

**PHYSIKALISCH-CHEMISCHE CHARAKTERISIERUNG FUNKTIONALER
VSKOSEFASERN ZUR ENTWICKLUNG EINES ENRGIE- WASSER- UND
SCHADSTOFFARMEN HERSTELLUNGSPROZESSES IN DER TEXTILEN
VERARBEITUNGSKETTE**

Projektpartner:

Joanneum Research GmbH

Fa. Lenzing AG

Universität Graz

Universität Maribor

1. Einleitung

Der Bedarf an textilen Fasern ist in den vergangenen 50 Jahren um das 5 fache auf ca. 52 Mio t/a gestiegen. Dieser Bedarf wurde überwiegend durch eine vermehrte Produktion an Synthefasern und Baumwollfasern gedeckt. An Synthefasern, überwiegend Polyester werden derzeit ca. 27 Mio t/a, an Baumwollfaser ca. 20 Mio t/a hergestellt.

Baumwollfasern zeichnen sich durch einen hohen Tragekomfort und gute mechanische Eigenschaften aus. Die Ausweitung des Anbaus an Baumwolle stösst jedoch wegen der hohen Umweltbelastung and Pflanzenschutzmitteln und Dünger sowie dem hohen Wasserbedarf an Grenzen.

Polyesterfaser (PE) besitzen hervorragende mechanische Eigenschaften (Festigkeit, Strapazierfähigkeit, Dimensionsstabilität) und haben geringe Preise. Ihr grosser Nachteil ist der geringe Tragekomfort, der darauf zurückzuführen ist, das PE Fasern nicht in der Lage sind, Feuchtigkeit aufzunehmen. Textilien aus Cellulosefasern haben eine ausgeprägte Fähigkeit, Feuchtigkeit aufzunehmen (40 – 80% g Feuchte / g Faser) und zu entfernen. Deswegen und wegen des weichen Griffes weisen sie sehr hohen Tragekomfort auf, sie sind jedoch mechanisch (besonders Cellulosefasern) nicht sehr stabil. Auf Grund dieser Eigenschaftsprofile stellt die Mischung aus diesen beiden Fasern ein Optimum für den textilen Einsatz dar.

Die Situation der europäischen Textilindustrie verlangt eine Orientierung am Prinzip des nachhaltigen Wirtschaftens bei gleichzeitig hohem ökonomischen Druck durch Billiglohnländer. Zentrale Notwendigkeit ist daher die Entwicklung ökologisch und ökonomisch verbesserter Produkte, bei denen sowohl ein schonender Einsatz von Rohstoffen, die Minimierung des Schadstoffausstosses angestrebt wird, sowie ökologisch freundliche Produktionsverfahren eingesetzt werden können, welche schlußendlich den finanziellen, aber auch den Qualitätskriterien der Anwender entsprechen müssen.

Ein wesentlicher Schritt in diese Richtung kann bei der Färbung von Viskosefasern gesetzt werden. Die Entwicklung neuer, funktioneller Cellulosefasern, deren Anfärbeverhalten den oben genannten Kriterien entspricht, und die in Mischungen mit Polyesterfasern gefärbt werden können, ist richtungsweisend für eine weitere wesentliche Verbesserung der ökologisch freundlichen Viskosefaser. Im vorliegenden Projekt wurden grundlegende Erkenntnisse gewonnen, die den technischen Einsatz einer solchen Faser möglich machen.

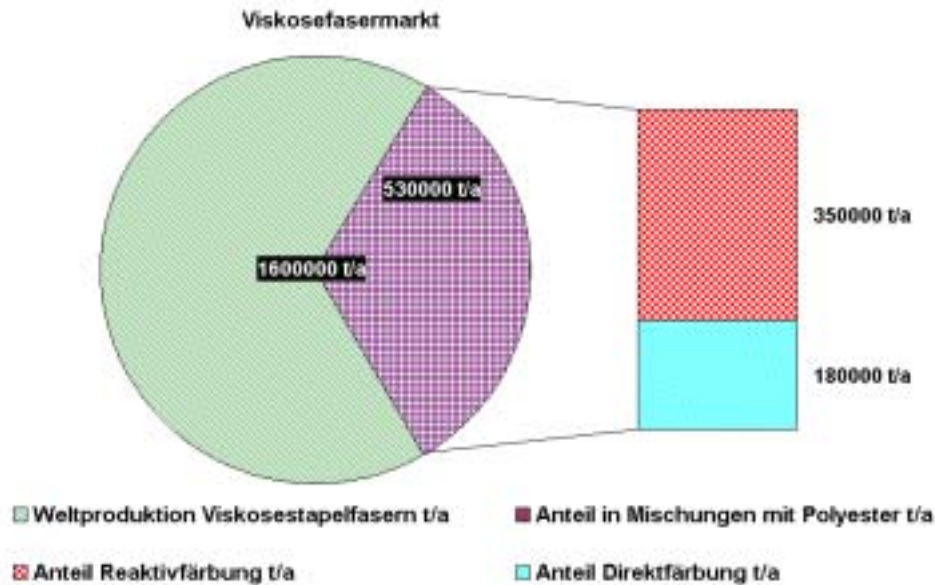
Aus der Umsetzung dieses Forschungsvorhabens resultiert eine neue Cellulosefaser, bei deren Veredelung eine Reduktion des Einsatzes von Energie, Wasser und Chemikalien von 40 – 100% zu erreichen ist und man dem Ziel einer schadstofffreien Produktion bei zusätzlicher Verbesserung der ökonomischen Situation sehr nahe kommt. Die grundsätzliche Machbarkeit dieser Entwicklung wurde bereits bewiesen, die Grundlagenforschung zur Umsetzung in ein produktionsreifes Produkt ist Gegenstand dieses Projektes.

2. Inhalt und Ziele des Projektes

Textile Fertigprodukte bestehen oft aus Fasermischungen, deren Veredelung den technologisch, ökologisch und ökonomisch schwierigsten Teil der Verarbeitungskette darstellt. Im Zentralbereich F&E der Lenzing AG liegt daher ein Schwerpunkt bei der Entwicklung einer marktfähigen funktionalen Cellulosefaser, deren Veredelungsprozeß wesentlich einfacher sein soll. Diese Entwicklung wird bei der Lenzing AG unter dem Namen „Rainbow“ geführt.

2.1. Stand der Technik

Die Färbung von Textilien ist technisch sehr kosten- und zeitintensiv, was besonders auf das Färben von Fasermischungen zutrifft, bei denen die Fasertypen unterschiedliche



Färbereigenschaften besitzen (z.B. Polyester/Cellulose, Polyamid/ Cellulose, Wolle/ Cellulose). Das Färben dieser Mischungen erfolgt in zwei Stufen, was einen großen Bedarf an Wasser, Farbstoff, Chemikalien und Energie bedingt und daher eine erhöhte Umweltbelastung verursacht. Neuentwickelte Fasern sollen schon durch den Herstellungsprozeß bedingte Eigenschaften besitzen, die die weitere Verarbeitung in der textilen Kette vereinfachen und damit kostengünstiger machen.

Abbildung 1: Anteil der Viskosefasern, die in Mischungen mit Polyesterfasern verarbeitet und gefärbt werden (einschließlich Druck)

In Abbildung 1 ist ersichtlich, daß ca. ein Drittel der gesamten Viskosestapelfasern im textilen Bereich in Mischungen mit Polyesterfasern verarbeitet werden. Durch die große wirtschaftliche Bedeutung von Polyester/Viskose-Mischungen ist es ökonomisch sinnvoll, die textile Veredlung dieser Mischungen zu verbessern.

Bisher wird im größten Teil dieser Mischungen die Viskosekomponente mit Reaktivfarbstoffen gefärbt. Dieser Teil bietet wegen seiner Menge (350000 t/a) das größte Entwicklungspotential. Durch die Veränderung der Anfärbecharakteristik von Viskosefasern bietet sich die Möglichkeit, das Färbeverfahren von Polyester/Viskose-Mischungen deutlich zu vereinfachen. Bisher ist es notwendig, die Polyesterfasern mit Dispersionsfarbstoffen bei 130°C und einem pH-Wert von 4,5 bis 6 und Cellulosefasern mit Reaktivfarbstoffen bei 60 °C und einem pH-Wert von 10 zu färben. Die Fasern müssen zur Zeit nacheinander bei den unterschiedlichen Bedingungen gefärbt werden (Abbildung 3 / Standardmethode).

2.2. Wissenschaftlich-Technologische Ziele

Im Projekt Rainbow sollen Viskosefasern entwickelt werden, die nicht nur unter den traditionellen Bedingungen der Viskosefaser-Färbung, sondern auch unter den Färbebedingungen von Polyesterfasern in ausreichender Qualität anfärbbar sind. Auf diese Weise kann das Färbeverfahren drastisch verkürzt und vereinfacht werden (siehe Abbildung 2).

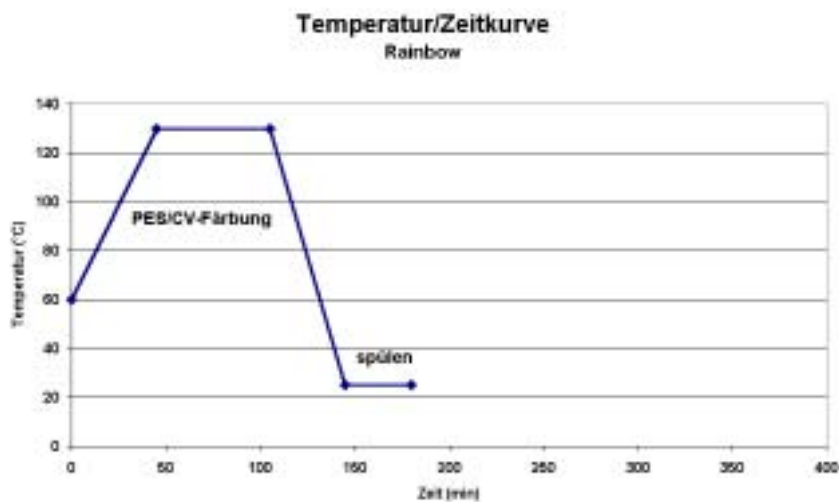
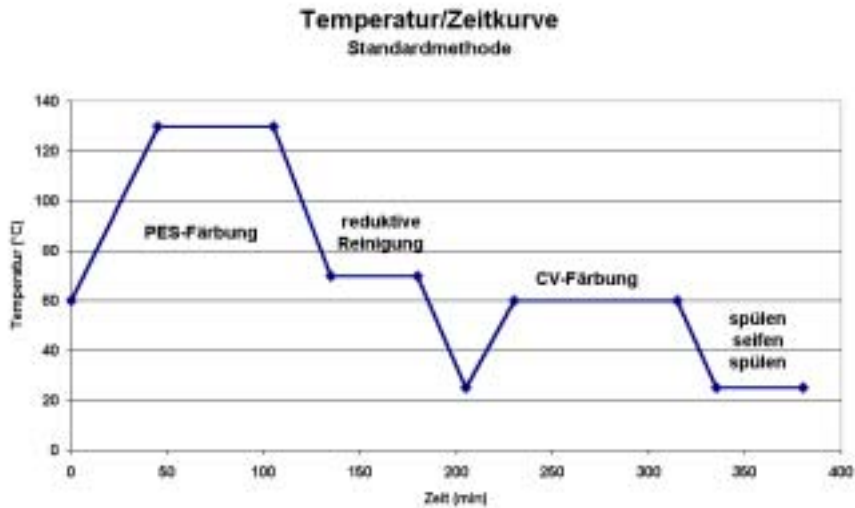


Abbildung 2: Temperatur/Zeit-Kurve zur Färbung von PES/Rainbow-Geweben mit Dispersions- und Reaktiv- oder Direktfarbstoffen

Das Ziel des hier vorgestellten Projektes ist die Entwicklung von Viskosefasern, die gemeinsam mit Polyesterfasern in einem Prozeßschritt (pH-Wert 5-5,5, 130°C mit Dispersions- und Reaktiv- oder Direktfarbstoffen) anfärbbar sind. Die Anfärbung von Viskosefasern unter diesen Bedingungen wird durch das Inkorporieren von Kationisierungsmitteln in die Viskosefaser erreicht. Diese Hilfsstoffe besitzen die Fähigkeit, den Farbstoff bei einem pH-Wert von 5-5,5, aufgrund von elektrischen und chemischen Wechselwirkungen zu binden. In der bisherigen Entwicklungsarbeit wurde gezeigt, daß Fasern mit den geforderten Eigenschaften grundsätzlich hergestellt werden können.. Erste Untersuchungen an Rainbowfasern ergaben folgende Ergebnisse:

- Anfärbbarkeit mit Reaktivfarbstoffen bei einem pH-Wert von >4 und 130°C (Polyesterfärbebedingungen) „Normale“ Viskosefasern lassen sich unter Polyesterbedingungen nicht anfärben (Faser bleibt schneeweiß)
- Direktfarbstoffe können unter den Färbebedingungen des Polyesterfärbung eingesetzt werden
- Anfärbbarkeit sogar ohne Zusatz von Salz (bisher 200 kg/Tonne)
- Es werden gleiche Farbtiefen wie bei Standardfasern unter alkalischen Bedingungen erreicht. (Abbildung 4).

Rainbow

pH 9; 60°C

pH 5,5; 130°C



Viskose

pH 9; 60°C

pH 5,5; 130°C

Abbildung 3: Rainbow- und Viskosefaser unter Polyester- und Normalbedingungen gefärbt (Farbstoff: Remazol R)

Aufgrund dieser Eigenschaften ist es möglich Gewebe aus Polyester und Viskose in einem Färbebad, das Dispersionsfarbstoffe und Reaktiv- oder Direktfarbstoff enthält, bei einem pH-Wert <7 und 130°C in einem Schritt zu färben.

Diese Innovation beinhaltet eine wesentliche Einsparungsmöglichkeit von Energie und Wertstoffen sowie eine Reduktion der Umweltbelastung.

3. Ökologische Betrachtungen

Cellulosefasern, die durch einen chemischen Prozeß aus heimischen Nutzholz gewonnen werden zeigen gegenüber der Baumwollfaser eine große Anzahl ökologischer Vorteile. Diese Tatsache ist weitgehend unbekannt, es werden die industriell hergestellten Cellulosefasern meist als ökologisch belastender als die Baumwollfaser gesehen. Das dies nicht zutrifft soll im folgenden gezeigt werden:

3.1. Ökologische Betrachtungen zur Viskosefaserherstellung und Verarbeitung

Viskosefasern sind im Gegensatz zu anderen Chemiefasern (Polyester, Polyamid, Polyethylen,...) cellulosische Fasern, deren Rohstoffbasis das Holz bildet. Sie werden damit, im Gegensatz zu den anderen Chemiefasern (Rohstoffbasis: Erdöl) aus nachwachsenden Rohstoffen (Holz) hergestellt. Die für die Viskoseproduktion nicht benötigten Teile des Holzes können Ressourcenschonend zu anderen Produkten (Essigsäure, Furfural, Xylose, elektrische- und thermische Energie, siehe Abbildung 8) verarbeitet werden. Die Produktion von Viskosefasern konnte bei der Lenzing AG in den letzten 15 Jahren aus ökologischer Sicht drastisch verbessert werden. Die aus früheren Zeiten bekannten starken Emissionen konnten auf ein Minimum reduziert werden. Die Wasserverschmutzung wurde seit 1985 um 98,2 verringert, die H₂S-Emissionen um 98%, die SO₂-Emissionen um 78% und die CS₂-Emissionen um 71% (siehe Abbildung 9).

3.2. Vergleich ökologischer Parameter der Viskosefasern zu Baumwollfaser

- **Anbaufläche**
 BW (Baumwolle) benötigt durchschnittlich 1,7 ha Ackerland/t Rohbaumwolle; das sind ca.2,4% der Welt-Ackerfläche bzw. 4,7% der Weltgetreidefläche. Die Hektarerträge liegen in den Hauptanbaugebieten zwischen 300 (Indien) und 800 kg/ha (China) und erreichen in Israel und Australien Spitzenwerte von 1700 kg/ha. Bei stagnierender Anbaufläche von ca. 32 Mio. ha erfolgte die Ertragssteigerung von 314 kg/ha (1960/61) auf ca.600 kg/ha (1993/94) ausschließlich durch Intensivierung der Anbaumethoden. Für die Herstellung von 1 t CV (Viskosefaser) benötigt man den jährlichen Zuwachs von 0,8 ha Buchenwald.
- **Wasserverbrauch**
 Für die künstliche Bewässerung werden in den BW-Anbaugebieten zwischen 7.000 m³(Israel) und 29.000 m³ (Sudan) je t Roh-BW verbraucht. Die Wasserentnahmen erreichen z.T.kritische Mengen und bewirken ökologische Schädigungen (Austrocknung des Aral-Sees). Für das Wachstum der Buchen ist der natürliche Niederschlag ausreichend. Der Wasserverbrauch für die Herstellung von CV beträgt 480 m³/t.
- **Düngemittel**
 Beim BW-anbau werden ca. 700-1.100 kg Düngemittel/t eingesetzt, was großen Einfluß auf die Qualität der Faser hat. Beim Fehlen optimaler Mengen an Stickstoff werden die Fasern kürzer und grobtrichter. Buchenwälder benötigen keinerlei künstliche Düngung.
- **Pestizide**
 Man schätzt, daß bis zu 25% der Weltproduktion an Pestiziden (ca. 2,5 Mio. t) für den BW-anbau verwendet wird; dies entspricht bis zu 30 kg/t. Davon sind ca. 70% Insektizide und 20% Herbizide. Am häufigsten werden Pyrethroide (z.B. Cypermethrin) und organische Phosphorverbindungen eingesetzt. Bei umfangreichen Untersuchungen im Auftrag der Bremer Baumwollbörse wurden Rückstände dieser Substanzen auf Rohbaumwolle nachgewiesen. Sogar Chlorkohlenwasserstoff-Insektizide wurden noch in jüngster Zeit auf Roh-BW gefunden, so z.B. DDT auf kalifornischer Rohbaumwolle, obwohl der DDT-Einsatz in USA seit 1972 verboten ist. Lindan wird auch heute noch beim BW-anbau angewendet. Die ausgeprägte Resistenz der BW-Schädlinge erfordert die ständige Entwicklung neuer Wirkstoffkombinationen. Nach WHO-Schätzungen sind jährlich ca. 30.000 Todesfälle in Zusammenhang mit der Ausbringung von Pestiziden zu beklagen; die Zahl der Vergiftungen beläuft sich auf ca. 1,5 Millionen.
 Zur Produktion von Buchenholz werden keinerlei Pestizide eingesetzt !!
- **Biologischer Anbau**
 Biologischer Baumwollanbau ist gekennzeichnet durch Verzicht auf Kunstdünger, Herbizide, Insektizide und Entlaubungsmittel. 1993 wurden weniger als 6000 jato biolog. BW produziert. Die Produktionskosten sind um 10-15% höher, die Erträge um durchschnittlich 25% (bis 65%) niedriger als bei konventionellem Anbau. Zur kostendeckenden Produktion muß der Preis der biologischen BW um mind. 43% über dem der konventionellen BW liegen. Biologischer Anbau von BW bringt derzeit nur minderwertige Qualitäten hervor. Die österreichische Forstwirtschaft wird weitgehend unter den Gesichtspunkten von Nachhaltigkeit und Landschaftsschutz betrieben.

3.3. Ökologische Betrachtung der funktionalisierten Cellulosefaser Rainbow

Ökologische Betrachtungen zur Rainbowfaser

Diese Innovation beinhaltet eine wesentliche Einsparungsmöglichkeit von Energie und Wertstoffen sowie eine Reduktion der Umweltbelastung.

Einsparungen bei Fasermischungen:

Das Einsparungspotential pro Tonne Fasergemisch beträgt ca:

200 kg Salz	(100% Einsparung)
12,5 m ³ Wasser	(62% Einsparung)
3,0 GJ Energie	(44% Einsparung)
10 kg Farbstoff	(33% Einsparung)

Berechnet auf die Jahresproduktion in Mitteleuropa sind dies ca.:

12.000 Tonnen Salz
750.000 m³ Wasser
180.000 GJ Energie
60 Tonnen Farbstoff

3.4. Wirtschaftliche Betrachtungen zur Rainbowfaser

Die veränderten Färbereigenschaften der Rainbowfasern und der daraus resultierende einstufige Färbeprozess von Fasermischungen eröffnet folgendes Einsparungspotential:

- Halbierung der Färbezeit und dadurch eine Reduktion der Fixkosten (Maschinenlaufzeit, Personal) die beim Färben von Polyester/Viskose-Mischungen ca. 70% der Gesamtfärbekosten betragen.
- Die Zugabe von Salz ist nicht notwendig – daher Einsparung von 200kg Salz/Tonne
- Reduktion der Abwasserbehandlungskosten
- Reduktion der durch Korrosion verursachten Kosten
- Deutliche Einsparung von Wasser und Energie.
- Die durchschnittlichen Färbekosten für Polyester/Viskose-Mischungen liegen bei ca. 40 ATS/kg Fasern.

Gesamt ist eine Reduktion der Kosten um den Faktor 2 gegeben.

5. Untersuchungsprogramm

Naturgemäß sind zum Erreichen der technischen Reife dieser Neuentwicklung eine Reihe weiterer Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten notwendig. Generell muß die Verarbeitbarkeit untersucht und optimiert werden sowie die erkannten Nachteile verbessert werden.

Grundlagenuntersuchungen zur systematischen Charakterisierung und Funktionsweise der verschiedenen beobachteten Effekte waren Ziel dieses Projektes. Diese Untersuchungen sind zum grundsätzlichen Verständnis notwendig, da nur so Produkteigenschaften systematisch erkannt werden können, was die wesentliche Voraussetzung für eine technologische Nutzung darstellt. Diese Aufgaben sollen von der Forschungsgemeinschaft Joanneum Research, Inst. f. chemische Prozessentwicklung und Prozesskontrolle, dem Institut für Chemie der Universität Graz, dem Institut für Textilchemie, Universität Maribor in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Viskosefaserforschung der Lenzing AG durchgeführt werden. Dieser Teil des Gesamtvorhabens ist Inhalt des Projektes.

Folgende Forschungsvorhaben wurden durchgeführt:

- I) Charakterisierung der mit Polyelektrolyt modifizierten Fasern:
Diese Größen sind als Funktion des Modifizierungsgrades der Faser zu bestimmen
 - a) Bestimmung der elektrochemischen Oberflächeneigenschaften. Aus der Zetapotential – pH – Ionenkonzentrationsfunktion kann die Oberflächenladung, die Oberflächenladungsdichte, die Adsorptionenthalpie von Anionen und Kationen, und die Oberflächenenergie berechnet werden.
Diese Größen sind als Funktion des Gehaltes der Faser an kationischem Polymer mittels Strömungspotentialmessung als Funktion des pH-Wertes und der Elektrolytleitfähigkeit (0.1 – 0.5%) zu bestimmen.
 - b) Untersuchung der Struktur der Faser (Kristallinität, Ordnungsgrad, amorphe Bereiche, Poren) mittel Röntgenstrukturuntersuchungen
 - c) Migrationsverhalten des kationischen Polymers aus der Faser als Funktion der Umgebungsbedingungen (hydrophile, hydrophobe Lösungsmittel, Temperatur Salzgehalt, pH Wert). Dies ist über die quantitative Erfassung der Ladungen in der wässrigen Phase mittels Streaming Current Titration möglich.
 - d) Bestimmung der Hydrophilie / Hydrophobie der Faser als Funktion des Gehaltes an kationischem Polymeren mittels Oberflächenspannung und Messung der Penetrationsdynamik.
 - e) Wechselwirkungsverhalten der modifizierten Fasern mit Veredelungs- und Ausrüstungschemikalien

- II) Untersuchung der Wechselwirkungseigenschaften
 - f) Ermittlung des Ausziehverhaltens und Aufbauvermögens mit Salz/ohne Salz und Bestimmung des Einflusses der Temperatur auf die Wechselwirkung (WW) Farbstoff – Faser für unterschiedliche Farbstoffklassen.

mit Direktfarbstoffen	für Cellulosefärbung (ionische und adsorptive
mit Reaktivfarbstoffen	Wechselwirkungen)
mit Säurefarbstoffen	für Polyamidfasern und Proteinfasern
	z.B. Wolle (ionische WW)
mit Dispersfarbstoffen	für Polyesterfasern (adsorptive WW)

 - g) Ermittlung des Desorptionsverhaltens
Desorptionsuntersuchungen an Cellulose/Farbstoff- Systemen