

## **Abschlußbericht**

### **Zum Vorhaben:**

Vermahlung und Verwertung vulkanisierter Produktionsabfälle

Vorhabensnummer: 20124

### **Fördernehmer:**

Optiservice GmbH

### **Umweltbereich**

Abfallwirtschaft, Klimaschutz, Luftreinhaltung, Abwasser- und -entsorgung,  
Ressourceneffizienz, Energie, Lärmschutz, integrierter Umweltschutz

### **Laufzeit des Vorhabens**

15.4.2008 – 30.06.2009

### **Autor**

**Ronald Rauprich**

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit.

### **Datum der Erstellung**

18.10.2010

## Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA- Az. 30 441-5/58	2.	3.
4. Titel des Berichts Vermahlung und Verwertung vulkanisierter Produktionsabfälle		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Rauprich, Ronald Brüggemann, Michael		8. Abschlussdatum 30.6.2009
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift)  Optiservice GmbH Corveyer Allee 15 37671 Hörter		9. Veröffentlichungsdatum 2.9.2010
		10. Vorhaben-Nr. 20124
		11. Seitenzahl 37
		12. Literaturangaben
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau		13. Tabellen und Diagramme 3
		14. Abbildungen 13
		15. Zusätzliche Angaben
16. Zusammenfassung Die Vermahlung wurde gemäß Fließbild (Anlage 4) aufgebaut und in Betrieb genommen. Das durch die Feinmühle erzeugte Mahlgut hat sich in der Größenordnung vom Durchsatz so realisiert wie im Vorfeld geplant und kann für die weitere Verwertung dosiert verpackt werden. Die Anlage kann damit in den Serienbetrieb übernommen werden. Der Durchsatz liegt bei ca. 80 KG/Stunde. Durch die Vermahlung ist die Abfallmenge deutlich rückläufig und es werden Einsparungen von Ressourcen erzielt. Bei Zugabe von 5% Rezyklat können Rohstoffe in gleicher Größenordnung eingespart werden. Dies ergibt bei gleichzeitigem Wegfall von Transporten eine gesamt CO <sub>2</sub> -Einsparung von 833 Tonnen		
17. Schlagwörter Gummirecycling; Gummiaufbereitung; Vulkanisierte Gummiabfälle; Gummimahlgut		
18.	19.	20.

Berichts-Kennblatt 06/2000

## Report Cover Sheet

1. Report No. UBA - Az. 30 441-5/58	2.	3.
4. Report Title Grinding and further use of vulcanized produktion waste		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Rauprich, Ronald Brüggemann, Michael		8. Report Date 30.6.2009
6. Performing Organisation (Name, Address)  Optiservice GmbH Corveyer Allee 15 37671 Hörter		9. Publication Date 2.9.2010
		10. Report-No. 20124
		11. No. of Pages 37
		12. No. of References ----
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau		13. No. of Tables, Diagrams 3
		14. No. of Figures 13
		15. Supplementary Notes
16. Abstract The grinding system was set up and commissioned as shown in the flowchart (appendix 4). The throughput of granulate produced by the fine mill is of the proportion planned in advance and can be packed in appropriate doses for further use. This means that the plant can be put into serial production. The throughput is approx. 80 kg per hour. Grinding significantly reduces the amount of waste and resources are saved. Adding 5% recyclate means that the same proportion of raw material can be saved. Because transport is also dispensed with, this yields an overall CO <sub>2</sub> saving of 833 tons.		
17. Keywords rubber recycling; rubber treatment; vulcanized rubber waste; rubber granulate		
18.	19.	20.

Report Cover Sheet 06/2000

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens	1
1.2 Ausgangssituation	1
<b>2. Vorhabensumsetzung</b>	<b>2</b>
2.1 Zielsetzung	2
2.2 Darstellung der technischen Lösung Anlagenbeschreibung	4
2.2.1 Schredder RS40-4-S	6
2.2.2 Schneidmühle SM 1200 mit Trichter	6
2.2.3 Zickzacksichter	7
2.2.4 Feinmühle	8
2.2.5 Siebeinrichtung	9
2.2.6 Schlauchbeutel – Verpackungsautomat	10
2.2.7 Big – Bag Füllstation	11
2.3 Darstellung der Umsetzung, Arbeitsschritte	12
2.4 Behördliche Anforderung	13
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>13</b>
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung	13
3.2 Stoff- und Energiebilanz	18
3.3 Umweltbilanz	18
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse	22
3.4.1 Gesamtprojektkosten und Finanzierung	22
3.4.2 Kosten für die Aufbereitung von Gummimehl	22
3.4.3 Ergebnisrechnung	23
<b>4. Empfehlungen</b>	<b>24</b>
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	24
4.2 Modellcharakter	24
4.3 Zusammenfassung	24
<b>5. Anhang</b>	<b>27</b>
5.1 Abkürzungen	27
5.2 Bilder der Anlage	28

## **1. Einleitung**

### **1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens**

Die Arntz Optibelt Gruppe ist Hersteller von Antriebsriemen (Marktführer von Keilriemen in Europa) und technischen Gummiplatten, gegründet 1872, Gesellschaftskapital ausschließlich im Familienbesitz. Umsatz rd. 160 Mio. Euro pro Jahr, weltweit 1.400 Mitarbeiter, davon ca. 900 in Deutschland.

Das Produktsortiment besteht aus Keilriemen, Kraftbändern, Zahnflachriemen, Rippenbändern, Rundriemen und technischen Gummiplatten. Alle Produkte in diversen technischen Ausführungen mit unterschiedlichen Basiskautschuken sind zum Teil hoch fasergefüllt zwischen 5 und 30 %. Bei den Kautschuktypen unterscheiden wir nach NR, SBR, CR, NBR, EPDM, ACSM, HNBR und TPE's je nach Einsatzfall und Produkt.

Antriebsriemen bestehen aus einem Zugstrang und ummantelnden Gummimischungen. Die Riemen laufen mindestens über zwei, häufig auch über mehrere Scheiben. Dabei ist die innere Seite des Riemens so ausgebildet, dass sie zur angetriebenen Scheibe eine kraftschlüssige oder auch formschlüssige Verbindung herstellt. Über den Riemen werden Antriebsdrehmomente übertragen.

### **1.2 Ausgangssituation**

Während des Produktionsprozesses entstehen verfahrensbedingte vulkanisierte Abfälle die zum einen einer thermischen Verwertung als Sekundärbrennstoff zugeführt, zum anderen aber auch in der Müllverbrennung thermisch beseitigt werden. Verschmutzte Gummireste und Verbundstoffe ca. 135 t/a gehen in die Müllverbrennung, ca. 700 t/a vulkanisierte Gummiabfälle werden thermisch verwertet (Werte basieren auf den Zahlen aus 2008, 2009 lag ca. 20-25 % darunter).

Bei den Abfällen handelt es sich um Schneidabfälle, Randabschnitte oder Wickel, die bei der Herstellung flankenoffener Riemen, die aus einem Wickel geschnitten werden, anfallen. Bei dieser Produktion kommen ausschließlich Mischungen auf Chlorkautschuk-Basis zum Einsatz, die aufgrund ihres hohen Chloranteils gerade in der Verbrennung sehr problematisch sind und einen hohen Aufwand an Kosten und Technik erfordern

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurden verschiedene Verfahren zur werkstofflichen Verwertung getestet und begutachtet. Hierbei hat sich das Verfahren der Fa. Optiservice als das technologisch und wirtschaftlich bevorzugte Verfahren herauskristallisiert gegenüber anderen Verfahren der mechanischen Bearbeitung, Einsatz von Ultraschall und dem Mahlverfahren nach dem Gumtec-Prinzip. Das Verfahren wurde repräsentativ mit den besonders aufwändig zu verarbeitenden Schneidabfällen aus den Bereichen flankenoffene Fertigung in mehreren Versuchen getestet. Mischversuche, Riemenaufbauten und dynamische Prüfungen an flankenoffenen Riemen verliefen positiv.

## 2. Vorhabensumsetzung

### 2.1 Zielsetzung

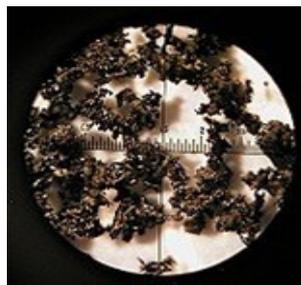
Die Herausforderung bestand in der Herstellung von Gummimehlen, die sowohl über geringe Teilchengröße als auch über große Oberflächen verfügen. Die erhaltenen Gummimehle müssen Teilchengrößen  $< 250 - 400 \mu\text{m}$  aufweisen. Für den Einsatz in dynamischen Anwendungen sollen die erhaltenen Mehle über große, aktive Oberflächen verfügen, um eine entsprechende Anbindung an die Polymermatrix zu gewährleisten.

Qualitätsmerkmale:

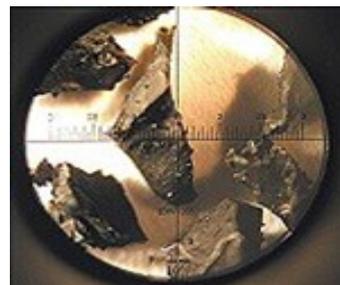
- Teilchengröße
- spezifische Oberfläche
- Aktivität, Bindungskräfte
- Einmischbarkeit

Die vulkanisierten Abfälle der Arntz-Optibelt-Gruppe bestehen aus Verbundwerkstoffen, vorwiegend aus Gummi und textilen Einlagen wie Polyester-, Polyamid- und Polyaramidcorden sowie Baumwoll-, Polyester- und Polyamid-geweben und deren Verschnitte. Die Aufarbeitung der Abfälle wird in mehreren Zerkleinerungsschritten erfolgen, wobei nach jeder Zerkleinerungs- und Mahlstufe die textilen Bestandteile aussortiert werden müssen. Im letzten Verarbeitungsschritt erfolgt die Feinvermahlung von Gummigranulaten zu einem Gummi-Mehl der Körnung  $< 250 - 400 \mu\text{m}$

### Gummimehl / kryogene Vermahlung



Warm-Vermahlung



Kryogene Vermahlung

Bild 1: Gummimehle aus warm- und kryogener Vermahlung

## Einbau von Gummimehl in die Mischung

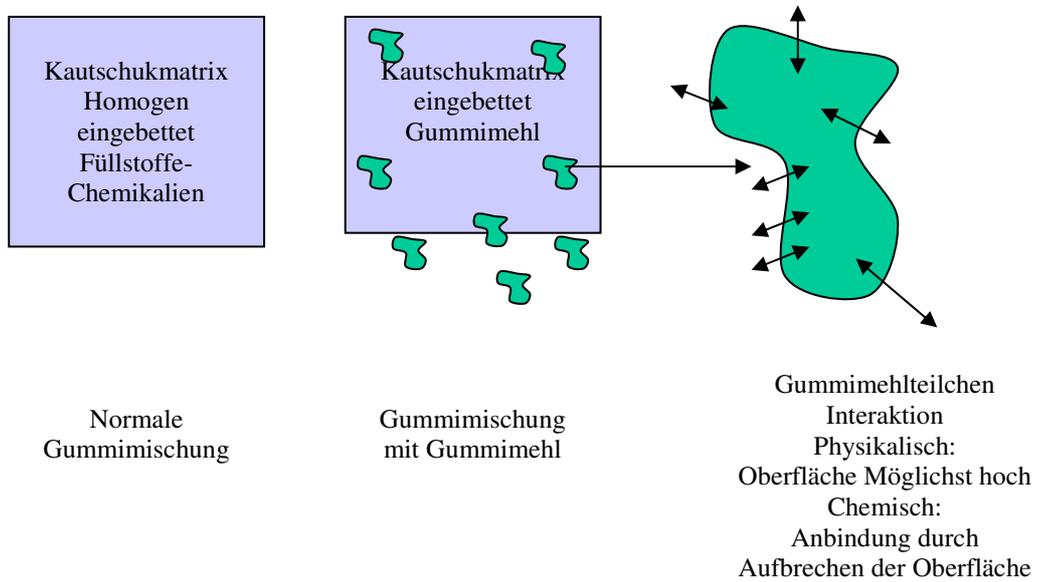
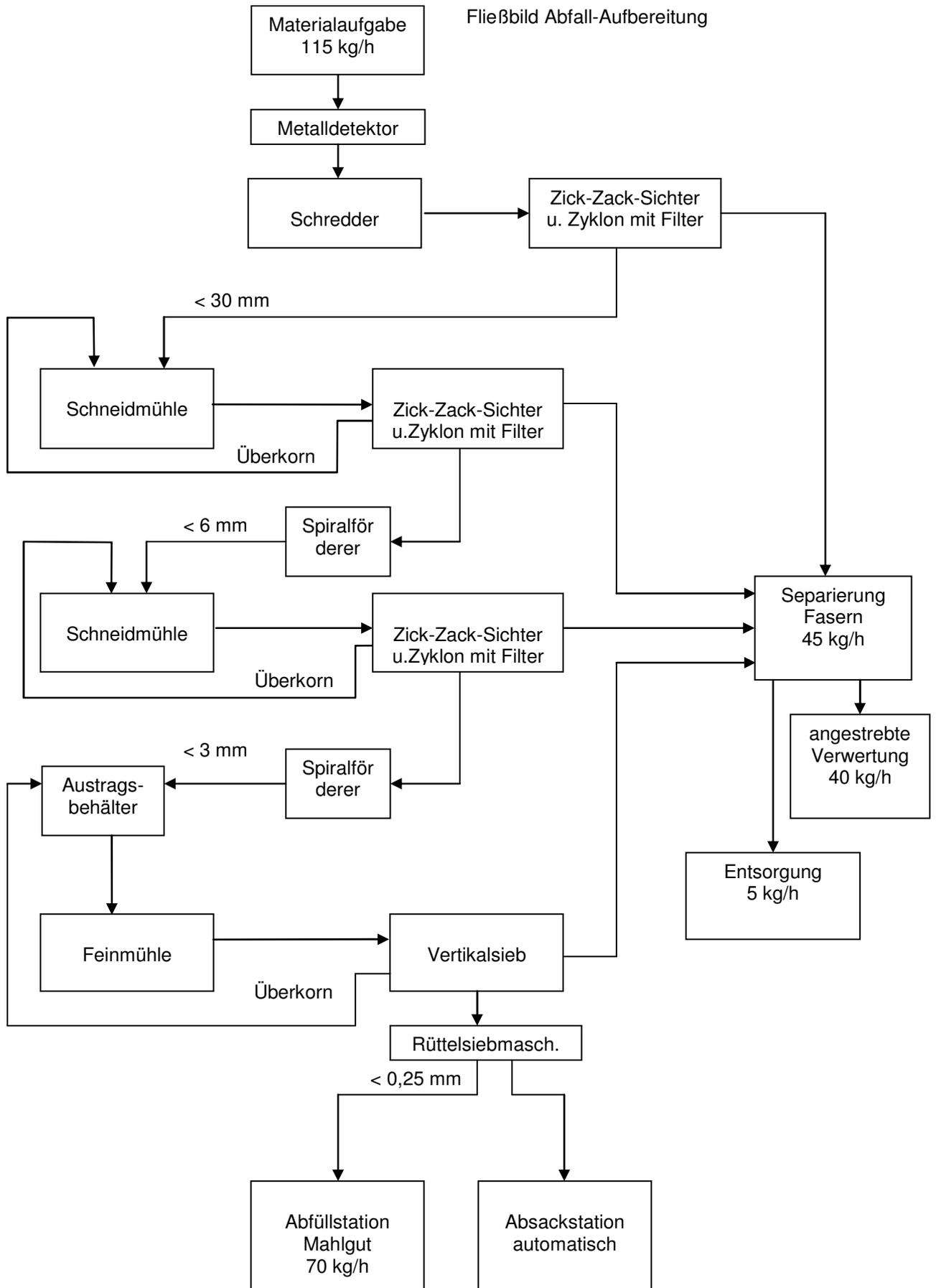


Bild 2: Einbau von Gummimehl in die Mischung

## 2.2 Darstellung der technischen Lösung, Anlagenbeschreibung

Die Anlagenkonfiguration besteht aus:

- Schredder in 4-Wellen-Ausführung, Leistung 2 x 7,5 kW (Vorzerkleinerung < 30 mm)
- 1. Schneidmühle, Leistung 22 kW (Zerkleinerung < 6 mm)
- 2. Schneidmühle, Leistung 22 kW (Zerkleinerung < 3 mm)
- drei Zick-Zack Sichten zur Abtrennung textiler Bestandteile mit Zyklon, Zellradschleuse und Filter
- Feinmühle zur Vermahlung der Granulate, Leistung 22 kW (Zerkleinerung < 250 µm)
- Vertikalsieb zur Siebung der Gummimehle
- diversen Fördereinrichtungen und Absaugungen
- Bigbag - Füllstation
- Schlauchbeutelmaschine zur automatischen Abwiegung diverser Kleingebinde

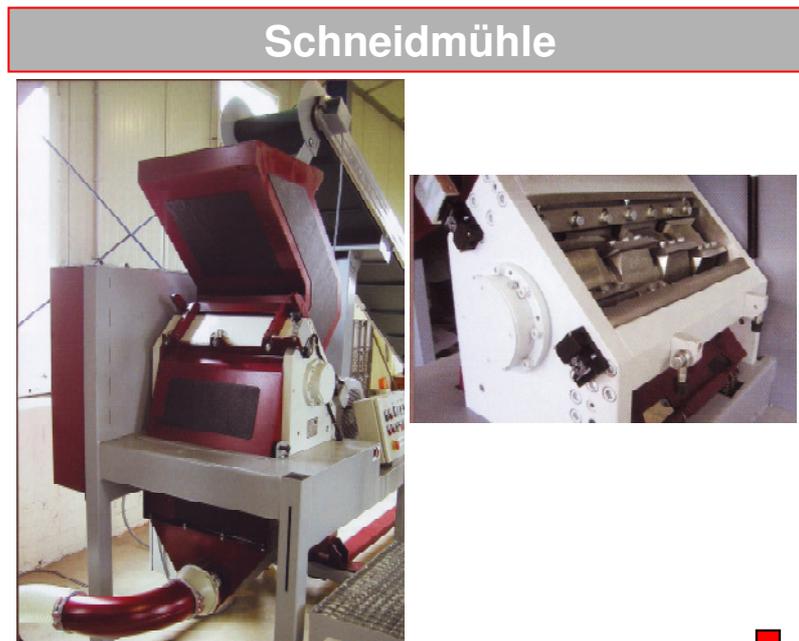


### 2.2.1 Schredder RS40-4-S (Hersteller Fa. Untha)



Das zu zerkleinernde Material gelangt über den Trichter in den Schneidwerksraum, wo es vom Schneidwerk automatisch eingezogen wird. Jenes Material, welches nicht sofort durch das Lochsieb fällt, wird von den Zähnen des Hauptschneidwerkes erfasst und nach oben zur Vorzerkleinerung befördert. Beim Erfassen des vorzerkleinerten Materials vom Nebenschneidwerk erfolgt die Nachzerkleinerung. Zusätzlich wird das Material noch beim Übergang vom Haupt- zum Nebenschneidwerk zerkleinert. Die Wellen des Schneidwerkes werden über zwei elektrische Antriebsmotore und einem 3-Stufigen Stirnradgetriebe angetrieben.

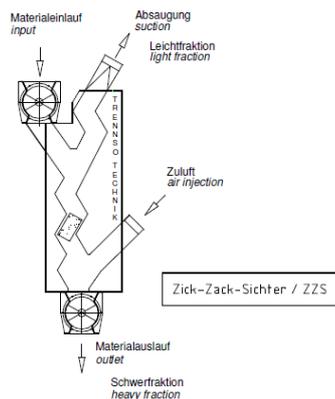
### 2.2.2 Schneidmühle SM 1200 mit Trichter (Hersteller Fa. Müller Maschinenbau)



Die Schneidmühle verfügt über 24 Rotormesser und 3 Statormesser, die mehrfach nachgeschliffen werden können. Die Statormesser sind zudem einstellbar, wobei die Rotormesser von zwei Seiten genutzt werden können. Die Siebe sind in unterschiedlichen Lochungsdurchmessern mit 4 und 6 mm im Einsatz. Beim Antrieb handelt es sich um einen 22 KW Motor, der den mit ca. 400 Upm laufenden horizontal angeordneten Schneidrotor antreibt. Damit ist eine schonende Zerkleinerung des Schneidgutes für eine problemlose Weiterverarbeitung gewährleistet. Es findet ein echter Schneidvorgang und kein Zerhacken oder Zermahlen des Materials statt.

### 2.2.3 Zickzacksichter (Hersteller Fa. Herbold)

## Zick-Zack-Sichter



Das in den Schneidmühlen zerkleinerte Material wird mittels pneumatischer Fördereinrichtung dem jeweils nachgeschalteten Zyklon zugeführt. Über zwischengeschaltete Zellradschleusen rieselt das Material in den darunter befindlichen Zyklon. Während die Festanteile in einen Vorratsbehälter fallen werden die leichteren Faseranteile abgesaugt und über gesonderte Filteranlagen abgeschieden.

## 2.2.4 Feinmühle (Hersteller Fa. Müller Maschinenbau)

### Feinmühle P 401



Made in  
Germany

#### Technische Beschreibung

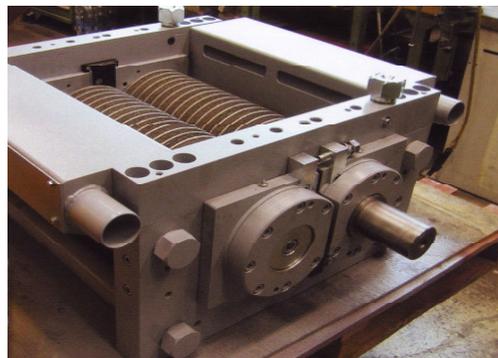
- Langsamlaufende Gummimahlmühle mit ineinander greifenden Mahlscheiben
- Werkzeuge aus hochverschleißfestem Material mit spezieller Oberflächenbehandlung
- Komplettes Grundgestell mit eingebauter Mahlwerk Kühlung, Aufsatzrahmen, Einlauftrichter, Auslauftrichter und Schaltschrank mit schwenkbarem Bedienpult
- Hohe Verfügbarkeit durch wartungsfrei arbeitendes Werkzeug. Werkzeugwechsel je nach Beanspruchung, jedoch höchstens 2 mal im Jahr.
- Sehr niedriger Energiebedarf
- Arbeitstemperatur 70-85°C

#### Technische Daten

- Antrieb 1: Stirnradgetriebe, Motor 22KW, 400V, 50 Hz  
Antrieb 2: Stirnradgetriebe, Motor 1,5KW, 400V, 50 Hz  
Mahlwerk: Rotorscheibenwellen aus hochbeanspruchbarem Sondermaterial  
Mahlscheiben: Oberflächenbehandelt mit hochverschleißfestem Material  
Aufsatzrahmen: Aufklappbarer Aufsatzrahmen auf dem Grundgestell der Mühle schwenkbar montiert und mit Sicherheitsenschalter abgesichert  
Einlauftrichter: Einlauföffnung 1100x840mm, Einwurfhöhe ca. 2150mm  
Maschinenmaße: Tiefe: ca. 1095mm Gesamthöhe inkl. Einlauftrichter ca. 2045mm



Die Mahlscheiben der Feinmühle



Das Mahlwerk der Feinmühle

Die Zerkleinerung erfolgt im trocken-mechanischen Verfahren der Warmvermahlung. Es werden keine Zusätze wie z.B. Stickstoff bei der Kaltvermahlung oder eine Trocknungsanlage benötigt. Bei der Zerkleinerungstechnik werden langsam laufende Werkzeuge eingesetzt, die den Verschleiß gering halten und eine Überhitzung des Gummimaterials vermeiden. Das Endprodukt ist ein aktives Feinmehl mit sehr großer Oberflächenspannung.

## 2.2.5 Siebeinrichtung (Hersteller Fa. Müller Maschinenbau)

### Vertikalsieb S 401



#### Technische Beschreibung

- Zweikomponentensieb zum Trennen von Mahlgut in 2 Fraktionen
- leicht auswechselbare Stahlgewebesiebe für die Endkorngrößen 250, 300, 400, 500 oder 1000 $\mu$
- zwei Siebfraktionen mit Überkornrückführung

#### Technische Daten

- Antrieb: Drehstrommotor 7,5KW 400V 50Hz mit Pendelrollenlager
- Siebschnecke: Spezialausführung, ausgerichtet und ausgewuchtet
- Fronttür: Tür für Reinigungs- und Wartungsarbeiten bzw. zum auswechseln des Drahtgewebesiebes
- Einlauf: Einlaufbehälter mit Sicherheitstür, Einlaufhöhe: ca. 640mm
- Auslauf: Auslauf für feines Material -> Auslaufgröße: ca. 200x100mm  
Auslauf für Überkorn ->  $\varnothing$ 150mm
- Maschinenmaße: 1350x700x2800mm , Gewicht: ca. 600kg
- Kühlung Im Grundgehäuse integrierte Siebraumkühlung inkl. Grobfilter für die Zuluft.



## 2.2.6 Schlauchbeutel – Verpackungsautomat (Hersteller Fa. Prewa)



### Technische Daten:

Prewa Typ 45/60MF, Nr. 911 Impuls 4- fach Querschweißung mit Siemens – Steuerung.

Breite: ca. 1500 mm

Länge: ca. 2300 mm

Höhe: ca. 2250 mm

Gewicht: Grundmaschine: ca. 800 kg

Leistungsaufnahme: Grundmaschine ca. 2,5 kw ausstattungsabhängig

Beutelgrößen

Min./max.. Breite: 100 – 450 mm

Länge: 600 mm / 850 mm bei Doppelabzug

Leistung: ca. 4 Btl./Min.

Füllvolumen: max. 26 Liter = 7 kg

## 2.2.7 Bigbag – Füllstation (Hersteller Fa. Müller Maschinenbau)



Kurzbeschreibung:  
Füll- und Verwiegestation für das Granulat  
Pneumatischer Materialtransport mit Rohrleitung  
Ventilator, Zyklon, Schleuse, Waage und Bigbag - Ständer

## 2.3 Darstellung der Umsetzung, Arbeitsschritte

- Auswahl des optimalen Mahlverfahrens  
Hier wurden im Vorfeld verschiedene Versuche gefahren. Eine kryogene Vermahlung wurde getestet, zeigte jedoch ein sehr feines Korn mit sehr glatter Oberfläche, welches für den Einsatz in dynamisch belasteten Bauteilen nicht geeignet war. Dagegen brachte die Warmvermahlung deutlich bessere Ergebnisse. Das dort erzeugte Korn besitzt eine sehr zerklüftete Oberfläche und garantiert damit eine gute Bindung zum übrigen Mischungscompound.
- Festlegung der Korngrößen in der Vorzerkleinerung  
Bezüglich der Korngrößen wurden diverse Versuche im Größenbereich von 180 – 900  $\mu\text{m}$  durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass Korngrößen  $>400 \mu\text{m}$  zu einer rauhen Oberfläche bei der ausgewalzten und anschließend vulkanisierten Platte geführt haben. Gleiches Verhalten zeigte sich auch im Vorversuch beim extrudierten Halbzeug. Korngrößen zwischen 200 – 400  $\mu\text{m}$  zeigten deutlich bessere physikalische Eigenschaften und eine glatte Oberfläche der Prüfteile.
- Auswahl der Siebe für Schredder und Schneidmühlen  
Bei der Auswahl der Siebe hat man sich am Durchsatz und an der Leistungsaufnahme der Maschinen orientiert. Eine Abstufung von 15 mm im Schredder sowie 6 und 4 mm in den Schneidmühlen ergibt eine kontinuierliche Fütterung der Feinmühle und eine gleichmäßige Faserabscheidung in allen drei Stufen.
- Unterschiedliche Dosierung über Zyklon und Zellradschleuse  
Die Dosierung der nachfolgenden Stufe über Zyklon und Zellradschleuse ist so eingestellt, dass der separierte Faseranteil problemlos abgesaugt werden kann. Sobald hier Schwankungen auftreten kann es zu Verstopfungen im Bereich der Zick-Zack Sichter kommen, wobei die Fasern durch Brückenbildung den Abfluß verschließen.
- Absaugung der Faseranteile in den Vorstufen  
Die Absaugung der Faseranteile erfolgt oberhalb der Zick-Zack Sichter. Über entsprechende Schieber wird der Rohrquerschnitt verändert, um die Strömungsgeschwindigkeit anzupassen. Gleichzeitig findet bei der Zerkleinerung in den Schneidmühlen eine direkte Faserabsaugung statt. Alle Absaugungen werden zusammengeführt und über Filtereinsätze zentral behandelt. Durch intermittierendes Saugen/Klopfen erfolgt der Austrag der Fasern über eine Zellradschleuse in den darunter stehenden Behälter.
- Dosierung der Feinmühle  
Die Feinmühle wird über zwei Förderbänder dosiert. Das untere Band nimmt das Granulat der zweiten Schneidmühle auf, während über das obere Band das Überkorn aus der Feinmühle im Kreis geführt wird. Ein Minimum/Maximum-Sensor steuert die Transportbewegung beider Bänder.
- Automatische Einstellung der Füllstände in den Mahlstufen  
Aufgrund der unterschiedlichen Durchsatzmengen in den Mahlstufen erfolgt das Anlaufen oder Abschalten der vorgeschalteten Stufe automatisch über Sensoren. Es wird der Füllstand der Schneidmühle sowie des Vorratstrichters für die

Feinmühle abgefragt, sodass die Feinmühle kontinuierlich und alle vorgeschalteten Geräte diskontinuierlich betrieben werden.

## 2.4 Behördliche Anforderungen

Im Zusammenhang mit unserer genehmigten Anlage zum Vulkanisieren von Natur- und Synthetikautschuk unter Verwendung von Schwefel wurde eine Anzeige nach § 15 Abs. 1 Bundes-Immissionsschutzgesetz gestellt. Der Anzeige lagen folgende Unterlagen bei:

- Gliederung der Betriebseinheiten
- Betriebsbeschreibung
- Schematische Darstellung
- 3-D-Darstellung der Anlage
- Übersichtsplan
- Hallenplan
- Lageplan

Mit Datum vom 15.7.2009 ist die Errichtung und der Betrieb einer Anlage zur Behandlung von bei der Produktion von Keilriemen anfallenden Abfällen von der Umweltbehörde genehmigt worden. Der Bescheid ist nach § 15 Abs. 1 des Bundesimmissionsschutzgesetzes ergangen.

In dem Genehmigungsverfahren ist Bezug genommen worden auf die maximale Durchsatzleistung der Anlage und der damit verbundenen Abfallmenge. Es war eine Nachweisführung gemäß Abfallschlüsselnummer und Entsorgungsnachweis erforderlich. Ebenso mussten Nachweise bezüglich Schallleistungspegel (Lärmpegel in der Halle) und Brandgefahren erbracht werden.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

#### Vermahlung/Mahlgüte

Ein Qualitätskriterium der Mahlgüte ist die Korngröße. Diese ergibt sich aus den eingesetzten Siebgrößen. Bei den verschiedenen Aufarbeitungen wurde mit folgenden Siebungen gearbeitet:

- |  |        |
|--|--------|
| - Verfahren der Deutschen Gumtec AG, Halle/Saale | 630 µm |
| - Verfahren Optiservice                          | 180 µm |
| - Verfahren Optiservice                          | 400 µm |

Beim Optiservice -Verfahren wurden durch unterschiedliche Siebungen, hier 180 µm gewählt, um die möglichst wirtschaftliche Vermahlung mit den technischen Anforderungen abgleichen

zu können.

Hier kann anhand mikroskopischer Aufnahmen gezeigt werden, dass bei allen Verfahren eine typische, amorphe Oberfläche resultiert. Glatte Bruchkanten werden nicht beobachtet. Durch die „zerklüfteten“ Oberflächen kann das Mehl bei Einwirkung von Druck „verhaken“. Durch dieses Verhalten ist auch eine nachträgliche manuelle Siebung nur schwer möglich, da das Material agglomeriert und zunächst wieder mechanisch aufgebrochen werden muss. Je kleiner die Einzelteile wurden, desto geringer wurde auch die Zerklüftung und damit auch die Eigenschaft des „Verhakens“. Dementsprechend wurde das Optiservice - Verfahren als optimierte Lösung favorisiert.

Die Oberflächenstrukturen und –aktivitäten können wie folgt geprüft werden:  
Das zu untersuchende Feinmehl wird in eine Form gegeben und in einer Heizpresse mit Temperatur und Druck beaufschlagt. Die resultierenden Gummiplatten lassen sich hinsichtlich der Oberflächengüte und physikalischer Eigenschaften untersuchen:

### Oberflächengüte

Optiservice, 180 µm	Glatte Oberfläche
Gumtec, 900 µm, gesiebt auf 500 µm	raue Oberfläche

### Physikalische Eigenschaften

	Zerreißfestigkeit Minimum [MPa]	Dehnung Minimum [%]	Zerreißfestigkeit X-Quer [MPa]	Dehnung X- Quer [%]
Optiservice, 180 µm	1,4	19	1,6	27
Gumtec, 900 µm, gesiebt auf 500 µm	1,0	12	1,1	14

Im Rahmen der Bewertung der Vorhabensdurchführung erfolgten diverse dynamische Prüfungen.

Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Übersicht dargestellt:

## Prüfantrag 819

Mischung 3.541/34; 10 kg Recyclat < 180 µm  
AVX 10 x 950

### Prüfspezifikation 1.1.23

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	210,50	- 3,92 %	Prüfteil überträgt Leistung nicht mehr; Restspannung unter 180 N; Prfg abgebrochen	Bestanden
2	267,90	- 4,43 %	Prüfteil überträgt die Leistung nicht mehr; 7,7 kW; Prüfung abgebrochen	Bestanden

### Prüfspezifikation 1.1.23Q

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	382,20		14 geringe bis starke Lösungen zw. Kern und Cord bzw. Einbettung über 14 - 285 mm. Randcord an drei Stellen über 10 bis 195 mm herausgezogen und größtenteils verschlissen.; Prüfung abgebrochen	Bestanden
2	302,50	- 3,43 %	Zahlreiche kleine Anrisse im Zahnlückengrund; Prüfung abgebrochen	Bestanden
3	302,50		Randcord an einer Stelle über 295 mm herausgezogen und größtenteils verschlissen ; Prüfung abgebrochen	Bestanden

## Prüfantrag 855

Mischung 3.541/34; 10 kg Recyclat < 180 µm  
AVX 10 x 950

### Prüfspezifikation 1.1.23

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	17	- 2,54 %	Prüfteil überträgt die geforderte Leistung nicht mehr	Abgebrochen
2	20	- 3,33 %	Prüfteil überträgt die geforderte Leistung nicht mehr	Abgebrochen

### Prüfspezifikation 1.1.23Q

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	307,1	- 2,70 %	4 geringe bis starke Lösungen zw. Kern und Cord bzw. Einbettfolie über 10-15 mm; Randcord an einer Stelle über 430 mm herausgezogen und teilweise verschlissen; Prüfung abgebrochen	Bestanden
2	330,5	- 3,80 %	1 geringe Lösung zw Kern und Cord bzw. Einbettfolie über 142 mm; Prüfung abgebrochen	Bestanden
3	330,5	- 3,39 %	2 geringe Lösungen zw. Kern und Cord bzw.	Bestanden

## Prüfantrag 1082

Mischung 3.541/37; 10 kg Recyclat < 400 µm  
AVX 10 x 950

### Prüfspezifikation 1.1.23

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	184,80	- 3,59	Prfg abgebrochen; Leistung Soll 8,1 kW, Ist 6,9 kW; einzelne geringe Lagentrennungen	Bestanden
2	311,80	- 4,30	Prfg. abgebrochen; zahlreiche geringe Anrisse im Zahnlückengrund; geringe Schlupfgeräusche; vereinzelt Lagentrennungen an den Zahnflanken	Bestanden

### Prüfspezifikation 1.1.23Q

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	1056,70		Prfg abgebrochen; Kern an einer Stelle stark verschlissen; Randcord an zahlreichen Stellen herausgezogen.	Bestanden
2	762,00		Prüfteil total zerstört	Bestanden
3	766,80		Prfg. abgebrochen; Kern an einer Stelle stark verschlissen; starke Anrisse an den Zahnlückenkanten; Randcord an zahlreichen Stellen herausgezogen und verschlissen	Bestanden

## Prüfantrag 1087

Mischung 3.541/37; 10 kg Recyclat < 400 µm  
AVX 13 x 1250

### Prüfspezifikation 1.1.32

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	411,10	- 3,64 %	Prfg abgebrochen; Maschinenschaden; geringe Lagentrennungen	Bestanden
2	235,00	- 3,18 %	Prfg abgebrochen; kaltes Prüfteil starke Schlupfgeräusche; statt 13 kW nur noch 12 kW	Bestanden

### Prüfspezifikation 1.1.32Q

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	1217,90		Prfg abgebrochen	Bestanden
2	916,00		Randcord an zwei Stellen über 80-350 mm herausgezogen und verschlissen; im Bereich der Cordlösungen ist der Kern unterhalb der Cordlage zum Teil verschlissen bzw. herausgebrochen; Beidseitig geringe bis starke Lösungen in Zugstranghöhe am ges. Umfang, zahlreiche geringe Anrisse im Zahnlückengrund	Bestanden
3	811,30		Prfg. abgebrochen; Randcord an einer Stelle fast ganz herausgezogen und verschlissen; Kern an zwei Stellen leicht verschlissen	Bestanden

### Prüfantrag 1088

Mischung 3.541/38; 7 kg Recyclat < 180 µm  
AVX 13 x 1250

#### Prüfspezifikation 1.1.32

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	259,50	- 3,09 %	Abgebrochen; statt 13 kW nur noch 11 kW übertragen	Bestanden
2	275,40	- 3,36 %	Abgebrochen; Statt 13 kW nur 11 kW übertragen	Bestanden

#### Prüfspezifikation 1.1.32Q

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	483,00	- 3,34 %	Prfg abgebrochen	Bestanden
2	483,00		Prfg abgebrochen; einzelne geringe Lagentrennungen; einzelne geringe Anrisse im Zahnlückengrund	Bestanden
3	463,40		Prfg. abgebrochen	Bestanden

### Prüfantrag 1089

Mischung 3.541/39; 14 kg Recyclat < 180 µm  
AVX 13 x 1250

#### Prüfspezifikation 1.1.32

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	475,30	- 4,00	Starke Schlupfchwankungen; Prüfteil überträgt nur 10,8 kW	Bestanden
2	118,10	- 2,48 %	Prüfteil überträgt die leistung nicht mehr. Es werden nur noch 11 statt 13 kW übertragen	Nicht bestanden

#### Prüfspezifikation 1.1.32Q

Nr	LZ	Abrieb	Bemerkung	Status
1	463,40	- 3,21	Prüfung abgebrochen	Bestanden
2	480,60	- 4,00	Prüfung abgebrochen	Bestanden
3	480,60		Prüfung abgebrochen	Bestanden

### 3.2 Stoff- und Energiebilanz

Durch die Vermahlung können zur Zeit im 3-Schichtbetrieb ca. 400 t/a Abfall aufbereitet und einer stofflichen Verwertung zugeführt werden. Gemäß unserem Fließbild werden zur Zeit ca. 70 – 80 Kg Durchsatz pro Stunde erreicht. Es werden Rohstoffe wie Chloropren, Ruß, Weichmacher, Beschleuniger, Alterungsschutzmittel und textile Anteile bis zu 5 % durch das Rezyklat ersetzt.

Durch Wegfall der Transporte zur thermischen Verwertung werden ca. 65 t CO<sub>2</sub> eingespart. Weitere 768 t CO<sub>2</sub> werden durch die nicht durchgeführte Verbrennung eingespart. Diese Werte basieren auf dem Einsatz der Mengen an Chloropren, eine Betrachtung aller übrigen Rohstoffe wurde bisher nicht durchgeführt.

Bei der Betrachtung einer Kautschukmischung aus der Keilriemen hergestellt werden stellt sich die CO<sub>2</sub> – Bilanzierung wie folgt dar.

Eine solche Mischung besteht zu 80% aus CO<sub>2</sub> – Bildnern und teilt sich folgendermaßen auf:

- 51 % Chloropren-Kautschuk: das Monomer hat ein Mol – Gewicht von 86 g/mol und besteht aus 4 Kohlenstoffatomen. Ein Mol CR (86 g) bildet also 4 Mol CO<sub>2</sub> (176 g).
- 4 % Polyethylen: Es besteht aus C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> – Gruppen. Aus einem Mol PE – Monomer (28 g) entstehen 88 g CO<sub>2</sub>
- 14 % Ruß: Er enthält nur Kohlenstoff mit einer molaren Masse von 12. Bei der Verbrennung bildet sich 1 Mol CO<sub>2</sub> (44 g)
- 11 % PET – Fasern: Bei PET handelt es sich um ein Co – Polymerisat aus Terephthalsäure und Ethen. Das zugrundeliegende Monomer wiegt 192 g/mol und trägt 10 Kohlenstoffatome, also werden bei der Oxidation eines Moles Polymer 440 g (10 Mol) CO<sub>2</sub> frei.

Wie in der ökobilanziellen Betrachtung gemäß Anlage 2 unseres Antrages bereits erläutert werden bei der Verbrennung von 100 kg unserer Mischungsabfälle 192 kg CO<sub>2</sub> frei. Auf 400 t wiederverwertbares Rezyklat bedeutet das eine Einsparung an CO<sub>2</sub> von insgesamt 768 t.

### 3.3 Umweltbilanz

#### Betrachtung zur CO<sub>2</sub> - Emissionssituation

##### Bisheriger Zustand

##### Interner Transport (Gas-Gabelstapler):

Verbrauch ca. 5 Flaschen a 11 kg pro Woche:

11kg x 5 Flaschen = 55 kg pro Woche

55 kg pro Woche x 48 Arbeitswochen pro Jahr = 2640 kg Gas pro Jahr

Dies entspricht einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von:

$$2640 \text{ kg Gas} \times 1,9 = 5016 \text{ kg CO}_2$$

#### Transport zur Thermischen Verwertung:

Durchschnittlich 90 km -> Hin- und Rückweg: 180 km

400 t Abfälle, durchschnittliche Ladekapazität pro Lkw-Zug:

2 Container x ca. 7 t = ~14 t

Um 400 t Abfall zu entsorgen:

400 t : ~14 t pro Lkw-Zug = 29 Transporte pro Jahr

29 x 180 km = 5220 km pro Jahr

bei ~ 40 l Verbrauch Diesel auf 100 km (Auskunft Spediteur):

~ 40 l pro 100 km x 5220 km pro Jahr = 2088 l Diesel im Jahr

Dies entspricht einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von:

$$2088 \text{ l Diesel} \times 31,27 = 65\,291 \text{ kg CO}_2$$

#### Thermische Verwertung:

Fernwärme/Stromerzeugung gesamt: 400.000.000 kWh

Energiegewinn aus 1 t Abfall:

400.000.000 kWh : 350.000 t Abfall = 1.143 kWh pro t Abfall

Energie-Gewinn aus unserem Abfall:

400 t Abfall x 1.143 kWh = 457 200 kWh

Dies entspricht einer Einsparung von einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von:

$$457\,200 \text{ kWh} \times 0,62 = 283\,464 \text{ kg CO}_2$$

Bei der Verbrennung unserer Abfälle dagegen entsteht aus:

1 kg Mischungsabfall = 1,92 kg CO<sub>2</sub> d.h.

bei der Verbrennung von 400 t Gummiabfällen entstehen:

$$400.000 \text{ kg Abfall} \times 1,92 \text{ kg CO}_2 = 768\,000 \text{ kg CO}_2$$

In der Summe entsteht insgesamt 838 307 kg CO<sub>2</sub>. Durch Nutzung der anfallenden Energie in Form von Strom und Fernwärme kann dagegen wieder insgesamt 283 464 kg CO<sub>2</sub> eingespart werden. Somit wird bei diesem Verfahren nach Abzug der CO<sub>2</sub>-Einsparung insgesamt **554 843 kg CO<sub>2</sub>** erzeugt.

Nach Einführung der Vermahlungsanlage:

Interner Transport (Gas-Gabelstapler):

Dies entspricht einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von:

$$2640 \text{ kg Gas} \times 1,9 = \mathbf{5016 \text{ kg CO}_2}$$

Gesamtleistung aller Aggregate laut Protokoll der Entwicklung:

97,6 KW -> zukünftige Annahme 100 kW

Bei einem 3-Schicht-Betrieb und 240 Arbeitstagen entspricht dieses:

$$100 \text{ kW} \times 240 \text{ Arbeitstage} \times 24\text{h} = 576.000 \text{ kWh}$$

Alle Aggregate laufen nie gleichzeitig zu 100 % :

$$576.000 \text{ kWh} \times 0,6 = 345.600 \text{ kWh}$$

Dies entspricht einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von:

$$345.600 \text{ kWh} \times 0,62 = \mathbf{214.272 \text{ kg CO}_2}$$

### Einsparung von Rohstoffen durch Einsatz des gemahlene Schleifstaubs in unseren Mischungen:

Durch den Einsatz des Rezyklats werden hochwertige Rohstoffe wie Chloropren, Ruß, Fasern, etc. im Kreislauf nachhaltig wiederverwendet und auch eingespart .

Eine Wiederwendung des Rezyklats von 5 % ist positiv bestätigt worden und liegt der nachfolgenden Berechnung zugrunde.

Nachstehend ist die CO<sub>2</sub>-Einsparung beispielhaft für den Rohstoff Chloropren dargestellt der nur zu einem Anteil in unserer Mischung enthalten ist:

Zur Herstellung benötigt man

1 mol CR - ½ mol Cl<sub>2</sub>

86 g CR - 35 g Cl<sub>2</sub>

Für 1200 t CR benötigt man 488 t Cl<sub>2</sub>

Zur Herstellung von 1 mol Cl<sub>2</sub> braucht man 454 kJ

70 g Cl<sub>2</sub> - 454 kJ

488 g Cl<sub>2</sub> - 3.165 kJ

488 kg Cl<sub>2</sub> - 3.165 MJ

488 t Cl<sub>2</sub> - 3.165.000 MJ

5 % des Chloroprens wird eingespart durch Einsatz von Rezyklat:

3.165.000 MJ x 0,05 = 158.250 MJ

158.250 MJ = 43.958 kWh

Dies entspricht einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent von:

43.958 kWh x 0,62 = **27.254 kg CO<sub>2</sub>**

Allein durch den Rezyklateinsatz von 5 % werden durch die Einsparung des Chloroprens 27.254 kg CO<sub>2</sub> eingespart. Dieser Wert bezieht sich nur auf die Energie , die alleinig für den chemischen Prozess der Chlorierung notwendig wäre.

## Zusammenfassung

In der Summe entstehen insgesamt 219.288 kg CO<sub>2</sub>. Durch Wiederverwendung des Rezyklats zu 5 % wird in zukünftigen Mischungen Rohstoff eingespart und nachhaltig wiederverwendet. Es wurde exemplarisch für den Rohstoff Cloropren aufgezeigt, dass mindestens 27.254 kg CO<sub>2</sub> eingespart werden.

Dadurch wird die CO<sub>2</sub>-Emission derart reduziert, dass im Endeffekt **192 034 kg CO<sub>2</sub>** (bei 5 % Rezyklateinsatz) entstehen. Unter der rechnerischen Berücksichtigung aller Rohstoffe ließe sich die CO<sub>2</sub>-Emission noch weiter reduzieren.

Im Vergleich der bisherigen Situation mit der heute betriebenen Anlage bedeutet dies, dass bei der Vermahlung unserer Abfälle und Wiederverwendung des Rezyklats zu 5 % mindestens **362 809 kg CO<sub>2</sub>** eingespart werden.

### 3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

#### 3.4.1. Gesamtprojektkosten und Finanzierung

Die unten stehende Aufstellung gibt einen Überblick über die entstandenen Investitionen und deren Finanzierung

	€ Soll	€ Ist
<b>Investitionen</b>		
Maschinen für Vermahlung	834.030,00	832.312,00
Energieversorgung	111.000,00	110.850,00
Prüfmaschinen	59.000,00	59.895,02
Transportmittel	37.395,00	14.881,96
Montage, Inbetriebnahme	<u>34.000,00</u>	<u>711,54</u>
<b>Gesamt</b>	<b>1.075.425,00</b>	<b>1.018.650,52</b>
<b>Finanzierung</b>		
BMU-Programm	322.627,50	305.595,16
Arzt Optibelt - Gruppe	<u>752.797,50</u>	<u>713.055,36</u>
<b>Gesamt</b>	<b>1.075.425,00</b>	<b>1.018.650,52</b>

#### 3.4.2. Kosten für die Aufbereitung von Gummimehl

Die Zielsetzung in der ersten Projektstufe war die Aufbereitung von bis zu 700 Tonnen vulkanisierter Produktionsabfälle pro Jahr. Heute wird mit einer maximalen Einsatzmenge von 500 Tonnen pro Jahr ab 2012 gerechnet.

Der textile Flusenanteil wird mit 15-30 % angenommen, so dass in Summe ein Output von maximal 425 Tonnen Gummimehl pro Jahr im Dreischichtbetrieb realisiert werden könnte.

Der Output pro Stunde liegt bei der Feinmühle zwischen 70 und 80 kg.

Unser Labor plant mit einer Einsatzmenge an Gummimehl in Mischungen der Arntz Optibelt - Gruppe von 220 Tonnen pro Jahr. Die darüber hinaus gehende Menge von 205 Tonnen soll an Dritte verkauft werden.

Kosten pro Jahr :	Personalkosten für 5 Mitarbeiter =	177.500 €
	Abschreibungen	150.000 €
	Finanzierungskosten	32.000 €
	Energiekosten	60.000 €
	Instandhaltung	42.600 €
	Mietkosten	25.000 €
	Hilfs- und Betriebsstoffe	20.000 €
	Versicherungen	5.000 €
	Sonstige Kosten	<u>10.000 €</u>
	Gesamt-Kosten	522.100 €

Kosten pro kg für Gummifeinmehl : Gesamtkosten 522.100 € : 425.000 kg = 1,23 € per kg

### 3.4.3. Ergebnisrechnung

Das Gummifeinmehl kommt in Mischungen als Ersatz für z.B. Chloropren - Kautschuk zum Einsatz. Dieser kostet z. Zt. ca. 2,50 € pro kg.

Hieraus ergibt sich folgende Ergebnisrechnung pro Jahr:

Jahr	2010	2011	2012
Menge Gummifeinmehl	70 to	150 to	220 to
Kosten für Gummifeinmehl pro kg	1,23 €	1,17 €	1,11 €
Preis für Chloropren - Kautschuk pro kg	2,50 €	2,50 €	2,50 €
Preisdifferenz pro kg	1,27 €	1,33 €	1,39 €
Preisdifferenz – Gesamt	89 T€	200 T€	306 T€
+ nicht anfallende Entsorgungskosten bei 120 €/to.	8 T€	18 T€	26 T€
Entsorgungskosten Fasern	- 7 T€	---	---
Ergebnis	90 T€	218 T€	332 T€

Nicht berücksichtigt wurden die ca. 205 to Gummifeinmehl die an Dritte verkauft werden sollen.

## **4. Empfehlungen**

### **4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

Die am Anfang gemachten Versuche haben in der Vorzerkleinerung gezeigt, dass der Schredder mit der vorhandenen Leistung ein hohes Drehmoment bei geringer Drehzahl haben sollte. Das versetzt uns in die Lage auch schwierige, hochfasergefüllte Abfälle mühelos zu zerkleinern bei gleichzeitig verlängerten Standzeiten. Positiv bemerkbar machte sich auch die Lärmentwicklung, die bei Schnellläufern deutlich höher liegt und somit im Regelfall zur separaten Abkapselung der Maschine führen.

Durch den zum Teil sehr hohen Faseranteil ist eine abgestufte Zerkleinerung in mehreren Schritten von Vorteil, um sicherzustellen, dass ein Großteil an Fasern effektiv abgesaugt wird. Hierzu sind die Luftmengen in den einzelnen Zerkleinerungsstufen sehr unterschiedlich einzustellen. Für eine bessere Faserabtrennung empfiehlt es sich, die Zick-Zack-Sichter in Querschnitt und Länge relativ groß zu wählen, um eine Brückenbildung zu verhindern.

Nach den bisher gesammelten Erkenntnissen sollte die Kühlung der Feinmühle, zur Zeit eine reine Luft-Gebläsekühlung, größer ausgelegt und eventuell über einen Wärmetauscher geführt werden. Dadurch würde die Kühlung effektiver, die Eigenerwärmung während des Mahlprozesses reduziert und die Standzeiten während der Abkühlphase minimiert.

### **4.2 Modellcharakter**

Das neue Verfahren hat insofern Modellcharakter, da es für alle Anwender die sich in der Gummiindustrie mit Verbundmaterialien befassen eine interessante Möglichkeit bietet, Abfälle wieder aufzubereiten und einer stofflichen Verwertung zuzuführen. Gerade bei der Herstellung von dynamisch belasteten Bauteilen war der Einsatz von Rezyklaten bisher nicht umzusetzen.

### **4.3 Zusammenfassung**

Bei der Produktion von Antriebsriemen fallen vulkanisierte Abfälle an, die in der Vergangenheit thermisch entsorgt wurden. Dies führte zu Umweltbelastungen durch erhöhten Transportaufwand und CO<sub>2</sub> - Ausstoß bei der Verbrennung.

Durch die Vermahlung unserer vulkanisierten Abfälle entfällt ein großer Teil des Transportes, gleichfalls werden bis zu 5 % Rohstoff in der Produktion eingespart. Dies führt zu einer gesamt CO<sub>2</sub> - Einsparung von 833 Tonnen.

Aus Gründen des Umweltschutzes im Sinne von Ressourceneinsparung, steigender Rohstoffpreise und höhere Entsorgungskosten sollte über ein Mahlverfahren ein Rezyklat erzeugt werden, welches der stofflichen Wiederverwertung zugeführt werden kann.

Die technische Lösung wurde durch das im Antrag dargestellte Maschinenkonzept erreicht. Mit einer Gesamtleistung von ca. 100 KW wird der Gummiabfall in vier Schritten vermahlen, wobei die letzte Mühle zu 100 % ausgelastet ist und die vorgeschalteten Zerkleinerungsschritte nur bedarfsgeregelt laufen. Durch den zum Teil hohen Faseranteil in unseren Produkten war ein stufenweises Herantasten an einen kontinuierlich laufenden Prozess erforderlich.

Die Voraussetzungen zur Vermahlung sind somit mit der Genehmigung und Installation der Anlage gegeben. Die Schneidabfälle, ausschließlich auf Chlorkautschuk - Basis, werden in einem 4-stufigen Prozeß auf eine Korngröße von 250-400 µ vermahlen und wahlweise einem offenen Handling bzw. einer Schlauchbeutelmaschine zwecks dosierter Verpackung zugeführt.

Nach erfolgter Optimierung der Einstellparameter der Anlage konnte das Ergebnis qualitativ und quantitativ als positiv bewertet werden. Der durchschnittliche Output lag pro Stunde bei ca. 70 – 80 kg Mahlgut bei zur Zeit noch einschichtigem Betrieb.

Die werkstoffliche Verwertung ist insofern ein interessantes Verfahren, da bei der hier zur Anwendung kommenden Technik der Warmvermahlung die geringste Schädigung im Produkt auftritt. Bei kleinster Teilchengröße wird eine sehr große aktive Oberfläche erzeugt, die eine dauerhaft hervorragende Anbindung an die vorhandene Polymermatrix sicherstellt, bei dynamisch belasten Bauteilen ein unbedingtes Erfordernis.

Der wesentliche Vorteil für die Umwelt ist die Einsparung von Ressourcen. Bei Zugabe von nur 5 % Rezyklat können von allen Bestandteilen der Gummimischung ebenfalls 5 % eingespart werden. Durch permanente Laborversuche wird eine weitere Anhebung der Anteile angestrebt und es werden dazu entsprechende Versuchsreihen aufgebaut. Das Mahlgut, welches in unseren Mischungen zum Einsatz kommt substituiert alle Bestandteile im oben angegebenen Prozentsatz.

Die tatsächlichen Investitionskosten lagen bei 1 018 650,52 €, wobei sich die elektrischen Betriebskosten zur Zeit bei 60 KWh einpendeln.

Einsparungen für unser Unternehmen lassen sich besonders dann erreichen, wenn Produktion, Produktentwicklung, Konstruktion und Prozessentwicklung verzahnt den Recycling- und Verwertungsprozess bearbeiten. Hierzu ist es zwingend erforderlich, dass das Thema Kreislaufwirtschaft und Gummirecycling ein zentrales Thema der Geschäftsleitung ist.

Die Schneidabfälle, die in der Fertigung von flankenoffenen Keilriemen anfallen gehen in den Vermahlungsprozess. Das dort erzeugte Rezyklat wird in der

Basismischung dieser Riemen auch wieder eingesetzt. Da die Kapazität der Anlage bisher nur einschichtig ausgelastet war, ist die gesamte Rezyklatmenge in eigenen Mischungen verarbeitet worden. Gespräche mit externen Anwendern wurden geführt und es wurden Bemusterungen durchgeführt.

Die gemäß Fließbild dargestellte Fasermenge von 45 kg/h gestaltet sich je nach technischer Ausführung der Abfallprodukte sehr unterschiedlich. Gerade im flankenoffenen Bereich gibt es eine Vielzahl technischer Ausführungen, die auf den Anwendungsfall zugeschnitten sind und daher im Aufbau mehr oder weniger viele Gewebelinien aufweisen. Bisher wurden ausschließlich Riemen mit Polyesterzugstrang verwendet und Riemen, die mit einem Aramidzugstrang versehen sind aus dem Vermahlungsprozess herausgenommen. Die Verwertung der Fasern konnte bisher nicht realisiert werden, da mit den Fasern auch anhaftende Gummiteile abgesaugt wurden. Eine Trennung dieser Gummiteile von den Fasern gestaltet sich nicht ganz einfach, wie Versuche bei Herstellern von Trennsystemen gezeigt haben. Die abgeschiedenen Fasern werden gegenwärtig in einer Müllverbrennung entsorgt

Im letzten Halbjahr wurden ca. 95 Tonnen Abfall der Vermahlung zugeführt, davon sind 59 Tonnen als Rezyklat in unsere Mischungen zurückgeführt worden. Der Rest von 36 Tonnen ergibt sich aus dem abgesaugten Fasermaterial, das durch Gummianhaftungen so nicht verwendet werden konnte und entsorgt wurde.

## 5. Anhang

### 5.1 Abkürzungen

<b>NR</b>	Naturkautschuk
<b>SBR</b>	Styrol - Butadien - Kautschuk
<b>CR</b>	Chloropren - Kautschuk
<b>NBR</b>	Nitril – Butadien - Kautschuk
<b>EPDM</b>	Ethylen – Propylen – Dien - Mischpolymerisat
<b>ACSM</b>	Alkyliertes chlorsulfoniertes Polyethylen
<b>HNBR</b>	Hydrierter Nitrilkautschuk
<b>TPE</b>	Thermoplastisches Elastomer
<b>C-S</b>	Kohlenstoff-Schwefel
<b>S-S</b>	Schwefel-Schwefel

## 5.2. Bilder der Anlage



**Bild 1: Gesamtanlage**



**Bild 2: Förderband mit Schredder**



**Bild 3: Förderband**



**Bild 4: Förderband zur Schneidmühle mit Granulat**



**Bild 5: Schneidmühle**



**Bild 6: Zyklon mit Zellradschleuse und Zick Zack - Sichter**



**Bild 7: Feinmühle mit Vertikalsiebeinrichtung**



**Bild 8: Filteranlage mit Faserabtrennung**



**Bild 9: Beschickung der Dosieranlage**



**Bild 10: Schlauchbeutelverpackungsmaschine**



**Bild 11: Bigbag - Station zur Granulatabfüllung**