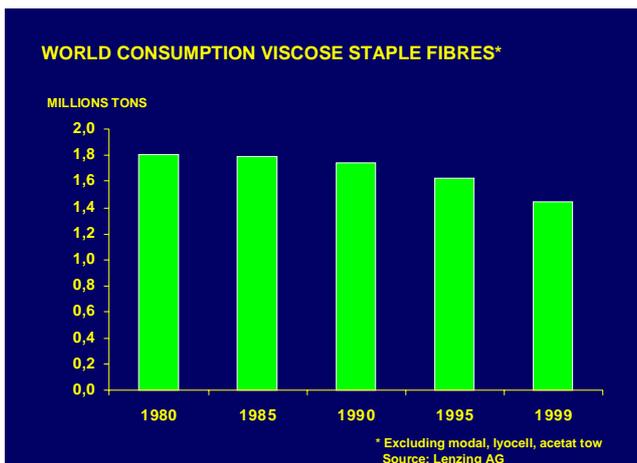


Figure 8a.

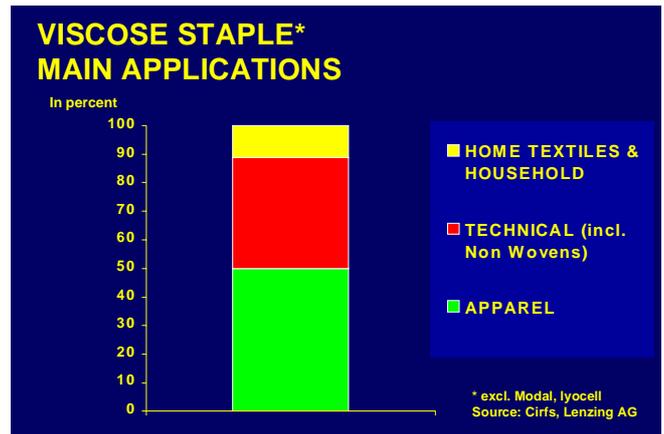


Figure 8b.

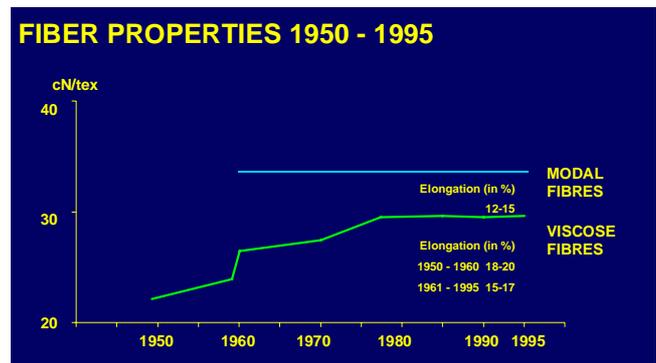


Figure 9.

In Asia of course the big volume is consumed in apparel. As already mentioned, viscose staple fiber was the first chemical fiber industrially produced. Not long ago, this pioneer role was confirmed again, when the viscose fiber had been adapted to the new requirements in the textile industry (figure 9).

In particular with types for short staple spinning, fiber strength and denier were continuously improved in order to be able to manufacture fabrics from fine denier yarns.

Fiber strength and the relevant elongations were not the only parameters which were improved, the fiber surface and the corresponding preparations were also adapted to the processing technologies.

The majority of viscose fibers is used in cotton-type spinning where in Europe and USA an increased viscose consumption is seen in rotor spinning. This can only be achieved by having excellent fiber qualities (figure 10).

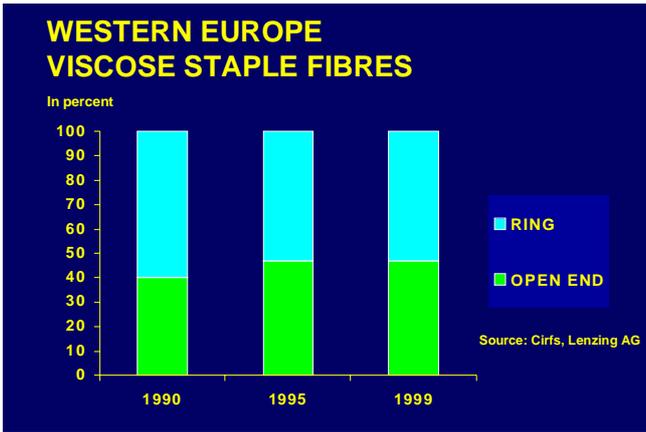


Figure 10.

These are examples for the main applications: In the Home Textiles area, the viscose fiber is used in decorative fabrics, but to a greater part in furniture fabrics in raw-white and spun-dyed (figure 11).

As already mentioned, the Viscose fiber is a popular partner in the hygienic area due to its high purity and its excellent absorbency. In the foreseeable future we see this specific end-use greatly increasing.

Based on their excellent product properties and the great variety of types, viscose fibers, today, are often better than the synthetic fiber and also better than natural fibers. Therefore, its main applications are garments for men’s, ladies’, and children’s wear.

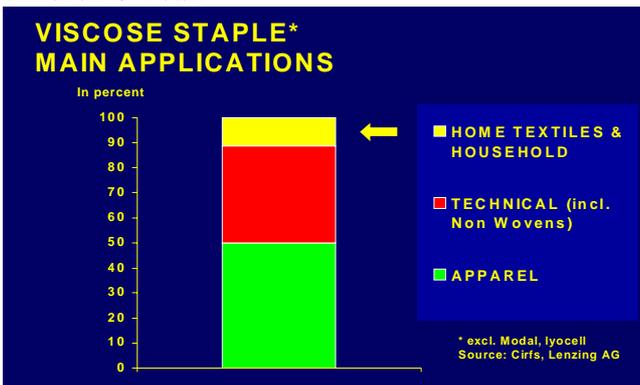


Figure 11.

**Modal fibers (including polynosic fibers)**

The Modal and polynosic fibers reached their peak with approx. 200,000 tons worldwide in the mid seventies. Since that time the consumption has been decreasing. This is mainly due to shutting down unprofitable plants because of

strict environmental regulations (figures 12a and 12b).

In the past, Modal and polynosic fibers have primarily been used in technical textiles. Based on their excellent fiber properties, these fibers are increasingly used in apparel today.

The Modal fibers are especially popular for lingerie and night wear articles because of their functional and aesthetic fiber properties, such as softness and brilliance.

The adaptation of the fiber properties to cotton and thus its higher dimensional stability are special features of this fiber type.

Typical examples where Modal fibers are used: In knitted apparel, Modal and Modal blends are especially appreciated.

Most recently, increased efforts are being made to use various patterns and constructions with elastomeres in the lingerie area. Plated as well as core spun constructions are used.

In the technical field, the Modal fiber is used for various coated basic fabrics, as well as for the production of tire cord fabric. Modal is preferably used because of the specific requirements in this area.

In the Home Textiles area Modal is used for textiles close to the skin such as linens, bath robes, and towels due to its special fiber properties. The pleasant feeling on the skin and its silky luster make these linens a luxury article for everybody.

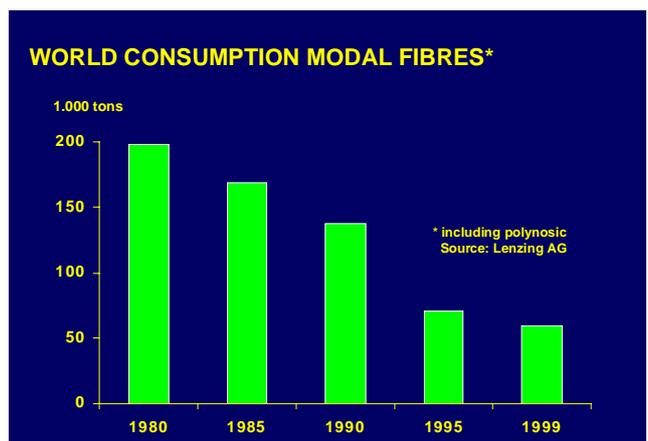


Figure 12a.

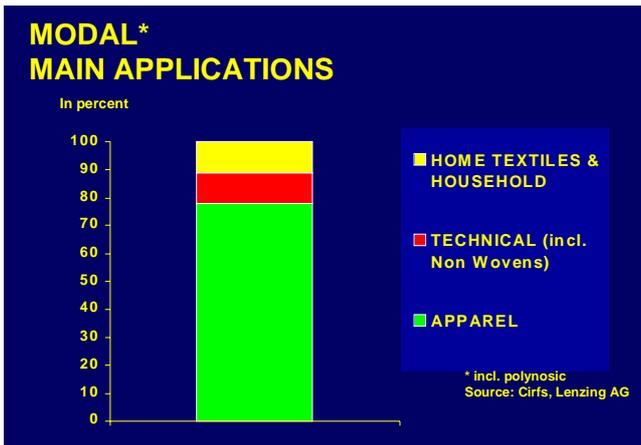


Figure 12b.

## Lyocell

Lately, there is a worldwide interest in the new solvent spun technology. The first trials in this field were made quite some time ago, but the process has only been fully developed and commercialized over the past few years (figure 13).

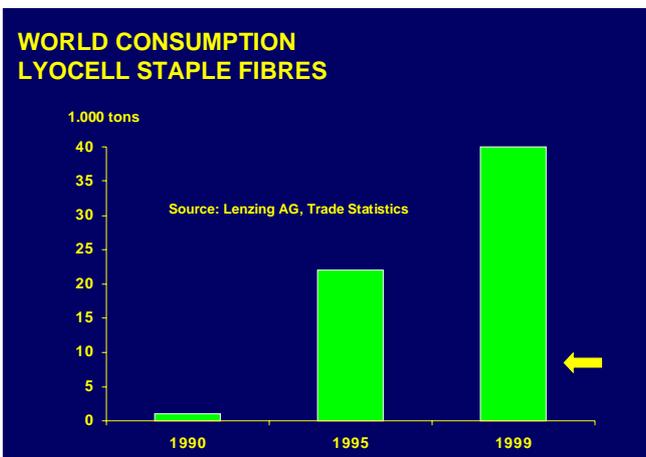


Figure 13.

The new generation of solvent-spun fibers has the advantage of a very environment friendly production technology. Additional important advantages are the high strength, the hand and the optics of the fiber. These features open up new applications for this fiber generation.

Lyocell fibers represent the latest generation of cellulosic fibers and differ quite considerably from classical cellulosic fibers particularly when it comes to the tendency to fibrillation. On the one hand this fibrillation allows the production of different fashionable handles and on the other hand this can create problems – both in the

finished product as well as when processing (e.g. a higher rate of seconds).

Thanks to the skilful combination of blends and structures in the fabrics, the positive properties of Lyocell fibers – coupled with the properties of the blending partner such as Cotton, Modal or Viscose – can help to perform excellent products which are extremely interesting both in terms of fashion and from a commercial point of view.

The textile properties of Lyocell are comparable with those of high quality, long staple cotton or rather they are superior to these.

Examples where Lyocell fibers are used: Lyocell is used 100% or in blends with other fibers for the apparel area. Until now Lyocell fibers have mainly been used in high price designer clothing. Using Lyocell when producing textiles demands special process steps which are cost and labour intensive, such as enzymatic finishing. This fact has restricted the use of Lyocell to date.

Our marketing policy now aims at finding a wider range of different applications as a result of developing new fiber types and textile structures which will eliminate the obstacles we described before.

Better User-Economics are very important for the customer and can be implemented with good results with products of Lyocell respectively different blends of Lyocell:

### *Mens outerwear*

- casual wear
- shirts
- underwear

### *Women's outerwear*

- casual wear
- shirts and blouses
- dresses
- lingerie.

The higher share of cotton in these applications can be complemented very well with Lyocell, respectively combinations of Lyocell blends, to achieve exceptional properties.

Particularly in industrialised countries where on the one hand high quality products are in demand and on the other hand the labour costs play an important role, Lyocell blends can be seen as an innovative and economic alternative to cotton.

The special product properties of the Lyocell fiber have to be combined and exploited in an ideal fashion. If one uses Lyocell or Lyocell

blends in an ideal way in suitable structures one can obtain excellent products which are also interesting from an economic point of view.

Because of the specific fiber properties and thus also of the properties in the final product, we believe the fiber will also become successful in the Home Textiles area. Developments for the linen, towel and decorative sections are ongoing. Based on its fibrillation tendency, this fiber generation is well suited for the spun-laced technology in the nonwovens area, as well as for the paper industry.

Due to their special properties, these products are used in the filtration area or in the medical hygienic area where they have to be disposable.

### Summary and prospects

In conclusion we would like to say that cellulosic fibers hold a secure place within the fiber family and that we see great chances for these fibers in the future.

With the cellulosic fiber types produced according to the classic manufacturing process, it can be seen that the replacement through synthetic fibers is more or less halted. On the contrary, especially in the past few years, many new fiber types have been developed and conventional applications have been strengthened and new applications have been opened up. The Lyocell fibers are considered as the new generation of cellulosic fibers with a high growth potential predicted.

Their manufacturing process is extremely environment friendly and they also have unique features which could not be met by the fibers known up to now. Fabrics made from this fiber are unique and have led to new end-uses within the textile chain rather than replacing any of the existing fibers or applications.

One feature - the ability to absorb moisture - is of great importance for the further development of cellulosic fibers and distinguishes this fiber from synthetic fibers. Fabrics, knits, and hygienic articles made from cellulosic fibers are particularly skin-friendly and pleasant to wear based on their natural raw material wood. In addition, at the end of the product life cycle, cellulosic fibers present a lesser burden for the

environment as they are easier to dispose of than synthetic fibers. For this reason, cellulosic fibers are rightly considered as “ecological fibers”.

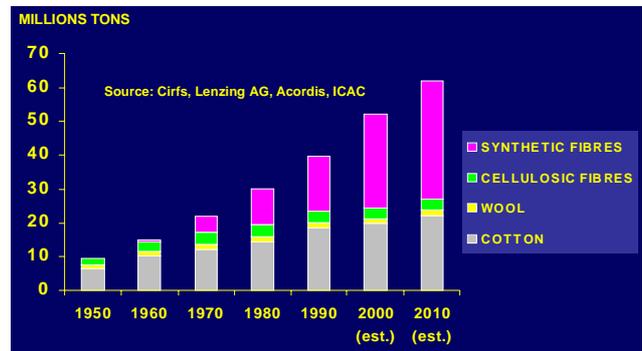


Figure 14a.

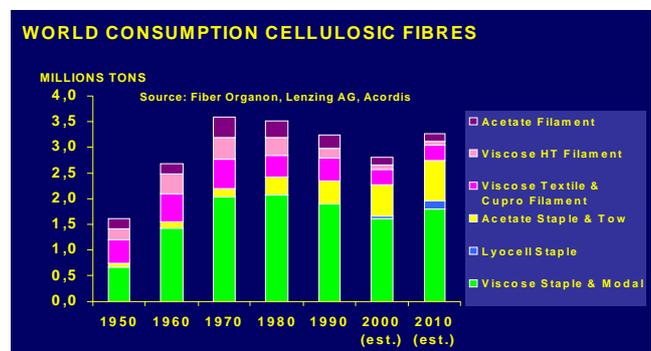


Figure 14b.

The very strong growth of synthetic fibers especially in Asia should not obscure the fact that, in particular in this region and other regions with a warm climate and a high population increase, a large percentage of absorbable fibers such as cellulosic fibers, cotton and wool are required.

Cellulosic fibers today are not so much in competition with synthetic fibers, but for their further development the supply of natural fibers such as cotton and wool will be of primary importance.

We have taken the liberty to show you the prospects on the further consumption for the various fibers up to the year 2010.

As shown in figures 14a and 14b, we proceed on an increase in the worldwide fiber supply to 62 million tons by the year 2010, which is admittedly optimistic. The highest increase shows the synthetic fibers with 35 mil. tons.

Among the natural fibers the demand for wool stagnates, while the supply of cotton will only show limited growth. The reasons for the expected low demand for cotton in the future

partly lie in the fact that cultivation areas for cotton will be in competition with other agricultural areas, especially food production. An increase in the cotton supply is therefore only possible through an increase in farming yields. An increase in such yields, however, is limited due to environmental reasons. Whether the most recent trials with genetically manipulated cotton will present a remedy, remains to be seen.

This expected low cotton supply offers a great potential for cellulosic fibers, especially for short staple viscose fibers and for Lyocell fibers.

# LENZING LYOCCELL® MICRO UND LENZING LYOCCELL® FILL - DIE FEUCHTENMANAGER IDEAL FÜR BETTWAREN

D. Eichinger, W. Feilmair, H. Männer

Lenzing AG, Research & Development, A - 4860 Lenzing

## 1. Einleitung

Der menschliche Körper gibt während des Schlafes durchschnittlich 0,4 l Feuchtigkeit ab, wobei ein Großteil in Form von „insensible“ Schwitzen als Dampf über die Körperoberfläche transportiert wird. Das heißt, neben der Isolationswirkung einer Bettdecke spielt vermehrt auch das Feuchtenmanagement für den Schlafkomfort eine entscheidende Rolle, selbst im Winter, da ja durch moderne Heizungssysteme der Isolation eine immer geringere Rolle zukommt.

Diese Feuchtentransportfunktion übernehmen bei Steppdecken einerseits das Füllmaterial als auch das Inlett. Dafür wurden zwei neue Fasertypen entwickelt:

- Lenzing Lyocell® FILL si – als Füllfaser, 6,7 dtex / 60 mm silikonisiert und
- Lenzing Lyocell® MICRO – eine Cellulosestapelfaser mit 0,9 dtex für feinste Garne.

## 2. Lenzing Lyocell® MICRO und Lenzing Lyocell® FILL im Vergleich

### Feuchtigkeitsaufnahme der Fasern

Im Schlafzustand ist der Feuchtentransport in erster Linie auf die Dampfphase beschränkt. Daher ist die Wasserdampfaufnahme bei verschiedenen Raumfeuchten von entscheidender Bedeutung.

Deswegen wurde die Feuchtigkeitsaufnahme verschiedener handelsüblicher Füllfasern

- a) Lenzing Lyocell® FILL
- b) Wolle
- c) Daune
- d) Baumwolle
- e) PES

bei zwei verschiedenen Bedingungen untersucht:

- a) 100% Luftfeuchtigkeit 20°C
- b) Konditionierfeuchte (d.h., ca. 24% Luftfeuchtigkeit), 20°C.

Aus Abbildung 1 ist erkennbar, dass Lenzing Lyocell® FILL gegenüber anderen Fasern bei 100% Luftfeuchtigkeit, am meisten Feuchtigkeit aufzunehmen in der Lage ist. Überraschenderweise schneidet hier Baumwolle unter den hydrophilen Fasern am schlechtesten ab, Lenzing Lyocell® FILL nimmt mehr als doppelt soviel Feuchtigkeit bei gesättigtem Raumklima auf.

Bei trockenerem Klima nimmt im Gegenzug Lenzing Lyocell® FILL beispielsweise wesentlich weniger Feuchtigkeit als Wolle auf, ist aber mit Daune vergleichbar.

Für den Feuchtentransport ist die Differenz zwischen einerseits hoher Luftfeuchtigkeit, wie wir sie in der Schlafhöhle vorfinden und dem geringen Feuchtigkeitsniveau des Schlafzimmers verantwortlich. Hier schneidet Lenzing Lyocell® FILL eindeutig am besten ab (Abbildung 2).

Anhand von physiologischen Untersuchungen sollten aber an textilen Materialien diese Ergebnisse untermauert werden.

### Physiologische Untersuchungen am Hautmodell

Das Thermoregulationsmodell der menschlichen Haut – kurz Hautmodell genannt – ist eine Meßeinrichtung, welche die sowohl trockene als auch schwitzende Haut des Menschen simuliert. Diese sogenannten stationären Messungen wurden am Institut Hohenstein / D gemäß ISO 11092 (10/93) durchgeführt.

#### a) Füllmaterialien für Steppdecken

Es wurden die Füllungen verschiedener kommerziell erhältlicher Steppwaren mit in etwa vergleichbaren Wärmepunkten, d.h. Isolationswerten untersucht:

- 100% Lenzing Lyocell® FILL
- 50 % Lyocell / 50% Polyester
- Wolle
- Daune
- Polyester

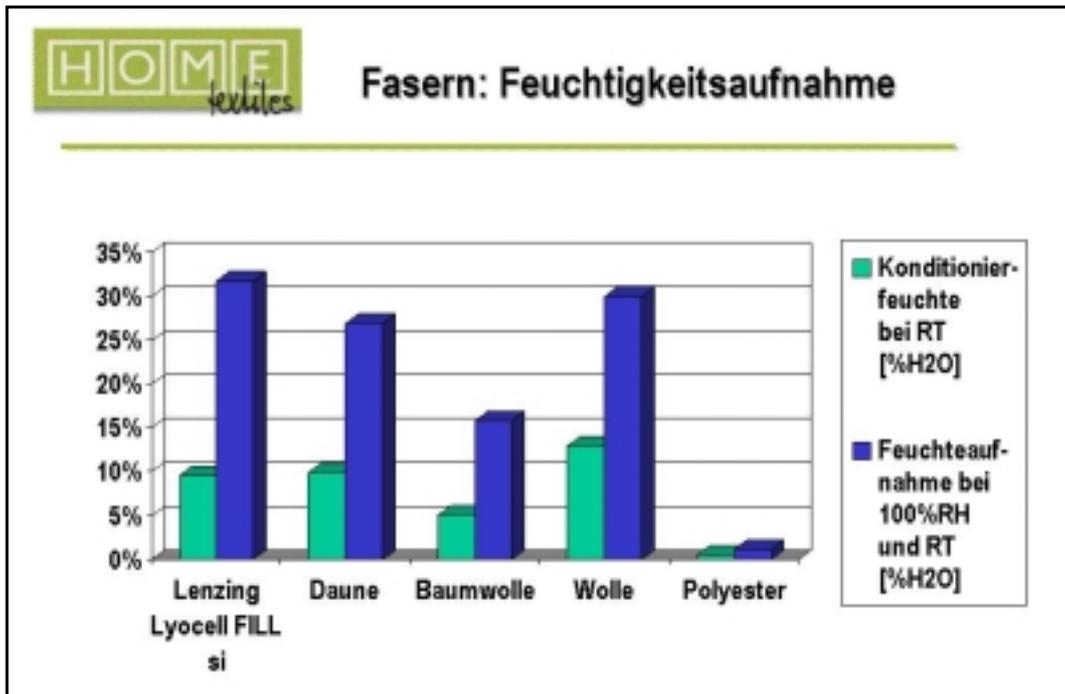


Abbildung 1.

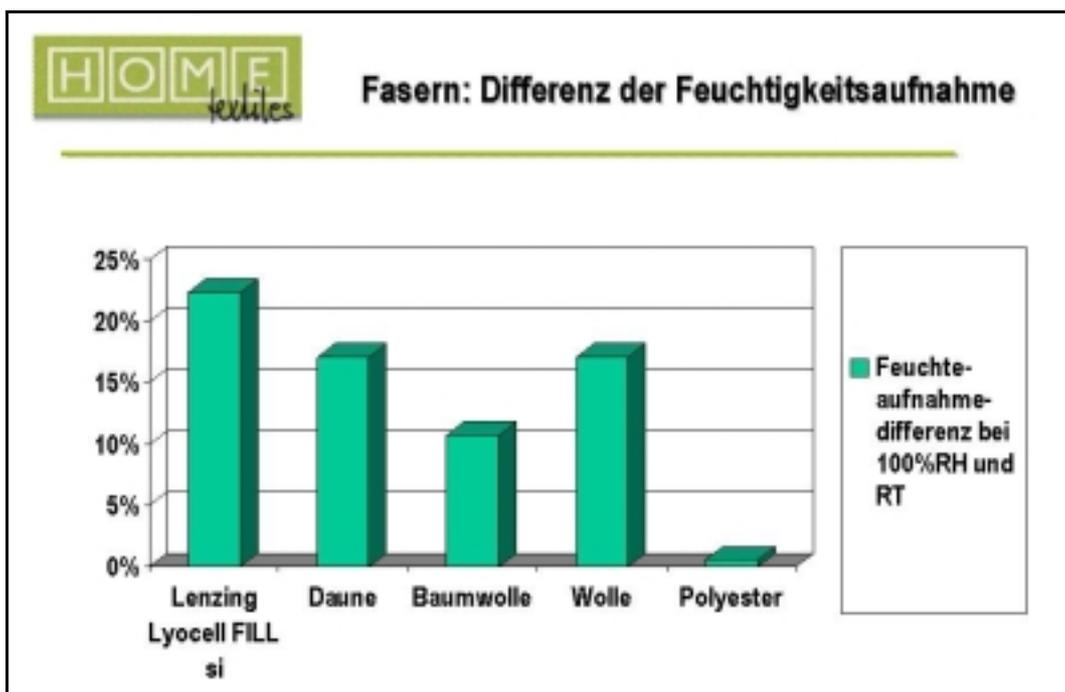


Abbildung 2.

Generell ist ein Steppbett aus physiologischer Sicht umso günstiger zu beurteilen, je höher dessen relatives Wasserdampftransportvermögen - der sogenannte  $i_{mt}$  - Wert - ausfällt, vgl. Abbildung 3.

Umgelegt auf die Beurteilung der Physiologie würde die Rangreihenfolge wie in Abbildung 4 gezeigt aussehen.

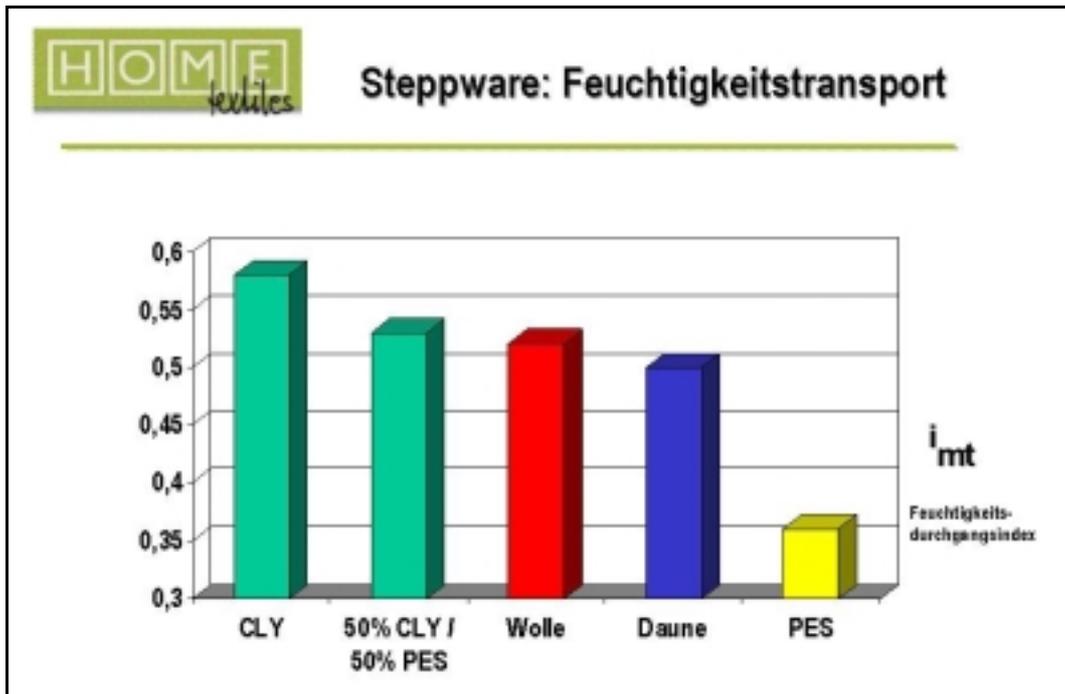


Abbildung 3.

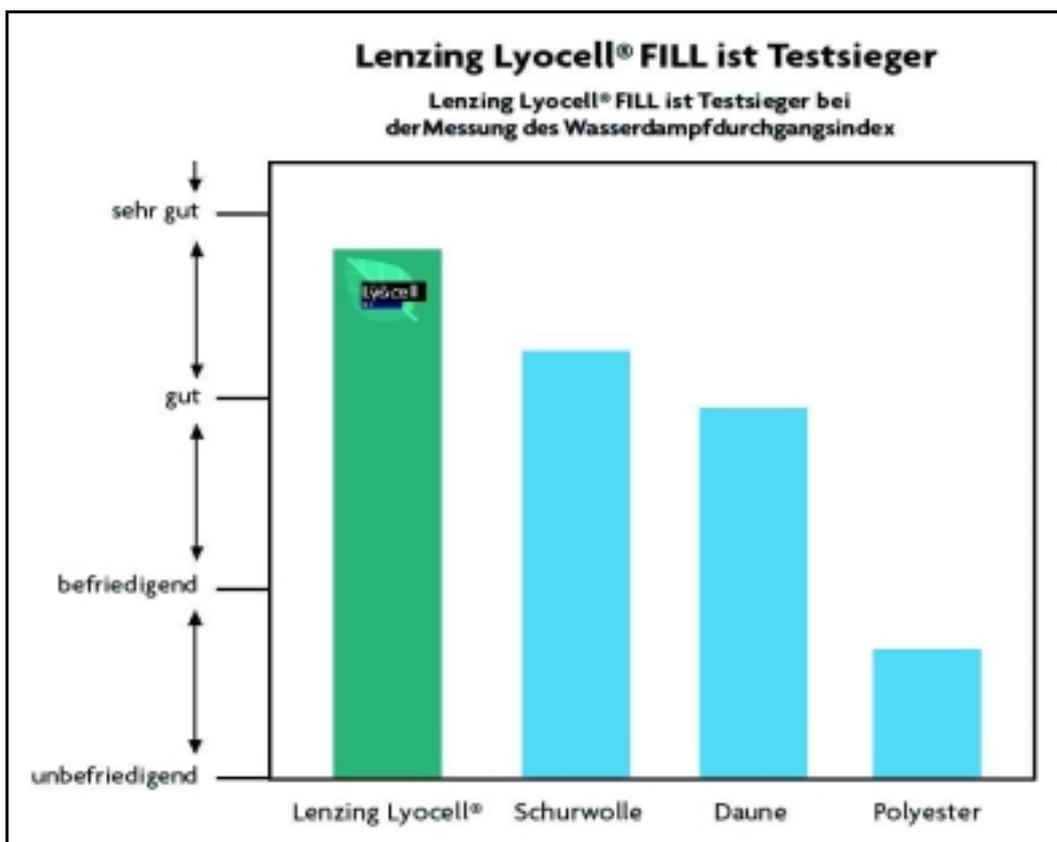


Abbildung 4.

Somit ist Lenzing Lyocell® FILL der beste Feuchtemanager der vergleichbaren Materialien. Bei vermehrter Schweißabgabe des Schläfers stellen die Kurzzeit-Wasserdampf-Aufnahmefähigkeit  $F_i$  sowie die Pufferwirkung aus der

Dampfphase, ausgedrückt in der Feuchteausgleichskennzahl  $F_d$ , ein Maß für die physiologische Güte des Steppbettes dar. Sie drücken aus, inwieweit das Steppbett bei stärkerem Schwitzen in der Lage ist,

Wasserdampf im körpernahen Mikroklima zu puffern und somit die Feuchtigkeitswerte in der „Schlafhöhle“ niedrig zu halten. Hinsichtlich thermophysiolgischem Komfort eines Steppbettes hat es sich umso vorteilhafter

erwiesen, je höher die Kurzzeit-Wasserdampfaufnahmefähigkeit bzw. die Feuchteausgleichszahl ausfallen (Abbildungen 5 und 6).

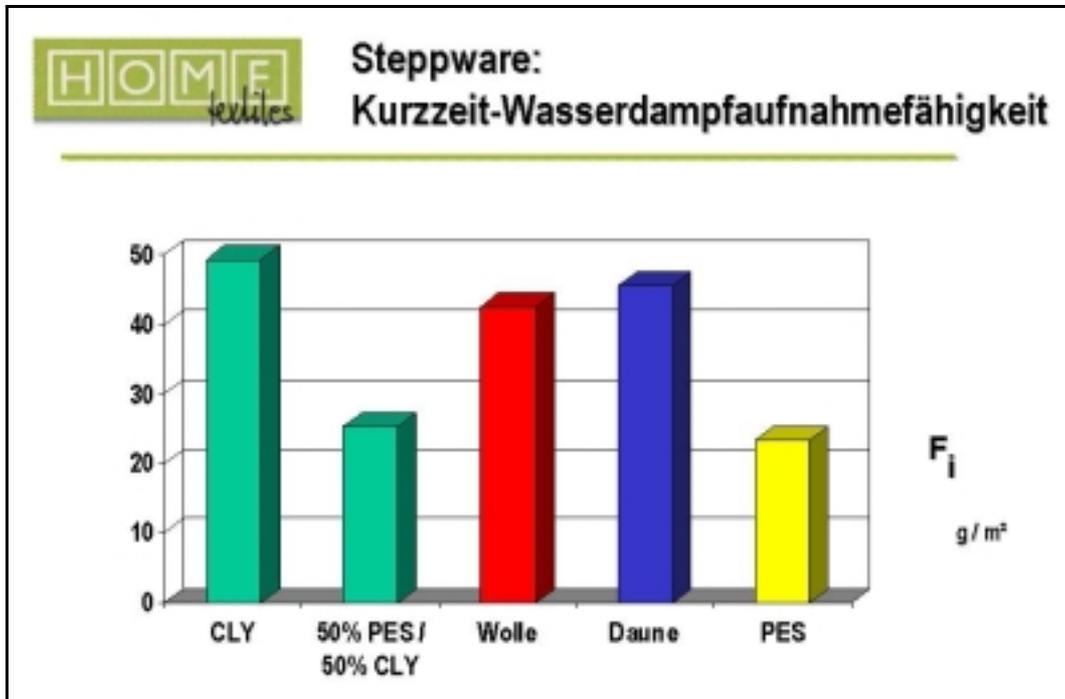


Abbildung 5.

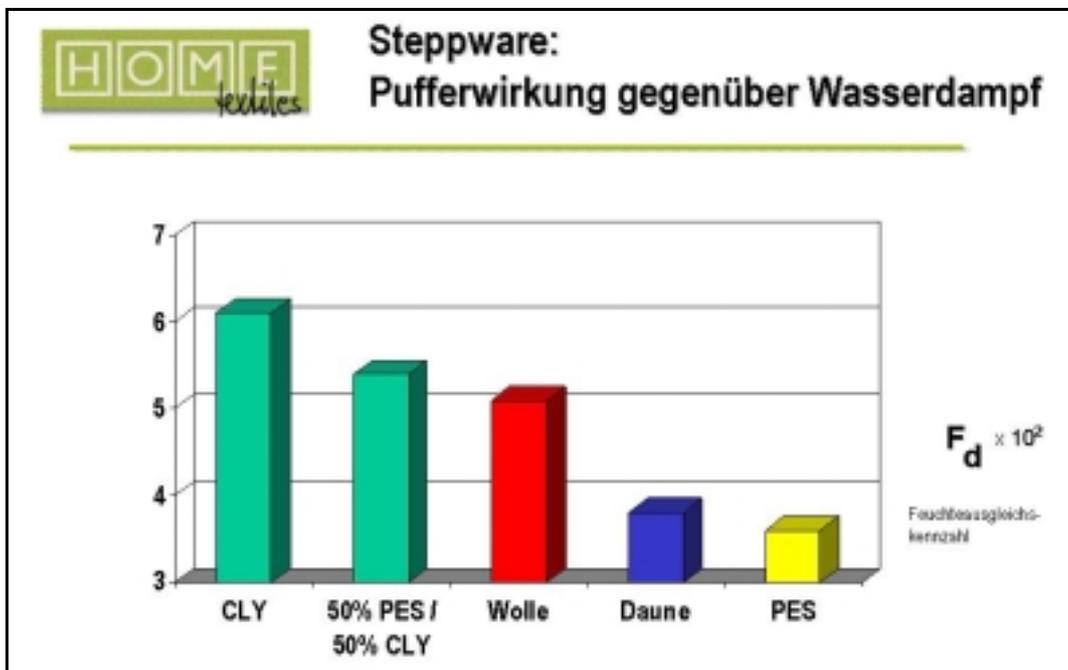


Abbildung 6.

#### b) Inlett

Das beste Füllmaterial ist jedoch wertlos, wenn es nicht durch eine physiologisch funktionierende Hülle eingefasst ist. Hier wurden in Konstruktion und Garnfeinheit jeweils

vergleichbare daunendichte Stoffe aus Lenzing Lyocell® MICRO und Baumwolle sowie ein faserdichter Stoff aus Lenzing Lyocell® MICRO miteinander verglichen.

Generell ist ein Inlett aus physiologischer Sicht umso günstiger zu beurteilen, je niedriger sein Wasserdampfdurchgangswiderstand ausfällt, da es damit eine umso bessere „Atmungsaktivität“ besitzt. So gesehen hat Lenzing Lyocell® MICRO eine etwas bessere Atmungsaktivität (Abbildung 7).

Auch hier zeigt sich gegenüber den Fasermessungen, dass Lenzing Lyocell® nahezu

die doppelte Menge an Wasserdampf gegenüber Baumwolle aufzunehmen in der Lage ist. Somit kann das Gewebe aus Lenzing Lyocell® MICRO eine vermehrte Schweißproduktion leichter aufnehmen (Abbildungen 8 und 9).

Summa summarum schneidet Lenzing Lyocell® MICRO auch in diesem Quervergleich gegenüber der Baumwolle besser ab.

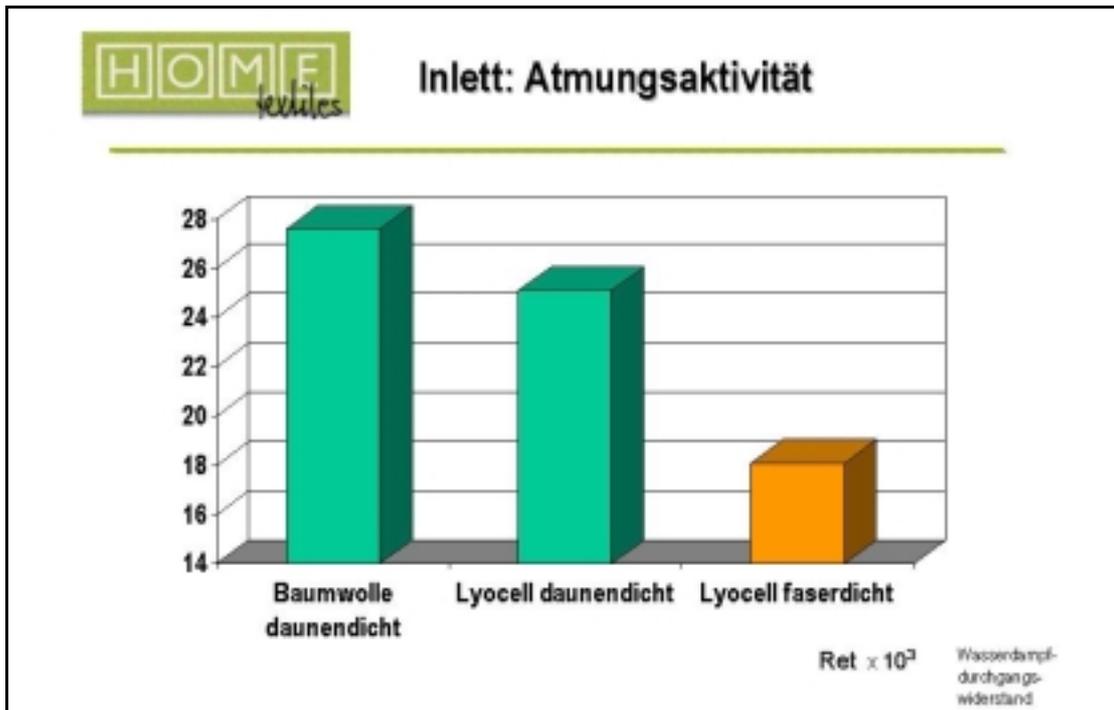


Abbildung 7.

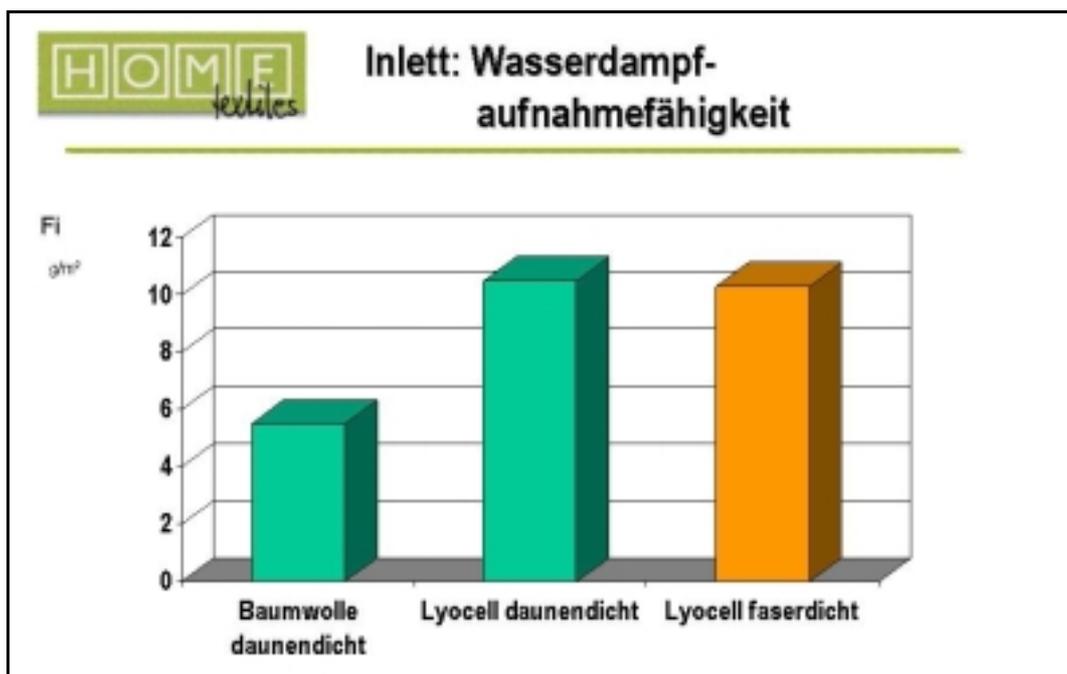


Abbildung 8.

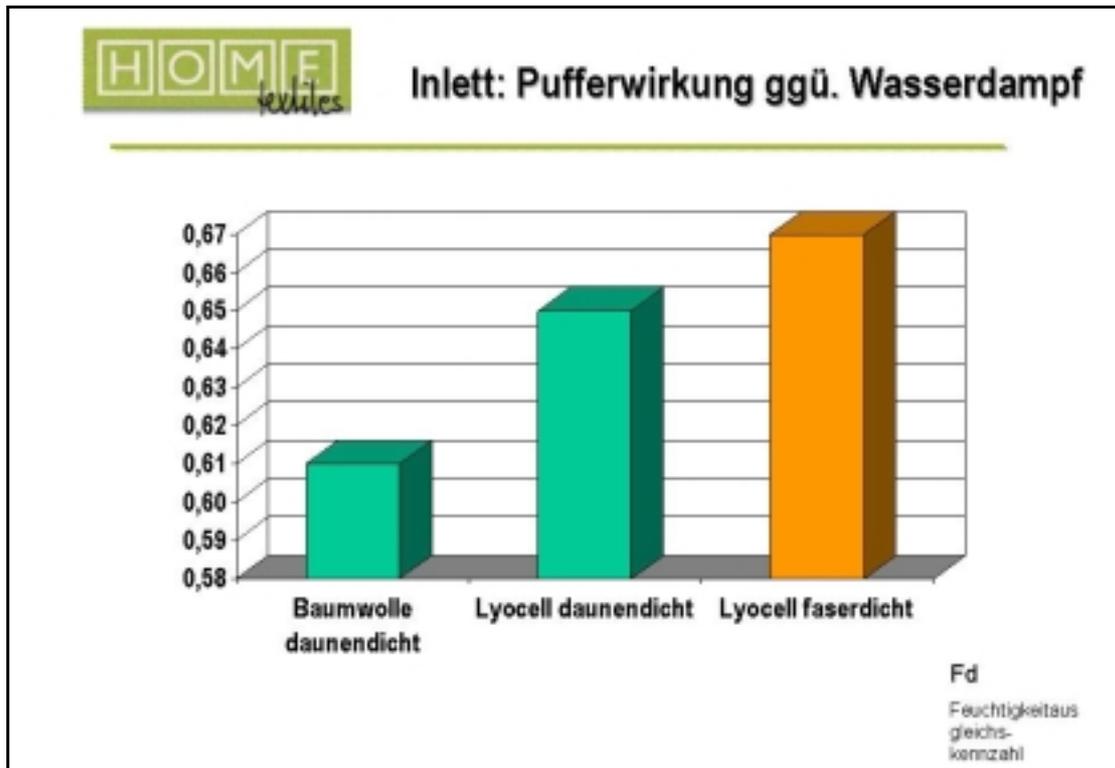


Abbildung 9.

### 3. Zusammenfassung

Für Steppbetten ist aus physiologischen Gründen eine Kombination aus der Füllfaser Lenzing Lyocell® FILL und Geweben aus Lenzing Lyocell® MICRO ein Optimum und zeichnet sich gegenüber den herkömmlich eingesetzten Fasern als absoluter Feuchtenmanager aus.

Anhand von Feuchtigkeitsaufnahmemessungen an Fasern und physiologischen Untersuchungen an Vliesen und Stoffen bestätigen die Vorteile von Lenzing Lyocell®:

- Bessere Atmungsaktivität
- Bessere Feuchtigkeitsaufnahme
- Besserer Feuchtigkeitsausgleich.

**Lenzing Lyocell® FILL**  
6,7 dtex / 60 mm  
silikonisiert

- Flauschig weiche Naturfüllung
- Perfekter Feuchtigkeitstransport
- Optimal wärmeregulierend
- Waschbeständig
- Ökotex-Standard 100, Klasse 1

**Lenzing Lyocell® MICRO**  
das Feinste für glänzend guten Schlaf

- 0,9 dtex / 34 mm
- Luxuriöse Optik
- Edelster Griff
- Exzellente Formstabilität
- Bestes Feuchtemanagement
- Ökotex-Standard 100, Klasse 1

# THE NEW MARKETING STRATEGY FOR LENZING LYOCCELL

**Heinz Kmonicek**

Lenzing AG, A – 4860 Lenzing, Austria

## 1. The Change of Paradigm

1. PC's and Internet lead to easy information and coordination
2. Free Trade Zones and WTO for a consumer oriented economy
3. Increased cost consciousness, competition
4. E-Trade versus big retail groups and brands
5. Lyocell becomes multicultural
6. The multifunctionality

*Ad 1.* The new Millenium is characterised by the introduction of high performance PC's. Extensive electronic nets are the coordination techniques of the 21<sup>st</sup> century. For the first time in history, easy accessible information is available to a large number of people globally.

*Ad 2.* Huge free trade zones, such as the European Union, NAFTA, MERCOSUR, AFTA etc., facilitate trade between member states. The WTO regulates trade on a global scale thus encouraging a consumer orientated economy.

*Ad 3.* All this leads to an increased cost-consciousness, competition, mergers and new-ways of distribution for textile goods.

*Ad 4.* The big retail-groups, mail-order houses and brands can influence substantially the use of fibres in the products they are selling. Therefore, our fibres must be known to consumers in consumer-markets, such as the USA, Japan and Western Europe, and technical know-how for the use of Lyocell has to be transferred to dyers and finishers in producer countries. E-trade will lead to a fight for consumers as purchases are no longer restricted to certain retail outlets.

*Ad 5.* The properties of Lyocell fibres are transformed into local, regional and

international requirements, as we are becoming a multicultural society.

*Ad 6.* Textile products need to cover fashion, multifunctionality, easy care properties, ecological topics, and - last but not least - the disposal of such products has to be taken into consideration.

This global business challenge requires a global strategy for our fibres.

## 2. The Speciality Fibre Strategy

1. Worldwide market penetration
2. Increased brand awareness of Lyocell
3. Intensify the marketing efforts in the textile chain
4. Formation of clusters and alliances for market introduction
5. Regional masterplans and programs
6. Specify the product advantage
7. Convey simple messages as to multifunctionality, easy care, cost savings, life cycles, ecology etc.
8. Divide the activities in fields of application
  - Apparel woven
  - Apparel Knitted
  - Home Furnishings
  - Industrial & Other
9. Show the constant evolution of Lyocell

## 3. The 5 Pillars of Marketing

### 3.1. Direct Sales

### 3.2. Merchandising

- The Definition
- The Organisation
- The Tools
- Branding & Labelling

### 3.3 Advertising & Promotion

- Why a new advertising line?
- New branding / subbranding
- The leaf
- New advertising
- Concept
- Printwork
- Internet

### 3.4. Fibre Service

- Product Development
- Technical support & assistance
- Quality Control
- Workshops & seminars
- Cooperations with machine manufacturers

### 3.5. Research & Development

- The fibres of the future
- The rhythm of innovation

*Ad 3.1. Direct sales.* The sale of speciality fibres needs a different concept than commodities. Sales representatives have to convey messages about end-uses for Lyocell, the product advantages and our activities in the textile chain. Spinners must be tied in clusters and alliances for the promotion of our products. They must be prepared to share information with Lenzing on joint projects.

#### *Ad 3.2. Merchandising.*

##### a) The Definition.

The merchandisers' task is to achieve maximum awareness of our product availability and advantages at key player's level in the textile chain. They have to link supply-sources with demand and convey messages about sales promotion and advertising, and report back (fashion) trends that may influence short-term measures within our long-term strategy.

##### b) The Organisation.

A worldwide network of merchandisers and showrooms is going to support our marketing efforts.

##### c) The Tools.

A trend book for fabric-producers for woven and knitted apparel fabrics will be presented periodically accompanied by a resource list of yarn suppliers and their regional representatives.

A reference book for garment-makers, split up in end-uses like day and night wear, sportswear, ladies' and men's outerwear, shirts and blouses, denim etc. accompanied by a resource list of fabric suppliers and their regional representatives will be published twice a year.

##### d) Branding/Labeling.

Consumers are prepared to pay a premium for garments containing branded fibres if they are aware of the added value such a fibre offers.

The Lenzing Fibre logotype for catalogues, display and packing may be used under the following conditions:

- 30 % minimum content of Lenzing fibres in finished fabrics
- No blends with non Lenzing man made cellulosic fibres
- Origin of Lenzing Fibres has to be documented
- Quality requirements have to be fulfilled by user
- Lenzing is authorised to collect samples for quality check and to make test purchasers to avoid abuse of our brands.

#### *Ad 3.3. Advertising & Promotion.*

##### Why a new advertising line?

- New organisation Lyocell integrated in Lenzing fiber marketing
- One advertising line for all Lenzing fibres
- Modernisation of Lenzing image
- New Product Logos

# "IQ INNOVATION QUALITY" - A NETWORK CONCEPT FOR INTEGRATION AND MARKETING OF TEXTILE INNOVATIONS AND FIBRE DEVELOPMENTS WITHIN THE APPAREL MARKET (MASS MARKET)

**Anja Riddermann**

Klaus Steilmann-Institut für Innovation u. Umwelt GmbH, Burgstraße 1,  
D-44867 Wattenscheid, Germany

## Introduction

The force and importance of innovations in the apparel industry is a well known fact today - this includes both, process and product innovations. Thereby it is also a familiar matter of fact, how long it takes and how much power and money it costs, before a new product or process is successfully implemented into the market and until the industry gets the positive feedback by the trade and consumers. So, more or less, the subjects one has to deal with are time, staying power and of course money.

With the installation of the innovation program >>IQ Innovation Quality<<, the Steilmann Group tries to optimally combine these elemental items to create better efficiency for all involved partners. That means, resources and core competence from relevant levels of the textile

chain are brought and networked together to support and to gain synergetic inter-working. Sometimes, this kind of networking starts with the simple fact to be on speaking terms and often ends in co-operative development and realisation of processes or products.

But before going deeper into detail, let me first introduce to you the Steilmann Group and the company`s position in the apparel market.

## Profile of the Steilmann Group

The Steilmann Group is one of the biggest garment producer in Europe. Our core business is the production of no name, private label and label products for the ready to wear market - the mass market - in the segments womenswear and menswear.

		1997	1998	1999
<b>Steilmann Group: turnover &amp; production</b>				
<b>Total turnover of the Steilmann Group World-wide (in Mio. DM)</b>		<b>1.400</b>	<b>1.443</b>	<b>1.391</b>
Womens wear		1.062	1.116	1.0620
Mens wear		315	327	329
Childrens wear		23	0	0
<b>Number of manufactured pieces per year (in Mio)</b>		<b>26,1</b>	<b>29,6</b>	<b>30,0</b>
<b>Export rate (%)</b>		<b>46,0</b>	<b>44,0</b>	<b>41,6</b>
<b>Employee structure</b>				
in Germany		3.698	3.804	3.754
World-wide		18.200	15.763	15.425
Source: economic report 2000				

### Figure 1. Profile of the Steilmann Group.

The term private label means trade-owned labels, like the Peek & Cloppenburg label Mc Neal, or the Marks & Spencer label St. Michael, or Canda by C&A.

Last year we produced 30 billion pieces and had a total turnover of 1.3,9 billion German marks. In comparison to the total turnover of the year 1998 it is noticeable that the turnover in 1999 has decreased even though the number of produced pieces has increased. Among other things, one of the major reasons for this negative market trend is the on-going price decline for garments in the (apparel) mass market which we try to counteract by an innovation push in the segments production, service and logistic.

World-wide the Steilmann Group has more than 15.00 employees. In Germany, where the company's head office is located, the number of employees is about 3.500. The company produces and sells world-wide. The lion share of the company's export rate of 41% comes from the west European market and more and more also from the east European countries as well as from Russia. Our selling forms vary from country to country. In our home markets (Germany, Austria, Switzerland, and the Netherlands) we exclusively use indirect distribution channels. That means we sell only through wholesalers and retailers, whereby our products are not "Steilmann" branded. In other west and east European countries as well as in Canada we use both, indirect and direct distribution channels. Indirectly via wholesalers and retailers and directly via Steilmann owned shops - in this case our products are "Steilmann" branded.

Our customers are the big national and international department stores, the giant clothing retailers, some of them already mentioned, the high street chains and the mail order companies like Quelle, Otto, and their special ranges as well as the middle and small sized clothing retailers in Germany and abroad.

This international orientated customer structure gives the Steilmann Group a high degree of market transparency in the ready to wear market. And of course, the experience we gain from our selling data's and market reports including product, fabric, style and trend evaluation runs back into our product management.

### "IQ Innovation Quality" - the innovation program of the Steilmann Group

The forward-looking impact and importance of innovations for the apparel industry have already been mentioned. By establishing the innovation program >>IQ Innovation Quality<< four years ago, the Steilmann Group not only emphasised the importance of innovations in the textile industry, but also built up a think tank in the own company.

In strategic sense IQ has two foci. The first one is concentrated towards the consumer with the objective to increase the consumer's life Quality by offering products with added values. Added values like better "care and wear properties", or products which offer protection against wind, weather, coldness, heat or against UV-rays as well as against dust and dirt.

The second focus is pointed towards the textile chain to build up networks to create and realise these intelligent products with the highest possible Quality standard in less time.

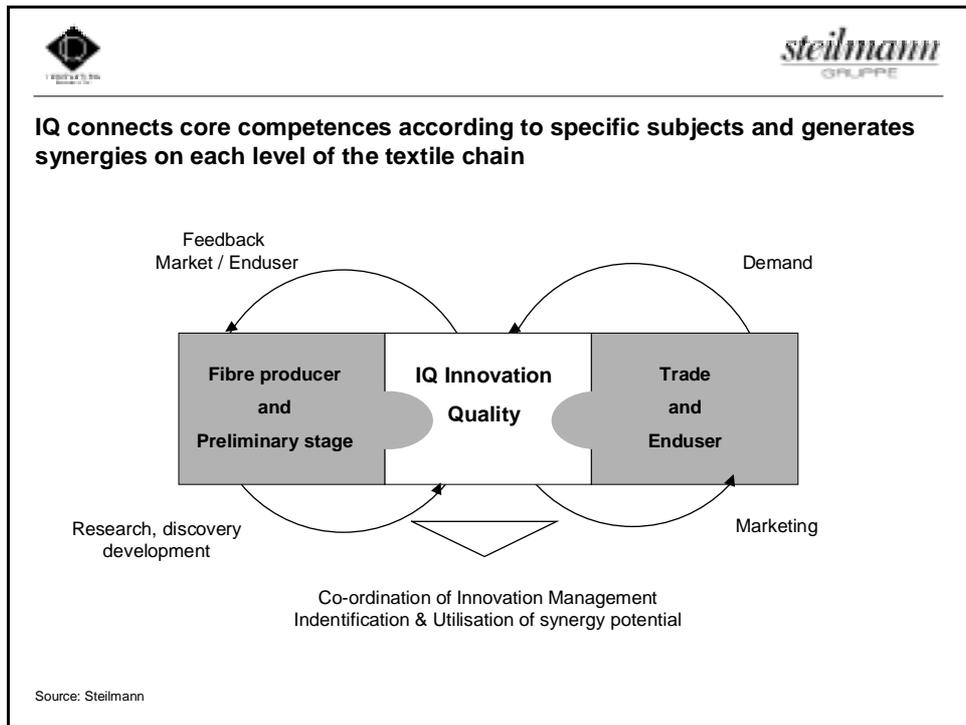
Using modern research and development work textile and fabric benefits are developed with innovative fibre and fabric producers and the transformation into mature products is been pushed. In the preliminary process the role of IQ can be described as the role of a communicator and mediator. In the downstream process, towards the apparel market, IQ's efforts are concentrated on marketing and training activities to promote the new developments towards both, the customers (trade) and the consumers.

### "IQ Innovation Quality" - a network concept

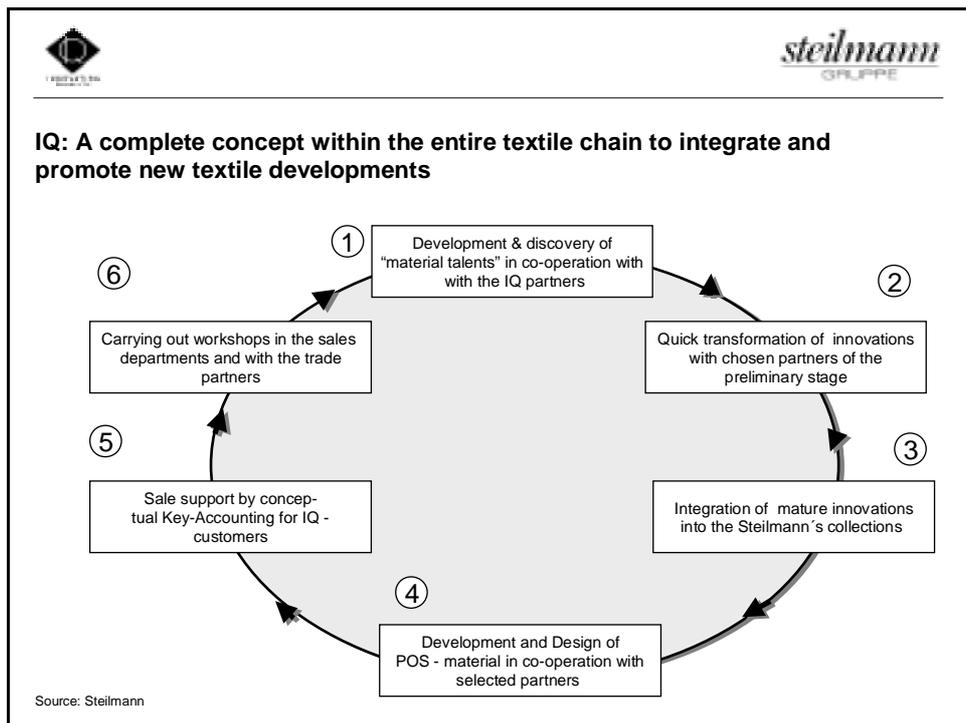
IQ is a network concept within the textile chain. Beginning with the yarn, fibre and textile producers up to selected customers we build up strategic alliances.

This target orientated networking offers various synergies on each co-operation level, some of the benefits, which you can gain by processing in networks, should be mentioned:

Time reduction, cost reduction, multiplication of knowledge, focused and market orientated product development or market and knowledge transfer.



**Figure 2. IQ - a network concept.**



**Figure 3. Process of innovation development and integration.**

Our work is not concentrated on building up another R&D team, but much more than this, we try to create a base where the existing knowledge can be accomplished and used most efficiently for all involved partners. In this sense we not only co-operate with the R&D teams of several fibre and fabric producers but also with national and

international science institutes like the MIT in Boston, the Mitsubishi Research Institute in Japan, the Lomonosov university in Moscow, or some European facilities like the Euratex - and of course we have a close inter-working with the Steilmann subsidiary KSI - Klaus Steilmann Institute for Innovation and Environment.

On the trade side you can find the key account customers of the Steilmann Group to whom we offer or with whom we mutually work out adequate concepts referring to their target groups.

The role of IQ, which acts like a co-ordinator or communicator, has already been pointed out. Thereby it is not only the co-ordination between the forward and backward stages of the textile chain, but also the product co-ordination within the own company - this includes the respective product divisions and the subsidiaries.

This very simple drafted product development process should give you an idea of such a co-operation and how it works in praxis (Figure 3). In general it takes us two seasons before we can offer a textile innovation to the mass market. Our experiences we gained by working with the IQ concept showed us that because of the close networking between the IQ partners this process often not only can fasten up, but becomes an elemental brick in the product development itself with positive consequences for the output.

The continuous and mutual communication between the yarn and fibre producers and Steilmann supports product development according to market requirements and market needs. During the development phase spot tests and sew trials can be carry out early to avoid later Quality or sew problems. More than this we have the possibility to integrate our strategic suppliers pool on time that means suppliers who once meet the required Quality and ecological standard of the company and twice can handle the volume of the Steilmann Group. All together, these efforts facilitate the development process and of course speed up the transformation into products with industrial standard.

At the same time we carry back our market know how and the knowledge we gain by our marketing and consumer researches into the textile chain.

For the trade we realise co-op trade marketing modules referring to the specific marketing and PR concepts of our partners to introduce the fabrics benefits to the market efficiently - first to the own sales departments and the customer and than via the customers sales staff to the consumer.

All these efforts and the mutual kind of networking enable the IQ partners to concentrate

and focus their developing performance. At the same time, decision makers of the related levels can be involved very early, which often has a positive influence on the later market implementation. More than this we have recognised, that educational advertising and training of both, the own sales departments and the customer`s staff, is an important key for successfully introduce the innovation to the enduser - and to get the innovation been accepted by the enduser should be our mutual objective

### **The intelligent concept of IQ**

The intelligent concept of IQ is a categorisation instrument. That means, the different developments and mainly the marketing activities are directed by these five innovation categories. Each category has a different IQ - not in terms of being a little smarter, but in terms like products of this or that category need less time to be realised. Especially the 5th category - fashion brainducts - is mostly influenced by the temporal aspect. In this category we concentrate on intelligent clothing and working on subjects like "things that think" or "wearable computers". In addition to pure fabric developments, in the 5th category, we also have a close look on new forms of garment presentation.

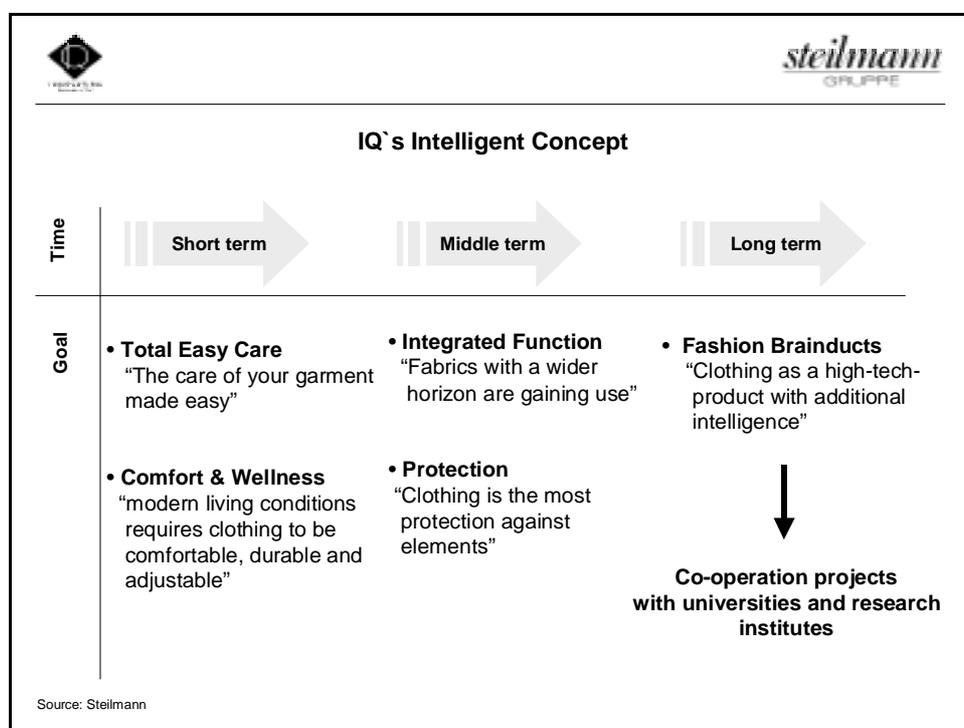
Just to give you an idea why a garment producer deals with new forms of garment presentation? You know, when we talk about innovative garments, which today mostly means, to talk about fashion & function, we have to take in mind that in general we deal with invisible function. In most cases it even has to be an invisible function with no implication on the fabrics` touch, look or wear comfort.

This is an appropriate matter of fact for a lot current textile innovations like fibre protection coatings against dust and dirt as well as for micro capsular technology which becomes more and more popular these days (except fabrics with scent).

We as textile specialist know the benefits of the diverse coating types, but the enduser in general does not. And this is the place, namely at the point of sale, where problems start to raise. Referring to the consumer market (mass market) as well as to different garment presentation one

can find sumless garments in nicest colours and almost the same style - so often, the products ` uniqueness is not directly visible. In general new product developments are marked through hang tags, which hardly been noticed in the mass of hang tags. So, tell me, how should the enduser

recognise that there is a textile innovation which offers an added value for him. At the end, there is only one visible criteria left which influence the enduser ` s buying decision - and this is the price. And we all know that in general the price for innovations is higher than for basic products.



**Figure 4. The Intelligent Concept of IQ.**

This is the reason why we deal with such kind of questions like new forms of garment presentation and why it is important for us to carry back this matter into the textile chain. Textile innovations are important, but as long as we cannot manage to show the enduser the benefit and added value of our innovations we will not have the desired success.

In this sense, advertising of course is an element and important aspect. But today ` s consumer needs are extremely complex and often advertising is not enough to satisfy the different needs in the same way and to achieve the desired sales results.

It becomes more and more important to create different ways of product perceptions that means that the enduser can catch the benefit of innovative clothes through his senses.

Believe me, if someone, dressed appropriately, once stands in a wind - and water tube and won't get wet, no one has to explain him the benefits of wind- and water coatings any longer. In this

moment your senses have been addressed and a positive experience has been created - and in such a moment, the price criteria is turning into the back.

At the end, a key sentence shall be formed, which probably sounds a little bit provocative. We should not only think towards the next coming stage, which is our direct customer, but more than this we should look at the ultimate aim which is the enduser and ask ourselves how can we successfully elate him for our products especially the innovative ones. Only when the enduser recognises our efforts by buying the product, textile innovations are gainful for the preliminary stage, the garment producer and the trade.

## LYOCELL STAPLE FIBRE IN INDUSTRIAL APPLICATIONS

**Calvin Woodings**

Calvin Woodings Consulting Ltd., The Lodge, Eathorpe, Warwickshire, CV33 9DF, UK  
phone: +44 1926 633 522, fax: +44 1926 633 721, email: cw@nonwoven.co.uk

### **Introduction**

It is 15 years since the development of applications for lyocell fibres commenced in earnest at what was then the Courtaulds Research Laboratory in Coventry, UK. Many new uses have been developed for the fibre, both by Courtaulds/Acordis and Lenzing, and several fashion apparel products have become major outlets for the new cellulosic fibre. It is however surprising that the sector that at first sight appeared to provide the best match with the properties of the new fibre, industrial textiles, remains substantially undeveloped.

For the purposes of this paper, industrial textiles are defined in the broad sense as those applications where technical performance outweighs the more aesthetic and subjective characteristics demanded by the fashion apparel sector. Nonwovens both long and short-life are thereby included in this review, which covers the early marketing approaches, the attributes of the fibre that have proved useful in industrials, and current activities in the sector.

### **First thoughts**

Courtaulds' development of the lyocell process was driven by the need to find a more environmentally acceptable way of converting wood pulp into fibres than the viscose process. While early process screening certainly looked for ways of approaching the properties of viscose fibres, the inability of almost any solvent system to provide the high extensibility of standard viscose fibres was not felt to be a serious issue compared with meeting the environmental and economic objectives. As is now well known, the dissolution of cellulose in NMMO proved the most attractive process, and it was the fibre from this route, known generically as lyocell, that went forward into application and market development.

That this route produces a high modulus fibre, in essence a polynosic rayon, was not felt to be a disadvantage. However, many rayon companies, Courtaulds included, had experience of polynosic viscose rayon production and marketing, and with the exception of the Japanese none had persevered with the approach.

A short historical digression is perhaps needed to allow some appreciation of the status of high modulus cellulosic fibres as the new lyocell fibre emerged from the laboratory into the consciousness of those who would be responsible for developing markets for it. Polynosic rayons had been developed in the 50's and 60's to match the wet performance of cotton, and to survive the sort of finishing treatments to which cotton fabrics could be subjected. Unlike cotton with its collapsed tube cross-section, polynosics had a smooth round shape and a freedom from chemical crimp that led to low fibre cohesion and lean yarns. They were more expensive to make, prone to fibrillation, difficult to dye and soon developed a reputation for being troublesome in both dry and wet processing. They were nevertheless good in blend with cotton and gave some of the properties of combed cotton, especially in knitted underwear.

Attempts to overcome the disadvantages of polynosics led to the development of several variations, notably "economical" versions of the fibre, but polyester was emerging as an excellent blend fibre for viscose, and polyester did not need a high modulus companion. So, higher extensibility lower modulus "modal" viscose rayons replaced the polynosics, except in Japan where the two types coexisted and even merged into newer high-strength polynosics. Courtaulds stopped producing their "Vincel 28" and cheaper "Vincel 28E" polynosics and focussed on their higher extensibility, lower modulus, fibrillation-free "Vincel 64" modal fibre in 1973-74.

Modal, being more costly to make than regular viscose, suffering some of the leanness disadvantages of the polynosics, and relatively

unsupported by marketing campaigns, could easily be replaced by the cheaper, more crimped and extensible but weaker regular viscose in polyester blends. ITT Rayonier (a pulp supplier) made a bold attempt to establish a bulkier crimped modal fibre in fashion apparel by licensing its Prima™ process to Avtex and Saeteri, and by advertising its merits on US television (a first and last for a viscose fibre?), but to no avail. Modal fibres survive, but remain small volume compared with regular viscose. When Courtaulds stopped production of Vincel 64 in the late 70's, the only customers who appeared to be seriously disadvantaged were those using the fibre in industrial textiles: coating bases, abrasive substrates, protective clothing and sewing threads. It is also worth adding that although no commercial sales resulted due to the high price of the polynosics, they had been successfully fibrillated in refiners to make special papers and latex bonded to make strong dry-laid nonwovens.

As the attributes of lyocell unfolded in the early 80's it was therefore understandable that comparisons with polynosic rayons were made and concerns were expressed over its likely performance in yarn spinning, dyeing and finishing leading to apparel end-uses. In fact the first lyocell fibres to emerge into market testing (1985) were much easier to fibrillate than the current products made in the production plants, were slightly lower in extensibility and had a far from optimised crimp/finish/moisture/cohesion balance. The first and cautious strategy was therefore to develop those nonwoven and industrial textiles markets where the drawbacks of the early lyocell would be of reduced significance. As lyocell properties improved, selected apparel markets would be opened.

### **The rise of soft-touch**

The first lyocell to be sent for evaluation in Japan was destined for evaluation in nonwovens. The Japanese trialists, who subjected the early samples of lyocell to a thorough evaluation, probably as a polynosic rayon substitute to start with, had other ideas and demonstrated that even the early lyocell had the makings of a high-value fashion fibre. Like their high-strength polynosics, lyocell was strong enough to survive

the new enzyme finishing techniques which were being used to produce soft-touch fabrics with a microfibrillar surface. This technique made virtue out of what had been regarded as the fibrillation disadvantage, and opened the way to some really high returns in designer-apparel markets. The development of industrial applications for lyocell understandably became a low-key second priority activity.

### **Early Industrial Applications for Lyocell**

The development efforts of the early 90's nevertheless resulted in some small-scale commercial successes.

- In the high performance workwear sector a joint development between Courtaulds, Albright and Wilson, and Carrington Career & Workwear led to the launch of the "Fury" protective suit for North Sea oil workers. This capitalised on lyocell's softness and a favourable interaction between the new fibre and both the Proban® and Pyrovatex® flame-resist finishing techniques. The lyocell was blended with small amounts of polyester (or nylon to boost abrasion resistance and tear strength) and resin finished as necessary to control fibrillation.
- In the ladies workwear sector, a joint development between Courtaulds and Klopman International led to a new range of garments for nurses exhibiting some of the characteristics of the *Tencel*® fashion fabrics while demonstrating the sort of appearance retention and durability required to maximise longevity in industrial laundering.
- In sewing threads, the high strength and high-speed sewability of lyocell yarns coupled with enzyme resistance and a dye uptake comparable to the base fabrics led several producers to introduce lyocell threads to their range for use in cellulosic garments to be dyed and/or finished in garment form.
- In coating bases, lyocell's high strength and modulus linked to the ability to make smooth surfaced fabrics which bond well to the coatings led several producers to introduce lyocell fabrics to their range. 3M for example, utilised a woven 100% lyocell substrate to back their new range of abrasive cloths because it provided exceptional surface regularity.

## Nonwovens and Special Papers

Lyocell was converted into a range of nonwoven products and papers exhibiting the following general benefits (comparisons with viscose fibre nonwovens):

- Twice the dry strength.
- Nearly three times the wet strength.
- Higher wet-cohesion especially when fibrillated
- Higher wet resilience and resistance to wet-collapse.
- Stronger bonding with latexes.
- Stronger thermal bonding with synthetics.
- Lighter fabrics/papers possible.
- Reduced shrinkage in drying/curing.
- Better dimensional stability.
- Higher absorbency (rate and capacity) especially when fibrillated.

### Hydroentanglement (HE) Bonding

Early trialists were inclined to treat lyocell with the highest possible water pressure to try to fibrillate it. They believed one of the few ways to justify the high price was to try to generate microfibrils similar to those obtainable from the more expensive sea-island bicomponents. However cellulose microfibrils are more self-bonding than their synthetic counterparts and give harsher rather than softer fabrics. Furthermore the high pressures needed to fibrillate current lyocell are only effective over a narrow range of basis weights. Lightweights get bonded to the conveyor belt before a useful level of fibrillation occurs, and in heavyweights only the surface layers are affected and even then the cushioning effect of the fabric depth prevents efficient fibrillation.

More often than not softness was required, and water pressures had to be reduced below those used for viscose to get best results. A better strength/softness balance than viscose was achievable at these lower pressures. If a really silky-touch product was required, and CD extensibility was not critical, a more parallel laid web gave best results. If a silky appearance was required as well, the lustrous bright form of the fibre would give it.

Raw material cost-savings could be obtained by reducing the basis weight. It was possible to halve the basis weight c.f. viscose when seeking

to make the lightest possible covering material with adequate strength. Similarly if additional latex or thermal bonding was needed to boost strength, this could be reduced or eliminated.

The strength benefits obtainable from lyocell in low pressure HE were enhanced at higher pressures up to the point where fibrillation occurs. At higher pressures still the strength plateaued and ultimately declined, while the fabric opacity and firmness increased dramatically. The silky aesthetics were lost, but the toughness of the fabrics made semi-durable and durable end-uses possible.

High-pressure hydroentanglement of lyocell fibre enabled the production of nonwovens that were stronger than the equivalent weight of woven cotton in pilot trials but on production machines some losses of fibrils had deleterious effects on the water filters. In aperturing processes, lyocell gives very precise patterning and a more textile like appearance than other fibres.

### Needling

In needlefelt technology lyocell fibre strength could be efficiently translated into fabric properties with a threefold increase in wet strength c.f. viscose. Lower basis weights were possible if required. Lyocell formed more open and bulkier needled structures than viscose and this coupled with the higher wet-resilience of lyocell gave increased absorbent capacities. 1.7dtex fibres could be needled commercially and fabrics made from them showed only half the wet collapse of 3.3 dtex rayon structures.

### Latex Bonding

Here too, lyocell gave much stronger fabrics than viscose especially in the wet state. This feature could be used directly to meet tougher customer specifications, or indirectly to reduce raw material usage. (Lower fabric weights through less fibre and/or less binder.) Lyocell bonded with half the latex level needed for viscose gave improved fabric aesthetics and absorbency, allowing this venerable but still important nonwoven route to enter new territory. Lyocell also gave low-shrink, high stability fabrics during drying/curing which made it possible for the latex bonder to increase the area productivity of his lines by 10-15%.

## Thermal Bonding

Lyocell bonded better to some types of polypropylene and gave stronger thermal blends than viscose especially in the wet state. This could allow the thermal bonder to incorporate a cellulosic at higher concentrations, or to make 50/50 blends at lower basis weights.

## Short Fibre Processes - Papermaking

Fibrillation of lyocell can be achieved in many ways (dyeing, finishing, suedeing, hydroentanglement, brushing, ultrasonic treatment), but it is in the papermaking processes that fibrillation can be carried out most efficiently and controllably.

The ability to fibrillate lyocell in beating, refining or hydrapulping allows the manipulation of sheet properties. For example the following can be altered dramatically by fibrillation:

- handle / aesthetics
- barrier properties
- opacity / cover
- moisture absorbency / transport
- tear and tensile strength
- air permeability
- particle capture

The last two properties are particularly important in applications such as filtration.

Paper strength depends upon hydrogen bonding, which increases as more fibrillation is generated. Paper tensile strength improves in proportion, but tear strength goes through an optimum at moderate levels of fibrillation. Air resistance of the sheet goes up proportionately, but the permeability of lyocell sheets is still higher than that of equivalent wood pulp papers, due to the fine circular nature of the lyocell fibrils.

Pore size is also affected - increased fibrillation giving smaller average pores. It is therefore possible to manipulate the mean pore and distribution of pore sizes by controlling the level of fibrillation produced. Lyocell papers exhibit a similar pore size/permeability relationship to the more costly microglass fibre which is commonly used in filtration papers. Pulp sheets show lower permeability.

## Short Fibre Processes – Air Laying

The low cohesion of lyocell made by the tow-washing route is an advantage in air-laying processes where easy separation of fibres is required. It's stiffness relative to viscose allows the use of longer fibre lengths, and thereby the more cost-effective reinforcement of air-laid pulp for use in wipes and absorbent core components.

## Lyocell's Current Position in Industrial Applications

Industrial market developments to date have been made against a background of:

- The runaway success (1990-96) of Tencel® branded lyocell in the fashion apparel sector resulting from the Japanese development of enzyme processing to develop ultra-soft touch "peach-skin" textures. Restricted fibre availability and high fibre prices could not be tolerated by the more cost-sensitive industrial sector.
- Reducing competitive fibre prices: cotton polyester and viscose all became available at significantly lower prices than when the development started.
- Courtaulds decision not to use of the Tencel® brand for industrial applications.
- Progressive reductions in the fibrillation tendency of Courtaulds fibre that closed down some options in special papers and hydroentanglement.
- "Focus-on-fashion" prevented development of new varieties engineered specifically for industrial applications.

Sales of industrial yarn into workwear, careerwear, sewing threads, abrasive substrates, and coating bases were nevertheless developed and continue at a low level. Not unexpectedly the more fashion-conscious career-wear sector with its more structured garments is proving more successful than the industrial workwear sector where lyocell has found it difficult to compete on cost/performance with poly-cotton. Klopman International reports that the Alexandra nurses uniforms, at the "soft" end of the workwear sector, continue to use lyocell-containing fabrics. Sales growth has been disappointing due to their relatively high price. Klopman

nevertheless spins, weaves, dyes and finishes the fabrics without difficulty and continues to believe 50/50 poly-lyocell constructions will prove competitive with poly-cotton in career-wear. They are therefore repositioning fabrics and colour-lines to target the skirts, blazers and waistcoats worn in this sector and have already had some early successes. Bank staff, hotel receptionists, car-hire staff and retail staff now require more stylish garments which cannot easily be made from the cheaper poly-cottons, and it is here that the Tencel®-branded fibre is likely to have more success.

The "hard" workwear sector has however proved less attractive. The flame retardant overalls for oil-workers did offer a demonstrably better balance of FR protection and handle than possible with cotton. There were however difficulties with appearance retention in laundering the darkest shades, the problems with Navy being particularly acute. The Pyrovatex® finish that provided the FR character and protection against fibrillation in laundering was insufficient to stop fibrillation damage in repeated severe laundering of navy overalls. The majority-lyocell Fury® range has now been discontinued as a stock item by Carrington Career and Workwear, but is still occasionally made to order in the less difficult colours. Summarising the development experience, Carrington comment that the Pyrovatex® lyocell/polyester fabrics were just too expensive for the level of improved performance offered, and the predicted economies from lyocell production scale-up did not materialise. The fact that one of their main potential customers switched to Nomex/Kevlar overalls while others opted for the stiffer but cheaper Proban treated 100% cotton suggests that lyocell offered a middle of the road product in a market polarised towards low price or high performance.

In Europe, the USA and to a lesser extent in the Far East, lyocell continues to be converted into excellent sewing threads for small and relatively specialised applications. It gives high strength, high-speed sewing and better enzyme resistance, but does dye darker than cotton in a competitive situation. Majority-lyocell garments processed on the garment-dye/garment-wash system have to use lyocell threads if the sewing is to be invisible. On the other hand lyocell thread is

less likely to be used for the larger garment-processed cotton sector.

Price c.f. cotton prevents the fibre growing into the more mainstream sewing applications and the same appears to be true in the woven coating base sector. Excellent speciality abrasives backed with lyocell cloths continue to be produced by 3M and others, but the growth predicted 5 years ago has not materialised.

In special papers, the fibre continues to provide low pressure drop and high particle retention characteristics to a few cigarette filters, but the continuing very high price c.f. acetate tow or crepe paper still prevents its more general adoption. The even nichier but higher value electrical papers sector now show signs of growing faster.

Acordis currently expect most growth to come in short-life nonwovens, and in the wiping sector in particular. Despite its good performance and amazing strength and durability, the early synthetic-chamois fibrillated lyocell hydroentangled car-cleaning cloth failed to make inroads against the real thing and was withdrawn, but other wet-wipes have proved much more successful. Microwavable cleansing wipes benefit from the softness achievable with lyocell in a needled fabric, and are now a major user of the fibre in the US nursing-care sector.

The fibre's wet strength, resilience and absorbency make it an ideal absorbent component when bulkier, more absorbent products are required. Here the key conversion technologies remain hydroentanglement and needling, but air-laid materials using lyocell are now commercial and look set for good growth.

## Conclusions

Progress has inevitably been slow, but maybe the biggest surprise in view of the sustained high pricing is that it has not been negligible. The fibre has established itself in several profitable industrial niches and is in the process of breaking out of those niches, especially in short-life nonwovens. By and large, it has gained a reputation for good technical performance and an ability to add value - up to a point.

The high price and renewed high demand in apparel still militate against its more widespread use in industrials, but the benefit side of the cost-

benefit equation has been quantified and the fibre has proved itself to be worth a premium over other cellulose. Clearly the size of the ultimate industrial market for lyocell will depend on the size of that premium over cotton and viscose.

Acordis remains optimistic about industrials and has now set up new Technical Products teams in Europe, the USA and in Asia. It is, for the first time, using the Tencel® brand for industrial as well as fashion applications. Sales into technical applications are said to be growing strongly and now amount to about 10% of current output: significantly ahead of 1998-99 levels, and

expected to show a further strong increase in the next 12 months as new projects go commercial.

Both Lenzing and Acordis have announced capacity increases, Lenzing to 20,000 tonnes/year and Acordis, already close to full capacity at Grimsby, is progressively re-opening the 43,000 tonne/year Mobile plant which was mothballed in 1999 following the fashion-apparel demand collapse in 1998. These increases are of course fuelled by the resurgence in apparel demand for lyocell, but both companies expect the industrial market to take an increasing slice of the cake in the years to come.

## ACCEPTANCE AND APPLICATIONS FOR LYOCELL FIBERS IN THE JAPANESE TEXTILE MARKET.

**Mitsuo Yoshida**

Unitika Textiles Ltd., 3-5-13, Kyutaro-machi, Chuo-Ku, 541-0056 Osaka, Japan  
phone: +81-6-6253 7120; fax: +81-6-6253 7124; email: mitsuo-yoshida.utx@unitika.co.jp

### Prologue

In 1992, we commenced the basic study and development of the Lyocell fiber. The following are the advantages of Lyocell compared with other fibers:

1. The Lyocell fiber is ecological both in terms of the raw materials used (plantation, pulp) and the production process, which is environmentally friendly.
2. Lyocell has a permanent crimp which is soft and kind on the skin.
3. Lyocell has advantages over cotton in a wide condition particularly when it comes to moisture absorption and release.
4. Since Lyocell is stronger than Viscose against Alkali, several kinds of finishings can be developed using fibrillation and combining several kinds of enzymes. As a result effects such as a rich brightness, a deep color, softness and skin friendliness can be achieved.
5. Lyocell has another advantage in the ease of care after washing and dimensional stability.

Using the above characteristics of the Lyocell fibre we have done everything in our power to establish the technology in all textile chains such as spinning, weaving/knitting, dyeing/finishing and the making-up of garments.

In these processes, we never forgot the marketing for each end-use.

We spent a great deal of time and effort to establish such a difficult technology for the development of articles with fibrillating technology in the dyeing/finishing process.

### Experience of Lyocell

We are hereby drawing on data concerning the market size for all kinds of textile garments in Japan, production countries, importing q'ty and amounts etc.

Under such conditions as 1. Demand for consumption sharply decreasing, 2. Retail price dropping sharply, 3. Followed by a strong

Japanese yen, production in such oversea countries as China, Indonesia etc. is increasing remarkably and so we can say that the necessity is increasing for the development of characterised "Made In Japan" garments supported by a high technology with highly organized machines.

**Table 1. Summer season (June to September).**

	Mean Temperature	Mean Humidity
TOKYO	24.5 °C	73.8 %RH
LONDON	15.2 °C	80.5 %RH
PARIS	17.0 °C	73.0 %RH
NEW YORK	22.7 °C	63.4 %RH
WIEN	18.1 °C	68.3 %RH

**Table 2. Spring (March to May) and Autumn seasons (October and November).**

	Mean Temperature	Mean Humidity
TOKYO	14.3 °C	62.6 %RH
LONDON	8.5 °C	83.8 %RH
PARIS	9.5 °C	80.0 %RH
NEW YORK	11.1 °C	62.0 %RH
WIEN	9.0 °C	72.8 %RH

**Table 3. Winter season (December to February).**

	Mean Temperature	Mean Humidity
TOKYO	6.2 °C	52.0 %RH
LONDON	4.2 °C	87.3 %RH
PARIS	4.0 °C	83.7 %RH
NEW YORK	0.8 °C	65.3 %RH
WIEN	0.5 °C	75.3 %RH

Of course we cannot forget the key words for the 21st century, "The raw material, which is kind on the environment and recycling."

By way of example, this June, Unitika Textiles organized a study tour for abt.50 people to Europe, including a visit to Lenzing, under the theme, "Look the recycling society". Following this visit

we are ready to declare that Lyocell is the raw material for the 21st century, because:

- Lyocell is ecological
- Lyocell has the special character in appearance, finishing etc.

Furthermore, as for the Japanese market, whenever we develop Lyocell products we have to bear in mind that Japan has four distinct seasons, namely high temperatures with a high moisture level in the summer and cold temperatures with a low moisture level in the winter (tables 1-3). With the data provided the following counter actions are required:

1. We have to use the higher twisting counts of yarn to get a silky effect.
2. In order to obtain the moisture release, we should make the fabrics by blending them with synthetic fibers.
3. We should product a cooling effect by mixing with Linen, Ramie etc. which have a good thermal transmittance.

With the data provided we can expect the garments to be full of Lyocell's good character.

With the data provided the following counter actions are required:

1. Presenting the articles with bulkiness, feeling of light weight, retaining warmth etc., by mixing with wool, acrylic etc.
2. Developing such effects with Lyocell textiles such as suede and corduroy finishes, to achieve bulkiness, a feeling of light weight, heat-retention etc.
3. Developing formal suits, pants, jackets etc., by mixing with Shingosen and wool, by means of which fibrillation can be limited and one can obtain the clean effect.

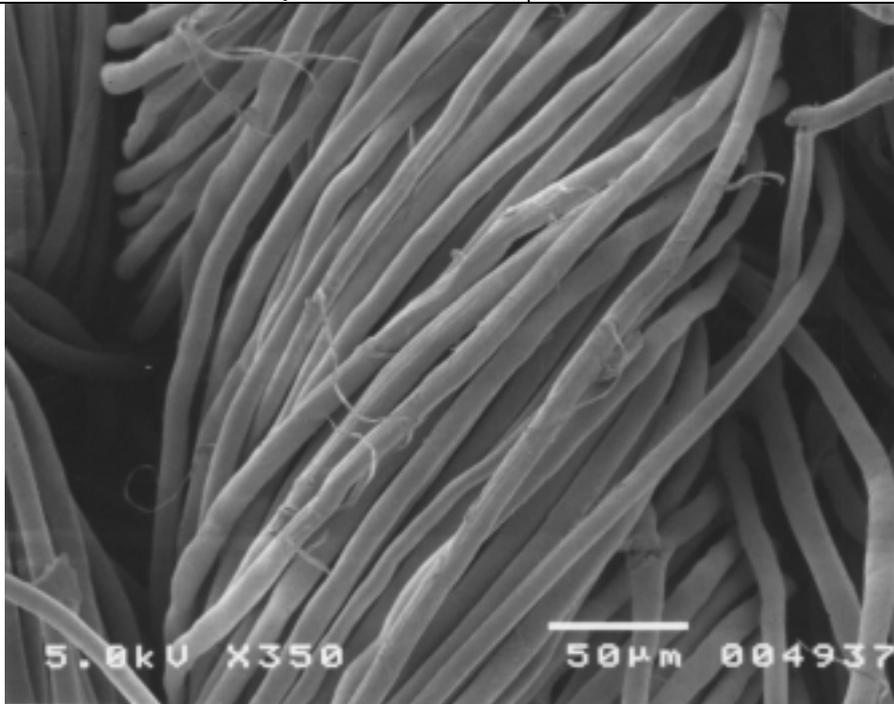
### Acceptance of Lyocell

Table 4 lists Lyocell products which have been very well received by our market. We will now explain these characteristics using 5 representative articles, as listed in tables 5-9.

**Table 4.**

Item	Article	Characters	Main distributors
Underwear	Ly/Polyurethane (Plain stitches)	Stabilized shiny and clean Dimpish fitness to skin Wash & Wear(W & W)	Charle
Casual sport wear	Ly/Polyester (Pants, Jackets)	Fibrillation & silkiness Stretchy, W & W	Sanyo, Aoyama
	Ly/NF (Blazer, Coat)	Fibrillation & natural, Bulkiness, Light weight, Water repellent	
	100% Ly, Ly/C, Ly/ Linen (Denim, Pants, Shirts)	Fibrillation, moderate stiffness Linen effect with Ly feeling	
Uniform	Ly/Polyester(recycle)	Mild silky & cooling Moisture absorption & release Wash & Wear(W & W) Recycling system	Daiwa House
Home textiles	100% Ly (Bed covering, Sheets, Filling, Pillow case, Towel etc.)	Silky, Clean, Bright Moisture absorption	Nishikawa
Blouse	100% Ly Georgette Silky, Stone wash	Moisture absorption & release Wash & Wear(W & W) Cool touch	M & S
Autumn, winter casual wear	Ly/Wool (Jackets, Pants)	Fibrillation. Warm, High bulky, Light Weight, High resiliency	

Table 5. Plain Stitches with Polyurethane for Ladies' Inner Wear.

Merchandising	Technical point	Characters
Item: Lady's Under Wear Const. Plain stitches Compo. Lyocell 93% Polyurethane 7%	Knitting: Tension Control Finishing: Clean Fibrillation Wrinkle Resistance Elastic	Sensitivity: Peach Surface Clean Appearance Rich and Elegance Functionality: Excellent Dimensional Stability Wash and Wear Excellent Moisture Absorption Shrinkage in Laundry: (JIS L0217 103) Warp: 3% Weft: 3%
		

**Table 6. Stretch Fabrics with SINGOSEN (Ef) for Men's and Ladies' Pants.**

Merchandising	Technical point	Characters
Item: Men's and Ladies' Pants and Jackets Const. Stretch Twill (Cross Weaving) Compo. Lyocell 70% Polyester 30%	Materials: Weft is a bicomponent high twisted yarn Weaving: Air Jet Loom Filament Type (500 r.p.m) Finishing: Wild Fibrillation High Stretchability Wrinkle Resistance	Sensitivity Peach Surface Crisp Hand Elasticity Functionality Excellent Dimensional Stability: Wash and Wear Moisture Absorption and Release Power Stretch ability Shrinkage in Laundry (JIS L0217 103) Warp: 2% Weft: 1%
Stretch Property (JIS L1096) Stretch percentage: 15 ~ 25% Stretch Recovery percentage: 80 ~ 87% (after 30 seconds) Residual Strain percentage: 1.5 ~ 3.0% (after 30 seconds) Wash and Wear (JIS L1096): Class 3.5		

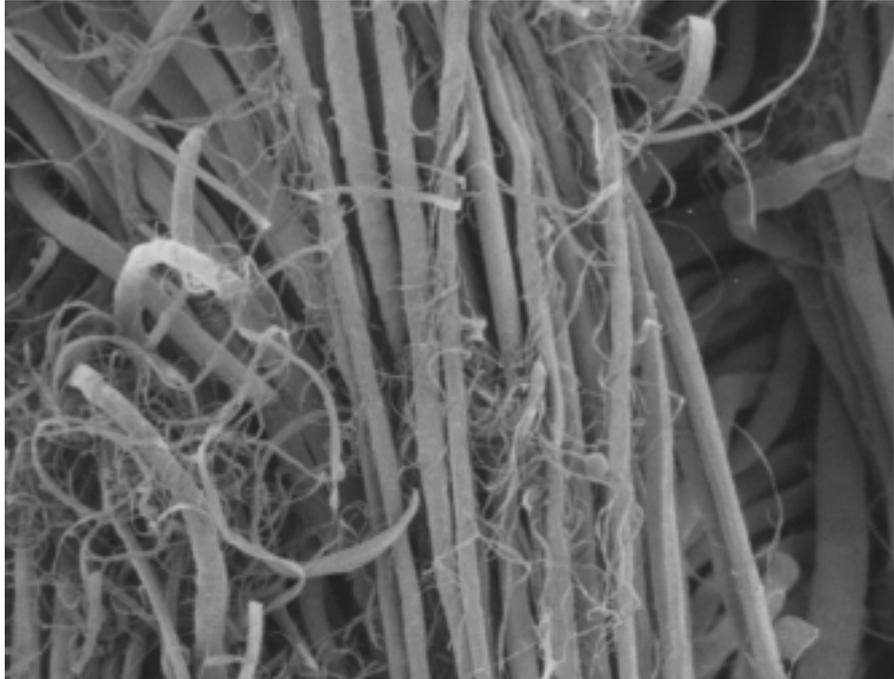
**Table 7. Lyocell (Non Fibrillation) / Recycled Polyester of PET Bottle for Uniform.**

Merchandising	Technical point	Characters
Item: Men's and Ladies' Pants Blouson and Vest Const: Twill Compo: 70% Lyocell 30% Polyester (recycle)	Materials: Lyocell / Polyester recycled Blended yarn Weaving: Air Jet Loom (650 r.p.m) Finishing: Continuous Dyeing (Non Fibrillation) Resin Finish	Sensitivity: Clean Appearance Soft and Drapability Elasticity Functionality: Excellent Dimensional Stability Wash and Wear Moisture Absorption and Release Thermal Recycle Shrinkage in Laundry (JIS L0217 103) Warp: 3% Weft: 2%
<b>Recycle System</b> <pre>                     graph TD                         Chip[Chip] --&gt; Spinnin[Spinnin]                         Spinnin --&gt; Spun[Spun]                         Spun --&gt; Garmen[Garmen]                         Garmen --&gt; Recoverv[Recoverv]                         Recoverv --&gt; Incinerato[Incinerato]                         Incinerato --&gt; RecoveryOf[Recovery Of]                         Weavin[Weavin] --&gt; Recoverv                         Dveing[Dveing] --&gt; Recoverv                     </pre>		

**Table 8. Cross Weaving Fabrics with SINGOSEN (Ef) for Men's and Ladies' Coat.**

Merchandising	Technical point	Characters
Item: Men's and Ladies' Coat and Blouson Const: Broad (Cross Weaving) Compo: Lyocell 70% Nylon 30% (Hollow Type)	Materials: Weft is #Hollow Type Polyamide Weaving: Air jet Loom Filament Type (550 r.p.m) Finishing: Clean Fibrillation Water Apparent	Sensitivity Peach Surface Natural Crease Dry and Elasticity Functionality: Water Apparent Excellent Dimensional Stability Moisture Absorption and Release Power Stretch ability Water Apparent (JIS L1092) Origin: 100 points Laundry at 5times: 90 points

**Table 9. Lyocell/Wool Panama Fabrics for Men's and Ladies' Jacket and Pants.**

Merchandising	Technical point	Characters
Item: Casual Pants and Jackets Const: Panama Compo: Lyocell 80% Wool 40%	Materials: Lyocell/Wool(Off Scale) Blend yarn Weaving: Air jet Loom Finishing: Piece Dyeing and Fibrillation Garment Finishing	Sensitivity Soft gentle to the skin Excellent Drapability and Elasticity Warmness Rich and Elegance Functionality Wash and Wear (Class 3.5) Moisture Absorption Shrinkage in Laundry (JIS L0217 103) Warp: 3% Weft: 2%
		

## Epilogue

We are very confident that Lyocell will have an important position in the market in the 21st century for the following reasons:

- Ecological material
- These materials can fascinate the consumers in many respects due to the appearance, feeling, function etc.

We, Unitika Textiles, are developing the following important items, combining these with our ecological materials

- Polylactic Acid (our brand is TERRAMAC)
- Recycle pet bottle (our brand is UNIECORO)

We are expanding the applications.

We consider the development of Lyocell LF products to be very important and are joining

forces with Messrs. Lenzing and also carefully analysing the market.

- The proper preparation of peach skin articles and scale sales, which are developed by regular Lyocell using fibrillation technology.

- The development of articles using the LF fiber which cannot be expressed by regular Lyocell.

Last but not least, we believe that Lyocell has the brilliance, though there are many technical points still to overcome.

## Explanations

**Japanese Summer.** The Japanese summer is hot and humid. In the daytime, temperatures often reach around 35°C (there is a lot of opportunity to

perspire).

At home and in the office, the temperature is generally controlled at around 25°C (If coming into such a controlled room, people often feel cold). It is recommended to be controlled at 28°C for ecological and health reasons. Then, the clothing is developing to match the temperature at 28°C. (In Japan, the trend for developing clothing is cool).

***Characteristics of Lyocell in terms of comfort.***

There is a high percentage of humidity and a high degree of heat transmission as well coolness by touching the clothing, arising from the smooth surface compared to Viscose Rayon.

There is a high change in the absorbing volume, next to wool. (11% at 20°C 65%RH, 20% at 30°C 90%RH, the difference is  $\Delta MR=9\%$ ).

***Our recommendations in terms of comfort in summer.*** High degree of heat transmission and coolness by touching the clothing - Lyocell is OK. There is a mild change of wet temperature within the clothing, after or during sweating - Lyocell is OK.

High breathes of air and a high permeation of moisture are required to release moisture and heat. (Fine count of yarn, high twist, decrease of density of fabric, - Lyocell is not OK since strength is not enough.

Increasing the strength by mixing with Polyester.

Quick absorption is required- Lyocell is OK.

Requirement: quickly dry - increasing the quickness by mixing with Polyester.

***Green Environmental Materials.*** It is said that the recycling of raw materials is important in our society for human life assuming that environmental problems should be solved globally.

Unitika Textiles Ltd., proposes the following three raw materials as materias kind to the environment.

- **Lyocell.**

- **Terramac.** In Latin, TERRA means earth and MAC means son. The raw material is poli-lactic acid compounded from agricultural renewable resources like corn, which is completely resolved. There are characteristics similar to polyester, such as dimensional stability, lightweight, pleat retention, stability of shrinkage, etc.

Lactic acid itself has the character of anti-bacterial properties and mildew resistance. So, there is the possibility that we get an SEK label. Since this fiber is of hydrophobic substances, it can be used for textiles by mixing with cellulose, wool, cotton etc.

- **Uniecolo.** Uniecolo is Unitika's recycled polyester made of PET Bottle. Unitika Textiles has established the collecting system of used garments made of UNIECOLO as a form of thermal energy, and is contributing to the environment.