

## Altgummi: Abfallproblem oder Wertstoff?

Bei 1,6 mm Restprofiltiefe ist Schluss. Die abgefahrenen **Autoreifen** müssen durch neue ersetzt werden. So verlangt es der Gesetzgeber. Also auf zum Reifenhändler! Der zieht neue Reifen auf und nimmt die alten zurück, bei Stammkunden vielleicht kostenlos, sonst gegen ein paar Euro Gebühr pro Reifen.

Auf diese Weise wechseln alljährlich Millionen von Reifen aller Größen, Ausführungen und Hersteller den Besitzer, zusammen sind es allein in Deutschland mehr als 580.000 t. Wohin damit? Und wohin mit den ausrangierten technischen Gummi-Produkten, wie **Schläuche, Fördergurte, Keilriemen, Dichtprofile** und wohin mit den Abfällen bei der Herstellung all dieser Produkte? Insgesamt sind es mehr als eine Million Tonnen **Altgummi** pro Jahr. Sie machen zwar nur 0,25 % der gesamten Abfallmenge aus, aber Altreifen haben ein beachtliches Volumen.

Das Problem ist nicht neu. Vor allem die Forderung von **Ressourcenschonung** durch **Wiederverwertung** verlangen Lösungen, die großen Mengen an Altgummi einer sinnvollen Verwertung zuzuführen. Wenn es nach den relevanten Ministerien und Behörden der Republik, aber auch der Europäischen Gemeinschaft geht, in Gestalt des stofflichen **Recycling**, also der Wiedergewinnung von Rohstoffen.

Und gerade das stößt bei Reifen und allen anderen Gummi-Erzeugnissen auf Schwierigkeiten. Denn im Verlauf der Herstellung all dieser Produkte und der Umwandlung des noch plastischen Rohkautschuks in elastischen Gummi entsteht ein neuer Stoff, indem der beigemischte Schwefel unter Hitzeeinwirkung die langen fadenförmigen **Kautschukmoleküle** dreidimensional miteinander **vernetzt**. Und dieses Netz, diese chemische Verbindung zwischen Kautschuk und Schwefel, ist außerordentlich stabil.

Bis heute hat man noch keinen Weg gefunden, kein Verfahren entwickelt, dieses Netz so wieder aufzulösen, dass sich die Strukturen zu unvernetzten Kautschukmolekülen zurückbilden. Man kann das „Gumminetz“ nicht wieder in **Einzelfäden** zerlegen. Das aber wäre die Voraussetzung dafür, aus Altgummi wieder neue Reifen herstellen zu können. (Parallelbeispiel aus dem Bauwesen: Einmal abgebundener, ausgehärteter Mörtel lässt sich nicht zu frischem Mörtel zurückverarbeiten, indem man ihn zermahlt und neu mit Wasser aufschwemmt. Oder: Anstriche der Möbel oder Wände im heimischen Umfeld müssen vor einer Renovierung mühsam entfernt werden und können auch nicht einfach zu neuen Lacken oder Anstrichstoffen umgewandelt werden. Dies gilt im Prinzip für alle durch chemische Reaktionen hergestellten Stoffe, bei denen die Reaktion irreversibel verläuft!)

### Zweckentfremdete Altreifen

Findige Köpfe entdecken immer wieder Verwendungsmöglichkeiten für Altreifen, die zwar mit Recycling absolut nichts zu tun haben, aber in der jeweiligen Situation durchaus sinnvoll sein können. Bekannt sind die **Abdeckungen** von Mieten in der Landwirtschaft, wo Reifen die Abdeckfolie bei Wind und Wetter festhalten und die eingelagerten Güter vor Licht und Regen schützen oder die **Schaukeln** auf Abenteuer-spielplätzen. Häufig auch werden Altreifen als „**Fender**“, d. h. als Aufprallschutz an Schiffsanlegestellen oder Kaimauern verwendet oder in gleicher Funktion an Stellen

mit starkem Staplerverkehr oder zum Schutz auf den Rundkursen von Automobilrennen

Eine recht originelle Verwendung für abgefahrene Reifen fand man vor einigen Jahren in den USA. Beim Neubau eines 190 m hohen **Staudamms** östlich von San Francisco sind auf dem Boden des Staubeckens 400 ausgediente große Baumaschinen-Reifen ausgelegt worden, die dann, nach Auffüllung des Beckens mit 3,7 Mrd. m<sup>3</sup> Wasser, den dort ausgesetzten **Fischen** als Refugium und als **Laichplatz** dienen.

Die Idee war allerdings nicht ganz neu und ist jedenfalls nicht einmalig. Es gibt bereits über 200 solcher Reifen-Fischfarmen und -Austernbänken. Wie sich erwiesen hat, nehmen die Tiere dieses Angebot gern an, weil Reifen durch ihre spezielle Form so etwas wie schützende **Höhlen** bilden. Im Falle der Besiedelung mit Austern schneidet man die Reifen allerdings in etwa 15 cm lange Stücke und befestigt diese Teile an Gestellen, die leicht hochgezogen und wieder abgelassen und auch jederzeit an andere Standorte gebracht werden können.

Interessant ist auch ein Verfahren aus dem **Straßenbau**. Beim Neubau einer Straße in Oberbayern, die durch ein Gelände mit weichem Torfgrund führt, hat man vor dem Aufbringen der Asphaltdecke aufgeschnittene und ausgestreckte Reifen dicht bei dicht gitterförmig ausgelegt. Durch ihren Verbund geben nun die Reifenstränge dem Oberbau so viel Tragfähigkeit, dass er nicht einsacken und der darüber rollende Verkehr ihn nicht zerstören kann. Immerhin 25.000 Autoreifen sind auf diese Weise nutzbringend verwertet worden.

Das alles sind teils originelle, immer aber spontane und nur vereinzelte Beispiele von Altreifen-„Verwertung“, mit denen man jedoch weder dem Mengenproblem beikommt noch das eigentliche „Recyclingziel“ verwirklichen kann.

### **Warteschleife Runderneuerung**

Dem eigentlichen Recyclingziel kommt man schon recht nahe mit der **Runderneuerung** von Altreifen. Darunter versteht man die Aufarbeitung eines Altreifens derart, dass ein fast neuer, jedenfalls wieder voll tauglicher Reifen entsteht.

Dabei wird zunächst auf einer Spezialmaschine der Rest der Lauffläche **abgeschält**, bis der **Unterbau** zutage tritt, das eigentlich tragende Element eines jeden Reifens. Der besteht aus der sog. **Karkasse**, einem Gewebe aus **Cordfäden** (Viskose/frühere Bezeichnung: Kunstseide, Nylon oder Polyester), dem **Gürtel** (das sind mehrere Lagen Stahlcord, in Gummi eingebettet) und den **Wulstringen** aus Stahldraht, die den Reifen auf der Felge halten.

Die vom Profilmgummi befreite Karkasse wird anschließend oberflächlich **aufgeraut** und mit einer **Vulkanisierlösung** eingestrichen. Dann nimmt man einen vorgefertigten neuen **Laufstreifen** passender Größe, legt ihn um die alte Karkasse und vulkanisiert ihn in einer speziellen **Vulkanisierform** bei etwa 150 °C unter hohem Druck an. Fertig ist der erneuerte Reifen.

Neben dieser **Heißvulkanisation** gibt es auch noch das **Kaltverfahren**, bei dem ein bereits vorvulkanisierter und profilierter Laufstreifen aufgebracht und an die Karkasse bei niedriger Temperatur anvulkanisiert wird.

Voraussetzung für jegliche Runderneuerung ist allerdings ein absolut einwandfreier Zustand der Karkasse. Weder die Gürtellagen noch das Karkassengewebe oder die Wulste dürfen durch Risse oder Schnitte beschädigt sein. Deshalb lässt sich nicht jeder Reifen runderneuern.

**Pkw-Reifen** werden übrigens nur einmal runderneuert, wohingegen die schweren und nicht so geschwindigkeitsbelasteten **Lkw-Reifen** drei- bis viermal wieder „aufgemöbelt“ werden dürfen. **Flugzeugreifen**, die ganz andere Bedingungen erfüllen müssen, werden sogar bis zehnmal runderneuert.

Es sind immerhin mehr als 100.000 t Altreifen pro Jahr, die auf diese Weise reaktiviert werden. Dies spart zwar eine ganze Menge Rohmaterial, verlängert aber faktisch nur die Gebrauchsdauer der Reifen. Irgendwann erreichen sie dann doch das Stadium absoluter Unbrauchbarkeit und müssen entsorgt werden.

### **Neue Produkte aus alten Reifen**

Will man aus diesen runden schwarzen Dingen, die auch noch Textilgewebe und Stahldraht enthalten, ganz andersartige Produkte herstellen, muss man sie erst einmal in ihre Hauptbestandteile zerlegen und dann den Gummi so fein zerkleinern, dass auch neue Formen möglich sind. Das ist gar nicht so einfach, denn die bemerkenswerte Haltbarkeit der Reifen beruht nicht zuletzt auf der enormen **Zähigkeit** des Gummis und seiner hohen **Strukturfestigkeit**, aber auch der innigen und stabilen Verbindung zwischen Gummi, Textil und Stahldraht.

Nun hat man schon vor Jahren ein Verfahren entwickelt, das ebenso elegant wie effektiv arbeitet: das **Kaltmahlen**. Dabei werden in Stücke geschnittene Reifen mit flüsigem Stickstoff (bis unter - 80 °C) regelrecht abgeschreckt, wodurch der Gummi spröde wird wie Glas. Der schnell laufende Rotor einer **Schleudermühle** schmettert die Stücke dann gegen die Außenwand, sie „zersplittern“, das Einlagematerial trennt sich vom Gummi. Nach Absieben erhält man, je nach Intensität und Dauer des Mahlvorgangs, ein körniges bis fast mehliges Gummigranulat. Solche „Mahlgüter“ können bis zu einem gewissen Prozentsatz Mischungen für ähnliche Einsatzzwecke beigemischt werden, ohne dass es zu einem hohen Verlust an physikalisch-technologischen Eigenschaften und Gebrauchswert kommt.

Das Kaltmahlen ist allerdings sehr teuer, weshalb vielfach auf traditionelle Verfahren (z. B. mit Brecherwalzwerken) zurückgegriffen wird. Ingenieure, Chemiker und Verfahrenstechniker der Kautschukindustrie der ganzen Welt arbeiten intensiv an der Verbesserung der Mahlverfahren, vor allem aber an Technologien, bei denen sich eine unzertrennliche Bindung zwischen Altgummi-Granulat und frischer Kautschukmischung ergibt.

Wenn das gelingt (und neuere Entwicklungen nähern sich dieser Vorstellung an), besteht die Möglichkeit, **Feinstgranulate** in wirklich nennenswerten Mengen als Rezepturbestandteil und Mischungskomponente, beispielsweise für Neureifen, zu ver-

wenden und das nicht nur ohne Qualitätsverlust für das fertige Produkt, sondern sogar mit einem Gewinn an Strukturfestigkeit.

Nun gibt es auch heute schon Produkte, die ganz oder überwiegend aus Altgummi-Granulat hergestellt werden, vor allem aus den rund 30.000 t, die jährlich in den Runderneuerungsbetrieben beim Abschälen der Altreifen und dem Aufräumen der Karkassen anfallen.

Da haben sich Spezialbetriebe etabliert, die z. B. hochwertige elastische **Beläge** für **Sportstätten** und **Kinderspielflächen** herstellen oder hygienische **Matten** für Nassbereiche in **Brauereien, Molkereien und Laboratorien**, sowie **Stallbeläge** für die tierfreundliche Haltung von Rindern oder lärm-dämmende Elemente für schienengleiche **Bahnübergänge**. Eigens entwickelte Technologien machen es möglich, solche Erzeugnisse mit einer äußeren Schicht aus frischer Kautschukmischung zu versehen, so dass weitgehende Freiheit in Farbe und Oberflächengestaltung besteht.

Solche **Recyclingprodukte** sind zwar in der Summe ihrer Eigenschaften so manchem traditionellen Baustoff gleichwertig oder gar überlegen, aber sie sind vielfach teurer und aus diesem Grund ist der Markt nur begrenzt aufnahmefähig.

Wesentlich größere Mengen von **Altgummi-Granulat** könnten beim **Straßenbau** verwendet werden und zwar als Beimischung zu dem für die Herstellung von **Fahrbahnbelägen** verwendeten Bitumen. Damit könnte man nicht nur die **Haltbarkeit** des Fahrbahnbelags erhöhen, auch das **Abrollgeräusch** der Reifen könnte gesenkt werden, Stichwort „Flüsterasphalt“. Die US-Bundesregierung hat 1993 angeordnet, bei Bundesstraßen künftig grundsätzlich Gummigranulat einzuarbeiten. Hierzulande scheitert diese sinnvolle Altgummi-Verwertung bislang an den Kosten.

## Thermische Verwertung

Altreifen haben einen **Brennwert**, der den hochwertiger Steinkohle sogar noch leicht übertrifft. Das ist kein Wunder, denn zum einen sind schon die verwendeten **Kautschuke** organische, d. h. aus Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaute Stoffe, zum anderen gibt der beigemischte **Ruß** dem Reifen nicht nur seine schwarze Farbe, als fast reiner Kohlenstoff steigert auch er den Brennwert.

Was liegt also näher, als Altreifen zur **Energiegewinnung** zu nutzen? Die **Zementindustrie** macht das schon seit langem, indem sie Altreifen als **Sekundärbrennstoff** in ihren Drehrohröfen verwendet. Das spart nicht nur Primärenergie, sondern die nicht verbrannten Rückstände aus Stahlcord und Wulstringen verbessern sogar noch die Zementqualität und ersparen die sonst erforderliche separate Beimischung von Eisen. Rund 200.000 t Altreifen werden auf diese Weise jährlich sinnvoll verwertet.

Es gibt keine Argumente dagegen, aus Altreifen auch in Kraftwerken Energie in Form von Wärme und Elektrizität zu gewinnen. Denn man weiß ja recht genau, welche Stoffe, unabhängig vom Fabrikat, zur Reifenherstellung verwendet werden, kann also die **Rauchgasreinigung** ganz genau darauf auslegen. Solche Kraftwerke, vor Jahren in Deutschland entwickelt, arbeiten bereits in den USA und in Großbritannien. Hierzulande sind Kraftwerksprojekte mit Aufnahmekapazitäten um 120.000 Jahres-

tonnen Altreifen erst in der Planung und stoßen bei Anliegern immer wieder auf unüberwindbar scheinende Akzeptanzprobleme.

## Wiedergewinnung von Rohstoffen

Die eingangs getroffene Feststellung, dass man aus Gummi wegen der molekularen Vernetzung nicht wieder Gummi machen kann, ist Tatsache. Ein direkter Stoffkreislauf, wie es ihn bei den thermoplastischen Kunststoffen gibt, ist beim Gummi ausgeschlossen. Trotzdem gibt es Möglichkeiten der rohstofflichen Verwertung, und zwar in Gestalt von **Pyrolyse**, **Hydrierung** und **Hochtemperatur-Vergasung**. Bei diesen drei Verfahren handelt es sich um thermisch-chemische Behandlungen von Altgummi.

Mit **Pyrolyse** bezeichnet man die Zersetzung von Materialien durch Erhitzen bei Abwesenheit von **Luftsauerstoff**. Es handelt sich also nicht um eine Verbrennung. Denn bei jeder Verbrennung ist ja Sauerstoff im Spiel, er macht sie ja erst möglich.

Ein bekanntes **Beispiel** von Pyrolyse ist die **Kokerei**: Hier wird rohe Kohle in riesigen Behältern unter sorgfältigem Luftabschluss bis zur Weißglut erhitzt, dabei zersetzt sich die Kohlemasse in gasfreien Koks, Teer und Gase. Diese Produkte sind, jedes für sich, durchaus brennbar, wie wir wissen. Denn wegen des Fehlens von Sauerstoff beim Erhitzen haben sie ja nicht gebrannt, die eingesetzte Kohle und der dann entstehende Koks haben nur geglüht, ein physikalischer Prozess.

Ähnliches kann man mit Gummi machen, mit alten Reifen also. Die **Temperaturen** liegen in diesem Falle bei 400 °C bis 800 °C. Und auch dabei fallen feste, flüssige und gasförmige Stoffe an. Die festen Bestandteile des pyrolysierten Gummis sind gleichfalls **koksartig**. Die flüssigen ergeben sich als **Pech**, **Schweröl**, **Mittelöl**, **Leichtöl** und **Lösungsmittel**, die gasförmigen als brennbare Kohlenwasserstoffe, also als **Heizgase**. Der bei der Pyrolyse ausgetriebene Schwefel fällt teilweise als **Schwefelwasserstoff** an, der natürlich entsprechend behandelt werden muss und nicht in die Atmosphäre gelangen darf. Hinzu kommen große Mengen **Ruß**, der ja jedem Reifenkautschuk zugesetzt ist und den man unter Umständen wieder verwenden kann, sowie schließlich **Stahlteilchen**.

Vorteilhaft bei der Geschichte ist, dass eine Pyrolyse-Kammer nur zum Ingangbringen mit Fremdenergie angeheizt werden muss. Ist der eingesetzte Schrottgummi erst einmal aufgeheizt und in Glut gekommen, so entwickelt er die weiterhin notwendige Hitze aus sich selbst heraus, genauer gesagt: durch Außenbeheizung mit dem selbsterzeugten Brenngas.

Das Problem der Pyrolyse ist die mangelnde Wirtschaftlichkeit. Das gilt auch für die **Hydrierung**, ein Verfahren, mit dem unter hohen Temperaturen und hohem Druck Altgummi zersetzt und durch Anlagerung von Wasserstoff verflüssigt wird. Damit lässt sich auch Kohle verflüssigen, was Deutschland während des zweiten Weltkriegs und Südafrika in der Zeit des UN-Ölembargos in die Lage versetzte, Benzin herzustellen.

Das **Reaktionsprodukt** bei der Altgummi-Hydrierung ist ein **synthetisches Rohöl**, das man in den Raffinerieprozess einschleust und aus dem sich auf diese Weise

Benzin, Heizöl oder Grundstoffe für die Herstellung von Kunststoffen oder Synthekautschuken gewinnen lassen.

Das wäre also echtes Recycling im Sinne der Kreislaufwirtschaft. Die technische Machbarkeit ist im Großversuch nachgewiesen. Aber abgesehen von mangelnden Kapazitäten (die Hydrieranlagen eignen sich schließlich auch für Kunststoff-Recycling) - wie bei der Pyrolyse fehlt es auch hier an der notwendigen Wirtschaftlichkeit. Denn Rohöle - ob aus der Nordsee, aus Russland oder aus den OPEC-Staaten - sind immer noch weit billiger als solche Recycling-Zwischenprodukte. Diese Situation kann sich natürlich ändern, wenn die Rohölpreise weiterhin ansteigen und die Ressourcen knapper werden.

Am ehesten realisierbar von den rohstofflichen Verwertungsverfahren ist noch die Gewinnung von Synthesegas durch **Hochtemperatur-Vergasung**. Hier kann Altgummi zusammen mit Braunkohle eingesetzt werden und zwar zu Kosten, die noch einigermaßen vertretbar sind, das gewonnene Synthesegas ist sowohl als Heizgas als auch als Ausgangsmaterial für Chemieprodukte verwertbar.

Trotz aller Hemmnisse, die der Idealvorstellung von Materialkreislauf und der angestrebten Wiedergewinnung qualitativ hochwertiger Rohstoffe noch entgegenstehen, gibt es kein wirkliches Altreifen- oder Altgummiproblem. Weder erreichen die Altreifenmengen besorgniserregende Ausmaße noch gehen vom Altgummi irgendwelche Gefahren für die Umwelt aus.

Reifen und anderer Altgummi sind **kein Abfall**, sondern wertvolle Materialien für zahlreiche Verwendungen. Verfahren zur stofflichen oder thermischen Verwertung sowie zur Wiedergewinnung wichtiger Rohstoffe sind entwickelt und in Großversuchen technisch erprobt.

Mit Produkten aus Altgummi-Granulat, mit der Runderneuerung, übrigens nicht nur von Reifen, sondern auch von kilometerlangen Fördergurten, wie sie beispielsweise im Braunkohlen-Tagebau verwendet werden, gibt es heute schon technische und auch wirtschaftliche Erfolge. Wissenschaftler und Techniker arbeiten weiter an der Vervollkommnung auch der Verfahren zur Grundstoffrückgewinnung.

Wenn eines Tages deren **Wirtschaftlichkeit** gewährleistet ist und die erforderlichen **Kapazitäten** zur Verfügung stehen, kann es sogar zu einem Wettbewerb der Verwerter um den Werkstoff Altgummi kommen. Dieser Zeitpunkt dürfte erreicht sein, wenn der Reifenhändler für die alten „Schlappen“ bezahlt, statt wie derzeit zu kassieren.

# Altgummi-Verwertung

Stoffliche Verwertung  
(materialerhaltend)

Reifen-Runderneuerung  
Granulatverarbeitung

Baumatten  
Beläge für Spiel-  
und Sportstätten  
Stallbeläge  
Bahnübergangselemente

Thermische Verwertung

Energiegewinnung

in Heizkraftwerken  
u. Zementindustrie

Wärme, Strom

Chemische Verwertung  
(Grundstoff-Rückgewinnung)

Pyrolyse

Zersetzung des Gummis  
durch Erhitzen bei  
Abwesenheit von  
Sauerstoff

Heizöl  
Kohlenstoff als  
Füllstoff (Russersatz)

Hydrierung

Verflüssigung durch  
Hitze und Druck,  
Anlagerung von  
Wasserstoff

Syntheseöl zur  
Weiterverarbeitung im  
Raffinerieprozess

Hochtemperatur-  
Vergasung

Synthesegas  
als Heizgas  
oder Basis für  
Chemierohstoffe

Direkte Verwendung

Landwirtschaft  
Häfen  
Spielplatz

Reifen als Mieten-  
Abdeckung Fender  
Spielgeräte