

Integrierter Umweltschutz in der Textilindustrie:

**Recyclierbare textile Leichtbaustrukturen aus natürlichen und
mechanisch wiederverwerteten Faserstoffen für Automobil-
Innenverkleidungen
(ReLAI)**

Teilvorhaben 4

Förderkennzeichen: 01RT9932/2

Laufzeit des Vorhabens: 11/99 bis 10/01

Inhaltsverzeichnis

I	Kurzdarstellung	2
I.1	Aufgabenstellung	2
I.2	Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	3
I.3	Planung und Ablauf des Vorhabens	5
I.4	Wissenschaftliche und technische Ausgangssituation	5
I.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	6
II	Eingehende Darstellung	7
II.1	Durchgeführte Untersuchungen und erzielttes Ergebnis	7
II.1.1	Untersuchungen zur Reißfaserherstellung	7
II.1.1.1	Voruntersuchungen im Labormaßstab	8
II.1.1.1.1	Materialvorzerkleinerung	8
II.1.1.1.2	Reißfaserherstellung	11
II.1.1.1.3	Materialgrobreinigung	14
II.1.1.2	Kleintechnische Versuche	18
II.1.1.3	Produktionsversuch	22
II.1.1.4	Zusatzuntersuchungen	24
II.1.1.4.1	Vorbehandlung	24
II.1.1.4.2	Abfallbehandlung	28
II.1.1.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	29
II.1.2	Machbarkeitsstudie zur Polfaserabspaltung	30
II.1.2.1	Grundgedanke	30
II.1.2.2	Umsetzung in einem Laborversuch	31
II.1.2.3	Bewertung des Verfahrens	31
II.2	Verwertbarkeit der Ergebnisse	34
II.3	Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	34
II.4	Veröffentlichungen	34

I Kurzdarstellung

I.1 Aufgabenstellung

Reißfasern aus ausgewählten Teppichabfällen können eine ökologisch und wirtschaftlich attraktive Materialbasis für das im Verbundprojekt angestrebte Produktfeld der Garn/Vlieskombination für Formteile für die Fahrzeuginnenausstattung darstellen. Jedoch bestehen für in Form von Altteppichen anfallende Teppichabfälle bisher noch keine Recyclingmöglichkeiten zum Wiedereinsatz im textilen Produktbereich. Neben einem geeigneten Erfassungs- und Sortiersystem zur qualifizierten Rohstoffbereitstellung fehlen hierzu bisher auch geeignete Aufbereitungstechnologien.

Das Verbundprojekt beinhaltet die Erschließung von Reißfasern aus Altteppichen als Rohstoffquelle für die Herstellung ausgewählter technischer Textilien. Die Aufgabe des Sächsischen Textilforschungsinstitutes e.V. Chemnitz (STFI) innerhalb des Verbundprojektes besteht in technisch/technologischen Untersuchungen zur Gewinnung von Reißfasern aus hinsichtlich Struktur und Faserstoff sortierten und vorzerkleinerten Altteppichen. Wesentliches Problem im Vergleich zu herkömmlichen Technologien des Textilrecyclings ist der in der Rückenschicht von Altteppichen enthaltene hohe Anteil an nichttextilen Bestandteilen. Die dazu notwendigen Untersuchungen werden zunächst im Labormaßstab realisiert. Die Ergebnisse in Form von Technologievorschlägen bilden die Grundlage für die anschließende gemeinsame Umsetzung bei den im Projektverbund vereinten Unternehmen des Maschinenbaus und einem Reißfaserhersteller. Ziel der Teilaufgabe, die im Komplex mit den Arbeiten der TETEX GmbH Neukirchen und der AUTEFA automation GmbH Friedberg bearbeitet wurde, ist die Bereitstellung textil verarbeitbarer Polypropylenfasern. Diese Reißfasern sind für den Einsatz als funktionelle Faserstoffkomponente in Leichtbaukonstruktionen für Automobil-Innenverkleidungen vorgesehen. Ihre Funktionalität besteht im besonderen thermischen Verhalten des Faserstoffes Polypropylen und wird im Projekt speziell zur Bindung einer aus Naturfasern bestehenden Vliesstoffmatrix für den Einsatz in Automobiltextilien genutzt.

Die technologische Wirksamkeit des Reißprozesses und seiner Variationen wird durch die begleitende Analyse der Reißfasereigenschaften mittels textil-physikalischer Prüfmethode bewertet. Von besonderem Interesse sind hierbei die mittlere Faserlänge, der Auflösungsgrad sowie die Anteile von Kurzfasern und nichttextilen Bestandteilen.

Die nichttextilen Bestandteile in der Fasermischung sind durch die Anwendung unterschiedlicher Vor- und Nachbehandlungsverfahren bereits bei der Reißfaserherstellung weitestgehend zu eliminieren.

In Form einer Studie wird eine alternative Möglichkeit der Fasergewinnung durch maschinelles Abspalten der Faserpolschicht von der nichttextilen Trägerschicht des Teppichbodens untersucht.

I.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das durch das STFI e.V. Chemnitz bearbeitete Teilvorhaben beinhaltet die Weiterentwicklung des Reißprozesses und dessen Applikation auf eine bis dahin noch nicht verwendete Rohstoffbasis. Diese Rohstoffbasis besteht in Form von durch Schreddern vorzerkleinerten Altteppichen, welche bezüglich Polkonstruktion und Faserstoffeinsatz im Polmaterial annähernd sortenrein vorliegen.

Hinsichtlich der Optimierung des Reißprozesses bestehen im STFI e.V. Chemnitz umfangreiche Erfahrungen und Kompetenzen. Bezogen auf das Recycling von reinen Textilabfällen haben sich Tambourumfangsgeschwindigkeit und die Art der Bestiftung der Reißtamboure als die wichtigsten Technologieinstrumente heraus kristallisiert. Deren technologische Auswahl ist in hohem Maße von der Struktur des vorgelegten Materials abhängig. Strukturparameter sind im wesentlichen die Art und Weise der textilen Konstruktion, die textil-physikalischen Eigenschaften und die verwendete Faserstoffart. Diese Grunderkenntnisse, die für klassische Textilabfälle inzwischen auch industriell umgesetzt sind, werden innerhalb der Projektbearbeitung auf die Materialstruktur Altteppichboden appliziert. Alle dazu erforderlichen technischen Voraussetzungen sind im Labormaßstab vorhanden. Hauptbestandteil ist eine flexible Laborreißanlage, die durch ihre modulare Bauweise die Simulation von abgeschlossenen Produktionsabläufen zulässt (Bilder 1 und 2). Zudem besteht die Möglichkeit, Zwischenreinigung des Materials mittels Stufenreiniger oder Zyklon zu simulieren.

Laborreißanlage SERVO 60 des STFI
(Hersteller: AUTEFA Maschinenfabrik GmbH Augsburg)

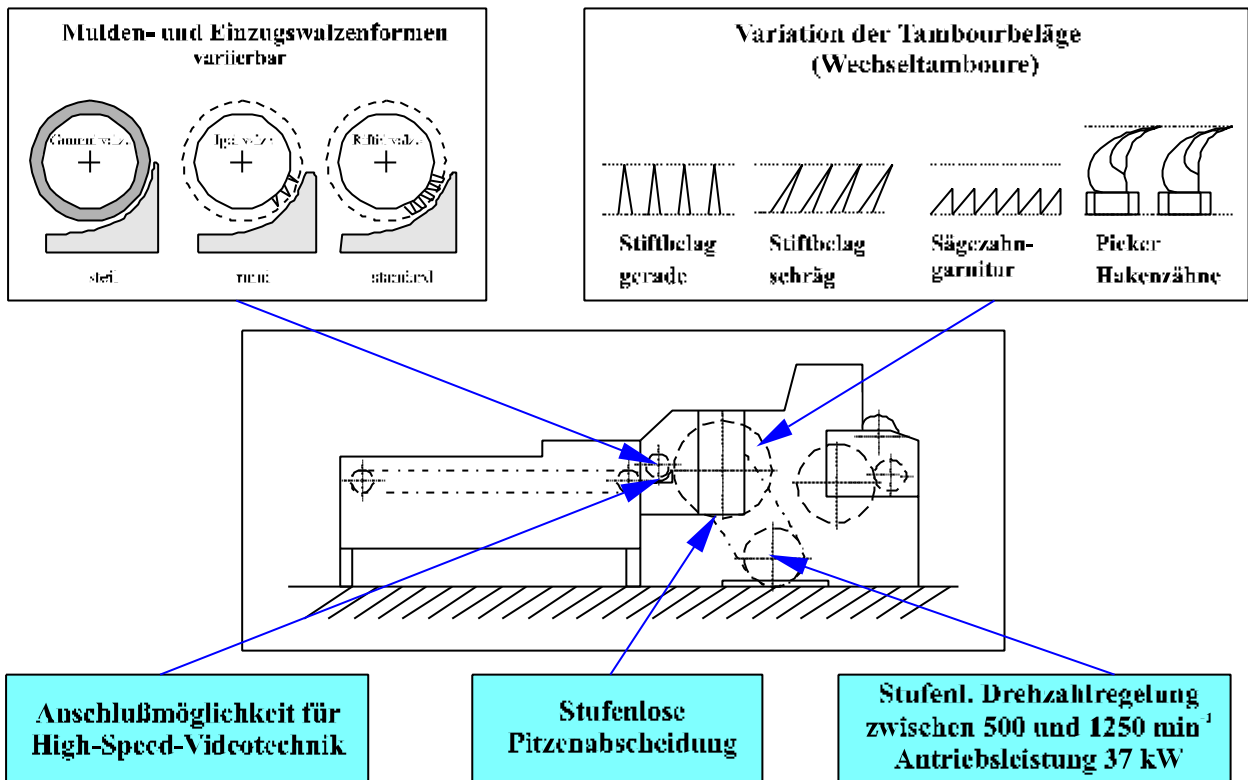


Bild 1: Prinzipskizze der Laborreißanlage SERVO 60 und der technisch/technologischen Möglichkeiten



Bild 2: Ansicht der Laborreißanlage von der Materialeinlaufseite her

Von Vorteil für die kurzfristige Ergebnisumsetzung ist die Baugleichheit wesentlicher Elemente der Laborreißanlage mit der für die klein- und produktionstechnische Umsetzung genutzten Reißanlage beim Projektpartner TETEX GmbH Neukirchen und die Einbeziehung des Herstellers beider Anlagen in das Projektkonsortium.

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Zur Durchführung der Untersuchungen des STFI e.V. Chemnitz wurde von den Projektpartnern Teppichforschungsinstitut Aachen (TFI) und Carpet Recycling Europe Kerpen (CRE) Ausgangsmaterial in sortierter und vorzerkleinerter Form bereitgestellt. Im Labormaßstab wurde eine Technologie zur Reißfaserherstellung entwickelt. Auf deren Basis erfolgten konkrete Vorgaben zur technisch/technologischen Modifizierung der Produktionsanlage beim Projektpartner TETEX GmbH Neukirchen durch die AUTEFA automation GmbH Friedberg. Durch das STFI e.V. Chemnitz wurde der Aufgabenkomplex "Reißfaserherstellung aus Altteppichböden" koordiniert.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten waren verschiedene unmittelbar in Verbindung mit dem Reißprozess realisierbare Maßnahmen zur Materialgrobreinigung. Sowohl das zerkleinerte Ausgangsmaterial als auch die durch Reißen hergestellte Faserqualität zeigen hinsichtlich der Materialreinigung große technologische Reserven. Die Anwendung von Rüttelsiebanlage für das Ausgangsmaterial und Stufenreiniger für die Reißfaser bringen prozess- und qualitätsrelevante Effekte. Prinzipiell wurde die Notwendigkeit dieser Schritte nachgewiesen und gleichzeitig die Behandlung und Weiterverwertung der mengenmäßig nicht unbedeutenden Abfallkomponente untersucht. Eine möglichst effektive Grobreinigung entlastet sowohl den Herstellungsprozess als auch die im Anschluss erforderliche Feinreinigung der Reißfasern (durchgeführt beim Projektpartner Trützschler GmbH & Co KG). Die aus den Laborversuchsreihen erhaltenen Reißfaserqualitäten wurden textil-physikalisch analysiert. Die Verteilung der Faserlängen und die enthaltene maximale Faserlänge sind dabei von besonderem Interesse für das zur Verarbeitung vorgesehene spezielle Wirtvliesbildungsverfahren bei den Projektpartnern ITA Aachen und Faurecia Sassenburg.

I.4 Wissenschaftliche und technische Ausgangssituation

Polypropylenfasern sind in vielfältiger Weise in Technischen Textilien als funktionelle Faserstoffkomponente enthalten. In der konkreten Situation des Projektes sollen Polypropylenfasern als Reiß- bzw. Sekundärfasern aus Altteppichen gewonnen und als Mischungskomponente in Vliesstoffen für die Automobil-Formteilherstellung wieder eingesetzt werden. In Verbindung mit Fasern aus nachwachsenden Rohstoffen

(vorzugsweise Flachs) dienen sie zur Verfestigung der Fasermatrix. Neben dem ökologischen Nutzen (Wandlung vom Abfall zum Produkt, Reduzierung der Deponie- und Umweltbelastung) wird ein wirtschaftlicher Effekt erwartet und in einem Teilprojekt nachgewiesen.

Altteppiche stellen einen besonders anspruchsvollen Anwendungsfall für mechanische Recyclingverfahren dar. Die Ansprüche an die Technologieführung beim Reißen entstehen:

- aus der thermischen Sensibilität des Faserstoffes und der eingesetzten Energiemenge zur Strukturauflösung,
- aus der in großen Mengen (bis zu 60 %) enthaltenen nichttextilen Fracht in Form von Schaumrücken und Schmutz aus dem Gebrauch und deren Einfluss auf die Anlagentechnik
- aus der sperrigen Materialstruktur, die mit herkömmlichen Methoden eine kontinuierliche Anlagenspeisung nicht gestattet.

Aus diesen Gründen sind in Deutschland noch keine Recyclinganlagen zur Reißfaserherstellung aus Altteppichen in Betrieb. Hinzu kommt als Voraussetzung die wirtschaftliche Sortierung der Altteppiche hinsichtlich Polfasermaterial und Polkonstruktion. An der Lösung beider Problemen wird intensiv gearbeitet, für die Faserstofferkennung existiert eine erste großtechnische Anlage.

Die Aufbereitung von Altteppichen mit geschlossener Polschlingenstruktur lässt Reißfasern mit textiltechnisch interessanter Faserlänge erwarten.

Untersuchungsbedarf bestand in der Applikation des Reißprozesses auf die o.g. Besonderheiten des Ausgangsmaterials. Aus früheren Arbeiten am STFI e.V. Chemnitz liegen Erfahrungen bezüglich der Aufbereitung verschiedenster Textilabfälle vor, die die Basis für die erfolgreiche Technologieanpassung bei der Altteppichaufbereitung bildeten.

Zwischenzeitlich ist eine neue Technologie bekannt geworden, bei der mittels Hochdruckwasserstrahlen die nichttextile Rückenschicht von der Polschicht und der Trägergewebesicht abgetrennt werden kann. Nach dieser Vorbehandlung liegt das textile Material annähernd frei von nichttextilen Bestandteilen und weitestgehend sauber vor. Es bedarf aber der weiteren Auflösung, z. B. durch Anwendung eines Reißprozesses und vor allem einer energieintensiven Materialtrocknung [1].

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Zu allen Projektpartnern bestand während der Projektbearbeitung enger Kontakt. Wesentliche Abstimmungen erfolgten innerhalb der Teilaufgabe Reißfaserherstellung zur Beschaffenheit bzw. Aufmachungsform des Ausgangsmaterials Altteppich und zur Behandlung der unterschiedlichen Stoffströme einschließlich des anfallenden Abfalls. Als

Voraussetzung für den Einsatz in Wirtvliesstoffen wurden die erforderlichen Qualitätsparameter des Recyclingproduktes Reißfaser definiert.

Die für die ökonomische und ökologische Prozessbewertung relevanten Daten wurden ermittelt und den verantwortlichen Projektpartnern übergeben.

Mit anderen Stellen außerhalb des Projektkonsortiums bestand keine unmittelbare Zusammenarbeit.

II Eingehende Darstellung

II.1 Durchgeführte Untersuchungen und erzieltes Ergebnis

Hauptaufgabe des STFI e.V. Chemnitz innerhalb des Projektkonsortiums war die labormäßige Entwicklung einer Technologie zur Aufbereitung von Altteppichen mit Polypropylen-Polschicht zu textiltechnisch verwertbaren Reißfasern und die anschließende Applikation dieser Technologie auf eine Reißanlage im Industriemaßstab. Diese Arbeiten konnten durch das enge Zusammenwirken der beteiligten Projektpartner aus unterschiedlichen für die Problemlösung relevanten Bereichen von Industrie und Forschung effektiv und erfolgreich durchgeführt werden.

II.1.1 Untersuchungen zur Reißfaserherstellung

Die Reißfaserherstellung aus Altteppichen als Polypropylen ist wegen der besonderen Materialstruktur ein technologische Problem, für welches es in Deutschland noch keine umsetzbare Lösung gibt. Bisherige Entsorgungswege sehen die Verwertung dieses Abfallstromes in Form von Ersatzbrennstoffen, speziell für die Zement- und Eisenindustrie, vor. Der gegenwärtige und perspektivisch zu erwartende Entwicklungsstand hinsichtlich der automatischen Sortierung von Altteppichen macht als Voraussetzung die für ein mechanisches Recycling geeigneten Teppichstrukturen (geschlossene Polschlinge aus Polypropylen-Filamentgarn, Bild 3) unter wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen verfügbar.

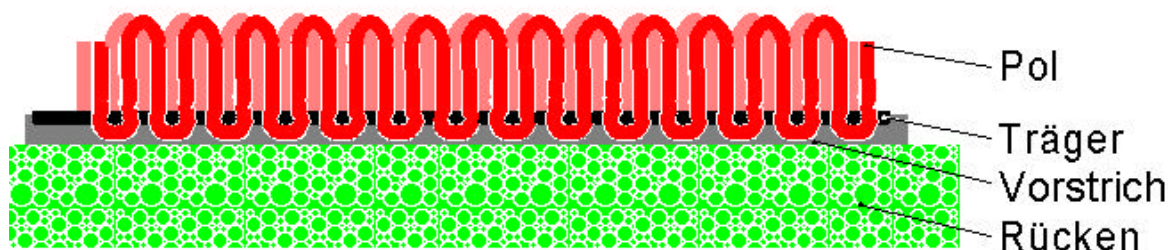


Bild 3: Prinzipdarstellung der für die Reißfaserherstellung interessanten Teppichstruktur

II.1.1.1 Voruntersuchungen im Labormaßstab

II.1.1.1.1 Materialvorzerkleinerung

Prinzipiell erscheint der Reißprozess für den mechanischen Aufschluss der in Bild 3 dargestellten Teppichstruktur geeignet. Quasi endlose Filamentgarne in der ungeschnittenen Schlingenstruktur begrenzen nicht (wie bei der geschnittenen Polschlingenstruktur) von vornherein die erreichbare Längenverteilung der Reißfasern. Auf diese Tatsache ist bei der Vorzerkleinerung der Altteppiche besonderes Augenmerk zu legen. Eine optimale Schnittgröße lässt einerseits ausreichend lange Reißfasern zu und gestattet den Faserwiedereinsatz auf hohem Niveau. Andererseits wird das Einwickeln von langen Filamentgarnstücken in die mit hoher Drehzahl rotierenden Organe der Aufbereitungstechnik und die damit verbundene permanente Gefahr der Prozessstörung durch Blockierung und/oder Brand verhindert.

Die Projektbearbeitung insgesamt geht zunächst von der Vorzerkleinerung des Altteppiches durch Schreddern aus. Das Schreddern erscheint für die in unterschiedlichen und großen Dimensionen anfallenden Materialaufmachungen als der geeignetste Verfahrensweg. Dieser Arbeitsschritt wurde vom TFI Aachen im Anschluss an die Materialsortierung in Kooperation mit einem Hersteller der Zerkleinerungstechnik realisiert.

Am für Vorversuche übergebenen Material wurde eine durchschnittliche Schnitt- bzw. Stückgröße von ca. 46 cm² ermittelt. In Abhängigkeit von der Polhöhe sind in Stücken dieser Größenordnung Filamentgarnlängen zwischen minimal 20 mm und maximal 200 mm zu erwarten.

Vergleichende Versuche zur Wirksamkeit der Vorzerkleinerung wurden mit quasi ungeschnittenem Material (Streifen mit ca. 2 m Kantenlänge) und mit Stücken von 150 mm theoretischer Kantenlänge durchgeführt. Dafür kam neben einem Tambour mit besonders groben Stiftbelag eine besondere Reißtambour-Bauweise zur Anwendung. Dieser auch als Picker bezeichnete Grobreißer ist mit gesenkgeschmiedeten Hakenzähnen ausgestattet und wird wegen seiner Robustheit vor allem bei der Altkleideraufbereitung zum Einsatz gebracht. Der an der Laboranlage verwendete Pickertambour ist mit 34 Hakenzähnen je Reihe, bei 18 Reihen insgesamt, bestückt. Entsprechend ist der Energiebedarf des Aggregates um ca. 1/3 höher als der einer vergleichbaren Reißereinheit (ca. 75 kW je Meter Arbeitsbreite).

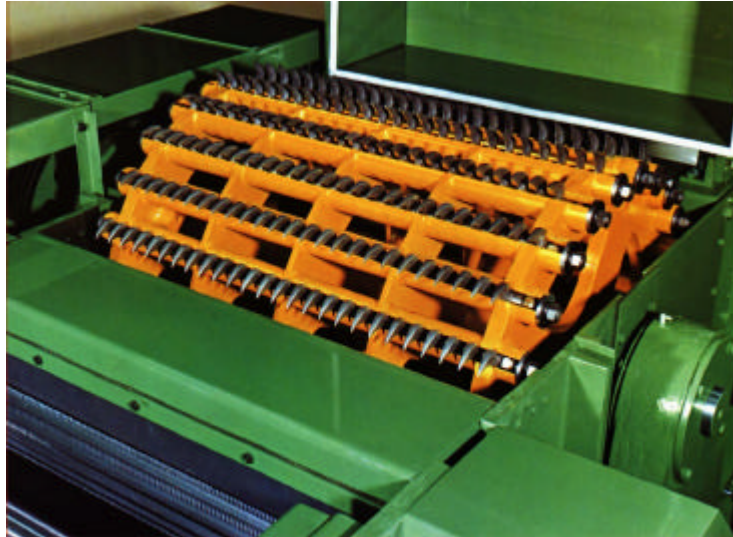


Bild 4: Grobreißertambour Typ Picker (Fabrikat: LAROCHE/F)

Die innerhalb der Untersuchungen zur Vorzerkleinerung labormäßig realisierten Versuchsvarianten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Typ	Bezeichnung	Maschine	Abmessung in cm		Kante
			Länge	Breite	
A	Streifen schneiden	Elektrische Schere, manuell	200	10 - 20	glatt
B	Fläche schneiden	Guillotine-Schneidmaschine	15	15	glatt
C	Grobreißen	Reißmaschine mit Picker	5 - 8	5 - 8	fasrig
D	Schreddern	Ein- oder Zweiwellenschredder	2 - 10	2 - 10	fasrig

Tabelle 1: Technologische Möglichkeiten und realisierte Versuchsvarianten zur Vorzerkleinerung von Altteppichen

Aus Tabelle 1 wird die Beschaffenheit der Schnittkanten in Abhängigkeit vom angewendeten Verfahren deutlich. Vorteilhaft für die Speisung der Reißanlage ist eine fasrige Kante. Dies zeigte sich auch im Ergebnis der (labormäßigen) Untersuchung der folgenden Variantenkombinationen:

- A / B / C
- A / B
- A / C

Der Einfluss des Vorschnittes auf die Reißfaserqualität wird aus der nachfolgenden Tabelle deutlich. Der anschließende Reißprozess ist für beide Chargen mit gleicher Technologie durchgeführt worden.

Vorschneiden		Polfasermenge [%]	mittlere Faserlänge [mm]
ja	nein		
X		32	37,2
	X	40	26,6

Tabelle 2: Einfluß des Vorschnittes (Abmessungen 0,15 x 0,15 m)

1. Tambour	Polfasermenge [%]	mittlere Faserlänge [mm]
Picker	22,8	34,0
Reißtambour SS4	31,6	35,6

Tabelle 3: Einfluss der Tambourbestiftung am 1.Reißtambour; Vergleich Pickertambour zu Tambour mit SS4-Bestiftung (vgl. Tabelle 4) bei Verwendung vorgeschrittenen Materials

Für den Bereich Vorbehandlung der Technologie zur Reißfaserherstellung ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Glatte Schnittkanten (wie sie sich aus der Kombination A / B, Tabelle 1 ergeben) sind wegen der besonderen Struktur der Altteppiche für die kontinuierliche Speisung nachfolgender Prozesse schlechter geeignet als fasrige Kanten.
- Für Altteppiche aus Polypropylen ist ein Vorreißertambour mit der in Tabelle 4 dargestellten Konfiguration im Vergleich zum Grobreißertambour Picker bessere geeignet (Tabelle 3).
- Großtechnisch und wirtschaftlich effektiv wird zum Erhalt fasriger Schnittkanten nur eine Kombination aus grobem Vorschnitt und Grobreißen oder das Schreddern mit Ein- oder Zweiwellenschreddern umzusetzen sein.
- Die Vorzerkleinerung der Altteppiche ist perspektivisch direkt am Anfall- bzw. Sortierort von Vorteil.
- Während der Vorzerkleinerung anfallende lose textilfremde Bestandteile müssen bereits hier mit geeigneten Mitteln aus dem Material eliminiert werden.
- Grobe Stifftamboure mit schräger Stifftanordnung lösen das Fasermaterial besser und schonender auf als Tamboure mit Hakenzähnen.

II.1.1.1.2 Reißfaserherstellung

Der Aufschluss der vorzerkleinerten Alteppichstruktur zur Einzelfasern soll mittels einer im Projekt zu modifizierenden Reißtechnologie durchgeführt werden. Die Untersuchungen erfolgen im Labormaßstab unter Nutzung der flexiblen Laborreißanlage SERVO 60 (vgl. Bild 1 und 2).

Das Prinzip der Reißfaserherstellung ist wie folgt zu beschreiben:

Das nach einem der oben beschriebenen Verfahren vorzerkleinerte Ausgangsmaterial wird mittels einer transportierend und gleichzeitig klemmend wirkenden Einzugsvorrichtung dem unmittelbaren Reißbereich zugeführt. Einzugsvorrichtungen an Reißmaschinen bestehen entweder aus einem Walzenpaar oder, in der Praxis wesentlich häufiger anzutreffen, aus einer Walze und einer speziell gestalteten Mulde. In Abhängigkeit vom zu verarbeitenden Material wird die Form der Muldenkante variiert, so dass die Lage des Klemmpunktes, die Dimension des Freiraumes an der Abschlagstelle und die Intensität der Faserbeanspruchung im Moment der Strukturauflösung beeinflusst werden kann.

Die Strukturauflösung erfolgt durch den Eingriff stiftförmiger Arbeitsorgane in das geklemmte Material. Die Stifte sind auf dem mit hoher Geschwindigkeit rotierenden Reißtambour befestigt (Bild 5 und 6). Zur vollständigen Materialauflösung sind in der Regel mehrere aufeinander folgende Auflösungsschritte notwendig. Deren Anzahl hängt wesentlich von den Struktureigenschaften des vorgelegten Materials ab. Mit zunehmender Materialauflösung und der damit einhergehenden Volumenzunahme des Aufbereitungsgutes von Passage zu Passage muss die Bestiftungsdichte, d.h. die Anzahl der Stifte, zunehmen. Gleichzeitig muss der Stiftdurchmesser der Arbeitsorgane im Rahmen der technischen Möglichkeiten reduziert werden. Noch unaufgelöstes Material und andere Fremtteile (z.B. nichttextile Anteile bei Altkleidern) können unter Ausnutzung der Masseunterschiede über eine Entpitzungseinrichtung am Tambourumfang ausgeschieden werden. Wahlweise kann der ausgeschiedene Stoffstrom der Anlage erneut vorgelegt werden oder verworfen werden. Hier sind materialökonomisch sinnvolle Fallentscheidungen erforderlich. Ggf. ist eine separate Behandlung dieses Stoffstromes vor seiner Rückführung angebracht. Aus der Umlaufbahn um den Reißtambour wird das aufgeschlossene Material mittels einer Siebtrommel angesaugt. Gleichzeitig erfolgt eine Entstaubung und Kurzfasersparation, wobei die Intensität der Materialreinigung für "normale" Textilabfälle ausgelegt ist. Bezüglich der Ausreinigung des im Alteppich enthaltenen hohen Inertstoffanteils ist die Effektivität eher als unzureichend einzuschätzen.

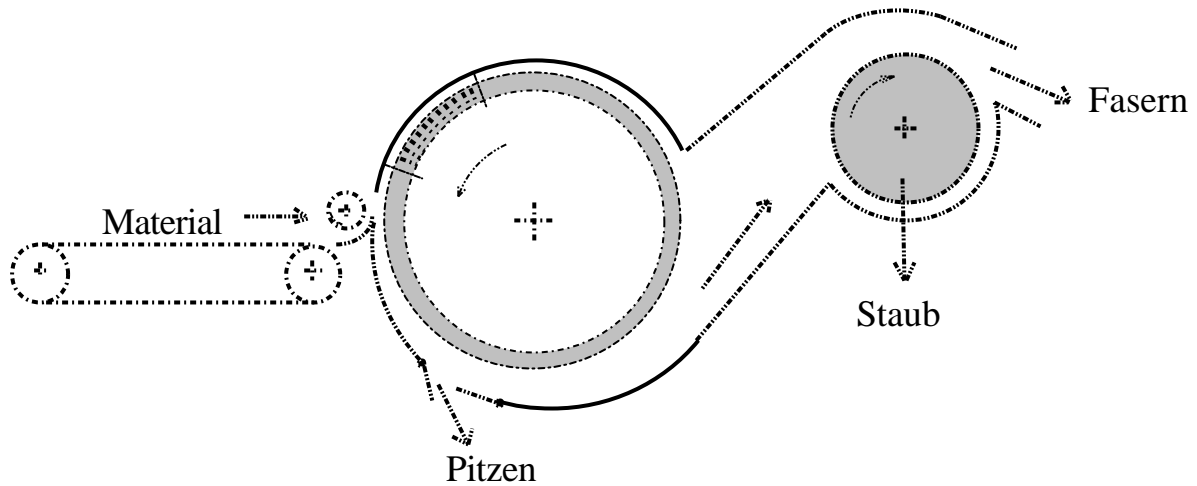


Bild 5: Prinzipdarstellung des Reißvorganges am Beispiel einer eintambourigen Reißmaschine

Tabelle 4 gibt einen Überblick zu den für die Untersuchungen konkret verwendeten Belagsgeometrien und verdeutlicht die technologische Reaktionsmöglichkeit auf den Zusammenhang zwischen Bestiftung und Materialauflösung. Der Tambour SS4 ist dabei, wie oben beschrieben, sehr gut geeignet für die Materialgrobauflösung. Die bezogen auf den Tambourradius schräge Stiftanordnung bewirkt bei der noch unaufgelösten Struktur ein kontinuierliches Eindringen des Stiftes von der Stiftspitze her. Dagegen dringen rein radial angeordnete Stifte mit der ganzen Stiftlänge gleichzeitig in das Material ein, wodurch es zu erhöhtem Energiebedarf und zur Energieumwandlung in Wärme kommen kann. Nachteil der schrägen Stiftanordnung ist die fehlende Möglichkeit, die Beanspruchungsrichtung des Reißtambours durch einfaches Wenden zu wechseln. Von Vorteil für den raschen Energieabtransport von den Stiften ist die Fassung der Stifte in Aluminiumbrettern. Hierzu waren bisher hauptsächlich Bretter aus verleimten Schichtholz üblich.

Belagsgeometrie	Kurzbezeichnung	Reihen- und Stifzahl je Brettchen	Theor. Bestiftungsdichte bei 24 Brettchen je Tambour	Materialauflösung
Stiftbelag schräg (12°) 5 mm Stiftdurchmesser	SS 4	4 Reihen je 44 Stifte	0,3 Stifte/cm ²	↓
Stiftbelag schräg (15°) 3 mm Stiftdurchmesser	SS 8	8 Reihen je 44 Stifte	0,6 Stifte/cm ²	
Stiftbelag gerade 3 mm Stiftdurchmesser	SG 12	12 Reihen je 55 Stifte	1,1 Stifte/cm ²	

Tabelle 4: In den Voruntersuchungen verwendete Tambourbeläge und die technologische Reihenfolge der Anwendung

Wegen der besonderen Materialstruktur der Altteppiche wird auch für die zweite Reißpassage ein Schrägstiftbelag vorgesehen, der sich durch Anordnungswinkel und Stiftanzahl von SS4 unterscheidet. Die theoretische Bestiftungsdichte verdoppelt sich.

Für die dritte Reißpassage wird ein gerader Stiftbelag vorgesehen (SG 12, Bild 6). Hier ist das Aufbereitungsgut bereits in eine Mischung aus Fasern und Garnen aufgelöst. Das bedeutet, im Moment des Stifteintrittes bleibt der Widerstand und damit der Energieeintrag vergleichsweise gering. Aus früheren Messungen ist bekannt, dass mit zunehmender Materialauflösung die Motorstromaufnahme als Maß für den Energieeintrag abnimmt. Gleichzeitig wird die eingetragene Energie auf annähernd die doppelte Anzahl Stifte verteilt. Das Risiko der Faserschädigung durch Umwandlung kinetischen Energieüberschusses in Wärme nimmt deutlich ab.

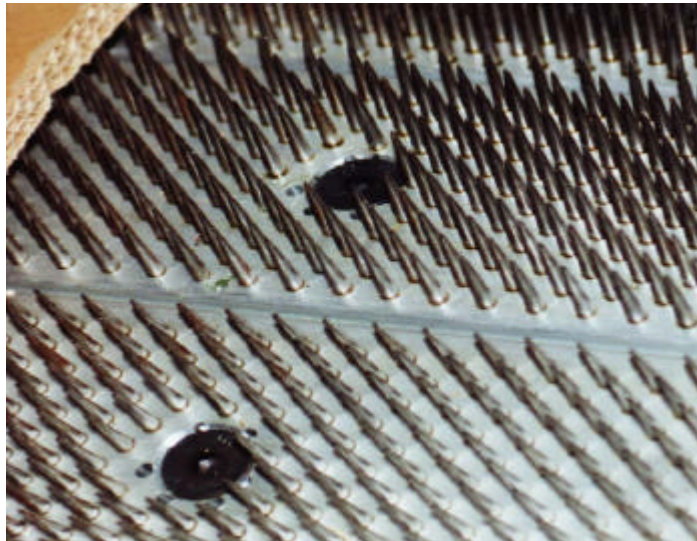


Bild 6: Stiftbelag SG 12

Die Labortechnologie wurde bewusst auf eine dreitambourige Technologieführung ausgelegt, weil die Praxisumsetzung auf einer solchen Anlage vorgesehen war.

Nach der Durchführung des Reißprozesses liegt das Aufbereitungsgut Altteppich in überwiegend faser- und garnförmiger Aufmachungsform vor. Daneben ist ein hoher Anteil inerter Inhaltsstoffe in Form von Kreidestaub, Sand und Schaumrückenstücken zu verzeichnen. Diese durchaus erwartete Tatsache machte weitere Schritte zur Trennung der textilen Komponente erforderlich.

II.1.1.1.3 Materialgrobreinigung

Zur Materialgrobreinigung wurden unterschiedliche Lösungswege verfolgt.

- Kondensor

Aus Untersuchungen zur Altkleideraufbereitung waren die mittels einer speziellen Kondensorbauforn bezüglich der Fremdteilseparierung erreichbaren Effekte bekannt. Zudem sind Kondensoren notwendige und z.T. mehrfach innerhalb von luftbasierten Transportsystemen für faserförmiges Gut installierte Aggregate. Die modifizierte Bauform besteht in der zusätzlichen Möglichkeit der Abscheidung von an der Siebtrommel direkt abprallenden Fremdteilen (Bild 7). Dem entgegen wirkt, anders als bei den in Altkleidern enthaltenen Hartteilen, die den Teppichrückenteilen eigene Elastizität. Letztlich tritt der Ausreinigungseffekt hauptsächlich bezüglich Staub und Kurzfasern ein.

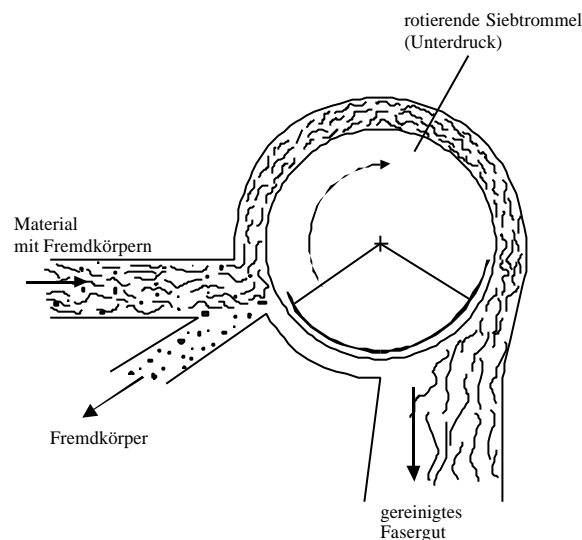


Bild 6: Modifizierte Kondensorbauforn zur Abscheidung partikel- und staubförmiger Fremdbestandteile aus Reißfasermischungen

- Spiralklopfwolf

Am fertig gerissenen Material wurde die Endreinigung über einen sogenannten Spiralklopfwolf getestet. Die spiralförmige Anordnung der rotierenden Schlagorgane fördert bei diesem Aggregat das Material durch einen zylindrischen Maschinenkörper von ca. 2,5 m Länge. Staub und Kurzfasern fallen nach unten durch einen Rost mit verstellbarer Maschenweite; Fremdteile werden durch die aus ihrer höheren Masse resultierende Fliehkraft zu einer seitlichen Öffnung ausgeschieden. Materialdurchsätze bis zu 2000 kg/h sind mit diesem Aggregat zu erreichen. Gereinigt wurden die optimalen Laborversuchsvarianten auf einem Spiralklopfwolf (Hersteller z.B. Dell' Orco & Villani/Italien) der Rohtex GmbH in Giengen.

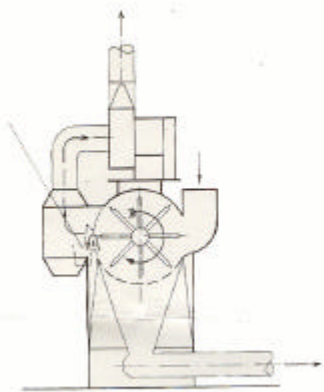


Bild 7: Prinzip und Ansicht Spiralklopfwolf

Die Ergebnisse dieser Laborversuchsreihe zeigt Tabelle 5. Es wird deutlich, dass der über die Entpitzungseinrichtung ausgeschiedene und verworfene Stoffstrom den grössten Anteil ausmacht. Die Wirksamkeit des Kondensors ist vergleichsweise gering. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass es sich bei dieser Fraktion tatsächlich nur um "echte" Abfälle in Form von Staub und Kurzfasern ohne Gutfaseranteile handelt.

Technologiestufe	Reißpassage		Kondensator	Reißpassage	Spiral- klopfwolf	Summe
	1 SS4	2 SS8		3 SG12		
Abfallanteil in %	20	25	5	8	10	68

Tabelle 5: Laborversuchsreihe zur Altteppichaufbereitung; Verteilung der Abfallmengen auf die Prozessschritte beim Reißen und Reinigen

Für eine technologische Prozessoptimierung sowie vor allem auch zur Reduzierung der hohen Abfallanteile ist vorzusehen:

- Rückführung des über die Entpitzung an den Reißtambouren ausgeschiedenen Materialstromes in den Kreislauf der Reißanlage, dabei ist eine gezielte Zwischenbehandlung/Reinigung von Vorteil
- Verzicht auf zusätzliche Kondensorpassage
- Verbesserung der Anlagenfeineinstellung zur Erhöhung der Trennschärfe (Spiralklopfwolf).

In Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Laborversuchen ergibt sich ein vorläufiges Technologieschema. Es berücksichtigt die zur kleintechnischen und produktionsmäßigen Reißfaserherstellung vorgesehene dreitambourige Anlagentechnik beim Projektpartner TETEX GmbH Neukirchen. Maschinentechnischen Modifizierungen sind am Anlageneinlauf und an den Reißtambouren erforderlich. Der planmäßige Abschluss der Laborversuchsreihe zur Technologieermittlung bildete somit die Basis für die Technologieapplikation auf die Reißanlage SERVO 80 bei der TETEX GmbH Neukirchen. Die zur Umsetzung notwendigen Aktivitäten wurden mit der TETEX GmbH und dem für den Maschinenbau zuständigen Projektpartner AUTEFA automation GmbH Friedberg abgestimmt.

Technologieschema zur Reißfaserherstellung aus Alteppichen (Schlingenware 100% PP)

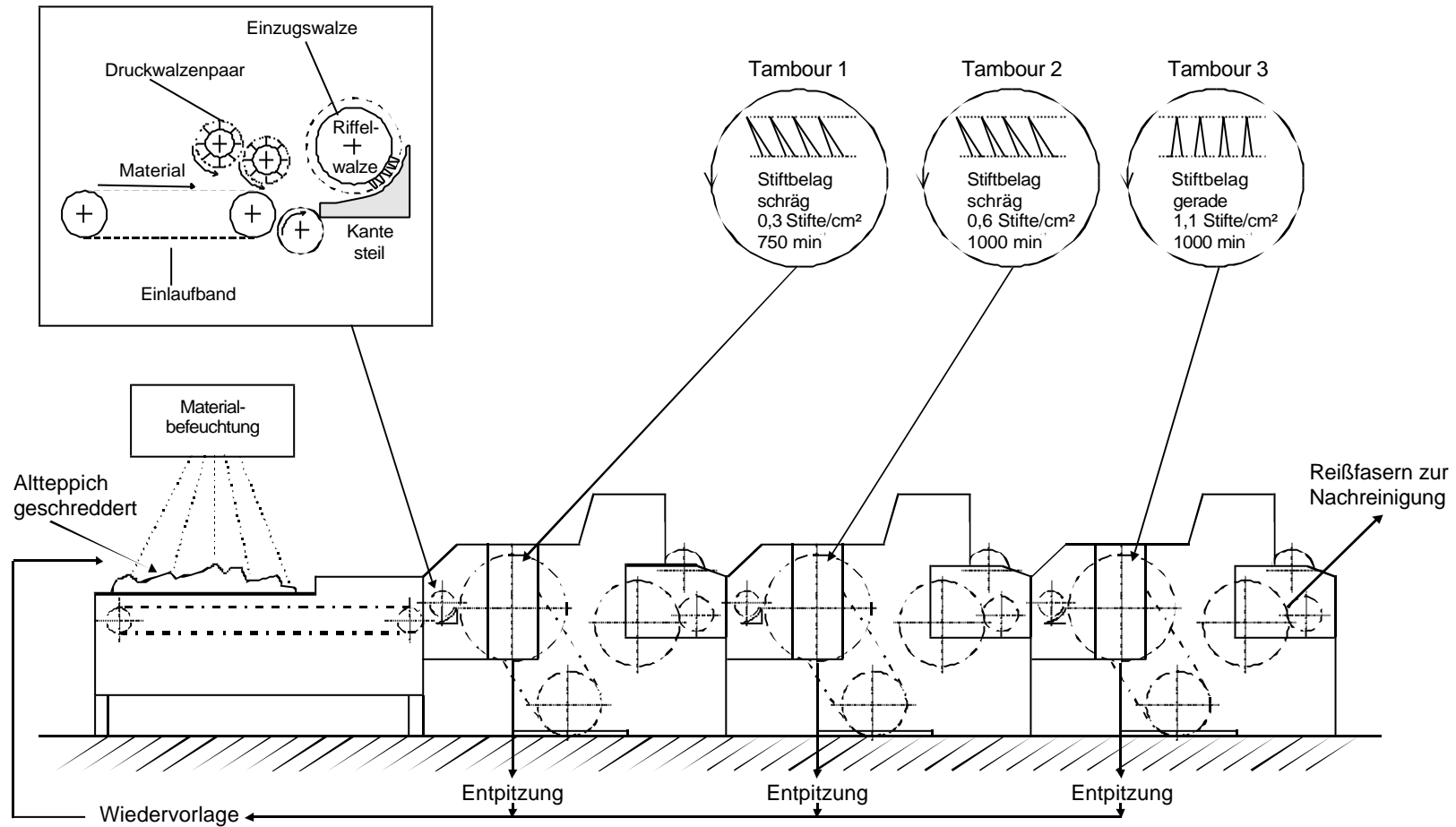


Bild 8: Technologieschema zur Reißfaserherstellung aus Alteppichen

II.1.1.2 Kleintechnische Versuche

Kleintechnischer Versuch unter Nutzung der Laborreißeinheit (KTV 1)

Ein erster kleintechnischer Versuch zur Reißfaserherstellung auf Basis der in den Labortestreihen 12/99 gefundenen optimalen Technologie wurde auf der Laborreißeinheit SERVO 60 des STFI e.V. Chemnitz durchgeführt. Die Wirksamkeit der Technologie zur Materialauflösung konnte im Versuch bestätigt werden.

Es wurden 305 kg Altteppich in geschredderter Form zur Aufbereitung gebracht, woraus eine Reißfasermenge von 122 kg hergestellt wurde. Das entspricht einer Materialausbeute beim Reißen von 40 %. Diese Ausbeute versteht sich ohne zusätzlich Reinigung und bestätigt in etwa die in Tabelle 5 angeführten Werte (Summe der Abfallanteile der Reißeinheiten 1 bis 3 = 53 %).

Es bestätigte sich erneut, dass bei Versuchen auf der Produktionsanlage das Regime der Materialführung in Richtung Minimierung der Abfallmenge verändert werden muss. Hier besteht ein wichtiger technologischer Ansatzpunkt, einen höchstmöglichen Anteil an verwertbaren Fasern zu erreichen. Gegenwärtig ist der Textilanteil (Fasern und unaufgelöste Flächenreste) im Abfall beim Reißen wirtschaftlich nicht vertretbar.

Zur Nachreinigung wurde erstmals eine beim Projektpartner Trützscher GmbH & Co. KG Mönchengladbach entwickelte Reinigungslinie getestet. Diese Reinigungslinie besteht im wesentlichen aus den nachfolgenden Aggregaten (nähere Beschreibung s. Bericht Trützscher GmbH & Co. KG):

Doppelwalzen-Reiniger	AXI-FLO[®]	AFC
Aerodynamischer Schwerteilausscheider	SEPAROMAT[®]	ASTA
Abfallreiniger mit Muldenzuführung	WASTEOMAT[®]	WST4

Diese Aggregation reinigte aus der hergestellten Reißfasermischung nochmals ca. 40 % an Abfall aus.

Insgesamt resultiert eine reine Faserausbeute von ca. 22 %, die in weiteren Untersuchungen gesteigert werden muss. Textilkomponenten machen in Teppichböden ca. 42 % der Gesamtmasse aus, worin die möglichen Reserven für die Gesamtfaserausbeute bestehen.

Die Analyseergebnisse zur Bestimmung der Reißfaserqualität sind in Tabelle 6 aufgeführt. Die Bestimmung der mittleren Faserlänge ist bei Reißfasern mit der Almeter-Methode üblich. Diese Methode erfordert die Probenvorbereitung durch Herstellung eines faserendenorientierten Faserbartes. Das ist bei den Teppichreißfasern wegen der starken

Faserkräuselung nicht durchführbar. Die Faserlängenbestimmung musste deshalb unter Verwendung der Einzelfasermessmethode durchgeführt werden.

Materialanteile in %					Mittlere Faserlänge (Polfasern) in mm
Polfasern	Foliefasern	Pitzen	Polgarne	Rückenteile	
57,33	14,26	0,99	19,75	7,62	27,75

Tabelle 6: KTV 1; Reißfaserqualität nach Ausreinigung bei Projektpartner Fa. Trützschler GmbH & Co. KG

Die quantitative Analyse der Reißfaserfraktion hinsichtlich der Faserstoffzusammensetzung ergab folgende Materialanteile:

Polypropylen	97,4 %
Wolle	2,6 %.

Dieses Ergebnis verdeutlicht die hohe Trennschärfe der zur Materialvorbereitung genutzten automatischen Sortieranlage des Projektpartners CRE Kerpen.

In einem Laborversuch im Technikum des STFI e.V. Chemnitz wurde die Verarbeitbarkeit der Reißfaserqualität getestet. Ohne die weitere Zumischung von Primärfasern konnte das Fasermaterial zu einem quergelegten Krempelvliesstoff verarbeitet werden. Die anschließende Verfestigung erfolgte durch Vernadeln.

Die hergestellten gereinigten Reißfasern wurden an den Projektpartner faurecia Sassenburg für weiter Versuchsdurchführungen mit der dort installierten Wirrvliestechnik übergeben.

Kleintechnischer Versuch auf modifizierter Reißanlage (KTV 2)

Die modifizierte Anlagentechnik beim Projektpartner TETEX GmbH in Neukirchen wurde im Rahmen eines kleintechnischen Versuches einem ersten Testlauf unterzogen. Zur Verarbeitung kamen 110 kg sortierte und geschredderte Alteppiche, die von den Projektpartnern Carpet Recycling Europe und dem Deutschen Teppichforschungsinstitut Aachen bereitgestellt wurden. Das geschredderte Material weist wiederum einen hohen Anteil aus dem Verbund herausgelöster nichttextiler Bestandteile auf.

Durch die an der Reißanlage gewählte Materialführung wurden weitestgehend nur nichttextile Bestandteile in Form von Stäuben über die Siebtrommel abgesondert.

Unaufgelöste textile Bestandteile wurden, auch in Umsetzung der Erkenntnisse aus den Vorversuchen, dem Reißprozess erneut vorgelegt.

Anders als bei den Vorversuchen ergab sich im Anschluss an den kleintechnischen Reißversuch die Möglichkeit, das gerissene Material mittels zweier in Reihe geschalteter Stufenreiniger einer ersten Grobreinigung zu unterziehen. Durch Ausscheidung überwiegend grober nichttextiler Rückenbestandteile sollte die Effektivität und Trennschärfe der sich anschließenden Feinreinigungsstufe beim Projektpartner Trützschler GmbH verbessert und das Transportvolumen reduziert werden. Der Abgang textiler Komponenten (überwiegend PP-Kurzfasern und Foliefasern aus dem Trägergewebe) läßt sich dennoch nicht gänzlich vermeiden.

Das vorgereinigte Material wurde mit der bereits bei KTV 1 zur Anwendung gebrachten Reinigungslinie beim Projektpartner Trützschler GmbH & Co. KG nachbehandelt.

Tabelle 6 gibt einen Überblick zu den Stoffströmen innerhalb der einzelnen Technologiestufen.

Reißfaserherstellung und Grobreinigung		
Input Reißen:	110 kg	Ausbeute Reißen: 49 %
Output Reißen:	54 kg	
Input Grobreinigung:	54 kg	Ausbeute Grobreinigung: 68,5 %
Output Grobreinigung:	37 kg	
Summe Ausbeute Faseraufbereitung: 33,5 %		
Nachreinigung (Reinigungslinie bei Fa. Trützschler GmbH & Co. KG)		
Input Feinreinigung:	37 kg	Ausbeute Feinreinigung: 83 %
Output Feinreinigung:	31 kg	
Gesamtausbeute: ca. 27,8 %		

Tabelle 7: KTV 2; Stoffströme und Faserausbeute

Die Gesamtfaserausbeute von 27,8 % stellt eine Steigerung gegenüber KTV 1 dar.

Die Analyseergebnisse zur qualitativen Zusammensetzung der Reißfasern nach den einzelnen Technologieschritten ist in Tabelle 8 aufgeführt. 93,4 % des feingereinigten Materials sind durch Krempeln auf textilem Wege verarbeitbar. Die geringen Anteile an Fasern < 5mm, unaufgelösten Resten und textilfremden Rückenteilen und deren in den Prozessstufen erreichter Fortschritt zeigen die Effektivität der in die Technologie integrierten Reinigungsschritte.

Materialart	Materialanteile in %									mittl. Faserlänge in mm	
	Polfasern			unaufgel. Material	Polgarne		Pitzen	Rückenteile Staub	Folie- fasern	Pol- fasern	Folie- fasern
	Gesamt	davon			ohne	mit					
		<5 mm	>5mm	Rücken							
Reißfasern	48,43	4,64	43,79	0,25	0,10	10,71	0,83	29,24	10,44	25,24	23,35
Reißfasern nach Grobreinigung	56,28	1,70	54,58	0,05	8,08	9,36	1,15	13,00	12,08	23,15	26,32
Reißfasern nach Feinreinigung	66,58	2,19	64,39	0,00	10,31	8,67	2,20	2,19	10,05	28,59	31,46

Tabelle 8: KTV 2, Materialanteile und mittlere Faserlängen der Reißfasern nach den Technologieschritten

Materialart	Materialanteile in %									mittl. Faserlänge in mm	
	Polfasern			unaufgel. Material	Polgarne		Pitzen	Rückenteile Staub	Folie- fasern	Pol- fasern	Folie- fasern
	Gesamt	davon			ohne	mit					
		<5 mm	>5mm	Rücken							
Reißfasern nach Feinreinigung	50,13	4,75	45,38	4,63	8,12	18,12	0,28	8,29	10,43	31,07	22,88

Tabelle 9: Produktionsversuch, Materialanteile und mittlere Faserlängen der Reißfasern

II.1.1.3 Produktionsversuch

Der Produktionsversuch zur Herstellung einer größeren Reißfasermenge dient der Langzeiterprobung der in den Laborversuchen ermittelten und in den kleintechnischen Versuchen modifizierten Reißtechnologie.

Voraussetzung für die Versuchs- und Produktionsdurchführung bilden die technischen Veränderungen an der Reißanlage SERVO 80 der TETEX GmbH Neukirchen. Die durch den Projektpartner AUTEFA automation GmbH Friedberg konstruktions- und maschinenbauseitig realisierten technischen Veränderungen sind:

- Optimierung des Materialeinzuges an der ersten Reißeinheit der Reißanlage zur Sicherung eines kontinuierlichen Prozessablaufes mit dem speziellen Ausgangsmaterial
- Anpassung der Arbeitselemente der Reißtamboure (Stiftbeläge) hinsichtlich Stiftanzahl, Stiftstellung und Stiftdurchmesser an die hohen Beanspruchungen durch die grobe Struktur des Ausgangsmaterials während der Reißpassagen 1 und 2
- Anpassung der Tambourumfangsgeschwindigkeit (Energieeintrag im Moment der Strukturauflösung) an die Struktur des Ausgangsmaterials und an die speziellen Erfordernisse des thermisch sensiblen Faserstoffes Polypropylen

Außerdem waren in der TETEX GmbH umfangreiche Arbeiten zur Umstellung des Materialtransportsystems auf die Belange der speziellen Aufbereitungstechnologie notwendig:

- Modifizierung des Materialzuführsystems der Reißanlage (Materialanlieferung erfolgte in Big Bags).
- Logistische Kopplung zum Transport der ungereinigten Reißfasern von der Reißanlage zur Grobreinigungsstufe.
- Umgestaltung des peripheren Luftführungs- und Filtersystems zur Behandlung der vergleichsweise sehr hohen Staubmengen.
- Weiträumige Einhausung der Anlage für den Schutz der nicht an der Produktion beteiligten technischen Ausrüstungen des Unternehmens .

Die Reißfaserherstellung unter Produktionsbedingungen gestaltete sich trotz der umfangreichen technischen Veränderung sehr aufwändig und kompliziert. Es wurde deutlich, dass von dem Material eine enorme Belastung für das Bedienpersonal und die Anlagentechnik ausgeht. Im Bericht des Projektpartners TETEX GmbH ist das an Hand von Fotos dokumentiert.

Für die Reißfaserherstellung, die Grob- und die Feinreinigung ergeben sich die in Tabelle 10 aufgeführten Stoffströme und Materialausbeuten.

Reißfaserherstellung und Grobreinigung		
Input Reißen: Altteppich, geschreddert, ungereinigt	6436 kg	Ausbeute Reißen: 49 %
Output Reißen: Reißfasern, ungereinigt	3159 kg	
Input Grobreinigung: Reißfasern, ungereinigt	3159 kg	Ausbeute Grobreinigung: 61,8%
Output Grobreinigung: Reißfasern, grob gereinigt	1951 kg	
Summe Ausbeute Faseraufbereitung: 30,2 %		
Nachreinigung (Reinigungslinie bei Fa. Trützschler GmbH & Co. KG)		
Input Feinreinigung: Reißfasern, grob gereinigt	1915 kg	Ausbeute Feinreinigung: 83 %
Output Feinreinigung: Reißfasern, feingereinigt	1590 kg	
Gesamtausbeute: 24,8 %		

Tabelle 10: Produktionsversuch; Stoffströme und Ausbeute

Die tatsächlich erreichten Durchsatzmengen für Reißfaserherstellung, die Grobreinigung und die Feinreinigung sind in Tabelle 11 aufgeführt. Zu beachten ist die geringe Arbeitsbreite der Reißanlage SERVO 80 mit 0,80 Meter. Bei einer weiterführenden großtechnischen Produktionsumsetzung ist eine Reißanlage mit größerer (doppelter) Arbeitsbreite vorzusehen, um einen kontinuierlichen und ökonomisch sinnvollen Materialfluss und Materialoutput zu erreichen. Die Grobreinigung bietet hierfür noch entsprechende Reserven.

Die niedrige Durchsatzmenge bei der Reißfaserherstellung resultiert größtenteils aus dem enormen Anstieg der anlagenbedingten Stillstandszeiten durch die Belastung mit Fremdteilen und vor allem mit Stäuben. Besondere Engpässe bilden die integrierten Siebtrommeln, deren technologisch notwendigen Perforationen durch Kreidestaub und Materialfeuchtigkeit verschlossen wurden, und die Dimensionierung der Filtereinheiten, die der enormen Staub- und Kurzfasermenge nicht gewachsen ist.

Alle Aspekte wurden gemeinsam mit dem Anlagenbetreiber und dem Maschinenbauunternehmen analysiert und diskutiert.

Reißen und Grobreinigung	113 kg/h
Feinreinigung	258 kg/h

Tabelle 11: Im Rahmen der Produktionsdurchführung ermittelte Anlagenkapazitäten

Unmittelbare und kurzfristig umsetzbare Verbesserungsmöglichkeiten müssen in der Reinigung des geschredderten Materials vor dem Reißen umgesetzt werden. Dazu erfolgte eine kleintechnische Versuchsdurchführung unter Verwendung einer Rüttelsiebanlage, die in Punkt II.1.1.4.1 beschrieben ist. Perspektivisch ist direkt beim Schreddern auf die Abtrennung bereits in loser Form vorliegenden nichttextilen Anteile zu achten.

II.1.1.4 Zusatzuntersuchungen

II.1.1.4.1 Vorbehandlung

Eine zusätzliche Materialvorbehandlung wurde aus der Tatsache der übermäßig hohen Schmutzfracht im geschredderten Ausgangsmaterial erforderlich. Die durchgeführten Versuche haben gezeigt, dass dieser aus der zerkleinerten Rückenschicht entstehende Materialanteil äußerst störende Auswirkungen auf den gesamten Aufbereitungsprozess hat.

Um Lösungswege aufzuzeigen, wurde ein kleintechnischer Versuch unter Verwendung einer Rüttelsiebanlage durchgeführt. Eine geeignete Anlage konnte im Technikum der Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik an der Brandenburgischen Universität in Cottbus gefunden werden. Die Anlage wird an der BTU Cottbus zur Fraktionierung von geschreddertem Hausmüll genutzt. Dementsprechend ist die Lochgröße der Siebsegmente des Rütteltisches gemäß der TA Siedlungsabfall ausgelegt. Die Größe des Rütteltisches, der in drei Segmente geteilt ist, beträgt 3,45 Meter x 0,80 Meter. In Arbeitsrichtung ist der Tisch um ca. 15 – 20 ° geneigt, wodurch im Zusammenspiel mit der changierenden Rüttelbewegung (Frequenz 280 min⁻¹) der Materialtransport erfolgt.

Für die Versuche mit dem geschredderten Altteppich kamen zwei Siebsegmente mit je 1,15 Meter Länge und Lochdurchmessern von 8 mm bzw. 10 mm zur Anwendung. Das in der Aggregation vorgesehene dritte Siebsegment wurde wegen der für den aktuellen Zweck zu großen Öffnungsweite nicht installiert.

Durch die zweimalige Passage des Siebtisches wurde eine Siebtischlänge von 4,60 Meter simuliert. Die Materialdurchsatzmenge ist unabhängig von der Siebtischlänge und beträgt bei der verwendeten Anlage ca. 350 kg/Stunde, bezogen auf den Materialinput.

Das gesiebte Material wurde anschließend mittels der Laborreißanlage entsprechend der in den anderen Versuchen angewendeten Technologie zu Reißfasern aufbereitet. Auf die anschließende Grobreinigung wurde wegen des deutlich besseren Materialausfalls und gesteigerter Materialausbeute verzichtet.

Siebung als zusätzliche Materialvorbehandlung		
Input:	120 kg	Ausbeute Siebung: 77,5 %
Output:	93 kg	
Reißfaserherstellung und Grobreinigung		
Input Reißen:	92 kg	Ausbeute Reißen: 54%
Output Reißen:	50 kg	
Summe Ausbeute Faseraufbereitung: 41,8 %		
Nachreinigung (Reinigungslinie bei Fa. Trützschler GmbH & Co. KG)		
Input Feinreinigung:	50 kg	Ausbeute Feinreinigung: 66 %
Output Feinreinigung:	33 kg	
Gesamtausbeute: ca. 27,5 %		

Tabelle 12: KTV mit Materialvorbehandlung, Stoffströme und Ausbeute

Tabelle 12 zeigt keine wesentliche Steigerung der Gesamtausbeute gegenüber den vorangegangenen kleintechnischen Versuchen und dem Produktionsversuch. Während des Reißprozesses ist dagegen eine Steigerung der Materialausbeute durch die Vorreinigung zu verzeichnen, mit welcher die geringere Anlagenbelastung quantifiziert werden kann.

Letztlich kann und soll eine Vorsiebung nur in loser Form vorliegendes nichttextiles Material separieren. Beim Reißen wird durch die weitere Auflösung auch bis dahin noch an textilen Komponenten gebundenes nichttextiles Material freigesetzt. Dieses wurde in den bisherigen Versuchen bereits bei der Grobreinigung ausgeschieden. Bei der aktuellen Prozessführung muss die Feinreinigung die gesamte Separierung übernehmen. Dadurch ist die vergleichsweise geringe Ausbeute in diesem Arbeitsschritt zu begründen.

Die Tabelle 13 zeigt einen vergleichsweise hohen Anteil an im Material verbliebenen groben Rückenteilen, der auf die Effektivität des in dieser Variante fehlenden Zwischenschrittes Grobreinigung hindeutet. Ansonsten zeigt das aus vorgeseibtem Altteppich hergestellte Material sehr gute Verteilung der Materialbestandteile und der Faserlängen.

Materialart	Materialanteile in %									mittl. Faserlänge in mm	
	Polfasern			unaufgel. Material	Polgarne		Pitzen	Rückenteile Staub	Folie- fasern	Pol- fasern	Folie- fasern
	Gesamt	davon			ohne	mit					
		<5 mm	>5mm	Rücken							
Reißfasern nach Feinreinigung	66,30	1,51	64,79	0,00	6,03	6,50	0,00	12,15	9,02	30,41	26,64

Tabelle 13: Kleintechnischer Versuch mit Materialvorsiebung; Materialanteile und mittlere Faserlängen der nach dem Prozessschritt Feinreinigung vorliegenden Reißfasern

II.1.1.4.2 Abfallbehandlung

Die Untersuchungen haben erwartungsgemäß einen sehr hohen Abfallanteil ergeben. Um die Komplexität des Gesamtprojektes abzurunden, wurden Untersuchungen zur möglichen Behandlung der Abfallfraktion durchgeführt.

Im Abfall ist ein ausreichend hoher Anteil an synthetischen Materialkomponenten in Form von Kurzfasern und Flächenresten vorhanden. Deren Plastifizierbarkeit bietet sich für eine Materialkompaktierung besonders an. Dabei soll versucht werden, die in loser Form vorliegenden Stäube als inerte Strukturen in das entstehende Agglomerat einzubinden.

In einem Laborversuch wurde Teilmengen der bei der Feinreinigung anfallende Abfallfraktion mittels eines Plast-Agglomerators kompaktiert.

Das Prinzip des Agglomerierens ist ein aus der Kunststoffverarbeitung auf textile Belange appliziertes Verfahren. Es ist zwingend an das Vorhandensein thermoplastischer Polymere in der Materialzusammensetzung gebunden. Die ausreichend vorzerkleinerten Materialien werden beim Agglomerieren sehr hoch verdichtet. Das erfolgt durch eine rotierende Verdichterschnecke mit spezieller Geometrie, die gegen eine mit entsprechender Lochung versehene Matrize arbeitet. Durch Druck und Reibung (und völlig ohne zusätzliche Heizung) entsteht in dieser Zone Wärme, die zur Plastifizierung der thermoplastischen Materialbestandteile führt. Im Moment des Materialdurchgangs durch die Matrizenbohrungen werden noch nicht plastifizierte und/oder nicht plastifizierbare Materialien in den bereits erweichten Bestandteilen eingebettet.

Das beim Austritt aus der Matrize wieder erstarrende Material wird mittels umlaufender Messer abgeschnitten und der weiteren Behandlung durch eine egalisierende Schneidmühlenpassage zugeführt. Es entstehen rieselfähige Materialien mit hoher Schüttdichte und annähernd homogener Größenverteilung. Um die Homogenität bzw. die Korngrößenverteilung des Agglomerats in einem engen Bereich zu realisieren, ist dem Agglomerator eine zusätzliche Separiereinrichtung nachgeschaltet. Diese Einrichtung arbeitet nach dem Prinzip eines Zick-Zack-Sichters und führt Stäube und nicht ausreichend kompaktierte Partikel in die Agglomerierzone zurück.

Neben der Materialzusammensetzung übt vor allem die Geometrie der Matrize direkten Einfluss auf den Agglomerierprozess aus. Anzahl, Durchmesser und Länge der eingebrachten Bohrungen sind auf das zu verarbeitende Material abzustimmen. Für das Verfahren muss ein Mindestanteil an thermoplastischen Polymeren im aufzubereitenden Material enthalten sein (zwischen 20 und 80 % in Abhängigkeit vom Schmelzpunkt des Polymers).

Aus der Abfallfraktion konnte ohne weitere Zugabe von thermoplastischen Materialien die Verarbeitung zu Agglomerat mittels der beschriebenen Technik erfolgen. Es entstand ein

rieselfähiges und durch die anschließende Sichtung staubfreies Material mit einer Korngrößenverteilung zwischen 3 und 5 mm und einer Schüttdichte von ca. 400 g/Liter.

Die sich in der Verdichterzone aus dem Zusammenspiel von Materialeigenschaften und Matrizengeometrie ergebende Prozesstemperatur liegt im Bereich zwischen 145 und 155 °C.

Großtechnisch sind mit dieser Technologie 700 bis 900 kg /h Agglomerat herstellbar.

Beim Projektpartner TFI Aachen wurde das hergestellte Agglomerat hinsichtlich des Brennwertes und damit auf seine Eignung als Ersatzbrennstoff untersucht. Es ergibt sich trotz des hohen Kreideanteils ein Heizwert von 23,7 MJ/kg, der die Nutzung als Ersatzbrennstoff zulassen sollte.

Direkte Einsatzerprobungen als Ersatzbrennstoff waren im Projekt nicht vorgesehen und wegen der geringen verfügbaren Mengen nicht realisierbar.

II.1.1.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Innerhalb des Projektes wurden technisch/technologische Lösungen gefunden, um aus Altteppichen Reißfasern mit hohem textilen Weiterverarbeitungspotenzial herzustellen.

Folgende Hauptvoraussetzungen sind für die Durchführung des Gesamtprozesses erforderlich und wurden innerhalb der Projektbearbeitung durch die genannten Projektpartner realisiert:

- Sortiertes Ausgangsmaterial (CRE; TFI)
 - Konstruktion des Teppichs → Tuftingteppich Schlingenpol (vgl. Bild 3)
 - Polymereinsatz im Polmaterial → Polypropylen
- Vorzerkleinerung durch Schreddern (TFI)
- Modifizierte Technologie und Technik zur Reißfaserherstellung (STFI, AUTEFA, TETEX)
 - Sicherung der kontinuierlichen Materialspeisung durch eine Zusatzeinrichtung
 - Materialbefeuchtung
 - strukturabhängiger Energieeintrag durch Reduzierung der Tambourdrehzahl
 - strukturabhängige Tambourbeläge (Stiftgeometrie, -anzahl und anordnung)
- Effektive Staub- und Fremdteilseparierung (TETEX, TRÜTZSCHLER, STFI)
 - Vorreinigung des Schreddergutes
 - Grobreinigung der Reißfasern
 - Feinreinigung der Reißfasern

Die technisch/technologischen Voraussetzungen wurden im Labormaßstab entwickelt und über kleintechnische Versuche in ein produktionsnahes Stadium überführt. Dabei konnte der Prozessmechanismus hinsichtlich seiner Wirkungsweise und Effekte analysiert werden.

Die in den Untersuchungen nachgewiesene Materialausbeute liegt im Bereich zwischen 25 und 28 %. Unter dem Aspekt, dass im Ausgangsmaterial insgesamt nur ca. 40 % textiles Material enthalten sind, ist die Ausbeute als gut einzuschätzen.

Wegen der Verwendung sortierter Schlingenpolware können für Reißfasern vergleichsweise lange Fasern erhalten werden. Mittlere Faserlängen zwischen 25 und 30 mm bilden eine wesentliche Voraussetzung für den Wiedereinsatz in textilen Produkten und rechtfertigen den betriebenen Technologieaufwand. Der in den Reißfasern noch enthaltene Restanteil an nichttextilem Material ist zu vernachlässigen. Insgesamt präsentieren sich die erzeugten Reißfaserqualitäten mit einem hohen Materialauflösungsgrad im Bereich zwischen 80 und 90 %.

Aus den Untersuchungen ergeben sich Rückschlüsse für die zu einer Produktionsaufnahme erforderliche weitere Vorgehensweise. Es hat sich gezeigt, dass die Verarbeitung von Altteppichen zu einer enorm hohen Anlagenbelastung vor allem bei der Reißfaserherstellung führt. Die beteiligten Unternehmen haben diesbezüglich einen großen Erkenntniszuwachs erhalten. Es wird aber festgestellt, dass an eine Produktionsaufnahme weitere Bedingungen hinsichtlich der Prozessführung und der technischen Ausstattung zu erfüllen sind. Hauptsächlich sind dies

- die Anlagenkapselung zum Schutz des Bedienpersonals und der Technik vor der besonders hohen Staubbelastung
- die Behandlung der enorm hohen Abfallströme
- die weitere Anpassung der Luftsysteme, insbesondere der Filtertechnik
- Fragen der Logistik.

Die Produktionsüberleitung hängt letztlich auch von der Wirtschaftlichkeit des Gesamtprozesses, von der Rohstoffverfügbarkeit und von der Produktnachfrage für derartige Reißfaserqualitäten ab.

II.1.2 Machbarkeitsstudie zur Polfaserabspaltung

II.1.2.1 Grundgedanke

Das Spalten ist ein aus der Lederverarbeitung übernommenes Verfahren. Im Zuge der Entwicklung von Vliesstoff-Schichtträger für Syntheseleder wurde es im Bereich der Textilindustrie eingeführt. Bei diesem Verfahren wird ein Vliesstoff entsprechender Dicke und Festigkeit durch ein quer zur Zuführungsrichtung des Vliesstoffes umlaufendes Bandmesser kontinuierlich in zwei Bahnen geteilt. Spaltmaschinen haben eine übliche Arbeitsbreite bis drei

Meter und arbeiten mit einer Geschwindigkeit von 5 – 30 m/min bei einer Dickengenauigkeit von $\pm 0,05$ mm.

II.1.2.2 Umsetzung in einem Laborversuch

Für eine Laboruntersuchung zum Abspalten der Polschicht direkt über dem aus Teppichrücken und Rückenbeschichtung bestehenden nichttextilen Teil des Teppichbodenbelages wurde eine im STFI e.V. stehende Laborspaltmaschine der Firma Moenius, Krefeld, mit einer Arbeitsbreite von 25 cm verwendet (Bild 9)

Untersucht wurde, inwieweit sich bei textilen Bodenbelägen mit hohen Polschlingen über 5mm Polhöhe die Polfasern so abtrennen lassen, daß eine weiterverarbeitbare Faserfraktion mit einem hohen Anteil von Fasern der Länge 7 – 20 mm erhalten wird. Gespalten wurde während derr Versuche mit 2 m/min Durchzug. Im Altteppich enthaltene Fremdteile, wie Sand, führen zu stärkerem Messerverschleiß. Da die Schneidfähigkeit des Messers die wesentliche Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist, führt der Verschleiß innerhalb kurzer Zeit zu Störungen im Verfahren.

II.1.2.3 Bewertung des Verfahrens

Das Prinzip des Spaltens im Sinne eines hohen Anteiles relativ gleichmäßig langer Fasern muß anwendungstechnisch modifiziert werden. Gegenwärtig entsteht wider Erwarten eine zu geringe Faserlänge (Tabelle 14). Ursache ist das starke Zusammendrücken des Pols durch die Einzugswalzen. Durch den horizontalen Schnitt im gepreßten Zustand werden die Filamentteile umgelegt, zusammengedrückt und so zum Teil mehrmals durch das umlaufende Bandmesser zerteilt. Für das effektive Polabspalten von textilen Bodenbelägen ist die obere Einzugswalze so zu modifizieren, daß der Faser- oder Filamentpol nicht oder nur teilweise zusammengedrückt wird.

Gegen eine produktionstechnische Anwendung des Spaltens sprechen die folgenden wirtschaftliche und technologischen Argumente:

- Es können nur Teppichstücke mit auf die Spaltmaschine abgestimmter Dimensionierung verarbeitet werden.
- Die Vorlage des Materials muss geordnet erfolgen, was vorzugsweise nur manuell realisiert werden kann.
- Die Spaltmaschineneinstellungen sind an die aktuell zur Vorlage gebrachte Teppichkonstruktion (Polhöhe und Rückendicke) anzupassen, was mindestens eine zusätzliche Vorsortierung erforderlich machen würde.

- Der als Restfläche verbleibende Rückenteil enthält noch textile Komponenten, die als Abfall wirtschaftlich entsorgt bzw. verwertet werden müssen.

Parameter	Reißfasern ²⁾	Spaltfasern
Faseranteil ¹⁾ [%]	43,8	62,4
mittlere Faserlänge [mm]	25,2	12,4
Anteil an Kurzfasern (5 mm und kürzer)	4,6	2,7

¹⁾ Fasern über 5 mm

²⁾ vor Reinigung, vgl. Tabelle 8

Tabelle 14: Vergleich Reißfaser zu Spaltfaser aus PP-Tuftingteppich mit Schaumrücken

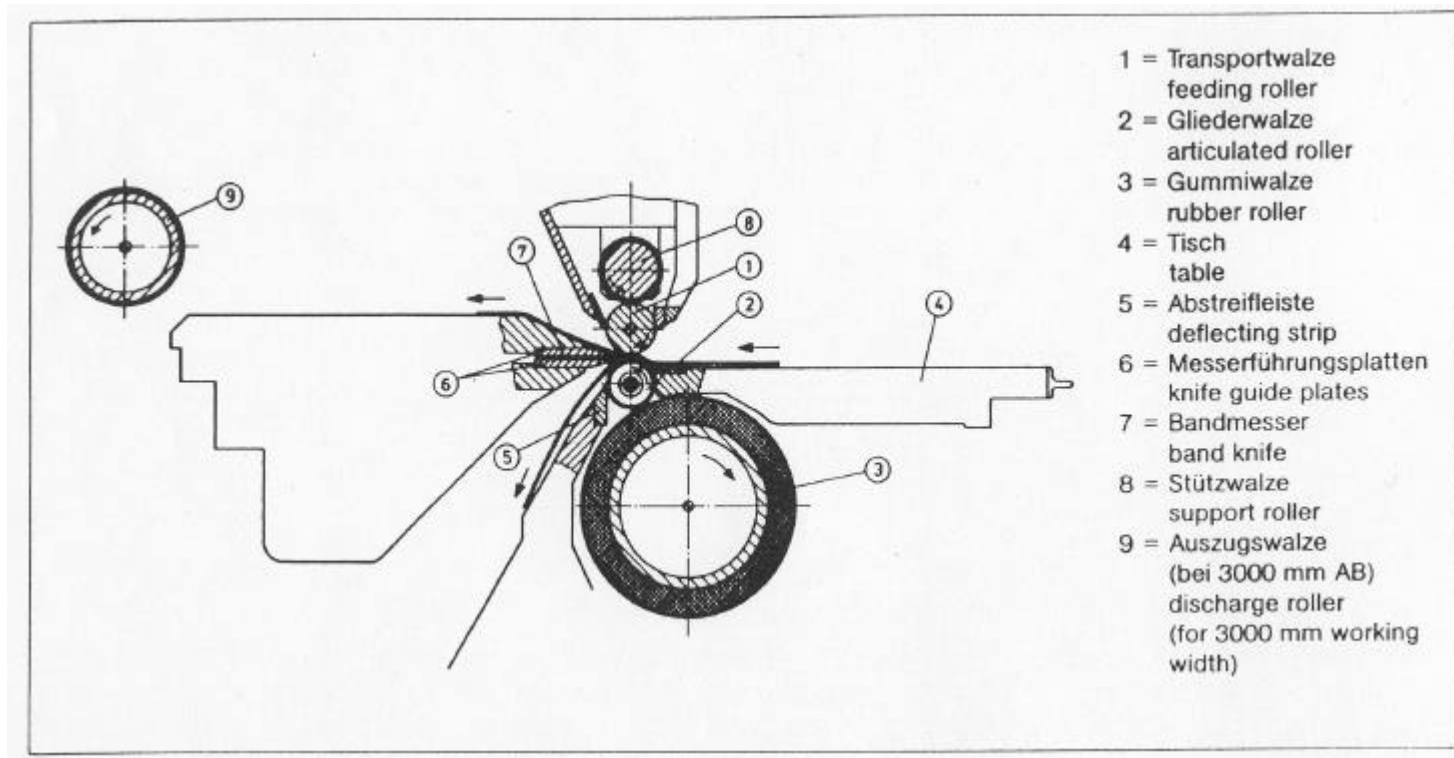


Bild 9: Schema einer Spaltmaschine (Fa. Moenus-Turn)

II.2 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Teilprojektes Reißfaserherstellung bilden in ihrer Gesamtheit, d.h. mit den durchgeführten Modifizierungen an Aufbereitungstechnik und Technologie, einen Beitrag zum Gelingen des Gesamtprojektes und damit zur Umsetzung der vorgesehenen Strategie der Kreislaufwirtschaft von wertvollen Rohstoffen und zum Umweltschutz.

Die an der Bearbeitung der Teilaufgabe insgesamt beteiligten Unternehmen haben einen Lösungsweg aufgezeigt. Dieser Lösungsweg wurde in einem produktionsnahem Stadium getestet. Es haben sich Probleme gezeigt, die durch weitere gezielte Maßnahmen vor allem im maschinentechnischem Bereich lösbar sind.

Voraussetzung für die endgültige Umsetzung der Technologie in eine wirtschaftlich funktionierende Produktion sind die gesicherte Rohstoffbasis (Aufkommen an sortierten Altteppichen) und die Nachfrage an den im Prozessergebnis vorliegenden Reißfasern mit kostendeckenden Erlösen.

Das Gesamtprojekt hat dazu einen Lösungsweg aufgezeigt und dessen ökologische und wirtschaftliche Begehrbarkeit geprüft.

II.3 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im Zusammenhang mit der Bearbeitung der Teilaufgabe "Reißfaserherstellung" ist kein wesentlicher Fortschritt bei anderen Stellen bekannt geworden. Das im Projektantrag und im Punkt I.4 dieses Berichtes erwähnte Verfahren der Rückenschichtabtrennung mittels Hochdruck-Wasserstrahlen hat bisher keine Umsetzung gefunden.

Die Anwendung des Reißprozesses erfolgt bis dato nur zur Aufbereitung von Teppichboden-Produktionsabfällen ohne Rückenbeschichtung und von Wollteppichen.

II.4 Veröffentlichungen

Die Veröffentlichung der Ergebnisse des Teilprojektes erfolgte bzw. erfolgt im Komplex mit den Ergebnissen des Gesamtprojektes.