

# Entsorgung von Altreifen in Baden-Württemberg

## Situationsbericht 03/2002



Herausgegeben von der  
Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg  
1. Auflage

Karlsruhe 2002

**IMPRESSUM**

<b>Herausgeber</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe · Postfach 21 07 52, <a href="http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de">http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>ISSN</b>	1616-458X (Bd. 19, 2002)
<b>Bearbeitung</b>	Dipl.-Ing. Ursula Mielicke, Dipl.-Ing. Dieter Schlag Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Abteilung 3 – Industrie und Gewerbe, Kreislaufwirtschaft
<b>Umschlaglayout</b>	Stephan May · Grafik-Design, 76227 Karlsruhe
<b>Titelbild</b>	Jutta Ruloff · Dipl.-Designerin, 76275 Ettlingen
<b>Druck</b>	Bürker, 76227 Karlsruhe
<b>Umwelthinweis</b>	gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier
<b>Bezug über</b>	Verlagsauslieferung der LfU bei JVA Mannheim - Druckerei, Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim Telefax 0621/398-370
<b>Preis</b>	10,- €

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

## Zusammenfassung

Als Altreifen werden im Folgenden Kraftfahrzeugreifen bezeichnet, deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigen muss. Sie unterliegen seit 01.01.1999 der Bestimmungsverordnung überwachungsbedürftiger Abfälle und werden in der Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis unter der Schlüsselnummer 16 01 03 geführt.

Das Altreifenaufkommen für Baden-Württemberg wird auf etwa 65.000 bis 70.000 Tonnen pro Jahr geschätzt (Stand: 2001), bundesweit fallen etwa 587.000 Tonnen Altreifen pro Jahr an.

Das Erfassen der Altreifen erfolgt üblicherweise an so genannten Anfallstellen. Dies sind in erster Linie Reifenhändler, die Altreifen über ein freiwilliges Rücknahmesystem von den ursprünglichen Besitzern gegen Entgelt übernehmen. Weitere Anfallstellen sind Betriebe, die auch gleichzeitig Abfallerzeuger sind, wie beispielsweise Altfahrzeugverwerter. Die Anzahl der Anfallstellen wurde für das Jahr 1998 bundesweit auf 60.000 geschätzt, neuere Schätzungen und Angaben für Baden-Württemberg sind nicht bekannt.

Die Abholung der Altreifen von den Anfallstellen erfolgt von Altreifenentsorgern, die in der Regel als Entsorgungsfachbetriebe anerkannt sind. In Baden-Württemberg ansässige Entsorger schätzen den Anteil der von ihnen gesammelten Altreifen auf etwa 85 Prozent des Landesaufkommens. Zur Anzahl der Betriebe oder deren Struktur können keine Angaben gemacht werden.

Im Regelfall werden die Reifen auf dem Gelände des Altreifenentsorgers wie folgt sortiert:

- Profilreifen (noch gebrauchsfähige Altreifen),
- Karkassen (unbeschädigte Grundkörper, die für eine Runderneuerung geeignet sind),
- Schrottreifen (zur sonstigen Entsorgung oder in geringem Maße zur Weiterverwendung).

Die Profilreifen und Karkassen machen zusammen etwa 30 Gewichtsprozent und Schrottreifen etwa 70 Gewichtsprozent des Altreifenaufkommens aus.

Die Profilreifen werden von den Entsorgern teils direkt, teils über andere Unternehmen auf dem nationalen und internationalen Markt verkauft. Dabei treten insbesondere osteuropäische und afrikanische Länder als Abnehmer auf. Die Karkassen werden an Runderneuerungsbetriebe verkauft. Schrottreifen sind kostenpflichtig zu entsorgen. Hierfür stehen in erster Linie die energetische und stoffliche Verwertung in der Zementindustrie und die werkstoffliche Verwertung (als Granulat und Mahlgut) in Neuprodukten zur Verfügung. Die Deponierung von Altreifen spielt eine untergeordnete Rolle. Ab dem Jahr 2005 dürfen keine Altreifen mehr in Deponien eingebaut werden.

Ziel der Runderneuerung ist es, den unbeschädigten gebrauchten Grundkörper (Karkasse) wieder zu verwenden und lediglich den verbrauchten Laufstreifen zu ersetzen. Allerdings wurde in Deutschland die Produktion von runderneuertem Pkw-Sommerreifen aufgrund der starken Konkurrenz durch billige Importe von Neureifen und der geringen Akzeptanz der Verbraucher vollständig aufgegeben oder ins Ausland verlagert. Die Produktion von runderneuertem Pkw-Winterreifen wurde stark reduziert. Dagegen ist die Runderneuerung von Lkw-Reifen sehr verbreitet. In Baden-Württemberg gibt es derzeit noch acht Runderneuerungsbetriebe. Sie produzieren jährlich insgesamt über 9.200 Tonnen runderneuerte Reifen. Die aktuellen Zahlen auf Bundesebene sind nicht bekannt.

Für andere werkstoffliche Verwertungswege als die Runderneuerung müssen aus den Altreifen Granulate oder Mehle erzeugt werden. Die Kapazität der Herstellungsanlagen für Granulate und Mehle belief sich im Jahr 2000 bundesweit auf etwa 90.000 Tonnen. Das mit einer Jahreskapazität von 60.000 Tonnen derzeit größte Granulierwerk ging im Jahr 2001 in Miltzow, Mecklenburg-Vorpommern in Betrieb. Ein weiteres großes Granulierwerk mit einer Jahreskapazität von 55.000 Tonnen befindet sich gerade in Oranienburg, Brandenburg in Bau. Mittelfristig sind in den neuen Bundesländern für die großen Verwertungsanlagen ausreichende Altreifenmengen vorhanden (frühere Rohstofflager,

wilde Ablagerungen). Langfristig wird sich aber auch hier, wie in den alten Bundesländern, der Einzugsbereich wesentlich erweitern müssen, um die erforderlichen Altreifenmengen akquirieren zu können. In Baden-Württemberg befindet sich kein Granulierbetrieb.

Für eine hochwertige werkstoffliche Verwertung in Frischgummimischungen von Neureifen sind diese Granulate nur begrenzt geeignet. Dies liegt an der Tatsache, dass es sich bei Gummimischungen von Reifen um vulkanisiertes Material handelt, das nicht erneut vulkanisiert werden kann. In der Regel lassen sich daher aus Altreifen hergestellte Granulate und Mehle nur für die Herstellung weniger hochwertiger Gummiprodukte, an die keine besonderen physikalischen und chemischen Anforderungen gestellt werden, in größeren Mengen verwenden (Fußbodenbeläge, Teppichrücken, Poller, Fahrbahnschwellen, Sportplatzböden).

Nahezu die gesamten Schrottreifen aus Entsorgungsbetrieben in Baden-Württemberg werden unzerkleinert in der Sekundärfeuerung der Zementklinkerproduktion energetisch und stofflich verwertet. Dabei setzt die stoffliche Verwertung der energetischen Verwertung aus produktionstechnischen Gründen Grenzen. In Baden-Württemberg wurden im Jahr 2001 etwa 46.000 Tonnen Altreifen in Zementwerken verwertet. Bundesweit gehen die Schätzungen bis zu 270.000 Tonnen pro Jahr.

Andere Möglichkeiten der energetischen Nutzung werden derzeit nicht in die Praxis umgesetzt. Eine Steigerung des Altreifeneinsatzes in Zementwerken wäre zwar technisch durch eine Zugabe in der Primär- und/oder der Calcinatorfeuerung möglich, was jedoch stahlfreie, flugfähige Gummipartikel voraus setzen würde. Eine Aufbereitung der Altreifen zur Erfüllung dieser Anforderungen ist derzeit wirtschaftlich uninteressant. Die Verbrennung unzerkleinerter Altreifen als Zusatzbrennstoff in bestehenden Kohle- oder Müllheizkraftwerken bereitet häufig technische Probleme. Bei vorangestellter Zerkleinerung der Altreifen ist dieser Verwertungsweg derzeit wirtschaftlich uninteressant. Einem Bau spezieller Heizkraftwerke stehen häufig Befürchtungen hinsichtlich der Emissionen sowie der Sicherung des kontinuierlichen Bedarfs großer Altreifenmengen entgegen.

Verwertungskonzepte für eine rohstoffliche Verwertung von Altreifen haben bisher in der Praxis keine Bedeutung. Versuche, aus Altreifen mittels Pyrolyse hochwertigen Ruß für die Neureifenproduktion zu erzeugen, scheiterten an den sehr hohen Anforderungen, die an den Ruß gestellt werden müssen. Derzeit ist eine Pyrolyseanlage in Bau, deren Rußerzeugnis als Aktivkohle zur Abluft- und Abwasserreinigung genutzt werden soll. Die Hydrierung (Erzeugung von synthetischem Rohöl) und Hochtemperaturvergasung von Altreifen (Synthesegasgewinnung) sind zwar technisch machbar, jedoch unter anderem wegen der erforderlichen Feinzerkleinerung der Altreifen sehr teuer und damit derzeit nicht wirtschaftlich.

Die Altreifenwieder- und Weiterverwendung sowie die Entsorgung werden seitens der Anfallstellen, der Transport- und der Entsorgungsunternehmen mit Hilfe einer eigenen Logistik bewältigt. Die Behörden haben dabei die Aufgabe, die an dem Entsorgungsgeschehen beteiligten Betriebe zu genehmigen und deren Handeln im Sinne des Gesetzgebers zu überwachen. Eine ständige, umfassende Überwachung findet in der Regel nicht statt. Dass Behörden in Zusammenhang mit „wildem“ Ablagerungen von Altreifen aktiv werden mussten, konnte in Baden-Württemberg aktuell nicht festgestellt werden.

Als Problem der ordnungsgemäßen Altreifenentsorgung stellt sich die Schnittstelle zwischen Anfallstelle und Entsorger heraus. Unseriöse Unternehmen versuchen oftmals von den Anfallstellen mit Hilfe kostengünstiger Angebote Reifenkontingente zu erhalten, um aus den noch brauchbaren verkaufsfähigen Reifen Profit zu schlagen. Die nicht brauchbaren Altreifen finden sich dann häufig als wilde Ablagerungen im In- und Ausland wieder. Diese Praxis bewerten seriöse Entsorger als unbefriedigend. Sie erachten daher eine bessere Überwachung der Anfallstellen als zwingend notwendig.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Reifenaufbau, -inhaltsstoffe, Reifenproduktion und –verkauf, Altreifenaufkommen</b>	<b>7</b>
1.1	Reifenaufbau	7
1.2	Reifeninhaltsstoffe	7
1.3	Reifenproduktion und –verkauf in Deutschland	8
1.4	Altreifenaufkommen	11
<b>2</b>	<b>Ablauf der Wieder-, Weiterverwendung und Entsorgung</b>	<b>13</b>
2.1	Erfassen	13
2.2	Sammeln, Sortieren, Vorzerkleinern (Shreddern)	15
2.3	Wieder- und Weiterverwendung	17
2.4	Werkstoffliche Verwertung	17
	2.4.1 Runderneuerung	17
	2.4.2 Granulate und Mehle	19
2.5	Rohstoffliche Verwertung	21
2.6	Energetische Verwertung	23
	2.6.1 Energetische Verwertung in der Zementindustrie	23
	2.6.2 Sonstige energetische Verwertung	26
2.7	Beseitigung	26
<b>3</b>	<b>Statistische Übersicht der Wieder-, Weiterverwendung und Entsorgung</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>Bewertung der Entsorgungssituation</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>34</b>
5.1	Verzeichnis der Abkürzungen	34
5.2	Quellenverzeichnis	35



# 1. Reifenaufbau, -inhaltsstoffe, Reifenproduktion und –verkauf, Altreifenaufkommen

## 1.1 Reifenaufbau

Reifen setzen sich aus einem Grundkörper (Karkasse) und dem Laufstreifen (4), der auf die Karkasse aufgebracht wird, zusammen. Die

Karkasse gibt dem Reifen die notwendige Festigkeit. Sie besteht in der Regel aus gummiemantelten Texturseilen (1) – heute vorwiegend aus Kunstfasern wie Rayon oder Nylon –, dem Gürtel (2) und dem Wulst. (3).

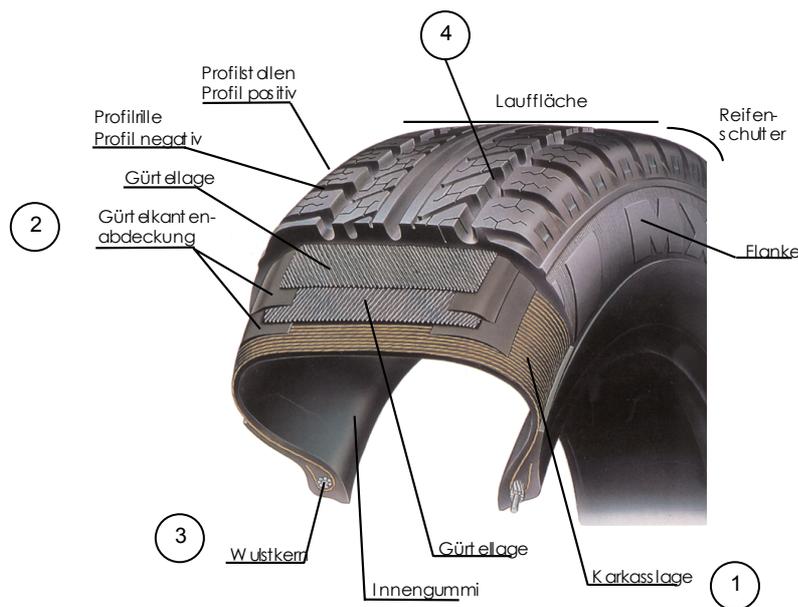


Abbildung 1.1.1: Aufbau eines Kraftfahrzeugreifens [Michelin, 2002]

Bezüglich des Karkassenaufbaus wird zwischen Diagonal- und Radialreifen unterschieden. Die Bezeichnung „Radialreifen“ beruht auf den mehreren radial angeordneten Karkasslagen im Gegensatz zu den diagonal überkreuzten Karkasslagen des „Diagonalreifens“. Bis auf wenige Altbestände an Diagonalreifen sind heute nur noch Radialreifen im Einsatz, da diese weitaus höhere Laufeistungen und bessere Fahreigenschaften aufweisen.

Schlauchlose Reifen müssen luftdicht sein. Entsprechend ist das Innengummi dieser Reifen mit einer luftdichten Schicht ausgestattet. Der Wulst ist für den festen Sitz des Reifens auf der Felge und die Dichtigkeit an dieser Stelle verantwortlich. Er enthält den Wulstkern aus Drähten. Stahlgürtellagen stabilisieren die Lauffläche. Zum Schutz der Drahtenden dieser Lagen wie auch zum Schutz der darunter- und darüber liegenden Schichten werden die Gürtelkanten mit Gummistreifen abgedeckt. Lauffläche und Rei-

fenschulter bestehen in der Regel aus demselben abriebfesten Material und weisen das für die jeweilige Anwendung spezifische Profildesign an Gummiblöcken, Kanälen und Lamellen auf.

Die Zusammensetzung der Flanke als Teil zwischen Schulter und Wulst ermöglicht die flexible Aufnahme der Federung des Reifens und dient als Fläche für die Reifenbezeichnung. Der alphanumerische Code enthält neben der Marke und dem Produktnamen Informationen über die Nennbreite des Reifens, das Höhen-Breitenverhältnis, die Bauart (z.B. R für Radialreifen), den Tragfähigkeitsindex, das Geschwindigkeitssymbol (Speed Index) wie auch Informationen über die erfüllten Normen.

## 1.2 Reifeninhaltsstoffe

Jeder Teil des Reifens erfüllt spezielle Aufgaben. Entsprechend unterschiedlich und auf die Beanspruchung exakt eingestellt sind die jewei-

ligen Gummimischungen und deren Bestandteile sowie die Kombinationen mit anderen Werkstoffen, um die hohen Ansprüche des Lastenheftes (vom Kraftfahrtbundesamt getestete Kriterien für die Zulassung eines Reifens) in Deutschland erfüllen zu können.

Somit sind der Tabelle 1.2.1 nur grobe Durchschnittswerte der Gewichtsanteile einzelner Be-

standteilsgruppen zu entnehmen, die wiederum sehr unterschiedliche Einzelbestandteile zusammenfassen. Hinter dem einfachen Begriff Ruß verbergen sich beispielsweise sechs bis sieben verschiedene Spezifikationen (zum Beispiel verschiedene spezifische Oberflächen und Oberflächenstrukturen), je nachdem, für welche Gummimischung er benötigt wird.

Reifeninhaltsstoffe	Personenkraftwagen (Pkw) in Gew. %*	Leicht-Lastkraftwagen (LLkw) in Gew. %*	Lastkraftwagen (Lkw) in Gew. %*	Gesamtdurchschnitt in Gew. %*
Kautschuk				
Naturkautschuk	21	19	31	24
Synthesekautschuk	24	23	14	21
Ruß, aktive Füllstoffe	28	26	21	26
Stahldrähte	12	18	24	16
Textilgewebe				
Reyon	3	3	-	2
Nylon	1	1	1	1
Öle, weitere Zuschlagsstoffe	11	10	9	10

\* Gew. % = Gewichtsprozent

**Tabelle 1.2.1:** Zusammensetzung der Kraftfahrzeugreifen [ifeu, 1999]

Auch kann die Verteilung der Bestandteile im Reifen unterschiedlich sein. In Personenkraftwagen (Pkw) bestimmt beispielsweise der Wulstkern die im Reifen enthaltene Metallmasse. Die Masse der Drähte in den Gürtellagen spielt eine untergeordnete Rolle. Reifen der Lastkraftwagen (Lkw) enthalten, abgesehen von der Stahlgürtellage auch in der Karkasslage Metalldrähte. Hier ist die Masse des Wulstkerns mit dem sonstigen Metallgehalt des Reifens vergleichbar.

Insgesamt bestehen Reifen zu 70 bis 85 Prozent ihrer Masse aus Kohlenstoff und Kohlenwasserstoffen [ifeu, 1999] und sind somit ein sehr guter Brennstoff mit einem Brennwert zwischen 26 und 31 Gigajoule pro Tonne [Hirsch, 1998].

### 1.3 Reifenproduktion und -verkauf in Deutschland

Laut Berechnungen des Wirtschaftsverbandes der deutschen Kautschukindustrie (wdk), basierend auf Angaben des Statistischen Bundesamtes, wurden im Jahr 2000 knapp 72 Millionen Pkw- und etwa acht Millionen Lkw- und LLkw-Reifen am Markt angeboten (Inlandsverfügbarkeit). Reifen für Erdmaschinen und ähnlichem sowie Motorräder sind hierin nicht enthalten. (Tabellen 1.3.1 und 1.3.2)

Die Inlandsverfügbarkeit von Pkw-Reifen nahm zwischen 1996 und 2000 um knapp 40 Prozent und die der Lkw/LLkw-Reifen um 34 Prozent zu.

Jahr	1996	1997	1998	1999	2000
<b>Pkw-Reifen in 1.000 Stück</b>					
Herstellung	41.897	46.479	49.607	50.458	52.786
- Ausfuhr	25.390	29.542	30.392	32.225	35.960
+ Einfuhr	34.904	40.842	42.744	46.898	54.574
= Inlandsverfügbarkeit	51.411	57.779	61.959	65.131	71.580

**Tabelle 1.3.1:** Inlandsverfügbarkeit von Pkw-Reifen [wdk, 2001]

Jahr	1996	1997	1998	1999	2000
<b>Lkw/LLkw-Reifen in 1.000 Stück</b>					
Herstellung	6.806	7.127	8.138	9.062	10.186
- Ausfuhr	4.838	5.162	5.892	6.853	7.264
+ Einfuhr	4.075	4.639	4.853	4.936	5.160
= Inlandsverfügbarkeit	6.043	6.604	7.099	7.145	8.082

**Tabelle 1.3.2:** Inlandsverfügbarkeit von Lkw/LLkw-Reifen [wdk, 2001]

Verkauft werden die Reifen an Kraftfahrzeughersteller (Erstausrüster) und über den Reifenhandel (Reifenersatzgeschäft). Seitens des Statistischen Bundesamtes stehen hierfür jedoch keine Zahlen zur Verfügung.

Einen Hinweis für die Bedeutung der Märkte und ihrer Entwicklung geben die Stückzahlen der im Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie (wdk) organisierten Betriebe. Im Jahr 2000 verkauften diese Betriebe insgesamt

70,9 Millionen Pkw- und 9,7 Millionen Lkw/LLkw-Reifen. Exportiert wurden hiervon 21,1 Millionen Pkw-Reifen (etwa 25 Prozent mehr als 1999) und 3,8 Millionen Lkw/LLkw-Reifen (annähernd sieben Prozent mehr als 1999).

Der Absatz in Deutschland betrug 49,8 Millionen Pkw-Reifen (gegenüber 1999 ein Plus von zwei Prozent) und 5,9 Millionen Lkw/LLkw-Reifen (gegenüber 1999 ein Plus von vier Prozent) (Tabelle 1.3.3).

Verkauf der wdk-Betriebe an	Pkw-Reifen in Millionen Stück	Lkw/LLkw/sonstige* Reifen in Millionen Stück
Erstausrüster	20,8	2,67
Reifenhandel	29,0	3,23
Summe	49,8	5,90

\* sonstige Reifen = Reifen für Erdbewegungsmaschinen und ähnliche

**Tabelle 1.3.3:** Inlandsverkauf an Kraftfahrzeugreifen der im wdk organisierten Betriebe, Bezugsjahr 2000 [wdk, 2001]

Insgesamt erzielten die durch den wdk vertretenen Reifenhersteller im Jahr 2000 am deutschen Markt einen Gesamtumsatz von 5,9 Milliarden DM (3,02 Milliarden Euro). Davon entfielen 37 Prozent auf den Verkauf an Erstausrüster und 63 Prozent auf den Verkauf an den Reifenhandel.

Im Pkw- und Lkw-Bereich sind innerhalb der wdk-Betriebe folgende Trends zu verzeichnen:

- Pkw-Reifen:
  - Im Erstausrüstermarkt für Pkws hat sich der Trend zu Hochgeschwindigkeitsreifen fortgesetzt. Pkw-Sommerreifen, die für Geschwindigkeiten von 210 km/h und höher zugelassen sind, machten im Jahr 2000 einen Anteil von 54,5 Prozent aus, gegenüber 48 Prozent im Jahre 1999.
  - Im Reifenersatzgeschäft dominieren Fahrzeuge mit niedrigeren Höchstgeschwindigkeiten. Dennoch ist auch hier der Anteil der Hochgeschwindigkeitsreifen im Jahr 2000 auf 30,3 Prozent gestiegen, gegenüber 27,8 Prozent im Jahr 1999.
  - Der Markt grobstolliger Reifen für Geländewagen (Off-Road-Segment) weitet sich aus. Im Jahr 2000 konnten hier mit 490.000 Stück 26,7 Prozent mehr als im Jahr 1999 verkauft werden.

- Lkw-Reifen:
  - Erstausrüster erhielten im Jahr 2000 etwa 2,67 Millionen Lkw-Reifen. Dabei ging der Absatz der kleinen Lkw-Reifen bis 17,5 Zoll gegenüber dem Vorjahr um 3,4 Prozent auf 1,3 Millionen Stück zurück, der Absatz der größeren Lkw-Reifen stieg dagegen um 11,2 Prozent auf 1,37 Millionen Stück.
  - Der Absatz im Reifenersatzgeschäft betrug 1,6 Millionen Stück, 3,5 Prozent mehr als 1999.

Auf dem deutschen Markt stehen darüber hinaus die Produkte der nicht durch den wdk vertretenen Firmen, abzüglich der betriebsinternen Exporte und ergänzt um die Importe, zum Verkauf bereit. Insgesamt werden 27 Millionen Pkw-Reifen an Erstausrüster und 39 Millionen Pkw-Reifen an den Reifenhandel verkauft [wdk, 2001a]. Für den Lkw-Bereich liegen keine Zahlen vor.

Hinsichtlich des Altreifenanfalls ist in erster Linie das Reifenersatzgeschäft von Bedeutung, da in der Regel der ersetzte Reifen als Altreifen anfällt. Hier sind zusätzlich die Eigenimporte des Handels sowie der Verkauf von runderneuten Reifen (gebrauchte Karkassen mit neuen Laufstreifen; siehe Kapitel 2.4.1) zu berücksichtigen. Insgesamt wurden nach den Zahlenangaben des Bundesverbandes Reifenhandel und Vulkaniseur-Handwerk (BRV) im Jahr 2000 etwa 47 Millionen Reifen in diesem Marktsegment (ohne Erstausrüster) verkauft, davon knapp acht Prozent runderneute Reifen (Tabelle 1.3.4).

Nutzung	verkaufte Reifen	davon runderneute Reifen	Anteil der runderneuten Reifen
	in 1000 Stück	in 1000 Stück	in Prozent
Pkw	43.247	2.347	5,4
LLkw	2.294	104	4,5
Lkw	1.354	1.144	43,1
Erdbewegungsmaschinen	37	11	30,1
Gesamt	46.932	3.606	7,7

**Tabelle 1.3.4:** Reifenersatzgeschäft einschließlich Eigenimporte des Handels, Bezugsjahr 2000 [BRV, 2001]

Runderneuerte Reifen spielen im Pkw-Bereich, aufgrund der geringen Akzeptanz beim Verbraucher und der Konkurrenz billiger Importreifen im gleichen Preissegment, eine untergeordnete Rolle. Innerhalb Deutschlands werden nur noch Winterreifen runderneuert. Die größte Akzeptanz erfahren runderneuerte Reifen bei Fahrern von Kleinwagen. Aus sicherheitstechnischen Gründen kann das Marktsegment „Hochgeschwindigkeitsreifen“ nur in eingeschränktem Maße durch runderneuerte Reifen bedient werden. Das mögliche Potential am Reifenersatzgeschäft wird auf 20 bis 25 Prozent geschätzt [ifeu, 1999; ISI, 1999], der tatsächliche Anteil beträgt derzeit jedoch nur etwa fünf Prozent.

Im Lkw- Bereich sind teilweise auch Mehrfachrunderneuerungen üblich. In einzelnen Teilbereichen wird hier jeder zweite Reifen runderneuert [GAVS, 2001]. In Skandinavien sind etwa 60 Prozent der Lkw-Reifen runderneuert, ein Potential, das auch in Deutschland möglich erscheint [ISI, 1999]. Derzeit sind jedoch nur etwa 40 Prozent realisiert.

Die Gesellschaft für Altgummiverwertungssysteme (GAVS) schätzt für das Jahr 2000 die Gesamttonnage der als Ersatzbedarf verkauften Reifen, einschließlich der in den obigen Zahlen noch nicht berücksichtigten Gebrauchtreifen (auch „Profilreifen“ genannt; Reifen, die ohne weitere Erneuerungsmaßnahme im Straßenverkehr wieder eingesetzt werden können.) bundesweit auf etwa 551.000 Tonnen [GAVS, 2001]. Dieser Wert setzt sich zusammen aus:

- 82 Gewichtsprozent Neureifen
- 15 Gewichtsprozent runderneuerte Reifen
- 3 Gewichtsprozent Gebrauchtreifen.

## 1.4 Altreifenaufkommen

Als Altreifen werden im Folgenden die Reifen bezeichnet, deren sich der Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss.

### Europa

In den 15 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) fielen im Jahr 2000 etwa 2,5 Millionen Tonnen Altreifen an. Es wird mit einer Zuwachsrate von zwei Prozent gerechnet.

Zusätzlich könnten weitere Altreifenmengen aus folgenden Gründen zur Entsorgung anstehen [EUWID, 2001]:

- etwa 1 Million Tonnen aufgrund der EU-Deponierichtlinie (ab dem Jahr 2003)
- etwa 300.000 Tonnen aufgrund der EU-Altfahrzeugrichtlinie,
- etwa 110.000 Tonnen aufgrund der EU-Verbrennungsrichtlinie.

### Deutschland

Unter der Voraussetzung, dass die in Kapitel 1.3 genannte Gesamttonnage der in Deutschland verkauften Reifen auch als Altreifen anfällt, ergibt sich für das Jahr 2000 (unter Berücksichtigung eines Reifenabriebs von etwa zehn Prozent), ein Altreifenaufkommen von etwa 496.000 Tonnen. Zuzüglich der Importe von Gebrauchtreifen mit ca. 10.000 Tonnen und den Altreifen aus der Altautoverwertung mit etwa 81.000 Tonnen (stark abhängig von den jeweils aktuellen Exportmöglichkeiten für Altautos) ergibt sich für das Jahr 2000 ein gesamtes Altreifenaufkommen von etwa 587.000 Tonnen. Mit einem Anteil von nahezu 85 Gewichtsprozent am Gesamtaufkommen hat der Altreifenanfall aus dem Ersatzbedarf die größte Bedeutung, gefolgt von dem Aufkommen aus der Altautoverwertung mit knapp 14 Gewichtsprozent. [GAVS, 2001]

Etwa 63 Gewichtsprozent des gesamten Altreifenaufkommens von 587.000 Tonnen entfielen im Jahr 2000 auf Pkw-, sieben Gewichtsprozent auf LLkw-, 22 Gewichtsprozent auf Lkw- und vier Gewichtsprozent auf sonstige Reifen (Acker-schlepper, Motorräder, Fahrräder und so weiter). Die Differenz von etwa vier Gewichtsprozent kann nicht zugeordnet werden [wdk, 2001a; eigene Berechnungen].

Hinsichtlich der Altreifenentsorgung sind zusätzlich die Mengen zu berücksichtigen, die in der Vergangenheit wild abgelagert wurden. Für das Jahr 1999 liegen die Schätzungen hierfür bei 250.000 Tonnen [ISI, 1999]. Darüber hinaus wird, bei einem angenommenen Wachstum von jährlich fünf Prozent, von einer weiteren Steigerung des Altreifenaufkommens auf etwa 885.000 Tonnen bis zum Jahr 2005 ausgegangen [ISI, 1999].

Dieser Einschätzung entgegen wirken Entwicklungen, die die Nachfrage bzw. die Masse der Altreifen vermindert [wdk, 2001a]. Dies sind beispielsweise Entwicklungen der Reifenindustrie, die auf das Wegfallen des Ersatzreifens zielen (zum Beispiel Notlaufreifen mit denen auch ohne Reifenluftdruck noch eine größere Distanz gefahren werden kann, so dass kein Ersatzreifen mehr benötigt wird). Des Weiteren kann im Straßengüterverkehr, trotz dessen Zunahme, durch eine ausgefeiltere Logistik die Anzahl der Lehfahrten und damit auch der Reifenbedarf deutlich vermindert werden.

### **Baden-Württemberg**

Eine grobe Schätzung über den anteiligen Kraftfahrzeugbestand an demjenigen Deutschlands [KBA, 2001] lässt in Baden-Württemberg ein jährliches Aufkommen von etwa 65.000 bis 70.000 Tonnen Altreifen erwarten. Dies entspricht etwa 14 Gewichtsprozent des bundesweiten Aufkommens.

Analog der Schätzungen des bundesweiten Altreifenaufkommens wäre in Baden-Württemberg im Jahr 2005 mit einem Altreifenaufkommen von etwa 100.000 Tonnen zu rechnen. Gegenläufige Entwicklungen sind auch hierin nicht berücksichtigt.

## 2 Ablauf der Wieder-, Weiterverwendung und Entsorgung

Altreifen unterliegen dem Abfallbegriff, wenn ein Entledigungswille seitens des Besitzers vorliegt und die ursprüngliche Zweckbestimmung entfällt oder aufgegeben wird, ohne dass ein neuer Verwendungszweck unmittelbar an deren Stelle tritt. Sie müssen entsorgt, das heißt ordnungsgemäß und schadlos verwertet oder gemeinwohlverträglich beseitigt werden. Altreifen, die zur Entsorgung anstehen, unterliegen seit 01.01.1999 der Bestimmungsverordnung überwachungsbedürftiger Abfälle (BestüVAbfV) und werden gemäß der Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (AVV) mit der Schlüsselnummer 16 01 03 geführt.

Werden Altreifen wieder- oder weiterverwendet, das heißt wieder ihrer ursprünglichen Zweckbestimmung oder einem neuen Verwendungszweck, der unmittelbar an deren Stelle tritt, zugeführt, unterliegen sie nicht dem Abfallbegriff. Die Begriffe Wieder- und Weiterverwendung sind nicht eindeutig und rechtsverbindlich festgelegt. Im Weiteren wird von folgender Definition ausgegangen:

### **Wiederverwendung:**

Hierunter fallen Profilreifen, die in Deutschland nach der geltenden Straßenverkehrsordnung zulässigerweise noch im Straßenverkehr verwendet werden können und als solche verkauft bzw. verwendet werden. Sie weisen eine Profiltiefe von mindestens 1,6 Millimeter und keine sichtbaren Schäden auf.

### **Weiterverwendung:**

Hierunter fallen Reifen, die nicht mehr im Straßenverkehr verwendet werden können (Schrottreifen) und in praktisch unveränderter Form zu einem anderen als dem bestimmungsgemäßen Zweck eingesetzt werden, zum Beispiel als Prallschutz oder zur Beschwerung von Abdeckfolien.

### **Entsorgung:**

Unter den Begriff „Entsorgung“ fallen die werkstoffliche Verwertung von Karkassen (Runderneuerung) und Schrottreifen, die rohstoffliche und energetische Verwertung sowie die Depositionierung.

Die Abbildung 2.1 zeigt den üblichen Ablauf der Wieder- und Weiterverwendung sowie der Entsorgung von Altreifen in der Übersicht.

### 2.1 Erfassen

Die Erfassung der Altreifen erfolgt an so genannten Anfallstellen. Neben Betrieben die auch gleichzeitig Abfallerzeuger sind (z.B. Firmen mit eigenem Fuhrpark, öffentliche Verkehrsbetriebe, Altfahrzeugverwerter) fallen unter diesen Begriff auch Reifenfachhändler, Kraftfahrzeugwerkstätten, Tankstellen oder andere Reifenlieferanten, die im Zuge des Ersatzgeschäftes Altreifen von Privatkunden oder kleineren Firmen übernehmen. Es handelt sich hierbei um ein freiwilliges Rücknahmesystem, für das von Seiten des ursprünglichen Besitzers meist ein Entgelt zu entrichten ist (für Pkw-Reifen zwei bis drei Euro).

In Deutschland gibt es etwa 60.000 Anfallstellen (Stand 1998). Reifenhändler stellen hierbei die stärkste Gruppe [Hülzer, 1998].

Die unsortierten Altreifen werden in der Regel von Altreifenentsorgern übernommen. Sie erhalten hierfür von Seiten der Anfallstelle ein Entgelt. An einigen wenigen Anfallstellen erfolgt zunächst eine Vorsortierung, um die verkaufsfähigen Altreifen selbst wieder in den Markt zu bringen.

Grundsätzlich sind die Anfallstellen daran interessiert, die erfassten Altreifen mit möglichst geringen Kosten zu entsorgen. Unseriöse Unternehmen versuchen daher oftmals von den Anfallstellen mit Hilfe kostengünstiger Angebote Reifenkontingente zu erhalten, um aus den noch brauchbaren verkaufsfähigen Reifen Profit zu schlagen. Dabei werden oftmals die wiederverwendbaren und verwertbaren Altreifen auf den in- und ausländischen Markt gebracht und die übrigen Altreifen auf einem gemieteten Gelände abgelagert. Ist das Gelände nicht weiter nutzbar, verschwinden diese „Entsorger“ und die Grundstückbesitzer finden sich in der Rolle des Abfallbesitzers mit der Verpflichtung zur umweltverträglichen Entsorgung der Altreifen wieder.

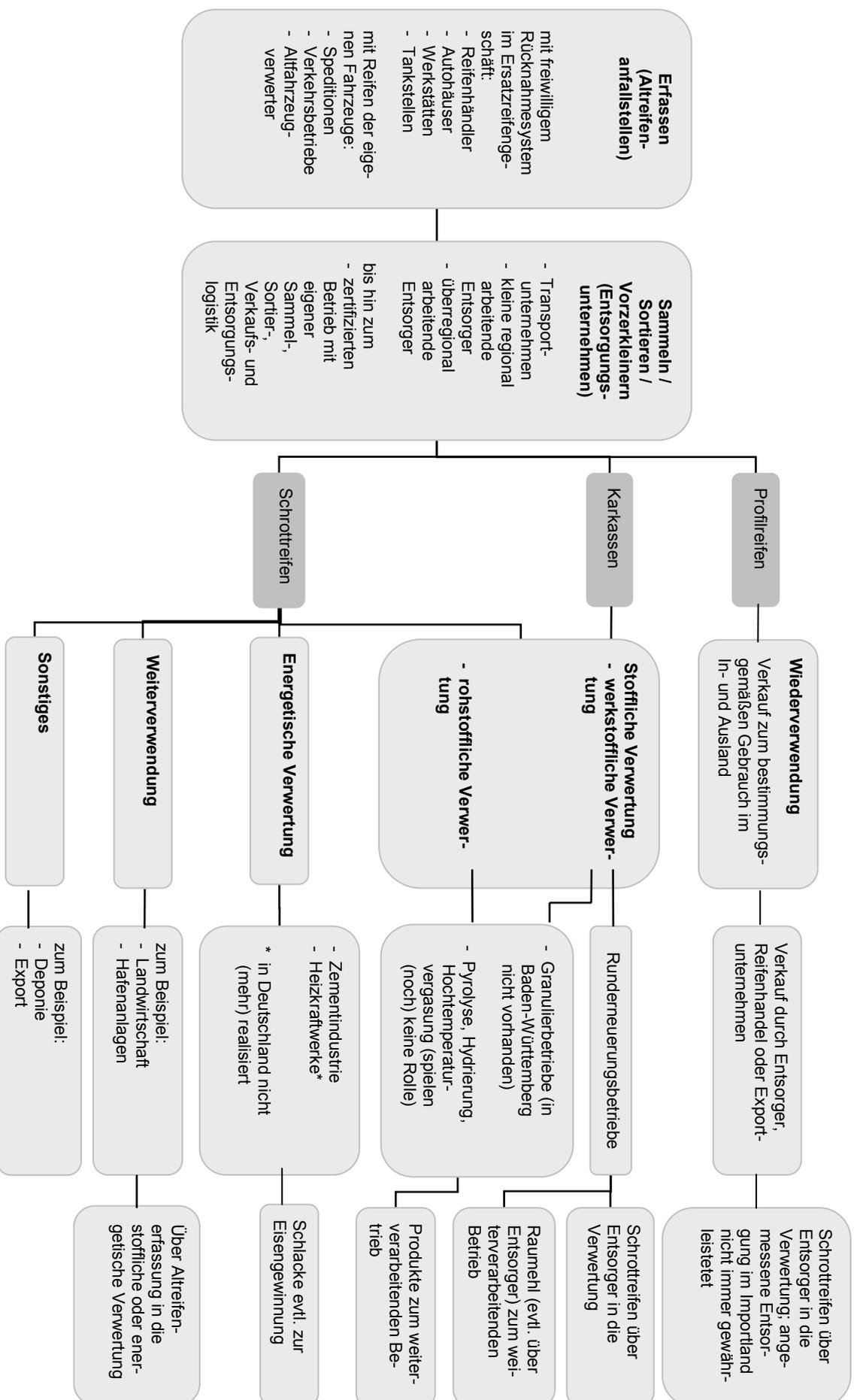


Abbildung 2.1: Ablauf der Wieder-, Weiterverwendung und Entsorgung von Altreifen (Übersicht)

„Wilde“ Ablagerungen sind in Baden-Württemberg aktuell nicht bekannt, bereiten jedoch insbesondere in den „Neuen Bundesländern“ von Zeit zu Zeit Probleme.

## 2.2 Sammeln, Sortieren, Vorzerkleinern (Shreddern)

Sammeln, Sortieren und teilweise auch Vorzerkleinern sind Arbeitsschritte, die seitens der Entsorger erfolgen oder diese in Zusammenarbeit mit anderen Firmen organisieren. So schließen Entsorgungsunternehmen für den Abtransport der Altreifen beispielsweise mit Reifenhändlerketten Rahmenverträge ab, und arbeiten untereinander oder mit geeigneten Kleinunternehmen als Subunternehmen zusammen, so dass eine sinnvolle regional überschaubare Sammellogistik realisiert werden kann.

Das Tätigkeitsspektrum der einzelnen Entsorger ist sehr unterschiedlich. Es gibt Entsorger, die Reifen von den Anfallstellen lediglich abholen und zum nächstgelegenen Zementwerk transportieren. Andere dagegen stellen an den Anfallstellen Container auf, holen diese selber ab oder lassen sie durch andere Unternehmen abholen, sortieren und prüfen die Altreifen mit Sachverstand und vertreiben sie in Abhängigkeit ihres Zustandes an entsprechende Abnehmer. Entsprechend variiert die Größe der Betriebe vom Kleinunternehmen bis hin zum überregional oder gar international arbeitenden Unternehmen mit einem Umschlag von einigen tausend Tonnen Altreifen pro Jahr.

Die Qualifikation der Entsorger reicht vom Kleinstbetrieb, der gelegentlich eine Ladung Altreifen transportiert, über Unternehmen, die innerhalb ihres Tätigkeitsspektrums auch Altreifen entsorgen, bis hin zum zertifizierten Altreifenentsorger, dessen ordnungsgemäße Entsorgung einer ständigen Überwachung unterliegt. Der Nachweis der Qualifikation reicht von der Beglaubigung seitens der zuständigen Überwachungsbehörde über die Zertifizierung nach der Entsorgungsfachbetriebe-Verordnung bis hin zur Zertifizierung des Betriebes nach den Zusatzkriterien für die Altreifenentsorgung des Bundesverbandes Reifenhandel und Vulkaniseur-Handwerk (BRV).

Bei diesem vielfältigen und unübersichtlichen Entsorgungsmarkt, der die Landesgrenzen und die Grenzen Deutschlands überschreitet, ist es nicht möglich, eine belastbare Anzahl der Entsorgungsbetriebe oder eine Größen- und Tätigkeitsstruktur der Betriebe anzugeben. Unter den 28 nach BRV-Richtlinien zertifizierten Betriebsstätten (Stand 18.07.01) sind lediglich zwei Betriebe in Baden-Württemberg aufgeführt.

### Sammeln

Nach sehr groben Schätzungen der größeren Entsorgungsfachbetriebe werden innerhalb Baden-Württembergs jährlich rund 55.000 bis 60.000 Tonnen Altreifen gesammelt [Entsorger, 2001]. Hinzu kommt eine nicht genau bekannte Altreifenmenge, die seit etwa einem Jahr von einem dänischen Unternehmen nach Oranienburg zu einem Altreifenlager mit einer derzeit genehmigten Kapazität von 47.000 Tonnen gebracht wird. Auf diesem, zum Teil nur befristet genehmigtem Lagerplatz, werden die Altreifen für ein Granulierwerk vorgehalten, das im Herbst des Jahres 2002 in Betrieb gehen soll. Aufgrund der zahlreichen, diesem Unternehmen angeschlossenen Anfallstellen und unter Berücksichtigung auch der kleineren Entsorgungsbetriebe, entspricht die Menge der in Baden-Württemberg tatsächlich gesammelten Altreifen in etwa der Schätzung des Altreifenaufkommens (65.000 bis 70.000 Tonnen; siehe Kapitel 1.4).

### Sortieren

Sortiert wird grundsätzlich nach drei Kategorien:

- Profilreifen
- Karkassen
- Schrottreifen.

Profilreifen sind Reifen, die nicht bis zur gesetzlichen Mindestprofiltiefe von 1,6 Millimeter abgefahren sind, keine sichtbaren Beschädigungen aufweisen und somit wieder im Straßenverkehr in Deutschland eingesetzt werden können.

Unbeschädigte qualitativ hochwertige Karkassen eignen sich für eine Runderneuerung. Allerdings zeigt sich, dass der Anteil der runderneuerungsfähigen Altreifen im Pkw-Bereich heute geringer ist als früher. Dies lässt sich damit erklären,

dass in den früher üblichen Diagonalreifen auch in den Seitenwänden Stahl und Gewebe für die erforderliche Stabilität eingearbeitet waren, während in den Karkassen der heute üblichen Radialreifen nur noch ein Textilunterbau vorhanden ist. Die Seitenwände von Radialreifen sind daher empfindlicher und nicht grundsätzlich für ein zweites Reifenleben geeignet.

Schrottreifen sind in geringem Maße für die Weiterverwendung, im Wesentlichen jedoch für die energetische oder stoffliche Verwertung vorgesehen.

In Deutschland haben Profilreifen einen Sortieranteil von etwa elf Gewichtsprozent. Der Anteil der Karkassen beträgt etwa 13 Gewichtsprozent. Schrottreifen machen einen Sortieranteil von etwa 73 Gewichtsprozent aus. Die statistisch verbleibenden drei Gewichtsprozent können den obigen Kategorien nicht zugeordnet werden. [GAVS, 2001]

Die Angaben der baden-württembergischen Betriebe variieren stark. Im Mittel sind etwa 30 Gewichtsprozent der gesammelten Altreifen Profilreifen oder Karkassen und etwa 70 Gewichtsprozent Schrottreifen.

### **Vorzerkleinern (shreddern)**

Schrottreifen werden vor dem Granulieren außerhalb Baden-Württembergs (Feinzerkleinerung; siehe Kapitel 2.4.2), gelegentlich auch für die energetische Verwertung in der Zementklinkerproduktion vorzerkleinert (geschreddert). Dieses Zerkleinern oder besser Zerschneiden der Reifen erfolgt durch scheibenförmige, gegeneinander rotierende Messer / Rotorscheren. In der Regel wird zweistufig gearbeitet: ein Vor- oder Grobshredder erzeugt zunächst Altreifenteile von 15 bis 30 Zentimeter, ein weiterer Shredder Teile von etwa 2,5 bis 5 Zentimeter. Da die Messer der Shredder verstellbar sind, können in weiteren Durchläufen (zu entsprechend steigenden Kosten) auch kleinere Altreifenteile erzeugt werden. Neben stationären Anlagen sind mobile Anlagen, vorwiegend für den Rückbau „wilder“ Ablagerungen, im Einsatz.

In den Anlagen Baden-Württembergs werden überwiegend Pkw-Reifen zerkleinert. Lkw-Reifen sind aufwändiger zu shreddern, da ihr Stahlanteil wesentlich höher ist und sie über einen sehr

widerstandsfähigen Stahl im Wulstkern verfügen. Dies führt in den Shredderanlagen zu einem schnellen Verschleiß der Messer. Meist muss der Wulst vorher entfernt werden („entwulsten“). Eine weitere Trennung der Bestandteile ist beim Shreddern nicht vorgesehen.

Nach groben Schätzungen beträgt die Menge an geschredderten Altreifen in Baden-Württemberg etwa 6.000 bis 8.000 Tonnen pro Jahr. Die bereits vorhandenen Kapazitäten der Anlagen sind wesentlich höher, es fehlt jedoch an entsprechendem Umfang der Verwertungsmöglichkeiten. Daher verfügen nur wenige der Entsorgungsbetriebe Baden-Württembergs über einen Shredder.

### **Abgabe der Reifen zur Wieder-, Weiterverwendung und Entsorgung**

Die Abgabe der Reifen seitens der Entsorger erfolgt auf verschiedenen Wegen. Profilreifen verkauft der Entsorger selber oder über ein anderes Unternehmen am nationalen oder internationalen Markt zu Preisen, die sich nach Qualität und Absatzweg richten. Wurden die Profilreifen im Vorfeld bereits dem Altreifensortiment entzogen, so fehlt dem Entsorger hier ein wesentlicher Teil der Gesamtkalkulation. Pkw-Karkassen erzielen, je nach Verfügbarkeit, Qualität und Nachfrage, Preise zwischen 1,30 und 4,60 Euro (durchschnittlich 2,60 Euro), Lkw-Karkassen 5,10 bis 61 Euro (durchschnittlich 26 Euro), inklusive Vorsortierung und Anlieferung beim Runderneuerungsbetrieb.

Die Preisgestaltung für die Entsorgung stellt sich wie folgt dar:

- Für die energetische Verwertung in Zementwerken muss bei Anlieferung frei Werk 60 bis 65 Euro gezahlt werden. Bei entsprechenden Transportwegen belaufen sich die Kosten auf 80 bis 90 Euro, sofern Zementwerke aus der näheren Umgebung die Abnehmer sind. Teilweise werden jedoch auch höhere Zuzahlungen verlangt.
- Bei Anlieferung von Schrottreifen zur Zerkleinerung belaufen sich die Kosten auf 80 bis 85 Euro, inklusive Transport und Zuzahlung für die weitere Entsorgung.

- Bei Anlieferung zum Granulierbetrieb sind 30 bis 50 Euro zu zahlen.
- Ob und welche Menge an Altreifen auf Deponien angenommen wird, ist je nach entsorgungspflichtiger Gebietskörperschaft unterschiedlich. Grundsätzlich werden nur kleinere Mengen angenommen. Die Entsorgungsgebühr beträgt bis zu 16 Euro je Tonne. Bei Einzelanlieferungen werden auch Gebühren von 4,50 Euro für Pkw-Reifen, 35 Euro für Lkw-Reifen und 70 Euro je Reifen von Erdbewegungsmaschinen verlangt.

## 2.3 Wieder- und Weiterverwendung

Wiederverwendungsfähige Reifen werden verkauft und wieder zu ihrem ursprünglichen Zweck genutzt. Der Verkauf erfolgt teilweise bereits durch die Anfallstellen, meist aber durch die Entsorger oder (insbesondere der Export in meist außereuropäische Länder) durch hierauf spezialisierte Unternehmen. Insbesondere Länder mit geringer Finanzkraft sind auf den Import dieser billigen Reifen angewiesen und stellen an die Reifenqualität keine hohen Ansprüche. Mancher in Europa nicht mehr wiederverwendbare Reifen findet sich in solchen Ländern wieder. Aber auch dort sind die Reifen irgendwann nicht mehr nutzbar sind und ihre umweltverträgliche Entsorgung ist dann häufig nicht mehr gewährleistet.

In den Bereich der Wiederverwendung fällt auch das Nachschneiden des Reifenprofils. Ein Nachschneiden ist allerdings nur bei einer ausreichend dicken Untergummischicht des Laufstreifens möglich. Welcher Reifen und an welchen Stellen wie tief nach geschnitten werden kann, ist von Seiten des entsprechenden Reifenherstellers zu erfahren. Pkw-Reifen sind in der Regel hierfür nicht geeignet und auch keineswegs jeder Lkw-Reifen. In Unternehmen mit einem großen Fuhrpark werden geeignete, ungleichmäßig abgefahrene Lkw-Reifen häufig in der eigenen Werkstatt nach geschnitten. Das vollständige Nachschneiden eines Profils dauert in der Regel mehr als drei Stunden und ist damit sehr zeit- und personalintensiv. Bei unsachgemäßem Nachschneiden kann darüber hinaus Stahl freigelegt werden. Bei Kontakt mit Wasser

führt dies zu Korrosionsschäden am Reifen, die Stabilität des Reifens geht verloren und er kann nur noch als Schrottreifen entsorgt werden. Eine Runderneuerung wird daher dem vollständigen Nachschneiden meist vorgezogen.

Die Möglichkeiten der Weiterverwendung von Altreifen sind vielfältig. Beispiele hierfür sind unter anderem: Beschwerung von Mietenabdeckungen in der Landwirtschaft, Aufprallschutz in Hafenanlagen (Fender). Die Nutzung auf Spielplätzen und in Kindergärten ist vorsorglich nicht ausdrücklich zu empfehlen, da einige zur Gummierstellung verwendeten Ausgangsprodukte krebserregendes Potential aufweisen. [UBA, 2001]. Eine Gefährdung konnte bisher jedoch nicht nachgewiesen werden [Hirsch, 2001].

In Deutschland werden etwa drei Gewichtsprozent des Altreifenaufkommens wieder- und etwa ein Gewichtsprozent weiterverwendet, weitere acht Gewichtsprozent werden zur Wieder- und Weiterverwendung exportiert [GAVS, 2001].

## 2.4 Werkstoffliche Verwertung

### 2.4.1 Runderneuerung

Ziel der Runderneuerung ist es, den unbeschädigten gebrauchten Grundkörper (Karkasse), der etwa 80 Gewichtsprozent des Reifens ausmacht, wieder zu verwenden und lediglich den verbrauchten Laufstreifen zu ersetzen.

Pkw-Altreifen werden in der Regel vom Entsorger an den Runderneuerungsbetrieb geliefert. Jedoch nur etwa die Hälfte der zur Runderneuerung geeigneten Lkw-Altreifen gelangt vom Entsorger bzw. über den Karkassenhandel zum Runderneuerer. Die andere Hälfte wird dem Runderneuerer von den Reifenbesitzern direkt zugeführt. Er erhält seine Karkasse mit neuem Laufstreifen wieder zurück.

Erster Schritt einer Runderneuerung ist die Kontrolle des Altreifens bzw. der Karkasse auf Beschädigungen mit Hilfe spezieller Mess- und Prüfverfahren. Etwa die Hälfte der angelieferten Pkw-Reifen wird hierbei bereits aussortiert [AIR, 1996]. Ist die Karkasse einwandfrei, wird die Lauffläche abgeschält. Dieses abgeschälte Material fällt als so genanntes „Raumehl“ an. Im Anschluss wird eine neue Lauffläche aufge-

bracht. Hierfür stehen grundsätzlich zwei Verfahren zur Verfügung:

- **Heißrunderneuerungsverfahren:**

Der neue Laufstreifen wird strangweise als extrudierte Gummimasse auf die Karkasse aufgetragen und in einem Vulkanisator bei hoher Temperatur (150 bis 160°C) und hohem Druck (etwa 15 bar) in einer genau passenden Reifenform (Reifengröße, gewünschtes Profil) mit dem jeweiligen Grundreifen verbunden („abgeheizt“).

Da dieses Verfahren für jede Reifengröße und jede Abweichung in der Herstellungstoleranz sowie jeden Reifentyp eine eigene teure Form (mehr als 25.000 Euro pro Form) erforderlich macht, bietet es sich vorwiegend für Reifenhersteller und spezialisierte Runderneuerungsbetriebe an. Diese beschränken sich aufgrund der begrenzten, ökonomisch sinnvoll zu betreibenden Formen auf Reifensortimente, die eine gute Grundqualität (Minimierung des Ausschusses) und eine langfristig ausreichende Marktdurchdringung im Einzugsgebiet aufweisen (Verminderung der ~~Aufgrund~~ **Kosten**).

Aufgrund der hohen Kosten müssen die Formen ungefähr fünf Jahre genutzt werden können. Mit den sich ständig ändernden Mischungstechnologien und den sich rasch wandelnden Profilgeometrien kann ein runderneuerter Reifen daher nicht Schritt halten. Grundsätzlich gilt für getestete Reifen (zum Beispiel durch den TÜV), dass sie die gleichen Prüfkriterien erfüllen müssen wie entsprechende Neureifen. Die Ausfallquote der runderneuerter Reifen ist nach Aussage von Prüflabors nicht höher als bei Neureifen. Entscheidend für die Ausfallsicherheit ist die Qualität der Ausgangskarkasse [BAST, 2002].

Einsatzbereiche für dieses Verfahren sind Pkw-, LLkw- und in geringem Maße auch Lkw- Reifen.

- **Kaltrunderneuerungsverfahren:**

Ein vorvulkanisierter Laufstreifen wird auf der Karkasse angebracht und im Autoklaven unter Druck bei rund 110°C „abgeheizt“. Da hier ein Gerät für verschiedenartigste Reifen eingesetzt werden kann, bietet sich dieses Verfahren für die meist mittelständischen

Runderneuerer an. Es ist somit das am weitesten verbreitete Verfahren.

Einsatzbereich dieses Verfahrens sind Lkw- sowie LLkw- Reifen mit einem Durchmesser von mehr als 15 Zoll.

Ein Pkw-Reifen benötigt für die Runderneuerung etwa zwei bis drei Kilogramm neue Gummimasse, ein Lkw-Reifen 16 bis 20 Kilogramm [ISI, 1999]. Der Energiebedarf zur Runderneuerung beträgt etwa 30 Prozent desjenigen zur Neuproduktion [AIR, 1996].

Nach einer abschließenden Kontrolle kommt der runderneuerte Reifen wieder in den Verkauf (Pkw-, Lkw-Reifen) oder geht an den ursprünglichen Karkassenbesitzer zurück (Lkw-Reifen). Die aufgrund einer Beschädigung für eine Runderneuerung ungeeigneten Altreifen werden von Entsorgern übernommen und einem anderen Verwertungsweg zugeführt. Das anfallende Raumehl kann in weniger hochwertigen Gummiprodukten eingesetzt werden und wird direkt oder über Entsorger an entsprechende Unternehmen zu Preisen von etwa 80 Euro pro Tonne verkauft.

Große Unternehmen in der Runderneuerungsbranche verfügen über eine eigene Karkassenlogistik von der Anfallstelle, zum Werk und weiter zu den Verkaufsstellen. Mittelständische und kleinere Unternehmen werden in der Regel von Karkassenhändlern beliefert. Meist ist somit dem Runderneuerer das Vorleben des Reifens nicht bekannt. Qualitätsbewusste Betriebe erneuern Pkw-Reifen jeweils nur für den Gebrauch im nächst niedrigeren Geschwindigkeitsbereich und meist nur bis zu Höchstgeschwindigkeiten von 190 Kilometer pro Stunde, also nicht für den Hochgeschwindigkeitsbereich von über 210 Kilometer pro Stunde.

Die Runderneuerung von Lkw-Reifen ist sehr verbreitet. Bei qualitativ guten und gepflegten Reifen sind drei bis vier Runderneuerungszyklen möglich. Insbesondere bei den direkt vom Kunden angelieferten Karkassen ist die Ausfallquote sehr gering. Während Neureifen in der Regel auf die Lenk- und Antriebsachsen von Lkws montiert werden, die im Fernverkehr fahren, sind runderneuerte Reifen überwiegend auf Antriebsachsen von Lkws im Nahverkehr und auf Nachlaufachsen anzutreffen. Etwa 15 Prozent der runderneuerter Reifen sind im öffentlichen Nahverkehr

zu finden. Mehrfach runderneuerte Reifen finden im Baustellenverkehr Anwendung. In diesem Anwendungsbereich ist der Abrieb gering, aber die Belastung der Karkasse sehr hoch, so dass der Einsatz bereits gebrauchter Karkassen wirtschaftlich sinnvoll ist. Ein Reifen im Baustelleneinsatz hat eine Laufleistung von 50.000 bis 60.000 Kilometer, der gleiche Reifen im Fernverkehr von 250.000 bis 300.000 Kilometer [GAVS, 2001a].

Runderneuerte Reifen für Pkws liegen im Preis in der Größenordnung brauchbarer Importreifen und müssen sich damit einer massiven Konkurrenz stellen. Um eine höhere Akzeptanz bei runderneuerten Pkw-Reifen seitens der Verbraucher zu erreichen, drängen die Runderneuerungsbetriebe darauf, Karkassen nicht als Abfall zu deklarieren. Beklagt wird, dass die Nutzung von „recyceltem Abfall“ für ein so sicherheitsrelevantes Teil des Fahrzeugs dem Kunden nicht vermittelbar sei. Zudem bleibe die Produkteigenschaft eines wesentlichen Teils des Reifens, der Karkasse, erhalten.

Eine Kampagne der Arbeitsgemeinschaft industrieller Runderneuerer [AIR, 1996] im Jahr 1996 hatte das Ziel, das Image von runderneuerten Reifen zu verbessern und sie insbesondere als qualitativ hochwertige, sichere und umweltfreundliche Produkte hervorzuheben. Sie zeigte allerdings keine nachhaltige Wirkung. Die Runderneuerer versprechen sich jetzt von der Zertifizierung nach den ECE-Regelungen Nummer 108 (Pkw) und Nummer 109 (Lkw) eine Verbesserung des Ansehens. Einige Betriebe werden jedoch voraussichtlich den geforderten Auflagen und den damit verbundenen Kosten nicht gewachsen sein. Die größten Betriebe sind bereits heute zertifiziert.

Im Lkw-Bereich hingegen führt die Runderneuerung zu erheblichen Einsparungen für den Reifennutzer, insbesondere, wenn er die Dienste eines Runderneuerungsbetriebes auf direktem Wege in Anspruch nimmt.

In der Liste der Runderneuerungsbetriebe des BRV (Stand September 2001) sind in Deutschland 112 Runderneuerungsbetriebe genannt, davon 14 in Baden-Württemberg. Die Produktion von runderneuerten Pkw-Sommerreifen wurde jedoch aufgrund der starken Konkurrenz durch billige Importe von Neureifen und der geringen Akzeptanz der Verbraucher bundesweit voll-

ständig aufgegeben oder ins Ausland verlagert. Die Produktion von runderneuerten Pkw-Winterreifen wurde stark reduziert. Die Runderneuerung von Lkw-Reifen ist dagegen sehr verbreitet. Inzwischen (Stand: Februar 2002) hat sich die Anzahl der Runderneuerungsbetriebe in Baden-Württemberg auf acht reduziert. Eine aktualisierte Zahl für Deutschland liegt nicht vor.

In Baden-Württemberg werden derzeit jährlich etwa 270.000 Pkw- und 14 Zoll LLkw-Reifen (entspricht einer Reifenmenge von etwa 2.200 Tonnen pro Jahr) „heiß“ und etwa 130.000 LLkw- (größer 15 Zoll) und Lkw-Reifen (entspricht etwa 7.000 Tonnen pro Jahr) „kalt“ runderneuert. Damit produzieren diese Betriebe etwa zwölf Prozent der verkauften runderneuerten Pkw- und etwa zehn Prozent der LLkw- und Lkw-Reifen in Deutschland.

## 2.4.2 Granulate und Mehle

Ziel des Granulierens und Vermahlens von Altreifen ist es, durch Zerkleinern ein kleines Gummikorn (möglichst 100 bis 600 Mikrometer) mit einer möglichst großen, zerklüfteten Oberfläche zu erzeugen, das frei von Metall- und Textilresten ist. Die so erhaltenen Granulate und Mehle werden einer geeigneten Verwertung zugeführt.

Das Granulieren beruht auf einer Kombination aus Schneiden, Quetschen, und Reißen und wird üblicherweise in mehrstufigen Anlagen durchgeführt. Zwischen den einzelnen Stufen können Granulate unterschiedlicher Körnung und Reinheit ausgeschleust werden. Für die zur Verfügung stehenden Verfahren ist, außer einer Vorzerkleinerung, keine spezielle Anforderung an das Aufgabegut zu erfüllen.

Grundsätzlich ist das Warmmahl- und das Kaltmahlverfahren zu unterscheiden, aber auch Kombinationen von beiden Verfahren sind bekannt.

- **Warmmahlverfahren:**

Die Altreifen werden in zwei oder auch mehreren Zerkleinerungsstufen auf eine Korngröße im Millimeter-Bereich, teilweise bis zu 800 Mikrometer, zerkleinert. Dabei ergibt sich eine zerrissene und zerklüftete Oberflächenstruktur, die in Mischungen eine akzeptable mechanische Haftung mit anderen Par-

tikeln bietet. Nachteil ist das relativ große Korn. Verunreinigungen wie Metall- und Textilbestandteile werden durch mechanische Trennverfahren (Magnetabscheidung, Siebung) abgeschieden. Dabei verbleibt ein vergleichsweise hoher Anteil an anhaftendem Restgummi im Abscheidegut.

- **Kaltmahlverfahren:**

Die vorzerkleinerten Reifenteile werden mit flüssigem Stickstoff auf etwa minus 100 °C heruntergekühlt. Bei dieser Temperatur versprödet der Gummi und lässt sich leicht und sauber mit Hilfe von Hammer- oder Prallmühlen von Stahl- und Faserteilen ablösen. Dieses Verfahren erlaubt ein Korngrößenspektrum von sechs Millimetern bis 400 Mikrometern [Reschner, 2001]. Kleinere Korngrößen bis unter 100 Mikrometer sind durch einen deutlich höheren Einsatz von flüssigem Stickstoff zu erreichen. Die Bruchkanten sind gerade, die Oberfläche glatt, so dass in Mischungen eine schwächere mechanische Bindung zu erreichen ist. Verunreinigungen werden auch hier mechanisch abgetrennt, der Restgummianteil im Abscheidegut ist jedoch sehr gering.

Der bei der Granulierung und Vermahlung anfallende Stahlschrott kann wieder in der Stahlindustrie eingesetzt werden, Textilbestandteile werden verbrannt.

Für eine hochwertige werkstoffliche Verwertung in Frischgummimischungen von Neureifen sind diese Granulate nur begrenzt geeignet. Dies liegt an der Tatsache, dass es sich bei Gummimischungen von Reifen um vulkanisiertes Material handelt, das nicht erneut vulkanisiert werden kann. Granulate und Mehle von Altreifen sind somit chemisch nicht vernetzbarere Füllstoffe. In der Regel lassen sich daher aus Altreifen hergestellte Granulate und Mehle nur für die Herstellung weniger hochwertiger Gummiprodukte, an die keine besonderen physikalischen und chemischen Anforderungen gestellt werden, in größeren Mengen verwenden. Eine Behandlung der Oberfläche durch mechanische, chemische Verfahren oder durch Beschichtung ist meist sehr aufwändig und zeigt nur begrenzten Erfolg. Dies gilt ebenso für Versuche, die Oberfläche oder das Granulat weitgehend zu devulkanisieren („reaktivierte Mehle“).

Für Granulate und Mehle finden in der Praxis folgende Verwertungswege Anwendung:

- **Zugabe in Neureifenmischungen:**

Grundsätzlich ist eine Beimischung möglich. Da das vulkanisierte Mehl jedoch die physikalischen Eigenschaften der Mischung beeinflusst, wird in Deutschland aus sicherheitstechnischen Gründen maximal nur 1,5 Gewichtsprozent Gummimehl hinzu gegeben [ifeu, 1998]. In anderen Ländern mit geringeren Höchstgeschwindigkeiten (zum Beispiel Amerika) und somit geringeren Beanspruchungen und anders gestaltetem Lastenheft sind auch höhere Zumischungsanteile denkbar.

- **Zugabe zu anderen technischen Elastomerprodukten:**

Wie bei Neureifen entscheidet die Beanspruchung der Produkte über die realisierbaren Zumischungsanteile der Granulate und Mehle. In der Regel lassen sie sich in größeren Mengen nur in Neuprodukten verwenden, an die keine besonderen physikalischen und chemischen Anforderungen gestellt werden (Fußbodenbeläge, Teppichrücken, Sportplatzböden, Fahrbahnschwellen Poller). Herkömmliche Granulate lassen eine Zumischungen von fünf Gewichtsprozent zu, ohne dass das Material an Qualität einbüßt, bei „reaktivierten“ Mehlen werden Anteile bis zu 25 Gewichtsprozent, in Ausnahmefällen bis zu 50 Gewichtsprozent genannt [ISI, 1999].

- **Nutzung als Ölbindemittel:**

Das Granulat hat eine hohe Kapillarwirkung und kann auch Öl-Wasser-Gemische aufnehmen. Dieser Markt ist allerdings sehr begrenzt [ifeu, 1998].

- **Verwendung im Straßenbau:**

Für die Beimischung von Granulaten und Mehlen zwischen fünf und zehn Prozent zum Bitumen des Asphalts, der für die Verschleißschicht vorgesehen ist, werden folgende Vorteile genannt: Verstärkung der Griffigkeit der Fahrbahnoberfläche, Verminderung der Eisbildung, Verlängerung der Asphaltlebensdauer um den Faktor 1,75 bis 3,0, Verminderung der Rollgeräusche. In Kalifornien (USA) ist eine derartige Zumischung gesetzlich geregelt. Deutsche Firmen halten dagegen, dass bei Zumischung

von Granulaten und Mehlen die Verarbeitung schwieriger werde, da zwischen Herstellung und Einbau kaum konstante Temperaturen einzuhalten seien und das Bitumen eine wesentlich höhere Viskosität beim Einbau vor Ort aufweisen würde. Hinzu kommt, dass Drainasphalt und Flüsterasphalt ohne den Zusatz von Altgummigranulat patentrechtlich geschützt sind. Außerdem kann die Polymerbeimischung auch mit Synthesekautschuk erfolgen, der im Produktsortiment der Bitumenhersteller zu finden ist. Aber auch, wenn für alle Straßeneubauten und Reparaturen Altreifengranulat eingesetzt werden würde, läge das Verwertungspotential lediglich bei maximal 15.000 Tonnen pro Jahr [ifeu, 1998].

- **Weitere Anwendungen:**

Anwendungen im Baubereich, zum Beispiel im Deichbau oder in Fundamenten, werden in den USA entwickelt.

Die Kapazität der Herstellungsanlagen für Granulate und Mehle belief sich im Jahr 2000 bundesweit auf etwa 90.000 Tonnen. Dies würde bei voller Auslastung einer Verarbeitungskapazität von 15 Gewichtsprozent des bundesweiten Altreifenaufkommens entsprechen. Die tatsächliche Auslastung ist jedoch nicht bekannt. Das mit einer Jahreskapazität von 60.000 Tonnen derzeit größte Granulierwerk ging im Jahr 2001 in Miltzow, Mecklenburg-Vorpommern in Betrieb. Diese soll nahezu ausschließlich Granulat für eine noch zu bauende Pyrolyseanlage liefern. Ein weiteres großes Granulierwerk mit einer Jahreskapazität von 55.000 Tonnen für Granulate von 0,5 bis fünf Millimeter Korngröße befindet sich in Oranienburg, Brandenburg in Bau. Eine Ausbaustufe für feinere Granulate wird derzeit überlegt. Die Produkte sollen teils konzernintern genutzt, teils exportiert werden.

Mittelfristig sind in den neuen Bundesländern für die großen Verwertungskapazitäten ausreichende Altreifenmengen vorhanden. Vor der Wende wurden hier bewusst Altreifenlager als Rohstoffreserve angelegt. Zusätzlich gelangten nach der Wende unkontrolliert größere Mengen als „wilde“ Ablagerungen in diese Regionen, die inzwischen weitgehend in einem Kataster erfasst sind. Langfristig wird sich aber auch hier, wie in den alten Bundesländern, der Einzugsbereich wesentlich erweitern müssen, um die erforderlichen

Altreifenmengen akquirieren zu können. In Baden-Württemberg befindet sich kein Granulierbetrieb.

Für hochwertige Granulate bis zu einer Korngröße von höchstens 500 Mikrometer sind etwa 200 Euro pro Tonne zu erzielen, gröbere Granulate kosten zwischen 75 und 90 Euro pro Tonne.

## 2.5 Rohstoffliche Verwertung

Ziel der rohstofflichen Verwertung ist es, durch Verfahren wie Pyrolyse, Hydrierung oder Hochtemperaturvergasung chemische Grundstoffe zu erzeugen, die als synthetische Öle, Gase oder Feststoffe dem Stoffkreislauf wieder zugeführt werden können. Seit vielen Jahren sind diese Verfahren auch für Altreifen in der Entwicklung oder befinden sich in Pilotphasen. Bisher ist es nach Aussage von Fachleuten jedoch nicht gelungen mit vertretbarem Aufwand Endprodukte ausreichender Qualität für eine rohstoffliche Nutzung zu erzeugen. Für eine energetische Nutzung ist der Aufwand nicht zu rechtfertigen. Ein weiterer Versuch der rohstofflichen Nutzung wird die Pyrolyseanlage in Miltzow sein, deren Ziel die Erzeugung von Aktivkohle ist.

### Pyrolyse

Die Pyrolyse ist ein thermisches Verfahren zur Zersetzung von organischen Stoffen. Die Altreifen werden bei diesem Verfahren entweder als Ganzes oder vorzerkleinert unter Ausschluss von Sauerstoff bzw. Luft auf etwa 600 °C erhitzt. Dabei zersetzen sich die organischen Bestandteile der Altreifen. Es entsteht Pyrolysegas und Pyrolyseöl sowie eine Feststofffraktion aus Pyrolysekoks und Stahlschrott. Das Pyrolysegas kann dem Prozess als Energieträger wieder zugeführt werden und verbessert damit die Energiebilanz des Prozesses. Das Pyrolyseöl kann als Rohstoff für verschiedene Produktionsprozesse oder ebenfalls zur Energieerzeugung im eigenen Prozess eingesetzt werden. Der Stahlschrott wird der Stahlproduktion zugeführt.

Das eigentliche Ziel der bisherigen Versuche mit Pyrolyseanlagen war es, aus Altreifen den Rohstoff Ruß in einer Qualität zurückzugewinnen, die den Wiedereinsatz in der Reifenproduktion erlaubt. Pyrolysekoks entspricht diesen hohen

Anforderungen (siehe Kapitel 1.2), nicht zuletzt wegen der anorganischen Additive der Reifen, jedoch nicht. Grundsätzlich wären auch andere Einsatzgebiete denkbar (z.B. in Druckfarben). Bisher ist die Frage, in welchen Produkten Pyrolysekoks wirtschaftlich eingesetzt werden könnten, nicht zufrieden stellend beantwortet.

Derzeit ist eine Pyrolyseanlage in Miltzow, Mecklenburg-Vorpommern in Bau, die Ende 2002 / Anfang 2003 in Probetrieb gehen soll. Ziel dieser Anlage ist es, den Ruß als Aktivkohle zu verkaufen. Der Pyrolyseanlage ist eine mehrstufige Zerkleinerungsanlage (Shredder und Granulieranlagen) mit einer Kapazität von 60.000 Tonnen Altreifen pro Jahr vorgeschaltet. Sie soll jährlich 25.000 Tonnen reines Gummigranulat mit einer Körnung von drei bis acht Millimeter für die Pyrolyse bereitstellen. Die schweren Bestandteile des Pyrolysegases werden zu Pyrolyseöl kondensiert. Das Öl durchläuft eine Rektifikation, so dass dem Markt verschiedene Fraktionen angeboten werden können. Reste werden zusammen mit den leichten Bestandteilen (Heizgas) anlagenintern zur Dampferzeugung verwertet. Es ist geplant, den Pyrolysekoks (Ruß, einschließlich der anorganischen Additive der Altreifen) in einem Drehrohrreaktor zu aktivieren (Vergrößerung der Oberfläche). Dieser soll dann als Kornaktivkohle mittlerer Qualität zur Abgas- und Abluftreinigung verkauft werden. Hierfür nicht nutzbare Anteile des Rußes werden in der eigenen Anlage zur Stromerzeugung eingesetzt. Der geplante Output an Aktivkohle liegt bei 5.000 Tonnen pro Jahr und damit in der Größenordnung des Verbrauches eines mittleren Kraftwerkes. Der gesamte Aktivkohlemarkt hat etwa einen Umfang von 300.000 Tonnen pro Jahr. [LIGmbH, 2002]

### Hydrierung

Das Prinzip der Hydrierung beruht auf der Anlagerung von Wasserstoffatomen an langkettige, vernetzte Moleküle und deren Umwandlung in kleinere, unvernetzte Moleküle (Depolymerisat). Ziel ist es, ein synthetisches Rohöl zu erhalten, das in Raffinerieprozessen zum Beispiel zur Erzeugung von Benzin, Heizöl und Schmierstoff eingesetzt werden kann.

Das übliche Verfahren setzt fein gemahlene, reines Gummigranulat voraus. Es wird bei 400 °C und 300 bar verflüssigt. Kostengünstiger

ist es, das Gummigranulat in einem Trägerfluid aufzulösen, da hier gröberes Granulat eingesetzt werden kann. Als Trägerfluid eignet sich Altöl. Es wird zusammen mit Altreifengranulat unter Sauerstoffausschluss in einem Reaktor bei 250 bis 350 °C thermisch zersetzt. Das entstandene Depolymerisat kann z.B. mit Vakuumrückständen aus Raffinerieprozessen der weiteren Raffination zugeführt werden.

Ein Ende 1992 seitens des GAVS initiiertes Großversuch in der Hydrieranlage Bottrop [GAVS, 2002] erbrachte, dass die Hydrierung von Altreifen technisch machbar aber unwirtschaftlich ist. Dies liegt im Wesentlichen an der aufwändigen Vorbehandlung des Granulierens und Vermahlens. Die mittels Hydrierung und weiterer Raffination erzeugten Produkte sind wesentlich teurer als die aus Rohöl erzeugten. Es ist daher sinnvoller die Altreifen direkt der energetischen Nutzung zuzuführen, als den Umweg über die energieintensive Zwischenstufe der rohstofflichen Verwertung zu nehmen.

Eine großtechnische Anwendung in Deutschland ist nicht bekannt.

### Hochtemperaturvergasung

Die Hochtemperaturvergasung wurde für Öl und Kohle entwickelt. Ziel dieses Verfahrens ist es, u.a. aus Abfallstoffen wie Altreifen, Kunststoffen oder Shredderabfälle ein Synthesegas zu gewinnen.

Das Material wird unter Sauerstoffmangel auf Temperaturen zwischen 1.200 und 1.400 °C erhitzt und anschließend schockartig abgekühlt. Hauptprodukte sind Kohlenmonoxid und Wasserstoffgas sowie Kohlendioxid und Methan. Mit einer anschließenden Gasreinigung lässt sich ein Synthesegas (Gemisch aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid) gewinnen, das entweder energetisch (z.B. in Gasmotoren) oder stofflich (z.B. zur Erzeugung von Methan) genutzt werden kann. Eine Bildung von Dioxinen und Furanen wird verfahrensbedingt verhindert. Das Verfahren eignet sich somit auch für halogenhaltige und kontaminierte Gummimischungen. [UMBayer, 2002]

Bei der Firma ESPAG (Energiewerke Schwarze Pumpe AG) wurden 1992 umfangreiche Versuche mit verschiedenen Gummiabfällen durchge-

führt. Aus genehmigungsrechtlichen Gründen konnten hier nur Gummiabfälle mit einem Chlor-, Brom- und Fluorgehalt von maximal 2,3 Gewichtsprozent verwertet werden, technisch sind auch höhere Halogengehalte zulässig. Die Versuche zeigten, dass eine Hochtemperaturvergasung von Altreifen grundsätzlich möglich ist und ausreichende Kapazitäten vorhanden wären. Aus wirtschaftlicher Sicht ist sie für die Altreifenverwertung jedoch von nachrangiger Bedeutung. [GAVS, 2002]

Eine großtechnische Anwendung in Deutschland ist nicht bekannt.

## 2.6 Energetische Verwertung

Altreifen haben mit 26 bis 31 Gigajoule pro Tonne einen hohen Heizwert, der deutlich über dem der Kohle liegt. Die Nutzung von Altreifen als Sekundärbrennstoff drängt sich daher geradezu auf. Hierbei ist die weitgehend bekannte, konstante und homogene Zusammensetzung von

Altreifen ein Vorteil. Die Menge an Altreifen, die jährlich bundesweit als Sekundärbrennstoff zum Einsatz kommt, wird auf etwa 310.000 Tonnen geschätzt [GAVS, 2001].

### 2.6.1 Energetische Verwertung in der Zementindustrie

Die Produktion von Zementklinker ist mit einem Brennstoffeinsatz von etwa 3,6 Gigajoule pro Tonne Klinker [VDZ, 2000] sehr energieintensiv und daher mit entsprechend hohen Energiekosten behaftet. Bei starker Konkurrenz, hohen Preisen der Primärenergieträger und insbesondere bei schlechter Baukonjunktur, ist ein großer Bedarf an preiswerten Sekundärenergieträgern gegeben. So stieg ihr Anteil bundesweit von 1996 mit ca. 13 Prozent am gesamten Brennstoffverbrauch auf knapp 23 Prozent im Jahr 1999 an [VDZ, 2000; VDZ, 2001]. Die Abbildung 2.6.1.1 zeigt schematisch den Herstellungsprozess für Zementklinker.

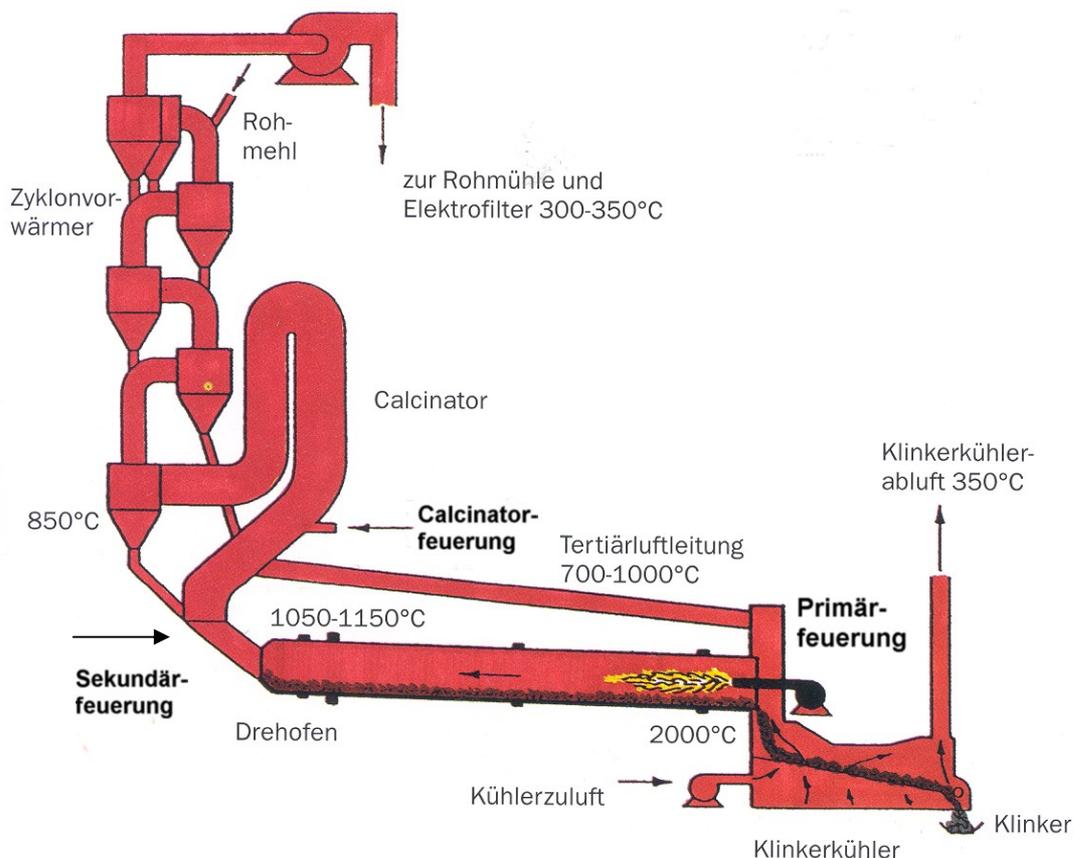


Abbildung 2.6.1.1: Herstellungsprozess für Zementklinker [VDZ, 1998]

## Einsatzmöglichkeiten für Altreifen

Grundsätzlich ist es möglich, Altreifen

- in der Primärfeuerung (Brenner am Auslauf des Drehrohrofens),
- in der Calcinatorfeuerung (sofern ein Calcinator vorhanden ist) und/oder
- in der Sekundärfeuerung (Zugabe im Übergang vom Wärmetauscher in den Drehrohrofen)

einzusetzen. Üblich ist der Einsatz in der Sekundärfeuerung.

Vor einigen Jahren wurden mit Unterstützung des Umweltbundesamtes Versuche zur Altreifenverbrennung in der Primärfeuerung durchgeführt. Rund 30 Prozent des Gesamtenergiebedarfs konnte so substituiert werden [Zementindustrie, 2001; Löwenhaupt, 1998]. Allerdings müssen die Altreifen in granulierter Form, das heißt als flugfähige Partikel und stahlfrei [Schmidhals, 1999], vorliegen; eine aufwändige und teure Voraussetzung, die diesen Einsatz betriebswirtschaftlich derzeit uninteressant macht.

Gleiche Voraussetzungen bezüglich der Korngröße und Zusammensetzung gelten für die Calcinatorfeuerung. Pilotversuche [Schmidhals, 1999] setzten sich daher das Ziel, die aufwändige Feinzerkleinerung durch eine grobe mechanische Vorbehandlung, ergänzt durch eine thermische Behandlung (Pyrolyse), zu ersetzen. In diesem Pyrolysereaktor wird das grob zerkleinerte Aufgabegut unter reduzierenden Bedingungen in ein Produktgas und eine Feststofffraktion aufgeschlossen. Das Produktgas sowie flugfähige Bestandteile werden der Calcinatorfeuerung zugeführt, die schweren Bestandteile (Asche) zur vollständigen Verbrennung in kontrollierten Mengen der Rohmischung in den Ofeneinlauf zugeführt. Über einen großtechnischen Einsatz liegen keine Kenntnisse vor.

Unzerkleinerte Altreifen können durch geeignete Aufgabevorrichtungen und über Schleusensysteme nur in die Sekundärfeuerung des Ofensystems eingebracht werden. Eine Grobzerkleinerung der Altreifen ist lediglich dann erforderlich, wenn die Dimensionierung der Aufgabeklappe eine Zugabe des ganzen Reifens nicht zulässt. Der Einsatz von Altreifen in der Sekundärfeuerung ist sowohl eine energetische

als auch eine stoffliche Verwertung. Der im Reifen als Festigkeitsträger verwendete Stahl ergänzt den Eisengehalt des Rohmaterials und substituiert somit den ansonsten erforderlichen Zuschlagstoff Eisenoxid. Zink und Schwefel oxidieren und werden ebenso wie die Silicatannteile im Zement gebunden. Um die geforderten Zementeigenschaften einzuhalten, sind diese Stoffe allerdings auch der begrenzende Faktor für die Zugabemenge an Altreifen. Der maximal mögliche Anteil wird im Mittel mit etwa 20 Prozent der für das Klinkerbrennen notwendigen Feuerungswärmeleistung angegeben.

## Substitution des Altreifeneinsatzes

Die Zementklinkerproduktion garantiert aufgrund ihrer sehr hohen Prozesstemperatur eine vollständige Verbrennung auch von kritisch einzustufenden organischen Abfällen. Für die Genehmigung des Einsatzes von Sekundärbrennstoffen, deren Art, deren maximaler Anteil an der Gesamtfeuerungswärmeleistung und des Umganges mit den gegebenenfalls kritischen Stoffen ist die Genehmigungsbehörde vor Ort zuständig. Entsprechend unterschiedlich sind die Genehmigungen bezüglich des maximalen Gesamtkontingentes an der Gesamtfeuerungswärmeleistung für eine Palette von Sekundärbrennstoffen und bezüglich der Festlegung von Einzelkontingenten innerhalb eines maximalen Gesamtrahmens oder der Festlegung nur von Einzelkontingenten.

Insbesondere bei der Genehmigung eines Gesamtkontingentes kann es je nach Höhe der Zuzahlung trotz aller Umstellungskosten und Materialkosten für z.B. Eisenoxid, betriebswirtschaftlich interessant sein, anstelle von Altreifen andere Abfälle als Sekundärenergieträger einzusetzen. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass keine Auswirkungen auf die Zementqualität zu erwarten sind sowie ein störungsfreier Prozessablauf gewährleistet ist. Erfahrungsgemäß muss der Sekundärbrennstoff in Zusammensetzung, anfallender Menge und Höhe der Zuzahlung aufgrund der aufwändigen verfahrenstechnischen und vom Rohmaterial abhängigen Umstellung mindestens für drei Jahre kalkulierbar sein. Ein mengenrelevanter Wechsel von Altreifen auf andere Se-

kundärbrennstoffe ist daher bis auf Weiteres nicht zu erwarten. [Zementindustrie, 2001]

Auch von den baden-württembergischen Zementherstellern ist gegenwärtig nicht beabsichtigt, Altreifen durch andere Energieträger zu ersetzen. Eine Substitution durch Tiermehl für weniger als zehn Prozent des derzeitigen Altreifeneinsatzes ist lediglich angedacht. In einigen Zementwerken wird zwar Tiermehl als Sekundärbrennstoff eingesetzt, aber nicht als Ersatz für Altreifen. [Zementindustrie, 2001]

### Energieverbrauchsanteile und Altreifeneinsatz

Die Tabelle 2.6.1.1 zeigt den Energiebedarf der Zementklinkerproduktion sowie die Anteile der Sekundärbrennstoffe und speziell der Altreifen an diesem Energiebedarf in der Übersicht. Die Angaben beziehen sich auf das Jahr 1998.

Die Kapazität der Klinkerproduktion betrug bundesweit 126.222 Tonnen pro Tag (Baden-

Württemberg: 18.610 Tonnen pro Tag), tatsächlich wurden im Jahr 1998 bundesweit 27,52 Millionen Tonnen Zementklinker produziert (Baden-Württemberg: 3,8 Millionen Tonnen). Der hierfür notwendige Energieeinsatz lag bei 100,4 Millionen Gigajoule (Baden-Württemberg: 14,0 Millionen Gigajoule).

Bei alleiniger Betrachtung der Klinkerproduktion, für die eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung zur Nutzung von Sekundärbrennstoffen vorliegt, ergibt sich bundesweit eine anteilige, sekundärbrennstoffbezogene Klinkerkapazität von 94.272 Tonnen pro Tag (Baden-Württemberg: 17.310 Tonnen pro Tag) [ITAS, 2001]. Der hierfür notwendige Energieeinsatz lag bei 69,5 Millionen Gigajoule (Baden-Württemberg: 13,0 Millionen Gigajoule), wobei 31,5 Millionen Gigajoule (für Baden-Württemberg liegen keine Zahlen vor) durch Sekundärbrennstoffe hätte gedeckt werden können. Tatsächlich wurden bundesweit 18,5 Millionen Gigajoule (Baden-Württemberg: 4,6 Millionen Gigajoule) durch Sekundärbrennstoffe gedeckt.

	Bundesrepublik (1998)	Baden-Württemberg (1998)
<b>Zementklinkerproduktion gesamt</b>		
Klinkerkapazität	126.222 t/d <sup>2)</sup>	18.610 t/d <sup>1)</sup>
Klinkerproduktion	27,52 Mio.t/a <sup>1)</sup>	3,8 Mio.t/a
Energieeinsatz	100,4 Mio. GJ/a <sup>2)</sup>	14,0 Mio. GJ/a
<b>Klinkerproduktion mit genehmigtem Sekundärbrennstoffeinsatz</b>		
Klinkerkapazität	94.272 t/d <sup>2)</sup>	17.310 t/d <sup>3)</sup>
Energieeinsatz	69,5 Mio. GJ/a	13,0 Mio. GJ/a
Möglicher Anteil der Sekundärenergieträger	31,5 Mio. GJ/a <sup>2)</sup>	k.A.
Eingesetzter Anteil an Sekundärenergieträgern	18,5 Mio. GJ/a <sup>1)</sup>	4,6 Mio. GJ/a <sup>2)</sup>
<b>Klinkerproduktion mit genehmigtem Altreifeneinsatz</b>		
Klinkerkapazität	72.110 t/d <sup>2)</sup>	12.710 t/d <sup>2)</sup>
Energieeinsatz	53,2 Mio. GJ/a	9,5 Mio. GJ/a
Möglicher Energieanteil an Altreifen	9,2 Mio. GJ/a <sup>2)</sup> ≙ 353.900 t Altreifen/a	1,7 Mio. GJ/a <sup>3)</sup> ≙ 65.400 t Altreifen/a
Eingesetzter Anteil an Altreifen	6,0 Mio. GJ/a <sup>1)</sup> ≙ 229.000 t Altreifen/a Schätzung der GAVS <sup>5)</sup> : 270.000 t Altreifen/a	1,1 Mio. GJ/a ≙ 43.600 t Altreifen/a <sup>4)</sup> Angaben der Zementwerke 45.000 bis 46.000 t Altreifen/a

**Tabelle: 2.6.1.1:** Energieeinsatz zur Klinkerproduktion, Anteile der Sekundärbrennstoffe und Altreifen  
(<sup>1)</sup>[VDZ, 2001], <sup>2)</sup>[ITAS, 2000], <sup>3)</sup>[ITAS, 2001], <sup>4)</sup>[Prognos, 2001], <sup>5)</sup>[GAVS, 2001], eigene Berechnungen)

Bei alleiniger Betrachtung der Klinkerproduktion, für die eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung zur Nutzung von Altreifen vorliegt, ergibt sich bundesweit eine anteilige altreifenbezogene Klinkerkapazität von 72.110 Tonnen pro Tag (Baden-Württemberg: 12.710 Tonnen pro Tag). Der hierfür notwendige Energieeinsatz lag bei 53,2 Millionen Gigajoule (Baden-Württemberg: 9,5 Millionen Gigajoule), wobei 9,2 Millionen Gigajoule (Baden-Württemberg: 1,7 Millionen Gigajoule) durch Altreifen hätte gedeckt werden können. Dies entspricht einem Mengenäquivalent von etwa 353.900 Tonnen Altreifen pro Jahr (Baden-Württemberg: ca. 65.400 Tonnen Altreifen pro Jahr). Tatsächlich wurden im Jahr 1998 bundesweit 6,0 Millionen Gigajoule (Baden-Württemberg: 1,1 Millionen Gigajoule) durch Altreifen gedeckt, was einer Altreifenmenge von etwa 229.000 Tonnen entspricht (Baden-Württemberg: 43.600 Tonnen pro Jahr). Schätzungen der Gesellschaft für Altgummi-Verwertungs-Systeme mbH (GAVS) gehen von weitaus höheren Zahlen aus. Für das Bezugsjahr 2000 werden dort bundesweit etwa 270.000 Tonnen Altreifen angegeben, die zur energetischen Verwertung in Zementwerken eingesetzt wurden [GAVS, 2001]. Allerdings sind hierin, mangels Angaben des realen Verbrauchs, Kapazitäten des möglichen Einsatzes enthalten, die mit Sicherheit nicht vollständig ausgenutzt wurden. Aufgrund der aktuellen Angaben der Zementwerke Baden-Württembergs könnte der derzeitige Verbrauch etwa bei 45.000 bis 46.000 Tonnen liegen, aber auch in dieser Angabe ist für eine Produktionsstätte nur die Kapazität und nicht die tatsächlich verwertete Altreifenmenge enthalten.

### 2.6.2 Sonstige energetische Verwertung

Eine energetische Nutzung von Altreifen außerhalb von Zementwerken wird in Deutschland, soweit bekannt, derzeit nicht praktiziert. Kleinere Heizkraftwerke in Produktionsbetrieben, so zum Beispiel in einem Runderneuerungsbetrieb in Landau, sind nicht mehr in Betrieb, da die Pro-

duktion eingestellt wurde. Große Altreifenheizkraftwerke wurden nie gebaut.

Der Bau von neuen betrieblichen Altreifenverbrennungsanlagen scheitert meist an den Umweltauflagen, der Standortnähe zu bewohntem Gebiet und den hieraus resultierenden Anwohnerprotesten sowie daran, dass der innerbetriebliche Bedarf an Dampf und Strom nicht auf das zeitliche Angebot der Kraft-Wärme-Kopplung passt. Für einen optimalen Betrieb müssten im Regelfall externe Verbraucher eingebunden werden.

Die Technologie der Altreifenheizkraftwerke (Rostfeuerung) wurde in Deutschland entwickelt und in den USA sowie Großbritannien mit Erfolg eingesetzt. Planungen für Altreifenkraftwerke in Nordrhein-Westfalen und Sachsen mit einer Gesamtkapazität von 185.000 Tonnen pro Jahr wurden eingestellt, da das kontinuierlich erforderliche Reifenaufkommen nicht gewährleistet werden konnte und die skeptische Beurteilung der Abgasemissionen seitens der Presse und der Bevölkerung erhebliche Probleme erwarten ließ.

Die Verbrennung unzerkleinerter Altreifen als Zusatzbrennstoff in vorhandene Anlagen (Heizkraftwerke, Müllheizkraftwerke) bereitet häufig technische Probleme. Die Zerkleinerung der Altreifen und Entfernung der Stahleinlage vor der Zugabe in das Ofensystem ist jedoch in der Regel unwirtschaftlich.

## 2.7 Beseitigung

Die derzeitige Menge an Altreifen, die auf Deponien beseitigt wird, liegt bundesweit bei etwa vier Gewichtsprozent des Altreifenaufkommens [GAVS, 2001]. Für Baden-Württemberg liegen die Schätzungen eher niedriger.

Ab dem Jahr 2005 dürfen in Deponien keine Altreifen mehr eingebaut werden. Restbestände sind zu verwerten.

### 3 Statistische Übersicht der Wieder-, Weiterverwendung und Entsorgung

#### Europäische Union

Das jährliche Altreifenaufkommen wird europaweit auf etwa 2,5 Millionen Tonnen geschätzt. Die durchschnittlichen Anteile der möglichen Entsorgungswege sind der Abbildung 3.1 zu entnehmen. Nach Schätzungen der Europäischen Reifenrecycling Vereinigung (ETRA) wurden im Jahr 2000 etwa 37 Gewichtsprozent der Altreifen deponiert (allerdings mit abnehmender

Tendenz), etwa 21 Gewichtsprozent einer energetischen und etwa 20 Gewichtsprozent einer stofflichen Verwertung zugeführt. Die restlichen Anteile von 22 Gewichtsprozent verteilen sich etwa jeweils zur Hälfte auf die Bereiche Runderneuerung (in stofflicher Verwertung enthalten) und Wieder-/Weiterverwendung (inklusive Export) [NRZ, 2001].

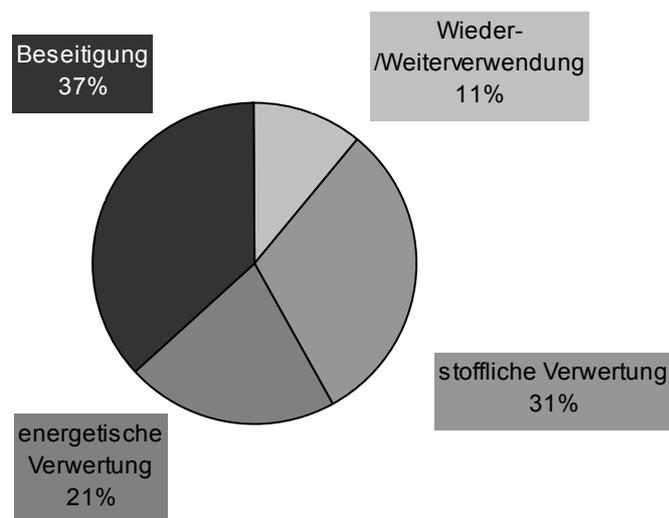


Abbildung 3.1: Verwendung und Entsorgung der Altreifen in Europa, Bezugsjahr 2000 [NRZ, 2001]

#### Deutschland

Eine statistische Übersicht der Altreifenentsorgung in Deutschland ist in Tabelle 3.1 dargestellt. Das jährliche Altreifenaufkommen in Deutschland wird auf etwa 587.000 Tonnen geschätzt. Davon werden etwa 85 Gewichtsprozent einer stofflichen oder energetischen Verwertung beziehungsweise einer Beseiti-

gung zugeführt. Etwa zwölf Gewichtsprozent entfallen auf die Wieder- und Weiterverwendung. Unter den verbleibenden drei Gewichtsprozent sind Fehler aus den Schätzungen unterschiedlicher Quellen sowie Altreifen subsumiert, die statistisch nicht erfasst sind. Die jeweiligen Anteile an den möglichen Entsorgungswegen sind der Abbildung 3.2 zu entnehmen.

	Altreifenmenge [t/a]			Anteile [Gew.-%]		
				am Gesamtaufkommen	an der Verwendung/Entsorgung	an der Entsorgungsart
<b>Wieder- / Weiterverwendung</b>	69.000			12	100	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederverwendung Inland</li> <li>• Export zur Wieder-/ Weiterverwendung</li> <li>• Landwirtschaft, Hafenanlagen, Spielplätze u.ä.</li> </ul>		15.000		3	22	
		46.000		8	67	
		8.000		1	12	
<b>Entsorgung</b>	498.000			85	100	
<b>- stoffliche Verwertung</b>		164.000		28	33	100
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Runderneuerung</li> <li>• Granulate / Mehle</li> </ul>		74.000		13	15	45
		90.000		15	18	55
<b>- energetische Verwertung</b>		310.000		53	62	100
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zementindustrie</li> <li>• Export zur energetischen Verwertung</li> </ul>		270.000		46	54	87
		40.000		7	8	13
<b>- Beseitigung</b>		24.000		4	5	100
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deponierung von Ganzreifen</li> <li>• Deponierung von Abfällen aus der Altautoverwertung</li> </ul>		9.000		1	2	37
		15.000		3	3	63
<b>- nicht erfasst</b>	20.000			3		
<b>Altreifenaufkommen</b>	<b>587.000</b>					

Tabelle 3.1: Verwendung und Entsorgung der Altreifen in Deutschland, Bezugsjahr 2000 [GAVS, 2001]

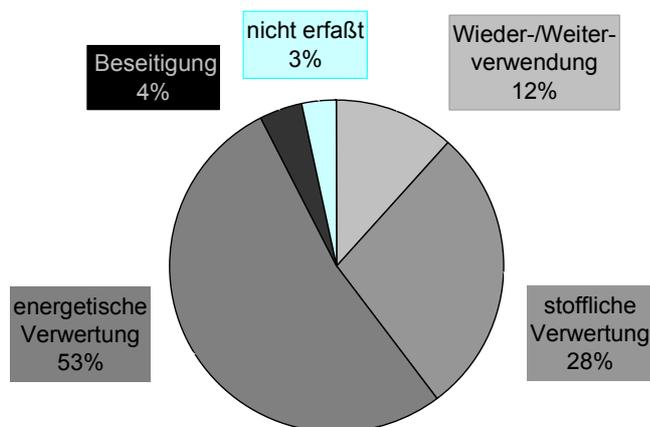
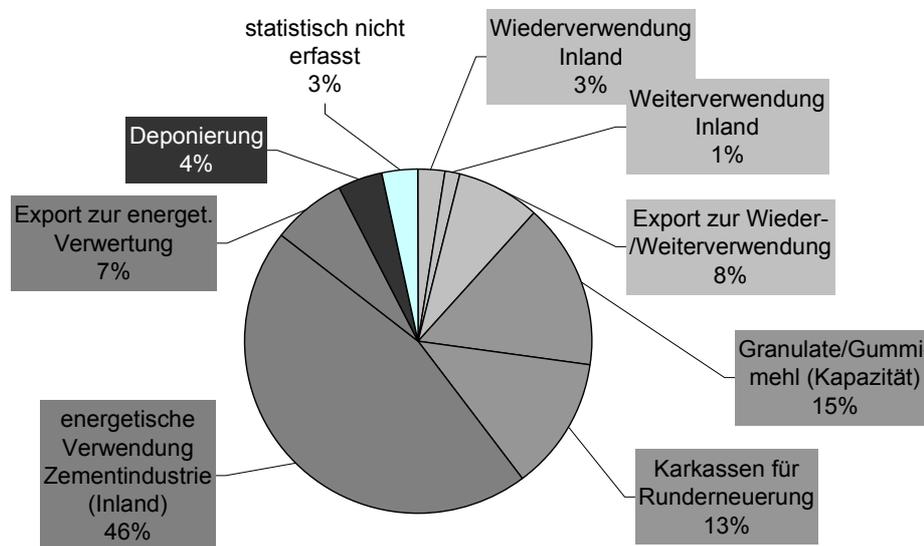


Abbildung 3.2: Verwendung und Entsorgung der Altreifen in Deutschland, Bezugsjahr 2000 [GAVS, 2001]

Abbildung 3.3 zeigt die jeweiligen Anteile der Verwendungs- und Entsorgungswege im Detail. Die Wieder- und Weiterverwendung erfolgt im Wesentlichen im Ausland. Real dürfte dieser Anteil allerdings größer sein, da sicherlich ein Teil auch an der Statistik vorbei exportiert wurde (siehe Kapitel 2.1). Die energetische Verwertung in der Zementindustrie stellt mit 46 Gewichtsprozent den größten Anteil an der Entsorgung der Altreifen dar. Die stoffliche Verwertung als Granulat oder Gummimehl liegt bei etwa 15 Ge-

wichtsprozent, wobei sich in diesem Wert nur die Verarbeitungskapazitäten widerspiegeln. Da über die Auslastungen bzw. Produktionsmengen keine Zahlenangaben vorliegen, ist davon auszugehen, dass dieser Anteil in der Realität weit niedriger ist (siehe Kapitel 2.4.2). Etwa 13 Gewichtsprozent der Altreifen werden runderneuert. Bei Pkws und LLkws ist der Anteil gering (etwa fünf Gewichtsprozent), während im Lkw-Bereich, insbesondere bei schweren Lkws, fast jeder zweite Reifen runderneuert ist.



**Abbildung 3.3:** Anteile der Verwendungs- und Entsorgungswege, Bezugsjahr 2000 [GAVS, 2001]

## Baden-Württemberg

Eine grobe Schätzung über den anteiligen Kraftfahrzeugbestand lässt in Baden-Württemberg ein Altreifenaufkommen von etwa 65.000 bis 70.000 Tonnen erwarten (siehe Kapitel 1.4).

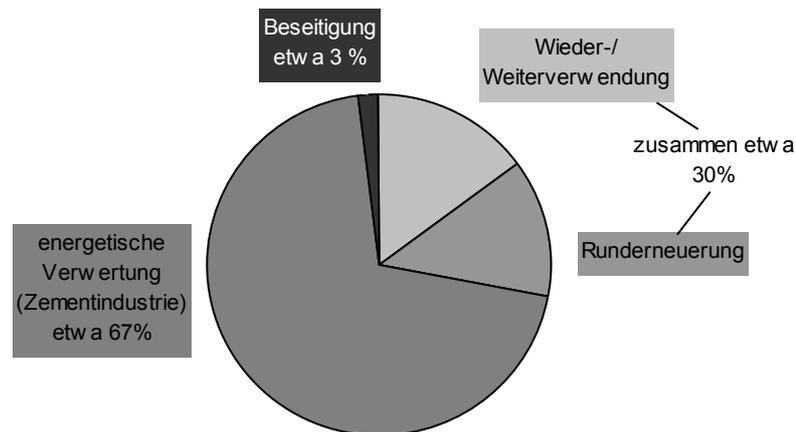
Seitens der Entsorgungsunternehmen in Baden-Württemberg werden die im Bundesland gesammelten Altreifen auf etwa 55.000 bis 60.000 Tonnen geschätzt. Davon entfallen etwa 30 Gewichtsprozent auf Profilreifen und Karkassen und etwa 70 Gewichtsprozent auf Schrottreifen zur Weiterverwendung und Entsorgung. Eine grobe Schätzung der jeweiligen Anteile der Entsorgungswege ist Abbildung 3.4 zu entnehmen.

In dieser Schätzung nicht enthalten ist eine unbekannte Menge an Altreifen, die von einer dänischen Unternehmensgruppe in ein Vorratslager nach Oranienburg für eine (derzeit noch im Bau befindliche) Granulieranlage verbracht wird sowie sonstige Exporte und Importe von Altreifen über die Landesgrenzen.

Grundsätzlich arbeiten die meisten Entsorgungsbetriebe überregional. Baden-Württemberg verfügt, soweit bekannt, weder über Granulierbetriebe, noch über Altreifenheizkraftwerke, noch über Anlagen, die Altreifen rohstofflich verwerten. Tendenziell ist daher anzunehmen, dass mehr Altreifen von Baden-Württemberg in andere Bundesländer exportiert, als Reifen an-

derer Bundesländer importiert werden. Eine quantitative Aussage hierüber ist jedoch nicht

möglich. Allerdings sind lange Transportwege in der Regel kaum rentabel.



**Abbildung 3.4:** Schätzung der Verwendung und Entsorgung von Altreifen in Baden-Württemberg bezogen auf die gesammelte Altreifenmenge

In Baden-Württemberg werden Altreifen überwiegend in der heimischen Zementindustrie verwertet. Für das Jahr 1998 wird die jährlich verwertete Altreifenmenge mit etwa 43.600 Tonnen angegeben [Prognos, 2001]. Nach aktuellen Recherchen beträgt sie derzeit etwa 45.000 bis 46.000 Tonnen pro Jahr. Allerdings ist dabei von einer Anlage nicht die tatsächlich eingesetzte Altreifenmenge berücksichtigt, sondern die Verarbeitungskapazität der Anlage. Die genannten Mengen entsprechen rein rechnerisch, ohne Berücksichtigung importierter Altreifen, 62 bis 70 Gewichtsprozent des geschätzten Gesamtaufkommens in Baden-Württemberg.

Ein weiterer bedeutsamer Verwertungsweg in Baden-Württemberg ist die Runderneuerung.

Insgesamt werden in baden-württembergischen Runderneuerungsbetrieben über 9.200 Tonnen Pkw-, LLkw-, und Lkw-Reifen pro Jahr produziert. Dies würde rein rechnerisch und wiederum ohne Berücksichtigung von Importen etwa 13 bis 14 Gewichtsprozent des geschätzten Gesamtaufkommens in Baden-Württemberg entsprechen.

Die verbleibenden Gewichtsprozente verteilen sich zum größten Teil auf die Wiederverwendung und zu einem kleineren Teil auf die Weiterverwendung, auf das Granulieren außerhalb Baden-Württembergs und zu einem sehr geringen Anteil auf die Deponierung. Genauere Zahlenwerte sind für Baden-Württemberg nicht bekannt.

## 4 Bewertung der Entsorgungssituation

Die Altreifenwieder- und Weiterverwendung sowie die Entsorgung werden seitens der Anfallstellen, der Transport- und der Entsorgungsunternehmen mit Hilfe einer eigenen Logistik bewältigt. Die Behörden haben dabei die Aufgabe, die an dem Entsorgungsgeschehen beteiligten Betriebe zu genehmigen und deren Handeln im Sinne des Gesetzgebers zu überwachen. Eine ständige, umfassende Überwachung findet in der Regel nicht statt. Dass Behörden in Zusammenhang mit „wildem“ Ablagerungen von Altreifen aktiv werden mussten, konnte in Baden-Württemberg aktuell nicht festgestellt werden.

### Abfallbegriff

Die Abgrenzung des Abfallbegriffes wird unterschiedlich gesehen:

- Aus dem Kreis der Entsorger kommt der Vorschlag, den Abfallbegriff auch auf die Wieder- und Weiterverwendung von Reifen auszudehnen. Die Deklaration als Profilreifen erlaube den problemlosen Abtransport auch über die Grenzen Deutschlands hinaus. Unseriöse Unternehmen versuchen oftmals von den Anfallstellen mit Hilfe kostengünstiger Angebote Reifenkontingente zu erhalten, um aus den noch brauchbaren verkaufsfähigen Reifen Profit zu schlagen. Die nicht brauchbaren Altreifen finden sich dann häufig als wilde Ablagerungen im In- und Ausland wieder. Diese Praxis bewerten einige Entsorger als unbefriedigend.
- Runderneuerer hingegen plädieren dafür, die zur Runderneuerung geeigneten Karkassen analog den Profilreifen aus dem Abfallbegriff heraus zu nehmen. Es sei insbesondere im Pkw-Bereich den Kunden nicht zu vermitteln, dass ein so sensibles Produkt wie ein Reifen auf der Basis von Abfall besser sein soll, als ein neues Produkt zu etwa gleichem Preis (Importreifen).

### Erfassen, Sammeln, Sortieren

Auf die Entsorgung von Altreifen spezialisierte Unternehmen klagen über mangelnde Kontrolle an den Anfallstellen. Unseriös arbeitende Betriebe würden hierdurch begünstigt.

Unter dem Aspekt der sicheren und nachvollziehbaren Entsorgung der Altreifen sollte der Forderung an die Anfallstellen, nur noch über zertifizierte Betriebe zu entsorgen, Nachdruck verliehen werden. Allerdings sind dem Aufwand und den Kosten einer Zertifizierung nach der Entsorgungsfachbetriebe-Verordnung oder den Richtlinien des Bundesverbandes Reifenhandel und Vulkanisierhandwerk (BRV) nicht alle Betriebe gewachsen. Seriöse kleine Unternehmen könnten somit durch diese Forderung benachteiligt werden.

Baden-württembergische Entsorger leiden insbesondere unter dem Konkurrenzdruck ausländischer Betriebe, die dem hiesigen Markt einen merklichen Anteil an Altreifen entziehen.

### Wieder- und Weiterverwendung

Die Wiederverwendung führt zu einer längeren Nutzung des Reifens und vermindert dadurch die aktuell als Abfall anfallende Altreifenmenge. Nachteilig ist, dass die Wiederverwendung in erster Linie in Ländern erfolgt, in denen eine umweltschonende finale Entsorgung des Altreifens nicht immer gewährleistet ist.

Das Profil von Lkw-Reifen kann nachgeschnitten und damit auch die Laufzeit verlängert werden, sofern die Dicke des Untergummis dies zulässt. Üblich ist ein teilweises Nachschneiden z.B. bei ungleichmäßig abgefahrenen Reifen. Die Runderneuerung wird in der Regel dem vollständigen Nachschneiden des Profils vorgezogen.

Auch die Weiterverwendung führt zu einer längeren Nutzung des Altreifens und damit zu einer Verringerung des aktuellen als Abfall anfallenden Altreifenmenge. Ihre Bedeutung ist relativ gering. Zudem ist häufig nicht sichergestellt, dass die Altreifen nach ihrer Verwendung auch einer umweltverträglichen Entsorgung zugeführt werden. Für den Einsatz auf Spielplätzen wird aus Vorsorgegründen darauf hingewiesen [UBA, 2001], dass einige Ausgangsprodukte der Reifen krebserregendes Potential aufweisen. Sie liegen allerdings in gebundener Form vor.

## Werkstoffliche Verwertung

### Runderneuerung

Aufgrund der starken Konkurrenz können nur Runderneuerungsbetriebe ihre Produktion in Deutschland aufrechterhalten, die schon in der Vergangenheit kontinuierlich rationalisiert und automatisiert haben. Viele Betriebe haben bereits die Produktion einstellen müssen oder sie ins Ausland verlagert.

Ab dem Jahr 2003 gelten die ECE-Regelungen 108 (Pkw-Reifen) und 109 (Lkw-Reifen) auch für runderneuerte Reifen. Den Auflagen und den hieraus resultierenden Kosten werden vermutlich kleinere Runderneuerungsbetriebe nicht gewachsen sein. Andererseits erhoffen sich die Runderneuerer durch diese Regelung eine Steigerung des Ansehens von runderneuerten Reifen.

Runderneuerte Pkw-Reifen finden beim Verbraucher nur wenig Akzeptanz. Obwohl die Produktion einer ständigen intensiven Kontrolle unterliegt und die Ausfallquoten nicht höher liegen als bei Neureifen [BAST, 2002], werden sie vom Verbraucher im Allgemeinen als weniger zuverlässig eingeschätzt. Eine entsprechende Image-Kampagne des AIR zeigte keinen nachhaltigen Erfolg. Gegen eine zunehmende Nachfrage an qualitätsgeprüften, runderneuerten Reifen spricht auch, dass deren Preise nur geringfügig unter denen importierter, qualitativ zufrieden stellender Neureifen liegen. Bei teuren Fahrzeugen spielen die Reifenpreise eine untergeordnete Rolle. Für den steigenden Anteil an Hochgeschwindigkeitsreifen (im Jahr 2000: 54,5 Prozent mit Geschwindigkeitszulassung über 210 km/h im Erstausrüstermarkt und 30,3 Prozent im Reifenersatzgeschäft) stehen runder-

neuerte Reifen aus Sicherheitsgründen nicht zur Verfügung.

Im Bereich der Lkw-Reifen ist der Einsatz runderneuerter Reifen weitaus verbreiteter. Jedoch im Vergleich zu den skandinavischen Ländern (der dortige Anteil an runderneuerten Reifen beträgt etwa 60 Prozent) erscheint der hiesige Markt noch ausbaufähig (derzeitiger Anteil etwa 40 Prozent).

### Granulate und Mehle

Für eine werkstoffliche Verwertung von Altreifen in Form von Granulaten und Mehlen fehlen innerhalb Deutschlands ausreichend aufnahmefähige Anwendungsbereiche, die eine aufwändige Feinzerkleinerung rechtfertigen. Außerdem ist die Auslastung von Granulierbetrieben langfristig nur über einen nationalen bzw. internationalen Einzugsbereich zu sichern. In Baden-Württemberg befinden sich derzeit weder Granulierbetriebe, noch gibt es, soweit bekannt, eine mengenrelevante Nutzung der Granulate oder Mehle.

### Rohstoffliche Verwertung

Bislang konnte unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten kein rohstoffliches Verfahren zur Altreifenentsorgung überzeugen. Eine Anwendung im großtechnischen Maßstab ist in Deutschland nicht bekannt. In Miltzow ist eine Pyrolyseanlage zur Erzeugung von Aktivkohle aus Altreifen geplant und soll 2003 in Probetrieb gehen. Der Erfolg dieses Konzeptes bleibt abzuwarten.

### Energetische Verwertung

In Baden-Württemberg werden Altreifen überwiegend in der heimischen Zementindustrie verwertet. Aufgrund der notwendigen Begrenzung des Stahleintrages in den Zementklinker sind die Verwertungskapazitäten kaum weiter ausbaufähig. Eine bedeutende Kapazitätsausweitung erscheint nur durch eine Aufarbeitung der Altreifen zu einem stahlfreien Granulat, das in der Primärfeuerung und eventuell in der Calcinatorfeuerung eingesetzt werden könnte, möglich. Der hierbei notwendige Zerkleinerungsaufwand macht diese Verwertungsoption jedoch derzeit unwirtschaftlich.

Eine Substitution von Altreifen durch andere Sekundärbrennstoffe ist nach Aussage der baden-württembergischen Zementwerke nicht zu erwarten. Die Umstellung des Prozesses wäre mit nicht unerheblichen Kosten verbunden. Der Aufwand könnte sich nur innerhalb eines genehmigten Gesamtrahmens für den Einsatz von Sekundärenergieträgern lohnen. Ein anderer, längerfristig in entsprechender Menge verfügbarer Energieträger mit deutlich höherer Zuzahlung seitens des Entsorgers müsste dabei zu Lasten der Altreifen verbrannt werden. Derartige Überlegungen werden derzeit nur begrenzt diskutiert.

Andere Formen der energetischen Verwertung werden in Baden-Württemberg nicht praktiziert. Die Verbrennung von Altreifen als Zusatzbrennstoff in Kohlekraftwerken (Wirbelschichtfeuerung) oder eine Mitverbrennung in Müllverbrennungsanlagen scheitert an der erforderlichen Zerkleinerung oder Granulierung, die zu höheren

Kosten führen würden. Die Errichtung von speziellen Altreifenheizkraftwerken ist in Baden-Württemberg nicht geplant. Sie scheiterten bundesweit an der Befürchtung unzulässig hoher Emissionen und damit an der Akzeptanz der Bevölkerung. Die kontinuierliche Bereitstellung der erforderlichen Altreifenmengen ist in den alten Bundesländern und langfristig auch in den neuen Bundesländern nur schwer zu gewährleisten.

### **Beseitigung**

Die Deponierung von Altreifen spielt in Deutschland nur noch eine untergeordnete Rolle. Teilweise dienen Deponien als Annahme- und damit auch als Anfallstellen oder sie setzen Altreifen zum Beschweren von Abdeckfolien ein (Weiterverwendung). Ab dem Jahr 2005 dürfen in Deponien keine Altreifen mehr eingebaut werden.

## Anhang

### 5.1 Abkürzungen

AVA	Ausschuss für Abfallverwertung	ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg
AVV	Verordnung über das Europäisches Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung-AVV)	ISI	Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe
AIR	Arbeitsgemeinschaft industrieller Runderneuerer, Köln	ITAS	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Forschungszentrum Karlsruhe
BAST	Bundesanstalt für Fahrzeugwesen, Bergisch Gladbach	KBA	Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg und Dresden
BDE	Bundesverband der deutschen Entsorgungswirtschaft e.V., Köln	KfZ	Kraftfahrzeug
BestüVAbfV	Bestimmungsverordnung über Überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung	km/h	Kilometer pro Stunde
BRV	Bundesverband Reifenhandel und Vulkaniseur-Handwerk e.V., Bonn	LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
Bva	Bielefelder Verlagsanstalt	LIGmbH	Liegenschaft- und Innovations GmbH-Altreifen-Recycling-Anlage Miltzow
DDR	Deutsche Demokratische Republik	Lkw	Lastkraftwagen
ECE (UNECE)	(United Nations) Economic Commission for Europe	LLkw	Leicht-Lastkraftwagen (z.B. VW-Bus, Mercedes-Sprinter)
ESPAG	Energiewerke Schwarze Pumpe AG, Cottbus	NRZ	Neue Reifen-Zeitung; Profil Verlag, München
ETRA	Europäische Reifenrecycling Vereinigung, Paris	Pkw	Personenkraftwagen
EU	Europäische Union	TÜV	Technischer Überwachungsverein
EUWID	Europäischer Wirtschaftsdienst; Recycling und Entsorgung	UBA	Umweltbundesamt, Berlin
GAVS	Gesellschaft für Altgummi-Verwertungs-Systeme m.b.H., Frankfurt am Main	UMBayer	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltschutz, München
Gew.-%	Gewichtsprozent	VDZ	Bundesverband der deutschen Zementindustrie e.V., Köln
°C	Grad Celsius	wdk	Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie, Frankfurt am Main

## 5.2 Quellenverzeichnis

**AIR, 1996:** Arbeitsgemeinschaft industrieller Runderneuerer (AIR): Eine Arbeitsgemeinschaft für mehr Sicherheit und eine bessere Umwelt. BRV, Köln 1996

**BAST, 2002:** Bundesanstalt für Straßenwesen: Internetseite

[www.bast.de/htdocs/veroeffentlichungen/kurzfassung/f29.htm](http://www.bast.de/htdocs/veroeffentlichungen/kurzfassung/f29.htm), Stand 20.2.2002

**BRV, 2001:** Bundesverband Reifenhandel und Vulkaniseur-Handwerk e.V. (BRV): persönliche Mitteilung, 2001

**Entsorger, 2001:** Entsorgungsbetriebe Baden-Württembergs: persönliche Mitteilungen, November 2001

**EUWID, 2001:** Europäischer Wirtschaftsdienst; Recycling und Entsorgung (EUWID), (2001) Nr.30, S.9

**GAVS, 2001:** Gesellschaft für Altgummiverwertungssysteme m.b.H. (GAVS): Altreifenentsorgung in Deutschland 2000, Bonn, 2001

**GAVS, 2001a:** Gesellschaft für Altgummiverwertungssysteme m.b.H. (GAVS): persönliche Mitteilung, 2001

**GAVS, 2002:** Gesellschaft für Altgummiverwertungssysteme m.b.H. (GAVS): Altgummiverwertung in Deutschland. Statusbericht 2001, Frankfurt, Februar 2002

**Hirsch, 1998:** Hirsch, Helmut: GAVS trägt zur deutlichen Kapazitätsausweitung bei. Der Altreifen-Atlas. Bielefelder Verlagsanstalt, Bielefeld, 1998

**Hülzer, 1998:** Hülzer, Peter: Reifenhändler entsorgen nach Kostenkalkül. Der Altreifenatlas. Bielefelder Verlagsanstalt, 1998

**ifeu, 1999:** Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu): Ökologische Bilanzen in der Abfallwirtschaft. Umweltbundesamt: Forschungsbericht UBA-FB 99-014

**ISI, 1999:** Patel, M., E. Jochem, F. Marscheider-Weidemann, P. Radgen, N. von Thienen: C-Ströme: Abschätzung der Material-, Energie-

und CO<sub>2</sub> - Ströme für Modellsysteme im Zusammenhang mit dem nichtenergetischen Verbrauch, orientiert am Lebensweg - Stand und Szenarienbetrachtung. Band 1: Abschätzung für das Gesamtsystem. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung: Karlsruhe, Oktober 1999

**ITAS, 2000:** Achternbosch, M.; K.-R. Bräutigam: Herstellung von Zementklinker, Verfahrensbeschreibung und Analysen zum Einsatz von Sekundärbrennstoffen. Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Dezember 2000

**ITAS, 2001:** Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Karlsruhe: persönliche Mitteilung

**KBA, 2001:** Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Statistische Mitteilungen. Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern in Deutschland 1965 bis 2000 nach Bundesländern (einschließlich der vorübergehend stillgelegten Fahrzeuge). Internet-Seite des KBA: [www.kba.de/Stabsstelle/Statistiken](http://www.kba.de/Stabsstelle/Statistiken), Stand November 2001

**LIGmbH, 2002:** Liegenschafts- und Innovations-GmbH, Altreifen-Recycling-Anlage Miltzow. Internetseite-Seite [www.ligmbh.de/de/idee.html](http://www.ligmbh.de/de/idee.html) und persönliche Mitteilungen

**Löwenhaupt, 1998:** Löwenhaupt, Bernd: Altreifenheizkraftwerke erzeugen Energie. Der Altreifen-Atlas. Bielefelder Verlagsanstalt, Bielefeld, 1998

**Michelin, 2002:** Michelin Deutschland: persönliche Mitteilung. Karlsruhe, Februar 2002

**NRZ, 2001:** Neue Reifen-Zeitung: Internetseite [http://www.neuereifenzeitung.de/Archiv/Daten/2001/C\\_010106.htm](http://www.neuereifenzeitung.de/Archiv/Daten/2001/C_010106.htm)

**Prognos, 2001:** Persönliche Mitteilung, Berlin, September 2001

**Reschner, 2001:** Reschner, K.: Altreifen-Recycling. Internetseiten <http://snafu.de/kurtr/str/de.html>, Juli 2001

**Schmidthals, 1999:** Schmidthals, H., D. Rose: Untersuchungen zur thermischen Nutzung stückiger Sekundärbrennstoffe im Ze-

mentbrennprozeß. ZKG International, 52 (1999), Nr.2, S.88 ff

**UMB Bayern, 2002:** Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen: Internetseite [www.umweltministerium.bayern.de/service/exikon/h.htm](http://www.umweltministerium.bayern.de/service/exikon/h.htm), Stand Februar 2002

**UBA, 2001:** Umweltbundesamt: Internetseite [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de), Presseinformation, Stand: September 2001

**VDZ, 1998:** Verein deutscher Zementwerke e.V.: Beton hart im Nehmen, stark in der Leistung, fair zur Umwelt. Düsseldorf, 1998

**VDZ, 2000:** Verein deutscher Zementwerke e.V.: Umweltdaten der deutschen Zementindustrie. Düsseldorf, September 2000

**VDZ, 2001:** Verein deutscher Zementwerke e.V.: Umweltdaten der deutschen Zementindustrie. Düsseldorf, Mai 2001

**wdk, 2001:** Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie e.V. (wdk): Die Kautschukindustrie 2000. Frankfurt am Main, 2001

**wdk, 2001a:** Wirtschaftsverband der deutschen Kautschukindustrie e.V. (wdk): persönliche Mitteilung, November 2001

**Zementindustrie, 2001:** Zementwerke in der Bundesrepublik: Persönliche Mitteilungen. August / September 2001

**Veröffentlichungen der Reihe  
"Texte und Berichte zur Abfallwirtschaft"  
ISSN 0941-780X (ZFD)**

<b>Titel</b>	<b>Band</b>	<b>Jahr der Herausgabe</b>	<b>Preis (falls lieferbar)</b>
<b>Sachstandsbericht Holz</b>	1	1992	vergriffen
<b>Betriebsanlagen zur Vergärung von Abfällen</b> (Reisebericht)	2	1993	vergriffen
<b>Wertstoffsortierung</b> (Sachstandsbericht) 2. Auflage	3	1993 1997	8,00 €
<b>Entsorgung von Altbatterien</b> (Sachstandsbericht)	4	1993	8,00 €
<b>Stationäre Bodenreinigungsanlagen in der Bundesrepublik Deutschland</b>	5	1994	vergriffen
<b>Vergärung und Kompostierung von Bioabfällen</b> (Methodenvergleich)	6	1994	8,00 €
<b>Entsorgung von Altfahrzeugen in Baden-Württemberg</b>	7	1994	8,00 €
<b>Mechanisch-biologische Behandlungsanlagen für Restmüll</b>	8	1995	vergriffen
<b>Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräteschrott</b>	9	1995	8,00 €
<b>Anlagen zur Aufbereitung von Bauabfällen in Baden-Württemberg</b>	10	1996	vergriffen
<b>Entsorgerkatalog Baden-Württemberg</b>	11	1996	12,00 €
<b>Kommunale Abfallvermeidungs- und Verwertungsstrategien</b>	12	1997	9,00 €
<b>Forstwirtschaftliche Rekultivierung von Deponien mit TA Siedlungsabfallkonformer Oberflächenabdichtung</b>	13	1997	9,00 €
<b>Deponiebetrieb und Deponiekontrolle</b> Hinweise für die Umsetzung der TA Siedlungsabfall in die Praxis	14	1997	9,00 €

**Die Reihe „Texte und Berichte zur Abfallwirtschaft“ wird unter der Bezeichnung „Kreislaufwirtschaft“ fortgesetzt  
ISSN 1616-458X**

<b>Titel</b>	<b>Band</b>	<b>Jahr der Herausgabe</b>	<b>Preis (falls lieferbar)</b>
<b>Anlagen zur Aufbereitung von Holzabfällen in Baden-Württemberg</b>	15	1999	10,00 €
<b>Handlungsmöglichkeiten in der kommunalen Abfallwirtschaft unter Wirtschaftlichkeitsaspekten</b>	16	2000	9,00 €
<b>Abbruch von Wohn- und Verwaltungsgebäuden</b> Handlungshilfe	17	2001	kostenlos
<b>Anlagen zur Behandlung von Bio- und Grünabfällen in Baden-Württemberg</b> - Erhebung, Stand Mai 2000 -	18	2001	11,00 €