

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>2</b>
<b>2. ALTREIFENMARKT IN DER EU</b>	<b>2</b>
<b>3. ALTREIFENQUALITÄTEN</b>	<b>3</b>
<b>4. VERWERTEN VON ALTREIFEN</b>	<b>3</b>
4.1. Werkstoffliche Verwertung	3
4.2. Rohstoffliche Verwertung- Recyclierung	4
4.3. Thermische Verwertung	5
4.4. Anderweitige Verwertung	6
4.5. Keine Verwertung	6
<b>5. QUALITÄTSANFORDERUNGEN AN GUMMIMEHL FÜR DIE HERSTELLUNG VON HOCHWERTIGEN PRODUKTEN</b>	<b>6</b>
<b>6. AUFBEREITUNGSVERFAHREN</b>	<b>7</b>
<b>7. ANWENDUNGEN</b>	<b>7</b>
<b>8. SCHLUSSFOLGERUNG</b>	<b>8</b>

## 1. EINLEITUNG

Die seit längerem zur Diskussion stehende Alttautoverordnung bzw. deren Einführung in 2 - 3 Jahren wird dazu führen, dass das Recycling von Altreifen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die Alttautorücknahmeverordnung und die Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes wird vermutlich zur Folge haben, dass Altreifen einer gesetzlich festgelegten Mindestquote zur Wiederverwertung unterworfen werden. Nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz gelten Altreifen als Sekundärrohstoff und müssen einer energetischen oder stofflichen Wiederverwertung zugeführt werden. Dabei genießt die stoffliche Verwertung zur Zeit keinen Vorrang gegenüber der energetischen. Dies könnte sich jedoch in Zukunft ändern. Die Deponie wird verboten. Es macht deshalb Sinn sich mit den Möglichkeiten der werkstofflichen und rohstofflichen Wiederverwertung von Altreifen auseinanderzusetzen, besteht doch hier bei technischen Lösungen ein enormes Marktpotenzial. Wir entwickeln zusammen mit seriösen Altreifen-Recyclingunternehmen Produkte mit einer um 100 % verbesserten Wertschöpfung. Nur Unternehmen mit innovativen Produkten werden, in einem Markt der in Zukunft noch mehr umkämpft sein wird, überleben.

Hier geben wir einen Überblick über den aktuellen Stand der Verwertungsmöglichkeiten von Produkten aus dem Altreifenrecycling.

## 2. ALTREIFENMARKT IN DER EU

In der EU fallen jährlich etwa 3 Mio to Altreifen an. Zudem sind zusätzlich die gleiche Menge noch auf wilden Deponien gelagert.

Die Altreifen stammen zu etwa 60 % von PKW's, 30% von LKW's und 10% von übrigen Fahrzeugen

Die Entsorgung der Reifen ist in der Regel kostenpflichtig. Die Entsorgungsgebühren sind im Fachhandel, bei Autohäusern und Entsorgern stark unterschiedlich. Nach Abzug der Kosten für Transport, Vorsortierung und Verteilung verbleiben zur Zeit für den Verwerter von Altreifen noch eine Entschädigung von etwa EUR 40.-/to.

Die Entsorgung von Altreifen erweist sich wegen ihrer komplexen Struktur als sehr aufwendig.. Insgesamt dürften es allein in Deutschland über 300 Unternehmen sein, die sich mit der Entsorgung von Altreifen beschäftigen. Der Verwertungs- und Entsorgungsgesellschaft mbH (VEGA) sind sehr viele klein- und mittelständische Unternehmen angeschlossen, wogegen es in der Reifen-Entsorgungsgesellschaft mbH (REG) eher mittelgroße und sehr große Firmen sind.

In Deutschland besteht heute eine Kapazität von etwa 90'000 to für die stoffliche Verwertung zu Granulaten und Gummimehl, wobei diese Kapazitäten nur etwa zu einem Drittel ausgelastet sind. Man kann davon ausgehen, dass aus 90'000 to Gummimehl etwa 150'000 to Compounds oder TPE's hergestellt werden können. Mit ein Grund für den geringen Anteil des stofflichen Recyclings an der Reifenwiederverwertung ist das schlechte Preis-/Leistungsverhältnis der im Markt angebotenen Gummimehle für die Herstellung von hochwertigen Produkten. Das Marktvolumen für hochwertige Produkte aus geeignetem Gummimehl wird geschätzt für Deutschland auf etwa 150'000 to und weltweit auf über 2 Mio to.

### **3. ALTREIFENQUALITÄTEN**

LKW- und PKW-Reifen unterscheiden sich recht deutlich in ihrer Zusammensetzung, so setzt sich ein PKW-Reifen aus ca. 85 % Gummimischung, 10 % Stahldraht und 5 % Textilgewebe zusammen wogegen ein LKW-Reifen aus 65 % Gummimischung, 25 % Stahldraht und 10 % Textilgewebe besteht.

Ebenso gibt es zwischen Sommer- und Winterpneus, dann aber auch zwischen verschiedenen Herstellern (diese Unterschiede sind relativ gering) Qualitätsunterschiede.

Weiter gilt es zu beachten, dass ein Reifen aus unterschiedlichen Gummimischungen (vor allem basierend auf SBR, BR und NR) hergestellt wird, wie für

- Lauffläche
- Seitenwand
- Wulstbereich, Wulstinnere mit Stahlkern
- Karkasse (Unterbau) mit Textilgewebe

Das Recyclieren von Altgummi zu höherwertigem Gummimehl setzt eine Trennung des Ausgangsmaterials voraus. Die im Markt erfolgreichen Produkte sind mindestens getrennt in LKW- und PKW-Reifen, dann gibt es aber auch die Trennung zwischen Lauffläche und Karkasse usw.

### **4. VERWERTEN VON ALTREIFEN**

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Verwertung von Altreifen. Die Angaben stützen sich primär auf die Aktivitäten in Deutschland, das bezüglich Wiederverwertung von Altreifen in Europa eine führende Rolle einnimmt.

#### **4.1. Werkstoffliche Verwertung**

Die stoffliche Qualität des Gummis wird durch Auf- oder Umarbeitung genutzt.

- Runderneuerung

Durch Runderneuerung werden ca. 100'000 to Altreifen pro Jahr wiederverwertet. Die verschlissene Oberfläche wird durch eine neue ersetzt, wobei nicht alle Karkassen zur Wiederverwendung geeignet sind.

Zwei Arten der Runderneuerung werden praktiziert, das Heiss- und das Kaltverfahren.

In Deutschland gibt es je etwa 150 Betriebe (meistens kleinere Autowerkstätten) die Runderneuerung betreiben. Der Kampf um Marktanteile ist hart, wegen der Konkurrenz aus Fernost und der geringen Akzeptanz von runderneuertem Altreifen.

- Granulierung

Durch mechanische Aufarbeitung von Altreifen entstehen Granulate (> 1 mm) bzw. Gummimehl (<. 1mm). Hohe Qualitätsanforderungen an die Fertigprodukte macht bis heute die

Weiterverarbeitung von Gummimehl als Neuware oder in Abmischung schwierig. An das Gummimehl werden spezielle Anforderungen gestellt. Je nach Erfüllung dieser Ansprüche können technisch mehr oder weniger anspruchsvolle Produkte hergestellt werden. Auf Grund der Komponentenvielzahl stellt die Separierung der Altreifen ein Problem dar.

Man unterscheidet zwischen der Kalt- und Warmvermahlung. Je nach Anwendung des Mahlgutes wird das Kalt- oder das Warmverfahren bevorzugt. Dabei sind Gummimehle aus der Warmvermahlung für viele Anwendungen zu bevorzugen. Die Oberfläche ist poröser als diejenige der kaltvermahlenden Gummimehle und daher aktiver für die Verbindung mit Kunststoffen oder Gummi.

Zur Hauptsache werden durch blosses shreddern Gummigranulate hergestellt, die zur Weiterverarbeitung exportiert werden. Es gibt aber auch einige Unternehmen die höherwertige Granulate herstellen und weiterverarbeiten oder das Granulat verkaufen.

Gut eingeführt im Markt ist TIREX Corp., Montreal mit den Reifenrecyclingsystemen TCS-1 (Patent) und der Weiterentwicklung TCS-2 mit Lizenzproduktionen weltweit.

Gummimehle guter Qualität lassen sich mit der OEKUTEC-Technologie zu hochwertigen Produkten compoundingen – siehe auch Abschnitte 5 bis 8.

#### **4.2. Rohstoffliche Verwertung- Recyclierung**

Durch Veränderung – chemisches Recycling oder Depolymerisation – der molekularen Struktur wird ein Sekundärrohstoff hergestellt. Das dadurch entstehende Regenerat kann als Ersatzfüllstoff (teilweiser Ersatz von Standardkautschuk) bei der Neureifenproduktion oder als Rohstoff für TPE's oder Elastomerlegierungen eingesetzt werden.

- Biodegradation – Mikrobielle Aufarbeitung von Altgummi > Devulkanisation: von der Universität Halle entwickeltes Verfahren. Kommerziell (noch) keine Bedeutung. Canglobe arbeitet an der Vermarktung der Technologie.
- Ozonbehandlung von Altgummi > Zerfall > Devulkanisation: Vom Troitsk-Technik-Laboratorium (Moskau) entwickeltes Verfahren, sollte von einer Berliner Ingenieursgesellschaft für Aufbereitungstechnik kommerzialisiert werden. Wird aber kaum industrielle Bedeutung erlangen.
- Chemische Devulkanisation – Herstellung von devulkanisiertem Gummi auf einem Doppelschneckenextruder unter Zugabe eines Devulkanisierungsmittels bei 200 °C. Nachteilig sind die starken Geruchsemissionen und die pastöse Form des Produktes. Das Verfahren als solches scheint nicht uninteressant, nur sollte über die Menge des chemischen Zusatzes und der Temperatur eine teilweise Devulkanisation zu einem pulverähnlichen Produkt angestrebt werden. Die Oetterli Kunststofftechnik arbeitet mit einem asiatischen Partner an der Optimierung. Eines solchen Verfahrens.
- Mechanische Devulkanisation – Auf einer Demonstrationsanlage wurde devulkanisierter Gummi als Quader nach folgendem Verfahren hergestellt: Shreddern von Altreifen – Walzenwarmvermahlung – Devulkanisation auf Trosiama-Doppelschneckenextrudern – Reinigung

auf Strainer-Einschneckenextruder. Das nach diesem Verfahren hergestellte Produkt kann in Gummimischungen zur Herstellung von Neureifen beigemischt werden. Diese Technologie ist noch nicht ausgereift und es würde vermehrter Entwicklungsaufwand benötigt, um diese industriell zu nutzen.

– Devulkanisation mit Mikrowellen – Eignet sich für Gummi mit ausreichender Polarität um die Wellen in thermische Energie zu wandeln. Zum Beispiel EPDM, aber eher schwieriger mit Reifengummi.

– Devulkanisation mit Ultraschall – Energiereiche Wellen, die C-S sowie S-S Bindungen in NR und in SR aufbrechen. Es ist das wirtschaftlich interessanteste Verfahren zur Devulkanisation von vernetztem Reifenmaterial.

#### **Andere Verfahren**

– Pyrolyse – Zersetzung von Altreifen in feste, flüssige und gasförmige Produkte durch Erhitzung unter Luftausschluss. Die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens ist nicht gesichert, weshalb dieses Verfahren grosstechnisch noch nicht umgesetzt wurde. Auch ist die Qualität der Produkte noch schlecht.

– Hydrierung – Gummimehl wird bei Temperaturen von 400 °C und unter Druck von 300 bar verflüssigt und durch Anlagerung von Wasserstoff hydriert. Es entsteht dabei ein hochwertiges Syntheseöl. In Deutschland können etwa 40'000 to (VEBA Oel AG und Ruhrkohle GmbH) nach diesem Verfahren wiederverwertet werden, wobei die Wirtschaftlichkeit ungenügend ist.

– Synthesegas – Umwandlung unter hohen Temperaturen zu Synthesegas, das für Heizzwecke oder als Chemierohstoff verwendet werden kann. Dafür existiert noch keine grosstechnische Anlage.

#### **4.3. Thermische Verwertung**

Das thermische Recycling (oder Energierecycling) scheint im Moment das bevorzugte Recyclingverfahren zur Lösung des Altreifenproblems zu sein. Der Heizwert von Gummi entspricht mit 25 – 30 MJ/kg demjenigen von Steinkohle. Der Energiebedarf zur Herstellung von Kautschuk ist allerdings höher wie der Heizwert, so dass bei geeigneten Verfahren die werkstoffliche Wiederverwertung zu bevorzugen ist.

– Sekundärbrennstoff

Altreifen werden als Sekundärbrennstoffe mit Anteilen von 10– 40 % in Heizkraftwerken und Zementwerken eingesetzt. Problematisch dabei sind die Emissionen von Schadstoffen.

Allein in Deutschland gibt es etwa 50 Zementwerke die Altreifen als Energiespender einsetzen können. Die Zementindustrie ist auf den Einsatz von Altgummi nicht angewiesen, nutzt allerdings dessen Kostenvorteil. Der Einsatz von Altreifen in Zementwerken ist nicht unproblematisch unterliegt er doch baukonjunkturellen Schwankungen und in Industriezonen gibt es ein Überangebot an Altreifen.

– Müllverbrennung

Dieses Verfahren ist nicht wünschenswert, da der zu Hausmüll unterschiedliche Heizwert von Gummi eine Reduktion des Hausmülldurchsatzes zur Folge hätte.

#### **4.4. Anderweitige Verwertung**

– Gummi–Bitumen

Ein Hauptabnehmer von Gummimehl ist der Strassenbau–Sektor, der in zunehmendem Masse Bitumenmodifizierungen statt mit SBS oder EVA mit Gummimehl aus Altreifen durchführt. Bei diesen Modifizierungen werden nicht wie bei den beiden genannten Produkten 3% bis 5% Zusätze verwendet, sondern der beigemischte Prozentsatz von Gummimehl liegt zwischen 15 und 20%, so dass die benötigten Mengen besonders grosse Masse annehmen. Ein im Markt akzeptiertes Produkt ist tecRoad der Rubbertec GmbH.

Neue Produkte – die OEKUPLAST–Serie – aus unserer Entwicklung sind Mischungen von Gummimehl mit Kunststoffen / Additiven um damit die Vorzüge von Gummimodifizierung mit den guten Eigenschaften von Polymermodifizierten Bitumen zu kombinieren

– Diverse Produkte

Altreifen können eingesetzt werden als Spielgerät oder Schutz auf Kinderspielplätzen, als Fender in Häfen, als Abdeckmaterial auf Deponien etc., wobei diese Reifen zu einem späteren Zeitpunkt ebenfalls wiederverwertet werden müssen.

#### **4.5. Keine Verwertung**

Deponierung – absolut nicht wünschenswert und teilweise verboten.

Export – Problem der Altreifenentsorgung wird nicht gelöst, sondern lediglich geographisch und zeitlich verschoben.

### **5. QUALITÄTSANFORDERUNGEN AN GUMMIMEHL FÜR DIE HERSTELLUNG VON HOCHWERTIGEN PRODUKTEN**

Zur Herstellung von Hochleistungsprodukten, müssen grundsätzlich folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

für TPE's        feinste Dispersion der Gummipartikel in der Thermoplast–matrix, was auch immer für ein Thermoplast eingesetzt wird > Erzielung optimaler Wirksamkeit in Schlagzähigkeitsverbesserung und elastomeren, dynamischen Eigenschaften.

für TPV's und Elastomerlegierungen:        homogene Vernetzung, d.h. intermolekulare Vernetzung soll identisch zu intramolekularer Vernetzung sein > keine Schwachstellen im molekularen Gefüge.

Qualitätskonstanz: je einheitlicher das Ausgangsmaterial umso homogener die daraus gefertigten Produkte.

Die Qualität des Gummimehls entscheidet schlussendlich über die Einsatzmöglichkeiten daraus hergestellter Mischungen.

Ebenso beeinflusst werden die Rezepturkosten – Standard-TPE's sind wesentlich kostengünstiger wie zu vernetzende Elastomer-Mischungen – was sich wiederum auf das finanzielle Ergebnis auswirken wird.

Gobkörnige Gummimehle mit geringer Oberfläche ohne devulkanisierten Anteilen können nur als inaktive Füllstoffe eingesetzt werden. Wogegen feine Gummimehle mit grosser Oberfläche und teilweise devulkanisiert können als Rohstoff zur Herstellung von TPE's oder Elastomerlegierungen eingesetzt werden. Die Oetterli Kunststofftechnik – OEKUTEC – hat eine Serie von Mischungen – OEKUFLEX –, die den beschriebenen Vorgaben entsprechen..

## **6. AUFBEREITUNGSVERFAHREN**

Man unterscheidet grundsätzlich nach zwei verschiedenen Aufbereitungsmöglichkeiten für die Aufarbeitung von Gummimehl.

1. Herstellung von TPE-Granulaten nach dem für Thermoplasten bekannten Verfahren über den Fluid-Mischer und den Doppelschneckenextruder bzw. speziellen Einschneckenextruder zur Granulierung. Bei der Herstellung von Fertigprodukten können diese in-line hergestellt werden. Diese Verfahrensweise ist relativ einfach und kostengünstig.
2. Herstellung von Gummiartikeln über den Innenmischer, Doppelschneckenextruder bzw. Kalandrierung mit anschliessender Vulkanisation. Dieses relativ teure Verfahren ist vorzuziehen, wenn die Fertigprodukte aus Gummiballen und nicht aus Granulaten gefertigt werden sollen.
3. Unter Umständen verlangen unsere Zielvorgaben neue Aufbereitungsverfahren- wie z.B. Devulkanisation mit anschliessender homogener Teilvernetzung in einem Arbeitsprozess – dies wird gemeinsam mit der Maschinenindustrie als Partner weiterentwickelt.

## **7. ANWENDUNGEN**

Gummimehle geringer Qualität können lediglich als Füllstoff eingesetzt werden. Entsprechend gering ist der wirtschaftliche Nutzen sowohl für den Anbieter wie auch den Kunden. Das Interesse der Verarbeiter an einer Materialumstellung ist nicht sehr gross.

Hingegen können die Chancen für Gummimehl in TPE's und Compounds durchaus positiv beurteilt werden. Mit Gummimehl-Compounds stossen wir in einen Wachstumsmarkt vor und entsprechend interessant ist die Wertschöpfung für das Gummimehl.

Kurzfristig sehen wir Möglichkeiten für den Einsatz von TPE's bzw. Compounds auf Basis von Gummimehl in folgenden Bereichen

Extrusion von Profilen, Schläuchen, Folien und Platten  
Spritzgiessen von Formteilen aller Art  
Kalandrieren von Folien

Es ist aber auch ein Erfordernis neue Technologien und Produkte zu entwickeln um die langfristigen Chancen des Altreifenrecyclings zu sichern. Erfolgsversprechend in diesem komplexen Markt sind:

- TPE's / Compounds > Fertigprodukte basierend auf Gummimehl mit Top-Qualität > Hochleistungsprodukte
- Neue Aufbereitungsverfahren für die Granulat-/Fertigproduktherstellung.
- Integrierte Produktion: Vermahlung – Compoundierung – Verarbeitung – Fertigprodukt

Die Auswahl der Aufbereitungs- bzw. Verarbeitungsanlagen ist abhängig vom gewählten Marktsegment. Für die Gumminindustrie ist die Mischsaal-/Innenmischer-technik vorzuziehen, wogegen für die Kunststoffindustrie (TPE's) die Aufbereitung über einen Doppelschneckenextruder und die Weiterverarbeitung über einen Einschneckenextruder geschieht.

## **8. SCHLUSSFOLGERUNG**

Der Markt für inaktives Gummimehl ist wegen der eingeschränkten Einsatzmöglichkeiten ausgetrocknet. Dagegen besteht ein echter Bedarf an Mischungen aus hochwertigem Gummimehl, das sowohl als Ersatzprodukt für die Gummi- wie auch die Kunststoffindustrie in Frage kommt. Die künftige Wettbewerbssituation hängt ab von Neuentwicklungen in den Bereichen Altreifenvermahlung, Oberflächenmodifizierung – wir arbeiten an einer technisch wie auch finanziell interessanten Art der Devulkanisation – sowie Rezeptierung und Verfahren zur Herstellung von TPE's und Elastomerlegierungen. Um unser Beziehungsnetz im Markt, unser technisches Know-how in der Rezepturgestaltung, der Anwendungstechnik und der Verarbeitung in einen realen Marktvorteil umzusetzen, nutzen wir die Synergien zwischen Altreifenvermahlungen, Instituten, Rohstoffanbietern, Maschinenlieferanten und Compoundiermöglichkeiten. Wir haben die vorliegenden Ergebnisse bisheriger Verfahren zur Oberflächenmodifizierung, Rezeptierung und Weiterverarbeitung umgesetzt in der OEKUTEC-Compoundiertechnologie, die es jedem Hersteller von Gummimehl aus dem Altreifenrecycling ermöglicht in den Compound-Markt mit Produkten höherer Wertschöpfung einzusteigen.

Wir arbeiten auch zusammen

- mit der Reifenindustrie um auf Qualitätsänderungen rechtzeitig reagieren zu können.
- mit den Behörden um aufkommenden Bedenken für den Einsatz von Gummimehl und Gummigranulat aus Umweltschutzgründen entgegenzuwirken.