

Datenblatt	SWSM-04_TYR																																																																																											
Abfallart	Altreifen																																																																																											
Zusammensetzung bzw. wesentliche Stoffkomponenten	<p>Reifen bestehen aus einem Grundkörper (Karkasse) und der Lauffläche. Die Karkasse besteht in der Regel aus gummiummantelten Textilseilen, die vorwiegen aus Rayon und Nylon sind, dem Gürtel und der Wulst, die aus Drähten besteht und besonders bei LKW-Reifen stark ausgeprägt ist. Über die chemische Zusammensetzung der Reifenmischungen können keine konkreten Angaben gemacht werden, weil diese bei den vielen Herstellern unterschiedlich sind und nicht preisgegeben werden. Als Richtwerte können aber folgende Angaben gelten:</p> <p style="text-align: center;">Tab. 1: Stoffliche Zusammensetzung von Altreifen</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Stoff</th> <th rowspan="2">Nach BUWAL¹ in Gew %</th> <th colspan="4">Nach LfU² in Gew %</th> </tr> <tr> <th>Pkw</th> <th>LLkw³</th> <th>Lkw</th> <th>Durchschnitt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Kohlenwasserstoffpolymere</td> <td rowspan="2">Naturkautschuk</td> <td>21</td> <td>19</td> <td>31</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>23</td> <td>14</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Synthesekautschuk</td> <td>47,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Russ</td> <td>21,5</td> <td>28⁴</td> <td>26⁵</td> <td>21⁵</td> <td>26⁵</td> </tr> <tr> <td>Stahl</td> <td>16,5</td> <td>12</td> <td>18</td> <td>24</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Gewebe</td> <td>5,5</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Zinkoxid</td> <td>1,0</td> <td rowspan="3">11</td> <td rowspan="3">10</td> <td rowspan="3">9</td> <td rowspan="3">10</td> </tr> <tr> <td>Schwefel</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Sonstige</td> <td>7,5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Tab. 2: Chemische Zusammensetzung</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Element/Verbindung</th> <th>Gehalt nach BUWAL⁵</th> <th>Gehalt nach Vest⁶</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kohlenstoff (Carbon)</td> <td>ca. 70%</td> <td>70% – 75%</td> </tr> <tr> <td>Eisen (Iron)</td> <td>16%</td> <td>13% – 15%</td> </tr> <tr> <td>Wasserstoff (Hydrogen)</td> <td>7%</td> <td>6% – 7%</td> </tr> <tr> <td>Zinkoxid (Zink oxide)</td> <td>1%</td> <td>1,2% – 2,0%</td> </tr> <tr> <td>Schwefel (Sulphur)</td> <td>1%</td> <td>1,3% – 1,7%</td> </tr> <tr> <td>Sauerstoff</td> <td>4%</td> <td rowspan="10">3,5% – 5%</td> </tr> <tr> <td>Stickstoff</td> <td>0,5%</td> </tr> <tr> <td>Stearinsäure</td> <td>0,3%</td> </tr> <tr> <td>Halogene</td> <td>0,1%</td> </tr> <tr> <td>Kupferverbindungen</td> <td>200 mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Cadmium</td> <td>10 mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Chrom</td> <td>90 mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Nickel</td> <td>80 mg/kg</td> </tr> <tr> <td>Blei</td> <td>50 mg/kg</td> </tr> </tbody> </table> <p>Der Anfall an Altreifen in der erweiterten EU liegt bei ca. 3.2 Mio. Mg/a bzw. einer Reifeneinheit pro Jahr und Person in industrialisierten Ländern.</p>	Stoff	Nach BUWAL ¹ in Gew %	Nach LfU ² in Gew %				Pkw	LLkw ³	Lkw	Durchschnitt	Kohlenwasserstoffpolymere	Naturkautschuk	21	19	31	24	24	23	14	21		Synthesekautschuk	47,0				Russ	21,5	28 ⁴	26 ⁵	21 ⁵	26 ⁵	Stahl	16,5	12	18	24	16	Gewebe	5,5	4	4	1	3	Zinkoxid	1,0	11	10	9	10	Schwefel	1,0	Sonstige	7,5	Element/Verbindung	Gehalt nach BUWAL ⁵	Gehalt nach Vest ⁶	Kohlenstoff (Carbon)	ca. 70%	70% – 75%	Eisen (Iron)	16%	13% – 15%	Wasserstoff (Hydrogen)	7%	6% – 7%	Zinkoxid (Zink oxide)	1%	1,2% – 2,0%	Schwefel (Sulphur)	1%	1,3% – 1,7%	Sauerstoff	4%	3,5% – 5%	Stickstoff	0,5%	Stearinsäure	0,3%	Halogene	0,1%	Kupferverbindungen	200 mg/kg	Cadmium	10 mg/kg	Chrom	90 mg/kg	Nickel	80 mg/kg	Blei	50 mg/kg
Stoff	Nach BUWAL ¹ in Gew %			Nach LfU ² in Gew %																																																																																								
		Pkw	LLkw ³	Lkw	Durchschnitt																																																																																							
Kohlenwasserstoffpolymere	Naturkautschuk	21	19	31	24																																																																																							
		24	23	14	21																																																																																							
	Synthesekautschuk	47,0																																																																																										
Russ	21,5	28 ⁴	26 ⁵	21 ⁵	26 ⁵																																																																																							
Stahl	16,5	12	18	24	16																																																																																							
Gewebe	5,5	4	4	1	3																																																																																							
Zinkoxid	1,0	11	10	9	10																																																																																							
Schwefel	1,0																																																																																											
Sonstige	7,5																																																																																											
Element/Verbindung	Gehalt nach BUWAL ⁵	Gehalt nach Vest ⁶																																																																																										
Kohlenstoff (Carbon)	ca. 70%	70% – 75%																																																																																										
Eisen (Iron)	16%	13% – 15%																																																																																										
Wasserstoff (Hydrogen)	7%	6% – 7%																																																																																										
Zinkoxid (Zink oxide)	1%	1,2% – 2,0%																																																																																										
Schwefel (Sulphur)	1%	1,3% – 1,7%																																																																																										
Sauerstoff	4%	3,5% – 5%																																																																																										
Stickstoff	0,5%																																																																																											
Stearinsäure	0,3%																																																																																											
Halogene	0,1%																																																																																											
Kupferverbindungen	200 mg/kg																																																																																											
Cadmium	10 mg/kg																																																																																											
Chrom	90 mg/kg																																																																																											
Nickel	80 mg/kg																																																																																											
Blei	50 mg/kg																																																																																											

¹ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Vollzugshilfe für die Lagerung, Behandlung und Verwertung von Altreifen (Altpneus) – Entwurf, Stand 10.12.2003. URL: www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/abfall/20.pdf, abgerufen am 07.04.04

² Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: a.a.O., S. 8.

³ LLkw – Leichtlastkraftwagen

⁴ Russ und aktive Füllstoffe

⁵ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: a.a.O., S. 5.

⁶ Vest, H.: Recycling of Used Car Tyres, Technical Information W13e, www5.gtz.de/gate/techinfo/techbriefs/w13e_2000.pdf, abgerufen am 07.04.04

Rechtsgrundlagen bzw. Referenzdokumente mit Geltung für Europa	Als ein bedeutsamer Teil von Altfahrzeugen fallen Altfahrzeuge in Europa unter die Regelungen der Richtlinie 2000/53/EC über Altfahrzeuge und sind damit auch in die darin festgelegten Vorgaben und Ziele für die Erfassung, das Recycling und die Weiterverwertung einbezogen. Ferner gilt für Altfahrzeuge ein Deponierungsverbot sowie weitere Einschränkungen bei der Verwertung auf Grundlage der Deponierichtlinie 1999/31/EC .
Wesentliche Anforderungen bzw. Grundlagen für den Umgang mit dem Abfallstrom	Altfahrzeuge wird als Abfall eine besondere Aufmerksamkeit zuteil. Dies ergibt sich aus der Notwendigkeit zur gesonderten Erfassung, Behandlung und aus einer Reihe von speziellen Entsorgungsanforderungen verankert in verschiedenen Regularien. Altfahrzeuge werden dabei als ein Hauptabfallstrom betrachtet und es sind Festlegungen getroffen, wonach die Deponierung von Altfahrzeugen untersagt sowie die von Reifenshredder für die Zukunft ausgeschlossen wird. Zur wirksamen Reduzierung dieses Abfallstromes tragen Recyclingvorgaben unterstützt durch die Benennung von Optionen für ihre Verwertung (z.B. Weiterverwendung als Sicherheitsbarrieren) bei.
Geeignete bzw. empfohlene Erfassungswege und -strategien	<p>Die Erfassung der Altfahrzeuge erfolgt am effektivsten an den sogenannten Anfallstellen. Die meisten Altfahrzeuge fallen bei Reifen- und Autohändlern, Kraftfahrzeugwerkstätten, Abschleppdiensten, Tankstellen, Unternehmen mit einem großen Fuhrpark (z.B. öffentliche Verkehrsbetriebe) oder bei Reifenlieferanten an. Die Rücknahme kann dort durch ein Rücknahmesystem auf freiwilliger Basis bzw. auf Grundlage von Regelungen zur Produzentenverantwortung erfolgen. Um möglichst viele Altfahrzeuge zu erfassen bedarf es außerdem spezieller Erfassungswege für sperrige Gegenstände aus Haushaltungen und öffentlicher Annahmestellen oder Recyclingstationen.</p> <p>Die Altfahrzeuge sind dann von Altfahrzeugentsorgern zu übernehmen und als erstes zu sortieren. Dabei gilt es drei Gruppen von Altfahrzeugen zu beachten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Profilverfahren Reifen in gebrauchsfähigen Zustand, die keine wesentlichen Beschädigungen aufweisen und noch eine ausreichende Mindestprofiltiefe (in EU wenigstens 1,6 mm) haben. Sie können wieder im Straßenverkehr eingesetzt werden. - Karkassen Reifen die nicht älter als 6 Jahre sind und deren Karkasse und insbesondere deren Seitenwände unbeschädigt sind und sich somit für eine Runderneuerung eignen. - Schrottreifen Altfahrzeuge, die sich weder für eine Wiederverwertung noch für eine Erneuerung eignen.
Geeignete bzw. empfohlene Verwertungswege und -strategien	<p><u>Wieder- und Weiterverwendung</u></p> <p>Wiederverwendet werden nur Profilverfahren. Hierfür besteht überdies eine hohe Nachfrage aus Ländern mit niedrigeren Einsatzanforderungen und -vorgaben. Die Möglichkeiten der Weiterverwendung sind sehr vielfältig.</p> <ul style="list-style-type: none"> • in der Landwirtschaft: als Beschwerung von Mietenabdeckungen • in Hafenanlagen: als Aufprallschutz • im Landschaftsbau: als Erosionsschutz für Erdwälle und Abhänge • im Küstenschutz: als Wellenbrecher • in der Fischindustrie: als künstlicher Riff für Fischzucht <p>Bei allen diesen Möglichkeiten, werden die lange Lebensdauer und die gute Elastizität der Reifen ausgenutzt.</p> <p><u>Runderneuerung</u></p> <p>Runderneuert werden können Reifen mit unbeschädigten Karkassen. Diesem Prozess können generell alle Reifen unterzogen werden. Kfz-Reifen</p>

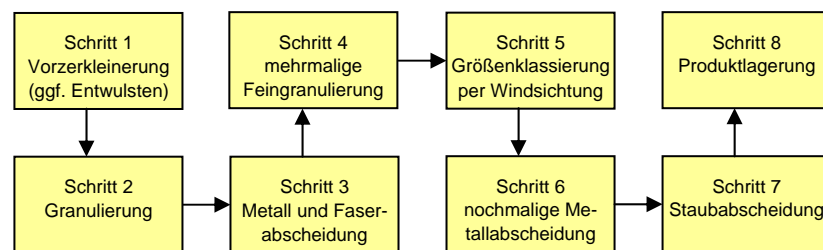
	<p>sollten aus Sicherheitsgründen nur einmal erneuert werden, bei Lkw-Reifen ist dies bis zu drei Mal möglich. Mit Hilfe spezieller Mess- und Prüfverfahren wird sichergestellt, dass die Runderneuerung nur mit vollkommen intakten Reifen erfolgt. Bei einwandfreien Karkassen wird die Lauffläche abgeschält und eine neue Lauffläche aufgebracht. Hierfür gibt es zwei Verfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Heißrunderneuerungsverfahren - Kaltrunderneuerungsverfahren <p>Bei der Runderneuerung werden für Pkw-Reifen etwas zwei bis drei Kilogramm und bei Lkw-Reifen 16 bis 20 Kilogramm neue Gummimasse benötigt. Der Energiebedarf liegt etwa bei 30 Prozent desjenigen zur Reifenneuproduktion.</p> <p><u>Thermische Verwertung</u></p> <p>Altreifen haben einen Heizwert (H_u) von 26 bis 32 MJ pro Tonne. Damit eignen sie sich sehr gut als Ersatzbrennstoff. Sie können in Zementwerken, Papiermühlen und Kraftwerken eingesetzt werden (↗ Siehe auch Datenblatt "Industrielle Mitverbrennung", Datenblattindex WT/I-01 ICC). Sowohl in Europa, als auch in vielen außereuropäischen Ländern ist die thermische Verwertung derzeit eine der wichtigsten Entsorgungsmethoden für Altreifen.</p> <p>Grundsätzlich ist es möglich, Altreifen in Zementwerken für alle drei Feuerungsstufen (Calcinator-, Sekundär- und Primärfeuerung) einzusetzen. In großem Umfang werden Altreifen jedoch nur bei der Sekundärfeuerung verwendet. Hier können sie unzerkleinert eingesetzt werden und geben zusätzlich zum Energiewert auch einen Rohstoff ab. Damit erfolgt bei dieser Anwendungsmethode sowohl eine thermische als auch eine stoffliche Verwertung. Der Stahl in den Reifen ergänzt der Eisengehalt des Rohmaterials und Zink und Schwefel oxidieren und werden im Zement gebunden. Eine Zugabe von Altreifen bei Kohlenheizkraftwerken ist auch möglich, wegen der nötigen Vorzerkleinerung ist dies aber ein kostenaufwendiger und damit häufig unrentabler Vorgang.</p> <p>Eine weitere Möglichkeit der thermischen Verwertung stellt die Pyrolyse dar. Das Gas kann als Energieträger genutzt werden und dazu meistens gleich in der Pyrolyseanlage verbrannt. Das Pyrolyseöl kann als Rohstoff für verschiedene Produkte oder auch als Energieträger oder Kraftstoff genutzt werden. Der Stahlschrott wird der Stahlproduktion zugeführt.</p> <p>Hydrierung und Vergasung sind ebenfalls mögliche Alternativen, derzeit allerdings noch unrentabel.</p> <p><u>Deponierung</u></p> <p>Die Deponierung von Altreifen ist keine geeignete Möglichkeit. Neben Deponierungsverboten in zahlreichen Ländern, darunter der EU, besteht ein hohes Risiko zur Umweltverschmutzung durch den Ausbruch von Feuer.</p>
Verfügbare Recyclingmöglichkeiten und -verfahren	<p>Ökologisch interessant sind die Möglichkeiten zur stofflichen Verwertung. Neben der hier schon erläuterten Runderneuerung ist die Verwertung von Gummigranulaten und Gummimehl möglich. Die notwendigen Prozessschritte sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Granulierung</i> <p>Als erstes werden die Reifen vor der Zerkleinerung entwulstet. Dies ist besonders bei Lkw-Reifen wichtig, weil diese dicke Stahlwulste haben (bis</p>

zu 25 mm), welche bei nachfolgenden Geräten zu hohem Verschleiß führen würden. Die hierzu speziell entwickelte "Debeader"-Technik zieht hydraulisch gleichzeitig beide Wulste heraus und entfernt die Seitenflächen. Anschließend werden die entwulsteten Reifenteile auf eine Korngröße von ca. 50 mm vorzerkleinert. Dafür werden fast ausschließlich langsamlaufende Zweiwellen-Shredder eingesetzt. Um die gewünschte Korngröße zu erreichen, werden die Reifenschnipsel gesiebt und das Überkorn zurückgeführt. Hierfür werden Trommel-, Scheiben- oder Rüttelsiebe eingesetzt. Für die anschließende Vermahlung gibt es zwei Verfahren.

- Warmvermahlung

Dieses Verfahren wird als warmes oder ambientes Verfahren bezeichnet, weil das Material bei Umgebungstemperatur zerkleinert wird. Die Mühlen werden nur gekühlt, um die Reibungstemperatur abzuleiten. Mit diesem Verfahren können Korngrößen bis zu 800 Mikrometer erreicht werden.

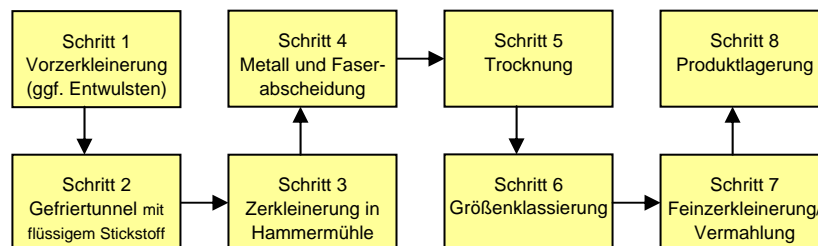
Abb.1: Beispiel einer Prozessanordnung zur Warmvermahlung von Altreifen



- Kaltvermahlung

Bei der Kaltvermahlung werden die vorzerkleinerten Reifenschnipsel mittels flüssigen Stickstoffs auf ca. minus 100°C gekühlt. Die gemahlene Partikel haben eine glatte Oberfläche, so dass in Mischungen eine schwächere mechanische Bindung als bei der Warmvermahlung zu erreichen ist. Außerdem können deutlich geringere Partikelgrößen erreicht werden, was das Einsatzspektrum der Gummigranulate/-mehle deutlich erhöht.

Abb.2: Beispiel einer Prozessanordnung zur Kaltvermahlung von Altreifen



Bei beiden Verfahren werden Mühlen eingesetzt, bei denen sich um Sonderkonstruktionen handelt, die speziell für Gummigranulat entwickelt wurden.

Die so gewonnenen Granulate und Mehle können unter anderem bei der Produktion von Neureifen eingesetzt werden. Aus sicherheitstechnischen Gründen gibt es Einschränkungen bei der Einsatzmenge (in Deutschland maximal 1,5 Gew.-%). Größere Mengen können in Produkten verwendet werden, an die keine besonderen physikalischen und chemischen Anforderungen bestehen (Fußbodenbeläge, Teppichrücken, Sportplatzböden, Fahrbahnschwellen).

- Entvulkanisierung/Depolymerisation

	<p>Als weiterer Schritt nach der Vermahlung können die Gummipartikel entvulkanisiert werden. Die bevorzugte Methode ist die mechanische Entvulkanisierung. Bei diesem Verfahren wird der Altgummi intensiv mechanisch bearbeitet, mit dem Ziel, in erster Linie die Schwefelverbindungen zu durchtrennen.</p> <p>Ein neuartiges <u>Depolymerisationsverfahren</u> ist das FORMEX-Verfahren. Bedingt durch die Prozessführung wird die Generierung von Schadstoffen weitestgehend vermieden. Der entstehende FORMEX-Ruß (FORMEX CARBON BLACK®) kann in der Gummiproduktion wieder eingesetzt werden. Bei diesem Verfahren werden die Altreifen in einem Schredder vorzerkleinert. Über ein Schleusensystem wird das Schreddergut dem Reaktor zudosiert. Durch eine spezielle Prozessgestaltung und Anlagenkonfiguration ist der Ausschluss von Luftsauerstoff im Reaktionsraum gesichert. Die Depolymerisation läuft in einem flüssigen Zinnbad bei einer Temperatur unterhalb 500°C ab. Durch die niedrige Temperatur können konstante Verweilzeiten des Feststoffes in der Reaktionszone gesichert werden. Dabei entstehen Gase, die in Gasspeichern und Öle, die in Tanks gesammelt werden. Die festen Produkte werden in der Feststoffaufbereitung weiterverarbeitet. Die Stahlcordanteile werden in einem Magnetabscheider abgetrennt. In einem Taumelsieb werden die Textilbestandteile abgesiebt. Das Ruß-Feststoff-gemisch wird in einer Strahlmühle auf eine Korngröße kleiner 40 µm zerkleinert. Bei diesem Verfahren sind 99 % der Recyclingprodukte wiederverwendbar.</p> <p>- <i>Anwendung des Granulats</i></p> <p>Gummigranulat kann neben der Wiederverwendung in der Reifenproduktion auch im Garten-, Landschafts- und Straßenbau eingesetzt werden. Gummiasphalt zeichnet sich durch eine höhere Griffigkeit, Haltbarkeit und Lärmabsorbierung aus. Hierbei wird Gummigranulat normalen Asphaltmischungen in bestimmter Menge beigemischt.</p> <p>Um der Bodenverdichtung entgegen zu wirken, kann Gummigranulat auch Bodensubstraten (mit einem Anteil von ca. 10–15 %) beigemischt werden. Diese Methode wird inzwischen bei Fußball- und Golfplätzen sowie öffentlichen Parks angewendet. Hierbei besteht auch keinerlei Gefahr durch Emissionen aus dem Gummigranulat.</p> <p>Des Weiteren kann das Granulat auch sehr gut als Ölbindemittel verwendet werden. Es ist sowohl im Straßenverkehr als auch auf Gewässern einsetzbar. Die Vorteile liegen in der Schwimffähigkeit, einer ausschließlichen Bindung von Öl und nicht von Wasser und der einfach durchzuführenden Verbrennung des gebrauchten Granulats.</p>
<p>Referenzen und Dienstleister bzw. Hersteller</p> <p><i>(wichtiger Hinweis: die Aufzählung von Firmen in dieser Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)</i></p>	<p>In Deutschland werden mehrere Anlagen zur Aufbereitung und zum Recycling von Altreifen betrieben, Anwendungen der oben bezeichneten Art und von Gummigranulaten in diversen Herstellungsprozessen sind verbreitet.</p> <p><i>Referenzanlagen sind u.a.:</i></p> <p>Mülsener Recycling- und Handelsgesellschaft mbH, Mülsen http://www.altreifen-recycling.de</p> <p>Genan GmbH, Oranienburg www.genan.dk</p> <p>Mehrere Hersteller- und Anbieterfirmen der benötigten Technik und Ausrüstungen sind im Markt aktiv. Dazu gehören u.a.:</p> <p><i>Zerkleinerungstechnik:</i> HERBOLD, Meckesheim http://www.herbold.com</p>

	<p>EuRec Technology GmbH, Merkers http://www.eurec-technology.com</p> <p><i>FORMEX-Verfahren:</i></p> <p>Berliner-Oberspree Sondermaschinenbau BOS GmbH, Berlin www.bos-berlin.de</p>
--	--