

Gebrüder Otto

Baumwollfeinzwirnerei GmbH & Co. KG

Spinnverfahren für recycelte Baumwolle, RECOT²

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 27606 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Günther Schuster

Balzheim, November 2011

Der Abschlussbericht ist erhältlich bei:

Gebrüder Otto Baumwollfeinzwirner GmbH & Co. KG

Mühlgasse 44

88481 Balzheim

Tel. +49 (0)7347 / 9605 - 0

Fax +49 (0)7347 / 9605 - 95

info@otto-garne.com

Gebrüder Otto

Baumwollfeinzwirnerei GmbH & Co. KG

Spinnverfahren für recycelte Baumwolle, RECOT²

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 27606 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Günther Schuster

Balzheim, November 2011

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	27606	Referat	22	Fördersumme	123.116,00 €
Antragstitel		Spinnverfahren für recycelte Baumwolle, RECOT			
Stichworte		Verfahren Recycling, Textil			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
2 Jahre	02.09.2009	02.09.2011			
Zwischenberichte					
Bewilligungsempfänger	Gebrüder Otto Baumwollfeinzwirnerei GmbH & Co. KG			Tel	07347-9606-248
	Königstr. 34 89165 Dietenheim			Fax	07347-9606 60
				Projektleitung	Andreas Merkel
				Bearbeiter	Andreas Merkel
Kooperationspartner	Universität Ulm Prof. Dr. Martin Müller Stiftungsprofessur Nachhaltiges Wissen, nachhaltige Bildung, nachhaltiges Wirtschaften Fakultät für Mathematik und Wirtschaftswissenschaften Helmholtzstraße 20 89081 Ulm				

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Ziel ist die Entwicklung eines neuen Spinnverfahrens, welches die Herstellung von hochwertigen Premiumgarnen bei anteiliger Verwendung (bis zu 50%) von recycelter Baumwolle ermöglicht.

Es sollen dabei keine Altkleider wieder verwendet werden, sondern vielmehr Prozessabgänge aus dem Herstellungsprozess der textilen Kette (z.B.: rohweiße Restgarne, Abfälle aus der Konfektionierung, Kämmlinge, etc.).

Aus ökologischer Sicht würde bereits eine Mischung von 50% recycelter Baumwolle mit 50% Virgin-Cotton eine Wassereinsparung von 10.000 Litern pro Kilogramm Garn ergeben.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

1. Untersuchung Rohstoffe
Methoden: Prüfung nach Öko-Text, Erstellung diverser Faser-Längendiagramme, REM-Aufnahmen
Baumwolle, Faseranalyse Rohstoffe / Faseranalyse Garn
2. Festlegung Prozessparameter in der Reißerei
3. Untersuchung Rohware / recycelte Baumwolle / Festlegung Parameter Wareneingang
4. Entwicklung des Spinnprozesses:
 - 4.1 Ballenöffnung, ERM, Monowalzenreiniger, Mischbox, intensive Fremdfaserreinigung
 - 4.2 Karde
 - 4.3 Vorstrecken, Ausstrecken, Flyer
 - 4.4 Spinnmaschinen, Spulmaschinen
5. Test Prototypen (Sockenstrick, Hosenstoff, Oberbekleidung, Unterwäsche, Mieder)
6. Analyse der Muster und ggf. Optimierung des Spinnverfahrens
6. Erstellung einer Öko-Bilanz (Universität Ulm / Prof. Dr. Müller)
7. Ggf. Musterschutz / Patentanmeldung

Ergebnisse und Diskussion

Eine Öko-Bilanz wurde durchgeführt, um ökologische Auswirkungen zwischen dem konventionellen Herstellungsprozess und den Produkten mit verschiedenen Recyclinganteilen zu erfassen. Der Fokus lag auf der Ermittlung des Wasserfußabdrucks und des CO₂-Bedarfs durch die notwendigen Energieaufwendungen. Dabei wurde ein besonderes Augenmerk auf den Spinnereiprozess gelegt, da hier die Veränderungen des Produktionsprozesses stattfinden. Alle RECOT-Prozesse schneiden energetisch und von ihrem CO₂-Gehalt sowie dem Wasserverbrauch besser ab, als der klassische Produktionsprozess.

Wir konnten unsere Recot-Faserdaten mit den Faserdaten, die in einem Forschungsvorhaben am ITV Denkendorf untersucht wurden gut vergleichen. Bei diesem Projekt befasste sich das ITV mit der Entwicklung von Verdichtungsgarnen aus Baumwolle bei stark reduzierter Auskämmung. Der Vergleich der Faser- und Garnwerte von unserem RECOT-Produkt mit den ITV-Werten von Garnen derselben Feinheit brachte hervor, dass die IPI-Werte, CV-Werte, Reißkraft und Dehnung gleichwertig oder sogar besser sind. Lediglich bei den Nissenwerten schnitt das RECOT-Garn etwas schlechter ab. Durch den Kämmprozess, den Einsatz von langen Baumwollfasern sowie die Verdichtung der Garne hat man die besten Voraussetzungen, ein qualitativ hochwertiges Garn zu erhalten. Das RECOT-Spinnverfahren ermöglichte dies ohne den zusätzlichen Kämmprozess und mit deutlich kürzeren Fasern.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Für die Auszeichnung mit dem Umweltpreis Baden Württemberg am 03.12.2010 war das RECOT-Projekt maßgeblich mitentscheidend. Es wurde eine Wort-Bild-Marke europaweit geschützt, mit der Textilien, die nach dem RECOT-Verfahren hergestellt werden am POS ausgezeichnet werden können.



Am 06.12.2011 wird im Rahmen des Umwelt- und Medienprojektes „Umwelt baut Brücken“ eine deutsch-rumänische Schülergruppe umfassend das Thema RECOT recherchieren und anschließend einen Zeitungsartikel schreiben. Die Ergebnisse der Recherche werden sowohl in der Südwest-Presse als auch in der überregionalen rumänischen Tageszeitung Romania Libera auf jeweils einer ganzen Seite veröffentlicht.

Fazit

Das Ziel, ein Baumwoll-Premiumgarn mit Anteil an recycelter Baumwolle zu spinnen wurde erreicht. Musterungen wurden bei Kunden erfolgreich platziert, wobei erste größere Industrieaufträge im November 2011 abgeschlossen wurden. Somit wurden sowohl die ökologischen, technischen als auch wirtschaftlichen Ziele des Projektes erreicht.

Inhalt

1	Zusammenfassung	1
2	Einleitung.....	2
3	Hauptteil	6
3.1	Untersuchung der Rohstoffe	6
3.2	Optimierung der Faserwerte.....	6
3.2.1	Ermittlung einer faseroptimierten Reinigung.....	8
3.2.2	Ermittlung der optimalen Drehzahlen.....	9
3.2.3	Ermittlung der richtigen Mischungszusammenstellung.....	10
3.2.4	Ermittlung des optimalen Vorgarns.....	11
3.3	Optimierung an der Ringspinnmaschine	12
3.3.1	Allgemeines zum Verzugsprozess.....	12
3.3.2	Versuchsdurchführungen.....	17
3.3.3	Nummerwechsel auf Nm 80/1	25
3.4	Kundenauftrag Nm 70 und andere feinere Ausspinnungen.....	25
3.5	Neue Recot4 Baumwollmischung nach Staubproblem	26
3.5.1	Faserauswertungen vom Ballen bis zur Flyerspule Recot4.....	26
3.5.2	Abriebtest mit dem Staff-Gerät G 555	27
3.5.3	Beeinflussung der Haarigkeits- und Nissenwerte durch den Spulprozess	28
3.6	Einrichten einer Ringspinn- und Spulmaschine auf verschiedene Sortimente.....	30
3.7	Kundenreklamation wegen Spulenablaufschwierigkeiten.....	31
3.7.1	Wicklung bei Kreuzspulen	31
3.8	Weitere Kundenaufträge und Umstellungen	32
3.8.1	Rückmeldung und erneute Aufträge	35
3.9	Garnvergleiche der Recot-Garne mit denen eines ITV Forschungsvorhabens	38
4	Betrachtung der Umweltrelevanz	42
4.1	Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens.....	42
4.2	Sachbilanzanalyse.....	46
4.2.1	Aufwandsanalyse für den klassischen Produktionsprozess.....	46
4.2.2	Aufwandsanalyse für den RECOT-Prozess.....	50
4.3	Wirkungsabschätzung	55
5	Fazit	57
6	Literaturverzeichnis und Quellennachweise	58

Verzeichnis von Bildern

Abbildung 1 Volumenabnahme des Aralsees (Satellitaufnahmen).....	2
Abbildung 2 Links Sägezahnwalze, rechts Nadelwalze	9
Abbildung 3 Faserreibungs-Zonen.....	21
Abbildung 4 Stärke der Reibung zwischen den Fasern.....	22
Abbildung 5 Sektion mit geringer Faser/Faserreibung	22
Abbildung 6 Erweiterung des Reibfeldes.....	23
Abbildung 7 Detailaufnahmen: Links ohne Faserführungsstab, Rechts mit Faserführungsstab .	23
Abbildung 8 Skizze Staff-Gerät G 555.....	27
Abbildung 9 Entnommene Faserfragmente	29
Abbildung 10 Detailaufnahme Autoconer	29
Abbildung 11 Beispiel für eine Fadenführungstrommel.....	32
Abbildung 12 Punktwolke mit Garnreinigungsgrenzen.....	34
Abbildung 13 Betrachtete Wertschöpfungsstufen	42
Abbildung 14 Inputs und Outputs klassischer Prozess	49
Abbildung 15 RECOT-Mischung Simbabwe 70/30.....	52
Abbildung 16 RECOT-Mischung Simbabwe 50/50.....	53
Abbildung 17 RECOT-Mischung USA 70/30.....	54

Verzeichnis von Tabellen

Tabelle 1 Bereiche des Kurzfasergehalts in Rohbaumwolle.....	4
Tabelle 2 Wicklungsarten, Drehsinn und Ablauf	31
Tabelle 3 Prüfwerte der Flyerspulen im Vergleich zu den Prüfwerten beim ITV	39
Tabelle 4 Almeter Prüfergebnisse im Vergleich zu Daten vom ITV Forschungsbericht.....	40
Tabelle 5 Uster Tester Prüfergebnisse im Vergleich zu Daten vom Forschungsbericht.....	41
Tabelle 6 Input-/Outputmengen für den klassischen Prozess	46
Tabelle 7 Wasserbedarfsmengen Anbau.....	47
Tabelle 8 Häfen und deren Entfernung.....	48
Tabelle 9 Abgänge pro Prozessschritt RECOT-Prozess	50
Tabelle 10 Input-/Outputmengen 70/30 Mischung	50
Tabelle 11 Input-/Outputmengen 50/50 Mischung	51
Tabelle 12 Gesamtwassermenge RECOT-Mischungen.....	51
Tabelle 13 Wasserfußabdruck für ein T-Shirt mit 1kg	55
Tabelle 14 Ergebnisse Energieaufwand (unterer Heizwert).....	56
Tabelle 15 Ergebnisse der CO ₂ -Äquivalenzen	56

Verzeichnis von Begriffen und Definitionen

2,5%, 5%- bzw. 25%-Stapel: Stapelbereich der längsten 2,5%, 5% bzw. 25% aller Fasern.

3-Zylinder-Streckwerk mit Doppelriemchen: Typisches Streckwerk der Baumwollspinnerei mit 3 Walzenpaaren.

Allokation durch die cut-off rule: Hierbei werden die beiden Systeme von einer genau definierten Grenze voneinander getrennt, so dass keine Verrechnung zwischen den beiden Systemen stattfindet. Somit führt das recycelte Material zu einer Entlastung des Systems unter Verwendung des Primärrohstoffes, da das recycelte Material nicht als Abfall angerechnet wird. Das System, das die Sekundärrohstoffe verwendet, bekommt keine Lasten von der Rohstoffgewinnung.

Allokation nach Masse: Hierbei werden alle Input- und Outputströme nach ihrem Massenanteil aufgeteilt. Dabei gilt es zu beachten, dass dieses Allokationsverfahren konsequent für die einzelnen Prozessmodule beachtet wird. Alle Inputs und Outputs werden ausgehend von der Gesamtmasse prozentual auf die Massenanteile der ausgehenden Produkte verteilt.

Ballon: Beim Abzug des Garns von der Spule durch Fliehkräfte entstehendes, ballonartiges Gebilde.

Blaues virtuelles Wasser: Dieses Wasser entspricht der Menge Wasser, die aus regionalen Wasserquellen, wie Grundwasser, Flüsse oder Seen, entnommen wird, um entweder in der Landwirtschaft das Pflanzenwachstum zu unterstützen oder für den Einsatz in Produktionsprozessen zu dienen. Wichtig gilt zu beachten, dass dieses Wasser nicht zurückgeleitet werden kann, das Wasser welches ungenutzt in die Entnahmequelle oder in eine andere zurückfließt wird nicht mit einberechnet. In der Landwirtschaft wird dasjenige Wasser das in den Boden geht, das Verdunstungswasser auf dem Feld sowie die Verdunstungsverluste die beim Wassertransport entstehen als blaues Wasser bezeichnet.

Cops: Fertig bewickelte Garnhülse von einer Ringspinnmaschine. Vorlage für die Spulmaschine.

CV-Wert: Variationskoeffizient CV: Variation um den Mittelwert.

Deckel: Mit Drahthäkchen besetzte, aneinander gekuppelte Querstäbe die sich gegenläufig zum schnell laufenden Tambur bewegen um das Fasergut zu parallelisieren und aufzulösen.

Dickstelle: Imperfektion im Garn, ermittelt als prozentuale positive Abweichung zur mittleren, gewünschten Garnfeinheit.

Direkter Wasserverbrauch: Bezogen auf eine Supply Chain kann für jeden Prozessschritt der direkte Wasserverbrauch als die Menge an Wasser verstanden wird, die für den eigenen Herstellungsprozess notwendig ist.

Doppelriemchen / Riemchenpaar: Einheit aus Ober- und Unterriemchen. Zur Faserführung zwischen den Walzenpaaren.

Doublieren: Zusammenführen von 2 oder mehreren Vorlagen (z.B. Bänder, Vorgarne, Garne) zum Zwecke der Vergleichmäßigung der Massenschwankungen.

Dünnstelle: Imperfektion im Garn, ermittelt als prozentuale negative Abweichung zur mittleren, gewünschten Garnfeinheit.

Evaporation: Stellt die Verdunstung auf freiem Land und Wasserflächen dar.

Fadenführungstrommel: Element in der Spulmaschine zur Fadenverlegung auf der Spulenhülse.

Flyer: Maschine zur Herstellung eines Vorgarnes das als Vorlage der Ringspinnmaschine dient.

Flyerlunte / Vorgarn: Ausgabeband am Flyer und Vorlage für die Ringspinnmaschine.

Füllschacht: Baumwollflockenspeicher und -speiser vor der Karde.

Gekämmtes Garn: Garn, das mit dem Kämmprozess hergestellt wurde.

Graues virtuelles Wasser: Hierunter versteht man die Menge an Wasser, die während des Herstellungsprozesses verschmutzt wird und nicht mehr gebraucht werden kann, beziehungsweise die Menge an Wasser, die notwendig wäre, um das verschmutzte Wasser so weit zu verdünnen, dass allgemeine Standardwerte für die Wasserqualität wieder eingehalten würden.

Grünes virtuelles Wasser: Gibt die Menge an Wasser an, die durch Regenfälle im Boden gespeichert werden und dann von Pflanzen zum Wachstum aufgenommen werden.

Haarigkeit: Durch Abstehen von Fasern entstehendes Garnbild.

Hauptfeld: Bereich zwischen mittlerem Walzenpaar und Auslaufwalzenpaar im Streckwerk.

Hauptverzugszone: Verzugszone im Streckwerk, in dem der hauptsächliche, größte Verzug stattfindet.

Indirekter Wasserverbrauch: Der indirekte Wasserverbrauch kann als die Menge an Wasser verstanden werden, mit der die Zwischenprodukte bereits bei Eintreffen am Unternehmenstor belastet sind.

IPI - Wert: Imperfektions-Indikator, ermittelt in Imperfektionen des Garns pro km.

Käfigklemmlinie: Klemmlinie zwischen Ober- und Unterriemchen.

Käfigstützen/Leitblechstützen/Clips: Abstandshalter zwischen Ober- und Unterriemchen.

Kammermischer UNImix: Maschine zur Faserflockenmischung nach der Öffnung der Baumwollballen.

Kämmmaschine: Maschine zur Auskämmung von einem gewissen Prozentsatz an Kurzfasern, Nissen und Schalenteilen. Zusätzlich notwendige Maschine zur Herstellung von sehr feinem, hochwertigem Garn (Feiner Nm 85).

Karde: Beim Kardierprozess in der Maschine werden die Faserflocken zu einzelnen Fasern weiter aufgelöst, parallelisiert und das entstehende Faserflor zu einem Kardenband zusammengefügt. Während des Kardierens werden Kurzfasern, Nissen, Fremd- und Schmutzpartikel weitgehend entfernt.

Kardenband: Ausgabeband an der Karde.

Karderie: Einheit aller Karden in einer Spinnerei.

Kardiertes Garn: Garn, das ohne den Kämmprozess hergestellt wurde.

Kompaktgarn: Mit einem Verdichtungs- bzw. Kompaktierungssystem hergestelltes Garn.

Kordelwalze: = Unterer Mittelzylinder.

Kreuzspule: Garnspule, mit sich überkreuzenden Garnlagen unter einem bestimmten (veränderbaren) Steigungswinkel, die durch tangenciales Aufwickeln mit Fadenführern oder Nutentrommeln, gesteuert oder ungesteuert, erzeugt wird.

Langstapel: Baumwoll-Qualität mit einer Faserlänge bis 26mm

Leitbleche: Maschinenteil zur Einstellung der Ausscheidungsmenge an der Karde.

Maulweite/Käfigöffnung: Abstand zwischen mittlerer Oberwalze und mittlerer Unterwalze im Streckwerk der Ringspinnmaschine. Bestimmt die Größe des Durchzugswiderstandes beim Auslauf des Faserverbandes. Wird mit Clips (Abstandshalter) eingestellt.

Mittelstapel: Baumwoll-Qualität mit einer Faserlänge von 26mm bis 29mm.

Nissen: (Fasernissen, Samennissen): Durch Faserverknotungen oder wegen an Fasern hängengebliebenen Samenresten entstehende Ungleichmäßigkeit im Fasergut.

Nm: Einheit für die Garnfeinheit in $\frac{m}{g}$. Nm 1 bedeutet, dass 1 Meter Garn 1 Gramm wiegen, Nm 100 bedeutet, dass 100 Meter Garn 1 Gramm wiegen.

Oberriemchen/Unterriemchen (Riemchenpaket): Gummiriemchen zur Faserführung zwischen mittleren Walzenpaar und Ausgangswalzenpaar.

Oberriemchenhalter/Oberriemchenkäfig (OH): Halterung für Oberriemchen.

OE-Garn: OE=Open End; Nach dem Rotorspinnverfahren hergestelltes Garn.

Öffnerei / Putzerei: Einheit sämtlicher Maschinen und Anlagen, die das Rohmaterial durch Öffnen der gepressten Ballen vorauflöst sowie reinigt und somit für die Karderie vorbereitet.

Pendelträger: Federdruckelement zur Aufnahme der Oberwalzen.

Provenienz: Herkunftsland bzw. Anbaugebiet von Baumwollsorten.

Reinausspinnungen: Ausspinnen eines Garnes dessen Material von nur einer Karde stammt. Dient dem Vergleich der Leistungen von Kardern mit verschiedener Ausstattung.

Riffelzylinder: Unterwalzen mit Kannelur.

Ringbank: An der Ringbank sind die Spinnringe befestigt.

Ringgarn: Nach dem Ringspinnverfahren hergestelltes Garn.

Ringläufer: Auf dem Spinnring umlaufender, von der rotierenden Spule durch Fadenzug nachgeschleppter, bügelförmiger Fadenführer, der die Aufwicklung bei den Ringspinnmaschinen erwirkt.

Ringspinnmaschine: Maschine zur Herstellung eines Ringgarns durch Verzug des Vorgarns bis zur gewünschten Feinheit, Drehungserteilung und Aufwinden des fertigen Garns auf einen Wickelkörper (Cops).

Roller-gin-Verfahren: Zur Entkörnung (Egrenieren) langstapeliger Baumwolle verwendetes Verfahren mittels einer Walzenegreniermaschine (Walzengin).

Rückhang/Vorhang: Position der Oberwalze zur Unterwalze. Beim Rückhang ist diese nach hinten, beim Vorhang nach vorne verschoben.

Saw-gin-Verfahren: Zur Entkörnung (Egrenieren) kurzstapeliger Baumwolle verwendetes Verfahren mittels einer Sägeegreniermaschine (Sägegin).

Schlagstelle: Reinigungsstelle in einer Putzereimaschine.

Schusseintrag: Einbringung des querliegenden Fadensystems in einem Gewebe auf einer Webmaschine.

Schwimmende Fasern: Bezeichnung für die in der Verzugszone des Streckwerks (von Walzenpaar zu Walzenpaar) ungeführten und nur durch Faserhaftung mitgeführten Fasern eines Bandes oder Lunte.

S-Drehung / S-Draht: Garndrehung, bei der die Drehungslinien auf der Garnoberseite ein „S“ bilden. (Rechtsdrehung)

Shore-Härte: Maß für die Bewicklungshärte von Wickelkörpern (z.B. Spulen) sowie für Gummi- und Kunststoffwalzenbezüge.

Spindreieck: Durch Quetschwirkung der Ausgangs-Streckwerkswalzen dreieckförmiger Faserbart, der am Ende des Streckwerks in den Garndrehungsbereich übergeht.

Spinnring: Laufbahn für den Ringläufer bei Ringspinnmaschinen.

Spinnstrecke: Strecke vom Ausgangszyylinderpaar zum Läufer.

Spinnwinkel: Winkel der entsteht zwischen Klemmpunkt Ausgangswalzenpaar und Fadenführer.

Spleiß: Mittels Verwirbelung der Fasern durch Druckluft entstehende Verbindung zweier Garnenden.

Spulmaschine / Autoconer: Maschine zum Umspulen des Garns vom Cops auf eine Garnhülse um eine höhere Ablaflänge und einen geeigneten Spulenaufbau für die Weiterverarbeitung des Garns herzustellen. Während des Umspulens erfolgt eine Endkontrolle des Garns auf ungewünschte Eigenschaften wie Dünn- und Dickstellen, Fremdfaserkontamination usw. um diese Stellen je nach Einstellung evtl. heraus zu schneiden und die Enden wieder zusammen zu spleißen.

Stafftester: Prüfmaschine zu Ermittlung des Abriebwertes eines Garns.

Stapelfasern: Fasern, denen im Gegensatz zu endlosen Filamenten eine gewisse Länge zugeordnet werden kann.

Stapellänge: Durchschnittslänge aller Spinnfasern aus einer Faserprobe, ein Gradmesser für den technischen Spinnwert.

Strecke: Maschine zum Verziehen, Verfeinern und zur Vergleichmäßigung der einlaufenden Kardenbänder sowie Ausrichten von möglichen Faserhäkchen.

Streckenband: Ausgabeband an der Strecke.

Streckfeldweite: Abstand von der Klemmlinie eines Walzenpaars zur nächsten.

Streckwerk: Vorrichtung an Spinnmaschinen zum Verfeinern (Verziehen) von Faserbändchen durch verschieden schnell laufende Walzenpaare.

Tambour: Mit einer Ganzstahlgarnitur besetzte Hauptauflösetrommel in der Karde.

Trashgehalt: Prozentualer Schmutzanteil in der Baumwolle.

Unterriemchenbrücke/Wendeschiene: Stützt das Unterriemchen beim Durchlaufen des Hauptfeldes.

USTER® AFIS: AFIS= Advanced Fiber Information System; Prüfgerät zur Analyse des gesamten Spinnprozesses. Misst verschiedene Fasereigenschaften wie Faserlänge, Reifegrad, Nissenanteil, Schmutzpartikel, Kurzfasergehalt usw.

USTER® STATISTICS / *usp*: In den Uster Statistics ist das Qualitätsniveau vieler versponnener Garne festgelegt. Das Unternehmen Uster Technologies AG prüft seit einem halben Jahrhundert alle 5-7 Jahre Material (Fasern und Garne) von ca. 1700 Betrieben der Textilindustrie aus der ganzen Welt, wertet die Proben aus und stellt die Ergebnisse der Auswertung in einem Bulletin oder in einer Datenbank den Kunden zur Verfügung.

Verdichter: Element in einem Streckwerk zur Luntenföhrung.

Vorfeld: Bereich zwischen Eingangswalzenpaar und mittlerem Zylinderpaar im Streckwerk.

Vorverzug: Anspannverzug der eingehenden Faserlunte durch Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Eingangs- und Mittelzylinderpaar.

Wasserfußabdruck: Stellt die Menge an virtuellem Wasser dar, die auf eine bestimmte Einheit bezogen ist, dazu zählen Produkte, Menschen oder auch Nationen.

Windungsverhältnis: Verhältnis von Hauptwindung (der Bereich der Copswindungen, bei dem mit langsamer Aufwärtsbewegung der Ringbank fast parallele Garnlagen erzeugt werden) zur Kreuzwindung (trennen die Hauptwindungslagen voneinander).

Z-Drehung / Z-Draht: Garndrehung, bei der die Drehungslinien auf der Garnoberseite ein „Z“ bilden. (Linksdrehung)

Zettelgatter: Bezeichnung für die Aufnahmevorrichtung mehrerer Garträger zum Ablauf ganzer Fadenscharen beim Zetteln (Kettbaum-Herstellung für die Weberei)

1 Zusammenfassung

Baumwolle gehört zu den am intensivsten bewirtschafteten Agrarprodukten weltweit. Bedingt durch die benötigten klimatischen Anforderungen einer Baumwollpflanze, wird sie nur in sehr heißen und trockenen Gegenden angebaut. Um eine optimale Ernte zu erreichen, wird sie demnach künstlich bewässert. Es zeichnet sich bereits heute ab, dass Wasser zukünftig eines der größten Probleme weltweit darstellen wird, insbesondere in Regionen, in denen heute Baumwolle angebaut wird. Dort ist Wasser bereits heute knapp und der drohende Klimawandel wird die Situation noch verschlechtern. Ein weiteres Problem ist der starke Einsatz von Pestiziden, der in einem erheblichen Ausmaß Mensch und Natur in der betroffenen Region belastet (WWF 2007, S.5). Das Projekt RECOT² hat das Ziel, den Wasser- sowie Pestizideinsatz durch die Herstellung eines Garns mit recycelter Baumwolle zu verringern. Dazu sollen die in verschiedenen Prozessstufen der textilen Kette anfallenden Abfälle verwendet werden, z.B. die in der Spinnerei anfallenden Fadenreste und die Verschnittkanten der Strickerei oder Weberei.

Um die Anforderungen der Garne des Premiumsektors zu erfüllen, mussten vor allem in der ersten Projektphase die Kriterien und Anforderungen der verwendeten Materialien in Bezug auf Qualität, Beschaffenheit und Ökologie definiert werden. Weiterhin mussten in Zusammenarbeit mit der Reißerei „Gläser Textil GmbH“ Prozessparameter mit Hinblick auf eine optimale Verarbeitbarkeit der Rohstoffe in der Spinnerei erarbeitet werden. Eine Festlegung der Anforderungen an die Prozessparameter und der gewünschten Qualität der Endprodukte wurde in Zusammenarbeit mit verschiedenen Kunden, die feine Stoffwaren herstellen, ausgearbeitet. Innerhalb der Spinnerei bestand über den gesamten Produktionsprozess von der Öffnerei, Karderie, Strecken, Flyer, bis hin zu den Ringspinn- und Spulmaschinen ein Entwicklungs-, Optimierungs- und Anpassungsbedarf. Größere Umbauten und Investitionen haben maßgeblich zum Erfolg beigetragen. Im Bereich der Spinnerei war die Entwicklung eines neuen Spinnverfahrens zur optimalen Fasereinbindung notwendig. Durch intensive Forschung und zahlreiche Versuche ist es uns gelungen, eine Garnqualität herzustellen, die unsere Erwartungen übertroffen hat.

Als Kooperationspartner war uns die Universität Ulm mit der Ausarbeitung einer Ökobilanz mit Fokus auf die Energie- und Wasserverbräuche eine große Hilfe. Dieses Entwicklungsprojekt wurde gefördert unter dem Aktenzeichen 27606 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

2 Einleitung

Die Baumwollpflanze wird in Gebieten mit wenig Regen angebaut, da hier die Wasserzugaben kontrollierbar sind und ein höherer Ernteertrag erzielt wird. Somit kommt es je nach geographischer Lage und der Art der Bewässerung zu einem Wasserbedarf von bis zu 26.900 m³/t Baumwolle. (Paulitsch; Baedeker; Burdick 2004, S.24). Das wohl bekannteste Beispiel der Folgen einer künstlichen Bewässerung von Baumwollfeldern sind die Veränderungen des Aralsees. So hat der Aralsee (einst viertgrößter Binnensee der Welt) in den letzten 40 Jahren ca. 90% seines Volumens verloren. Der Salzgehalt ist um das 4-fache gestiegen – ebenso die Konzentration an Chemikalien und Giftstoffen. Dies hat in dieser Region eine hohe Kindersterblichkeitsrate zur Folge (Giese; Sehring 2007, S.14).



Ein weiteres Problem des Rohstoffes Baumwolle findet sich in der starken Pestizidbelastung. Der hohe Einsatz von Pestiziden/Insektiziden verursacht nicht nur starke Schädigungen in der Natur, sondern führt auch bei den Arbeitnehmern oftmals zu starken Vergiftungserscheinungen und in der Folge nach Schätzung der Weltgesundheitsorganisation zu mehr als 3 Mio. Erkrankungen und 20.000 geschätzten Todesfällen pro Jahr (Haider; Reller, S. 6)

Das Projekt RECOT² hat das Ziel, die globale Situation durch die Herstellung eines Baumwollgarns mit recycelter Baumwolle zu verbessern. Um aus den Ausschüssen ein hochwertiges Garn herstellen zu können, muss ein neues Spinnverfahren entwickelt werden. Dieses zu entwickelnde Spinnverfahren soll die Herstellung eines Garns ermöglichen, welches zumindest annähernd die technischen Daten eines konventionellen Garns erreichen kann, so dass bei den Endartikeln keine qualitativen Abstriche gemacht werden müssen. Um die Abfälle der konventionellen Herstellung nutzen zu können, müssen sie durch die Reißerei wieder so aufbereitet werden, dass sie in der Spinnerei erneut eingesetzt werden können. Hierbei wird

versucht eine max. Abfallmenge aufzuarbeiten und zurück zu führen. Gegenüber einer Standard-Baumwolle mit einer Stapellänge von 32 mm (2,5%-Stapel), liegt die recycelte Baumwolle bei einer Stapellänge von max. 15 mm. Daher muss vor allem der Prozess innerhalb der Spinnerei auf die neuen Gegebenheiten angepasst werden.

Aus ökologischer Sicht würde eine Mischung von 50% recycelter Baumwolle mit 50% Virgin-Cotton bereits eine globale Wasserersparnis von 10.000 Litern Wasser pro Kilogramm ergeben. Weiterhin hätte die Einsparung der Baumwolle auch eine Einsparung des Pestizideinsatzes zur Folge. Auch im Energiebereich werden durch die Veränderung der Stoffströme Verbesserungen erwartet.

Bei der Herstellung eines Baumwollgarns mit recycelter Baumwolle stellen sich die folgenden Probleme, die durch die Anpassung der Produktionsprozesse und die Entwicklung eines neuen Spinnverfahrens gelöst werden mussten:

1. Der recycelte Rohstoff muss bestmöglich aufgelöst sein, wobei die Fasern nicht zu gravierend eingekürzt sein dürfen.
2. Die Auflösung von im Rohstoff enthaltenen Restfäden muss in der Spinnerei im Bereich der Karderie technisch gelöst werden. Dies ist mit modernen Karden heute nicht möglich.
3. Die Fasereinbindung der recycelten Fasern mit rauer Oberfläche verhält sich unterschiedlich zu normaler Baumwolle. Eine optimale Fasereinbindung ist allerdings Voraussetzung für hochwertige Flächengebilde mit guten Wasch- und Pillingeigenschaften.
4. Nachdem der Ursprung der Abfälle nicht ohne größeren Aufwand nachvollzogen werden kann, muss sichergestellt sein, dass diese Abfälle nicht mit Schadstoffen belastet sind. Die verwendeten Rohstoffe und Erzeugnisse müssen daher in regelmäßigen Abständen schadstoffgeprüft werden. (Anforderung: Öko-Tex Standard 100, Klasse 1).
5. Hochwertige Textilien aus 100% Baumwolle dürfen keine anderen Fasern (z.B. synthetische Fasern) enthalten, da sich diese beim Bleichen bzw. Färben unterschiedlich verhalten und erfahrungsgemäß zu hohen Reklamationen führen. So genannte Fremdfasern müssen entweder beim Recycling oder aber im Spinnprozess entfernt werden. Der Sicherstellung dieses Kriteriums ist sehr hohe Priorität einzuräumen, da sowohl die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten als auch die damit verbundenen Risiken aus Kundenreklamationen jeweils als hoch eingestuft werden müssen.

6. Die Spinnndrehung, das Spinnverfahren sowie das Spulverfahren müssen auf die geänderten Rohstoffe zwingen angepasst und optimiert werden, um einerseits eine hohe Produktqualität und andererseits eine wirtschaftliche Fertigung zu sichern.

Das während des Projektes entwickelte Spinnverfahren existiert in dieser Art und Weise noch nicht und stellt somit keinen Stand der Technik dar. Die Gebrüder Otto GmbH und CO. KG hat Erfahrungen mit der Verarbeitung kurzer Fasern, jedoch stellt die recycelte Baumwolle andere Anforderungen. Somit musste im Rahmen des Projektes ein neues Know-how entwickelt werden.

Die Faserlänge ist eine der wichtigsten Merkmale der Baumwolle; sie definiert die Verspinnbarkeit der Faser. Je nach Garnqualität und Garnfeinheit muss eine geeignete Baumwolle ausgesucht werden. Ein feines Baumwollgarn erfordert bisher auch eine langstapelige Baumwolle. Je länger die Fasern, umso geringer die Zahl der Nissen, der Kurzfasergehalt, die Schmutzanteile und die Staubpartikel.

Der Kurzfasergehalt ist der Prozentanteil aller Fasern innerhalb einer Probe, die kürzer als 12,7mm sind. Die nachfolgende Tabelle gibt einige generelle Klassen für die Zahl des Kurzfasergehalts nach Faserzahl in der Rohbaumwolle an.

Kurzfasergehalt nach Faserzahl	Beschreibung
< 14	Sehr tief
14-18	tief
18-22	mittel
22-24	hoch
>24	Sehr hoch

Tabelle 1 Bereiche des Kurzfasergehalts in Rohbaumwolle

Der Kurzfasergehalt nimmt unter anderem Einfluss auf folgende Garnqualitätsmerkmale:

- Garngleichmäßigkeit

Je höher der Kurzfasergehalt, desto ungleichmäßiger wird ein Garn, weil die Kurzfasern im Streckwerk nicht hinreichend kontrolliert werden können. Je feiner ein Garn ausgesponnen wird, desto schwieriger ist es, ein gleichmäßiges Garn zu erhalten. Es besteht deshalb die Notwendigkeit, die Anzahl der Kurzfasern für feine Garne zu reduzieren.

- Dick- und Dünnstellen

Weil die Kurzfasern im Streckwerk kaum kontrolliert werden können nimmt die Zahl der Dick- und Dünnstellen mit steigender Anzahl an vorhandenen Kurzfasern zu.

- Garnhaarigkeit

Während des Garnbildungsprozesses sind Kurzfasern schwieriger in den Garnkörper einzubinden. Viele Kurzfasern ragen aus dem Garnkörper und tragen dadurch zu einer Erhöhung der Haarigkeit bei.

Laut technischer Literaturen und praktischer Spinnereierfahrung war es bisher nicht möglich ein gleichmäßiges, feines Baumwollgarn, welches einen Kurzfaseraanteil von mehr als 24% aufweist, herzustellen. (Schleth; Peters, Seite 3-9 und 9-2 - 9-6)

3 Hauptteil

3.1 Untersuchung der Rohstoffe

Die erste Überlegung aus dem bisherigen Kenntnisstand war, eine klare Vorgehensweise zu definieren. Dabei mussten wir zuerst einmal eine Istaufnahme von den aktuell auf dem Markt befindlichen Recyclingabfällen durchführen. Die Prozessparameter in der Reißerei zweier Anbieter von recycelter Baumwolle wurden vorab besprochen, die angebotenen Fasern geprüft und anschließend miteinander verglichen. Dabei war auffallend, dass die Faserwerte hohe Streubreiten aufweisen.

Durch den Recyclingprozess kommt es zu einer starken Fasereinkürzung. Die durchgeführten Faserprüfungen ergaben, dass der Kurzfaseranteil im Durchschnitt bei 66% liegt. Das heißt, dass wir größtenteils extrem kurze Fasern zum Spinnen zur Verfügung haben. Auffallend war auch der große Unterschied im Schmutzgehalt. Dieser schwankte zwischen 0,5% und 7,2%. Desweiteren waren sehr viele unaufgelöste Fasern in den Prüfproben, die wir auch später in den gelieferten Ballen in großer Häufigkeit wiederfanden.

3.2 Optimierung der Faserwerte

Nach der Auswertung der Faserprüfungen wurde das Rohmaterial besorgt, eine kleine Mischung zusammengestellt und die erste Ausspinnung durchgeführt. Um im ersten Schritt Recot-Garn zu produzieren, bestand in der Spinnerei über den gesamten Produktionsprozess von der Öffnerei, Karderie, Strecken, Flyer, bis hin zu den Ringspinn- und Spulmaschinen Optimierungs- bzw. Anpassungsbedarf. Es wurden gewisse Umbauten bzw. Optimierungsarbeiten von einem Spinnereiteam durchgeführt. Dabei wurde jeweils nach jedem Arbeitsschritt Laborprüfungen durchgeführt. Nach Prüfung des Endprodukts Spule, mussten wir feststellen, dass es beim Spulen mit unseren aktuell festgelegten Reinigereinstellungen Probleme gab. Bei den Garnwerten der Recot-Copse waren die IPI- Werte zu schlecht, so dass wir es nicht mit den vordefinierten Reinigereinstellungen zum Laufen bringen konnten. Rein visuell waren schon die ungleiche Garnstruktur und eine hohe Haarigkeit zu erkennen. Wir mussten die Reinigereinstellungen deutlich öffnen um nicht Spleiß an Spleiß im Garn zu erhalten. Das fertige Garn wurde mit unseren bereits vorab durchgeführten kardierten Reinausspinnungen verglichen. Als wir das Recot-Garn diesen Reinausspinnungen gegenüberstellten, ähnelten sich die Garnergebnisse sehr. Die Nissen und Dickstellen waren allerdings bei unserem Recot-Garn, bedingt durch den hohen Kurzfaseranteil in der Mischung, noch deutlich höher.

Obwohl wir über die Jahre verschiedene Parameter beim Ringspinnen verbessern konnten, mussten wir feststellen, dass die Behauptung berechtigt ist, dass ein Garn, mit einem Kurzfaseranteil höher als 24% nicht herstellbar ist. Im weltweiten Vergleich lag das Recot-Garn

bei ca. 70% USTER® STATISTICS (70% usp). Das bedeutet, dass 70% aller Garnproduzenten ein besseres kardiertes Garn der Feinheit Nm 50 produzieren. Dieser Ist-Zustand wurde mit dem Spinnereiteam besprochen und es wurde erörtert wie wir systematisch vorgehen werden um das Recot-Garn zu verbessern.

Da bisher aus Baumwolle mit sehr hohem Kurzfasergehalt nur sehr grobe Garne ausgesponnen werden konnten (z.B. Nm 17, Nm 28 und eventuell noch Nm 34), wollten wir zuerst einmal versuchen, eine Art Ist-Aufnahme der Garne zu machen, welche aus Baumwolle mit hohem Kurzfasergehalt hergestellt werden. Dazu kauften wir ein OE-Garn Nm 34 und ein kardiertes Ringgarn Nm 34 und verglichen diese mit unserem Recot-Garn Nm 34. Bei der Ausspinnung des Recot-Garns kamen neue Oberriemchenhalter im Streckwerk der Ringspinnmaschine zum Einsatz. Mit unserem Recot-Garn konnten wir auf Anhieb die gleichen IPI-Werte aufweisen wie ein vergleichbares Kaufgarn. Bemerkenswert war, dass die IPI-Werte des OE-Garns so wenig Dickstellen und Nissen aufwiesen. Da wir nichts von der verwendeten Baumwolle dieser Kaufgarne wussten, haben wir versucht über das Garn die Faserdaten am USTER® AFIS zu ermitteln. Allerdings konnten wir diese Faserprüfwerte nur als Richtwert anschauen, da durch die Drehung im Garn die Fasern durch die Auflösewalze im AFIS eingekürzt werden.

Nachdem die Faserlänge bei dem geprüften OE-Garn im Vergleich am kürzesten war aber die geprüften IPI-Werte im Garn sehr gut waren, haben wir das Streckenband zur Faserbestimmung von unserem Lieferanten angefordert. Wir wissen zwar, dass der OE-Prozess die meisten Fasernissen im Garnkörper einhüllt, trotzdem fiel die Nissenzahl pro 1000 m äußerst gering aus. Deshalb baten wir unseren Lieferanten außerdem, uns eine von diesem Streckenband hergestellte OE-Garnspule mit der Garnnummer Nm 50 mit zu senden. Das erhaltene Streckenband wurde mit dem AFIS geprüft und mit unserem Recot-Streckenband verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass die Faserlängenwerte des OE-Streckenbandes fast genau identisch mit unserem Recot-Streckenband waren. Der Kurzfasergehalt des OE-Garns lag sehr hoch. Wir wissen jedoch, dass es zu den großen Vorteilen des Rotorspinnens gehört, dass über den gesamten Garnfeinheitsbereich Fasern mit gleichem Kurzfasergehalt eingesetzt werden.

Deshalb fällt bei dem Garnwertevergleich Nm 50 Recot-Garn und dem Nm 50 OE-Garn folgendes auf:

- die Nissenwerte sind im OE-Prozess deutlich höher
- die Dünnstellen sind im OE-Prozess deutlich höher
- die Dickstellen sind im OE-Prozess aber extrem niedrig
- die Reißkraft ist im OE-Prozess niedriger

Betrachtet man die zwei verschiedenen Spinnverfahren zueinander, dann spielt der Kurzfaserteil der Baumwolle bei dem Ringspinnverfahren eine deutliche größere Rolle als beim OE-Spinnen. Durch den hohen Kurzfaserteil im Ringspinnverfahren kommen die in der Einleitung (Seite 5) bereits beschriebenen Punkte voll zum Tragen. Bei praktisch den gleichen Faserparameter im Streckenband erhalten wir beim Ringspinnverfahren eine deutlich höhere Ungleichmäßigkeit. Diese errechnet sich hauptsächlich aus der hohen Dickstellenanzahl, die sich zwangsläufig beim Ringspinnverfahren ergeben. Die zwei Garnarten unterscheiden sich allerdings nicht nur durch die unterschiedlichen IPI-Werte zueinander, vor allem fällt der Griff des Gestrickes oder des Gewebes völlig anders aus. Während das OE-Garn vom Griff her sehr hart ist, fühlt sich das Ringgarn sehr weich an. Dies bedeutet wiederum, dass sich das OE-Garn nur für bestimmte Einsatzgebiete eignet. Aus dieser durchaus nicht neuen Erkenntnis, ist die vorgegebene Zielsetzung noch interessanter, da ein Premium-Garn aus Recyclingabfällen bisher keine Spinnerei herstellen konnte. Außer bei den OE-Rotorgarnen, welche im Premiumsegment bisher keine allzugroße Rolle spielten, konnten kurze Baumwollfasern beim Spinnen nicht eingesetzt werden. Vorallem bei feineren Garnnummern verschlechtern sich die IPI-Werte extrem.

3.2.1 Ermittlung einer faseroptimierten Reinigung

Da die bereits stark eingekürzten recycelten Fasern mit jeder Bearbeitungsstufe nochmals geschädigt werden, wollten wir nicht nochmals über lange Reinigerzüge auflösen bzw. reinigen. Deshalb sind wir mit der Baumwollmischung über eine kurze Reinigerlinie gefahren. Betrachtet man die Flocken der Baumwollmischung, so sind darin deutlich unaufgelöste Fasern zu erkennen. Dabei handelt es sich zum Teil um kleine Stoffstücke bzw. Stofffragmente, die eindeutig von dem Komponentenanteil der recycelten Fasern kommen. Diese wurden von der Reißerei leider nicht vollständig aufgelöst. Es ist von großer Bedeutung, diese Stoffteile vor der Karde zu eliminieren, da es sonst zu größeren Schäden bzw. hohen Ersatzteilkosten an den Karden kommen kann. Unser kurzer Reinigerzug besteht aus nur einer Reinigungsstelle. Wir versuchten nun diese Reinigungsstelle, welche sich am Ausgang des Kammermischers Unimix befindet, zu optimieren. Da bei unserer ersten Laboruntersuchung der Kurzfaserteil unserer Recot-Mischung relativ hoch war, haben wir als erste Maßnahme den eingesetzten Sägezahnschläger durch einen Nadelwalzenschläger ersetzt. Da durch die Nadeln deutlich weniger mechanische Beanspruchung auf die Fasern einwirkt, löst der Nadelwalzenschläger die Fasern schonender auf. Die nachfolgenden Fotos zeigen die verschiedenen Auflöse- bzw. Reinigerwalzen.



Abbildung 2 Links Sägezahnwalze, rechts Nadelwalze

Es lässt sich durch die Bilder gut erkennen, dass durch die geringere Nadelzahl der Nadelwalze im Vergleich zur Zähnezahl der Sägezahnwalze die Baumwollfasern nicht so stark beschädigt werden können.

3.2.2 Ermittlung der optimalen Drehzahlen

Als nächstes haben wir die Drehzahl der Schlagwalze erhöht, dabei wurde jeweils die Abgangsmenge ermittelt. Die Abgangsmenge war bei der niedrigen Drehzahl mit 1,15 % Abgangsmenge deutlich höher, aber auch deutlich weißer. Bei der hohen Drehzahl konnten wir visuell mehr Schalenteile feststellen. Der Abgang schien uns mit 0,97 % bzw. 0,94 % sehr wenig zu sein. Aus diesem Grund haben wir die Leitbleche unter der Reinigungswalze verändert. Nach jeder Änderung wurden die Faserwerte der nachfolgenden Arbeitsprozesse (Schlagstelle, Füllschacht und Kardenband) untersucht. Nach der Drehzahländerung konnten wir den Kurzfaserteil von 44,2 % auf 36,9% reduzieren. Durch die Maßnahme, das Material nun schonender zu reinigen, konnten wir den Kurzfaserteil um 7,3% reduzieren. Im Umkehrschluss stellen wir fest, dass sich die Faserlänge im 5%- und 25%-Stapel erhöhte. Die anderen Werte wie z.B. Trash- und Dustgehalt konnten wir nahezu gleich halten.

Nachdem wir nun die Faserparameter in der Putzerei etwas verbessern konnten, war unser nächster Schritt die Kardierbedingung an der Karde auf die von uns gewünschte, bestmögliche Qualität abzustimmen. Für die optimale Einstellung einer Karde sind die Kenntnisse über den

Stapelverlauf im Kardenband ein sehr wichtiges Kriterium. Als Beispiel erhöht ein zu eng eingestellter Deckel unnötig den Kurzfaserteil. Eine zu niedrige Tambourdrehzahl verbessert zwar den Stapel, verschlechtert aber auf der anderen Seite die Nissenwerte. Nachdem wir an unseren neuen Karden die Tambourdrehzahl stufenlos anwählen können, versuchten wir eine Versuchsreihe mit verschiedenen Tambourdrehzahlen zu fahren. Dabei wissen wir aus Erfahrung, dass wir nicht nur das Kardenband alleine beurteilen dürfen, sondern auch die weiteren Verarbeitungsprozesse verfolgen müssen. Betrachtet man die Faserparameter im Detail, dann stellten wir fest, dass bei niedriger Tambourdrehzahl die Nissenwerte an der Karde deutlich höher liegen, aber letztlich am Flyer identisch sind. Vergleicht man dagegen die Faserlänge von der Karde bis zur Flyerspule, so zeigt eindeutig der Trendverlauf, dass der Kurzfaserteil durchweg bei langsamerer Tambourdrehzahl geringer ist. Am Endergebnis der Flyerspulen wurde dies an der mittleren Faserlänge deutlich. Analog ging der Kurzfaserteil zurück. Die erreichte Verbesserung war allerdings nur geringfügig.

3.2.3 Ermittlung der richtigen Mischungszusammenstellung

Da Baumwolle ein Naturprodukt ist, haben die Qualitätsmerkmale von Baumwolle eine natürliche Variation. Diese Variation wird von vielen Faktoren beeinflusst, z.B.

- vom Anbaugebiet (Bodenbedingungen)
- vom Klima (normales und extremes Wetter während der Wachstumsphase)
- von der Bepflanzung (normale oder sehr enge Reihen)
- von der Ernte (manuell oder maschinell)
- von der Entkörnung (Roller-gin-Verfahren oder Saw-gin-Verfahren).

Zur Optimierung eines Spinnprozesses werden die Qualitätsmerkmale bzw. Fasereigenschaften wie Faserlänge, Farbe, Griff, Reifegrad, Schmutz und Staubgehalt, Faserfestigkeit und Faserdehnung etc. dazu verwendet, eine Baumwollmischung zusammenzustellen, die den Anforderungen der Kunden Rechnung trägt. Je besser die Fasereigenschaften der Baumwolle sind, desto teurer ist diese auch in der Beschaffung. Wichtig ist, dass der Spinner das Anforderungsprofil der Kunden genau kennt und seine Baumwollmischung daraufhin abstimmt, d.h. auf der einen Seite nur so gut wie notwendig (Kosten) auf der anderen Seite sollte die Qualität aber ausreichend sein.

Nachdem wir alle Faserparameter vom Rohstoff bis zu den Flyerspulen genau untersuchten und bereits einige Maßnahmen betreffend der Faseroptimierung durchgeführt hatten, stellte sich uns die Frage, inwieweit wir durch den Einsatz einer anderen Baumwolltype eine Verbesserung der Faserwerte in der Baumwollmischung erhalten. Um die richtige Baumwollmischung zusammen zu stellen, wurden von jedem Baumwollot, welches in unserer

Spinnerei verarbeitet wird, die Faserparameter ermittelt. Da wir, bedingt durch den hohen Kurzfaserteil, nur kardierte Garne herstellen können, mussten wir im Vorfeld großen Wert auf die Faserparameter wie z.B. Fasernissen und Trash bzw. Schmutzpartikel bei der Bauwollauswahl legen.

Durch Versuche mit 3 verschiedenen Mischungen (Recot1, Recot2 und Recot3) haben wir die Nissen von 380 auf 353 Nissen/g und den Schmutzanteil von 1,12 auf 0,92% reduzieren können. Beim Vergleich der Mischungsvarianten Recot1 und Recot3 miteinander fiel uns auf, dass die Faserlänge bei der Variante Recot3 von der Ballenmischung bis zu Flyerspule deutlich länger ist und mit 0,06% Trash weniger Schmutzgehalt aufweist. Auch die Nissenwerte lagen mit 52 gegenüber 63 N/g besser. Alle wichtigen Faserparameter konnten wir mit der Mischung Recot3 verbessern. Die Verbesserung der Faserparameter spiegelte sich auch direkt in unserem Garnergebnis wieder. Hinsichtlich der Dickstellen und Nissen wurde eine deutliche Verbesserung erreicht. Die Garngleichmäßigkeit (CV-Wert) konnte dagegen nur geringfügig verbessert werden. Für den hohen Kurzfaserteil waren die Garnwerte schon relativ gut.

Vergleicht man die bisher erreichten Garnwerte gemäß den Usterstatistics, dann lagen wir bei 50%. Dies bedeutet, dass 50 % aller Spinnereien auf der Welt ein schlechteres kardiertes Garn produzieren.

3.2.4 Ermittlung des optimalen Vorgarns

Der Streckprozess an den Flyern und an den Ringspinnmaschinen ist durch eine schrittweise Verfeinerung eines vorgelegten Faserbandes gekennzeichnet. Diese Verfeinerung muss sehr gleichmäßig erfolgen. Fehler bei der Verfeinerung sind nicht mehr zu korrigieren. Die üblichen Verzüge an den Flyern liegen heute für den Kurzstapelbereich bei ca. 6- bis 12-fach. Das Streckband muss für diesen Verzugsbereich angepasst werden.

Die Flyerlunte und das Laufverhalten an den Flyern sind durch viele unterschiedliche Parameter beeinflussbar. Die Spinngeometrie –also Spinnndreieck, Spinnstrecke und Spinnwinkel etc. und die dazu benötigten führenden Elemente, können das Verarbeitungsverhalten vom Vorgarn sehr stark verändern. Das Streckwerk ist das Element am Flyer, das den bedeutendsten Einfluss auf die Qualität der produzierenden Luntten hat. Das Streckwerk hat nicht nur die Aufgabe, das Fasermaterial zu transportieren und auf die gewünschte Menge zu reduzieren, sprich zu verziehen; es muss vielmehr auch den Faserverband zusammenhalten und möglichst alle Fasern, also auch Kurzfasern, kontrolliert zum Spinnndreieck führen. Dabei darf es nicht zu einer unnötigen Verungleichmäßigung des Faserverbandes kommen. Als Ziel für unsere Versuchsreihe wurden nur die für das Streckwerk nachfolgend beschriebenen Parameter variiert.

1. Der Abstand zwischen der Umlenkante des Oberriemchenhalters und der Umlenkante der Unterriemchenbrücke bestimmt die Intensität, mit der Ober- und Unterriemchen gegeneinander gedrückt werden und damit auch die Intensität der Faserführung. Um die Intensität so verändern zu können, dass entsprechend der gegebenen Fasermassen und Fasereigenschaften optimale Verhältnisse für die Faserführung vorherrschen, muss der Abstand zwischen Ober- und Unterriemchen, die sogenannte Maulweite regulierbar sein. Diese Maulweite ist variabel durch verschieden hohe Leitblechstützen, die auf die Umlenkante des Oberriemchenhalters aufgesetzt werden. Die Maulweite des Oberriemchenkäfigs wurde für unseren Versuch verringert. Durch die Verengung der Maulweite wollten wir eine bessere Gleichmäßigkeit erreichen. Allerdings mussten wir feststellen, dass sich das Laufverhalten der Maschinen deutlich verschlechterte. Die Garnwerte verbesserten sich leider auch nicht wesentlich.
2. Der Auslaufverdichter wurde ebenfalls auf eine engere Variation geändert. Durch diese Maßnahme wollten wir mittels einer besseren Faserführung ein kleineres Spinn dreieck erreichen. Auch hier kam es zu Laufstörungen, verursacht von Stauungen im engeren Verdichterkanal.

Nachdem es zu diesen Störungen kam, wiederholten wir die Versuchsreihe mit einer feineren Ausgabenummer. Durch diese Maßnahme wollten wir die Gleichmäßigkeit des Vorgarns verbessern. Auch hier konnte keine messbare Verbesserung erreicht werden. Das Ergebnis der Versuchsreihe zeigte, dass wir mit den bewährten Standardeinstellungen des Flyers nach wie vor die besten Garnergebnisse erzielen.

3.3 Optimierung an der Ringspinnmaschine

3.3.1 Allgemeines zum Verzugsprozess

Das Streckwerk gehört zu den wichtigsten Elementen der Ringspinnmaschine. Üblicherweise verwendet man für die Baumwoll-Ringspinnmaschinen ein 3-Zylinder-Streckwerk mit Doppelriemchen. Die Kontrolle der Fasern beim Verzug wird mit Hilfe eines Riemchenpaares vorgenommen. Die Riemchen umschlingen die mittlere Druckrolle bzw. den mittleren Unterzylinder und führen die Fasern in der Hauptverzugszone. Diese Faserkontrolle wird mit zunehmendem Verzug schwieriger. In der klassischen Baumwollspinnerei werden bis zu 50-fache Verzüge angewendet. Der Verzug wird durch die Erhöhung der Geschwindigkeit aufeinanderfolgender Walzenpaare bewirkt. Theoretisch könnte man sehr hohe Verzüge einstellen. Technologisch sind aber den realisierbaren Verzügen auf Grund der Faserlängenverteilung, der Faseranzahl im Verzugsfeld und der begrenzten Faserhaftung Grenzen gesetzt. Überschreitet man die üblichen Verzugswerte, dann nehmen

Garnungleichmäßigkeit und Fadenbrüche zu. Die obere Begrenzung des Verzuges bedeutet, dass die Vorgarnfeinheit der Garnfeinheit angepasst werden muss. Wo diese Grenze liegt, wird entscheidend von der Präzision der Faserführung zwischen den Riemchenpaaren bestimmt. Die Arbeitsweise des Streckwerkes bestimmt im Wesentlichen die Gleichmäßigkeit und die Haarigkeit des Garns. Diese Eigenschaften sind nicht nur für das optische Erscheinungsbild des Garns und der daraus hergestellten Endprodukte wichtig; sie beeinflussen auch das Weiterverarbeitungsverhalten der Garne in der Weberei und Strickerei. Zudem ist ein Einfluss des Laufverhaltens in der Spinnerei vorhanden. Das Fadenbruchniveau kann auch folglich als Indikator für die Arbeitsweise dienen.

Die verzugsbedingte Ungleichmäßigkeit von Faserverbänden wurde umfangreich diskutiert. Dabei wurde stets von Modellvorstellungen ausgegangen. Eine theoretische Beschreibung der tatsächlichen Vorgänge an Walzen oder des Einflusses der Faserreibung an Verdichtern oder Riemchen auf den Verzugsprozess, wurde noch nicht versucht, weil das modelhaft kaum zu fassen ist. Es gibt aber umfangreiche Arbeiten zum Thema: „Ungleichmäßigkeit und Verzug“ für die verschiedenen Verzugssysteme und Faserlängenverteilungen.

Wissenschaftler wie J.G. Martindale berechneten ideale Variationskoeffizienten, mit denen reale Ungleichmäßigkeitswerte verglichen werden können. Numerische Rechenverfahren wurden zur Ermittlung der idealen Längenvariationskurve, die die Ungleichmäßigkeit über einen großen Längenbereich beschreibt, angewendet. Die Ungleichmäßigkeit eines Faserverbandes ist umso größer, je größer die Differenz zwischen tatsächlicher und idealer Längenvariationskurve ist. Ein Vergleich der beiden Kurven ermöglicht eine Aussage über die Qualität des Verzugsprozesses.

3.3.1.1 Beschreibung des Ungleichmäßigkeitsindex

Die effektiv gemessene Ungleichmäßigkeit (CV eff in %) ist immer größer als die Grenzüngleichmäßigkeit eines Faserverbandes. Da die Grenzüngleichmäßigkeit (CV lim in %) aber gewissermaßen den „Idealfall“ darstellt, bietet sie sich als Bezugsgröße für die Beurteilung der effektiven Ungleichmäßigkeit an. Wird das Verhältnis dieser beiden Größen gebildet, erhält man den sogenannten Ungleichmäßigkeitsindex I.

$$I = \frac{CV \text{ eff}}{CV \text{ lim}}$$

Die Größe des Index I ist also ein Maß dafür, wie gleichmäßig ein Gespinst ist, oder wie weit es vom Idealfall $I=1$ abweicht. Er kann damit auch zeigen, wie gut eine Spinnereimaschine arbeitet oder ob sie sich im Verlauf der Zeit verschlechtert hat.

Zur Berechnung der Grenzungleichmäßigkeit wird die mittlere Faserzahl n im Querschnitt des Faserverbandes benötigt. Sie muss aus der Feinheit des Bandes, Vorgarns oder Garns und der Faserfeinheit bestimmt werden.

Die Anzahl der Fasern im Querschnitt und damit die Grenzungleichmäßigkeit lassen sich wie folgt berechnen:

$$n = \frac{10000}{\text{dtex} \times \text{Nm}} \quad \rightarrow \quad \text{CV lim} = \frac{100}{\sqrt{n}}$$

In unserem Fall ergibt sich folgende Rechnung in Bezug auf unser Recot-Garn:

Unsere durchschnittliche Faserfeinheit beträgt $182 \text{ mtex} = 1,82 \text{ dtex}$ bei unserem Recot-Garn der Garnfeinheit $\text{Nm } 50$.

$$n = \frac{10000}{1,83 \times 50} = 109,9$$

Daraus ergibt sich eine Grenzungleichmäßigkeit von:

$$\text{CV lim} = \frac{100}{\sqrt{109,9}} = 9,54\%$$

Unser bisher erreichter CV-Wert (CV eff) liegt bei 14,9%. Errechnet man nun den Ungleichmäßigkeitsindex dann ergibt sich:

$$I = \frac{14,9\%}{9,54\%} = 1,56$$

Dies würde bedeuten dass wir 56% von unserer theoretischen minimalen Ungleichmäßigkeit liegen.

Man kann daraus schließen, dass noch Reserven zur Verbesserung des Verzugsprozesses vorhanden sind. Sicher sind die sogenannten „schwimmenden“ Fasern Ursache für die hohe reale Garnungleichmäßigkeit. Schwimmende Fasern werden durch bereits von den Abzugswalzen beschleunigte Fasern unkontrolliert mitgerissen. Damit verbunden sind Störungen des Verzugsprozesses.

Wenn wir nun die Rechnung mit unserem gekämmten Mittelstapel-Garn machen, dann sieht die Rechnung wie folgt aus:

Unsere durchschnittliche Faserfeinheit beträgt 196 mtex = 1,96 dtex bei unserem gekämmten Mittelstapel-Garn der Garnfeinheit Nm 50.

$$n = \frac{10000}{1,96 \times 50} = 102,0$$

Daraus ergibt sich eine Grenzungleichmäßigkeit von:

$$\text{CV lim} = \frac{100}{\sqrt{102}} = 10,1\%$$

Unser durchschnittlich erreichter CV-Wert (CV eff) liegt bei 11,8%. Errechnet man nun den Ungleichmäßigkeitsindex dann ergibt sich:

$$l = \frac{11,8\%}{10,1\%} = 1,16$$

Dies würde bedeuten, dass wir nur 16% von unserer theoretischen minimalen Ungleichmäßigkeit liegen.

Dem Bestreben, aus Stapelfasern absolut gleichmäßige Garne zu spinnen, sind leider natürliche Grenzen gesetzt. Bedingt wäre eine gleiche Faserzahl von gleicher Feinheit in jedem Abschnitt des Faserverbandes. Weiter würde dies praktisch bedeuten, dass sich jeweils an das Ende einer Einzelfaser der Anfang einer folgenden Faser lückenlos anschließen müsste. Kein bestehendes Verfahren ist aber in der Lage, einen derartigen Faserverband zu erzeugen. Der Spinnprozess, gleich welcher Art, basiert grundsätzlich auf dem Verfahren, die Faser gleichmäßig zu durchmischen, zu parallelisieren und auf die Endfeinheit zu verziehen. Die Durchmischung führt aber dazu, dass jede Einzelfaser die gleiche Wahrscheinlichkeit hat, in einem beliebigen Abschnitt der Fasermasse aufzutreten. Die Fasern sind im Faserverband also gleichverteilt. Die Faserzahl im betrachteten Abschnitt ist zufälligen Schwankungen unterworfen. Die Fasern überlappen sich demnach und verursachen auch im besten Fall ein Gespinnst, das mit einer minimalen Ungleichmäßigkeit behaftet ist. Bei Naturfasern kommt, im Gegensatz zu Chemiefasern, noch eine zusätzliche Ungleichmäßigkeit hinzu, da die Einzelfasern ihrerseits unterschiedliche Schwankung des Faserquerschnitts aufweisen.

Aufbauend auf diesen Thesen gingen wir ans Werk unser Streckwerkssystem genauer zu analysieren. Die Garneigenschaften und das Laufverhalten an der Ringspinnmaschine sind durch folgende unterschiedliche Parameter beeinflussbar:

- Streckwerktyp
- Vorlagematerial (kardiert, gekämmt)
- Vorgarndrehung
- Vorgarnfeinheit
- Garnfeinheit
- Verzug (Vor- und Hauptverzug)
- Streckfeldweite (Vorfeld, Hauptfeld)
- Verdichter
- Oberwalzenbelastung
- Oberflächenstruktur und Härte des Bezuges
- Oberflächenstruktur und Qualität von Ober- und Unterriemchen
- Maulweite

Aufgrund der Zielsetzung des Vorhabens wurden nur die für das Streckwerk relevanten Parameter variiert.

Wir haben von den bisher produzierten Recot-Vorgarnspulen 12 Stück entnommen, diese durchnummeriert und im Labor die AFIS- und Gleichmäßigkeitsprüfungen durchgeführt. Aus diesen Vorgarnspulen haben wir dann 14 Ausspinnungen durchgeführt. Vorab wurde ein Versuchsablaufplan erstellt, den wir in logischer Reihenfolge abarbeiten wollten.

3.3.2 Versuchsdurchführungen

Zuerst haben wir eine Standard-Ausspinnung durchgeführt, das heißt, es wurden neue Auslaufzylinder sowie neue Ober- und Unterriemchen eingebaut. Unsere Standard-Bezüge auf den Auslaufachsen haben eine Shore-Härte von 68°. Die Streckwerksbelastung und die Härte der Bezüge nehmen starken Einfluss auf das Verzugsverhalten des Fasermaterials im Streckwerk. Vor allem bei hohen Vorgarndrehungen ist es wichtig, dass die Vorgarne gut geklemmt werden. Eine ungenügende Klemmung führt automatisch zu ungleichmäßigen Garnen. Um eine optimale Klemmung zu erreichen, kann man entweder die Streckwerkbelastung besonders im Vorfeldbereich erhöhen oder auch Bezüge mit geringerer Shore-Härte einsetzen. Betrachtet man nun die aktuellen Garnwerte zu den zuletzt erreichten, dann war eine deutliche Verbesserung zu erkennen.

Die nächste Überlegung war, wie wir die echte Drehung des Vorgarn-Faserverbandes auflockern können. Das Ziel sollte sein, das Verziehen des Faserbändchens im Hauptfeld zu begünstigen. Dabei konnten wir auf eine Versuchskomponente der Fa. Rotorkraft zurück greifen. Diese besteht aus einem Rundstab, welcher direkt vor dem Einlaufzylinder sitzt. Dieser Rundstab übernimmt die Funktion, die Drehung des Vorgarns etwas aufzudrehen. Auch hier ist wieder eine Verbesserung der Dick- und Dünnstellen eingetreten. Als nächsten Schritt setzten wir Auslaufzylinder mit niedrigerer Shore-Härte (weichere Bezüge) ein. Je weicher die Bezugshärten sind, umso stärker wird der Oberwalzenbezug auf den Riffelzylinder eingedrückt. Die Kontaktfläche zwischen Ober- und Unterwalze wird größer. Beim anschließenden Vergleich stellten wir fest, dass wir uns wieder steigern konnten.

Um das Ganze mit einem Gegenversuch zu untermauern, haben wir einen Ausgangszylinder mit höherer Shore-Härte (härtere Bezug) eingesetzt. Wie erwartet wurden die Garnwerte wieder etwas schlechter. Allerdings waren die Garnwerte immer noch besser, als mit unserem Standard-Bezug. Dieses Garnergebnis resultiert nicht nur alleine von der Shore-Härte des Bezuges, sondern auch von dessen chemischen Zusammensetzung.

3.3.2.1 Einfluss verschiedener Ober- und Unterriemchen

Die Kontrolle der Fasern beim Verzug wird mit Hilfe eines Riemchenpaares vorgenommen. Diese Faserkontrolle wird generell mit zunehmendem Verzug schwieriger. Von wesentlichem Einfluss auf die Arbeitsweise des Streckwerks ist die Präzision der Riemchenbewegung. Die Riemchen umschlingen den mittleren Unterzylinder und führen die Fasern in die Hauptverzugszone. Das Unterriemchen wird vom Mittelzylinder angetrieben, es muss über die Wendeschiene geschoben werden, wobei die Reibung an der Wendeschiene einen erheblichen Einfluss auf die Riemchengeschwindigkeit haben kann. Das Oberriemchen wird mittels Reibschluss vom Unterriemchen angetrieben, wodurch sich ein gewisser Schlupf zwischen den

beiden Riemchen ergibt. Unsere bisherigen Erkenntnisse, bezogen auf die Riemchengeschwindigkeit, zeigen, dass zwischen Ober- und Unterriemchen ein sehr großer Schlupf auftreten kann. Um eine verbesserte Oberriemchenmitnahme zu gewährleisten, wurde versucht, über die Oberfläche der Riemchen auf deren Laufverhalten Einfluss zu nehmen. Also prüften wir Riemchen, die aus einem anderen Kunststoff bestehen, auf deren Einfluss. Zum einen haben wir die neuen Oberriemchen in Verbindung zu unseren Standard- Unterriemchen eingesetzt. Bis auf die Haarigkeit wurden unsere IPI-Werte leicht schlechter. Als nächstes haben wir Ober- und Unterriemchen aus dem anderen Material eingesetzt. Das Ergebnis waren nochmals schlechtere IPI-Werte. Als dritte Variante haben wir die Kombination neue Unterriemchen und Standard-Oberriemchen genommen. Auch hier erhielten wir wieder schlechte Garnwerte. Eine Verbesserung der Garngleichmäßigkeit unter Verwendung von Riemchen aus anderem Kunststoff wurde leider nicht erreicht.

3.3.2.2 Optimieren des Ring/Läufersystems

Funktion des Ringläufers

Der Ringläufer erfüllt drei wichtige Funktionen:

1. Er sorgt dafür, dass dem Faserbändchen Drehung erteilt wird.
2. Er erzeugt die Spinnspannung und hält diese „selbstregelnd“ aufrecht.
3. Er fungiert als Aufwindeorgan.

Die Geometrie des Läufers beeinflusst die Laufeigenschaften und das Garnergebnis erheblich. Der Läufer soll den Faden trotz starker Umlenkung nicht unnötig beanspruchen, darf aber auch nicht vom Garnmaterial angegriffen werden. Seine Form muss so gestaltet werden, dass ein Ansetzen von Faserflug minimiert wird und dass er gleichmäßig und stoßfrei auf dem Ring gleitet. Durch eine Oberflächenbehandlung des Läuferdrahts (Vernickeln, Schwärzen etc.) kann zwar die Läuferstandzeit erhöht werden, die Temperaturbeständigkeit wird aber dadurch nicht verbessert. Die Läufer-Hersteller bieten eine Vielfalt von verschiedenen Läufer Typen an. Dabei stehen viele verschiedene Drahtauswalzungen und Läuferformen für die jeweiligen Ringprofile zur Verfügung.

Aus unserer Erfahrung heraus haben wir vier in Betracht kommende Läufer Typen eingesetzt. Vergleicht man die Ausspinnungen zueinander, dann hatte einer der eingesetzten Läufer die besten IPI-Werte. Bei diesem Läufer Typ werden bei der Umlenkung im Läufer Randfasern aus dem Faden abgeschert, teilweise in den Zwickel zwischen Läufer und Ring eingezogen und auf der Ringlaufbahn zerquetscht. Dadurch wird ein guter Faserschmierfilm gebildet, der ganz entscheidend die Reibungsverhältnisse und damit die Garneigenschaften bestimmen. Lediglich die Haarigkeit ist dadurch leicht erhöht.

Funktion des Spinnrings

Der Spinnring hat ebenfalls drei wichtige Funktionen:

1. Er sorgt durch seinen profilierten Flansch für die Führung des Läufers.
2. Er nimmt die erzeugte Reibungswärme auf und leitet sie an die Umgebung ab.
3. Er unterstützt die Fadenverlegung. Der Spinnring wird mit der Ringbank auf- und ab bewegt und sorgt somit für den Copsaufbau.

Im nächsten Schritt haben wir einen Spinnring mit einem anderen Flansch (andere Flanschbreite) eingebaut und wieder eine Vergleichsausspinnung durchgeführt. Damit konnten wir die IPI-Werte jedoch nicht verbessern. Nach Einsatz eines anderen Läufers auf diesem Flansch war aber eine Verbesserung zu erkennen.

3.3.2.3 Einfluss neuer Oberriemchenhalter

Der nächste Versuch bestand darin, neue Oberriemchenhalter (OH's) einzusetzen und mit den Standard-Oberriemchenhalter zu vergleichen. Der Unterschied der neuen OH's besteht darin, dass kein Kippspiel mehr vorhanden ist und die Umlenkkante des Oberriemchens dadurch stabiler läuft. Die neuen OH's erbrachten deutlich bessere IPI-Werte. Nachdem in unserer Firma mehrere Modelle von Ringspinnmaschinen stehen, versuchten wir auf einem neueren Ringspinnmaschinentyp eine Vergleichsausspinnung durchzuführen. Alle relevanten Einstellungen wurden gleich eingestellt. Diesbezüglich konnte keine Verbesserung erreicht werden, welches auch technologisch nachvollziehbar war.

Vergleicht man die bisher erreichten Garnwerte gemäß den Usterstatistics, dann lagen wir bereits im Schnitt bei 10%. Dies bedeutet, dass 90 % aller Spinnereien auf der Welt ein schlechteres kardiertes Garn produzieren.

3.3.2.4 Streckwerkumbau

Nachdem wir bisher nur mit den Komponenten, welche der Textilmaschinenbau bzw. die Komponentenhersteller zur Verfügung stellen experimentiert haben, entschlossen wir uns zu einer größeren Umbauaktion im Streckwerk. Im traditionellen 3-Zylinder-Streckwerk (mit Doppelriemchen) der Baumwollringspinnmaschine ist bisher durch den geometrisch bedingten großen Abstand zwischen Riemchenführung und Ausgangsklemmlinie die Verzugsarbeit im Hauptfeld nicht optimal. Die kurzen recycelten Fasern benötigen eine möglichst enge Hauptfeldweite. Dies ist bei den aktuellen Ringspinnmaschinen im Originalzustand nicht gegeben. Mit der Aufgabe, den Abstand möglichst eng zu gestalten, haben wir das komplette Streckwerk zerlegt. Durch die Summe sämtlicher Maßnahmen gelang es uns, den Abstand so zu verkürzen, dass die frei schwimmenden kurzen Fasern gut geführt wurden und dadurch

sauber eingesponnen werden konnten. Die Umbaumaßnahme des Streckwerkes bescherte uns nochmals deutlich verbesserte IPI-Werte.

Vergleicht man nun die bisher erreichten Garnwerte gemäß den Usterstatistics, dann lagen wir, bis auf die Nissenwerte, bereits im Schnitt bei 5%. Dies bedeutet, dass 95 % aller Spinnereien auf der Welt kein so gutes kardiertes Garn wie wir produzieren.

3.3.2.5 Einsatz eines neuen Spezialclips

Um die enorme Verbesserung der Garnwerte in diesem Versuch zu begründen, möchten wir zuerst detailliert auf den Kräfteverlauf der Faser beim Verzugsprozess eingehen. (BRUNK 2008, S. 9-14)

Der Vorverzug

Die Aufgabe vom Vorverzug besteht darin, den Hauptverzug vorzubereiten. Die Fasern in der Flyerlunte werden soweit gestreckt und gedehnt, dass im Hauptfeld sofort nach Verlassen der Käfigklemmlinie die Faserverschiebung beginnen kann. Einem langen Vorfeld mit möglichst geringem Vorverzug ist eindeutig der Vorrang zu geben. Der Verschleiß an Oberwalzenbezügen und Riemchen und die Belastung für den Streckwerksantrieb insbesondere langer Maschinen reduzieren sich dadurch erheblich. Das Gesamtsystem zeigt sich außerdem weniger anfällig gegenüber Klimaschwankungen, Variationen der Faserlänge und Schwankungen des Verzugs widerstandes im Vorgarn.

Der Hauptverzug

Grundsätzlich wird in einem Verzugsfeld durch den Anpressdruck beider Walzenpaare jeweils ein Faserreibungsfeld erzeugt. Dabei wirkt die durch den Druck erzeugte Faserkomprimierung nicht nur senkrecht, sondern pflanzt sich auch von beiden Seiten in den Faserverband hinein fort.

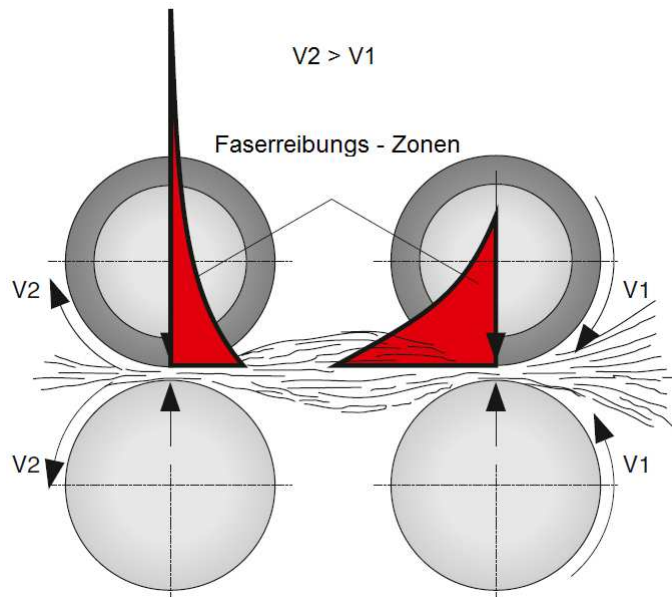


Abbildung 3 Faserreibungs-Zonen

V_1 = Geschwindigkeit der Mittelwalze, V_2 = Geschwindigkeit der Auslaufwalze

Beide Reibungsfelder sind letztlich die Grundlage für die Faserführung und die Größenordnung des verungleichmässigen Effektes des Verzugprozesses. Beide Reibungsfelder dürfen sich weder überschneiden noch sollten ihre Wirkungsbereiche zu weit auseinander liegen. Es ist dabei für die erzielbare Verzugshöhe und dem erreichbaren Vergleichmässigungseffekt vorteilhaft, wenn innerhalb eines Verzugfeldes das Reibungsfeld des hinteren Walzenpaares so weit wie möglich in das Streckfeld hinein ragt, um die Fasern lange zu führen. Das vordere Reibungsfeld sollte kurz und stark ausgeprägt sein, damit nur die geklemmten Fasern aus dem Faserverband herausgezogen werden. Diesem Ideal sind jedoch aufgrund der geometrischen Verhältnisse relativ enge konstruktive Grenzen gesetzt.

Die in den vorangehenden Prozessstufen erzielte hohe Parallelisierung der Fasern durch Verziehen, Doublieren und der Drehungserteilung am Flyer hat an der Käfigklemmlinie noch eine hohe Haftreibung zwischen den Fasern zur Folge. Dadurch steigt zunächst die Verzugskraft stark an. Sie erreicht ihr Maximum, wenn sich die ersten Fasern zueinander in Bewegung setzen und die Haftreibung in Gleitreibung übergeht. Dieser Prozess findet im Hauptfeld zwischen den beiden Riemchen statt. Sind alle Fasern in Bewegung gesetzt worden, sinkt die Verzugskraft wieder sehr deutlich ab. Dieser Zustand wird im vorderen Bereich beider Riemchen bis hin zur Klemmlinie des Ausgangswalzenpaares erreicht. Die Faser/ Faserreibung ist hier nur noch sehr gering (siehe nachfolgende Abbildung).

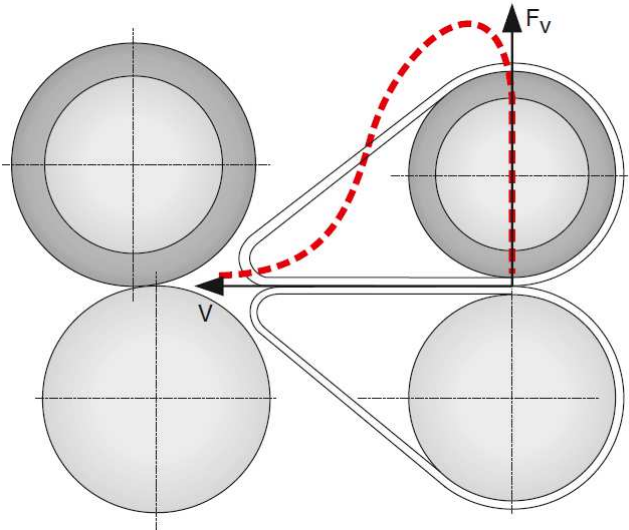


Abbildung 4 Stärke der Reibung zwischen den Fasern
 F_v = Verzugskraft, V = Richtung der Kraft

Deshalb laufen die Fasern als Folge des Verzugsvorganges auseinander. Ein solch dünnes, stark auseinanderlaufendes Gebilde kann nur noch ungenügend Druck noch vom Ausgangswalzenpaar aufnehmen und somit kein ausreichend ausgeprägtes Reibungsfeld ausbilden.

Der Abschnitt in dem das Faserbändchen die geringste Faser/Faserreibung aufweist, ist bei den gegenwärtigen Streckwerkskonstruktionen immerhin etwa zwischen 15 und 20 mm lang.

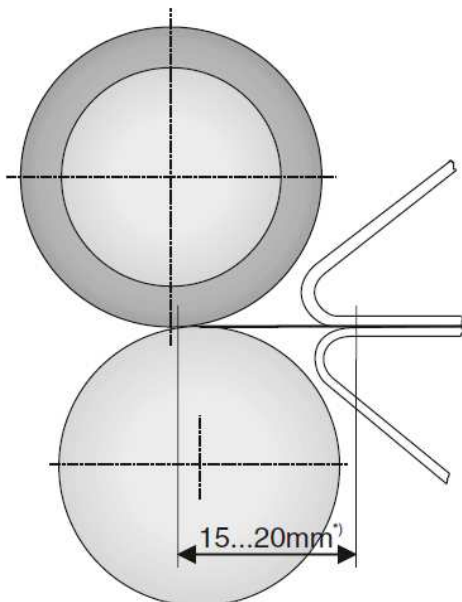
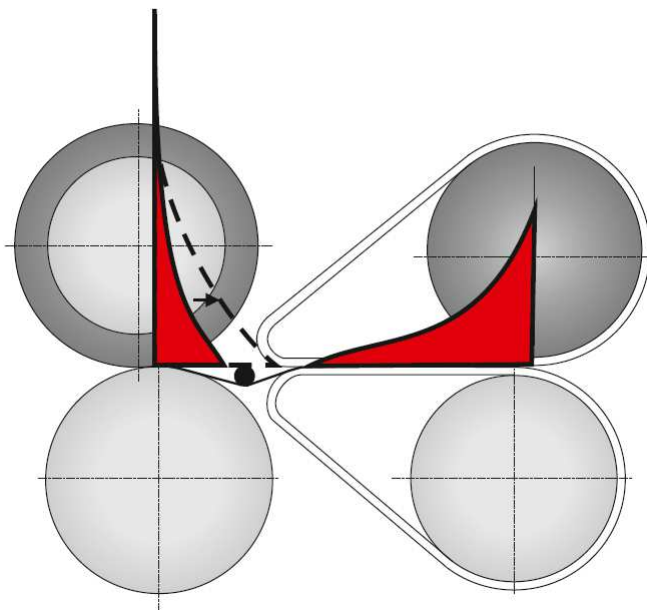


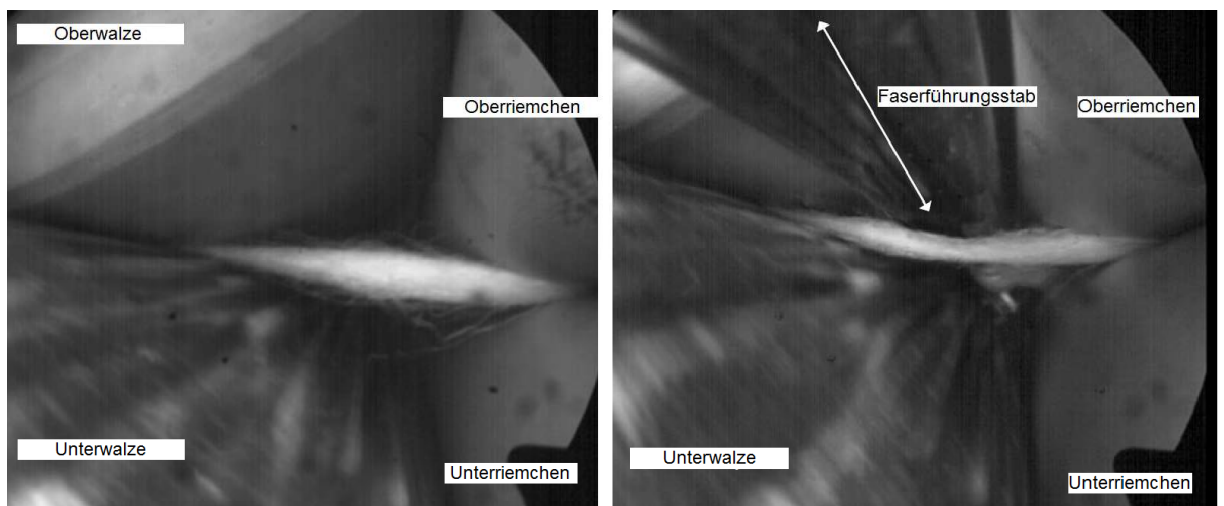
Abbildung 5 Sektion mit geringer Faser/Faserreibung

Es ist damit klar, dass dieser Bereich nicht mehr entscheidend dazu beitragen kann, noch unverzogene Faserpakete aufzulösen und kürzere Fasern sicher zu führen. Dieser Nachteil ist in der Regel auch durch engste Käfigstützen und sehr weiche Oberwalzenbezüge nicht kompensierbar.

Mit einer im kritischen Bereich des Hauptverzugfeldes zusätzlich angeordneten Reibstelle (Faserführungsstab) lassen sich die genannten Nachteile beseitigen. Durch Auslenkung des Faserbändchens nach dem Verlassen der Doppelriemchenführung wird das von der Ausgangsklemmlinie erzeugte Reibfeld erhöht und weiter in Richtung Käfigöffnung verschoben.



g des Reibfeldes



Faserführungsstab

Mit einer im kritischen Bereich des Hauptverzugsfeldes zusätzlich angeordneten Reibstelle lässt sich eine verbesserte Faserorientierung und Faserstreckung erreichen. Die noch parallel aneinander haftende Fasern (Faserpakete) können nun auch in diesem Bereich zueinander verschoben werden. Zwangsläufig reduzieren sich dadurch die Verzugsfehler und die Gleichmäßigkeit des Verzugsprozesses verbessert sich insgesamt. Gleichzeitig neigt das Faserbändchen weniger zum Auseinanderlaufen. Dieser Effekt führt zu einer besseren Einbindung der Kurzfasern, was letztlich zu einer besseren Fasersubstanzausnutzung bzw. Reißfestigkeit im Garn führt. Unsere bisher besten IPI-Werte konnten wir durch das erweiterte Reibfeld nochmals extrem verbessern.

3.3.2.6 Einbau neuer Pendelträger

Nachdem die ersten Vorversuche mit neuen Pendelträgern positiv waren, haben wir uns entschlossen, eine Ringspinnmaschine mit den neuen Pendelträgern komplett auszustatten. Auf diese Pendelträger setzen wir Auslaufzylinder mit anderer Shore-Härte ein. Durch die 2 zusätzlichen Druckstufen, welche es nun am Auslaufzylinder zu verändern gab, konnte nun der Arbeitsdruck feiner auf den weichen Bezug abgestimmt werden. Desweiteren haben wir neue Oberriemchenhalter mit den Spezialclips (mit Faserführungsstab) eingebaut und konnten nun durch die verdrehungssichere Befestigung der Einzelelemente die Oberriemchenwalzen parallel zum Ausgangszylinder einstellen. Die Garnergebnisse zeigten eine Verbesserung der IPI-Werte.

Nachdem wir nun bei allen IPI-Werten, bis auf die Nissenwerte, bei 5% Usterstatistics lagen, haben wir einmal bei dem gleichen Prüfungsprotokoll die Usterstatistics für gekämmte Baumwolle eingesetzt. Da wir ein Garn für den hochwertigen Wäschebereich produzieren möchten, müssen wir uns auch an den besten Garnwerten orientieren. Bei der Gleichmäßigkeit und den Dünnstellen hatten wir unser Ziel schon erreicht, nur an den Dickstellen und an den Nissenwerten mussten wir uns noch weiter verbessern.

3.3.2.7 Weitere Versuche

Nachdem wir betreffend den IPI-Werten einen großen Erfolg mit dem umgebauten Streckwerk verbuchen konnten, wollten wir nochmals mit dem nun engeren Hauptfeld Versuche wiederholen, um die Faserführung im Hauptfeld noch besser in den Griff zu bekommen. Darunter fielen unter anderem der Einsatz und die Variation sämtlicher anderer und auch neuer Streckwerks-Komponenten sowie eine Ausspinnung des Recot-Vorgarns als Kompaktgarn. Nach jeder Änderung wurde anschließend ausgesponnen um die Garnwerte vergleichen zu können. Die erzielten Garnergebnisse erbrachten zum Teil keine Verbesserung

oder nur kleine Verbesserungen. Dort, wo sie sogar zu Verschlechterungen führten, wurde auf die bewährten Einstellungen und Komponenten zurück gegriffen.

Vergleicht man nun die bisher erreichten Garnwerte gemäß den Usterstatistics, dann liegen wir in allen Bereichen im Schnitt bei 5%.

Dies bedeutet, dass 95% aller Spinnereien auf der Welt kein so gutes kardiertes Garn produzieren können.

3.3.3 Nummerwechsel auf Nm 80/1

Nachdem wir bei unserem Projekt Recot bisher mit der Garnnummer Nm 50 gearbeitet haben und bereits gute Resultate erzielten, bekamen wir von der Geschäftsleitung die Aufgabe, feinere Garnnummern auszuspinnen. Wir einigten uns auf die Garnfeinheit Nm 80. Nach dem Nummerwechsel führten wir wieder verschiedene Vergleichsausspinnungen durch, nachdem wir mit verschiedenen Clips, Einlaufstäben und Vorverzügen variiert haben sowie mit unseren neuen Pendelträger und neuen OH's gearbeitet haben.

Erste Versuche erbrachten Garnergebnisse die bei ca. 50% usp lagen. Durch den wiederholten Einsatz des Spezialclips wurden alle IPI-Werte wieder um Klassen besser. Bei geringer Maulweite werden zwar die Garnwerte deutlich besser aber die Zahl der Fadenbrüche steigt. Deshalb mussten wir später ein Kompromiss zwischen Garnwerte und Laufverhalten suchen. Die nächste Überlegung war, die Drehung des Vorgarn-Faserverbandes etwas aufzulockern. Das Ziel sollte dabei sein, dass das Verziehen des Faserbändchens im Hauptfeld begünstigt wird. Leider konnten wir mit den nach dieser Überlegung ergriffenen Maßnahmen nicht punkten. Die Garnwerte wurden durch den Einsatz des Einlaufstabes deutlich schlechter. Nachfolgend haben wir direkt nacheinander die Ausspinnungen mit verschiedenen Vorverzügen durchgeführt. Nach einigen Verzugswechseln erreichten wir ein zufriedenstellendes Ergebnis. Nachdem wir die Garnergebnisse der Vorverzugsreihe und der anderen Versuche gesehen hatten, haben wir nochmals ohne Einlaufstab ausgesponnen. Wieder hatten sich unsere Garnergebnisse deutlich verbessert.

Als Fazit lässt sich sagen, dass es uns auch bei der feinen Garnnummer Nm 80 gelungen ist, ein gutes kardiertes Garn zu spinnen.

3.4 Kundenauftrag Nm 70 und andere feinere Ausspinnungen

Nachdem wir uns bisher hauptsächlich der Grundlagenforschung gewidmet haben, konnten wir erstmals für die Fa. Hermann unser Recot-Garn in kleineren Mustermengen produzieren. Dafür mussten wir eine Ringspinnmaschine und den zugehörigen Autoconer einrichten, was eine enorme Rüstarbeit mit sich brachte. Während die Produktion lief, wurde auch an einzelnen

Spinnstellen Versuche durchgeführt. Durch diese Versuche erreichten wir bis auf die Nissen bei den Garnwerten 5% usw. Von den Copsen, die wir mit dem neuen Oberriemchenhalter ausgesponnen haben, wurde auch eine Spule für Prüfzwecke angefertigt. Damit konnten wir sogar noch die Nissen verbessern.

Danach konnten wir eine Probemenge Nm 85 Recot produzieren. Dafür mussten wir die Ringspinnmaschine und den Autoconer wieder umrüsten. Bei einer Garnnummer von Nm 85 gibt es keine Usterstatistic mehr, da es auf der Welt kaum Spinnereien gibt, die kardierte Garne so fein ausspinnen können. Da es sich nur um eine geringe Probemenge handelte, konnten wir nicht allzu viel versuchen bzw. variieren, aber bei 10 Spinnstellen haben wir wieder einen engeren Clips eingesetzt. Dieses Mal konnten wir die Garnwerte mit einem engeren Abstandhalter nicht verbessern.

Nachdem wir es geschafft hatten, das Recot-Garn in 3 feinere Garnnummern aus zu spinnen, war von großem Interesse, ob es auch möglich ist, ein Garn der Feinheit Nm 100 auszuspinnen. Die Garnergebnisse konnten nicht verglichen werden, aber wir wussten, dass wir unser Recot-Garn auch bis maximal Nm 100 ausspinnen können.

3.5 Neue Recot4 Baumwollmischung nach Staubproblem

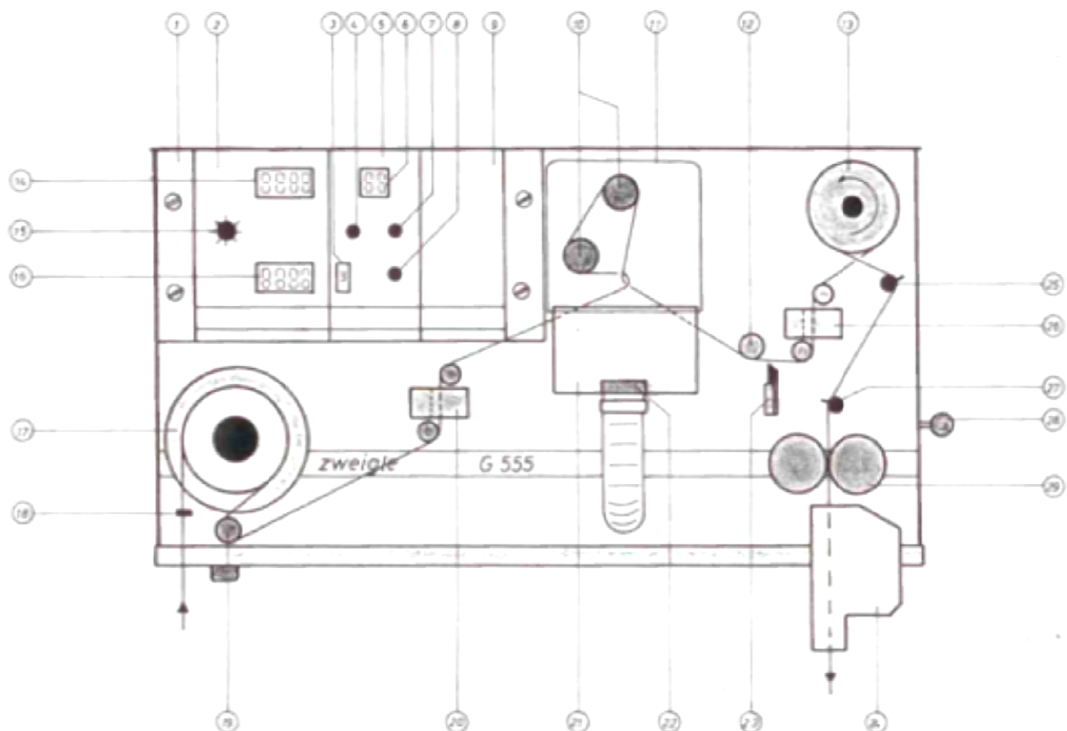
Bei allen ausgesponnenen Garnnummern vom Sortiment Recot hatten wir sehr gute Garnwerte erreicht und waren uns sicher, dass der Kunde mit dem Garn zufrieden ist. Umso erstaunter waren wir, als das Feedback vom Kunden kam. Dieser sagte uns, dass das Garn an der Strickmaschine extrem stark gestaubt hat (hoher Faserabrieb) und so für die Produktion nicht einsetzbar ist. Es stellte sich also die Frage, was wir verändern können, um bei einer weiteren Musterung das Staubproblem zu eliminieren und gleichzeitig einen schönen Warenausfall zu erhalten. Wir haben uns überlegt, die Mischung abzuändern und etwas längere Fasern dazu zu mischen. Diese Mischung wurde mit Recot4 bezeichnet. Die Faserlängenverteilung fiel bei dieser Mischung besser aus.

3.5.1 Faserauswertungen vom Ballen bis zur Flyerspule Recot4

Die neue Recotmischung bis zur Flyerlunte zu produzieren war mit relativ viel Arbeit verbunden. Wir mussten von der Putzerei beginnend bis zum Flyer alle Maschinen auf das Sortiment Recot4 umstellen und von den Ballen bis zur Flyerlunte alle Faserparameter aufnehmen. Nachdem wir die Flyerspulen von der neuen abgeänderten Mischung Recot4 produziert hatten, konnten wir wieder an einer Ringspinnmaschine Versuche durchführen. Da das Staubproblem alleine mit der Mischungsänderung nicht zu lösen war, haben wir zusätzlich noch ein Verdichtungssystem auf die Spinnmaschine eingesetzt, damit die Kurzfasern besser eingebunden werden.

3.5.2 Abriebtest mit dem Staff-Gerät G 555

Um im Vorfeld den Abrieb, der an der Strickmaschine entsteht, nachzustellen, haben wir sämtliche ausgespinnene Garne noch mit dem Staff-Gerät geprüft. Bei dieser Prüfung läuft der Faden über 2 Umlenkrollen, anschließend wird eine Schlaufe gebildet, die zu einer Garnumschlingung führen. Dabei kommt es zu einer Garn-an-Garn-Reibung (siehe Punkt 10 in der Skizze). Beim Umschlingungspunkt wird durch das eingebaute Gebläse ein geregelter Unterdruck erzeugt, der den Abrieb im Filterraum sammelt (siehe Punkt 22). Hat das Garn die voreingestellte Prüflänge erreicht, muss der Filter herausgenommen und der Abrieb gewogen werden.



Ausgespinnen wurde ein Garn der Feinheit Nm 70 in 21 unterschiedlichen Varianten. Es wurden dabei Auslaufzylinder mit verschiedenen Shore-Härten, verschiedene Flansche und Ring/Läufersysteme, verschiedene Läufer Typen, unterschiedliche Faserführungstangen, Recot3 und Recot4 Spulen usw. eingesetzt und sowohl mit als auch ohne Kompaktierungssystem gearbeitet. Bei den Garnresultaten mussten wir dann den Kompromiss zwischen den IPI-Werten und Abrieb suchen. Als ganz klarer Favorit in Bezug auf den Abrieb zeigte sich das kompaktierte Garn. Der Abrieb hatte sich im Vergleich zu nicht kompaktierten Garn mehr als halbiert. Mit diesem positiven Ergebnis fragten wir bei unseren Kunden nach, ob wir weitere Strickversuche durchführen können.

3.5.3 Beeinflussung der Haarigkeits- und Nissenwerte durch den Spulprozess

Über den Rohstoffeinsatz, d.h. die Auswahl der zu bearbeitenden Fasern nach Kriterien wie Länge, Feinheit, Provenienz usw., wird die Grundlage für die natürliche Haarigkeit festgelegt. So wird z.B. ein Baumwollgarn mit hohem Kurzfaserteil immer wesentlich haariger werden, als ein Garn mit geringem Kurzfaserteil oder aus synthetischen Stapelfasern. Die Ursache ist, dass vergleichsweise mehr Fasern vom Garnverband abgehen, die nur ungenügend eingebunden sind und sich entsprechend leicht herauslösen lassen. Eine ähnliche zentrale Rolle im Bezug auf die Haarigkeit nimmt die Ringspinnmaschine ein. Wesentliche Einflussgrößen sind hier z.B. die Garndrehung, die Spinnengeschwindigkeit, die Spinnspannungsverhältnisse, die Streckwerksbedingungen, das Windungsverhältnis, die Größe des Spinnendreiecks, der Verschleißzustand der Ringläufer und das Raumklima.

Zu diesem Thema sind bei der Fa. Schlafhorst einige sehr interessante Grundlagenuntersuchungen durchgeführt worden. Es stellte sich bei Vergleichen zwischen „direkten“ – d.h. ohne Kontakt zu fadenführenden Teilen von Cops auf Kreuzspule gewickelten und gespulten Garnen heraus, dass der Haarigkeitszuwachs allein 30 bis 60% auf das Lösen des Fadens vom Copskegel zurückzuführen ist. Die Erklärung ist, dass vom Garn abgehende Fasern Verbindungen zwischen benachbarten Garnwindungen auf dem Cops herstellen und diese beim Abzug vom Cops gewaltsam getrennt und „aufgefasert“ werden. Durch den rotierenden Fadenballon, der sich beim Abzug vom Cops bildet, werden schlecht eingebundene Fasern weiter gelockert und als Faserfahne am Garn mitgeschleppt. Der Durchlauf durch die Spulmaschine hat danach keinen nennenswerten Einfluss, vorausgesetzt, die Fadenführungselemente sind unbeschädigt. Erst beim Auflaufen des Fadens auf die Kreuzspule, werden die nicht oder schlecht eingebundenen Fasern, bedingt durch die hohen Zentrifugalkräfte am Spulmantel, weiter gelockert und am Auflagenpunkt zwischen Kreuzspule und Trommel wieder zusammengepresst. Zum zweiten Mal wird das Garn samt der ineinander verkrallten Fasern in der folgenden Prozessstufe (z.B. am Zettelgatter oder beim Schusseintrag in der Weberei) gewaltsam voneinander gelöst, und ähnliche Symptome, wie bereits oben beschrieben, sind zu beobachten. Daneben gibt es noch weitere Abhängigkeiten, die allerdings weniger bedeutend sind und in der Regel nur geringfügig beeinflusst werden können wie z. B. die Abhängigkeit der Haarigkeit von der Spulgeschwindigkeit und der Fadenspannung.

Fassen wir die Erkenntnisse von den beschriebenen Untersuchungen zusammen, stellen wir fest, dass das garnspezifische Haarigkeitspotential während des Spulprozesses aktiviert, nicht aber erzeugt wird. Aus dieser Überlegung heraus haben wir am Autoconer eine Absaugung im Bereich des Fadenlaufs konstruiert und eingebaut. Die Absaugeinheit soll genau diese gelockerten und als Faserfahnen mitgeschleppten Fasern absaugen, so dass diese nicht mehr auf die Spule kommen können.

3.5.3.1 Modifikation der Absaugung an der Spulmaschine (Autoconer)

Das benötigte Material für die Absaugung musste als erstes besorgt und dann konstruktiv umgesetzt werden. Dafür mussten wir zuerst einige Prototypen fertigen, bis wir letztlich das optimale Absaugkonzept erreicht hatten. Um den abgesaugten Faserabrieb oder gar eine Verstopfung gleich sehen zu können, haben wir die Absaugung aus Plexiglas hergestellt.



Abbildung 10 Detailaufnahme Autoconer mit eingebauter Absaugereinheit



Abbildung 9 Entnommene Faserfragmente in Nahaufnahme

Die störende Haarigkeit in den Längsklassen 3-8mm lässt sich durch das Verdichtungsspinnen soweit reduzieren, dass ein kardiertes, verdichtetes Garn eine geringere Haarigkeit aufweist, als ein konventionelles Garn mit 14% Auskämmung. Der Kämmprozess hat auf die Haarigkeitsreduzierung nur einen geringen Einfluss und wird diesbezüglich allgemein überbewertet.

In unserem Fall haben wir durch den Recyclingprozess zum Teil sehr kurze Einzelfasern, die wir in den Faden einbinden müssen. Durch diesen hohen Kurzfaserteil kommt es auch zu einem höheren Abriebwert. Feinere Garne haben in der Regel weniger abstehende Haare als grobe Garne, da weniger Fasern im Querschnitt des Garnes vorhanden sind. Bei einer Untersuchung wurde der Faserabrieb zwischen gekämmten und kardierten Garnen genauer untersucht. Es wurden Copse und Spulen von gekämmter mittelstapeliger, langstapeliger und Recot-kompaktiert sowie Recot-konventionell zueinander verglichen. Dabei konnten wir feststellen, dass wir generell bei allen Spulen einen geringeren Abriebwert haben als bei den Copsen. Mit unserem Recot4 kommen wir fast in den Bereich von unserer gekämmten, mittelstapeligen Baumwolle heran. Mit unserem kompakten Recot-Garn (neuer Name: Recot4R) konnten wir den Abrieb um 33% gegenüber den konventionell gesponnenen Recot-Garn reduzieren.

3.6 Einrichten einer Ringspinn- und Spulmaschine auf verschiedene Sortimente

Nach den positiven Abriebstests des kompaktiertem Recot-Garns bekamen wir von den Firmen Penn Elast und Hermann kleinere Lieferaufträge. Dafür mussten wir die Ringspinnmaschine auf das jeweilige Sortiment (Recot4R in den Feinheiten Nm 70, Nm 85 und Nm 100) umrüsten. Auch hier wurden wieder während der Produktion an manchen Spinnstellen Versuche durchgeführt. Wir konnten das Garn in Bezug auf die Garnwerte und Abrieb weiter deutlich verbessern und erhielten deshalb weitere Aufträge. Die IPI-Werte, vor allem die Nissenwerte und die Haarigkeit konnten wir im Vergleich zum Sortiment Recot4 (nicht kompaktiert) nochmals verbessern. Erstaunlich war, dass wir mit unserem kompaktierten Recot-Garn die gleichen Abriebswerte erreichten, wie bei einem gekämmten Garn. Zum Vergleich weist das Recot-Garn einen um 50% höheren Abrieb im Cops auf, der aber auf der Spule nur noch mit 12% zu Buche schlägt. Dies lieferte uns den Nachweis, dass sich durch den Einbau der Absaugeinheit an der Spulmaschine der Abrieb deutlich reduziert. Eine überraschende Erkenntnis war auch, dass wenn wir unser konventionelles Recot-Garn zwirnen, sich der Abrieb um 60% gegenüber dem kompaktierten Recot-Garn reduziert. Der Arbeitsgang zwirnen ist allerdings teuer und entspricht nicht immer dem Kundenwunsch. Durch den Einsatz anderer Läufer wurde ebenfalls eine Verbesserung erreicht. Leider dauert es immer relativ lange, bis wir ein Feedback von unseren Kunden erhalten. Für uns ist es jedoch wichtig zu wissen, wie der Warenausfall war, ob es Staubprobleme gab und ob die Spulen problemlos abgelaufen sind. Bei jedem Musterauftrag machten wir neue Erfahrungen und konnten unsere bisher gewonnen Erkenntnisse um- bzw. einsetzen. Oft sind es auch nur Kleinigkeiten die wir verbessern konnten, die uns aber in der Summe einen Schritt weiterbrachten. Die Zusammenarbeit mit unseren Kunden hatte für das Projekt eine große Bedeutung. Nur weil wir überhaupt die Chance bekamen, das Recot-Garn im größeren Umfang produzieren zu können, bestand auch die Möglichkeit, dieses Projekt weiter zu entwickeln.

Nachdem die Ringspinnmaschine bereits mit Recot-Vorgarnspulen bestückt war, haben wir anschließend 30 Cops mit Nm 50 für Versuchszwecke ausgesponnen. (Siehe dazu auch Punkt 3.9) Zum Vergleich haben wir auch das Sortiment Recot3R und das Sortiment Recot4R ausgesponnen. Durch die Mischungsänderung beim Recot4R konnten wir uns bezüglich Nissenwerte nochmals verbessern. Dies ist beim Projekt Recot sehr wichtig, da hier die Kämmerei entfällt und die Recot-Garne mit gekämmten Garnen verglichen werden. Beim Vergleich der Garnwerte, die wir bei der Garnnummer Nm 50 erreichen konnten, mit denen am Anfang des Projekts, erkannten wir eine deutliche Verbesserung.

3.7 Kundenreklamation wegen Spulenablaufschwierigkeiten

Beim ersten Feedback von unseren Kunden wurden Verhakungen beim Ablauen des Fadens von der Spule reklamiert. Beim Abzug von Kreuzspulen können sich durch Verhaken einzelner Fäden miteinander Schwierigkeiten ergeben und es kommt dadurch zu Störungen und Stillständen an den Strickmaschinen. Dies ist für uns als Garnhersteller die ärgerlichste Reklamation. Es nützt nichts, das beste Garn der Welt herstellen zu können, wenn die Spule beim Kunden nicht gut abläuft. Wir haben uns deshalb mit dem Thema Wicklung bei Kreuzspulen näher befasst.

3.7.1 Wicklung bei Kreuzspulen

Bevor der Faden beim Abzug von der Kreuzspulenoberfläche abhebt, liegt er zunächst bogenförmig auf dem Kreuzspulenumfang. Beim Abzug rollt der Faden in der Umlaufrichtung mit und erhält dadurch entweder eine weitere Drehung oder aber verliert an Drehung. Dieses zusätzliche Zu- bzw. Aufdrehen des Fadens ist jedoch – gemessen an der vom Spinnprozess erteilten Drehung – gänzlich unbedeutend.

Wird der Faden beim Abzug von der Kreuzspule entgegen seiner Z-Drehung gerollt (also leicht aufgedreht), so kann er sich nicht mit den abstehenden Fasern der benachbarten Fäden verhaken. Wird der Faden beim Abzug von der Kreuzspule jedoch in Richtung seiner Z-Drehung gerollt (also leicht gedreht), so können die abstehenden Fasern der benachbarten Fäden mit eingedreht werden. Der Faden kann verhaken und reißen.

Aus diesen Überlegungen ist eine bestimmte Zuordnung von Windungsart der Spinnkopse und Wickelart der Kreuzspule erforderlich:

Vorlagespule		Kreuzspule	Drehsinn des abrollenden Fadens	Ablauf
Spindrehung	Aufwickelrichtung			
Z	p	p	auf	gut (Normalfall)
Z	p	q	zu	schlecht
S	q	p	zu	schlecht
S	q	q	auf	gut

Tabelle 2 Wicklungsarten, Drehsinn und Ablauf

Je nach Qualität und Garnnummer kommt es beim Garnabzug von Kreuzspulen zu verschiedenen Ballongrößen. Bei größeren Garnen kann der Ballon z.B. zusammenbrechen und es kann zu Schlingenbildung und dadurch zu Verhakungen kommen. Je nach Garncharakter bzw. Garn-Typ sollten die richtigen Fadenführungstrommeln am Autoconer eingesetzt werden.



**Abbildung 11 Beispiel für eine Fadenführungstrommel
in einem Autoconer
(siehe roter Pfeil)**

Mit 3 verschiedenen asymmetrischen Trommeln führten wir Vorversuche betreffend dem Ablaufverhalten durch. Nach Rücksprache mit der Fa. Schlafhorst haben wir uns entschlossen, 1 Satz (27 Stück) Trommeln zum Spulen unserer Recot-Garne zu kaufen. Die neue Trommel bietet für das Recot-Garn einige Vorteile. Durch den geänderten Kreuzungswinkel wird der Umkehrpunkt des Fadens so verändert, dass wir beim Abläufen des Fadens einen wesentlich ruhigeren Fadenlauf erreichen konnten. Der Abstand der Fadenverlegung war weit genug, so dass abstehenden Fasern der benachbarten Fäden nicht erfasst wurden.

3.8 Weitere Kundenaufträge und Umstellungen

Firma Frottana

Unsere nächste Herausforderung war, eine Mustermenge Nm 24 Recot-Garn für die Firma Frottana zu produzieren. Der Nachteil war, dass wir für 100 kg Mustermenge eine andere Ringspinnmaschine, die für größere Garne ausgelegt ist, komplett auf das Sortiment Recot einrichten mussten. Zuerst haben wir die Ringspinnmaschine gar nicht richtig zum Laufen gebracht. Wir erhielten sehr viele Durchzieher am Streckwerk und alle Optimierungsversuche scheiterten, sodass wir das Verdichtungssystem wieder ausbauen mussten, d.h. wir konnten kein Kompaktgarn produzieren. Desweiteren haben wir noch verschiedene Streckwerkseinstellungen ausprobiert. Die Garnwerte wurden jeweils geprüft und miteinander

verglichen. Bezogen auf die Usterstatistics lagen wir bei allen Parametern aber dennoch bei 4% usp.

Auch bei der Garnnummer Nm 24 erstellten wir wieder eine Studie über den Faserabrieb. Verglichen wurden jeweils Copse mit der Garnnummer Nm 24 von gekämmter Baumwolle, Kapok-Mischung und der Recot-Mischung. Bei der Wahl engerer Abstandshalter (Clips) erhöhte sich der Faserabrieb. Auch die Shore-Härte der Auslaufoberwalzen hatte einen direkten Einfluss auf den Faserabrieb. Beim kompaktiertem Garn wäre der Unterschied des Faserabriebes zwar deutlich besser gewesen aber leider konnten wir mit den Kompaktoren nicht störungsfrei produzieren, sodass wir uns mit dem Standard-Ringgarn zufrieden geben mussten. Bei der groben Garnnummer konnten wir, zwischen Cops und Spule, keinen Abriebunterschied feststellen. Wir haben für die grobe Garnnummer unseren Restvorgarnbestand von Recot3 verarbeitet.

Firma Willy Hermann

Die Fa. Hermann hatte bei der letzten Probelieferung von unserem Sortiment Recot die Garnnummer Nm 100 erhalten. Laut Info des Strickereileiters war das Warenbild sehr unruhig und es entspräche nicht ganz seinem Standard.

Für ein kardiertes Garn ist mit der Garnnummer von Nm 100 die Ausspinnngrenze schon deutlich überschritten. Wir haben intern diskutiert, ob es überhaupt Sinn macht, das Recot-Garn bis Nm 100 auszuspinnen und sind zu dem Entschluss gekommen, den Strickereileiter zu fragen, ob für den herzustellenden Artikel auch eine Garnnummer von Nm 90 ausreicht. Nach positivem Bescheid konnten wir Nm 90 Recot-Garn herstellen. Im Vorfeld machten wir uns natürlich Gedanken, wie wir die Garnqualität verbessern können um die Qualitätsanforderung des Strickereileiters erfüllen zu können. Die Garnwerte konnten wir leider nur noch in kleinen Schritten verbessern. Wir hatten zwar diesbezüglich schon extrem viel erreicht, dennoch gibt es immer wieder Modifikationen um wieder einen kleinen Schritt weiter zu kommen. Die Fa. Texparts hatte aktuell einen neuen Oberriemchenhalter konstruiert, der auch schon in einer kleinen Vor-Serie gefertigt wurde. Von diesem Oberriemchenhalter wurden 10 Stück auf unseren Spinntester eingesetzt und die Garnwerte mit unseren Standardwerten verglichen. Bis auf die Dickstellen konnten wir die IPI-Werte leicht verbessern. Daraufhin wurden diese Oberriemchenhalter bestellt und eine Ringspinnmaschine damit bestückt. Desweiteren wurde die Ringspinnmaschine wieder auf das Kompaktsystem umgerüstet und auf die Garnnummer Nm 90 in Z-Drehung umgestellt.

Optimierung der Garnreinigungsgrenze

Die Reinigung ist optimal:

- wenn alle störenden Garn- und Fremdfaserfehler erfasst werden,
- wenn keine nicht störenden Garn- und Fremdfaserfehler erfasst werden,
- wenn durch die Reinigung der Nutzeffektverlust möglichst gering ist.

Der Uster Quantum Clearer bietet mit seinen flexiblen Reinigungsgrenzen die besten Voraussetzungen für eine optimale Reinigung. Sie stellt immer einen Kompromiss zwischen Qualität und Produktivität dar.

Jedes Garn hat seine für sich charakteristische Punktwolke, die abhängig von Qualität und Feinheit ist. Die Punktwolke ist eine Visualisierung aller Ereignisse. Dabei sind grüne Klassier-Punkte nicht ausgereinigte, rote Punkte dagegen ausgereinigte bzw. geschnittene Garnfehler. An der y-Achse liest man die prozentuale Abweichung von der gewünschten Garndicke ab und an der x-Achse die Länge des zu klassierenden Garnfehlers. Mit der Punktwolke wird verständlich, wie und wo sich die Fehler verteilen. Außerdem können die Auswirkungen einer Verschiebung der Reinigungsgrenze direkt ersichtlich werden.

Nachfolgend wird eine Punktwolke von unserem Nm 90 RecotR mit Reinigungsgrenze (grau) ausgereinigten (rot) und klassierten (grün) Garnfehlern gezeigt. Bei der Interpretation der Punktwolke ist zu beachten, dass oftmals mehrere Punkte übereinander zu liegen kommen. Dieses Wissen ist wichtig für das Ermitteln der korrekten Reinigungseinstellung. Wird die Grenze in einen solchen Bereich gelegt, so muss mit vermehrten Schnitten gerechnet werden.

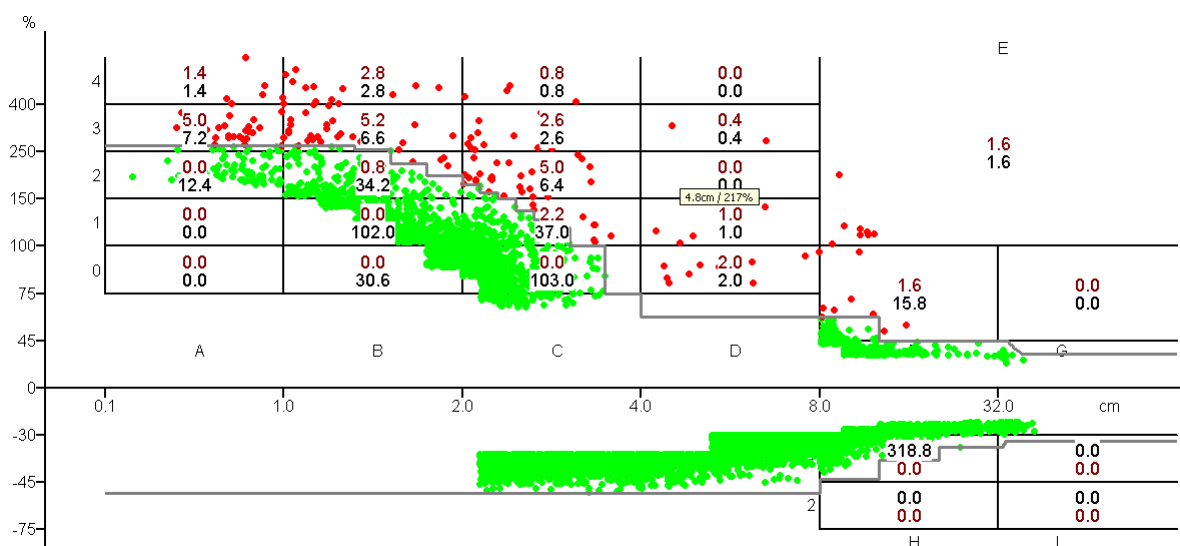


Abbildung 12 Punktwolke mit Garnreinigungsgrenzen

Mit der Optimierung konnte erreicht werden, dass die Reinigungsgrenze dem Verlauf des Garnkörpers folgt und die Dick- und Dünnstellen besser bzw. gezielter ausgereinigt wurden.

Verglichen mit der der letzten Lieferung erzielten wir somit bessere Ergebnisse. Mit der Garnnummer Nm 90 sind wir zwar um 10% gröber als Nm 100, dafür konnten wir unsere IPI-Werte um ca. 63 % verbessern.

Nach der Z-Drehung durften wir das gleiche Garn in S-Drehung ausspinnen. Vergleicht man die Garnwerte zwischen dem Sortiment Nm 90 Recot3R Z- und S-Draht, dann sind die Werte relativ gleichwertig. Beim S-Draht liegen wir mit den IPI-Werten tendenziell immer etwas höher. Als Nächstes wurden wieder Abriebsmessungen am Staff-Gerät durchgeführt. Hier

wurden jeweils die Copse und Spulen von Nm 90 S- und Z-Draht geprüft. Als Vergleich wurde auch das Recot-Garn Nm 100 der letzten Lieferung heran gezogen. Da unsere Kunden nur Spulen bekommen, ist für diese nur der Vergleich des Abriebs an den Spulen interessant. Gemessen an der letzten Ausspinnung haben wir betreffend den IPI-Werten qualitativ einen großen Sprung gemacht. Betreffend dem Faserabrieb ist es uns bei der Garnnummer Nm 100 gelungen, das Recot-Garn mit einem gekämmten Ringgarn praktisch gleichzusetzen.

Firma Lemahieu

Für die Firma Lemahieu durften wir Nm 50 Recot4R und Nm 60 Recot4R mustern. Aufgrund des Staubproblems, dass in der Strickerei auftreten kann, haben wir das Recot-Garn wieder als Kompaktgarn hergestellt. Bei der Garnnummer Nm 50 erstellten wir wieder eine kleine Studie über den Faserabrieb. Verglichen wurden jeweils Copse mit der Garnnummer 50 von kardierter Baumwolle, Kapok-Mischung und der Recot-Mischung. Ein kardiertes Mittelstapel-Garn der Nummer Nm 50 weist ca. 30% weniger Abrieb bei der Copsprüfung auf, ein kardiertes Kapok-Garn dagegen hat 550% mehr. Vergleicht man nun die Abriebwerte zueinander, dann stellten wir fest, dass beim Sortiment Recot4R und der Garnnummer Nm 50 zwischen Cops und Spule der Unterschied bei ca. 41%, beim kardiertem Mittelstapel 29% und bei der Kapokmischung bei 28 % liegt. Mit dem kompaktierten Recot-Garn, das bekanntlich einen sehr hohen Kurzfaserteil aufweist, erreichten wir trotzdem eine recht hohe Reißkraft von 18,9 cN/tex.

Firma Velener

Für die Firma Velener durften wir Nm 40 Recot4R mustern. Die Copse und Spulen wurde vom Labor mehrmals geprüft und wir lagen bei allen IPI-Werten bei 4% usp. Durch den Spulprozess wurde der Faserabrieb um 26% verringert.

3.8.1 Rückmeldung und erneute Aufträge

Nachdem die Firma Willy Hermann mit der zuletzt gelieferten Mustermenge bzw. dem Warenausfall von unserem Recot Nm 90 zufrieden war, durften wir nochmals diese Qualität liefern. Leider hatten wir nur noch Vorgarn mit der Qualität Recot4 und der Feinheit Nm 1,5 auf Lager. Da der Verzug nicht über 50-fach sein soll, benötigt man für so feine Garne normalerweise ein Vorgarn mit der Feinheit Nm 2. Es ist allerdings völlig unwirtschaftlich für eine kleine Mustermenge vom Ballen bis zum Garn wieder alles neu einzustellen, deshalb haben wir versucht, das auf Lager befindliche Vorgarn Recot4 Nm 1,5 dafür einzusetzen. Für diese Kleinmengen steht uns eine kurze Ringspinnmaschine zur Verfügung. Um auch hier das Staubproblem zu minimieren, haben wir das Recot-Garn wieder als Kompaktgarn hergestellt. Die Garnwerte wurden dann mit denen der letzten Lieferung verglichen. Dabei mussten wir feststellen, dass wir bei den IPI-Werten in allen Prüfungen völlig danebenlagen. Die IPI-Werte waren im Vergleich zu den zuletzt erreichten Garnwerten viel zu schlecht. So konnten bzw.

wollten wir das Garn für den Kunden nicht produzieren. Nach ersten Maßnahmen haben sich die Garnwerte zwar leicht verbessert, aber von den bereits erreichten Garnwerten lagen wir nach wie vor weit weg. Nach geändertem Vorverzug haben sich die IPI-Werte nochmals verschlechtert, was uns auf den Gedanken brachte, das Ganze in die andere Richtung zu verändern. Nach nochmals geändertem Vorverzug haben sich die IPI-Werte noch mehr verschlechtert. Zumindest erlangten wir dadurch die Erkenntnis, dass wir mit unserem bewährten Vorverzug richtig lagen. Um festzustellen, ob es eventuell am Vorgarn liegt, haben wir noch andere Flyerspulen aufgesteckt. Aber wie bereits vermutet, hat sich auch hier der Garnwert nicht verändert.

3.8.1.1 Streckwerksumbau auf eine Kordelwalze mit größerem Durchmesser

Es war bereits seit längerer Zeit geplant, das Streckwerk der kurzen Versuchsspinnmaschine umzubauen. Das Streckwerk sollte auf den neuesten Technologiestand umgebaut werden. Ziel war es, die Spinngeometrie einer Ringspinnmaschine neueren Typs nachzubauen. Das Streckwerk dieser neueren Ringspinnmaschine ist mit kurzen Unterriemchen ausgestattet. Deshalb wurde bei dem Maschinenhersteller Oerlikon eine entsprechende Kordelwalze, wie sie in dieser eingebaut ist, in Auftrag gegeben. Diese Kordelwalze musste als Sonderanfertigung, entsprechend den notwendigen Maßen, produziert werden. Die Kosten für diese Spezialanfertigung sind sehr hoch und konnten nur durch eine gute Kooperation mit Oerlikon (Texparts) realisiert werden.

Die Mittelzylinder mussten konstruktiv in die Maschine eingepasst werden. Die standardmäßig verbaute Mittelunterwalze wurde inklusive der Getriebelagerung und aller Lagerböcke komplett ausgebaut. Die ausgebauten Lagerböcke wurden auf unserer CNC- Fräsmaschine entsprechend der ermittelten Maße bearbeitet.

Die neue Mittelunterwalze wurde auf die Streckwerksebene eingebaut. Es wurden die entsprechenden Unterriemchen, die ebenfalls als Sondermaß angefertigt werden mussten, eingesetzt. Verschiedene Säge- und Fräsarbeiten waren vonnöten, um einige Komponenten passend zu machen.

Zunächst haben wir zum direkten Vergleich die linke Maschinenseite (=langes Unterriemchen) zur rechten Seite (=kurzes Unterriemchen) ausgespinnen. Leider konnten wir dabei keine Verbesserung feststellen.

Nachdem die Einstellungen zum Teil noch nicht optimal waren, haben wir auf der Seite, auf der die neuen Kordelwalzen eingesetzt wurden, nochmals Veränderungen durchgeführt. Die IPI-Werte wurden zwar deutlich besser, kamen aber trotzdem an die bereits erreichten Garnwerte nicht heran.

3.8.1.2 Weiterführung der Versuche auf einer anderen Ringspinnmaschine

Nachdem wir keine Möglichkeit mehr sahen, die Garnwerte an der Versuchsspinnmaschine positiv zu beeinflussen, haben wir die Versuche auf einer anderen Ringspinnmaschine weitergeführt. Dazu wurden 30 Spinnstellen auf das Recot Sortiment umgebaut und die Copse geprüft. Bei den neuen Pendelträgern haben wir die Möglichkeit, den Vorhang und den Rückhang des Auslaufzylinders zu verändern. Deshalb haben wir 2 verschiedene Vorhänge getestet. Die beiden Ergebnisse der Vorhänge unterschieden sich im Endeffekt nur etwas bezüglich der Dickstellen und Nissenwerte. Alle IPI-Werte haben sich auf dieser Ringspinnmaschine deutlich verbessert und waren im Bereich der letzten Kundenlieferung.

Leider bedeutete das, dass für die kleine Auftragsmenge eine lange Ringspinnmaschine auf unsere Recot-Produktion umgestellt werden musste. Dies brachte eine Menge Arbeit mit sich. Nach dem Umrüsten der Ringspinnmaschine, haben wir nochmals auf 30 Spinnstellen Copse mit Nm 90 ausgesponnen und anschließend im Labor sofort eine Trockenprüfung durchgeführt. Wir wollten so schnell wie möglich erkennen, welche Komponenten wir einzusetzen hatten, um gute Ergebnisse zu erzielen. Die Copse wurden anschließend wieder befeuchtet geprüft. Auch mit diesen Garnresultaten waren wir sehr zufrieden. Zum Vergleich haben wir die Garnwerte der Spulen der letzten Lieferung gegenüber gestellt und erkannten, dass wir die gleichen Werte wieder erreichen konnten. Wenn wir uns allerdings mit den zuerst erreichten Garnwerten zufrieden gegeben hätten, dann wäre das Warenbild sicherlich deutlich schlechter ausgefallen.

Abschließend haben wir noch die Abriebwerte ermittelt und mit denen der Vergangenheit verglichen. Der Abrieb lag im Sollbereich.

Wir wussten, dass die dafür verwendete Ringspinnmaschine spinntechnologisch deutlich besser konstruiert ist, als unsere Versuchsspinnmaschine. Dass der Garnunterschied aber derart drastisch ausfällt, hatten wir nicht gedacht. Um zu erkennen, ob generell ein Problem an der Ringspinnmaschine (für leichteres Verständnis hier mit RSM1 bezeichnet) vorhanden ist, haben wir diese auf unsere Standardqualität Nm 85 umgestellt. Es wurden 10 Vorgarnspulen aufgesteckt und 10 Copse davon ausgesponnen. Anschließend wurden diese 10 Vorgarnspulen auf einer Ringspinnmaschine gleichen Typs (RSM2) nochmals mit der gleichen Garnnummer ausgesponnen. Die Prüfung zeigte, dass die Garnwerte an der RSM1 schlechter waren. Allerdings waren unterschiedliche Spinnringe im Einsatz. Um auch hier den anderen Effekt des Fadendurchganges beim Läufer auszuschließen, wurden die 10 Ringe mit den Vorgarnspulen von der RSM2 mit auf die RSM1 genommen. Die Garnwerte der RSM1 sind zwar deutlich besser geworden, waren aber immer noch schlechter als die der RSM2. Als nächstes wurde die Hauptfeldweite, die auf der RSM1 noch auf Recot eingestellt war, gleich wie auf der RSM2 eingestellt. Es wurden nochmals 10 Copse auf den beiden Ringspinnmaschinen gesponnen. Alle anderen Parameter wie Oberwalzen, Ringe und Läufer wurden wieder von der RSM2 auf die

RSM1 genommen. Dieses Mal fielen die Garnwerte sogar deutlich besser aus. Das bedeutete im Umkehrschluss für uns, dass die Spinngeometrie bei enger Hauptfeldweite nicht optimal mit anderen Komponenten harmoniert.

3.9 Garnvergleiche der Recot-Garne mit denen eines ITV Forschungsvorhabens

Für das Projekt Recot wurden unter anderem mehrere Forschungsberichte des ITV (Instituts für Textil- und Verfahrenstechnik, Denkendorf) vorab gelesen. Dabei war ein Forschungsvorhaben aufgefallen, das für uns sehr interessant war. Wir konnten unsere Recot-Faserdaten mit den Faserdaten, die in diesem Forschungsvorhaben untersucht wurden gut vergleichen. Das Thema befasste sich mit der Entwicklung von Verdichtungsgarnen aus Baumwolle bei stark reduzierter Auskämmung. Um den Einfluss des Kämmprozesses zwischen dem Verdichtungsspinnen und dem konventionellen Ringspinnen zu analysieren, wurde in diesem Forschungsprojekt Vorgarne mit verschiedenen Auskämmgraden hergestellt. Diese Vorgarne wurden jeweils konventionell und verdichtet in Nm 50 und Nm 80 ausgesponnen und zueinander bewertet. Nachdem wir unser Recot-Garn zuerst vorrangig in der Garnnummer Nm 50 ausgesponnen haben, verglichen wir unsere Faser- und Garnwerte zunächst mit den ITV-Werten derselben Feinheit. Da im Hause Otto und beim ITV Denkendorf aber unterschiedliche Messmethoden verwendet werden, haben wir 12 Vorgarnspulen mit unserem AFIS-Prüfgerät geprüft und diese Spulen anschließend nach Denkendorf zur Gegenprüfung mit deren Almeter-Prüfgerät versandt. Der Schmutzgehalt wurde mit dem MDTA3 Prüfgerät von Zellwenger/Hollingsworth ermittelt.

Zum direkten Vergleich ist nachfolgend eine Tabelle mit den Faser- und Trashwerten der Recot-Vorgarnspulen aufgeführt. In der Tabelle sind die Faserwerte von jeder Flyerspule (12 Stück) aufgeführt und unten wurde jeweils der Mittelwert berechnet. Direkt darunter steht der Mittelwert der im ITV geprüften Ergebnisse.

Faserwerte AFIS	UQL [mm]	L [mm]	SF <12,5mm [%]	VFM [%]
Recot3 Otto geprüft Spule 1	32,84	20,74	26,4	0,05
Recot3 Otto geprüft Spule 2	32,82	20,86	25,4	0,09
Recot3 Otto geprüft Spule 3	32,58	20,76	25,6	0,09
Recot3 Otto geprüft Spule 4	32,66	20,84	25,1	0,08
Recot3 Otto geprüft Spule 5	32,42	20,70	25,5	0,08
Recot3 Otto geprüft Spule 6	32,30	20,52	25,9	0,11
Recot3 Otto geprüft Spule 7	32,84	21,02	24,9	0,09
Recot3 Otto geprüft Spule 8	32,16	20,68	24,8	0,06
Recot3 Otto geprüft Spule 9	32,70	20,86	25,3	0,09
Recot3 Otto geprüft Spule 10	32,36	20,20	27,7	0,09
Recot3 Otto geprüft Spule 11	32,50	20,66	25,8	0,11
Recot3 Otto geprüft Spule 12	32,24	20,32	26,8	0,10
Recot3 Otto geprüft Mittelwert	32,53	20,68	25,8	0,09
Faserprüfungen ITV Mittelwert	29,40	20,70	18,4	0,10

Tabelle 3 Prüfwerte der Flyerspulen im Vergleich zu den Prüfwerten beim ITV

UQL = Oberer 25%-Stapel

L = Mittlere Faserlänge

SF = Kurzfaseranteil

VFM = Sichtbare Fremdteile

In die nachfolgende Tabelle haben wir nun die Staub- und Trashwerte, die von unseren Recot-Vorgarnspulen in Denkendorf geprüft wurden, im Vergleich zu den Werten des Forschungsprojekts, eingefügt. Es ist ersichtlich, dass wir mit unserem Recot-Vorgarn ca. 65% mehr Kurzfaserteil (SF<12,5mm) als das kardierte Ausgangsmaterial des ITV Forschungsprojekts haben. Die längste Faser war mit 37mm identisch und der Trashgehalt beim Recot deutlich niedriger. Bei den gekämmten Vorgarnen ändert sich je nach Auskämmungsgrad der Kurzfaserteil. Mit höherer Auskämmung reduzieren sich prozentual die Trash-, Staub- und Faserfragment-Werte.

Faserwerte Almeter	L [mm]	SF <12,5mm [%]	L1 [%]	L(w) 25%	Trash [%]	Staub [%]	Fragmente [%]
Recot3 ITV geprüft	20,7	18,4	37,8	29,6	0,048	0,011	0,062
Daten vom Forschungsbericht kardierte	21,9	11,2	37,8		0,105	0,016	0,068
Daten vom Forschungsbericht gekämmt 14%	23,3	4,2	37,0		0,037	0,013	0,046
Daten vom Forschungsbericht gekämmt 18%	23,8	2,5	37,4		0,034	0,012	0,036

Tabelle 4 Almeter Prüfergebnisse im Vergleich zu Daten vom ITV Forschungsbericht

L = Mittlere Länge

SF Kurzfaserteil

L1 = 1%-Stapel, längste Fasern im Stapel

L (w) 25% = 25%-Stapel

Nachdem auch die verschiedenen Ustertester leicht abweichende Ergebnisse zueinander aufweisen können, wurde die Prüfung im ITV ebenfalls wiederholt. Folgende Punkte sind in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

1. Die IPI-Werte driften zwischen Labor Otto und ITV auseinander.
2. Vergleicht man alle ITV-Prüfungen liegt unser Recot-Garn, mit einem CV-Wert von 12,86%, und 0,2 Dünnstellen auf 1000 m, absolut an der Spitze.
3. Die Reißkraft und Dehnung ist mit 16,34 cN/tex gleich wie das Garn, dass mit 18% ausgekämmt wurde.
4. Die Dehnung mit 6,8 % stellt den maximalen Dehnungswert dar.

Bei den Nissenwerten kann unser Recot-Garn nicht ganz mithalten. Die Prüfergebnisse beziehen sich allerdings jeweils auf Cops-Prüfungen. Interessant wäre noch ein Vergleich des gespulten Garnes gewesen. Da zwischen Cops und Spule eine deutliche Nissenverschlechterung stattfindet und wir im Hause ein gutes Know-How in der Spulerei haben, könnten wir dort mit den Nissenwerten evtl. weiter zusammenrücken.

Uster Tester	CVm [%]	Dünnstellen n [-50% / 1km]	Dickstellen [+50% / 1km]	Nissen [+200 / 1km]	Feinheits- bezogene Höchstzug- kraft [cN / tex]	Garn- dehnung [%]
Recot3 ITV geprüft	12,86	0,2	71	222	16,34	6,2
Recot3 Otto geprüft (26.5.2010)	12,50	0,0	52	153	16,80	6,8
Recot4R Otto geprüft (9.2.2011)	11,90	0,0	32	128	18,60	6,3
Daten vom Forschungsbericht kardiert	17,86	69	506	435	14,45	5,14
Daten vom Forschungsbericht gekämmt 14%	13,77	3	77	134	16,13	5,44
Daten vom Forschungsbericht gekämmt 18%	13,48	3	57	96	16,60	5,27

**Tabelle 5 Uster Tester Prüfergebnisse im Vergleich zu Daten vom Forschungsbericht
CVm = Längenvariation**

Der Vergleich zu dieser Forschungsarbeit des unabhängigen Textilinstitutes ITV Denkendorf soll den Erfolg unseres Projekts aufzeigen. (ARTZT 2001)

4 Betrachtung der Umweltrelevanz

Die Ökobilanz nach ISO 14040 und ISO 14044 unterteilt sich in die Bereiche der Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens, der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung. Abschließend wird noch eine Interpretation und Auswertung vorgenommen. (ISO 14040; ISO 14044, 2009)

4.1 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

Die Bilanz wird durchgeführt, um ökologische Auswirkungen zwischen dem konventionellen Herstellungsprozess und den Produkten mit verschiedenen Recyclinganteilen zu erfassen. Der Fokus liegt auf der Ermittlung des Wasserfußabdrucks und des CO₂-Bedarfs durch die notwendigen Energieaufwendungen. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf den Spinnereiprozess gelegt, da hier die Veränderungen des Produktionsprozesses stattfinden. Untersucht wird, welche Umweltauswirkungen durch den Einsatz des innovativen Spinnereiprozesses entstehen. Die Auswirkungen sind vor allem in den Anbauländern zu erwarten. Die Anfertigung der Studie beinhaltet den Vergleich verschiedener Systeme miteinander. Daher muss nach der ISO 14040 der Untersuchungsrahmen so festgelegt werden, dass eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet ist. Dies beinhaltet die Anwendung derselben funktionellen Einheit und derselben methodischen Festlegungen, wie z.B. der Leistung, der Systemgrenzen, der Datenqualität, der gewählten Allokationsverfahren, Kriterien zur Beurteilung von Inputs und Outputs, sowie zur Wirkungsabschätzung. Nach der Betrachtung der Funktionen wurde als funktionelle Einheit ein Baumwoll-T-Shirt mit einem Gesamtgewicht von 1kg ausgewählt. Die Abbildung 14 zeigt die betrachtete Wertschöpfungskette. Die nach der Herstellung anfallenden Lebenszyklen in Form des Vertriebs und der Nutzungs- und Recyclingphase wurden aufgrund der Annahme, dass diese für alle betrachteten Prozesse identisch verlaufen nicht mit in die Betrachtung eingebunden.

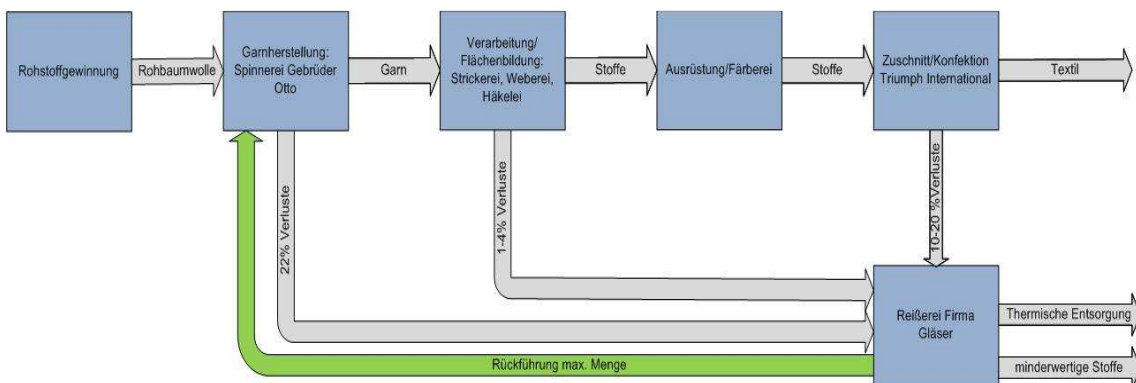


Abbildung 13 Betrachtete Wertschöpfungsstufen

Baumwollanbau

Im Baumwollanbau wird die Betrachtung einer Baumwollmischung aus den Ländern USA, Simbabwe, Israel und Spanien zugrundegelegt. Es wird zwischen zwei verschiedenen Baumwollanbauprozessen unterschieden, der Handernte und der maschinellen Ernte. Es wird angenommen, dass alle betrachteten Anbauflächen zu den bewässerten Anbauflächen gehören. Es wird zwischen der Oberflächenbewässerung, der Sprenklerbewässerung und der Tröpfchenbewässerung unterschieden. Die unterschiedlichen Bewässerungsarten bringen eine unterschiedliche Wassereffizienz mit sich. Im RECOT-Prozess wurden verschiedene Szenarien gebildet. Zum einen eine Baumwollmischung mit der recycelten Baumwolle gemischt mit Baumwolle aus den USA und zum anderen eine Baumwollmischung aus recycelter und simbabwischer Baumwolle. Die Berechnungen im Baumwollanbaubereich beruhen rein auf Literaturwerten und Annahmen.

Systemgrenzen:

Die vorherige Abbildung stellt den betrachteten Prozess dar. Nicht mit in den Systemgrenzen enthalten sind die Herstellung der Baumwollsamens, der Chemikalien, die Herstellung des Verpackungsmaterials, die benötigte Infrastruktur und die Herstellung der benötigten Maschinen.

Transport von den Anbauländern zur Spinnerei

Hierbei wurden zwei Systeme miteinander verglichen. Zum einen die Transporte von der USA, Simbabwe und Israel, bei denen ein inländischer Transport per LKW zugrunde gelegt wurde dem ein Überseetransport mit einem Containerschiff folgt, sowie der reine LKW Transport aus Spanien.

Systemgrenzen:

Nicht mit in das System gehen die Bereitstellung der Infrastruktur, der LKWs, der Containerschiffe und der technologischen Hilfsmittel für die Belade- und Entladevorgänge mit ein.

Spinnerei:

In der Spinnerei wurden die beiden Produktionsprozesse des gekämmten und des kardierten Garns erfasst. In den Prozessschritten des kardierten Garns fallen einige Produktionsstufen weg.

Systemgrenzen:

Nicht mit in die Systemgrenzen gehen die Verpackungsmaterialien, sowie der Lebenslauf des Schmiermittels, die Bereitstellung der Infrastruktur und die Herstellung der benötigten Maschinen.

Transport von der Spinnerei zu den weiteren Verarbeitungsschritten:

Es wird angenommen, dass eine regionale Wertschöpfungskette sowohl für den konventionellen Herstellungsprozess als auch für den RECOT-Prozess entsteht, so dass die Transporte von der Spinnerei zu der Strickerei und alle folgenden Transporte zu den weiterverarbeitenden Stufen per LKW erfolgt.

Systemgrenzen:

Nicht mit enthalten sind die Infrastruktur, und die Herstellung des LKWs und des Gabelstablers, die Herstellung der Paletten und der Verpackungsfolie.

Strickerei:

Für die Strickerei wurde der einfachste Prozess in Form von links-rechts Maschen angenommen. Es gelten für den konventionellen und den RECOT-Prozess die gleichen Vorgehensweisen.

Systemgrenzen:

Nicht mit in den Systemgrenzen enthalten sind der Bau der Maschinen und weiterer Infrastruktur, sowie benötigte Verpackungen.

Veredelung:

In der Veredelung finden die Prozesse Bleichen, Waschen, Trocknen und Färben Beachtung.

Systemgrenzen:

Nicht mit in den Systemgrenzen erfasst ist die Herstellung der benötigten Chemikalien für den Färbe- und den Waschprozess, sowie die Herstellung des Verpackungsmaterials, die benötigte Infrastruktur und die Herstellung der benötigten Maschinen.

Reißerei:

Die Reißerei dient zur Aufbereitung der Produktionsabfälle. Sie zieht in die Betrachtung des RECOT-Prozesses ein. Hierbei wird der Reißerei-Prozess benötigt, um den Kreislauf zu.

Systemgrenzen:

Die Bereitstellung der Infrastruktur der Maschinen und des Verpackungsmaterials wird nicht betrachtet.

Allgemeine Annahmen und angewandte Methoden

Die Datenqualität der erstellten Bilanz sollte kritisch betrachtet werden, denn bis auf die Daten in der Spinnerei und der Reißerei beruhen alle weiteren Daten auf Literatur-/Datenbankwerte und getroffenen Annahmen. Der geographische Erfassungsbereich kann für den Wertschöpfungsprozess als global angesehen werden, da verschiedene Länder involviert sind.

Aus der schlechten Datenqualität kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Schwankungsbreite als hoch und die Repräsentativität als niedrig einzustufen ist. Die Vergleichspräzision kann als gegeben erachtet werden, da für alle Prozesse die gleichen Annahmen, Methoden und Systemgrenzen zugrunde gelegt werden. Methodisch werden die Wertschöpfungsstufen alle nach der Allokation der Masse betrachtet, d.h. dass sowohl für die Berechnungen des Wasserbedarfs als auch für die Bestimmungen der Energiebedarfe diejenigen Masseanteile, die entweder als Koppelprodukt oder als Sekundärprodukt weiter genutzt werden können das Gesamtsystem verlassen und somit auch den dementsprechenden Wasser- und Energieanteil mitnehmen. Bei der Betrachtung der RECOT-Prozesse wird die cut-off rule angewandt. Hierbei wird eine klare Trennung zwischen zwei Systemen vorgenommen, so dass in dem Reißerei Prozess die eingehenden Reststoffe unbelastet in das System eintreten. Die Konsequenz daraus ist, dass der recycelte Anteil nur die Belastungen aus der Reißerei und dem Transport mit in das System einbringt. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um die Unterschiede in den Anbauländern zu verdeutlichen. Bei den gewählten Abschneidekriterien wird oftmals die 1%- und 5%-Regel angewandt. Sie besagt, dass der nicht mitbetrachtete Anteil pro Prozessmodul nicht mehr als 5% ausmachen darf im Gesamtsystem nicht mehr als 1% betragen, sofern die Umweltrelevanz nicht ausschlaggebend ist. Dies wurde für die einzelnen innerbetrieblichen Transporte per Gabelstapler angenommen. Für die Bestimmung der Wassermengen wurde die Methode von HOEKSTRA et al. Herangezogen. Die Gesamtwassermenge ergibt sich aus der Kumulation des grünen, blauen und grauen Wassers.

Berechnungsgrundlagen des Grünen Wassers(HO 2011):

Die Berechnungsgrundlage für das grüne Wasser ist durch die folgende Gleichung gekennzeichnet:

$$WF_{\text{proc, green}} = \text{Green Water Evaporation} + \text{Green Water Incorporation}$$

Berechnungsgrundlagen des blauen Wassers(HO 2011):

Das blaue Wasser in einem Prozessschritt wird bestimmt durch die Formel:

$$WF_{\text{proc, blue}} = \text{Blue Water Evaporation} + \text{Blue Water Incorporation} + \text{Lost Return Flow}$$

Berechnungsgrundlage des Grauen Wassers(HO 2011):

Das Graue Wasser ergibt sich aus:

$$WF_{\text{proc, grey}} = L / C_{\text{max-cnat}}$$

Mit:

L= pollutant load (Abwasserbelastung) in Masse/Zeit

C_{max} = Die maximal akzeptierte Konzentrationsmenge an Chemikalien

C_{nat}= Die in dem Gewässer bestehende Konzentration

4.2 Sachbilanzanalyse

4.2.1 Aufwandsanalyse für den klassischen Produktionsprozess

Bei der Betrachtung des klassischen Produktionsverfahrens wird ein Garn mit der folgenden Zusammensetzung betrachtet:

- 13,3 % der Fasern kommen aus Spanien
- 58,9 % bestehen aus US-amerikanischer Baumwolle
- 14,6 % sind aus Simbabwe und
- 13,1 % sind aus Israel

Die Menge der Sekundärrohstoffe und Koppelprodukte, sind bis auf den Prozess der Spinnerei mit Hilfe von Literaturwerten aus der Arbeit von WIEGEMANN erfasst worden, so dass die Inputmengen berechnet werden konnten.

Produktionsschritt:	Faserabgänge in %:	Inputmenge [kg]:	Outputmenge [kg]:	Abgang brauchbar	Abgang nicht brauchbar
Entkörnung:	58%	4,021	1,688	X	
Spinnerei gesamt:	28,6%	1,688	1,206	X	X
Strickerei:	2,5%	1,206	1,176	X	
Veredelung:	0,0%	1,176	1,176		
Konfektionierung:	15%	1,176	1	X	
Endprodukt:	0,0	1	1		

Tabelle 6 Input-/Outputmengen für den klassischen Prozess

Die Erntemengen der einzelnen Länder konnten mit Hilfe der Datenbank der FAO erfasst werden. Hierfür wurde ein Mittel aus 10 Jahren gebildet, um eventuell einmalig auftretende Ernteaussfällen entgegenzuwirken.

Wasseraufwandssimulation für die Wertschöpfungskette des klassischen Prozesses

Die benötigten Wassermengen wurden mit Hilfe der CropWat und ClimWat Software der FAO durchgeführt. Dazu war es notwendig sowohl die Pflanzzeiten als auch die vorliegende Bodenbeschaffenheit zu bestimmen. Bei den Pflanzzeiten wurde für Spanien April bis Mai, USA März bis Mai, Israel April und Simbabwe Oktober bis November bestimmt. Auch hier wurde mit Mittelwerten gearbeitet, so dass für alle Länder ein frühes, mittleres und spätes Pflanzdatum gewählt wurde. Weiterhin wurden im ClimWat Modell verschiedene Wetterstationen ausgewählt. Für Spanien die andalusische Region, in USA Texas und Kalifornien, für Israel und Simbabwe wurden Mittelwerte über das gesamte Land gebildet. Die

Ergebnisse des CropWat Modells ermöglichen die Bestimmung des grünen und blauen Wassers ausgehend von dem Pflanzenbedarf. Weiterhin wurden die Bewässerungsarten betrachtet. Simbabwe mit einer Oberflächenbewässerung und damit einer Wassereffizienz von 45%, Israel mit einer Tröpfchenbewässerung und einer Effizienz von 85% und die künstliche Beregnung über Sprenkleranlagen in USA und Spanien mit einer Effizienz von 65%. In diesem Schritt wurden auch die ausgegebenen Pestizide betrachtet, sie fallen unter die Kategorie des grauen Wassers. Als Annahme gilt hierbei, dass die Wasserquellen, in die die Pestizide eindringen vorher nicht belastet sind. Es wurde für alle Länder von einer Pestizidbelastung von 11 kg pro Tonne. Es wird von einem run-off von 20% ausgegangen und aufgrund ihrer Toxizität von einer maximalen Konzentration von 0,0000005 kg/l. Der Düngereinsatz kann wieder spezifisch für die einzelnen Länder definiert werden mit Hilfe der Datenbank der FAO, wobei als Referenz für Spanien Werte aus der Türkei gewählt wurden, da keine Daten aus Spanien zu bekommen waren. Als Dünger werden Stickstoffe, Phosphate und Pottasche eingesetzt. Die N-Verbindungen stellen hierbei die flüchtigsten Verbindungen dar und benötigen auch am meisten Verdünnungswasser. Es wurde von einer maximalen Wasserkonzentration für N-Verbindungen von 0,0000025kg/l, für die anderen 0,000001 kg/l angenommen.

Aus diesen Annahmen ergeben sich folgende Wasserbedarfsmengen:

Land	Wassermenge (l)
Spanien	5535,72
Simbabwe	13181,98
Israel	5775,63
USA	34909,83
Gesamtwassermenge	59223,16

Tabelle 7 Wasserbedarfsmengen Anbau

In der Spinnerei kommt für die Klimaanlage Wasser zum Einsatz. Dies beläuft sich auf 2,5 l/Outputmenge. In der Strickerei und die Konfektionierung fallen keine weiteren Wassermengen an. Die Werte der Veredelung wurden der Literatur entnommen und betragen 220 l/Outputmenge.

Energieaufwandsanalyse für den klassischen Produktionsprozess

Bei der Energieaufwandsanalyse und der Eingabe der Daten in Gabi wurde im Gegensatz zu den oben dargestellten Wasserbedarfen die ausgehenden Energiemengen in Form der Sekundärrohstoffe schon berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass alle Arbeiten bei der industriellen Herstellung in USA, Israel und Spanien, bis auf das Entlauben und die Ausbringung des Pestizids von einem schweren Schlepper ausgeführt werden. Der

Pestizideinsatz und die Entlaubung werden mit Hilfe eines Flugzeuges durchgeführt und die Ernte erfolgt durch zwei Fahrten eines Pickers und einer Nachernte mittels eines Strippers. Es wird die Annahme getroffen, dass ein Schlepper für die Bearbeitung eines Hektars 9,5 h benötigt und pro Stunde einen Energieaufwand von 564 MJ/h besitzt. Die Erntemaschinen in Form des Pickers und des Strippers benötigen 4,5 h für die Bearbeitung von einem ha. Dazu wird eine Energie benötigt von 884 MJ/h. Desweiteren muss der Aufwand für Ausbringung der Pestizide und des Entlaubungsmittels per Flugzeug ermittelt werden. Hierfür werden die Annahmen getroffen, dass zwanzig Behandlungen notwendig sind, wobei ein Flugzeug eine Sprühbreite von 20m besitzt. Somit ist eine Strecke des Flugzeugs von 500 Metern notwendig, um ein Hektar zu bearbeiten. Bei der Betrachtung der Pumpe für die Bewässerung sind schwer Daten zu finden. In der GEMIS-Datenbank ist hierfür ein Hinweis zu finden, der nicht weiter bestätigt ist. Es wird ein Wert von 311 MJ/ha angegeben. Dieser wird hier pauschal für alle Länder angenommen. Weiterhin wird Energie benötigt für die Entkörnung. Hierbei wird angenommen, dass für alle Länder die gleiche Energie für die Entkörnung in Höhe von 2,3 MJ/kg verwendet wird. Bei dem manuellen Anbau in Zimbabwe wird die Annahme getroffen, dass die gesamten Arbeitsschritte, bis auf die Entkörnung und die Bewässerung, von Hand ausgeführt werden. Daher fallen nur Energiedaten für die Entkörnung mit 2,3 MJ/kg und die Bewässerung mit 311 MJ/ha an. Aufgrund mangelnder Daten, aus welchen Regionen genau die Baumwolle angeliefert wird, wird davon ausgegangen, dass in den exportierenden Ländern ein Überlandtransport von gemittelt 400 km bis zum Hafen stattfindet. Die Entfernungen in Seemeilen der verschiedenen Häfen nach Bremen, sowie die Daten zum Verbrauch an Kraftstoff eines Containerschiffes welches 3750 40-Fuß-Container erfasst, wurden von einer Rederei zur Verfügung gestellt. Hierbei wurde leider kein direkter Hafen aus Israel in Erfahrung gebracht, so dass diese Entfernungen mit 4000 sm abgeschätzt wurden. Für die USA wurden drei wesentliche Häfen genannt, so dass in den folgenden Berechnungen mit einem Mittel der Häfen gearbeitet wird. Die identifizierten Häfen und deren Entfernungen zum Bremer Hafen sind in der folgenden Tabelle gegeben.

Starthafen	Entfernung nach Bremen in sm
Charlston USA	4070
Brunswick USA	4200
Houston USA	5300
USA im Durchschnitt	4520
Beira (Mosambik)	7950
Israel	4000

Tabelle 8 Häfen und deren Entfernung

Für den LKW Transport von Bremen nach Balzheim werden 746 km angenommen. Der Transport von Spanien wird mit 2400 km verbucht. Alle weiteren Transporte werden per LKW durchgeführt. Hierfür wird zwischen den Prozessstufen von einer Entfernung von 250 km ausgegangen.

Der Energieaufwand der Spinnerei und die daraus entstehenden Outputs ergeben sich aus der Berechnung durch erhobene Daten. Die Gebrüder Otto GmbH hat hierfür eine Wochenproduktion mit durchschnittlichen Mengendurchlaufzeiten erfasst. Die Energien wurden auf die nötigen Inputmengen der einzelnen Maschinen berechnet.

Die Werte der Strickerei, Veredelung und Konfektionierung sind wiederum Literaturwerte von WIEGEMANN.

Die aufgebauten Flüsse und die einzelnen Prozessschritte sind in Anhang 1 aus der Gabi Software dargestellt. Die Werte für die Energien sind der Gabi Software hinterlegt. In der folgenden finden sich die resultierenden Inputs und Outputs.

Inputs	
	RECOT klassis
Flüsse	15,253
Ressourcen	13,564
Wertgüter	1,6888
Outputs	
	RECOT klassis
Flüsse	16,847
Ressourcen	0,21742
Wertgüter	
Produktionsrückstände im Lebensfluss	0,2066
Ablagerungsgüter	0,072133
Emissionen in Luft	16,127
Emissionen in Frischwasser	0,22041
Emissionen in Salzwasser	0,0037775
Emissionen in Industrieboden	2,0778E-005

Abbildung 14 Inputs und Outputs klassischer Prozess

4.2.2 Aufwandsanalyse für den RECOT-Prozess

Es wurden für alle RECOT-Prozesse die gleichen Annahmen getroffen wie für den klassischen Prozess. Es ändern sich jedoch die notwendigen Inputmengen. Es wurden 3 Szenarien gebildet.

- Szenario RECOT 1: 70% US-amerikanische Rohbaumwolle und 30% recycelte Baumwolle
- Szenario RECOT 2: 70% aus simbabwischer Rohbaumwolle und 30% recycelte Baumwolle
- Szenario RECOT 3: 50% aus simbabwischer Baumwolle und 50% aus recycelte Baumwolle

Die Faserabgänge sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Produktionsschritt:	Faserabgänge in %:
Entkörnung:	58%
Spinnerei RECOT gesamt:	12,9%
Strickerei:	2,5%
Veredelung:	0,0%
Konfektionierung:	15,0%

Tabelle 9 Abgänge pro Prozessschritt RECOT-Prozess

Es muss jedoch beachtet werden, dass in dem Prozess die Reißerei mit einfließt und der Anteil der Reißerei in den Szenarien differiert. Auch durch die geänderte Produktion in der Spinnerei ändern sich die prozentualen Abfälle. Somit werden zwei Szenarien betrachtet. Eines mit 70/30 und eines mit 50/50 Mischung.

Produktionsschritt:	Faserabgänge:	Inputmenge [kg]	Outputmenge [kg]
Entkörnung:	58%	2,31	0,97
Spinnerei RECOT ges.:	12,9%	1,38	1,21
Reißerei:	3,6%	0,431	0,415
Strickerei:	2,5%	1,206	1,176
Veredelung:	0,0%	1,176	1,176
Konfektionierung:	15%	1,176	1
Endprodukt	0%	1	1

Tabelle 10 Input-/Outputmengen 70/30 Mischung

Produktionsschritt:	Faserabgänge:	Inputmenge [kg]	Outputmenge [kg]
Entkörnung:	58%	1,65	0,7
Spinnerei RECOT ges.:	12,9%	1,38	1,21
Reißerei:	3,6%	0,72	0,7
Strickerei:	2,5%	1,206	1,176
Veredelung:	0,0%	1,176	1,176
Konfektionierung:	15%	1,176	1
Endprodukt	0%	1	1

Tabelle 11 Input-/Outputmengen 50/50 Mischung

Wasseraufwandssimulation für die Wertschöpfungskette der RECOT-Prozesse

Es wurde genauso vorgegangen wie in dem konventionellem Prozess, so dass sich die folgenden Wasserbedarfsmengen für die Anbauggebiete ergeben.

RECOT-Mischung	Wassermenge gesamt:
RECOT 1	34270,19
RECOT 2	52204,99
RECOT 3	37289,28

Tabelle 12 Gesamtwassermenge RECOT-Mischungen

Für die folgenden Prozesse gelten soweit die gleichen Annahmen.

Energieaufwandsanalyse für den klassischen Produktionsprozess

Analog zu den klassischen Prozessen wurden die RECOT -Prozesse bestimmt. Es ändern sich vor allem die Transportstrecken und es existiert eine energetische Differenz zwischen dem Prozess der Reißerei und dem Anbauprozess. Durch die Veränderungen in der Produktion der Spinnerei fallen Energieaufwendungen weg.

RECOT 70_30_Simbabwe [Bilanzen] -- Bilanz

Objekt Bearbeiten Ansicht Werkzeuge Hilfe

Name RECOT 70_30_Simbabwe

Größe Bewertung Größensicht

Masse [kg]

LCA LCC LCWT

Inputs

	RECOT 70_30
Flüsse	11,802
Ressourcen	10,626
Energetische Ressourcen	10,594
Stoffliche Ressourcen	0,032107
Wertgüter	0,9697
Produktionsrückstände im Lebensfluss	0,2068
Abfälle zur Verwertung	0,2068
Recyclinggut	0,2068

Outputs

	RECOT 70_30
Flüsse	13,268
Ressourcen	0,014911
Wertgüter	
Produktionsrückstände im Lebensfluss	
Ablagerungsgüter	0,0053196
Emissionen in Luft	13,067
Emissionen in Frischwasser	0,17968
Emissionen in Salzwasser	0,00067157
Emissionen in Industrieboden	4,6085E-006

Abbildung 15 RECOT-Mischung Simbabwe 70/30

RECOT50_50_Simbabwe [Bilanzen] -- Bilanz

Objekt Bearbeiten Ansicht Werkzeuge Hilfe

Name RECOT50_50_Simbabwe

Größe Bewertung Größensicht

Masse [kg]

LCA LCC LCWT

Inputs

	RECOT50_50_
Flüsse	14,444
Ressourcen	13,241
Energetische Ressourcen	13,222
Nicht regenerierbare energetische Ressourcen	13,174
Regenerierbare energetische Ressourcen	0,048318
Stoffliche Ressourcen	0,019347
Nicht regenerierbare elementare Ressourcen	1,1636E-012
Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen	0,0034741
Regenerierbare stoffliche Ressourcen	0,015873
Wertgüter	0,6927
Produktionsrückstände im Lebensfluss	0,5096

Outputs

	RECOT50_50_
Flüsse	16,539
Ressourcen	0,0089557
Wertgüter	
Produktionsrückstände im Lebensfluss	
Ablagerungsgüter	0,028998
Emissionen in Luft	16,277
Emissionen in Frischwasser	0,22434
Emissionen in Salzwasser	0,00039614
Emissionen in Industrieboden	2,7039E-006

Abbildung 16 RECOT-Mischung Simbabwe 50/50

RECOT 70_30_USA [Bilanzen] -- Bilanz

Objekt Bearbeiten Ansicht Werkzeuge Hilfe

Name RECOT 70_30_USA

Größe Bewertung Größensicht

Masse [kg]

LCA LCC LCWT

Inputs

	RECOT 70_30
Flüsse	15,15
Ressourcen	13,973
Energetische Ressourcen	13,17
Stoffliche Ressourcen	0,8027
Wertgüter	0,9697
Produktionsrückstände im Lebensfluss	0,2068

Outputs

	RECOT 70_30
Flüsse	17,05
Ressourcen	0,3318
Wertgüter	
Produktionsrückstände im Lebensfluss	
Ablagerungsgüter	0,10249
Emissionen in Luft	16,39
Emissionen in Frischwasser	0,22257
Emissionen in Salzwasser	0,0028999
Emissionen in Industrieboden	1,2821E-005

Abbildung 17 RECOT-Mischung USA 70/30

4.3 Wirkungsabschätzung

Ziel der Studie ist es, die benötigte Wassermenge und die CO₂-Äquivalente darzustellen. Die gesamte kumulierte Wasserbedarfsmenge unter Berücksichtigung der abgehenden Stoffe ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Lfd. nr.	Produktionsschritte	Output	Anteil nutzbare Abfälle			Gesamt	verlässt
			klassisch	(1) 70/30	(2) 70/30		
	Entkörnung						
	Entkörnung (klassisch)	24.873,73					
1	Entkörnung (RECOT 1 70/30)	14.393,48					
	Entkörnung (RECOT 2 70/30)	21.926,10					
	Entkörnung (RECOT 3 50/50)	15.661,50					
2	Reißerei	0					
	Spinnerei (klassischer Prozess)	2,49	23,07%			24.876,21	5.738,94
3	Spinnerei (RECOT 1 70/30)	2,49	9,63%			14.395,97	1.386,33
	Spinnerei (RECOT 2 70/30)	2,49		9,63%		21.928,58	2.111,72
	Spinnerei (RECOT 3 50/50)	2,49			9,63%	15.663,99	1.508,44
	Strickerei (klassischer Prozess)	0	2,50%			19.137,27	478,43
4	Strickerei (RECOT 1 70/30)	0	2,50%			13.009,64	325,24
	Strickerei (RECOT 2 70/30)	0	2,50%			19.816,86	495,42
	Strickerei (RECOT 3 50/50)	0	2,50%			14.155,54	353,89
	Veredelung (klassischer Prozess)	220				18.878,84	
5	Veredelung (RECOT 1 70/30)	220				12.904,40	
	Veredelung (RECOT 2 70/30)	220				19.541,44	
	Veredelung (RECOT 3 50/50)	220				14.021,66	
	Konfektion (klassischer Prozess)	0	15,00%			18.878,84	2.831,83
6	Konfektion (RECOT 1 70/30)	0	15,00%			12.904,40	1.935,66
	Konfektion (RECOT 2 70/30)	0	15,00%			19.541,44	2.931,22
	Konfektion (RECOT 3 50/50)	0	15,00%			14.021,66	2.103,25
	Gesamt (klassischer Prozess)					16.047,01	
Σ	Gesamt (RECOT 1 70/30)					10.968,74	
	Gesamt (RECOT 2 70/30)					16.610,22	
	Gesamt (RECOT 3 50/50)					11.918,41	

Tabelle 13 Wasserfußabdruck für ein T-Shirt mit 1kg

Festhalten lässt sich, dass bei den Wassermengen für alle Anbaugelände ein positiver Beitrag zu erwarten ist. Die Endergebnisse in denen die RECOT 2 Mischung schlechter abschneidet liegt in den geringeren Abfällen in der Spinnerei. Eine Verringerung der benötigten Inputmenge birgt auch eine Möglichkeit den Pestizideinsatz zu verringern, bzw. Optionen für den Ausbau biologischer Baumwolle, da hier die Ernteerträge geringer ausfallen als bei einem konventionellen Anbau. Weiterhin wäre zu empfehlen, Projekte in der Wasserbewirtschaftung aufzubauen, denn durch eine technologische Mikrobewässerung sinkt nicht nur der Wasserbedarf in den Anbauländern, gleichzeitig kann auch der Ernteertrag steigen. Kritisch sind diese Ergebnisse vor allem durch die Simulation zu betrachten. Für Simbabwe wurde z.B. eine Oberflächenbewässerung angenommen, die starke Wasserverluste mit sich bringt, so dass der Wasseranteil pro kg stark ansteigt, vor allem in Kombination mit den geringen Ernteerträgen. Sollte in Simbabwe keine Bewässerung erfolgen, so verschieben sich die Ergebnisse erheblich.

Die Ergebnisse der energetischen Beurteilung sind in den folgenden Tabellen gegeben. Die erste Tabelle gibt eine Gesamtansicht der verbrauchten Energiemengen in Form des unteren Heizwertes. Zu sehen ist, dass die RECOT-Prozesse vom Energiebedarf wie erwartet besser abschneiden als der klassische Produktionsbedarf. Auch das Ergebnis, dass die Werte des RECOT-Szenarios mit einer Baumwollmischung aus Simbabwe besser anschneiden als aus den USA ist aufgrund der unterschiedlichen Feldbestellungen zu erwarten gewesen.

Prozess	Inputseite [unterer Heizwert MJ]	Outputseite [unterer Heizwert MJ]
Klassischer Produktionsprozess	343,07	114,33
RECOT 1 USA 70/30	327,85	110,03
RECOT 2 Simbabwe 70/30	320,59	98,45
RECOT 3 Simbabwe 50/50	322,79	99,49

Tabelle 14 Ergebnisse Energieaufwand (unterer Heizwert)

Die Ergebnisse der CO₂-Äquivalenzen sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Hierzu wird die CML Methode angewandt. Die Berechnung erfolgt automatisch durch die Gabi-Software. Die Datenbankwerte geben einen Zeitraum von 100 Jahren wieder.

Prozess	Inputseite [kg CO ₂ -Äquiv.]	Outputseite [kg CO ₂ -Äquiv.]
Klassischer Produktionsprozess	0,013836	18,367
RECOT 1 USA 70/30	0,013944	17,538
RECOT 2 Simbabwe 70/30	0,000135	17,308
RECOT 3 Simbabwe 50/50	0,000068	17,404

Tabelle 15 Ergebnisse der CO₂-Äquivalenzen

Wie bei der Betrachtung des Wassers sind auch hier diese Ergebnisse soweit zu erwarten gewesen. Alle RECOT-Prozesse schneiden energetisch und von ihrem CO₂-Gehalt besser ab, als der klassische Produktionsprozess. Das die Prozesse mit einer Baumwollmischung aus Simbabwe besser abschneiden als der RECOT-Prozess der USA ist verständlich, da viele maschinelle Prozessschritte im Anbaugbiet wegfallen.

5 Fazit

Orientierte Untersuchungen haben gezeigt, dass die Festigkeit von kardierten Garnen denen von konventionell gekämmten Ringgarnen gleicht. Allerdings sind die kardierten Garne nissiger und stärker mit Fremdpartikel behaftet. Das Kämmen ist im Prinzip nicht mehr aus Festigkeitserwägungen erforderlich, sondern nur noch wegen der Garnsauberkeit. Offen bleibt nur die Frage, ob man auf das Kämmen verzichten kann, um all die gewünschten Effekte zu erzielen. Von diesem Aspekt ausgehend und auch im Sinne des Vorhaben war es sicher sinnvoll den Kardierprozess schon von Beginn an mit in die Überlegungen einzubeziehen. Der Kardierprozess musste so schonend wie möglich durchgeführt werden. Durch reduzierte Produktionsleistung konnten wir den Einsatz feinerer Garnituren und engerer Einstellung der Arbeitselemente ermöglichen. Der Kämmprozess konnte letztendlich eliminiert werden. Lag der Kurzfaserteil beim Recot-Kardenband bei 32,8% so reduzierte sich dieser bis zur Flyerlunte auf 26,6%. Diese Kurzfaserdifferenz ist ein Maß für die Desorientierung der Fasern in dem Faserverband und auch ein Maß über den Strukturunterschied des jeweiligen Prozessfortschrittes. Die Fasern wurden im Prozess durch Optimierung der Strecken zunehmend parallelisiert und die Leit- und Schlepphäkchen eliminiert. Ausgehend für die erreichte Garnqualität war der Kurzfaserteil im Kardenband. Jedes Prozent, das den Kurzfaserteil am Kardenband höher ausfallen lässt, kann bei den nachfolgenden Prozessen nicht mehr ausgeglichen werden. Der Streckprozess an den Flyern und an den Ringspinnmaschinen ist durch eine schrittweise Verfeinerung eines vorgelegten Faserbandes gekennzeichnet. Diese Verfeinerung muss sehr gleichmäßig erfolgen. Fehler bei der Verfeinerung sind nicht mehr zu korrigieren. Um auch Garne, die einen sehr hohen Anteil von kurzen Fasern aufweisen in brauchbarer Qualität spinnen zu können, musste das Hauptverzugsfeld der Ringspinnmaschinen so eng wie möglich eingestellt werden. Mit einer im kritischen Bereich des Hauptverzugsfeldes zusätzlich angeordneten Reibstelle konnten wir eine verbesserte Faserorientierung und Faserstreckung erreichen. Die noch parallel aneinander haftenden Fasern konnten nun auch in diesem Bereich zueinander verschoben werden. Zwangsläufig reduzierten sich dadurch die Verzugsfehler und die Gleichmäßigkeit des Verzugsprozesses verbesserte sich insgesamt. Gleichzeitig neigt auch das Faserbändchen weniger zum Auseinanderlaufen. Dieser Effekt führt zu einer besseren Einbindung der Kurzfasern, was letztlich zu einer besseren Fasersubstanzausnutzung bzw. Reißfestigkeit im Garn führte.

Die Garnwerte der zuletzt gesponnenen Recot-Garne entsprachen dem Anforderungsprofil unserer Kunden. Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

6 Literaturverzeichnis und Quellennachweise

- ARTZI, Peter: Einfluss der Struktur von Ober- und Unterriemchen in Doppelriemchenstreckwerken aus den Riemchengleichlauf und den Verzugsprozess / Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV), 2000 – Forschungsbericht
- ARTZI, Peter: Entwicklung von Verdichtungsgarn aus Baumwolle bei stark reduzierter Auskämmung / Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV), 2001 – Forschungsbericht
- ARTZI, Peter: Erforschung von Chancen und Möglichkeiten der Verzugserhöhung an Ringspinnmaschinen zur Verbesserung der Flexibilität und Produktivität des Gesamtprozesses / Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV), 1997 – Forschungsbericht
- ARTZI, Peter: Optimierung von Ring/Läufersystemen für das Hochleistungsringspinnen / Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV), 1997 – Forschungsbericht
- BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R.: *The nature and properties of soils*; Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999
- BRÜCKNER, Katrin; VÖLKER, Ursula (2009): *Von der Faser zum Stoff*, Hamburg, 2009
- BRUNK, Norbert: Yarn Quality Improved by ACP Quality Package. In: *Spinnovation, The Magazine for Spinning Mills* (2008), No.24, Seite 9-14
- CHAPAGAIN, Ashok K. et al.: *The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries*; Ecological Economics, 2006
- CLIMWAT 2.0 FOR CROPWAT: FAO Water: *Natural Resources and Environment Department*; URL: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_climwat.html, (20.4.2011)
- CROPWAT 8.0: FAO Water: *Natural Resources and Environment Department*; URL: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html, (20.4.2011)
- E-MAIL KORRESPONDENZ HERR HUNDT: *E-Mail Korrespondenz mit Herrn Hundt*, Firma Reederei NSB Niederelbe Schifffahrtsgesellschaft mbH & Co. KG, URL: <http://www.reederei-nsb.de>, (24.08.2010)

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS): FAOSTAT; URL: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>, (20.4.2011)

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS): FertiStat: *Fertilizer Use Statistics*, URL: http://www.fao.org/ag/agl/fertistat/fst_fubc_en.asp, (28.4.2011)

FURTER, Richard: *World-Class Manufacturing : Qualitäts-Spitzenwerte in der textilen Kette : Anwendungsbericht*. Uster Technologies, 2005

GEO-BILDUNGSZENTRUM-MARKDORF BAUMWOLLE: Geo-Bildungszentrum-Markdorf, URL: <http://geo.bildungszentrum-markdorf.de/fortbildung/pages/BAUMWOLLE.HTM>, (01.07.2010)

GIESE, Ernst; SEHRING, Jenniver: *Regionalexpertise: Destabilisierungs- und Konfliktpotential prognostizierter Umweltveränderungen in der Region Zentralasien bis 2020/2050*, 2007; WBGU-Materialien: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen; http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2007/wbgu_jg2007_ex05.pdf

HAIDER, Riyaz; RELLER, Armin: *Thema: Die Zukunft der Baumwolle*, WissenschaftszentrumUmwelt (WZU), Universität Augsburg; <http://geo.bildungszentrum-markdorf.de/fortbildung/pages/QUELLTEXTE/Zukunft%20von%20Baumwolle.pdf>

HOEKSTRA, Arjen Y. et al.: *The Water Footprint Assessment Manual – Setting the Global Standard*, 2011

INTERVIEW HERR JEHL: *Persönliches Interview mit Herrn Jehle*, Firma Gläser textil, URL: www.glaeser-textil-ulm.de, Ulm, (29.06.2010)

INTERVIEW HERR SCHUSTER: *Mitschrift aus persönlichem Interview mit Herrn Schuster*, Firma Gebrüder Otto, URL: www.otto-garne.com, 2010

ISO 14044: *Umweltmanagement-Ökobilanz- Anforderungen und Anleitungen* (ISO 14044: 2006) Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14044: 2006, Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS) im DIN, 2006

ISO 14040: *Umweltmanagement-Ökobilanz- Grundsätze und Rahmenbedingungen* (ISO 14040: 2006)
Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040: 2006, Normenausschuss Grundlagen des
Umweltschutzes (NAGUS) im DIN, 2009

KLÖPFER, Walter GRAHL, Birgit: *Ökobilanz (LCA) Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf* Wiley-
VCH Verlag GmbH&Co.KGaA, 2009

PAULITSCH, Katharina; BAEDEKER, Carolin; BURDICK, Bernhard: *Am Beispiel Baumwolle:
Flächennutzungskonkurrenz durch exportierte Landwirtschaft*; Wuppertaler Institut, Nr. 148, 2004;
http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/WP148.pdf

PAYER, Margarete: Teil I: *Grundgegebenheiten*, Kapitel 2: Klima, Wasser (zusammengestellt von
Alois Payer), 2001, URL:<http://www.payer.de/entwicklung/entw02.htm>, (15.5.2010)

ROUETTE, Hans-Karl: *Handbuch Textilveredelung – Färbung*, Band 2, Frankfurt am Main, 2006

SCHLETH, Anja und PETERS, Gabriela.: *USTER® HVI SPECTRUM : Anwendungshandbuch*. Uster
Technologies, 2005

SCHLETH, Anja und PETERS, Gabriela: *USTER® AFIS PRO : Anwendungshandbuch*. Uster
Technologies, 2004

TEXTILE TECHNOLOGY: *“Spinning”*, URL:
<http://textiletechinfo.com/spinning/WHATISCOTTON.htm>, (26.4.2011)

UNCTAD: Info Comm: *Market Information in the Commodities Area*, URL:
<http://r0.unctad.org/infocomm/anglais/cotton/crop.htm#culture>, (26.4.2011)

USTER TECHNOLOGIES (Hrsg.): *USTER® Gleichmäßigkeitsprüfung : Anwendungshandbuch*. 1981

USTER TECHNOLOGIES (Hrsg.): *USTER® QUANTUM Online-Qualitätsmanagement in der Spulerei :
Anwendungshandbuch*. 2002

WIEGMANN, Kirsten (2002): *Anbau und Verarbeitung von Baumwolle – Dokumentation der GEMIS-
Daten*; Öko-Institut e.V., URL: <http://www.oeko.de/service/gemis/files/doku/cotton.pdf>,
(11.09.2010)

WWF: World Wide Fund for Nature (Hrsg.): *Cleaner, greener cotton: Impacts and better management
practice*, 2007; http://assets.panda.org/downloads/cotton_for_printing_long_report.pdf;

Quellennachweis für Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1

http://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/52000/52002/aralsea_tmo_2011227.jpg

http://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/3000/3730/ara_l_sea_1989_2003.jpg

Abbildungen 2, 9, 10 und 12

Gebrüder Otto

Abbildung 3 - 7

BRUNK, Norbert: Yarn Quality Improved by ACP Quality Package. In: *Spinnovation, The Magazine for Spinning Mills* (2008), No.24. S. 10

Abbildung 8

ZWEIGLE TEXTILPRÜFMASCHINEN: *G 555 Bedienungsanleitung*, S. 1

Abbildung 11

OERLIKON (Hrsg.): *Schlafhorst Autoconer 5* - Broschüre, S.14

Abbildung 13

Eigenanfertigung

Abbildung 14 - 17

Generiert aus den Ergebnissen der GABI-Software

Tabelle 1

SCHLETH, Anja und PETERS, Gabriela: *USTER® AFIS PRO : Anwendungshandbuch*. Uster Technologies, 2004. S. 3-9

Tabelle 2

OERLIKON (Hrsg.): *Schlafhorst Autoconer 5 – Handbuch*

Tabelle 3 - 7, 9 - 13

Eigenanfertigung / eigene Berechnungen

Tabelle 8

E-MAIL KORRESPONDENZ HERR HUNDT: *E-Mail Korrespondenz mit Herrn Hundt*, Firma Reederei NSB Niederelbe Schifffahrtsgesellschaft mbH & Co. KG, URL: <http://www.reederei-nsb.de>, (24.08.2010)

Tabelle 14, 15

Generiert aus den Ergebnissen der GABI-Software