



# Diplomarbeit

Master's Thesis

## **Aufbereitung von Recyclingasphalt – Planung und Dimensionierung der Einrichtung**

*ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
einer Diplom-Ingenieurin*

*unter der Leitung von*

**o.Univ.Prof.Dipl.Ing.Dr.techn. Hans Georg Jodl**

*am*

**E234**

**Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement**

*eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen*

*von*

**Mariya Petrova**

*0427342*

*Bulgarka 37*

*8800 Sliven, Bulgarien*

**Sofia, im Juni 2010**



## **VORWORT**

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement der TU Wien im Rahmen eines Doppel-Degree Studiums zwischen der Universität für Architektur, Bauwesen und Geodäsie Sofia und der Technischen Universität Wien entwickelt. Diese Diplomarbeit habe ich zum Abschluss meines Masterstudiums der Richtung Verkehrsbauwesen erfasst.



## **DANKSAGUNG**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die zum Gelingen meiner Diplomarbeit beigetragen haben.

Mein Dank gebührt Herrn o.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr.techn. Jodl für die Möglichkeit, meine Diplomarbeit am Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement an der Technischen Universität Wien auszuarbeiten.

Frau Univ. Ass. Dipl.-Ing. Bettina Bogner danke ich für die hilfreiche Unterstützung bei der Fertigung der Diplomarbeit während meines Aufenthaltes in Wien.

Großer Dank gebührt Herrn Dipl.-Ing. K. Schäfer, Herrn G. Kerner und Herrn Dipl.-Ing. M. Rabitsch für die Kontaktherstellung mit der Firma Strabag, sowie Herrn Dipl.-Ing. M. Weixlbaum und Herrn Dipl.-Ing. R. Matschek für die Verwirklichung meines Besuches der Asphaltmischanlage in Hausleiten und für die vielzähligen Informationen, die ich durch Sie erhalten habe.

Spezieller Dank gebührt meinen Eltern, Großeltern, meiner Schwester, meinen Freunden und Kollegen.



## **KURZFASSUNG**

### **Aufbereitung von Recyclingasphalt – Planung und Dimensionierung der Einrichtung**

Der in dieser Diplomarbeit erörterte Kernpunkt beruht auf die Idee den ausgebauten Asphalt, der durch das Mischen von bituminösem Bindemittel und Gesteinskörnungen in Asphaltmischanlagen gewonnen wird und als Baumaterial zur Errichtung von Straßenbefestigungen dient, bei der Herstellung neuer Beläge zu recyceln. Das Recyclieren, auch Wiederverwendung genannt, besteht in der wiederholten Anwendung eines Stoffes in ein und dem selben Einsatzgebiet. Wesentliche Gründe, Asphalt zu recyceln, sind die Schonung von Umwelt und Rohstoffen, Minimierung von Deponieflächen und die Einsparung von Transportkosten und Deponiegebühren. Zu den an der Baustelle einsetzbaren Recyclingmethoden nach Heißaufbereitung gehören das Reshape-, Regrip-, Repave- und Remixverfahren, während die Wiederverwendung nach Kaltaufbereitung sich in der Anwendung bituminöser Deckschichten als Unterlage oder im Einsatz kaltgefräster stabilisierter Asphaltsschichten ausdrückt. Die Aufbereitung von Recyclingasphalt wird nach Ausbau-, Brech- und Siebarbeiten in speziell ausgelegten oder universellen Mischanlagen ausgeführt.

Am Beispiel einer Landesstraße wird in dieser Diplomarbeit die Planung eines gesamten Recyclingvorganges gezeigt. Zuerst wird durch Fräsen in zwei Arbeitsgängen eine Trennung des Binder-, Deck-, und Tragschichtasphaltes erzielt. Nach Transportieren und Zwischenlagern wird das Material zur Erhaltung der passenden Kornzusammensetzung gesiebt. Das getrennte Fräsen und Lagern, die richtige Aufbewahrung während der Lagerung zum Schutze gegen die Feuchtigkeitsaufnahme und der Einsatz von Paralleltrommel zur Erwärmung des Asphaltgranulats bei der Mischung erlauben 70 prozentige Altasphaltzugabe zur Tragschichtherstellung und 30 prozentige Altasphaltzugabe zur Binderschichtherstellung. Die Planung und die Dimensionierung der Einrichtung sind mit der Einbauleistung des Neuasphalts abzustimmen. Der Durchsatz der Mischanlage hängt von der Einbauleistung ab und die Leistung der Aufbereitungsgeräte wird nach der herzustellenden Asphaltmenge gerichtet. Die Wiederverwendung des aus der 5 km langen Landesstraße ausgebauten Asphaltes erfolgt in 14,5 Arbeitstagen. Ergebnis aus dem Recycling von Altasphalt bei der Erneuerung der Landesstraße ist die wesentliche Einsparung von Rohstoffen, Deponieplätzen und –gebühren.



## **ABSTRACT**

### **Preparation of recycling asphalt – planning and sizing of the equipment**

Main point considered in this diploma paper is founded on the idea of production of new asphalt coverings by recycling of destroyed asphalt, that by mixing of bituminous compounds and rock caucuses in asphalt plant prepared is and as material for building of road coverings works. The recycling called consists of second use of materials in the same execution field. Crucial arguments in defence of the recycling methods in comparison with deposit include decrease of depot areas, economizing of transport expenses and depot dues, preservation of environment and raw materials. To the methods applicable in situ after warm processing pertains reshape, regrip, repave and remix works, while the repeated using in situ after cold procession finds expression in usage of bituminous covering layer as a ground for upper layer or in application by cold milled stabilized asphalt layers. To achieve a higher quality of the produced asphalt mixture, in case the old asphalt his technical properties has lost, is after destroy, crush and screen activities a recycling in special equipped or universal plants done.

This diploma paper is meant to prepare a planning of the whole recycling process of a country road. By milling in two courses is reached an asphalt separation into binder and covering layer asphalt and basic layer asphalt. After transportation and temporary deposit of the material follows his screening to receive an appropriate granulometric content. A separate milling and deposit, a correct storage during the temporary deposit for wet protection and an use of parallel barrel by manufacturing of asphalt mixture in an asphalt plant enable 70 and 30 percentage supplement for basic and respectively for binder layer production. The planning of the processes and the sizing of the mechanizing can be concerted with the productivity by the layout of asphalt. The efficiency of asphalt plant depends on the productivity by the layout of asphalt and the efficiency of the preparation devices has to be in conformity with the manufacturing asphalt quantity. The recycling of the asphalt received by milling of 5 km long country road is completed in 14, 5 workdays. Result from the recycling of the old asphalt by the country road renovation is appreciably saving of raw stuffs, places for deposit and depot dues.



## **ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

**Abb.** \_\_\_\_\_ Abbildung

**bzw.** \_\_\_\_\_ beziehungsweise

**ca.** \_\_\_\_\_ circa

**d.h.** \_\_\_\_\_ das heißt

**Gew.- %** \_\_\_\_\_ Gewichtsprozent

**M.- %** \_\_\_\_\_ Massenprozent

**ÖNORM** \_\_\_\_\_ Österreichisches Normungsinstitut

**RVS** \_\_\_\_\_ Richtlinie und Vorschriften für den Straßenbau

**Tab.** \_\_\_\_\_ Tabelle

**Vol.- %** \_\_\_\_\_ Volumenprozent

**z.B.** \_\_\_\_\_ zum Beispiel



## BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

### ➤ **Wiederverwendung**

„Der Begriff „**Wiederverwendung**“ wird als die wiederholte Benutzung eines Stoffes/Produktes für den gleichen Verwendungszweck definiert, wie es beim Einsatz von Ausbauasphalt bei der Herstellung von Asphaltmischgut der Fall ist.“<sup>1</sup>

„Die **Wiederverwendung von Asphalt** spiegelt damit die höchste Stufe des Recyclings wider, also die Verarbeitung von Asphalt wieder zu (Heiß-) Asphalt und zeigt damit einerseits die Erfüllung der Forderung des KrW-/AfG (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz) nach höchstwertiger Verwertung und andererseits die technische und qualitative Gleichwertigkeit des so entstandenen Produktes.“<sup>2</sup>

### ➤ **Maximale Stückgröße**

„Die **maximale Stückgröße** des Asphaltgranulates entspricht der Nennweite der Prüfsieböffnung, durch die die größten Stücke gerade noch hindurchgehen.“<sup>3</sup>

### ➤ **Stückgrößenverteilung**

„Die **Stückgrößenverteilung** ist die nach Kornklassen aufgegliederte Zusammensetzung des Asphaltgranulates. Sie beschreibt nicht die Korngrößenverteilung des im Asphaltgranulat enthaltenen Gesteinskörnungsgemisches.“<sup>4</sup>

### ➤ **Altasphalt**

Asphalt, der im aus- oder eingebauten Zustand vorliegt und sein Tragvermögen verloren hat, heißt **Altasphalt**.

### ➤ **Asphaltaufbruch**

Asphalt, der in Schollen mit einer maximalen Seitenlänge bis 80 cm durch Aufbrechen von einem Schichtenpaket unter Verwendung von Tieflöffelbagger, Aufbruchmeißel oder Aufreißzahn gewonnen wird, nennt man **Asphaltaufbruch**.

---

<sup>1</sup> Deutscher Asphaltverband e. V. –DAV- 2008.

<sup>2</sup> Ebenda.

<sup>3</sup> Ebenda.

<sup>4</sup> Ebenda.

➤ **Asphaltfräsgut**

Asphalt, der kleinstückig durch Kalt- oder Warmfräsen einer bestehenden Asphaltkonstruktion gewonnen wird, kennt man als **Asphaltfräsgut**.

➤ **Ausbauasphalt**

**Ausbauasphalt** ist sowohl Asphaltaufbruch als auch Asphaltfräsgut.<sup>5</sup>

➤ **Asphaltgranulat**

„**Asphaltgranulat** ist ein aus Asphaltstücken bestehender Recyclingbaustoff bestimmter Qualität.“<sup>6</sup>

➤ **Recyclingasphalt**

„**Recyclingasphalt** ist Ausbauasphalt, der für eine Wiederverwendung geeignet ist und den Anforderungen der Tabelle 1 entspricht.“<sup>7</sup>

Parameter	Einheit	Grenzwert
pH-Wert		5,5-11
Leitfähigkeit	ms/m	150
Summe der polycyclischen aromatischen Kohlen-Wasserstoffe (PAK)	mg/l	0,002
Kohlen - Wasserstoffe gesamt	mg/l	0,2
Blei gesamt	mg/l	0,1
Chrom gesamt	mg/l	0,1
Kupfer gesamt	mg/l	1

**Tab. 1 Anforderungen an Recyclingasphalt. Zulässige Konzentrationen im Eluat gemäß ÖNORM S 2072<sup>8</sup>**

<sup>5</sup> Vgl. RVS 08.97.04, S. 1.

<sup>6</sup> Ebenda, S. 1.

<sup>7</sup> Ebenda, S. 2.

<sup>8</sup> Ebenda, S. 3.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>VORWORT .....</b>	<b>I</b>
<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>II</b>
<b>KURZFASSUNG .....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IV</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>V</b>
<b>BEGRIFFSBESTIMMUNGEN .....</b>	<b>VI</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Historischer Überblick.....</b>	<b>2</b>
<b>3 Asphalt .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Asphaltarten .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.1 Asphaltarten nach der Zusammensetzung .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.2 Asphaltarten nach dem Einsatzbereich .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2 Bestandteile von Asphalt.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2.1 Bindemittel .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2.2 Gesteinsstoffe .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2.3 Füller.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Herstellung von Asphaltmischgut .....</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Einbauen von Asphalt .....</b>	<b>9</b>
<b>4 Recyclingasphalt .....</b>	<b>11</b>
<b>4.1 Recyclingasphalt im Allgemeinen .....</b>	<b>11</b>
<b>4.2 Aufbereitung von Recyclingasphalt an Ort und Stelle .....</b>	<b>11</b>
<b>4.2.1 Heißaufbereitung .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2.1.1 Reshape-Verfahren.....</b>	<b>12</b>
<b>4.2.1.2 Regrip-Verfahren .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.1.3 Repave-Verfahren.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.1.4 Remix-Verfahren.....</b>	<b>14</b>
<b>4.2.2 Kaltaufbereitung .....</b>	<b>15</b>

4.2.2.1	Wiederverwendung bituminöser Schichten als Unterlage .....	15
4.2.2.2	Wiederverwendung bituminöser Schichten nach Kaltfräsen-“Kaltrecycling”... .....	16
<b>4.3</b>	<b>Aufbereitung von Recyclingasphalt an anderer Stelle.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Gewinnung von Ausbauasphalt .....</b>	<b>19</b>
4.3.1.1	Wahl von Gewinnungsart .....	20
4.3.1.2	Gewinnung von Schollenaufbruch .....	20
4.3.1.3	Warmfräsen .....	21
4.3.1.4	Kaltfräsen .....	22
<b>4.3.2</b>	<b>Zwischenlagern auf Deponie.....</b>	<b>28</b>
4.3.2.1	Aufnehmen und Zwischenlagern nach dem Schollenaufbruch .....	29
4.3.2.2	Aufnehmen und Zwischenlagern nach dem Fräsen .....	30
<b>4.3.3</b>	<b>Aufbereitung von Asphaltgranulat.....</b>	<b>31</b>
4.3.3.1	Zerkleinerungsanlagen.....	31
4.3.3.2	Zerkleinerungsgeräte .....	32
4.3.3.3	Regelungen für Anlieferung und Sortierung .....	33
<b>4.3.4</b>	<b>Wiederverwendung in noch heißem Zustand .....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Wiederverwendung ohne Heißaufbereitung.....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.6</b>	<b>Wiederverwendung mit Heißaufbereitung mittels .....</b>	<b>37</b>
4.3.6.1	Anforderungen an das Zentralmischverfahren .....	37
4.3.6.2	Zugabemöglichkeit von Asphaltgranulat .....	38
4.3.6.3	Heißzugabe.....	42
4.3.6.4	Kaltzugabe .....	47
<b>4.4</b>	<b>Einsatzspektren von Ausbauasphalt .....</b>	<b>49</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Deponieren von Ausbauasphalt.....</b>	<b>49</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Wiederverwendung von Ausbauasphalt in Lärmschutzwällen, im Unterbau oder zur Verbesserung des Untergrundes.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Wiederverwendung von Ausbauasphalt in ungebundenen Tragschichten.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Wiederverwendung von Ausbauasphalt in verfestigten Frostschuttschichten.....</b>	<b>51</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Wiederverwendung von Ausbauasphalt in Asphaltfundationsschichten.....</b>	<b>51</b>

<b>4.4.6 Wiederverwendung von Ausbauasphalt in bituminösen Asphalttragschichten</b> .....	51
<b>4.4.7 Wiederverwendung von Ausbauasphalt in Asphaltbinderschichten</b> .....	52
<b>4.4.8 Wiederverwendung von Ausbauasphalt in Asphaltdeckschichten</b> .....	52
<b>5 Planung und Dimensionierung der Einrichtung zur Aufbereitung von Recyclingasphalt</b> .....	<b>53</b>
<b>5.1 Bauobjekt</b> .....	<b>53</b>
<b>5.1.1 Querschnitt der Landesstraße</b> .....	53
<b>5.1.2 Schichtenaufbau der Landesstraße</b> .....	53
<b>5.1.3 Bituminöse Befestigung der Landesstraße</b> .....	54
<b>5.2 Fräsen</b> .....	<b>55</b>
<b>5.2.1 Großfräse Wirtgen W 1900</b> .....	55
<b>5.2.2 Beschreibung des Fräsvorganges</b> .....	57
5.2.2.1 Binder- und Deckschichtabfräsen.....	58
5.2.2.2 Tragschichtabfräsen .....	59
5.2.2.3 Gesamte Fräszeit.....	60
<b>5.3 Beladen des Fräsasphaltes</b> .....	<b>60</b>
<b>5.3.1 Beladen von Binder- und Deckschichtasphalt</b> .....	60
<b>5.3.2 Beladen von Tragschichtasphalt</b> .....	61
<b>5.3.3 Gesamte Beladezeit</b> .....	61
<b>5.4 Transport zur Zwischendeponie</b> .....	<b>61</b>
<b>5.4.1 Hinterkipper– Mercedes– 4140 Actros–8x6</b> .....	61
<b>Technische Daten des Hinterkippers</b> .....	61
<b>5.4.2 Ermittlung der Hin- und Rückfahrtzeit</b> .....	61
<b>5.4.3 Ermittlung der Transportleistung</b> .....	62
5.4.3.1 Transport von Binder- und Deckschichtasphalt .....	62
5.4.3.2 Transport von Tragschichtasphalt .....	63
<b>5.4.4 Ermittlung der Transportzeit</b> .....	63
5.4.4.1 Stehzeit.....	63
5.4.4.2 Gesamttransportzeit.....	64

<b>5.5</b>	<b>Zwischenlagerung .....</b>	<b>64</b>
<b>5.6</b>	<b>Bestimmung der Leistung der Asphaltmischanlage.....</b>	<b>65</b>
<b>5.6.1</b>	<b>Mischleistung bei Tragschichtasphaltherstellung .....</b>	<b>66</b>
<b>5.7</b>	<b>Sieben mittels Siebanlage .....</b>	<b>66</b>
<b>5.7.1</b>	<b>Mobiles Hochleistungssieb TS3600 .....</b>	<b>67</b>
<b>5.7.2</b>	<b>Beschickung der Siebanlage.....</b>	<b>68</b>
5.7.2.1	Berechnung der erforderlichen Ladeleistung .....	68
5.7.2.2	Auswahl eines Radladers.....	70
5.7.2.3	Ladezeit für den Tragschichtasphalt.....	70
5.7.2.4	Ladezeit für die Binder- und Deckschichtasphalt .....	71
5.7.2.5	Gesamte Ladezeit.....	72
<b>5.7.3</b>	<b>Siebvorgang.....</b>	<b>72</b>
5.7.3.1	Sieben von Tragschichtasphalt.....	72
5.7.3.2	Sieben von Binder- und Deckschichtasphalt .....	73
5.7.3.3	Gesamte Siebzeit.....	73
<b>5.8</b>	<b>Asphaltmischanlage .....</b>	<b>73</b>
<b>5.8.1</b>	<b>Transport zum Recycling – Doseur .....</b>	<b>75</b>
5.8.1.1	Erforderliche Ladeleistung zum Recycling - Doseur.....	75
5.8.1.2	Auswahl von Radlader .....	77
5.8.1.3	Ladezeit zum Dosieren von Tragschichtasphalt .....	77
5.8.1.4	Ladezeit zum Dosieren von Binder- und Deckschichtasphalt.....	78
5.8.1.5	Gesamte Ladezeit.....	79
<b>5.8.2</b>	<b>Recycling – Doseur.....</b>	<b>79</b>
5.8.2.1	Erforderliche Anzahl der Doseure.....	79
5.8.2.2	Doseurabmessungen .....	79
5.8.2.3	Abzugsorgan.....	80
5.8.2.4	Dosieren von Tragschichtasphalt .....	80
5.8.2.5	Dosieren von Binder- und Deckschichtasphalt.....	81
5.8.2.6	Gesamte Dosierzeit .....	81
<b>5.8.3</b>	<b>Förderband.....</b>	<b>82</b>
5.8.3.1	Förderbandabmessungen.....	82
5.8.3.2	Fördern von Tragschichtasphalt.....	82
5.8.3.3	Fördern von Binder- und Deckschichtasphalt .....	83

5.8.3.4 Förderzeit.....	84
<b>5.8.4 Recycling - Elevator.....</b>	<b>84</b>
<b>5.8.5 Paralleltrommel.....</b>	<b>84</b>
5.8.5.1 Leistung der Paralleltrommel .....	85
<b>5.8.6 Heißsilo und Waage für Asphaltgranulat .....</b>	<b>85</b>
<b>5.8.7 Mischer .....</b>	<b>86</b>
5.8.7.1 Arbeitsspieldauer des Mixers .....	86
<b>5.9 Ermittlung der Gesamtzeit zum Recycling des Ausbauasphaltes... ..</b>	<b>87</b>
<b>5.9.1 Recyclingdauer für die Tragschicht.....</b>	<b>87</b>
5.9.1.1 Fräs- und Transportzeit für die Tragschicht.....	87
5.9.1.2 Herstellungszeit für die Tragschicht in der Mischanlage .....	87
<b>5.9.2 Recyclingdauer für die Binder- und Deckschicht.....</b>	<b>88</b>
5.9.2.1 Fräs- und Transportzeit für die Binder- und Deckschicht .....	88
5.9.2.2 Herstellungszeit für die Binderschicht in der Mischanlage.....	88
<b>6 Zusammenfassung.....</b>	<b>94</b>
<b>ANHANG: Angewendete Formeln zur Leistungsermittlung .....</b>	<b>98</b>
<b>QUELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>108</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>113</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>116</b>



## **1 EINLEITUNG**

Asphaltstraßen, die das Verkehrsnetz jedes Landes aufbauen, verlieren nach bestimmter Zeit wegen der ständigen Verkehrsbeanspruchungen teilweise oder völlig ihre Funktion. Die Erhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen haben zum Ziel die Qualität der Straßenbefestigungen mit mangelhafter Beschaffenheit zu verbessern oder respektiv die ganze Straße mit neuen Asphaltbefestigungen zu ersetzen. Ergebnis der Erhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen sind verkehrssichere Fahrbahndecken, die aber auch von großen Mengen von Ausbauasphalt begleitet sind. Wesentliche Aufgabe jeder Landes- und Bundesregierung ist die Bewirtschaftung und Entsorgung dieser Ausbauasphaltmengen. Lange Zeit war die Deponierung von Ausbauasphalt eine billige Bewirtschaftungsmöglichkeit. Bald danach hat die Entsorgung viele Probleme verursacht. Der Bedarf an zur Verfügung stehenden Deponieplätzen vermehrte sich und die Kosten für den Bauabfalltransport zu den Deponielagern wurden immer größer. Außerdem nahm der Mangel an Rohstoffen zu, der eine Steigerung ihrer Preise hervorrief. Für das Umweltbewusstsein des Straßenbauers stehen die Schonung der Umwelt und der Rohstoffressourcen als auch die Verminderung des Bedarfs an Deponievolumen. Gesetzliche Grundlagen in Österreich ist das Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) und das Altlastensanierungsgesetz (ALSAG), die den Altasphalt als Abfall bestimmen. Anhand der Deponieverordnung (DVO), des Bundesabfallwirtschaftsplans (BAWP), der grünen Richtlinie und der Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau wurden Vorschriften und Richtlinien für die Wiederverwendung veröffentlicht. Aufgrund der Gesetzlage sind nun die Eigentümer der Straßen verpflichtet, die Wiederverwendung der Straßenausbaustoffe zu sichern, obwohl die Lagerung dieser Baustoffe in Deponien eine kostengünstigere Variante darstellen würde. Die Aktivitäten der Straßenbauverwaltung und der Baumaschinenindustrie zeigen Bemühungen ein Bodenschutzkonzept zu entwickeln, das unterschiedliche wirtschaftliche und technische Verfahren zur Aufbereitung von Recycling - Materialien umfasst. Grundsätzlich können die Methoden zur Wiederverwendung in zwei Gruppen unterteilt werden. Man unterscheidet Asphalt, der an Ort und Stelle verarbeitet und Asphalt, der nach zusätzlicher Aufbereitung an anderer Stelle weiterverwendet wird. Die Erzeugung von recyceltem Asphalt in Asphaltmischanlagen ist die günstigste Variante zur Herstellung von wertvollem Mischgut aus Altasphalt, wobei die Eigenschaften seiner Bestandteile am besten ausgenutzt werden können. Die stetige Weiterentwicklung der Wiederverwendbarkeit von Altasphalt im Straßenbau gründet auf der Idee, dass die Zugabemenge des Altasphalts bei seiner Wiederverwendung in Asphaltmischanlagen immer größer und die Qualität des wiederverwendeten Mischguts immer höher wird.

## 2 HISTORISCHER ÜBERBLICK

Erste Schritte im Gebiet des Altasphaltrecyclings in Österreich hat eine österreichische Firma mit der Anwendung eigener Anlagen bei der Wiederverwendung von Stampfasphaltaufbruch Mitte der zwanziger Jahre verzeichnet. Später in der Zeit bevor und nach dem Zweiten Weltkrieg wurde Gussasphaltaufbruch bei der Aufbereitung von neuem Gussasphalt wiedereingesetzt. Mit der Zunahme der Mechanisierung für Laden und Aufbrechen kam eine Minderung der Asphaltqualität wegen Verunreinigungen mit Fremdstoffen, die die Eigenschaften bei höherer Asphaltgranulatzugabe beträchtlich verschlechterte.<sup>9</sup>

In den USA wurde in den siebziger Jahren ein Konzept zur Erweiterung der Anzahl von Recyclingverfahren ausgefertigt. Zu dieser Zeit sprach man von „Hotmix - Recycling“ - Verfahren, das die Wiederverwendung von Walzasphalt in einer Trommel - Heißmischanlage bedeutete. Bald erhielten die unterschiedlichsten Recyclingtechnologien im Gebiet von Asphaltproduktion auch in den deutschsprachigen Ländern Normierungen und Definitionen. Das Recyceln von Asphalt in konventionellen Chargenmischanlagen war in dieser Periode fast unbekannt. Als rationellste Lösung dieses Problems wurden in Österreich Projekte ausgearbeitet, die die Forschung in Richtung betreffender Verfahren zu entwickeln. Ergebnis der Forschungstätigkeiten war der Einsatz von Altasphalt in Mengen von 5 bis 20 M- % bei dem Chargenmischanlagenverfahren.<sup>10</sup>

In Deutschland war 1980 eine Asphaltgranulatzugabe von bis zu 15 Gew.-% in dem Heißelevator bekannt, und erst in 1984 betrachtete man eine Erhöhung der Zugabe zwischen 30 und 50 Gew.- % bei der Anwendung von der ersten Paralleltrommelanlage in München. Zu dieser Zeit betrug die Kaltzugabe für Tragschichten einen Wert zwischen 20 und 30 Gew.- % und im Jahr 1989 konnte man eine Erhöhung der Zugabemenge auf 70 bis 90 Gew.- % beobachten. Das Niedersächsische Landesamt für Straßenbau hat im Jahr 1992 ein Gebot in Bezug auf die Zugabemengen für die Wiederverwendung ausgefertigt. Die Idee bestand darin, Gesetze über eine hochwertige Wiederverwendung zu entwickeln.

Gleichzeitig erreichten gemäß den Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS 8.626) von 1987 in Österreich die Ausbausphaltemengen bei Zugabe in den Chargenmischer 20 M- % und in den Trockentrommel – 100 M- %. Im Jahr 1991 wurde der österreichische Güteschutzverband für Recyclingbaustoffe mit eigenem Entwurf für die Sicherung der Qualität von Baustoff – Recyclingmaterial gegründet.

---

<sup>9</sup> Vgl. Zirkler, Eduard 1984, S. 9.

<sup>10</sup> Vgl. ebenda.

### Aufkommen und Wiederverwendung von Asphaltgranulat

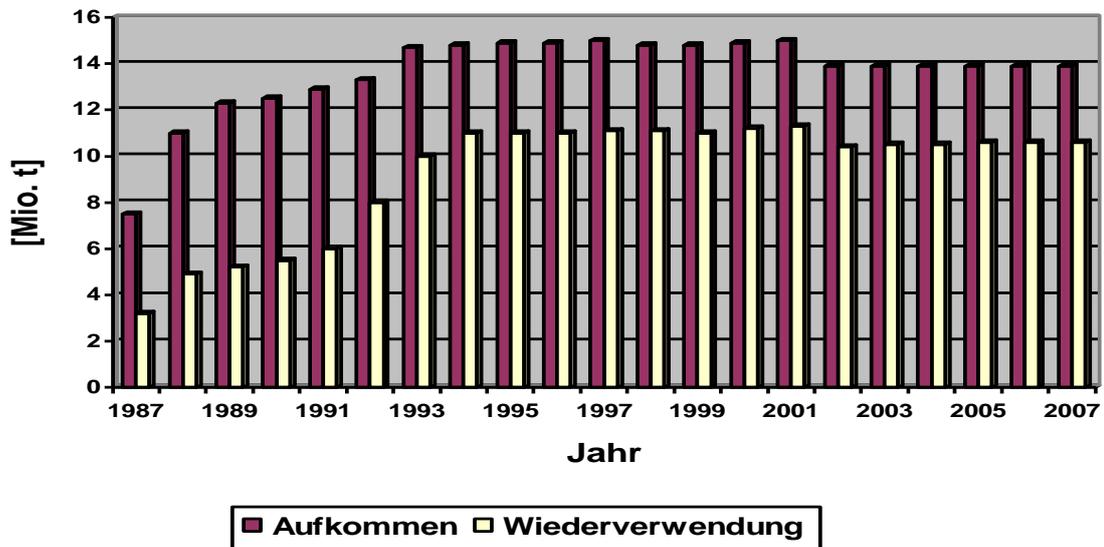


Abb.1 Aufkommen und Wiederverwendung von Asphaltgranulat in den Jahren 1987 bis 2007 in Deutschland <sup>11</sup>

### Verwendung von Asphalt in Österreich, 2003

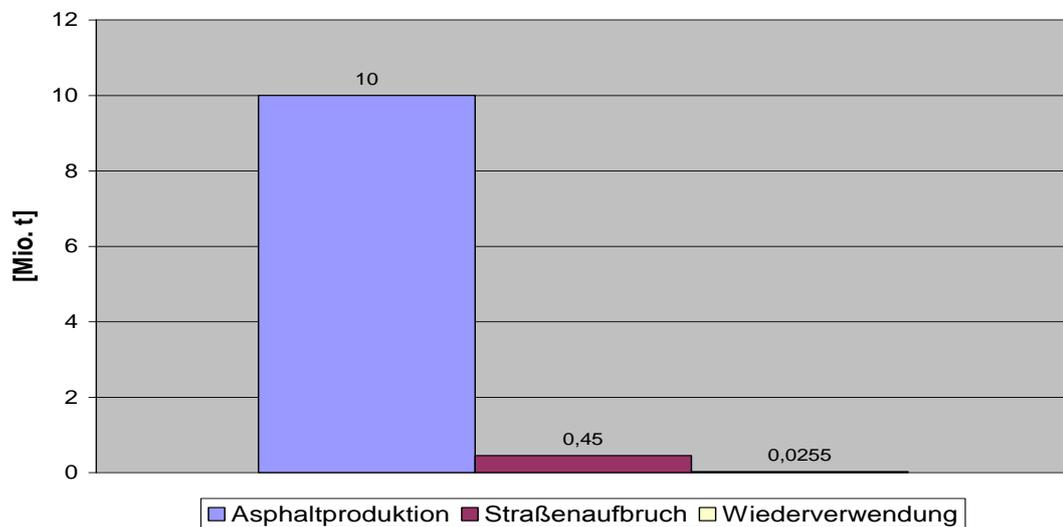


Abb. 2 Verwendung von Asphalt in Österreich, 2003 <sup>12</sup>

<sup>11</sup> Vgl. Täube, Andre 2009, S.32.

<sup>12</sup> Vgl. Beer, Frank 2006, S. 3.

### 3 ASPHALT

Asphalt dient im Straßenbau als Baustoff für Straßenbeläge und hat die Funktion Spannungen und Verformungen aufzunehmen und sie dem Unterbau zu übergeben. Sehr wichtig ist der Gesteinsmaterial- und Bindemittelgehalt in Massenprozent (M- %) und für Hohlraumgehalt in Volumenprozent (V- %) einzuhalten. Zum Beispiel bestehen technische Asphalte für Trag- und Deckschichten aus einem Gemisch von 93 bis 96 M- % Gesteinsmaterial und 4 bis 7 M- % Bindemittel. Damit Asphalt die oben genannte Aufgabe erfüllen kann, muss eine entsprechende Zusammensetzung des Asphaltmischgutes gewählt werden. Folgende Eigenschaften bzw. Kenngrößen definieren die Eignung des Asphaltmischgutes sowie die herzustellenden Schichten: Verdichtbarkeit, Standfestigkeit, Hohlraumgehalt, Griffigkeit, Verschleißwiderstand, Ebenheit, Lärminderung, Brandverhalten und Relaxation.<sup>13</sup>



**Abb.3 Asphaltstraße**

#### 3.1 Asphaltarten

Je nach ihren Zusammensetzungen und Einsatzbereichen lassen sich Asphalte gemäß ÖNORM EN 13108 Teil 1 bis 8 (Nationale Umsetzungsnormen ÖNORM B 3580 – 3586) „Anforderungen an Asphaltmischgut“ und gemäß RVS 08.16.01 „Anforderungen an Asphaltsschichten“ in 5 Mischgutttypen unterteilen.

##### 3.1.1 Asphaltarten nach der Zusammensetzung

###### ➤ Asphaltbeton

---

<sup>13</sup> Vgl. Hintsteiner, Ernst 1996, S. 123-133.

Das Asphaltbetonmischgut besitzt eine kontinuierliche Korngrößenverteilung und einen Mindest- und Höchsthohlraumgehalt im verdichteten Zustand und benötigt eine Temperatur beim Einbauen zwischen 90 und 190° C.<sup>14</sup> Wegen der Notwendigkeit von Walzverdichtung wird er auch als Walzasphalt bezeichnet. Nach seinem Größtkorn unterscheidet man AB 4, AB 8, AB 11, AB 16 und AB 22.

➤ **Gussasphalt**

Gussasphalt ist ein Deckschichtmaterial, das sich durch eine Struktur aus abgestuften Mineralstoffen und durch hohem Gehalt an hartem Bitumen auszeichnet. Aufgrund der flüssigen Konsistenz dieses Asphaltmischgutes werden alle Hohlräume zwischen den Gesteinen mit Bitumen gefüllt. Nach dem Gießen ist der Gussasphalt dicht, deshalb bedarf es keiner Nachverdichtung mittels Walzen. Gussasphalt dient ausschließlich nur für Deckschichten.

➤ **Splittmastixasphalt**

Mittels hoher Füller- und Splittgehalt erreichen die Asphaltsschichten aus Splittmastixasphalt hohe Standfestigkeit und erlauben seine Anwendung auf hoch belasteten Straßen.

➤ **Drainasphalt**

Die Asphaltsschichten aus Drainasphalt sind offenporige Decken, die einen Hohlraumgehalt von etwa 20 Vol.- % besitzen. Die Aufgabe der Drainasphaltsschichten ist eine Drainagewirkung gegen Sprühhahnenbildung und Aquaplaning und eine Lärminderung zu gewährleisten.

➤ **Lärmindernder Dünnschichtasphalt**

Mit dem Einsatz von lärminderndem Asphalt in Straßendecken bezweckt man eine Begrenzung der Lärmemissionen, die durch die absorbierende Wirkung des größeren Hohlraumgehalts von ca. 17 Vol.- % garantiert wird.

### **3.1.2 Asphaltarten nach dem Einsatzbereich**

Asphalt findet seinen Einsatz in unterschiedlichen Schichten im Straßenaufbau. Nach der Lage im Profil und nach der Funktion des Straßenkörpers unterscheiden sich:

➤ **Deckschichten**

Die Asphaltdeckschichten sind die obersten, direkt beanspruchten Schichten der Asphaltbefestigungen. Die Deckschichten dienen zur direkten Aufnahme der Verkehrslasten

---

<sup>14</sup> Vgl. Litzka, Johann 2005/2006, S. 6.105.

und zum Schutz der Tragschicht vor den direkten Witterungseinflüssen und den Verkehrsbeanspruchungen.

#### ➤ **Tragschichten**

Die Asphalttragschicht ist die erste gebundene Asphalterschicht im Straßenoberbau. Die Asphalttragschichten befinden sich auf ungebundenen Tragschichten oder hydraulisch gebundenen Schichten unterhalb der aus Binder- und Deckschicht bestehenden Fahrbahndecke. Die Funktion der Tragschichten ist die Verkehrslasten aufzunehmen und gegen unzulässige Verformungen gleichmäßig zu verteilen.

#### ➤ **Tragdeckschichten**

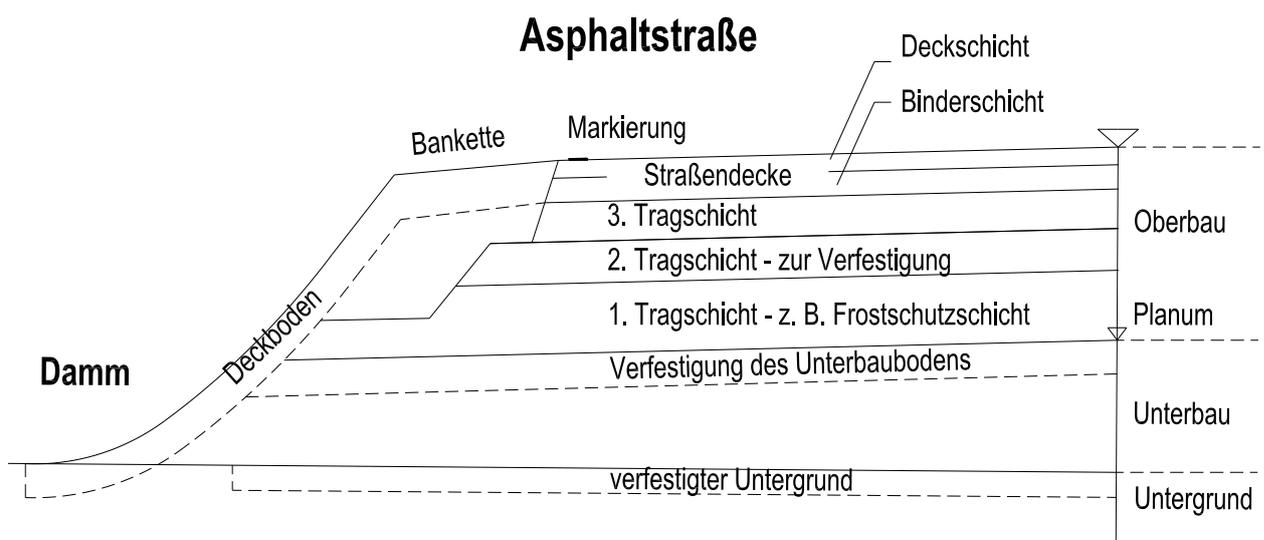
Die Tragdeckschichten verallgemeinern die Funktion von Deck- und Tragschichten.

#### ➤ **Binderschicht**

Die Asphaltbinderschicht wird zwischen der darunterliegenden grobkörnigen Asphalttragschicht und darüberliegenden feinkörnigen Asphaltdeckschicht eingebaut. Es verhindert die Verformungen und überträgt in die unteren Schichten die Kräfte, die durch den Verkehr verursacht werden.

#### ➤ **Schutzschichten**

Die Schutzschichten werden zum Schutz von Brückenabdichtungen angewandt.



**Abb. 4 Straßenaufbau**

## 3.2 Bestandteile von Asphalt

Asphalt ist ein Gemisch aus bituminösem Bindemittel und Gesteinstoffen, die hauptsächlich in Form von Belägen im Straßenbau eingesetzt werden. Im Prinzip werden die Asphaltgemische in speziell geeigneten Asphaltmischanlagen produziert. Man kennt aber auch das Vorkommen von Gemische aus Bindemittel und Gesteinen in der Natur, die Naturasphalte, die sich auf der Insel Trinidad befinden.<sup>15</sup>



**Abb. 5 Schotter**   **Abb. 6 Split**   **Abb. 7 Kies**   **Abb. 8 Sand**   **Abb. 9 Bitumen**

### 3.2.1 Bindemittel

Bindemittel, die an der Herstellung von Asphalt teilnehmen, sind Bitumen und Teerpech.

#### ➤ **Bitumen**

Bei der schonenden Destillation von geeigneten Erdölen werden neben den flüchtigen Anteilen auch schwerflüchtige, dunkle Gemische aus verschiedenen organischen Substanzen als Rückstand gewonnen. Diese Gemische tragen die Name Bitumen und besitzen die Eigenschaft, bei Temperaturschwankungen viskoelastisch zu verhalten. Nach der Herstellungsweise sind Destillations-, Hochvakuum-, Oxidations-, polymermodifizierte und Fluxbitumen bekannt. Bitumen werden vor allem zur Asphaltaufbereitung angewendet.

#### ➤ **Teerpech**

Bei der Zersetzung durch thermische Behandlung von Stein-, Braunkohle oder Holz werden Teere als Nebenprodukt gewonnen, die zu Teerpech und Teeröle destilliert werden. Die Anwendbarkeit von Teerpech und -öle ist wegen gefährlicher kanzerogener Inhaltsstoffe stark begrenzt. Die technische Eignung des Bindemittels und respektiv seine Klassifikation sind durch das thermisch hervorgerufene Verhalten, d.h. durch Kennwerte zu bestimmen, die bei Penetration oder Erweichungspunkt Ring und Kugel erhalten werden.<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Vgl. Hintsteiner, Ernst 1996, S.20.

<sup>16</sup> Vgl. Ebenda, S. 20.

### **3.2.2 Gesteinsstoffe**

Mit Hilfe geologischer Vorgänge wurden Mineralien in Form von Natursteinen umgestaltet und verfestigt. Mineralien sind ein Erdrindebestandteil, die auf natürliche Weise aus Schmelzen, Gasen, wässrigen Lösungen oder aus den Laven aufkommen. Durch die Mengung von einem oder mehreren Mineralien entstehen die Gesteine. Auf der Erde steht eine große Vielfalt von natürlichen Gesteinen zur Verfügung, die in Schotter-, Kies-, Sandgruben und Steinbrüchen gewonnen werden können und in Form von zerkleinerten Materialien (Schotter, Splitt, Kies und Sand) oder in Form von Naturwerksteinen im Straßenbau zum Einsatz kommen. Nach der Gewinnung muss das Material gebrochen und klassiert werden. Der Brechvorgang erfolgt über geeignete Zerkleinerungsgeräte, zum Beispiel Backenbrecher, Kreiselbrecher, Prallmühlen und Vertikalbrecher. Die Klassierung der gebrochenen Gesteine kann durch entsprechende Vibrationssiebung mittels Ein-, Doppel- oder Mehrdeckersiebe, oder auch durch Schlämmung oder Windsichtung realisiert werden. Die Gesteine können in Korngruppen und Kornklassen unterteilt werden. Bei der Korngruppe wird die Gesteinskörnung durch untere und obere Siebgrößen bezeichnet. Die Kornklasse umfasst alle Korngrößen zwischen zwei Prüfsieben ohne Über- und Unterkorn. Hauptanforderungen an den Gesteinen, die ihre Eignung in Asphaltaufbereitung festlegen, sind Widerstand gegen Zertrümmerung, Polieren und Frost-Tauwechsel, Korngröße, Korngrößenverteilung, Gehalt an Feinteilen und Raumbeständigkeit. Die Anwendung von Zusatzstoffen bei der Mischgutproduktion dient nicht nur zur Verbesserung der Eigenschaften des Mischgutes sondern auch der fertigen Asphaltbefestigung. Folgende Zusatzstoffe kommen zur Anwendung: Faserstoffe aus Zellulose, Kautschuk zur Standfestigkeit und Spezialfüller aus Kalkhydrat.<sup>17</sup>

### **3.2.3 Füller**

Die Gesteinsmaterialien nehmen an der Zusammensetzung von Asphaltmischgut nicht nur in Form von Edelsplittkörnungen, sondern auch von Füller teil. Der Füller besteht aus Feinstkörnungen mit Korngrößen kleiner 0,09 mm und hat die Aufgabe den Hohlraumgehalt abzumindern. Unter anderem hilft der Füller zur besseren Verteilung von Bindemittel in grobkörnigen Gemischen, erhöht die Bindemittelviskosität und vermeidet die Vorgänge von Entmischung durch Eindichtung.

---

<sup>17</sup> Vgl. Hintsteiner, Ernst 1996, S. 69-98.

### 3.3 Herstellung von Asphaltmischgut

Die Asphaltherstellung erfolgt in speziell ausgerüsteten Mischanlagen. Die Hauptteile einer Asphaltmischanlage sind Materialdeponie für Gesteinsstoffe und für Bindemittel, Trockentrommel, Entstaubungsanlage, Zwischensiebung von Gesteinen, Heißsiliierung und Verwiegung der Gesteinsstoffe, Bindemitteldosierung, Mischen der Asphaltmischgutbestandteilen und Asphaltmischgutsiliierung. Wegen der großen Vielzahl von Gesteinen ist ihre geschützte und getrennte Lagerung in Haufen oder Boxen erforderlich. Die Gesteinskomponenten werden über Dosiergeräte mittels Förderbänder oder Elevator in die Trockentrommel zugeteilt. Die Trockentrommel hat die Aufgabe, die Gesteine zu trocknen und zu erhitzen. Eine Entstaubungsanlage dient zur Ableitung der in der Trockentrommel austretenden Abgase und zur Rückgewinnung von Feinstaub. Der Feinstaub nimmt an dem Mischgut in Form von Eigenfüller teil und wird in dem Eigenfüllersilo gelagert. Von der Trockentrommel wird das Gesteinsmaterial zur Zwischenversiebungsanlage geführt und in dem Heißgesteinssilo siliert. Die Mischanlage ist mit zwei Verwiegungsanlagen für Gesteine und für Füller versehen. Isolierte Lagertanks haben den Zweck die Bitumenlagerung bei erforderlicher Lagertemperatur zwischen 120°C und 150°C zu realisieren. Erst nach der Verwiegung wird der Zweiwellenzwangsmischer mit den Gesteinen, Füller und Bitumen beschickt. Das gefertigte Asphaltmischgut benötigt eine Siliierung mit guter Thermo- und Luftisolation.<sup>18</sup>



Abb. 10 Asphaltmischgut



Abb. 11 Asphaltmischanlage

### 3.4 Einbauen von Asphalt

Vor dem Einbauen des Asphaltbelages ist es erforderlich den Untergrund vorzubereiten. Die Vorbereitungsprozesse umfassen Entfernung von Verunreinigungen (z. B. Staub) und Vorspritzung des Untergrundes mit Bitumenemulsionen zur Verklebung. Zum Einbau werden

---

<sup>18</sup> Vgl. Hintsteiner, Ernst 1996, S. 204-220.

Straßenfertiger verwendet. Der Fertiger ist mit Einbaubohle zu gleichmäßiger Verteilung des Mischgutes ausgerüstet. Die Bohle bestimmt die Einbaubreite, die zwischen 1,5 bis zu 7,5 m variiert. Durch eine Steuerung des zugeführten Mischgutes werden die Temperaturen und die Menge des Mischgutes konstant gehalten. Damit eine möglichst exakte Ebenflächigkeit der Schichten erzielt werden kann, findet eine gleichmäßige Vorverdichtung durch Stampfmesser oder Vibrationseinrichtung in der Bohle statt. Bei optimalen Bedingungen kann ein Verdichtungsgrad von 90% nach dem Vorverdichten erzielt werden.<sup>19</sup>



**Abb.12 Straßenfertiger**

Beim Verdichtungsvorgang benutzt man Vibrations-, Kombinations- und statische Walzen. Von Bedeutung für die Walzenarbeit sind der Bandagedurchmesser und das Betriebsgewicht. Die Frequenz der Vibrationseinrichtung bestimmt die Qualität der zu verdichtenden Schicht und wird durch die Drehzahl der Achse ermittelt. Heutzutage werden Walzen als Kombination von Gummirad- und Vibrationswalzen angewandt.



**Abb.13 Einbau von Walzasphalt**

---

<sup>19</sup> Vgl. Hintsteiner, Ernst 1996, S. 223-226.

## 4 RECYCLINGASPHALT

### 4.1 Recyclingasphalt im Allgemeinen

Der Begriff Recycling und sein Synonym „Wiederverwendung“ bedeuten die wiederholte Anwendung eines Materials oder Stoffes für ein und denselben Zweck. Unter Recyclingasphalt versteht man bituminöses Belagsmaterial, das bei Unterhalts- und Reparaturmaßnahmen von Straßen, bei Veränderung bestehender Konstruktionen und bei Versetzung bestehender Trassen in der Form von Belagsaufbruch oder Fräsgut anfällt, und das für eine Wiederverwendung geeignet ist. In dieser Arbeit wird die Aufmerksamkeit auf die Recycling von Ausbaumasphalt gerichtet. Je nach Aufbereitungsverfahren kann zwischen einer Wiederverwendung an Ort und Stelle oder an einer anderen Stelle unterschieden werden.

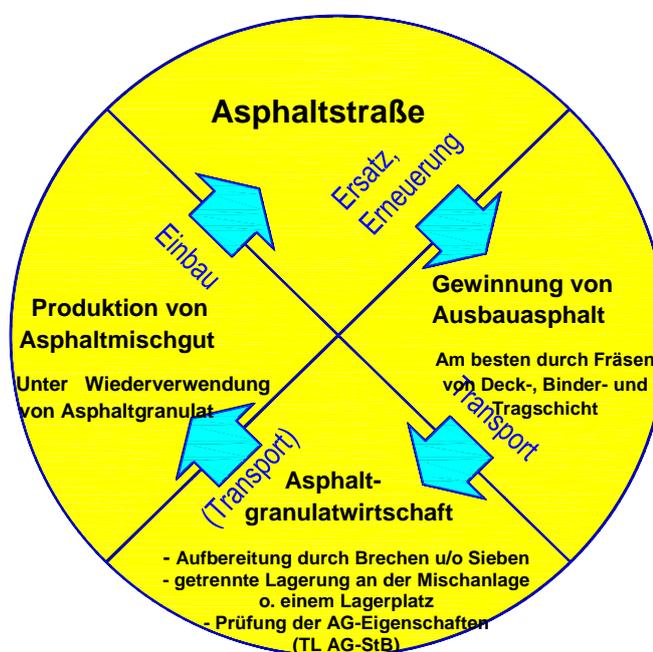
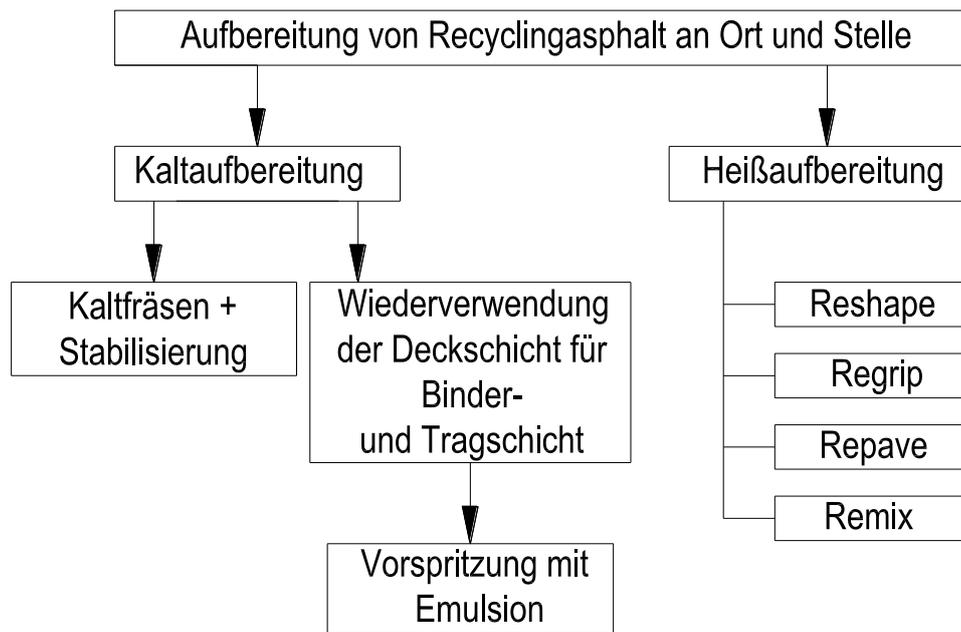


Abb. 14 Idealer Zyklus von Asphaltgranulat<sup>20</sup>

### 4.2 Aufbereitung von Recyclingasphalt an Ort und Stelle

Grundvoraussetzung bei dem Wiedereinbau des Altasphaltes an Ort und Stelle, das auch Recycling-in-place genannt wird, ist ein ausreichender Verformungswiderstand und eine ausreichende Tragfähigkeit der alten Straßenkonstruktion. Das Verfahren ist stark von den Wetterbedingungen (Niederschläge, Temperatur, Nebel, Luftfeuchtigkeit und Wind) abhängig.

<sup>20</sup> Täube, Andre 2009, S.31.



**Abb.15 Materialflussdiagramm – Recycling an Ort und Stelle**

## 4.2.1 Heißaufbereitung

Diese Art von Wiederverwendung des Asphalttes an Ort und Stelle drückt sich in Aufheizung, Fräsen, Verbesserung und Verdichtung der Schichten in einem Arbeitsgang aus. Die Asphaltbefestigung wird nicht ausgebaut, sondern unter Verwendung des vorhandenen Deckschichtmaterials instandgesetzt. Die Heißverfahren sind witterungsabhängig und erfordern eine genaue Überprüfung der Wiederverwendbarkeit des Asphaltts. Bei Instandsetzungsmaßnahmen wegen mangelnder Griffigkeit, Verformungen, Rissen, Verschleiß und Lärmemissionen der Fahrbahndecken werden die Heißverfahren zur Wiederverwendung ohne Ausbau der Asphaltbefestigung eingesetzt. Diese Verfahren nutzen die thermoplastischen Eigenschaften des Bitumens aus und besitzen hohe Flächenleistung und Wirtschaftlichkeit. Bei der Heißaufbereitung kommen vier unterschiedliche Verfahren zur Anwendung.

### 4.2.1.1 Reshape-Verfahren

Das Reshape-Verfahren ist ein Prozess von Neuprofilieren der oberen Asphalttschicht einer Verkehrsfläche ohne zusätzliche Mischgutzugabe. Der Anwendungsbereich des Verfahrens beschränkt sich wegen bestimmter Voraussetzungen auf die hinreichend standfesten, nicht versprödeten Schichten mit ausreichender Dicke.

Die Reihenfolge des Verfahrens umfasst Aufheizen der Schicht auf 140° C bis 170° C mit abgestufter Heizwirkung, Anfräsen auf eine Tiefe von 2,5 bis 5,0 cm und damit Auflockern,

gleichmäßiges Verteilen, Vorverdichten und Verdichten. Durch das Reshape – Verfahren wird die Griffigkeit und ein Temperatenausgleich im Material gewährleistet.<sup>21</sup>

#### **4.2.1.2 Regrip-Verfahren**

Das Regrip-Verfahren ist dem Reshape – Verfahren ähnlich. Ein Unterschied zwischen beiden besteht in der zusätzlichen Operation bei dem Regrip – Verfahren und in diesem Sinne beinhaltet es Aufheizen der Schicht, Anfräsen und damit Auflockern, gleichmäßiges Verteilen mit einem Querverteiler, Vorverdichten, Aufstreuen mit eventuell bituminiertem Splitt und erst dann Verdichten. Das Absplittern ist im Fall von mangelnder Griffigkeit erforderlich. Anforderungen an die Qualität der Schicht ist eine hinreichend standfeste, nicht versprödete Schicht mit ausreichender Dicke.<sup>22</sup>

#### **4.2.1.3 Repave-Verfahren**

Das Repave -Verfahren ist ein Prozess von Profilieren der Asphaltdecke unter Zugabe von Heißmischgut und erfolgt über folgende Unterprozesse: Aufheizen und Auflockern der bestehenden Schicht mittels Infrarot-Strahlern oder indirekt wirkender Heizgeräte z.B. für die Entfernung von Spurrinnen. Spurrinnen sollen mindestens 1 cm unterhalb des Tiefstpunktes der Asphaltdecke und höchstens bis zur nächsten Schicht aufgelockert werden. Danach folgt ein Glätten mit Schnecke oder mit einer Verteilerschaufel mit gleichmäßiger Aufbringung eines neuen Asphaltmischgutes, wodurch eine neue Fahrbahndecke erzielt werden kann. Es ist wichtig, dass die Deckschicht eine hinreichende Standfestigkeit aufweist und das Bindemittel nicht versprödet ist. Eine ausreichende Dicke der Asphaltdecke ist unerlässlich, da das fehlende Material durch das Mischgut ersetzt wird.<sup>23</sup>

Im Prinzip existieren zwei Möglichkeiten von Repave – Verfahren. Die erste Variante ist Repaven mit einem Kompaktgerät zum Plastifizieren, Profilieren, Einbau von neuem Material und Vorverdichten. Die gefertigte Befestigung aus den beiden Schichten wird durch herkömmliche Walze endverdichtet.

Das Repave – Verfahren kann auch mit getrennten Geräten ausgeführt werden. Ein Reformer realisiert das Aufheizen, Auflockern, Profilieren und Vorverdichten. Die neue zusätzliche Schicht wird mit einem Fertiger eingebracht.

---

<sup>21</sup> Fenz, Gerhard 1988, S. 8.

<sup>22</sup> Vgl. Ebenda, S. 8.

<sup>23</sup> Vgl. Ebenda, S. 8-10.

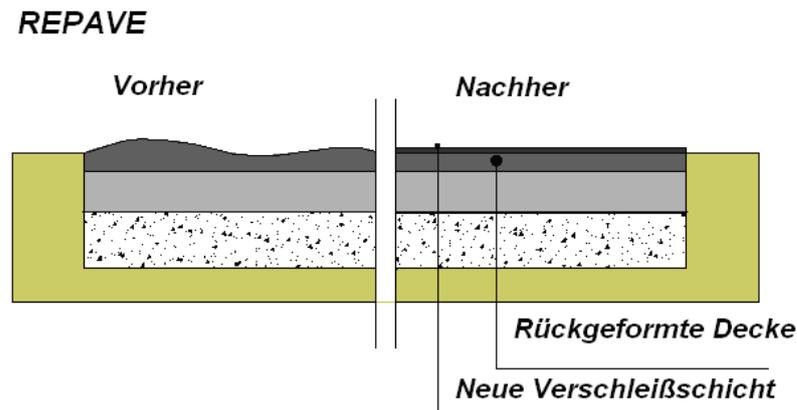


Abb. 16 Repave – Verfahren<sup>24</sup>

#### 4.2.1.4 Remix-Verfahren

Das Bauverfahren beinhaltet Aufheizen und Auflockern, Mischgutzugabe und Mischen, erst dann kommen die Verteilung und die Verdichtung. Das Mischgut befindet sich am Arbeitsgerät im Zweiwellen-Zwangsmischer, wo es mit dem von der alten Deckschicht aufgenommenen Material homogenisiert und vermengt wird. Mittels der Verteilerschnecke und der Einbaubohle wird das gemischte Material profilgerecht verteilt und geglättet, und schließlich mit einer Walze endverdichtet. Bei dem Remix-Verfahren gibt es keine Anforderungen an die Beschaffenheit der alten Asphaltdecke, deshalb hat das Verfahren ein großes Anwendungsgebiet.<sup>25</sup>

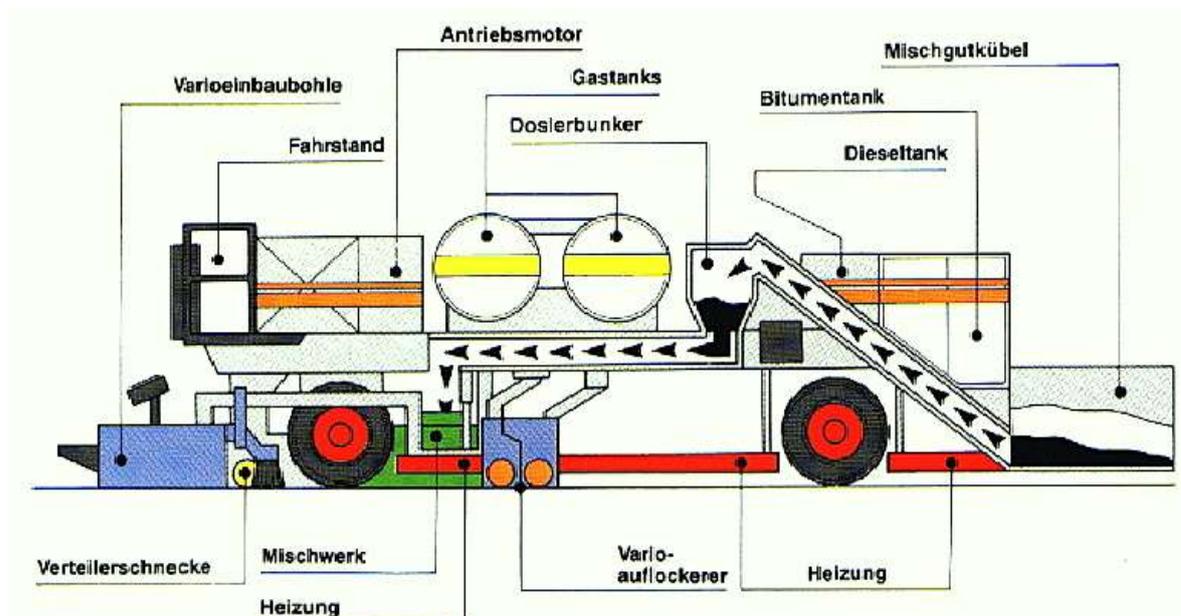


Abb. 17 Remix – Verfahren

<sup>24</sup> ARS Wroclaw 2007.

<sup>25</sup> Vgl. Fenz, Gerhard 1988, S. 8.

Die Remix - Maschine ist zur Belagserneuerung bei dem Heißverfahren anwendbar und besteht aus rotierenden Auflockerungswellen, Mischer, Abziehbohle, Einbaubohle und Sprühanlage. Weitere Geräte, die für das Remix – Verfahren benötigt werden, sind die Heizmaschine und die Tandem – Vibrationswalzen. Das Remix – Verfahren hängt wie nachstehend beschrieben ab. Der zu erneuernde Belag wird durch eine Heizmaschine mittels eines Flüssiggas-Infrarotstrahlers geheizt. Das schon erweichte Belagsmaterial wird dann in der Remix-Maschine durch die rotierenden Wellen gelöst und mit Bitumen durch die Sprühanlage angereichert. Das aufgelockerte und angereicherte Material wird in dem Zwangsmischer der Maschine durchgemischt und mittels Abziehbohle gleichmäßig verteilt. Eine Einbaubohle arbeitet an dem Aufbringen einer zusätzlichen obersten Verschleißschicht mit. Am Ende des Vorganges kommt das Verdichten durch die Tandem-Vibrationswalze.<sup>26</sup>

➤ **Leistungsdaten**

-	<b>Belagdicke</b>	bis 10 cm
-	<b>Einbauleistung</b>	bis 5000 m <sup>2</sup> /Tag
-	<b>Einbaubreite</b>	3 ÷ 4,2 m



Abb. 18 Remixer 4500

## 4.2.2 Kaltaufbereitung

Die Kaltaufbereitung ist ein kostengünstiges Verfahren zur Sanierung von Straßen mit geringerer Verkehrsbelastung, bei dem Bauzeit und Rohstoffe eingespart werden.

### 4.2.2.1 Wiederverwendung bituminöser Schichten als Unterlage

Hier findet die alte bituminöse Deckschicht ihre Anwendung als Binder – oder Tragschicht. Zuerst wird die Schicht nur gereinigt, danach mit bituminöser Emulsion vorgespitzt und am Ende kommt das Aufbringen von der neuen Deckschicht.

<sup>26</sup> Vgl. König, Horst 2005 S. 221, 222.

#### 4.2.2.2 Wiederverwendung bituminöser Schichten nach Kaltfräsen - “Kaltrecycling”

Die Methode ist zuerst in den USA entwickelt und seit mehr als zwei Jahrzehnten weltweit verbreitet. Wegen der 100 % - igen Wiederverwendung des Ausbaumasphaltes, der kurzen Bauzeit, des verringerten Geräteaufwands, der Rohstoff- und Energieeinsparung ist das Kaltrecycling eins von den am häufigsten angewendeten Verfahren. „Darüber hinaus entfallen die Kosten für die Lagerung und die Entsorgung des Ausbaumaterials auf Deponien.“<sup>27</sup> „Das Gesamtkonzept der Maschinen garantiert kurze Einsatzzeiten und minimiert mögliche Verkehrsbehinderungen.“<sup>28</sup> Unter Kaltrecycling versteht man eine Wiederverwendung und Aufbereitung bestehender Asphaltsschichten, die kalt in Stücken mit Größtkorn von 50 mm abgefräst und unter gleichmäßiger Dosierung von Regenerierungs- und Bindemittel (Kalk, Zement, bituminöse Stoffe) in einer rotierenden Fräsralze bei einer Homogenität des Materials verbessert werden. Mittels eines nachfolgenden Fertigers wird die Tragschicht profilgerecht verarbeitet.

#### Fahrbare Mischanlage – Kaltrecycler

Die Anlage ist mit zwei variablen und einer festen Fräsralze, Zweiwellenzwangmischer, Einsprühssysteme für das Wasser, für die Zement-Wasser-Suspension und für die Bitumensuspension sowie mit einer Verteilerschnecke und mit einer variablen Einbaubohle versehen. Die Leistung der fahrbaren Mischanlage beträgt maximal 1000 l/min. (Abb. 19)

##### ➤ **Leistungsdaten**

-	<b>Arbeitstiefe</b>	bis 0,3 m bei separatem Kaltfräsen bis 0,2 m bei Vorfräsen
-	<b>Einbaubreite</b>	2,8 ÷ 4,2 m
-	<b>Mischleistung</b>	bis 400 t/h <sup>29</sup>

##### ➤ **Funktionsweise der Maschine**

Die alte Decke wird mittels der Fräsralzen gefräst, das aufgelockerte Material mittels des Zweiwellen - Zwangmischer mit Emulsionen, Bindemittel oder Suspensionen homogen vermischt und mittels der Verteilerschnecke gleichmäßig verteilt. Die Einbaubohle baut das Material ein und verdichtet es. Das Arbeitsergebnis wird mit Walzen zur Endverdichtung

<sup>27</sup> TIS, 10/2009 S.19.

<sup>28</sup> Vgl. ebenda.

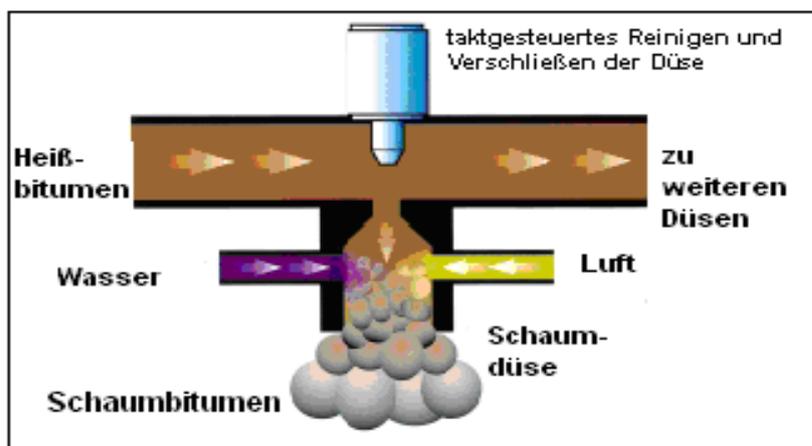
<sup>29</sup> Vgl. ebenda S.19.

abgeschlossen. Folgende Varianten für die Anreicherung von dem aufgefärdten Material sind bekannt:<sup>30</sup>

- **Zugabe von Zement-Wasser-Suspension:**  
Die Suspension wird bei der Herstellung von hydraulisch gebundenen Tragschichten zugegeben.
- **Zugabe von Bitumenemulsion und Zement-Wasser-Suspension:**  
Die Zugabe nimmt an der Erzeugung von bituminös / hydraulisch gebundenen Tragschichten teil.
- **Zugabe von Schaumbitumen und Zement-Wasser-Suspension:**  
Durch Schaumbitumen und Zement werden stabile Tragschichten mit hoher Flexibilität hergestellt. (Abbildung 20 und 21)



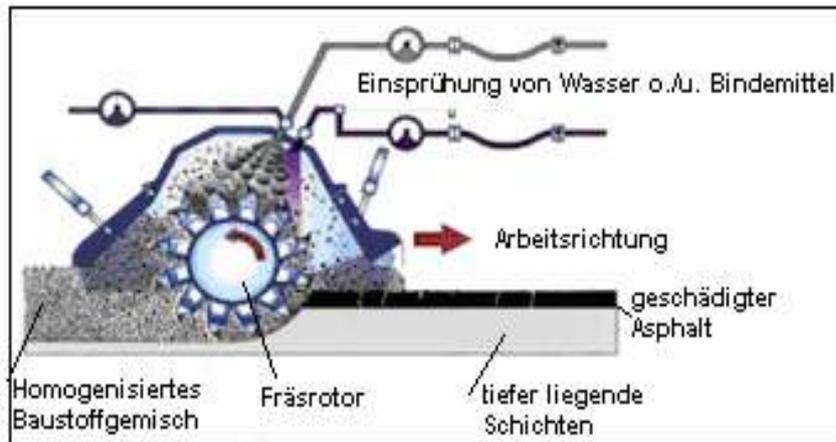
**Abb.19 Kaltrecycler Wirtgen 2200 CR**



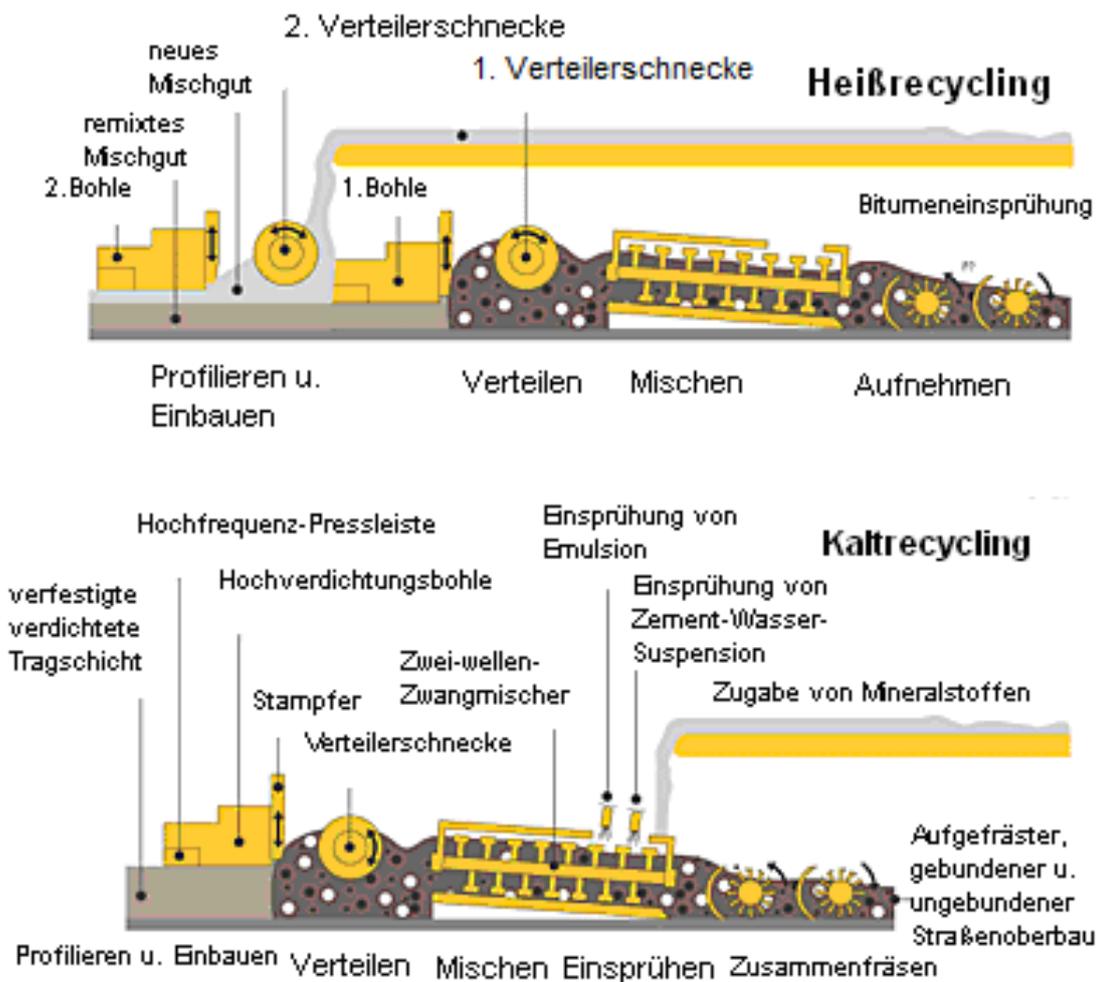
**Abb. 20 Kontrollierte Aufschäumung des Bitumens<sup>31</sup>**

<sup>30</sup> Vgl. König, Horst, 04/2005 S. 223, 224.

<sup>31</sup> Veith, Gabriele, 2002 S.23.



**Abb.21 Dosierte Einsprühung von Schaumbitumen und Wasser über den WR 2500<sup>32</sup>**



**Abb.22 Funktionsprinzip von Asphaltrecycling an Ort und Stelle**

<sup>32</sup> Veith, Gabriele, 2002 S.24.

### 4.3 Aufbereitung von Recyclingasphalt an anderer Stelle

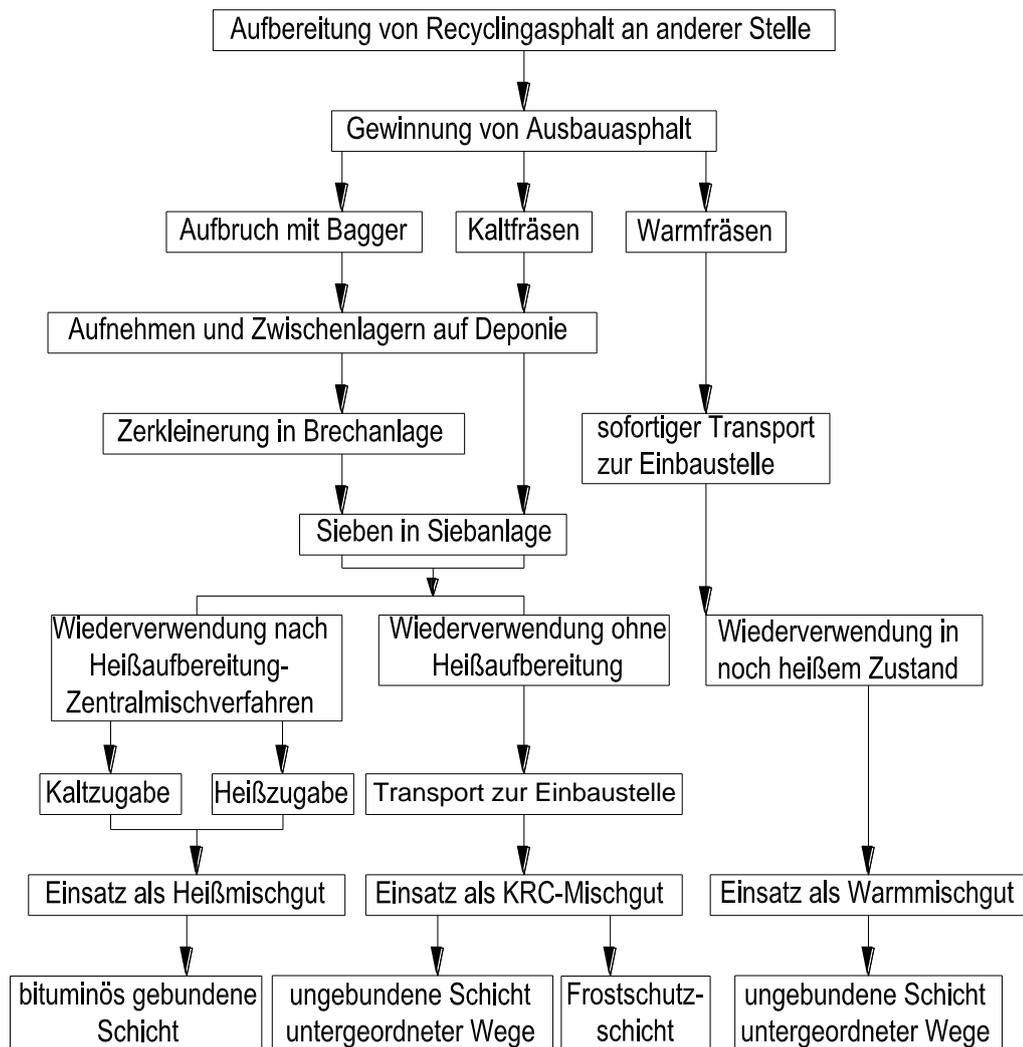


Abb. 23 Materialflussdiagramm – Recycling an anderer Stelle

#### 4.3.1 Gewinnung von Ausbausphalt

Der gewonnene Ausbausphalt ist ein sehr hochwertiges Produkt, das aus Bitumen, Gesteinskörnungen und eventuell aus Fremddanteile, Verunreinigungen und Zusatzstoffe besteht. Die Qualität des Ausbausphaltes hängt von folgenden Voraussetzungen ab:

- Alter der Schichten
- Zustand der Schichten
- Witterungseinflüsse
- Gewinnungsart
- Lagerung
- Aufbereitung

#### **4.3.1.1 Wahl von Gewinnungsart**

Um die optimalste Variante zur Gewinnung von Ausbauasphalt zu erzielen, müssen folgende Voraussetzungen berücksichtigt werden:

- Straßenabmessungen
- Anzahl und Art der neu aufzubauenden Schichten
- Verwendungszweck des Ausbauasphaltes
- Eventuelle Hindernisse auf der Straße (Schachtdeckel)
- Vorhandene Technik zur Gewinnung und Aufbereitung
- Wetterbedingungen und Jahreszeit

Die entsprechenden Gewinnungsmöglichkeiten sind Schollenaufbruch, Kalt- und Warmfräsen. Die Anwendung von Fräsen ist zweckmäßig bei breiten geraden Strecken, ohne Hindernisse. Außerdem kann auf diese Weise eine Trennung der einzelnen Schichten, die die Grundlage für ein hochwertiges Recyclingmaterial ist, erfolgen. Zum Beispiel kann Mischgut für die vorgesehene Deckschicht bei Zugabe aus Deckschicht gewonnenem Asphaltgranulat produziert werden. Man unterscheidet Kalt- und Warmfräsen, das im Kapitel 5.3.1.3 und 5.3.1.4 beschrieben wird. Beim Fräsverfahren zur Gewinnung von Ausbauasphalt erreicht man saubere Fräsflächen, exakte Fräskanten und eine hohe Arbeitsleistung. Bei dem Fräsen wird die Korngrößenverteilung des Asphalttes beeinflusst, wobei eine Erhöhung des Fülleranteils zwischen 3 und 6 Gew.- % und eine Reduzierung des Splittgehalts bis zu 7 Gew.- % beobachtet wird. Der Fräsvorgang wird durch die Wirkung einer rotierenden Fräswalze realisiert, die mit Spezialstiften versehen ist und deren Drehung gegenläufig zu der Fahrtrichtung abläuft, wodurch man Einfluss auf die Stückgrößenverteilung ausüben kann.

Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkt hat die vorhandene Mechanisierung des Auftragnehmers eine ausschlaggebende Bedeutung. Das Kalt- oder Warmfräsen fordert einen speziellen Geräteeinsatz zur Gewinnung. Andererseits genügt das Vorhandensein von Tiefbagger dem Schollenaufbruch, hier ist aber die Anwendung einer Zerkleinerungsanlage unerlässlich.

#### **4.3.1.2 Gewinnung von Schollenaufbruch**

Bei dem Aufbrechen von Ausbauasphalt wird ein Tieflöffelbagger, Zertrümmerer oder Ripper (Raupe mit Aufreißzahn) angewandt, wo auch der nicht bituminöse Unterbau teilweise aufgenommen werden kann. Eine Begrenzung der Schollengröße ist erforderlich, um die Brecherarbeit ohne zusätzliche Verhinderung der Brechermaulweite realisieren zu können. Auf diese Weise werden eventuelle Nacharbeiten vermieden. Zur Verfügung stehen im

Straßenbau entsprechende Geräte zur Zertrümmerung des Belages vor dem Aufnehmen, um die nachfolgende Arbeit von Radlader oder Laderaupen zu erleichtern. Wegen der höheren Temperaturen im Sommer wird Asphalt zäher, was das Aufbrechen des Ausbauasphaltes schwieriger macht als bei niedrigen Temperaturen. Vor dem Zwischendeponieren ist es unerlässlich die Schollen mittels Aufbereitungsanlage zu zertrümmern und das Material aus unterschiedlichen Schichten zu trennen.



**Abb. 24 Aufbruch mit Bagger**

#### **4.3.1.3 Warmfräsen**

Das Warmfräsen wird bei Instandsetzungsmaßnahmen eingesetzt und erfolgt durch Erwärmung der abzuarbeitenden Schicht bis Temperaturen zwischen 100 und 280° C mittels Infrarotheizgeräte. Die Fräsleistung beträgt 50-80 t/h bei maximaler Tiefe von 40 cm. Hier muss man darauf achten, dass keine wesentliche Kornzertrümmerung und keine Veränderung der Bindemittelqualität während des Fräsprozesses auftreten. Andere Vorzüge sind das Fehlen von Lärm- und Staubemissionen und die Möglichkeit den gewonnenen Fräsasphalt ohne weitere Aufbereitung wiedereinbauen zu können.

Aufgrund folgenden Nachteilen wird das Warmfräsen heute in der Praxis nicht mehr eingesetzt:

- Energieverbrauch zum Aufheizen des Belags
- Witterungsabhängiger Prozess
- Umweltbelastungen durch Abgase
- Schädigung des Bindemittels bei höheren Temperaturen
- Befahrbare Straßendecke erst nach ihrem Auskühlen
- Eventuelle Bitumenverhärtung infolge Erwärmung von Asphalt

Ein wesentlicher Teil des Warmfräsens ist die Sorge um das Abkippen des Materials. Es muss auf eine größere Fläche in dünnen Schichten ausgebreitet und danach mit Sand bestreut werden, um ein Zusammenklumpen zu verhindern. Anderenfalls müssen die entstandenen Klumpen mittels eines Laders und einer Brecheranlage wieder aufgelockert werden.

#### **4.3.1.4 Kaltfräsen**

Bei dem Kaltfräsen wird die bituminöse Befestigung auf eine vorgegebene Tiefe ohne oberflächiges Aufheizen abgetragen. Das Kaltfräsen ist im Bezug auf die Einsetzbarkeit sehr universell. Das ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Frässhichtdicke frei gewählt wird, die Korngrößenverteilung, die Kornform und das Größtkorn somit beeinflussbar ist, und die Wetterbedingungen nicht den Fräsprozess stören können. Weiterer Vorteil wäre die schnellere und leistungsfähigere Arbeit der Geräte, das Fehlen von Veränderungen in den Bindemittleigenschaften und der Energieverbrauch zum Aufheizen. Nachteil wäre die Zunahme der Fräsgutfeuchtigkeit bei der Lagerung, Erschwerung der Fräsarbeiten wegen der Straßeneinbauten, Zerkleinerung des Asphaltgesteins und das hohe Maschinengewicht. Die Leistung von Kaltfräsen liegt zwischen 150-200 t/h bei einer Frästiefe von 20 cm. Bei der Zerkleinerung mit Kaltfräse bleibt die Kornstruktur gut gehalten bei einem Feinstanteil von 3 bis 6 Gew.-%.<sup>33</sup>



**Abb. 25 Fräsasphalt**

Das Fräsen steht in den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen - Asphaltbauweisen“ nicht als gesonderte Baumaßnahme neben dem Instandsetzungsverfahren. Deshalb wurde in der Ausgabe 2000

---

<sup>33</sup> Vgl. Großhans, Dieter 1989, S.3.

das „Merkblatt für das Kaltfräsen von Asphaltbefestigungen“ (MFA) aufgelegt, wo man nur das Kaltfräsen wegen seiner Vorränge vor dem Warmfräsen betrachtet.

Nach dem MFA kann das Kaltfräsen „zum teilweisen oder vollständigen Abtragen von Asphaltsschichten oder auch zur Erhöhung bzw. zur Wiederherstellung der Verkehrssicherheit (Beseitigung von Unebenheiten, Verbesserung des Wasserabflusses und/oder der Griffigkeit) angewendet werden“.<sup>34</sup>

Das Abtragen der Straßenbefestigung wird durch rotierende Fräswalzen realisiert. Mit Hilfe von Raupen- oder Radfahrwerke wird der stufenlos einstellbare Vortrieb der Maschine erzielt. Die zu erreichende Senkung der Fräswalze kann parallel oder in einer Neigung bezüglich der Fahrbahnoberfläche erfolgen. Für Bezugshöhe der Frästiefe wird die Höhe der Fahrbahnoberfläche oder eines Leitdrahtes angenommen.

Im Zusammenhang mit den verschiedenen Anforderungen der Straßenbauer existieren verschiedene Maschinentypen, die sich nach Leistung, Fräsbreite und Frästiefe unterscheiden, und wo die Fräsbreiten zwischen 30 und 200 cm pro Arbeitsgang und die Frästiefen bis ca. 30 cm variieren. Die Fräseleistung hängt von der Frästiefe und – breite, von der Temperatur und den Eigenschaften des Asphalts ab. Einerseits kann man nach den Regelungen in dem MFA für Standard-, Fein- und Schlitz-, Nut- und Grabenfräsen sprechen. Die Größe und Länge der Meißel als auch der Abstand zwischen einander, der Schnittlinienabstand genannt wird, beeinflussen die Frästiefe. Das Standardfräsen ist Entfernen einer Schicht oder ganzer Belagsdicke mit einem Schnittlinienabstand von 15 mm. Das teilweise Abtragen von Asphalt zur Neuprofilierung der Oberfläche mit einem Schnittlinienabstand von 8 mm, Frästiefen bis 4 cm und Fräsbreiten bis 200 cm heißt Feinfräsen. Eine Sonderform von Fräsen ist das Schlitz-, Nut- und Grabenfräsen, wobei Schlitz Breiten von 1,5 bis 2,0 cm und Tiefen bis 10 cm und Nute Breiten von 4 bis 10 cm und Tiefen bis 30 cm besitzen. Solche Fräsart findet einen Einsatzbereich bei Kabel-, Rohr- und Schutzrohrleitungen. Andererseits teilen sich die Fräsmaschinen in Kleinfräsen mit Fräsbreiten bis 100 cm und mit Radfahrwerk und in Großfräsen mit Fräsbreiten größer 100 cm und mit Raupenfahrwerk ein.

Zum Laden des gefrästen Materials dienen beim Kleinfräsen Hecklader und beim Großfräsen Frontlader, die das Fräsgut auf Transportfahrzeuge fördern.<sup>35</sup>

Die Firma Wirtgen bietet reiche Auswahl von Kleinfräsen mit Fräsbreiten 350, 500, 600, 1000 mm und Frästiefen bis 6, 10, 11, 16, 21, 30 oder 31 cm an. Die Vielfalt von Großfräsen

---

<sup>34</sup> MFA 2000, S. 5.

<sup>35</sup> Vgl. MFA 2000, S. 6, 7.

umfasst Fräsen mit Fräsbreite 1200, 1300, 1500, 1900, 2000, 2100, 2200 mm und Frästiefen bis 30 und 32 cm.

### **Grundregeln beim Fräsen**

- Zum Erhalten der hohen Stufe der Qualität des Materials ist ein getrenntes Fräsen der Schichten erforderlich.
- Der Maschineneinsatz fordert ausreichende Standfestigkeit und Tragfähigkeit der Unterlage der Befestigung.
- Die Staubabsonderung während Fräsen durch Wasserberieselung ist zu vermeiden.
- Die auf den Unterlagen nicht fest sitzenden Partikeln sind zur sicheren Schichtverbindungen zu entfernen.
- Die Kleinflächen um Schächten und Straßenabläufen und die Ränder der Straßenbefestigung sind extra mit Kleinfräse oder Bagger abzutragen.
- Die Stückgröße des gefrästen Asphalt ist mit der Fräsgeschwindigkeit, dem Asphalt und dem Vorhandensein eines Schichtenverbundes gebunden.

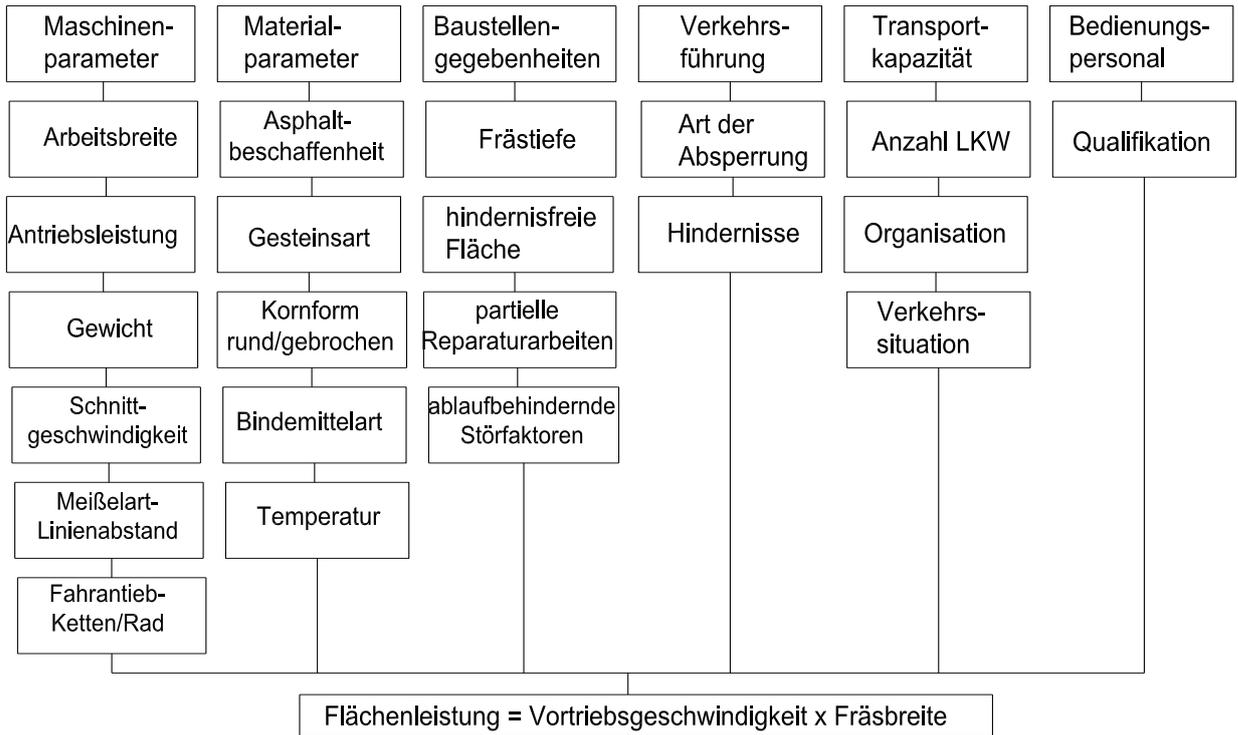
### **Fräsleistung**

Die Ermittlung der Fräsleistung kann nicht eindeutig und konkret ausgeführt werden, da es von zu vielen Faktoren beeinflusst wird. Die zitierten Einflussgrößen in Abb. 26 und die Vortriebsgeschwindigkeiten helfen bei der Feststellung der Leistung. Die Vortriebsgeschwindigkeit einer Fräsmaschine ist der Straßenabschnitt, den die Fräse für eine Minute zurücklegt. Während der Zurücklegung des Weges wird der Asphalt gefräst, das Fräsgut aufgenommen und danach über Ladeband auf LKW gefördert. Die Geschwindigkeitswerte, die in dem MFA stehen, variieren zwischen 1 m/min und 30 m/min. Bei der Multiplikation der Vortriebsgeschwindigkeit und der Fräsbreite erhält man die Fräsleistung der Maschine, die die abgefräste Fläche pro Zeiteinheit bedeutet.

Übliche Arbeitsbreiten in cm	30	50	100	130	150	190	200
<b>Anwendung</b>							
Asphaltfräsen	•	•	•	•	•	•	•
Fräsen von Flächen bis 500 m <sup>2</sup>	•	•	•				
Fräsen von Flächen bis 1000 m <sup>2</sup>		•	•	•	•		
Fräsen von Flächen bis 3000 m <sup>2</sup>			•	•	•	•	
Fräsen von Flächen bis 7000 m <sup>2</sup>						•	•
Fräsen von Flächen über 7000 m <sup>2</sup>						•	•
Frästiefen 0 bis 100 mm / Übergang	•	•	•	•	•	•	•
Frästiefen 0 bis 300 mm / Übergang		•	•	•	•	•	•
Abtragen und Profilieren verformter Asphaltbeläge		•	•	•	•	•	•
Spurrinnensanierung			•	•	•	•	•
Abtragen schadhafter Brückenbeläge		•	•	•	•	•	•
Abtragen verformter Randbereiche		•	•	•	•		
Verbesserung der Seitenneigung			•	•	•	•	•
keilförmige Anschlüsse in Querrichtung	•	•	•				
Fräsarbeiten auf Kreuzungen		•	•	•	•	•	•
Fräsarbeiten auf Einmündungen		•	•	•	•	•	•
Ausfräsen von Ecken	•	•	•				

**Tab. 2 Einsatzbereiche von Straßenfräsen in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite und Aufgabenstellung**<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Vgl. M FA 2000, S.12.



**Abb. 26 Einflussgrößen auf die Flächenleistung**<sup>37</sup>



**Abb. 27 Kaltfräse Wirtgen W 1900**

Mit der Hilfe von speziell ausgearbeiteten Leistungsdiagrammen für die Maschine W 1900 kann der Betreiber leicht die zu erwartende Fräsleistung annähernd ermitteln. Der Abschlagsfaktor spiegelt die Leistung mindernden Einflussgrößen wider, die Hindernisse durch Verkehr, Straßeneinbauten, nicht nacheinander folgende Fräsflächen und Wartezeiten auf LKWs umfassen. Anhand des unten gezeichneten Diagramms in Abb. 28 kann man übersichtlich die Flächenleistung der Fräsmaschine bestimmen.

<sup>37</sup> Vgl. M FA, S.13.

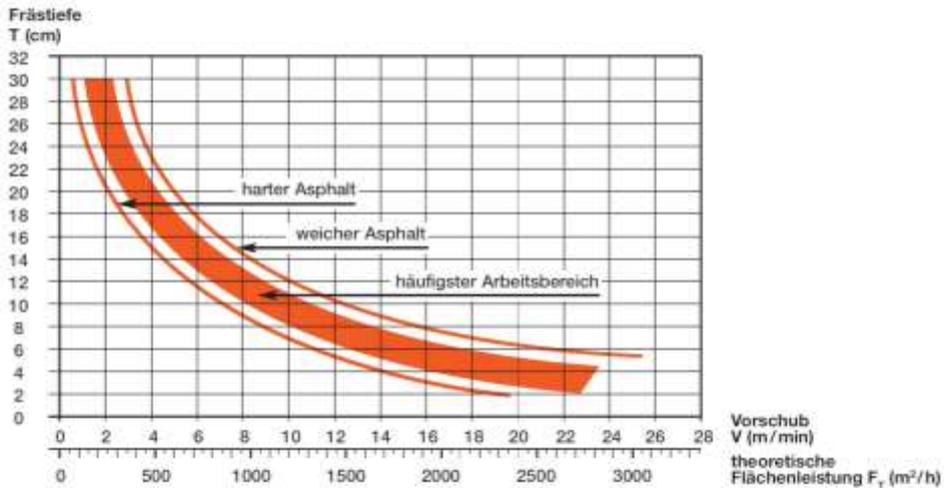
## Kaltfräse W 1900



**Technische Daten:**

Antriebsleistung ..... 340 kW/456 HP/462 PS  
 Fräsbreite ..... 2,0 m  
 Frästiefe ..... 0–32,0 cm

**Theoretische Leistungswerte:**



Berechnung der praktischen Flächenleistung  $F_p$ :

$$F_p \text{ (m}^2\text{/h)} = A \times F_T$$

Berechnung des praktischen Fräsgutvolumens  $Q_v$ :

$$Q_v \text{ (m}^3\text{/h)} = F_p \times T \times 0,013$$

Berechnung der praktischen Fräsgutmenge  $Q_t$ :

$$Q_t \text{ (t/h)} = F_p \times T \times 0,024$$

Berechnung des Gesamt-Fräsgutvolumens der Baumaßnahme  $Q_{ov}$ :

$$Q_{ov} \text{ (m}^3\text{)} = F_p \times T \times 0,013$$

Berechnung der Gesamt-Fräsgutmenge der Baumaßnahme  $Q_{ot}$ :

$$Q_{ot} \text{ (t)} = F_p \times T \times 0,024$$

Berechnung der benötigten Arbeitszeit für die Baumaßnahme Z:

$$Z \text{ (h)} = F_r / F_p$$

**Legende:**

- $F_T$  (m<sup>2</sup>/h) = theoretische Flächenleistung in m<sup>2</sup>/Stunde
- $F_p$  (m<sup>2</sup>/h) = praktische Flächenleistung in m<sup>2</sup>/Stunde
- $F_r$  (m<sup>2</sup>) = Fräsfläche in m<sup>2</sup>
- A = Abschlagfaktor  
 Fräsen im Stadtbereich: A = 0,3 bis 0,5  
 Fräsen auf freier Strecke: A = 0,5 bis 0,7
- Z (h) = Arbeitszeit in Stunden
- T (cm) = gewählte Frästiefe in cm
- $Q_v$  (m<sup>3</sup>/h) = praktisches Fräsgutvolumen in m<sup>3</sup>/Stunde
- $Q_t$  (t/h) = praktische Fräsgutmenge in Tonnen/ Stunde
- $Q_{ov}$  (m<sup>3</sup>) = Gesamt-Fräsgutvolumen der Baumaßnahme in m<sup>3</sup>
- $Q_{ot}$  (t) = Gesamt-Fräsgutmenge der Baumaßnahme in Tonnen

**Abb.28 Berechnung der Flächenleistung unter Berücksichtigung verschiedener Baustellenbedingungen**<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Wirtgen GmbH.

### 4.3.2 Zwischenlagern auf Deponie

Ein Deponielager von Asphaltgranulat ist Zwischendeponieren, das man zur temporären Lagerung von Ausbauasphalt - Asphaltfräsgut oder Asphaltaufbruch benötigt. Wegen der verschiedenen Gewinnungsarten des Ausbauasphalts unterscheiden sich auch die Aufbewahrungsanforderungen.



Abb. 29 Deponieren in einer Lagerhalle

#### ➤ **Maßnahmen gegen Ausbauasphaltauswaschung**

Auswaschungen können bei dem aufgebrochenen oder gefrästen Aufbruchmaterial einen negativen Effekt ausüben. Deshalb wird durch eine ausreichende Entwässerung der Deponiefläche die schädliche Durchnässung vermieden. Da die Niederschläge auch zur Auswaschung führen, ist empfehlenswert, Schutzmaßnahmen in Form von Bedeckungen zu schaffen.

#### ➤ **Maßnahmen gegen Verklebung des Ausbauasphaltes**

Bei Lagerung über einen längeren Zeitraum sind Maßnahmen zur Verhinderung der Verklebung einzuleiten. Eine gute Variante bei Deponieren von Aufbruchmaterial ist die Begrenzung der Schichthöhen oder Erzeugung von Trennschichten aus feinkörnigen mineralischen Stoffen. Verklebungen können auch in Folge der Sonnenstrahlung auftreten, deshalb müssen geeignete Maßnahmen zum Witterungsschutz eingesetzt werden.

#### ➤ **Maßnahmen gegen Witterungseinflüsse**

Das gebrochene Aufbruchmaterial soll gegen intensive Sonnenstrahlung in den wärmeren Jahreszeiten und gegen Niederschläge durch geeignete Maßnahmen wie z.B. Abdecken, Überdachung oder Aufspritzen von Kalkschlämmen geschützt werden.

➤ **Maßnahmen zum Boden- und Gewässerschutz**

Bei Unklarheit im Bezug auf die Beschaffenheit der zu lagernden Stoffe muss eine Grundwasserverunreinigung infolge teerhaltiger Asphalte vermieden werden. In solchen Fällen ist ein temporärer Kiesplatz zum Gewässer- und Bodenschutz nicht nur bei Schollenaufbruchlagerung, sondern auch bei der Fräsgutlagerung nötig. Mittels Trennschichten (z.B. Vlies) ist eine Trennung des Kieses vom Boden zu gewährleisten.

#### **4.3.2.1 Aufnehmen und Zwischenlagern nach dem Schollenaufbruch**

Das Zwischendeponieren nach dem Schollenaufbruch erfolgt in der Nähe einer Brechanlage, wo der Bauschutt von schädlichen Bestandteilen befreit und getrennt gelagert werden muss. Bei einer gleichzeitigen Lieferung von Ausbaumaterialien z.B. Gussasphalt, Asphalt für Deck-, Binder- und Tragschichten oder auch von nicht bituminösen Aufbruchmaterialien ist eine sofortige Trennung erforderlich, um ein hohes Homogenitätsniveau zu erreichen. Erfahrungen bei langzeitiger Lagerung zeigten die Entstehung von Verklebungen des Materials, die man durch eine Beschränkung der Schutthöhe auf maximal 3 m und bei starker Sonnenstrahlung durch den Einsatz von Trennmitteln oder Sand vermeiden kann.



**Abb. 30 Deponielager von Schollenaufbruch**

Wenn das Ausbaumaterial in Form von Schollen gewonnen ist, fällt eine Anforderung an Witterungsschutz aus, da der Asphalt noch nicht zerkleinert ist und sich somit seine Feuchtigkeitsaufnahmbarkeit verringert. Empfehlenswert ist nach dem Brechen der Schollen entweder das Granulat gegen Witterung zu schützen, oder den Brechvorgang 2-3 Tage vor dem Recyclingprozess auszuführen.<sup>39</sup>

---

<sup>39</sup> Vgl. Rumpf, Kurt 1989, S. 792.

Sehr wichtige Maßnahme ist der Schutz des schon gebrochenen Materials gegen Auswaschung. Die Auswaschung passiert in den Fällen von Niederschlagseinflüssen. Aus diesem Grunde ist eine Abdeckung mit Blachen oder Folien sehr wichtig.

Anforderungen an den Lagerplätzen sind die ausreichende Entwässerung und Befestigung des Bodens.

#### **4.3.2.2      Aufnehmen und Zwischenlagern nach dem Fräsen**

Das Fräsverfahren zur Gewinnung von Ausbauasphalt erlaubt ein präzisiertes Ausbauen der einzelnen Asphaltsschichten. Auf diese Weise erreicht man eine Trennung des Schichtenmaterials. Anforderungen an der Zwischenlagerung in diesem Fall ist das getrennte Deponieren von Trag-, Binder- und Deckschichtenmaterial, von Fräsgut und Aufbruchgut, von Gussasphalt und anderen Mischgutarten und von Asphalt und anderen Straßenbaustoffen. Zur baldigen Verwendung von Asphaltgranulat ist empfehlenswert, das Material möglichst trocken zu lagern. Durch Überdachung mittels Lagerhalle und einer Abdeckung mit Folien kann der Wassergehalt des Aufbruchs konstant und niedrig gehalten werden. Solche Maßnahmen führen zur beträchtlichen Abminderung der Energiekosten zur Trocknung und zu einer qualitativ günstigen Wiederverwendung. Zur Gewährleistung einer wirtschaftlichen Weiterverarbeitung soll der Wassergehalt nicht über 4 Gew.-% liegen. Falls die Lagerung länger dauert, muss das gelagerte Material durch feinkörnige mineralische Stoffe in Schichten von 0,5 m getrennt werden.

##### **➤ Deponieren nach Kaltfräsen**

Als Vorteil muss man hier bemerken, dass es keine Probleme im Bezug auf die Verklebung der Asphaltblöcke und in diesem Sinne keine Bemühungen zur Ausmagerung oder Auflockerung nach Erkalten des abgekippten Materials gibt.

##### **➤ Deponieren nach Warmfräsen**

Beim Warmfräsen muss das noch warme Fräsgut auf dem Deponieplatz in dünnen Schichten abgekippt und dann mit Sand abgedeckt werden. Mittels eines Laders wird das Material in der Zeit des Erkaltes aufgelockert und erst danach auf die Deponie transportiert. Zur weiteren Verwendung muss der Ausbauasphalt über eine Brechanlage aufbereitet werden. Falls das Material direkt auf die Deponie transportiert wird, würden kostenaufwendige Maßnahmen zur Weiterverarbeitung erforderlich sein.

### **4.3.3 Aufbereitung von Asphaltgranulat**

Die Nachbehandlung des ausgebauten Asphaltes zur Aufbereitung von Asphaltgranulat beinhaltet die Zerkleinerung und Siebung des Ausbauasphaltes und hat die Aufgabe das Material für den Mischvorgang in der Mischanlage vorzubereiten. Das Brechen des Aufbruchs- oder Fräsmaterials erfolgt über Geräte, die speziell zum Zerkleinern von Asphalt geeignet sind. Die Brechwerkzeuge sind so einzustellen, dass sie unabhängig vom Größtkorn des Ausbauasphaltes, den Ausbauasphalt mit passenden Siebeinrichtungen auf Größtkorn von zu erhaltendem Recyclingmaterial zerkleinern. Die verschiedenen Zerkleinerungsgeräte unterteilen sich nach der Arbeitsstelle in stationären und mobilen. Die Auswahl einer geeigneten Gerätschaft zum Zerkleinern hängt von der Form des gewonnenen Ausbauasphaltes, dem Bestand erforderlicher Arbeitsfläche und den Anforderungen an herzustellendem Mischgut ab. Der Schollenaufbruch und das zusammengebackte Fräsgut verlangen zusätzliche Vorzerbrechungen mittels Bauschutttaufbereitungsanlagen zum Erreichen einer Stückgröße, die die nachfolgende Zerkleinerung begünstigt.

#### **4.3.3.1 Zerkleinerungsanlagen**

Die Zerkleinerung kann entweder in einer Zerkleinerungsanlage oder durch eine Vielzahl von Geräten erfolgen. Die Vorteile der Zerkleinerungsanlagen gegenüber den einzelnen Geräten ist die exakte Ausführung der einzelnen Operationen, eine höhere Durchsatzleistung und eine leichtere Prozessteuerung. Bei den Zerkleinerungsanlagen unterscheidet man zwei Varianten – mobile und stationäre Anlagen. Von wirtschaftlichem Gesichtspunkt aus kommen die mobilen vor den stationären Anlagen, da einerseits die Transportkosten der mobilen Anlagen geringer sind. Andererseits kann der Transportaufwand bei den stationären Anlagen dann sinnvoll sein, wenn es um eine weit gespannte Recyclingproduktion handelt. Grundziele des Zerkleinerns sind Erzeugung bestimmter Korngrößen und Trennung einzelner Gesteinskörnungen statt ihrer Zerbrechung. Sehr wichtig für das Erhalten von gewünschten Kornzusammensetzungen und für die Homogenität des Asphaltgranulats ist eine geeignete Zwischenlagerung und die richtige Beschickung der Zerkleinerungsanlage, dies durch einen kontinuierlichen Zufluss des Materials bewerkstelligt wird.

#### **Asphalt-Recycling Granulator der Firma Benninghofen**

Diese Anlage besteht aus einem Ein – Wellen - Granulator, einem Magnetabscheider, einer Ein – Deck - Siebmaschine und einem Zwei – Wellen - Granulator als Nachbrecher. Der Brechvorgang verläuft in zwei Stufen. Am Anfang wird das Material in den Aufgabetrichter zugeführt und mittels Fräswelle zerkleinert. Das vorzerkleinerte Material mit Korngrößen zwischen 0 und 60 mm geht auf dem dimensionierten Sieb – Beschickungsband einen

Magnetabscheider durch, welcher die Metallanteile entfernt. Das zerkleinerte Material wird auf einem Hochleistungssieb befördert, wo die Trennung des Materials in einzelnen Fraktionen realisiert und das Endprodukt entsprechend der eingesetzten Maschenweite abgesiebt wird. Der Zwei – Wellen - Nachbrecher zerkleinert das Überkorn mittels zwei gegenläufiger Walzen nach. Danach wird es über eine Überkornrückführung dem Hochleistungssieb zugeführt, damit eine vordefinierte Körnung bei beschränkter Feinanteilerzeugung garantiert wird.



**Abb.31 Radmobile Anlage mit Prallbrecher** **Abb.32 Asphalt - Recycling Granulator**

#### 4.3.3.2 Zerkleinerungsgeräte

Speziell zur bituminösen Aufbereitung realisieren geeignete Fräsbrecher den Zerkleinerungsvorgang, wobei die Sieblinie erhalten wird. Der Fräsbrecher wird mittels eines Laders beschickt. Danach zerkleinert der Brecher den Aufbruch durch drückenden oszillierend arbeitenden Hydraulikstamper. Mittels Kornbegrenzungsrosts kann die Endkorngröße bestimmt werden.



**Abb. 33 Raupenmobiler Prallbrecher**

**Abb. 34 Prallmühle**

### 4.3.3.3 Regelungen für Anlieferung und Sortierung

Die österreichischen Regelungen für Anlieferung und Sortierung von Baurestmassen werden in der Richtlinie für Recycling – Baustoffe, 8. Auflage, 2009 zusammengefasst. Nach der Anlieferung des gebrochenen oder gefrästen Materials auf der Deponiefläche wird eine Eingangskontrolle durchgeführt, die die Dokumentation von Herkunft und eine Überprüfung des Ausbaumaterials berücksichtigt. Die Ausbaumaterialien werden nach der Materialart und Herkunft mit den entsprechenden Materialbezeichnungen bestimmt. Das recycelte gebrochene Asphaltgranulat wird mit „RA“ gekennzeichnet.<sup>40</sup>

Damit man eine Einteilung in Qualitäts- und Güteklassen erzielt, wird eine Sortierung der anzuliefernden Baurestmassen gemacht. Die Einteilung der Baurestmassen in Güteklassen erfolgt gemäß den vorgesehenen Anwendungsbereichen. Laut Anhang „G“ für mineralische Baurestmassen aus dem Tiefbau werden die bautechnischen Eigenschaften zur Gütebestimmung beschrieben. Eine wesentliche bautechnische Eigenschaft ist die Korngrößenverteilung, die mittels vorgefertigter Sieblinien mit den entsprechenden Sieblinienbereichen leicht zu bestimmen sind.<sup>41</sup> Im Zusammenhang mit dem Recycling – Material gelten verschiedene Bestandteile als Fremdanteile, die über eine Klassifizierung geregelt sind. Die Fremdanteile sind mineralische Bestandteile, die nicht in der Definition des entsprechenden Recycling – Baustoffes stehen. „Als Fremdanteile gelten: Bei RA jene Anteile, die nicht bituminös gebundenen Baurestmassen zugeordnet werden können (z.B. Beton, Ziegel, ungebundenes Material),“<sup>42</sup> Eine weitere Gruppe der Fremdanteile sind verunreinigte Materialien, wie schwimmendes Material, Glas und sonstige Materialien.

Um die Schutzinteressen, insbesondere den Grundwasserschutz, zu wahren, teilt man die Baurestmassen in Qualitätsklassen A<sup>+</sup>, A, B und C ein, die in Tabelle 3 dargestellt werden. Die Qualität des Ausbaumaterials hängt von dem möglichen Einsatz und von den Anwendungsformen im Bezug auf die hydrogeologischen Einsatzbereiche ab. Die Einsatzbereiche schließen Wasserschongebiete, Gebiete mit wasserwirtschaftlichen Rahmenverfügungen, hydrogeologisch wenig sensible Gebiete ein. Der Einsatz in Grundwasserschwankungsbereichen und Wasserschutzgebieten ist verboten.<sup>43</sup> Um die festgelegten Anforderungen und Eigenschaften nachzuweisen, werden Prüfverfahren zur Überwachung angewandt. Die Umweltverträglichkeit wird durch Eigen- und Fremdüberwachung nachgewiesen. Konkrete Regelungen sind ausgearbeitet, die sich auf die

---

<sup>40</sup> Vgl. R RB 2009, S.9.

<sup>41</sup> Vgl. ebenda, S.10.

<sup>42</sup> R RB 2009, S. 18.

<sup>43</sup> Vgl. ebenda, S. 18.

Prüfhäufigkeit im Zusammenhang mit entsprechenden Parametern, auf die Mindestanzahl von Stichproben in Abhängigkeit der zu beprobenden Materialmenge und auf die zu erfüllenden Toleranzwerte der Parameter beziehen. Mit dem Gütezeichen für Recycling – Baustoffe des „Österreichischen Güteschutzverbandes“ (ÖGSV) werden Recycling – Baustoffe ausgezeichnet, die den Anforderungen der Richtlinie für Recycling – Baustoffe entsprechen und, die die Prüfbestimmungen erfüllen. Anhand Baustoffart und Sieblinie eines Ausbausphaltes (Abb. 35) kann man seine Güteklasse und damit auch seinen Anwendungsbereich bestimmen, deren Zusammenhang in Tab. 2 dargestellt wird.

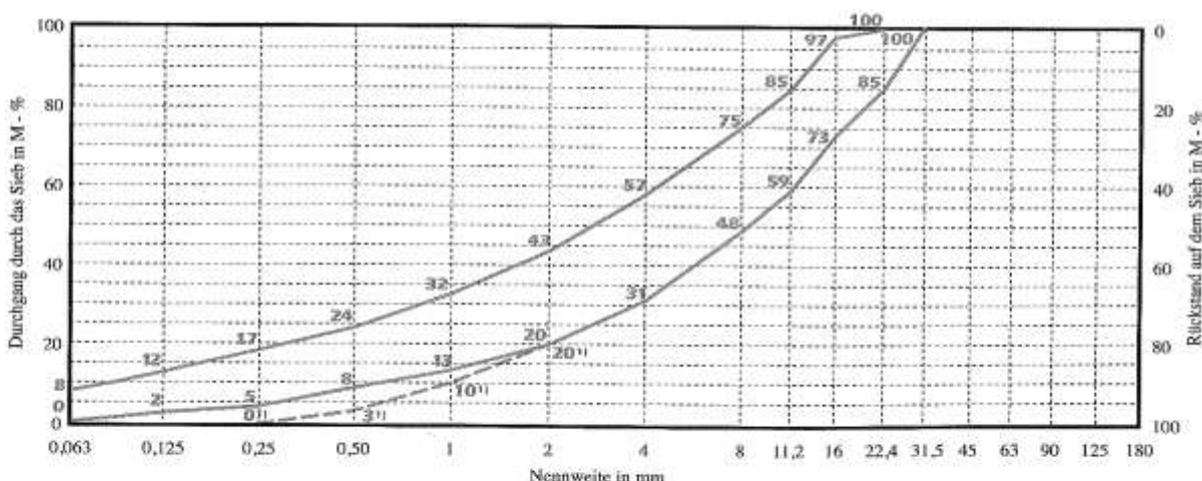


Abb. 35 Sieblinienbereich 0/22, Güteklassen S und I<sup>44</sup>

Baustoff			RA				RB				RAB				RM/RG						
Güteklasse			I	II	III	IV	S,I	II	III	IV	I	II	III	IV	S,I	II	III	IV			
Anwendung	Zuschlagstoff	Beton bis C12/15, ohne bes. Eigenschaften	ÖN B 4710-1	✓	✓			✓	✓						✓	✓					
		Beton ab C12/15	ÖN B 4710-1					✓	✓												
	Asphalt		ÖN B 3580-1	+	✓	✓			+	✓	✓			+	✓	✓			+	✓	✓
	Tragschicht	obere	zementgebunden	RVS 08.17.01	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓
Tragschicht		ungebunden	RVS 08.15.01	✓ <sup>1)</sup>	✓ <sup>2)</sup>			✓	✓				✓	✓				✓ <sup>3)</sup>	✓		
untere Tragschicht		RVS 08.15.01	✓ <sup>3)</sup>	✓ <sup>2)</sup>				✓	✓				✓	✓				✓ <sup>3)</sup>	✓ <sup>3)</sup>		
Schüttung	Schüttmaterial/ Künettenfüllmaterial		RVS 08.03.01	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

✓ – geeignet

✓ – Eignung ist nachzuweisen

+ – für den Eignungsnachweis sind zusätzliche Prüfungen entsprechend den anwendungsspezifischen Regelwerken (ÖNORM, RVS..) erforderlich

1) gemäß RVS 08.15.02

2) gemäß RVS 08.97.04

3) max. 50% Asphaltanteil

Tab. 3 Umwelttechnische Einsatzbereiche (Mindestanforderungen)<sup>45</sup>

<sup>44</sup> R RB 2009, S. 24.

<sup>45</sup> Ebenda, S. 20.

Anwendungsform	hydrogeologisch sensibles Gebiet	hydrogeologisch weniger sensibles Gebiet
ungebunden ohne Deckschicht <sup>1)</sup>	Qualitätsklasse A <sup>+</sup>	Qualitätsklassen <sup>2)</sup> A <sup>+</sup> , A
ungebunden mit Deckschicht oder <sup>1)</sup> in gebundener Form ohne/mit Deckschicht <sup>1)</sup>	Qualitätsklassen <sup>3)</sup> A <sup>+</sup> , A	Qualitätsklassen A <sup>+</sup> , A, B
als Zuschlagstoff	Qualitätsklassen A <sup>+</sup> , A, B	Qualitätsklassen A <sup>+</sup> , A, B

1) Definition der Deckschicht gemäß RVS 01.02.11, Grundlagen; Begriffsbestimmungen, Bautechnik.

2) Bis zu einer max. Schichtdicke von 2 cm und einem max. Kubatur von 20000 m<sup>3</sup> können auch Recycling-Baustoffe anderer Qualitätsklassen eingesetzt werden, sofern die Grenzwerte der Qualitätsklasse A nur im Parameter Sulfat bis max. 4500 mg/kg TS überschritten werden.

3) Im Falle in Anwendung mit Deckschicht können auch Recycling-Baustoffe anderer Qualitätsklassen eingesetzt werden, sofern die Grenzwerte der Qualitätsklasse A nur in Parameter Sulfat bis max. 4500 mg/kg TS überschritten werden.

#### **Tab. 4 Anwendung und bautechnischer Einsatz von Recycling – Baustoffen <sup>46</sup>**



**Abb.36 Siebanlage**



**Abb. 37 Austragsbänder**

### **4.3.4 Wiederverwendung in noch heißem Zustand**

Um eine leichtere und schnellere Recyclingsmaterialaufbereitung mit kleinerem Kostenaufwand zu erreichen, kommt man zur einen Wiederverwendung in noch heißem Zustand, die noch Direkteinbau heißt. Der Asphalt wird durch Warmfräsen abgebaut, dann wird das gefräste warme Material aufgenommen und sofort zur Einbaustelle transportiert. Unter Benutzung des thermoplastischen Verhaltens des Bitumens, das während des Fräsens entstanden ist, baut man die Befestigung aus Recycling – Asphalt mit dem Straßenfertiger ein und verdichtet die Schicht mittels Walze. Voraussetzungen für die Eignung des Fräsgutes zur

<sup>46</sup> Vgl. R RB 2009, S. 18.

Herstellung von gebundenen Tragschichten ist eine Mindesttemperatur von ca. 55° C und eine passende Korngrößenverteilung. Diese Herstellungsweise kann mit oder ohne Zugabe von Bindemittel ausgeführt werden. Obwohl die beiden Parameter Temperatur und Korngrößenverteilung nicht den Anforderungen entsprechen, darf das Fräsgut für die Herstellung von ungebundenen Tragschichten verwendet werden.

#### **4.3.5 Wiederverwendung ohne Heißaufbereitung**

- Wiederverwendung als mechanische Stabilisierung von Frostschuttschicht
- Wiederverwendung als Ausgleichsschicht zwischen einer zerbrochenen bituminösen Tragschicht und darüber aufzubauenden bituminösen Trag- und Verschleißschicht
- Befestigung untergeordneter Verkehrsflächen

Die Wiederverwendung ohne Heißaufbereitung ist eine moderne, in Österreich sehr verbreitete Recyclingmethode, bei der es um einen Ausbauasphalt handelt, das Kaltrecycling-Mischgut (KRC-Mischgut) genannt wird.

Der ausgebaute Asphalt wird in Form von Schollen auf eine verarbeitbare maximale Korngröße von 32 mm gebrochen. Ohne Bindemittelzugabe wird das Asphaltgranulat für die Herstellung von ungebundenen Tragschichten verwendet. Das gebrochene Material wird in mehreren Schichten mit maximaler Dicke von 8 cm mittels Fertigers oder Graders eingebracht und zwischen verdichtet und danach mittels Walze endverdichtet<sup>47</sup>. Dabei wird das Bindemittel teilweise wieder aktiviert, was eine gebundene Verfestigung der Schichten gewährleistet.

Bei der Wiederverwendung von Kaltrecyclingmischgut für mechanisch stabilisierte Tragschichten wird Asphaltaufruch angewandt, der frei von zufällig angefallenen ungebundenen Unterschichten ist. Diese Anforderung kann man mittels Vorabscheiders erzielen. Das durch Brechanlagen hergestellte Asphaltbrechgut muss die Anforderungen an dem Bindemittelgehalt, an dem Feinkornanteil mit Korngröße bis 0,02 mm und an der Korngrößenverteilung in bestimmten Sieblinienbereichen erfüllen.

An der Aufbereitung von KRC - Mischgut für bituminös gebundene Tragschichten nehmen Bindemittel, Bindemittlemulsionen, Schaumbitumen und hydraulisches Bindemittel teil. Die Anforderungen des Mischgranulats sind in dem Merkblatt für die Verwertung von

---

<sup>47</sup> Vgl. RVS 8.626, S. 3.

pechhaltigen Straßenausbaustoffen und von Asphaltgranulat in bitumengebundenen Tragschichten durch Kaltaufbereitung in Mischanlagen beschrieben. „In der Stückgrößenverteilung des Mischgranulates sollte der Anteil kleiner 0,063 mm 4 bis 9 M.- % und der Anteil 0,063 mm bis 2 mm 20 bis 30 M.- % betragen. Der Anteil der Stückgrößen von 32 mm bis 45 mm sollte auf 10 M.- % begrenzt sein.“<sup>48</sup>

Die Kaltaufbereitung von Asphaltgranulat an anderer Stelle wird durch stationäre oder mobile Kaltmischanlagen durchgeführt. Beispiel solcher Einrichtung ist die Kaltmischanlage KMA 150 der Firma Wirtgen. Zuerst wird der Baustoff in zwei getrennten Doseuren geladen. Danach wird das Asphaltgranulat mittels Ladebandes in dem Zwangsmischer eingebracht. Über eine Einsprühleiste wird Wasser, Bindemittel, Schaumbitumen oder Bitumenemulsion zugegeben. Für die genaue Mischgutrezeptur sorgt die Mikroprozessorsteuerung der Anlage, die Bitumen und Wasser dosiert. Vorteil der Kaltmischanlage ist ihre umweltfreundliche Arbeit, wobei sie keine Gas- und Rauchemissionen entwickelt.<sup>49</sup>

### **4.3.6 Wiederverwendung mit Heißaufbereitung mittels Zentralmischverfahrens**

Das Recycling in einer Mischanlage oder auch „in plant“ genanntes Verfahren ist im Vergleich zu den anderen möglichen Verfahren das wirtschaftlich optimalste. Nur bei Heißaufbereitung wird das im Asphaltgranulat enthaltene Bindemittel reaktiviert und als Bindemittel wieder verwendet.

#### **4.3.6.1 Anforderungen an das Zentralmischverfahren**

- Langsame und exakt einstellbare Aufheizung des Mischgutes zur Schonung des im Ausbauasphalt enthaltenen Bindemittels
- Ableitung des Wasserdampfes ohne schädliche Einflüsse
- Begrenzung der Emissionen und Umweltschonung
- Möglichst geringer zusätzlicher Energiebedarf
- Einfache kostengünstige Installation
- Störungslose Beschickung mit neuen und wieder gewonnenen Baustoffen

---

<sup>48</sup> M VB-K 2007 S. 7, 8.

<sup>49</sup> Vgl. Veith, Gabriele 2002 S. 24.

- Ausreichende Homogenität von Recycling- und Neu-Material nach ihrem Mischen, die auch eine gute Umhüllung des Gesteinsmaterials mit Bitumen umschließt.
- Unbedingte Qualitätssicherung bei dem resultierenden Mischgut
- Ausreichende Einbautemperatur  $> 120^{\circ}$  C an der Baustelle des aufbereiteten Trag- und Binderschichtmischguts

#### **4.3.6.2 Zugabemöglichkeit von Asphaltgranulat**

Zum Großteil kommt der Ausbauasphalt in Österreich zur Anwendung in Befestigungen mit geringer Qualität, z. B. in ungebundenen Tragschichten, Gütewegen und Banketten. Da in Österreich die Rohstoffe zur Asphaltherstellung ausreichend sind, zeigt der Staat kein besonders großes Interesse Asphalt zum Asphaltmischgut anzuwenden.

Da Ausbauasphalt Bestandteil von Asphaltmischgut ist, der immer öfter höchstwertig wieder verwendet wird, wurde seiner Umgang in der ÖNORM B 3580 – 1 geregelt und in die RVS eingearbeitet. Damit man die Eigenschaften des Asphaltgranulats richtig einschätzen kann, braucht man konkrete Information über seine Herkunft, aktuellen Zustand und Zusammensetzung. Die Merkmale, die die Einsatzmöglichkeit eines Materials in bestimmten Anwendungssituation unter bestehenden Umständen bestimmen können, sind die Gleichmäßigkeit des Asphaltgranulats, die verfügbare maschinen-technische Lage der Asphaltmischanlage und die Eignung des Granulats.

#### **Bestimmung von Qualität und Einsatzmöglichkeit des Asphaltgranulats anhand bestimmter Merkmale**

Gemäß der **ÖNORM EN 13108 – 8 Ausbauasphalt** existieren zwei Grundsätze, die bei der Schätzung der Eignungseigenschaften des Asphaltgranulats helfen. Der erste Grundsatz ist die Gleichwertigkeit der Asphaltmischgutanforderungen für Mischgüter mit und ohne Asphaltgranulat. Nach dem zweiten Grundsatz richtet sich die Zugabemenge von Ausbauasphalt im Zusammenhang mit dem Grad der Homogenität und den qualitativen Eigenschaften des Ausbauasphaltes. Die Ermittlung dieser Merkmale kann nicht nur von unmittelbar vor der Wiederverwendung genommenen Proben, sondern auch mittels Ergebnisse aus der Zeit der Herstellung und des Einbauens von Asphalt oder mittels Ergebnisse von ausgebauten Asphaltproben erfolgen. Für eine korrekte Beurteilung des tatsächlichen Materialzustandes genügt eine Prüfprobe pro 500 t von der Halde oder mindestens 5 Proben je Halde. Folgende Kennwerte müssen entsprechend den Prüfungen deklariert werden:

- Qualitätsklasse
- Fremdstoffe
- Art des Bindemittels
- Erweichungspunkt nach Ring – Kugel
- Korngrößenverteilung
- Bindemittelgehalt
- Bezugsquelle
- Gesteinsklasse

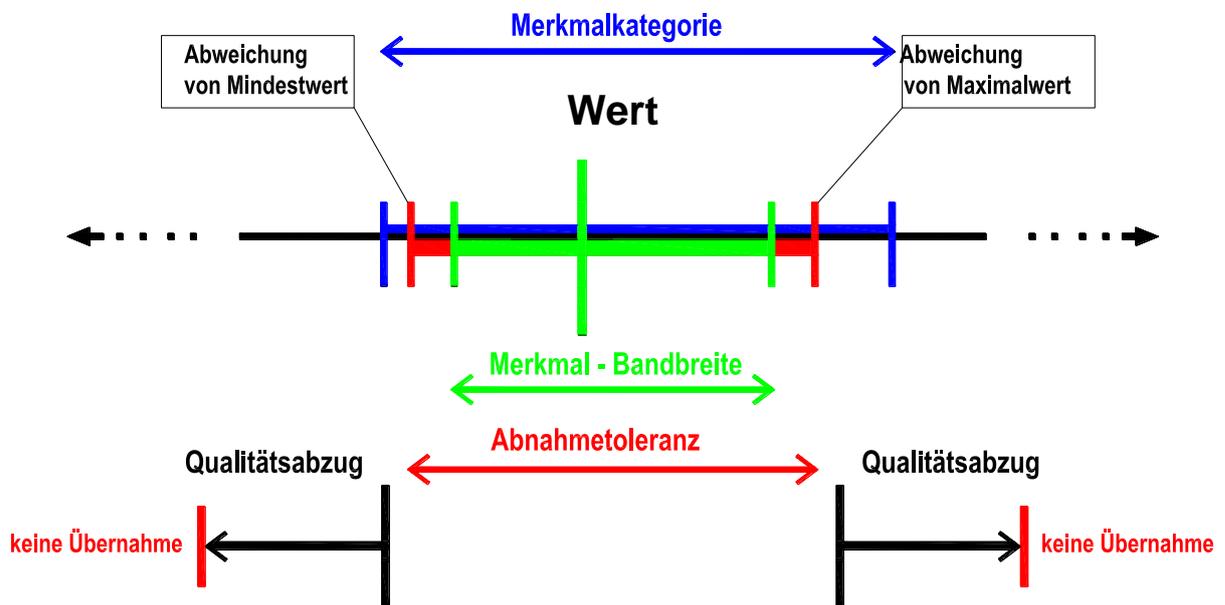


Abb. 38 Regelung der „deklarierten Bandbreiten“<sup>50</sup>

Gemäß der ÖNORM B 3580-1 gibt es für die Zugabemöglichkeiten der Asphaltmischgüter keine Höchstgrenzen. Anstatt das kann das Zugabevermögen des Asphaltgranulats durch die zu erstrebende Qualität bestimmt werden, die anhand verschiedener Merkmale festgestellt wird. Der Grad der gleichmäßigen Verteilung der Bestandteile von dem Granulat wird als wesentlichen Punkt seiner Qualitätsschätzung und damit seiner Zugabemöglichkeit angenommen. Die Ergebnisse von der Prüfung der Merkmale helfen zur Bestimmung der Homogenität des Materials. Bei der Erstprüfung werden die Werte dieser Merkmale von dem Hersteller ermittelt, wobei diese Werte innerhalb ihren Bandbreiten liegen müssen. Bei der Abnahmeprüfung sind auch Abnahmetoleranzen vorgesehen, die eine längere Spannweite

<sup>50</sup> Vgl. Journal, 2010 128 S. 8.

besitzen. In diesen Abnahmetoleranzen, die in Tabellen der RVS 08.97.05 dargestellt werden, stehen neben den Bandbreiten auch die Mindest- und Maximalabweichungen. Wenn die Werte außerhalb der Abnahmetoleranzen liegen, kommt es zum Qualitätsabzug. Eine Übernahme wird nicht ausgeführt, falls diese Werte schon das Material als ein anderes Produkt charakterisieren.

**Maximale Zugabemenge gemäß der Aufbereitungstechnologie, dem vorgesehenen Einsatz und der Herkunft des Ausbausphaltes**

Nach den österreichischen Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau RVS 8.626 werden die Zugabemengen des Asphaltgranulats bei Zugabe in dem Chargenmischer bis 20 M.- % begrenzt. Bei Zugabe in dem Trommelmischer erreichen diese Werte 100 M.- %. Voraussetzung für diese Zugabemengen ist der Kornaufbau, der die Anforderungen des vorgesehenen Zwecks erfüllen muss. Durch passende Wahl von Kornzusammensetzung der neuen Gesteinskörnungen oder von dem zugegebenen Bitumen bei einer 70-prozentigen Asphaltgranulatzugabe kann für den Verwendungszweck eine geeignete Bindemittelqualität und Kornaufbau gewährleistet werden.<sup>51</sup>

Norm	Asphaltmischgut	Verwendung von RA
ÖN B 3580 - 1	AC D deck	A1, A5
	AC D binder	H1, H2
	AC D trag	T1, T2, T3
ÖN B 3580 - 2	fundamentaler Ansatz	nur AC D trag
ÖN B 3581	BBTM	nicht zugelassen
ÖN B 3584	SMA	nicht zugelassen
ÖN B 3585	MA	nicht zugelassen
ÖN B 3586	PA	nicht zugelassen

**Tab. 5 Erlaubter Einsatz des Asphaltgranulats<sup>52</sup>**

A1 und A5 – Asphaltdeckschichten

H1 und H2 – Asphaltbinderschichten

T1, T2, T3 – Asphalttragschichten

In Tabelle 7 werden die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten gemäß der österreichischen Normen für Asphalttschichten im Zusammenhang mit der Art des gestrebten Asphaltmischgut und der Schicht, woraus das Asphaltgranulat gewonnen ist, dargestellt. Die möglichen

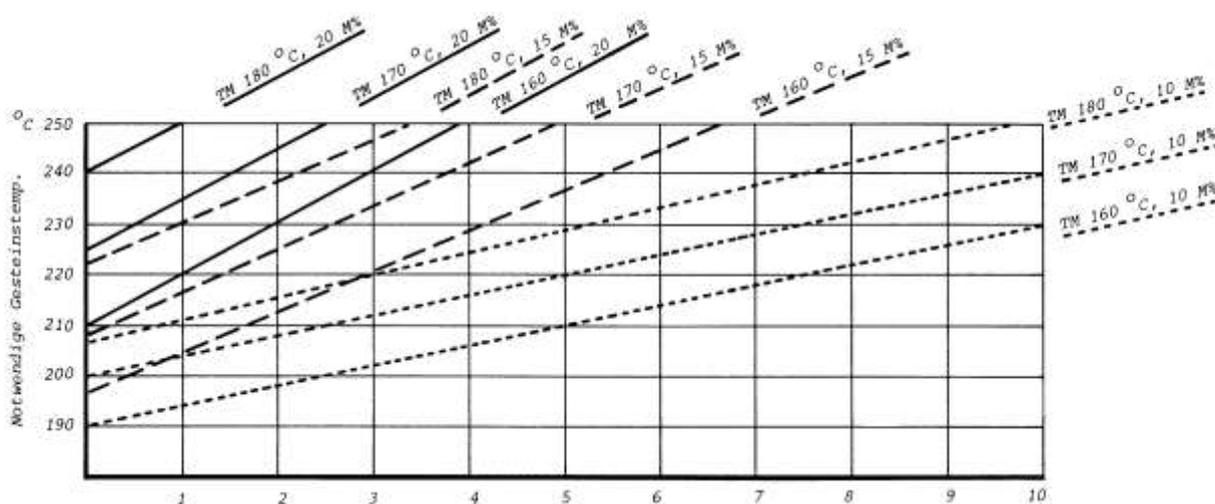
<sup>51</sup> Vgl. RVS 8.626, S. 3.

<sup>52</sup> Vgl Journal, 2010 128 S. 8.

Einsatzvarianten erlauben eine optimale Ausnutzung der technischen Eigenschaften und erzielen Wirtschaftlichkeit der Recyclingmethode.

**Zusammenhang zwischen Feuchtigkeitsgehalt, Ausbauasphaltmenge und Gesteinstemperatur**

Der Feuchtigkeitsgehalt in dem gewonnenen Asphaltgranulat beeinflusst direkt seinen Aufbereitungsvorgang, wobei es zu einer Erhöhung der Temperatur der Mineralstoffe führt. Hoher Wassergehalt fordert mehr Energie zur Erhitzung des Gesteinsmaterials in der Trockentrommel oder zur Erwärmung des feuchten Asphaltgranulats in der Paralleltrommel. Damit man großen Energieaufwand oder eine Überhitzung des Bindemittels vermeiden kann, begrenzt man die Feuchtigkeit durch Reduzierung der Asphaltgranulatzugabe.



**Abb.39 Diagramm der notwendigen Gesteinstemperatur in Heißmischanlage bei Zugabe unterschiedlicher Ausbauasphaltmengen mit variablem Feuchtigkeitsgehalt<sup>53</sup>**

Die graphische Darstellung in Abb. 39 stellt die Beziehung Wassergehalt – Mischguttemperatur - Gesteinstemperatur dar, wobei der höhere Feuchtigkeitsgehalt und die höhere Ausbauasphaltmenge wesentliche Steigerung der notwendigen Gesteinstemperatur verursachen. Jeder Linie von dem Diagramm entspricht eine gestrebte Asphaltmischguttemperatur „TM“ und eine konkrete Asphaltgranulatzugabemenge und ist eine Funktion des Wassergehalt und der notwendigen Gesteinstemperatur. Es ist bewiesen, dass jedes zusätzliches Wassermassenprozent ab 20 M.- % Feuchtigkeitsgehalt im Asphaltgranulat eine Erhöhung der Temperatur der Neumaterialstoffe um 8 °C verursacht.

<sup>53</sup> RVS 8.626, S. 3.

Bei 30% Wassergehalt beträgt die erforderliche Temperaturkorrektur 12 °C je Prozent Wassergehalt.<sup>54</sup>

#### **4.3.6.3 Heißzugabe**

Damit eine Asphaltmischanlage auch Ausbauasphalt bei ihrer Herstellung von Asphaltmischgut verwendet kann, sind spezielle zusätzliche Ausrüstungen notwendig. Die Zugabe des Materials kann bezüglich des Temperaturzustandes des Asphaltgranulats auf zwei Arten erfolgen. Die Warm- und die Kaltzugabe, beide verlangen verschiedene Hilfseinrichtungen. Bei dem Heißverfahren wird der Altasphalt mit Hilfe von Trocken-, Parallel- oder Doppeltrommel vor dem Mischvorgang zuerst getrocknet und dann erwärmt. Die Heißzugabe des Ausbauasphaltes stellt eine geeignete Möglichkeit die Ausbaumaterialmenge im Recyclingmischgut zu erhöhen.

#### **Transport zum Doseur**

Die erste Variante zum Transportieren des Asphaltgranulats ist mittels Förderbänder. Das Material wird mit Hilfe von einem Radlader von der Halde auf das Förderband geladen und dann bis zum Recycling – Doseur transportiert. Eine weitere Möglichkeit wäre das Asphaltgranulat mittels eines Schaufelradladers von der Halde direkt in den Recycling-Doseuren einzugeben.

#### **Recycling - Doseur**

Die Dosiereinrichtungen dienen zur dosierten Zugabe des Asphaltgranulats. Die Arbeit der Doseure verläuft nach gravimetrischem oder volumetrischem Verfahren. Bei den Doseuren mit Bandwaage handelt es sich um eine gravimetrische Dosierung mit der Messeinheit durchlaufende Menge Zuschlagstoff pro Zeiteinheit. Eine volumetrische Dosierung erfolgt bei den Doseuren mit Abzugsband, Abzug mit Vibrator und Schubspeiser, wobei man die volumetrisch erfasste Menge unabhängig von der Lagerungsdichte beachtet. Die Doseure unterscheiden sich nach ihrem Volumen in m<sup>3</sup> und Anzahl, deren Parameter mit der Leistung der Asphaltmischanlage abzustimmen sind. Die Anzahl der Doseure hängt nicht nur von der Leistung der Anlage, sondern auch von den Asphaltgranulatarten je Asphaltsschichten ab.

#### **Transport zu der Trommel**

Der Transport des Asphaltgranulats von den Doseuren zu der Paralleltrommel erfolgt über Elevatoren oder Förderbänder. In den meisten Fällen dient der Elevator zur Überwindung der

---

<sup>54</sup> Blumer, Mathias, S.15, 16.

höheren Lage der Trommel. Damit das Material von den Witterungseinflüssen geschützt wird, müssen die Förderbänder abgedeckt werden.

## **Spezieltrommel**

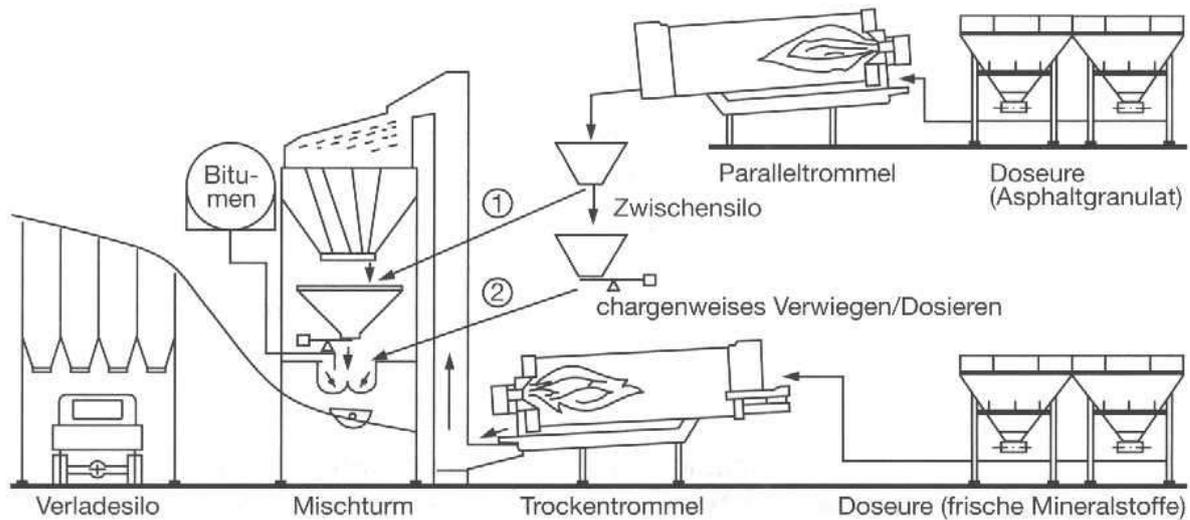
### ➤ **Paralleltrommel**

Bei der Zugabe von Asphaltgranulat in heißem Zustand ist erforderlich das Material für seine Teilnahme an dem Mischprozess vorzubereiten, damit eine angestrebte Erhöhung der Zugabemenge des Asphaltgranulats erzielt wird. Dieser Vorgang erfolgt in einer speziell geeigneten Paralleltrommel, die mittels Förderbänder mit Granulat versorgt wird. Die Trommel erwärmt das Asphaltgranulat mittels Gleichstromprinzips auf Temperatur 110-140°C. Dank ihrer Konstruktion gestattet die Paralleltrommel ein schonendes und wirkungsvolles Aufheizen. Eine Anforderung an den frischen Mineralstoffen ist ihre Erhitzung bis zu 260°C. Es ist wichtig, dass das Bitumen während der Bindemittelerwärmung geschont wird, damit wesentliche Bindemittelerhärtungen vermieden werden. Viel besser ist die schonende Heißgasbefeuerung ohne Flammenstrahlung und das Wälzgasverfahren bei der Rückführung der Abgase zum Gleichstromvorgang. Oft wird auch eine direkte Befeuerung mit einer höheren Feuerraumbelastung aus wirtschaftlichen Gründen bevorzugt. Der Bereich des Flammeneinlasses ist mit Edelstahlblech ausgekleidet. Auf diese Weise erreicht man eine Vermeidung der direkten Flammeneinwirkung auf das Granulat. An der Innenwand der Trommel werden versetzt angeordnete Rechen zur Erhaltung der Homogenität des Asphaltgranulats befestigt. Wesentliches Problem bei diesem Aufbereitungsverfahren ist die Absonderung von Gasen, die reich an Kohlenwasserstoff - Verbindungen sind. Zur Überwindung des Problems bieten sich zwei Möglichkeiten – Adsorption und Nachverbrennung.

Die Paralleltrommeln wirken den Mischgutherstellungsprozess der Chargen- und Durchlaufmischanlagen mit. Während der Aufbereitung in einer Chargenmischanlage läuft das Asphaltgranulat zuerst von den eigenen Doseuren dann zur Paralleltrommel. Das vorgewärmte Granulat wird über ein Zwischensilo zugeführt. Für den Transport des erwärmten Ausbaumasphaltes werden je nach Situation und Platzverhältnissen abgedeckte Förderbänder oder isolierte und beheizte Kratzkettenförderer eingesetzt.

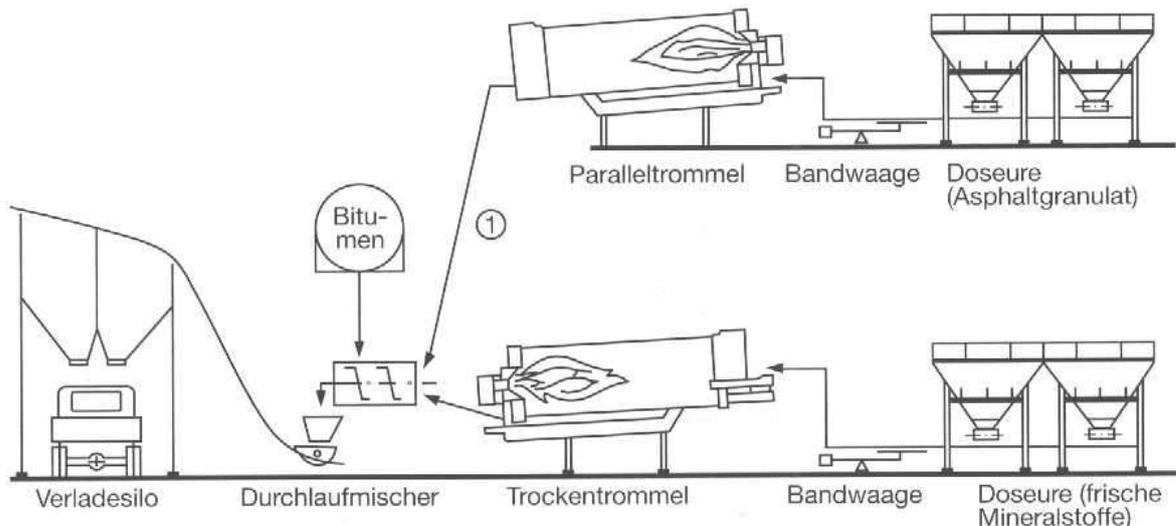
Für die nachfolgende Dosierung existieren zwei Wegvarianten. Erste Variante ist eine Dosierung des Mischers über eine zusätzliche Chargenwaage. Für zweite Möglichkeit wird eine Dosierung des Mischers über die Mineralstoffwaage vorgeschlagen, damit das Material als zusätzliche Komponente verwogen werden kann. Zur gleichmäßigen Verteilung von Ausbaubitumen von Ausbaumasphalt auf dem Gesteinsmaterial, werden die

Gesteinsmaterialien und der Ausbauasphalt 5 bis 10 Sekunden im Mischergemisch früher, bevor Ergänzungsbindemittel und Füller zugegeben werden. (Abb. 40)



**Abb.40 Chargenmischanlage mit Zugabe von Asphaltgranulat mittels Paralleltrommel<sup>55</sup>**

Die Arbeit einer Durchlaufmischanlage besitzt teilweise eine andere Reihenfolge der Vorgänge als eine Chargenmischanlage. Die Mengen von Asphaltgranulat und frischen Mineralstoffen werden durch eigene Doseure geführt, dann über eigene Bandwaagen gewogen und in der Trocken- respektiv Paralleltrommel aufbereitet. Nächster Schritt ist ihre gleichzeitige Zugabe in dem nachgeschalteten Durchlaufmischer, der in Abbildung 41 dargestellt ist. Die Zugabemengen bei der Anwendung jeder von den beiden Mischanlagen betragen bis zu 80 M.-% für die Herstellung von Mischgut für Asphalttragschichten und bis zu 100 M.-% - für Asphaltfundationsschichten.



**Abb. 41 Durchlaufmischanlage mit Paralleltrommelsysteme<sup>56</sup>**

<sup>55</sup> ABW, 2001 S. 42.

<sup>56</sup> Ebenda, S. 44.

➤ **Doppeltrommel**

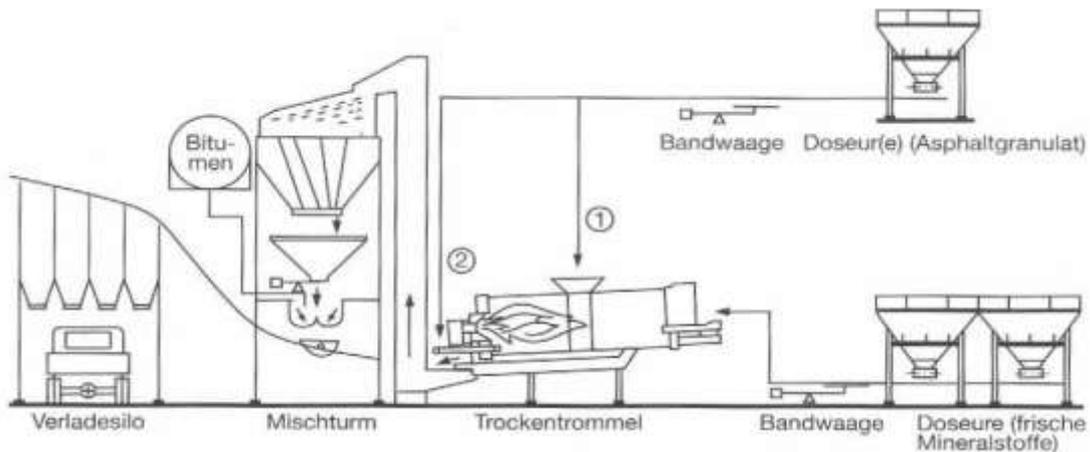
Diese Trommelart umfasst drei in einer Einheit integrierte Aufbereitungsgruppen. Erste Gruppe ist die Aufbereitung von frischen Mineralstoffen in der Trockentrommel. Bei der zweiten Gruppe wird die Erwärmung von dem Asphaltgranulat in der Doppeltrommel ausgeführt. Der dritte Vorgang ist der Mischprozess im Durchlaufmischer. Die frischen Mineralstoffe werden zuerst bis zu erforderlicher Temperatur aufgeheizt, fallen durch den inneren Trommelmantel und treffen das Asphaltgranulat in dem äußeren Trommelmantel. Dort wird die Vermischung von Mineralstoffen und Granulat mit einer Mischzeit von ca. 1,5 min durchgeführt.

Die Entleerung der Doseure erfolgt mittels Sammelbändern, die zu den Siebmaschinen führen. Zweck der Siebmaschinen ist das Material von Überkorn abzuscheiden und die Verunreinigungen zu entfernen. Unterhalb der Siebmaschine befindet sich der Trommelsteigband zur Förderung des Materials in die Doppeltrommel. Eine speziell eingebaute Durchlaufwaage dient zur Kontrollierung der Einlaufmengen. Die frischen Mineralien und der Ausbauasphalt werden zur Doppeltrommel angeliefert, die gegen Fremdluft abgedichtet ist. Zur Abgasbewältigung ist eine Filteranlage installiert. Das Mineral wird in den Innenmantel der Trommel getrocknet und durch Schlitze am Ende des Trommelrohres in den Außenmantel abgeleitet, wo es mittels Mischschaufeln mit dem Asphaltgranulat durchgemischt wird. Gleich danach kommt die kontinuierliche Zugabe von Füller und Bindemittel und das nochmalige Mischen.

➤ **speziell ausgerüstete Trommel**

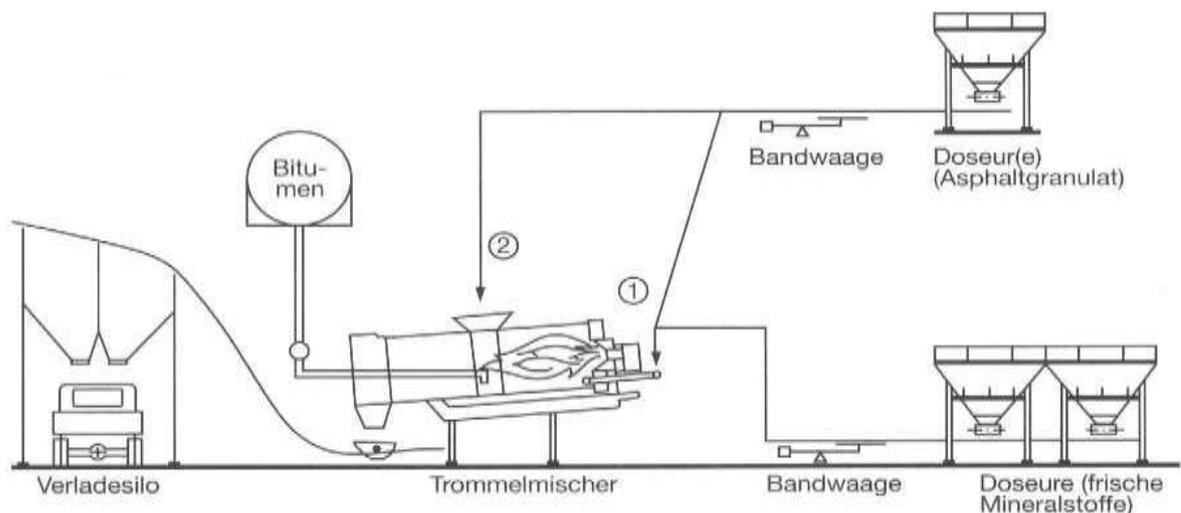
Die Heißzugabe des Asphaltgranulats kann auch in der konventionellen Trockentrommel der Chargenmischanlagen, als auch in dem Trockenmischer der Durchlaufmischanlagen realisiert werden, wo die Erwärmung des Asphaltgranulats gemeinsam mit den heißen Mineralstoffen erfolgt. Dank der speziellen Ausrüstung dieser Trommel kann das Asphaltgranulat zugegeben werden. Diese Ausrüstung unterscheidet sich in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Zugabestellen des Asphaltgranulats.

In Chargenmischanlagen wird das Asphaltgranulat in der Mitte der Trockentrommel oder über ein Wurfband mittels Eintragungsrohrs an der brennerseitigen Stirnwand der Trockentrommel kontinuierlich zugegeben. Die Menge des Asphaltgranulats kann mittels der vorgeschalteten Bandwaagen konstant gehalten werden. (Siehe Abb. 42)



**Abb.42 Chargenmischanlage mit Zugabe von Asphaltgranulat in der Trockentrommel<sup>57</sup>**

Bei der Wiederverwendung nach Heißaufbereitung in Durchlaufmischanlage wird die Asphaltgranulatzugabe im Trommelmischer durchgeführt. Das Asphaltgranulat kann gleichzeitig mit den frischen Gesteinsmaterialien in dem Flammenbereich des Trockenmischers oder getrennt in der Mitte des Trockenmischers hinter einem Hitzeschild eingebracht werden. Direkt in dem Trockenmischer wird das Bindemittel hinzugefügt. In dem Trommelmischer werden die Mineralstoffe und der Ausbauasphalt getrocknet und erhitzt. In einem Arbeitsgang werden alle Bestandteile des zu erwartenden Mischguts durchgemischt. Außer der richtigen Zusammensetzung des Asphaltgranulats und der zusätzlich gegebenen Bindemittelmenge spielt auch die Verweilzeit aller Bestandteile in dem Trockenmischer eine bedeutende Rolle zum Gewährleisten einer Homogenität des Mischgutes und einer vollständigen Umhüllung der Mineralstoffe mit Bitumen. Unter der Voraussetzung eines kontinuierlichen Ablaufes, weisen sich die Vorteile dieses Verfahrens in der Erhöhung des Durchsatzes und in Einsparungen an Energie auf. (Siehe Abb. 43)



**Abb. 43 Durchlaufmischanlage mit Zugabe in der Trockentrommel<sup>58</sup>**

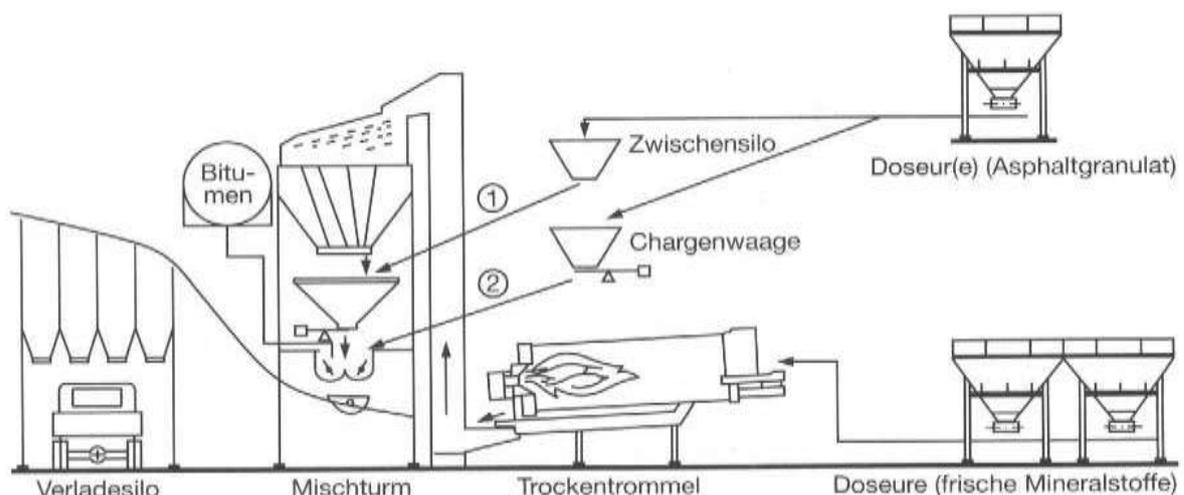
<sup>57</sup> ABW, 2001 S. 41.

#### 4.3.6.4 Kaltzugabe

Bei der Kaltzugabe von Asphaltgranulat ist keine separate Erwärmung des Materials vorgesehen. Der Anschluss des Asphaltgranulats in dem Stoffstrom der Mineralgesteine kann in verschiedenen Teilen der Asphaltmischanlage durchgeführt werden. Die Mineralguttemperatur am Trockentrommelaustritt erreicht Werte von 180-190°C, die nach dem Mischen mit dem Asphaltgranulat auf 160-180°C absinkt. Zum Erhalten dieser Endmischtemperatur wird die Zusatzmenge vom Granulat auf 25-30 Gew. -% begrenzt. Man unterscheidet chargenweise und kontinuierliche Zugabe. Bei der kontinuierlichen Zugabe wird die Zugabemenge mittels Bandwaage ermittelt. Bei der chargenweisen Zugabe erfolgt die Vordosierung des getrennt gelagerten Asphaltgranulats über ein Förderband. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Zugabevarianten ist, dass bei der kontinuierlichen Zugabe keine Absiebung der neu zugegebenen Mineralstoffe stattfinden kann.

#### Chargenweise Zugabe

Die Erwärmung des Granulats wird durch die heißen Mineralstoffe realisiert. Als Zusatzausrüstungen, die die Granulatzugabe ermöglichen sind Doseure für das Asphaltgranulat vorgesehen. Im Zusammenhang mit der Stelle der Zugabe existieren zwei Zugabevarianten. Erste Variante ist Zugabe über eine zusätzliche Chargenwaage direkt in den Chargenmischer. Eine andere Möglichkeit ist Zugabe des Granulats durchlaufend von Asphaltgranulatdoseuren über Zwischensilos und danach über die Mineralstoffwaage zu dem Chargenmischer. (Siehe Abb. 44)



**Abb. 44 Chargenmischanlage mit chargenweiser Zugabe<sup>59</sup>**

<sup>58</sup> ABW, 2001 S. 43.

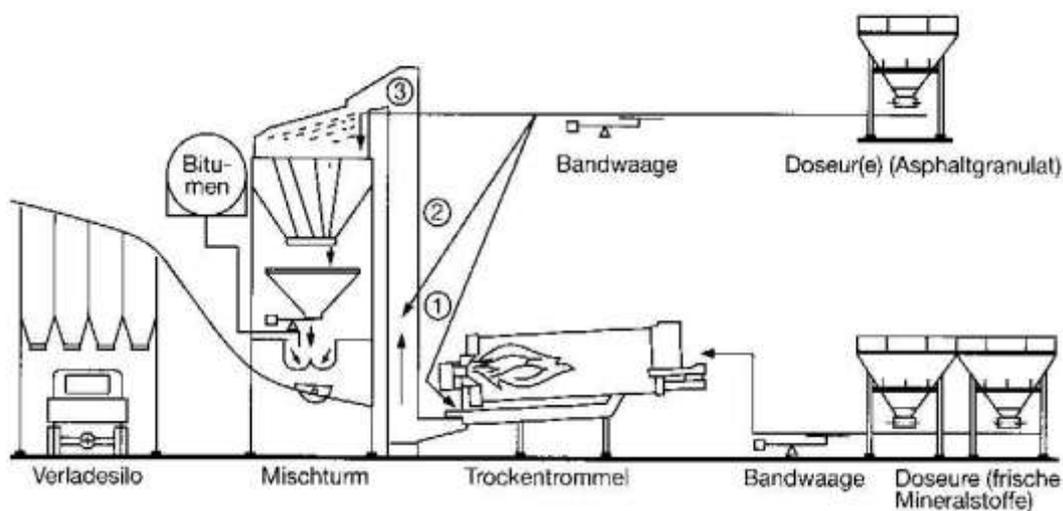
<sup>59</sup> Ebenda, S. 39.

Bei einer direkten Zugabe in den Mischer wird das Asphaltgranulat über ein regelbares Abzugsband aus der Dosiereinrichtung abgezogen, direkt in einen Elevator übergeben und in einen Zwischensilo gefördert. Aus dem Silo geht der Ausbauasphalt zum chargenartigen Wiegen in eine separate Waage und dann in den Mischer.<sup>60</sup> Der Wasserdampf, der bei dem Mischvorgang von den überhitzten Mineralstoffen und dem kalten, feuchten Ausbauasphalt entsteht, muss abgeleitet werden. Das Verfahren ist für Zugabemengen von Ausbauasphalt mit einem maximalen Massenanteil von 20 % anwendbar. Im Fall, dass die Körnungen und die Bindemittelqualität des Ausbauasphaltes für die Ausführung des Neubelagbaus nicht geeignet sind, soll die Wahl von Kornzusammensetzung, Bitumenqualität und Bitumenmenge des Frischmischgutes den Anforderungen an den Eigenschaften des Gesamtmischgutes entsprechen.

Bei der Zugabe von Asphaltgranulat über eine Mineralstoffwaage ist eine Chargenwaage nicht erforderlich. Das Granulat läuft über den Zwischensilo und die Mineralstoffwaage zu dem Mischer.

### **Kontinuierliche Zugabe**

Die Erwärmung des Granulats erfolgt mit der Hilfe von den heißen Mineralstoffen. Zusätzliche Einrichtungen sind speziell geeignete Asphaltgranulatdoseure und Bandwaagen. Danach kommt die eigentliche Dosierung, die in dem Elevator, in der Siebumgehungstasche oder an dem Trommelauslauf durchzuführen ist. (Siehe Abb. 45)



**Abb. 45 Chargenmischanlage mit kontinuierlicher Zugabe<sup>61</sup>**

<sup>60</sup> Vgl. Warmbold, Rolf 1996, S.129.

<sup>61</sup> Ebenda, S. 40.

Die Zugabe in dem Heißelevator erfolgt bei volumetrischer Dosierung, in dem Moment, wenn das Gesteinsmaterial die Trockentrommel verlässt. Das Dosieren wird durch eine Dosiereinrichtung realisiert, die mit einem integrierten Rost zur Separierung des Überkorns, mit großen Austrittsöffnungen und steilen Wandungen ausgerüstet ist. Das Asphaltgranulat wird über ein regelbares Abzugsband aus dem Doseur abgezogen und an ein Förderband übergeben. Da die Zeit zur Zurücklegung des Weges von dem Trommelauslauf durch den Heißelevator und den Bypass zu dem Mischer dem Wärmeaustauschvorgang genügt, ist die Mischzeit nicht zu verlängern. Die Mischung aus Recyclingasphalt und Mineralstoffen kann wegen der Verklebung durch die Siebe nicht wieder klassiert werden. Deshalb dient der Bypass zum Durchlauf des Recyclingmaterials durch den Silo zu dem Mischer. Der Wasserdampf, der bei Mischung des Ausbauasphaltes und des erhitzten Neuminerals entsteht, wird durch eine Wasserdampfentsorgungsleitung in die Rohgasleitung vor dem Filtereingang zugeführt. Das Absaugen des von dem Staub und Bitumentropfen enthaltenen Wasserdampfs ist besonders wichtig, da es sonst auf Bypassaschen, Siebanlagen und Zugabeschürren zu Verkrustungen kommen kann. Das Verfahren ist bei der Produzierung von Kleinmengen wegen der kontinuierlichen Zugabe nicht empfehlenswert. Eine genaue Asphaltmischgutrezeptur ist bei dieser Zugabeweise nur schwer zu erhalten. Wegen der Gefahr vor Verklebungen wird das Gemisch aus Mineralstoff und Asphaltgranulat nicht heiß abgesiebt.<sup>62</sup>

## **4.4 Einsatzspektren von Ausbauasphalt**

### **4.4.1 Deponieren von Ausbauasphalt**

Trotz des Strebens die Menge der Bauabfälle zu minimieren, d.h. ihre Recyclingfähigkeit zu erweitern, existiert noch der Bedarf an Deponieren. Ziel aller auf diese Frage bezogenen Forschungen ist die Ausarbeitung solcher Verfahren, mit deren Hilfe man die Umweltverträglichkeit der Inhaltsstoffe in den Abfällen prüfen kann. Bei Asphalt wird die Umweltverträglichkeit nach der Zusammensetzung der genommenen Ausbauasphaltproben untersucht. Danach kommt ihr Aufbrechen auf eine Korngröße unter 10 mm und ihr Eluieren nach bestimmten Verfahren. Der Prozess der Eluierung bezeichnet das Ablösen des Materials in Lösungsmittel und gelösten Substanzen. So kann man die Ausbaumaterialien je nach ihren Eigenschaften in verschiedenen Deponieklassen untergliedern. Der wesentliche Teil (70 Prozent) von den bitumengebundenen Asphalten besitzt eine Klasse des ungehinderten Deponierens. Der Rest der Asphalte gehört der Deponiekategorie der

---

<sup>62</sup> Vgl. Warmbold, Rolf 1996, S.127.

umweltschädlichen Inhaltsstoffe an. Deshalb ist es wichtig, dass diese Materialien auf abgedichteten Deponien gelagert werden, wo ihr Sickerwasser im Bezug auf den Gewässer-, Emissions- und Landschaftsschutz nachbehandelt und einem Vorfluter zugeführt wird. Ein weiteres Problem ist die Verteuerung von Deponieren durch große Distanzen zwischen Baustelle und Deponie und von Kippgebühren, vor allem in Ballungsgebieten.<sup>63</sup>

#### **4.4.2 Wiederverwendung von Ausbauasphalt in Lärmschutzwällen, im Unterbau oder zur Verbesserung des Untergrundes**

Bei der Verwendung von Ausbauasphalt für Lärmschutzwällen benötigt man qualitativ minderes Recyclingmaterial. In solchen Fällen wird der aufgebrochene Asphalt gemeinsam mit anderen Schüttgutmaterialien verwendet. Bei der Verwendung von Ausbauasphalt für Untergrund oder Unterbau ist es wichtig die Stückgröße des Ausbauasphaltes so abgestimmt zu haben, dass schädliche ungleiche Setzungen nach dem Einbau und nach der Verdichtung der Schicht nicht auftreten. Durch Beimischung von Mineralstoffen wird ein gut gestuftes Schüttgut erzielt, die die Einbaubarkeit und Verdichtbarkeit deutlich verbessert. Die Setzungen bei den Lärmschutzwällen sind nicht von wesentlicher Bedeutung, deshalb muss nur die Stückgröße des Ausbauasphaltes mit den konventionellen Einbau- und Verdichtungsgeräten abgestimmt werden.

#### **4.4.3 Wiederverwendung von Ausbauasphalt in ungebundenen Tragschichten**

Ohne weitere Aufbereitung kann der Ausbauasphalt in Form von Asphaltgranulat in ungebundenen Tragschichten verwendet werden. Der Ausbauasphalt in Form von Fräsgut kann unmittelbar nach dem Fräsen als ungebundene Tragschicht benutzt werden, während der Ausbauasphalt in Form von Schollen erst nach einer Aufbereitung in Brechanlage verwendbar ist. Da bei starken Verkehrsbelastungen größere Nachverdichtungen beobachtet werden, betrifft der Einsatz des Asphaltgranulats als ungebundene Tragschicht gering belastete Verkehrsflächen, Rad-, Wirtschafts- und Gehwege.

---

<sup>63</sup> Gregori, H; Gregori, M S.74.

#### **4.4.4 Wiederverwendung von Ausbaupasphalt in verfestigten Frostschutzschichten**

Mit Hilfe von Verfestigung kann das Asphaltgranulat als Frostschutzschicht eingesetzt werden, wobei es durch Zugabe von Zement als Bindemittel verbessert wird. Die verfestigten Frostschutzschichten aus Asphaltgranulat werden mittels Baumisch- oder Zentralmischverfahrens mit Dicken zwischen 15 und 20 cm ausgeführt.

#### **4.4.5 Wiederverwendung von Ausbaupasphalt in Asphaltfundationsschichten**

Bei der Wiederverwendung von Asphaltgranulat in Asphaltfundationsschichten kann Ausbaumaterial aus allen Asphaltsschichten und aus anderen geeigneten Recycling – Baustoffen angewandt werden. Das Mischgut wird in der Asphaltmischanlage bei einer Asphaltgranulatzugabe bis zu 100 Gew.- % hergestellt. Danach kommt der Heißeinbau mittels eines Straßenfertigers, dessen Vibrationsbohle die Vorverdichtung realisiert. Die Schlussverdichtung erfolgt mit Hilfe einer Walze. In Zusammenhang mit der Anordnung der Schichten in der Tiefe der Straßenbefestigung befindet sich die Asphaltfundationsschicht unterhalb der bituminösen Tragschicht und trägt eine Dicke von 10 bis 20 cm. Asphaltfundationsschichten können bei einer bedeutungslosen Reduzierung der Dicke der bituminösen Schicht die verfestigten und ungebundenen Tragschichten ersetzen. Diese Einsatzweise ist wegen der großen Zugabemengen von Ausbaupasphalt eine vorteilhafte Wiederverwendungsmöglichkeit.

#### **4.4.6 Wiederverwendung von Ausbaupasphalt in bituminösen Asphalttragschichten**

Die Tendenz von Wiederverwendung des Asphaltgranulats bei der Herstellung von Tragschichtmaterial hat ihren Beginn Mitte 80er Jahre. Der Anteil der Zugabe ändert sich je nach Verfahren. Bei der Chargenmischmethode nimmt das Asphaltgranulat mit 30 Gew.- % an der Mischgutaufbereitung teil, während dieser Anteil bei der Trommelmischmethode mit einer Vorbearbeitung in der Paralleltrommel auf 80 Gew.- % steigt. Es wurde eine Vielzahl an Forschungsarbeiten für den Einfluss der Asphaltgranulatzugabe auf die mechanischen Eigenschaften des Mischgutes durchgeführt. Auf Grund der Prüfungen an Ermüdungseigenschaften, Verformungswiderstand und Verdichtbarkeit des recycelten Materials wurde erkannt, dass der Gehalt von Ausbaupasphalt positiv das Mischgut beeinflusst. Diese positive Beeinflussung besteht auf Grund der Doppelumhüllung der

Gesteinskörper mit Bitumen. Weitere Umstände, die auf das Verhalten zur Mischgutherstellung unter Zugabe von Asphaltgranulat einwirken, sind die Einmischtemperatur und die Nachmischzeit.

#### **4.4.7 Wiederverwendung von Ausbauasphalt in Asphaltbinderschichten**

Bei der Aufbereitung von Ausbauasphalt für Binderschichten wird getrennt gelagerter Fräsasphalt aus Deck- und Binderschichten benutzt. Die Zugabemenge variiert zwischen 40 und 50 Gew.- %. Als Anforderungen an das Material ist hier die Widerstandsfähigkeit gegen Schlag und eine ausreichende Kornfestigkeit zu beachten.

#### **4.4.8 Wiederverwendung von Ausbauasphalt in Asphaltdeckschichten**

Die Änderung des Abfallgesetzes von 1977 „Gesetz über Beseitigung von Abfällen“ in „Gesetz über die Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen“ von 1985 führte zu Änderung der Ansichten der Straßenbauer im Bezug auf den Ausbauasphalteinsetz. Mittels einer Vielzahl von Untersuchungen wurde klar, dass mit einer passenden Asphaltgranulatmenge bei der Aufbereitung von Deckschichtmaterial die gleichen Gebrauchseigenschaften wie zu Deckschichtmaterial ohne Asphaltgranulatzugabe erreicht werden kann.<sup>64</sup>

Wegen der strengen Anforderungen an das Material ist die Anwendbarkeit von Ausbauasphalt bei Herstellung von Deckschichten viel mehr beschränkt, als bei anderen Schichtarten. Durch Verwendung von Fräsasphalt aus Deckschichten werden die Anforderungen an Qualität der Mineralstoffe, d.h. an Widerstand gegen Schlag und an Verwitterungsbeständigkeit, sichergestellt. In diesem Fall beträgt die Menge von Fräsasphalt bei einer direkten Zugabe 20 - 25 Gew.- %.

---

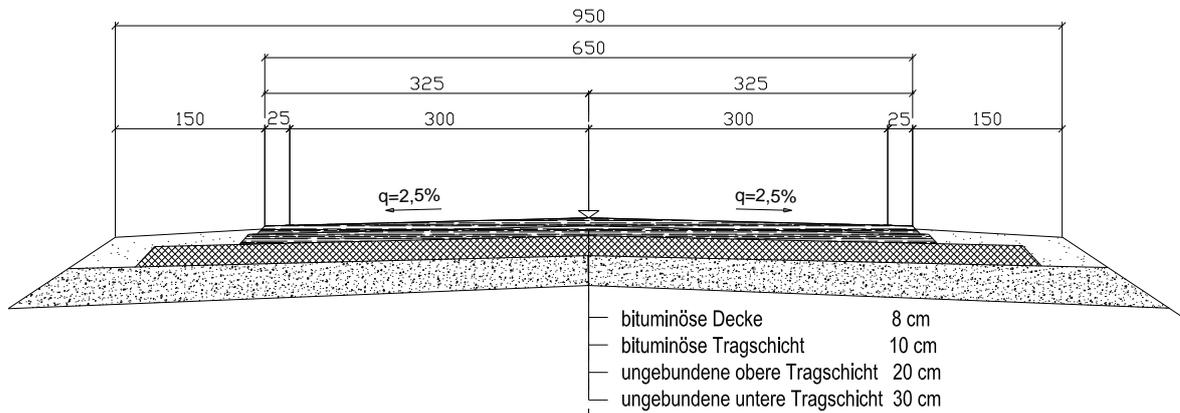
<sup>64</sup> Hartmann, Reiner 1989, S.29.

## 5 PLANUNG UND DIMENSIONIERUNG DER EINRICHTUNG ZUR AUFBEREITUNG VON RECYCLINGASPHALT

### 5.1 Bauobjekt

Gegenstand der Überlegungen in dieser Diplomarbeit ist eine Landesstraße. Die zulässige Höchstbelastung beträgt 15.000 Kfz/Tag, die der Lastklasse III mit einem Bemessungsnormlastwechsel (BNLW) in Millionen zwischen 0,4 und 1,3 gemäß der Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) 8S.04.11 entspricht.

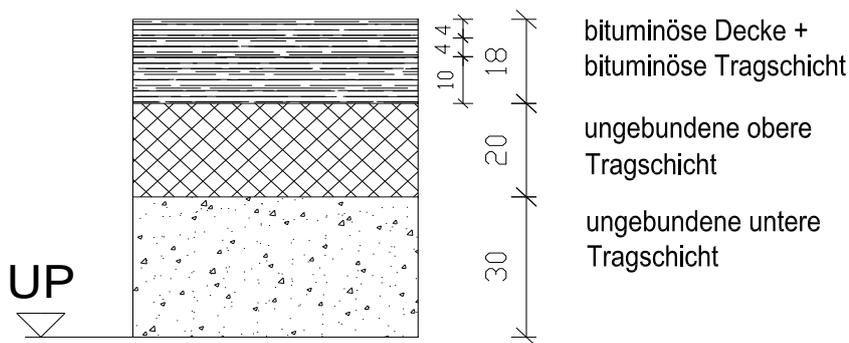
#### 5.1.1 Querschnitt der Landesstraße



**Abb. 46 Querschnitt der Straße**

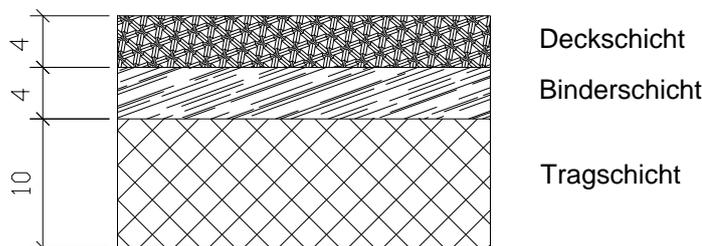
#### 5.1.2 Schichtenaufbau der Landesstraße

Der Oberbau der Befestigung besteht aus einer Deck-, Binder-, und bituminös gebundener Tragschicht, ungebundener oberen und unteren Tragschicht.



**Abb. 47 Schichtenaufbau des Straßenoberbaus**

### 5.1.3 Bituminöse Befestigung der Landesstraße



**Abb. 48 Bituminöse Befestigung**

- Deckschicht aus Asphaltbeton mit Dicke 4 cm 0/16
- Binderschicht Dicke 4 cm 0/22
- Tragschicht Dicke 10 cm 0/32

Die Aufgabe des Auftragnehmers ist eine Erneuerung der bituminösen Befestigung der Landesstraße mit einer Fahrbahnbreite von 6,5 m und einer Streckenlänge von 5.000 m, die das Ausbauen des Belages, die Aufbereitung des Ausbauasphaltes, sowie die Wiederverwendung des aufbereiteten Ausbauasphaltes beinhaltet. Es wurde die folgende Methodik zur Ausführung des Auftrags gewählt: Das Ausbauen erfolgt mittels Großfräse, die lagenweise die bituminösen Schichten abträgt. LKWs realisieren den Transport des Fräsasphalts zu der Zwischendeponie. Da der Fräsprozess sich auf die Qualität des Ausbauasphaltes auswirkt, muss das gefräste Material zuerst mittels Siebanlage abgesiebt werden, damit es später an der Mischgutherstellung teilnehmen kann. Aus wirtschaftlichen, umweltschonenden und qualitativen Gründen wird eine Heißaufbereitung in stationärer Chargenmischanlage gewählt. Die Asphaltmischanlage ist mit speziell geeigneter Paralleltrommel zur Heißzugabe von Recyclingmaterial ausgerüstet. Dieses Recycling – Verfahren hat den Vorteil, dass die im Asphaltgranulat vorhandene Feuchtigkeit schon vor dem Mischprozess und nicht erst beim Verwiegen und beim Mischen durch die heißen Mineralstoffe verdampft wird. Bei der Erwärmung des Asphaltgranulats in einer Paralleltrommel können somit auch größere Anteile an Asphaltgranulat zugegeben werden. Ein weiterer Effekt dieses Verfahrens ist die Homogenisierung des Granulats. Die Herkunft des Ausbaumaterials, die Ausbauweise und die Art der Aufbereitung des Ausbauasphaltes setzen eine maximale Zugabemenge und seinen optimalen nochmaligen Einsatz voraus.

Aufgrund der Ergebnisse der von den beiden Halden genommenen Proben, die die Qualität und die Gleichmäßigkeit des Fräsmaterials bestimmen, und gemäß der Tab. 7 auf Seite 51 ist die beste Zugabevariante gewählt. An der Zusammensetzung des herzustellenden Asphaltmischguts nehmen 30 Gew.-% aus Deck- und Binderschicht gewonnener Fräsasphalt zur Binderschichtherstellung, 70 Gew.-% aus Tragschicht ergebener Fräsasphalt zur Tragschichtherstellung, neue Gesteinskörnungen mit korrekt gewählter Kornzusammensetzung und Bitumen teil, wodurch alle Anforderungen der RVS 8S.01.41 (ÖNORM EN 13108 ab 2008) erfüllt sind.

## 5.2 Fräsen

Die abzubauenende Straße ist eine ländliche Straße mit zwei Fahrstreifen je mit Streifenbreite von 3,0 m und einer Fahrbahnbreite von insgesamt 6,5 m. Der Querschnitt der bituminös gebundenen Straßenbefestigung besteht aus einer Asphaltdeckschicht und aus einer Asphaltbinderschicht mit einer Dicke von 4 cm und aus einer gebundenen Asphalttragschicht mit einer Dicke von 10 cm. In Längsrichtung beträgt die abzubauenende Asphaltbefestigungslänge 5.000 m. Das Abtragen des Asphalttes erfolgt in zwei Arbeitsgängen, damit eine Trennung des Schichtenmaterials erzielt werden kann. Die Wahl der Fräse wird nach der Art des Fräsens und der zu fräsenden Fläche gerichtet. Gemäß Tabelle 1 auf Seite 35 entspricht eine Großfräse mit Fräsbreite 2,0 m den Bedingungen für das Fräsen von einer Fläche von über 7000 m<sup>2</sup>. Eine passende Fräse von der Angebotsliste der Firma Wirtgen ist die Großfräse W 1900. Das Einsatzgebiet der kompakten Kaltfräse erstreckt sich von Feinfräsarbeiten über Abtragen dünner Fahrbahnbeläge bis hin zu großflächiges Fräsen von Deckschichten erstreckt.

### 5.2.1 Großfräse Wirtgen W 1900

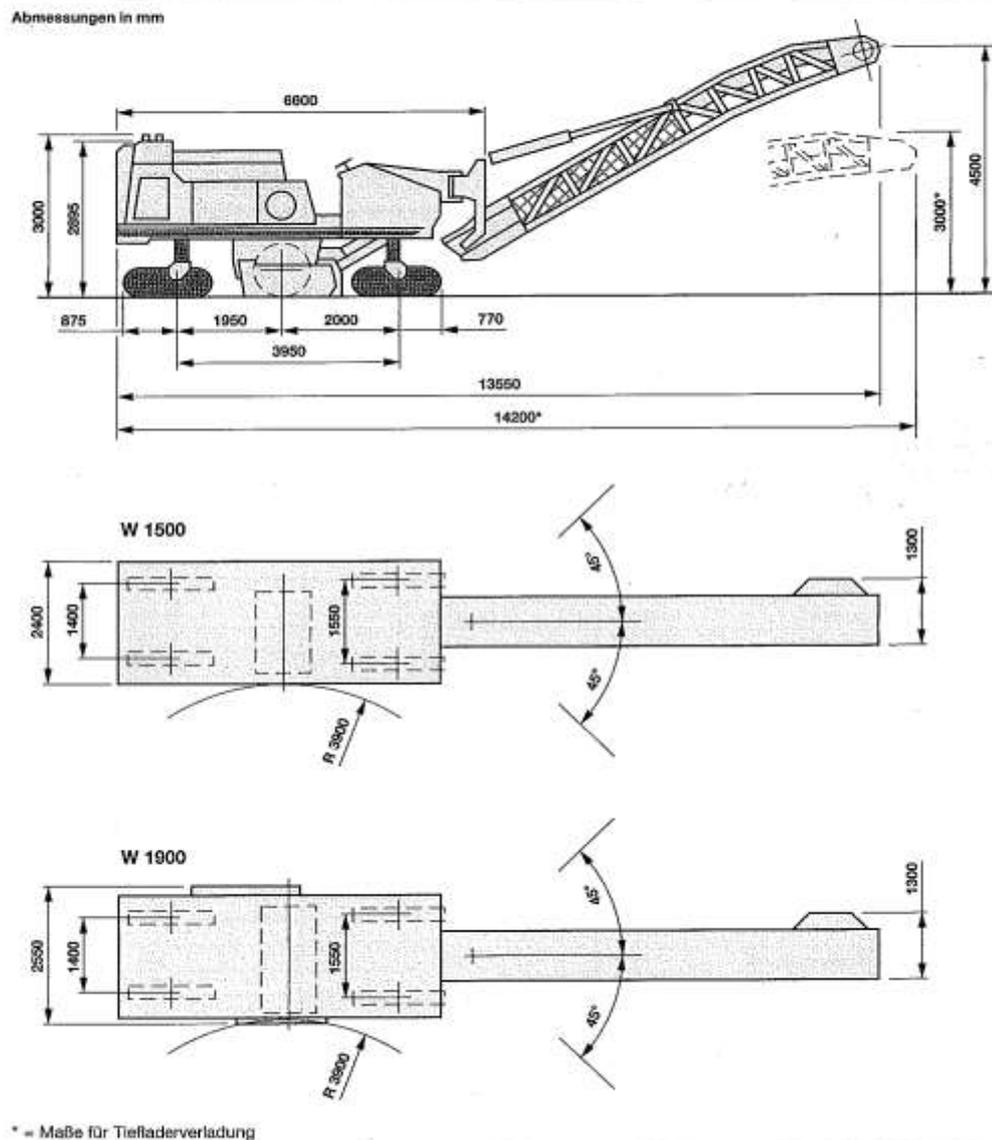
#### Technische Daten der Großfräse

- |                            |              |
|----------------------------|--------------|
| ○ <i>Fräsbreite</i>        | max. 2000 mm |
| ○ <i>Frästiefe</i>         | 10–320 mm    |
| ○ <i>Fräswalze</i>         |              |
| - Linienabstand            | 15 mm        |
| - Anzahl der Fräswerkzeuge | 162          |
| - Schnittkreisdurchmesser  | 980 mm       |

- *Motor*
  - Motorhersteller Daimler Chrysler
  - Typ OM 502 LA
  - Kühlung Wasser / Luft (Ladeluftkühler)
  - Anzahl der Zylinder 8
  - Nennleistung bei 2000 min<sup>-1</sup> 340 kW/455 HP/462 PS
  - Maximalleistung bei 1800 min<sup>-1</sup> 350 kW/469 HP/476 PS
  - Drehzahl 2000 min<sup>-1</sup>
  - Hubraum 15,9 l
  - Kraftstoffverbrauch Volllast 84 l/h
  - Kraftstoffverbrauch 2/3-Last 56 l/h
- *Elektrische Anlage* 24 V
- *Füllmengen*
  - Kraftstofftank 850 l
  - Hydrauliköltank 270 l
  - Wassertank 1600 l
- *Fahreigenschaften*
  - Fahrgeschwindigkeit 0–29,5 m/min
  - Fahrgeschwindigkeit 0–4,5 km/h
- *Fahrketten*
  - Fahrketten vorne und hinten 1600 x 260 x 550 mm  
(L x B x H)
- *Fräsgutverladung*
  - Gurtbreite Aufnahmeband 800 mm
  - Gurtbreite Abwurfband 800 mm
  - Theoretische Abwurfbandkapazität 290 m<sup>3</sup>/h
- *Verschiffungsmaße*
  - Maschine (L x B x H) 6600 x 2550 x 3000 mm

- Abwurfband (L x B x H) 8500 x 1300 x 1150 mm

### **Abmessungen der Maschine**



**Abb. 49 Maschinenabmessungen**<sup>65</sup>

## **5.2.2 Beschreibung des Fräsvorganges**

Damit der Fräsprozess die ganze Fahrbahnbreite von 6,5 m umfassen kann, muss das Fräsen in 4 Arbeitsetappen quer der ganzen Fahrbahn unterteilt werden. Außerdem muss der Vorgang sich aus 2 Arbeitsgängen zur getrennten Schichtenabtragung zusammensetzen. Der erste Arbeitsgang verläuft in einer vorbestimmten Frästiefe von 8 cm zum Abtragen von Deck- und Binderschicht. Der zweite Arbeitsgang wird in einer Frästiefe von 10 cm zum

<sup>65</sup> Wirtgen GmbH.

Abtragen der Tragschicht ausgeführt. Das Fräsprinzip erfolgt durch das Drehen der Fräswalze in gegenläufiger Richtung im Bezug auf die Arbeitsrichtung.

### 5.2.2.1 Binder- und Deckschichtabfräsen

Die theoretische Flächenleistung mit einer Frästiefe von 8 cm kann die aus dem Diagramm in Abb. 28 auf Seite 37 abgelesen werden und ergibt einen Wert von  $F_T = 1320 \text{ m}^2/\text{h}$ . Weitere Berechnungen ergeben sich wie folgt:

-	Abschlagsfaktor	$A = 0,6$
-	gewählte Frästiefe	$T = 0,08 \text{ m}$
-	theoretische Flächenleistung	$F_T = 1320 \text{ m}^2/\text{h}$
-	Volumendichte	$\rho = 2,4 \text{ t/m}^3$
-	Auflockerungsfaktor	$1,3$
-	Fahrstreckelänge	$L = 5000 \text{ m}$
-	Fahrbreite	$B = 6,5 \text{ m}$

➤ **Praktische Flächenleistung**

$$F_P = F_T \times A \quad F_P = 1320 \text{ m}^2/\text{h} \times 0,6 = 792 \text{ m}^2/\text{h}$$

➤ **Praktisches Fräsgutvolumen**

$$Q_F = F_P \times T \times 1,3 = 792 \text{ m}^2/\text{h} \times 0,08 \text{ m} \times 1,3 = 82,37 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Praktische Fräsgutmenge**

$$L_F = F_P \times T \times 2,4 = 792 \times 0,08 \times 2,4 = 152,064 \text{ t/h}$$

➤ **Gesamtfräsfläche**

$$F_F = 6,5 \times 5000 = 32500 \text{ m}^2$$

➤ **Gesamtfräsgutvolumen**

$$V_{GF} = F_F \times T \times 0,013 = 32500 \times 0,08 \times 1,3 = 3380 \text{ m}^3$$

➤ **Gesamtfräsgutmenge**

$$Q_{GF} = F_F \times T \times 2,0 = 32500 \times 0,08 \times 2,4 = 6240 \text{ t}$$

➤ **Benötigte Arbeitszeit**

$$t_{F1} = \frac{F_F}{F_P} = \frac{32500 \text{ m}^2}{792 \text{ m}^2/\text{h}} = 41,035 \text{ h} \quad \text{Arbeitsstunden}$$

### 5.2.2.2 Tragschichtabfräsen

Die theoretische Flächenleistung für den zweiten Arbeitsgang mit einer Tiefe von 10 cm ergibt gemäß des Diagramms in Abb. 28 auf Seite 37  $F_T = 1200 \text{ m}^2/\text{h}$ . Weitere Berechnungen für das Fräsen der Tragschicht ergeben sich wie folgt:

- Abschlagsfaktor	$A = 0,6$
- gewählte Frästiefe	$T = 0,10 \text{ m}$
- theoretische Flächenleistung	$F_T = 1200 \text{ m}^2/\text{h}$
- Volumendichte	$\rho = 2,4 \text{ t/m}^3$
- Auflockerungsfaktor	1,3
- Fahrstreckelänge	$L = 5000 \text{ m}$
- Fahrbreite	$B = 6,5 \text{ m}$

➤ **Praktische Flächenleistung**

$$F_P = F_T \times A \quad F_P = 1200 \times 0,6 = 720 \text{ m}^2/\text{h}$$

➤ **Praktisches Fräsgutvolumen**

$$Q_F = F_P \times T \times 1,3 = 720 \times 0,10 \times 1,3 = 93,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Praktische Fräsgutmenge**

$$L_F = F_P \times T \times 2,4 = 720 \times 0,10 \times 2,4 = 172,8 \text{ t/h}$$

➤ **Gesamträsfläche**

$$F_F = 6,5 \times 5000 = 32500 \text{ m}^2$$

➤ **Gesamträsgutvolumen**

$$V_{GF} = F_F \times T \times 1,3 = 32500 \times 0,10 \times 1,3 = 4225 \text{ m}^3$$

➤ **Gesamträsgutmenge**

$$Q_{GF} = F_F \times T \times 2,4 = 32500 \times 0,10 \times 2,4 = 7800 \text{ t}$$

➤ **benötigte Arbeitszeit**

$$t_{F2} = \frac{F_F}{F_P} = \frac{32500 \text{ m}^2}{720 \text{ m}^2/\text{h}} = 45,14 \text{ h} \quad \text{Arbeitsstunden}$$

### 5.2.2.3 Gesamte Fräszeit

Zur Ermittlung der Zeit, die zur Durchführung aller Fräsarbeiten notwendig ist, werden die Fräszeiten beider Arbeitsgänge und die Zeit zum Umsetzen der Fräsmaschine beachtet, wobei die Umsetzungszeit die Anfangs- und Endeneinstellung der Maschine und insgesamt 6 Umsetzungen auf einer der benachbarten Fräsflächen umschließt.

- Anzahl der Umsetzungen  $n_U = 8$
- Zeit für einen Umsetzungs Vorgang  $t_{Um} = 1 \text{ h}$
- Gesamte Umsetzungszeit  $t_{GUm} = 1 \text{ h} \times 8 = 8 \text{ h}$
- benötigte Dauer des 1.Arbeitsganges  $t_1 = 41,035 \text{ h}$
- benötigte Dauer des 2.Arbeitsganges  $t_2 = 45,14 \text{ h}$
- Dauer eines Arbeitstages  $t_T = 8 \text{ h}$

#### ➤ **Gesamte Fräszeit**

$$t_F = t_{GUm} + t_{F1} + t_{F2} = 8 \text{ h} + 41,035 \text{ h} + 45,14 \text{ h} = 94,175 \text{ h}$$

#### ➤ **Anzahl der Arbeitstage**

$$n_T = \frac{t_F}{t_T} = \frac{94,175}{8} = 11,77 \text{ Tage}$$

## 5.3 Beladen des Fräsasphaltes

Wenn man die Geschwindigkeit des Abwurfbandes unter Bedacht nimmt, kann die Beladezeit des Hinterkippers berechnet werden. Die theoretische Abwurfbandkapazität nach den technischen Daten der Fräse beträgt  $290 \text{ m}^3/\text{h}$ . In der Praxis aber ist diese Abwurfbandleistung stark von der praktischen Fräsleistung abhängig, wobei ihre Werte sich annähern sollen.

### 5.3.1 Beladen von Binder- und Deckschichtasphalt

- Ladevolumen  $V_L = 18 \text{ m}^3$
- praktische Fräsleistung  $Q_{F1} = 82,37 \text{ m}^3/\text{h}$
- praktische Abwurfbandkapazität  $Q_{A1} = 82 \text{ m}^3/\text{h}$

### 5.3.2 Beladen von Tragschichtasphalt

- Ladevolumen  $V_L = 18 \text{ m}^3$
- praktische Fräsleistung  $Q_{F2} = 93,6 \text{ m}^3/\text{h}$
- praktische Abwurfbandkapazität  $Q_{A2} = 93 \text{ m}^3/\text{h}$

### 5.3.3 Gesamte Beladezeit

$$t_{B1} = \frac{V_L}{Q_{A1}} = \frac{18 \text{ m}^3}{82 \text{ m}^3/\text{h}} = 0,22 \text{ h} \times 60 \text{ min} = 13,2 \text{ min}$$

$$t_{B2} = \frac{V_L}{Q_{A2}} = \frac{18 \text{ m}^3}{93 \text{ m}^3/\text{h}} = 0,193 \text{ h} \times 60 \text{ min} = 11,61 \text{ min}$$

## 5.4 Transport zur Zwischendeponie

Für den Transport des ausgebauten Asphaltmaterials zu dem Deponielager werden Lastkraftwagen der Firma Mercedes angewandt. Die Deponie befindet sich in einer Entfernung von  $L = 10 \text{ km}$  von der Baustelle.

### 5.4.1 Hinterkipper– Mercedes– 4140 Actros–8x6

#### Technische Daten des Hinterkippers

- Leistung  $294 \text{ kW} / 400 \text{ PS}$
- Dieselmotor
- 4 Achsen
- Zulässiges Gesamtgewicht  $35 \text{ t}$
- Radformel  $8 \times 6$
- Ladevolumen  $18 \text{ m}^3$

### 5.4.2 Ermittlung der Hin- und Rückfahrtzeit

Die Durchschnittsgeschwindigkeiten des LKWs für leeren und beladenen Zustand werden gemäß der Beziehung zwischen mittlerer Geschwindigkeit und der Qualität von Transportstrecke in Abbildung 69 auf Seite 110 bestimmt. Einer Landesstraße mit relativ hoher Qualität entspricht eine Geschwindigkeit in leerem Zustand  $V_{\text{leer}} = 50 \text{ km/h}$  und in beladenem Zustand -  $V_{\text{Last}} = 35 \text{ km/h}$ .

➤ **Erforderliche Hinfahrtzeit**

$$t_H = \frac{L}{V_{\text{Last}}} = \frac{10\text{km}}{35\text{km/h}} = 0,2857 \text{ h} \times 60 \text{ min} = 17,14 \text{ min}$$

➤ **Erforderliche Rückfahrtzeit**

$$t_R = \frac{L}{V_{\text{Leer}}} = \frac{10\text{km}}{50\text{km/h}} = 0,2 \text{ h} \times 60 \text{ min} = 12 \text{ min}$$



Abb. 50 Hinterkipper-Mercedes 4140 Actros

### 5.4.3 Ermittlung der Transportleistung

#### 5.4.3.1 Transport von Binder- und Deckschichtasphalt

- Beladezeit  $t_B = 13,2 \text{ min}$
- Entladezeit  $t_E = 3 \text{ min}$ <sup>66</sup>
- Gesamtfräsgutvolumen  $V_{GF1} = 3380 \text{ m}^3$

➤ **Umlaufzeit**

$$t_U = t_H + t_R + t_B + t_E = 17,14 + 12 + 13,2 + 3 = 45,34 \text{ min}$$

➤ **Anzahl Transportgeräte**

$$n = \frac{t_U}{t_B} = \frac{45,34}{13,2} = 3,43 \sim 4 \text{ LKWs}$$

➤ **Transportleistung des LKWs**

Die Transportgeräte mit einem Ladevolumen von  $18 \text{ m}^3$  und einer Beladezeit von  $t_B = 13,2 \text{ min}$  können in einer Stunde  $81,82 \text{ m}^3/\text{h}$  transportieren.

<sup>66</sup> Vgl. Girmscheid, Gerhard, 2005, S. 95.

$$Q_{t1} = \frac{18 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min}}{13,2 \text{ min}} = 81,82 \text{ m}^3 / \text{h}$$

➤ **Transportzeit gesamter Asphaltgranulatmenge**

$$t_{G1} = t_{B1} + \frac{V_{GF1}}{Q_{t1}} = \frac{13,2}{60} + \frac{3380}{81,82} = 0,22 \text{ h} + 41,31 \text{ h} = 41,53 \text{ h}$$

### 5.4.3.2 Transport von Tragschichtasphalt

- Beladezeit  $t_B = 11,61 \text{ min}$
- Entladezeit  $t_E = 3 \text{ min}$
- Gesamtfräsgutvolumen  $V_{GF2} = 4225 \text{ m}^3$

➤ **Umlaufzeit**

$$t_U = t_H + t_R + t_B + t_E = 17,14 + 12 + 11,6 + 3 = 43,74 \text{ min}$$

➤ **Anzahl Transportgeräte**

$$n = \frac{t_U}{t_B} = \frac{43,74}{11,61} = 3,77 \sim 4 \text{ LKWs}$$

➤ **Transportleistung des LKWs**

Die Transportgeräte mit einem Ladevolumen von  $18 \text{ m}^3$  und einer Beladezeit von  $t_B = 11,61 \text{ min}$  können in einer Stunde  $93,023 \text{ m}^3/\text{h}$  transportieren.

$$Q_{t2} = \frac{18 \text{ m}^3 \times 60 \text{ min}}{11,61 \text{ min}} = 93,023 \text{ m}^3 / \text{h}$$

➤ **Transportzeit gesamter Asphaltgranulatmenge**

$$t_{G2} = \frac{V_{GF2}}{Q_{t2}} + t_{E2} = \frac{4225 \text{ m}^3}{93,023 \text{ m}^3 / \text{h}} + \frac{3}{60} = 45,42 \text{ h} + 0,06 \text{ h} = 45,48 \text{ h}$$

## 5.4.4 Ermittlung der Transportzeit

### 5.4.4.1 Stehzeit

Der Zeitraum, in dem die LKWs auf die Umsetzungen der Fräsmaschine warten, wird Stehzeit genannt. Die Anfangs- und die Endumsetzung der Maschine sind nicht in der Stehzeit einbegriffen.

$$t_{St} = 6 \text{ h}$$

#### 5.4.4.2 Gesamttransportzeit

Nach Abbildung 51 auf Seite 75 ist ersichtlich, wie der Fräsprozess und der Transport des gefrästen Materials ablaufen. Das Abwurfsband der Großfräse beschickt den vorne stehenden LKW, wobei die Fräse und der LKW sich gleichzeitig während des Fräsvorganges bewegen. Die gesamte Transportzeit besteht aus den Transportzeiten beider Arbeitsgänge und der Stehzeit.

$$t_T = t_{Um} + t_{G1} + t_{G2}$$

$$t_T = 6 \text{ h} + 41,53 \text{ h} + 45,48 \text{ h} = 93,01 \text{ h}$$

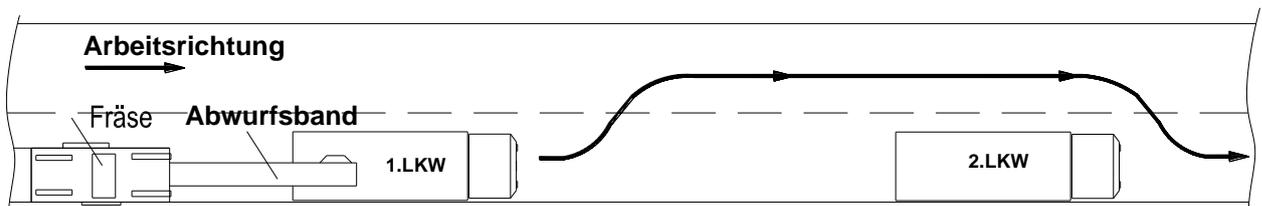


Abb. 51 Ablauf der Fräsarbeiten

### 5.5 Zwischenlagerung

Der ausgebaute und mittels LKWs gelieferte Fräsasphalt wird auf einer Deponie auf dem Gelände der Mischanlage in separaten Halden im Zusammenhang mit der Herkunft und dem Einsatz des Ausbauasphaltes gelagert. Nach den beiden Fräsvorgängen wird das Material bei der Zwischenlagerung sortiert, wobei das Material aus der Tragschicht in einer Halde und das Material aus den Binder- und Deckschichten in einer anderen Halde gelagert wird. Diese Vorsortierung wird auch nach dem Einsatz durchgeführt, da das Material beider Halden bei der Herstellung verschiedener Mischgutarten verwendet wird. Da der Ausbauasphalt mit bekannter Herkunft und hoher Qualität ist, kommt seine Zwischenlagerung abgesondert bezüglich dem anderen gelagerten Altmaterialien vor. Deshalb sollen die Lagerungskapazitäten des Mischanlagegeländes die Erfordernisse an Lagerplätzen für Asphaltgranulat befriedigen. Der Platzbedarf zur Zwischenlagerung und Sieben beträgt ungefähr 4720 m<sup>2</sup>. Eine Gefahr, dass Verklebungen entstehen, existiert nicht, da der Ausbauasphalt durch Kaltfräsen gewonnen wird und die Deponielagerung nur kurz dauert, wobei das Sieben sechs Tage nach dem Beginn des Lieferungsprozesses startet. Wichtige Maßnahme ist die Bereitstellung von Vlies (Folie), die den Boden und das Asphaltgranulat voneinander trennt, und die Bedeckung der beiden Halden mittels Folie, die eventuelle Befeuchtung oder Durchnässung vermeiden kann.

Gemäß der Richtlinie für Recyclingbaustoffe soll das angelieferte Material durch Güte- und Qualitätsklassen in Ansehung der Herkunft und für den vorgesehenen Einsatz

gekennzeichnet werden. Da die Herkunft und der zukünftige Einsatzbereich des Ausbauasphaltes bekannt sind, kann man leicht diese Klassen bestimmen. Das Material trägt die Bezeichnung „RA“ für recycliertes gebrochenes Asphaltgranulat und gehört den Güteklassen S und I und der Qualitätsklasse A<sup>+</sup>. Die Güteklassen S und I bedeuten Anwendungsmöglichkeiten von frostsicheren und frostbeständigen Recyclingbaustoffen sowohl für ungebundene untere und obere Tragschichten, als auch für hydraulisch und bituminös gebundene Tragschichten. Die Recyclingbaustoffe solcher Klassen besitzen einen Mindestanteil an Verunreinigungen und Fremdstoffen. Die Qualitätsklasse A<sup>+</sup> erlaubt die Wiederverwendung von Recyclingbaustoffen in Wasserschongebieten, Gebieten mit wasserwirtschaftlichen Rahmenverfügungen, in hydrogeologisch sensiblen oder weniger sensiblen Gebieten. Bei der Erstprüfung und Fremdüberwachung soll das Material nach Korngrößenverteilung, Gehalt an Feinanteilen, Kornform, Anteil an gebrochenen Körnern, Widerstand gegen Zertrümmerung und Frost – Tau – Wechsel, Klassifizierung der Bestandteile, Fremdanteil und Bindemittelgehalt geprüft werden.



**Abb. 52 Zwischenlagerung des Asphaltgranulats**

## **5.6 Bestimmung der Leistung der Asphaltmischanlage**

Die Leistung der Asphaltmischanlage ist aufgrund des Zusammenhangs zwischen hergestelltem Asphaltmischgut pro Stunde und dem zum Einbauen benötigten Asphalt zu berechnen, damit genügend Mischgut zur Baustelle kommt und das Material nicht abkühlt. Einer exakt eingestellten Fahrgeschwindigkeit des Fertigers entsprechen unterschiedliche Einbauleistungen bei der Herstellung einzelner Schichten, wobei das Einbauen der Tragschicht mehr anzulieferndes Asphaltmischgut pro Stunde benötigt als das Einbauen der Binderschicht. Daraus folgt, dass maßgebend für die Dimensionierung der Einbaueinrichtung die Aufbereitung des aus der Tragschicht gewonnenen Recyclingmaterials ist. Aus diesem Grunde wird die Leistung aller Bestandteile der Mischanlage und der erforderlichen Baugeräte gemäß der Menge von Ausbaumaterial aus der Tragschicht und von herzustellendem Tragschichtmischgut berechnet.

### 5.6.1 Mischleistung bei Tragschichtasphaltherstellung

- Leistung des Fertigers pro Stunde  $L_{Fh} = 230 \text{ t/h}$
- Arbeitstagdauer für den Fertiger  $t_{TF2} = 6 \text{ h}$

➤ **Erforderliche Asphaltmischgutmenge für die Tragschicht**

$$Q_{T2} = Q_{GF2} \times \rho = 3250 \text{ m}^3 \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 7800 \text{ t}$$

➤ **Erforderliche Einbauzeit für die Tragschicht**

$$t_{E2} = \frac{Q_{T2}}{L_{Fh2}} = \frac{7800 \text{ t}}{230 \text{ t/h}} = 34 \text{ h}$$

$$\frac{t_{E2}}{5,5 \text{ h}} = \frac{34 \text{ h}}{6 \text{ h}} = 5,67 \text{ Tage}$$

➤ **Erforderliche Leistung des Fertigers pro Tag**

$$L_{FT2} = L_{Fh2} \times t_{T2} = 230 \text{ t/h} \times 6 \text{ h} = 1380 \text{ t/Tag}$$

➤ **Erforderliche Leistung der Mischanlage pro Tag**

- Erforderliche Menge von Tragschichtmischgut pro Tag  $1380 \text{ t/Tag}$
- Arbeitstagdauer der Mischanlage  $t_{TM2} = 6 \text{ h}$
- Leistung der Mischanlage pro Stunde

$$L_{Mh2} = \frac{Q_{FT2}}{t_{TM2}} = \frac{1380 \text{ t}}{6 \text{ h}} = 230 \text{ t/h}$$

Um ohne Unterbrechung einbauen zu können, muss die Mischleistung der Asphaltmischanlage immer höher sein als die Einbauleistung des Fertigers, deshalb muss die Leistung der Anlage  $L_{Mh1}=240 \text{ t/h}$  sein.

### 5.7 Sieben mittels Siebanlage

Das Fräsen zur Gewinnung des Ausbausphaltes führt zur Veränderung der Sieblinien der Asphaltarten, wobei sich der Fülleranteil erhöht und der Splitt verringert. Zur Festlegung der genauen Zusammensetzung und der Eigenschaften des abzufräsenden Ausbaustoffes werden Bohrkerne genommen. Die Ergebnisse werden mit den Ergebnissen von der Untersuchung des Fräsgutes verglichen. Auf Grund dieser Vergleiche können folgende Schlussfolgerungen gefasst werden:

- Die Kornzerkleinerung beim Fräsen verursacht Abweichungen zwischen den Sieblinien der Bohrkerne und der Kontrollprüfungen.
- Bei dem Einsatz unterschiedlicher Fräsen entstehen unterschiedliche Kornveränderungen, die durch richtiges Dosieren oder Mischen kompensiert werden können.
- Der Grad der Kornzerkleinerung ist auch von der Frästiefe nach Gerätebauart abhängig.

Bei der Wiederverwendung von Ausbaupasphalt strebt man eine optimale Zugabemenge bei geeigneter Mischgutrezeptur an, so dass man einen maximalen Ausbaupasphaltgehalt und minimalen Aufwand an neuen Mineralstoffen gewährleisten kann. Dieses Ziel kann durch Sieben realisiert werden, wobei eine geeignete Kornzusammensetzung des Materials erreicht wird. Die Siebanlage dient zur Erzeugung von Fräsasphalt aus Tragschicht und aus Binder- und Deckschicht mit definiertem Größtkorn 32 mm respektiv mit Größtkorn 22 mm.

### **5.7.1 Mobiles Hochleistungssieb TS3600**

Das raupenmobile Doppeldeck – Sieb der Firma Rubble Master ist die wirtschaftliche Lösung zur Produktion von hochwertigen, definierten Körnungen. Abhängig von Maschenweite, Siebneigung und Aufgabematerial wird eine Optimierung der Durchsatzleistung erzielt. Die beiden Förderbänder sind mit großen Aufgabehöhen versehen. Der Transport der Siebe TS3600 von einem Einsatzort zum nächsten wird einfach wegen ihrer kompakten Dimensionen realisiert.

#### **Technische Daten der Hochleistungssieb**

- |   |                   |  |
|---|-------------------|--|
| - | Durchsatzleistung | bis zu 200 t/h nach<br>Aufgabematerial   |
| - | Aufgabestückgröße | bis 250 mm Durchmesser                   |
| - | Aufgabematerial   | Bauschutt, Naturstein, Asphalt,<br>Beton |
| - | Absiebbereich     | 0/4 bis 0/100 mm                         |
| - | Siebbox           | Doppeldeck-Sieb 3000x1250 mm             |
| - | Antriebseinheit   | Dieselmotor 41,5 kW<br>bei 1500 U/min    |
| - | Aufgabeband       |  |

mit Trichter für Direktbeschickung mit Radlader, stufenlose Regelung für die Fördergeschwindigkeit

- Austragsbänder Fein-, Mittel- und Überkornband
- Überkorn - Vorsiebrost  
mit Aufgabebunker, Kipprost über Funkfernbedienung klappbar,  
alternativ Eindeck– Schwerlast – Vorsieb
- Fahrgestell Raupefahrwerk mit 400mm
- Transportgewicht 15,5 t

Um den Siebvorgang in dem gesamten Aufbereitungsprozess des Recyclingmaterials integrieren zu können, ist die Leistung des Siebes mit der nachfolgenden erforderlichen Transportleistung zu den Recyclingdoseuren abzustimmen.



**Abb. 53 Hochleistungssieb TS3600**



**Abb. 54 Siebbox**

## 5.7.2 Beschickung der Siebanlage

Die Siebanlage wird mittels eines Radladers in dem Aufgabetrichter mit Fräsasphalt beschickt.

### 5.7.2.1 Berechnung der erforderlichen Ladeleistung

#### ➤ **Ladespielzeit**

„Ladespielzeit beinhaltet: Material aufnehmen, fahren, Material auskippen und zurückfahren. Basiswerte hierfür sind 0,45 bis 0,5 min.“<sup>67</sup>

$$t_{LSS} = 0,5 \text{ min}$$

---

<sup>67</sup> König, Horst 2005, S. 124.

➤ **Nutzungsgrad**

Gemäß Tabelle 6 auf Seite 114 entspricht der Nutzungsgrad von 100% einer effektiven Arbeitszeit pro Stunde von 60 min, da keine unvorgesehene Pausen und Verzögerungen vorgesehen werden.

➤ **Schaufel - Füllfaktor**

Anhand Tabelle 5 auf Seite 113 beträgt der Schaufel – Füllfaktor für gesiebte Materialien größer 20 mm zwischen 85 – 90 %.

- Gewähltes Schaufel – Füllfaktor      90 %

➤ **Mögliche Ladespiele pro Stunde**

$$\frac{60 \text{ min}}{t_{\text{LSS}}} = \frac{60 \text{ min}}{0,5 \text{ min}} = 120 \text{ LS/h}$$

➤ **Effektive Ladespiele pro Stunde**

$$120 \text{ LS/h} \times \text{Nutzungsgrad} = 120 \text{ LS/h} \times 100\% = 120 \text{ LS/h}$$

➤ **Erforderliche Leistung des Laders**

- Leistung der Mischanlage  $L_{\text{Mh}}$   
 $L_{\text{Mh}} = 240 \text{ t/h}$
- Erforderliche Leistung zur Herstellung von Tragschichtmischgut  
 $L_{\text{M2}} = 240 \text{ t/h} \times 70\% = 168 \text{ t/h}$       bei 70 % Zugabe
- Erforderliche Leistung zur Herstellung von Binderschichtmischgut  
 $L_{\text{M1}} = 240 \text{ t/h} \times 30\% = 72 \text{ t/h}$       bei 30 % Zugabe
- Maßgebende Leistung  
 $L_{\text{M2}} = 240 \text{ t/h} \times 70\% = 168 \text{ t/h}$
- Volumensdichte       $\rho = 2,4 \text{ t/m}^3$
- Auflockerungsfaktor       $f_{\text{A}} = 1,3$
- Erforderliches zu transportierende Asphaltgranulatvolumen pro Stunde

$$Q_{\text{LS}} = \frac{L_{\text{M2}}}{\rho} \times f_{\text{A}} = \frac{240 \text{ t/h} \times 70\%}{\rho} \times 1,3$$

$$Q_{LS} = \frac{240t/h \times 0,7}{2,4t/m^3} \times 1,3 = 91 \text{ m}^3/h$$

➤ **Leistungsvolumen pro Ladespiel**

$$\frac{Q_{LS}}{LS} = \frac{91 \text{ m}^3/h}{120 \text{ LS/h}} = 0,76 \text{ m}^3/\text{LS}$$

➤ **Erforderliche Schaufelinhalt**

$$\frac{L_{LS}}{LS} \times \frac{1}{\text{Füllfaktor}} = \frac{0,76 \text{ m}^3/\text{LS}}{0,9} = 0,84 \text{ m}^3/\text{LS}$$

- Füllfaktor 0,9

➤ **Gewählte Ladeschaufel**

- Schaufelinhalt 1,0 m<sup>3</sup>

### 5.7.2.2 Auswahl eines Radladers

#### Technische Daten des Radladers Liebherr L 508 Stereo

- Kipplast	4190 kg
- Einsatzgewicht	5480 kg
- Motorleistung	48 kW/65 PS
- Schaufelinhalt	1,0 m <sup>3</sup>



Abb. 55 Radlader Liebherr L 508 Stereo

### 5.7.2.3 Ladezeit für den Tragschichtasphalt

- Schaufelinhalt	1,0 m <sup>3</sup>
- Füllfaktor	0,9

- Reelle Schaufelmenge  $1,0 \times 0,9 = 0,90 \text{ m}^3$
- Leistungsvolumen pro Ladespiel  $V_{LS} = 0,90 \text{ m}^3/\text{LS}$
- Mögliche Ladespiele pro Stunde 120 LS/h
- Leistungsvolumen pro Ladespiel  $V_{LS} = 0,90 \text{ m}^3/\text{LS}$
- Tragschichtasphalt zum Sieben  
 $V_{S2} = 70\% \times 3250 \times f_A = 2275 \times 1,3 \text{ m}^3 = 2957,5 \text{ m}^3$  locker

➤ **Erforderliche Leistung zur Herstellung von Tragschichtmischgut**

$$L_{M2} = 240 \text{ t/h} \times 70\% = 168 \text{ t/h} \quad \text{bei } 70\% \text{ Zugabe}$$

$$Q_{LS2} = \frac{L_{M2}}{\rho} \times f_A = \frac{168 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = 91 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Erforderliche Ladespiele pro Stunde**

$$\frac{Q_{LS2}}{V_{LS}} = \frac{91 \text{ m}^3/\text{h}}{0,90 \text{ m}^3/\text{LS}} = 101,11 \text{ LS/h}$$

➤ **Leistungsvolumen pro Stunde**

$$Q_{LS} = V_{LS} \times 101,11 \text{ LS/h} = 0,90 \text{ m}^3/\text{LS} \times 101,11 \text{ LS/h} = 91 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Erforderliche Ladezeit**

$$t_{LS2} = \frac{V_{S2}}{Q_{LS2}} = \frac{2957,5 \text{ m}^3}{91 \text{ m}^3/\text{h}} = 32,5 \text{ h}$$

➤ **Gesamtanzahl von Ladespielen**

$$101,11 \text{ LS/h} \times t_{LS2} = 101,11 \text{ LS/h} \times 32,5 \text{ h} = 3286,1 \text{ LS}$$

#### 5.7.2.4 Ladezeit für die Binder- und Deckschichtasphalt

- Schaufelinhalt  $1,0 \text{ m}^3$
- Füllfaktor 0,9
- Reelle Schaufelmenge  $1,0 \times 0,9 = 0,90 \text{ m}^3$
- Leistungsvolumen pro Ladespiel  $V_{LS} = 0,90 \text{ m}^3/\text{LS}$
- Mögliche Ladespiele pro Stunde 120 LS/h

- Leistungsvolumen pro Ladespiel  $V_{LS} = 0,90 \text{ m}^3/\text{LS}$
- Binder- und Deckschichtasphalt zum Sieben

$$V_{S1} = 30\% \times 1300 \text{ m}^3 \times f_A = 0,3 \times 1300 \times 1,3 = 507 \text{ m}^3 \text{ locker}$$

➤ **Erforderliche Leistung zur Herstellung von Binderschichtmischgut**

$$L_{M1} = 240 \text{ t/h} \times 30\% = 72 \text{ t/h} \quad \text{bei } 30\% \text{ Zugabe}$$

$$Q_{LS1} = \frac{L_{M1}}{\rho} \times f_A = \frac{72 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = 39 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Erforderliche Ladespiele pro Stunde**

$$\frac{Q_{LS1}}{V_{LS}} = \frac{39 \text{ m}^3/\text{h}}{0,90 \text{ m}^3/\text{LS}} = 43,33 \text{ LS/h}$$

➤ **Leistungsvolumen pro Stunde**

$$V_{LS} \times 43,33 \text{ LS/h} = 0,90 \text{ m}^3/\text{LS} \times 43,33 \text{ LS/h} = 39 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Erforderliche Ladezeit**

$$t_{LS1} = \frac{V_{S1}}{Q_{LS1}} = \frac{507 \text{ m}^3}{39 \text{ m}^3/\text{h}} = 13 \text{ h}$$

➤ **Gesamtanzahl von Ladespielen**

$$43,33 \text{ LS/h} \times t_{LS1} = 43,33 \text{ LS/h} \times 13 \text{ h} = 563,29 \text{ LS}$$

### 5.7.2.5 Gesamte Ladezeit

$$t_{LS \text{ Gesamt}} = t_{LS2} + t_{LS1}$$

$$t_{LS \text{ Gesamt}} = 32,5 \text{ h} + 13 \text{ h} = 45,5 \text{ h}$$

## 5.7.3 Siebvorgang

### 5.7.3.1 Sieben von Tragschichtasphalt

➤ **Siebleistung**

$$Q_S = Q_{LS2} = \frac{L_{M2}}{\rho} \times f_A = \frac{168 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = 91 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Siebzeit**

$$t_{S2} = \frac{V_{S2}}{Q_{LS2}} = \frac{2957,5 \text{ m}^3}{91 \text{ m}^3/\text{h}} = 32,5 \text{ h}$$

### 5.7.3.2 Sieben von Binder- und Deckschichtasphalt

➤ **Siebleistung**

$$Q_S = Q_{LS1} = \frac{L_{M1}}{\rho} \times f_A = \frac{72 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = 39 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Siebzeit**

$$t_{S1} = \frac{V_{S1}}{Q_{LS1}} = \frac{507 \text{ m}^3}{39 \text{ m}^3/\text{h}} = 13 \text{ h}$$

### 5.7.3.3 Gesamte Siebzeit

$$t_{S \text{ Gesamt}} = t_{S2} + t_{S1}$$

$$t_{S \text{ Gesamt}} = 32,5 \text{ h} + 13 \text{ h} = 45,5 \text{ h}$$

## 5.8 Asphaltmischanlage

Die Wahl einer Asphaltmischanlage, die alle Anforderungen an den Recyclingprozess erfüllen kann, gründet sich auf einigen Hauptparameter wie Mobilität, Höchstleistung und zusätzliche Ausrüstung zur Asphaltgranulatzugabe je nach dem Heißzugabeverfahren. Wenn wir die Erhaltung höherer Leistungen von stationären Mischanlagen berücksichtigen, entscheiden wir uns für eine stationäre Asphaltmischanlage der Firma Ammann, die mit Paralleltrommelsystem ausgestattet ist, um größere Produktionsmengen mit hohem Recyclinganteil zu erzielen, und die eine maximale Dauerleistung von 240 t/h erzielt. Die Mischanlage benötigt eine Baustellenfläche von 2280 m<sup>2</sup>. Das Gelände für Situierung der Siebanlage, Mischanlage, Deponielager, Fläche zur Deponierung der Gesteinskörnungen, Verkehrswege, Büro- und Laborcontainer bedarf einen Platz von ca. 21695 m<sup>2</sup>.

### Technische Daten der Mischanlage Ammann Universal NG

- Leistung 240 t/h
- Doseure

-	Anzahl	6
-	Inhalt	12 m <sup>3</sup>
o	<i>Trommel</i>	
-	Typenbezeichnung	T 2590
-	Länge	9 m
-	Durchmesser	2,5 m
-	Brenner – Leistung	20 MW
-	Brennstoffe	Heizöl – EL
-	Trommelantrieb	4x15 kW
-	Leistung bei 3% Feuchte	270 t/h
-	Leistung bei 5% Feuchte	226 t/h
-	Filterentstaubung	57000 Nm <sup>3</sup> /h
-	Filterfläche	884 m <sup>2</sup>
o	<i>Absiebung</i>	5 – fach
-	Siebmaschine Typ	VA 2050
-	Siebfläche	43 m <sup>2</sup>
-	Heißmineralsilo 1–reihig	300 t
o	<i>Mineralwaage</i> Inhalt	5500 kg
o	<i>Füllerwaage</i> Inhalt	800 kg
o	<i>Bitumenwaage</i> Inhalt	420 kg
o	<i>Mischer</i> Nutzinhalt	4 t
o	<i>Maximale Mischleistung</i>	320 t/h
o	<i>Bitumenversorgung</i>	E-Bitumen
o	<i>Füllerversorgung</i>	Eigen- und Fremdfüllersilos
o	<i>Verladesilo integriert</i>	
-	Inhalt	340 t
-	Kammeranzahl	4
o	<i>Warmzugabe</i>	über Paralleltrommelsystem



Abb. 56 Asphaltmischanlage Ammann Universal

### 5.8.1 Transport zum Recycling – Doseur

Die Aufgabe des Radladers ist das Asphaltgranulat zu den Dosiereinrichtungen zu transportieren und die Recycling-Doseure zu beschicken.

#### 5.8.1.1 Erforderliche Ladeleistung zum Recycling - Doseur

Die Fahrstrecke zwischen Asphaltgranulathalde und Dosiereinrichtung ist ca. 50 m lang. Aufgrund folgender Werte für längere Fahrstrecken können wir die Hin- und Rückfahrtzeit abschätzen. „Für die einfache Fahrstrecke bei ebener Fahrbahn 100 m in 0,5 min mit voller Schaufel und in 0,3 min mit leerer Schaufel“. <sup>68</sup>

##### ➤ **Ladespielzeit**

Ladespielzeit umschließt Aufnehmen von Material, Hinfahrt, Auskippen von Material, Rückfahrt.

- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| - Hinfahrtzeit mit voller Schaufel  | $t_H = 0,3 \text{ min}$            |
| - Rückfahrtzeit mit leerer Schaufel | $t_R = 0,2 \text{ min}$            |
| - Aufnahmezeit                      | $t_{\text{Auf}} = 0,3 \text{ min}$ |
| - Auskippdauer                      | $t_{\text{Aus}} = 0,2 \text{ min}$ |

---

<sup>68</sup> König, Horst 2005, S. 140.

- Ladespielzeit  $t_{LS}$

$$t_{LS} = t_H + t_R + t_{Auf} + t_{Aus} = 0,3 + 0,2 + 0,3 + 0,2 = 1,0 \text{ min}$$

### ➤ **Nutzungsgrad**

Anhand Tabelle 6 auf Seite 114 entspricht der Nutzungsgrad von 100% einer effektiven Arbeitszeit pro Stunde von 60 min, weil keine unvorgesehene Pausen und Verzögerungen vorgesehen werden.

### ➤ **Schaufel - Füllfaktor**

In Tabelle 5 auf Seite 113 beträgt der Schaufel – Füllfaktor für gesiebte Materialien größer 20 mm zwischen 85 – 90 %.

- Gewähltes Schaufel – Füllfaktor 90%

### ➤ **Mögliche Ladespiele pro Stunde**

- 60 min/ 1,0 min = 60 LS/h

### ➤ **Effektive Ladespiele pro Stunde**

- 60 x Nutzungsgrad = 60 LS/h x 100% = 60 LS/h

### ➤ **Erforderliche Leistung des Laders**

- Leistung der Mischanlage  $L_{Mh}$

$$L_{Mh} = 240 \text{ t/h}$$

- Erforderliche Leistung zur Herstellung von Tragschichtmischgut

$$L_{M2} = 240 \text{ t/h} \times 70\% = 168 \text{ t/h} \quad \text{bei 70 \% Zugabe}$$

- Erforderliche Leistung zur Herstellung von Binderschichtmischgut

$$L_{M2} = 240 \text{ t/h} \times 30\% = 72 \text{ t/h} \quad \text{bei 30 \% Zugabe}$$

- Volumendichte  $\rho_{\text{fest}} = 2,4 \text{ t/m}^3$

- Erforderliches zu transportierende Asphaltgranulatvolumen pro Stunde

$$L_{LD1} = \frac{L_{M1}}{\rho} \times f_A = \frac{240 \text{ t/h} \times 70\%}{2,4} \times 1,3 = 91 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- Maßgebende Leistung

$$L_{M2} = 240 \text{ t/h} \times 70\% = 168 \text{ t/h}$$

### ➤ **Leistungsvolumen pro Ladespiel**

$$- \frac{L_{LD1}}{LS} = \frac{91 \text{ m}^3 / \text{h}}{60 \text{ LS/h}} = 1,52 \text{ m}^3 / \text{LS}$$

➤ **Erforderliche Schaufelinhalt**

$$- \frac{L_L}{LS} \times \frac{1}{\text{Füllfaktor}} = \frac{1,52 \text{ m}^3 / \text{LS}}{0,9} = 1,69 \text{ m}^3 / \text{LS}$$

$$- \text{Füllfaktor} \qquad \qquad \qquad 0,9$$

➤ **Gewählte Ladergröße**

$$- \text{Schaufelinhalt} \qquad \qquad \qquad 2 \text{ m}^3$$

**5.8.1.2 Auswahl von Radlader**

**Technische Daten des Radladers Liebherr L 524 2plus1**

- Kipplast 7300 kg
- Einsatzgewicht 10600 kg
- Motorleistung 86 kW/ 117 PS
- Schaufelinhalt 2 m<sup>3</sup>



**Abb. 57 Radlader Liebherr L 524 2plus1**

**5.8.1.3 Ladezeit zum Dosieren von Tragschichtasphalt**

- Schaufelinhalt 2 m<sup>3</sup>
- Füllfaktor 0,9
- Reelle Schaufelmenge 2 x 0,9 = 1,8 m<sup>3</sup>
- Leistungsvolumen pro Ladespiel 1,8 m<sup>3</sup> / LS
- Mögliche Ladespiele pro Stunde 60 LS/h

- Leistungsvolumen pro Ladespiel  $V_{LD} = 1,8\text{m}^3/\text{LS}$
- Tragschichtasphalt zum Dosieren  
 $V_{D2} = 70\% \times 3250 \text{ m}^3 \times f_A = 0,7 \times 3250 \times 1,3 = 2957,5 \text{ m}^3$  locker

➤ **Erforderliche Leistung zur Herstellung von Tragschichtmischgut**

$$L_{M2} = L_{Mh} \times 70\% \quad \text{bei 70 \% Zugabe}$$

$$L_{M2} = 240 \text{ t/h} \times 70\% = 168 \text{ t/h}$$

$$Q_{LS2} = \frac{L_{M2}}{\rho} \times f_A = \frac{168\text{t/h}}{2,4\text{t/m}^3} \times 1,3 = 91\text{m}^3/\text{h}$$

➤ **Erforderliche Ladespiele pro Stunde**

$$\frac{Q_{LD2}}{V_{LD}} = \frac{91\text{m}^3/\text{h}}{1,8\text{m}^3/\text{LS}} = 50,55 \text{ LS/h}$$

➤ **Erforderliche Ladezeit**

$$t_{LD2} = \frac{V_{D2}}{Q_{LD2}} = \frac{2957,5 \text{ m}^3}{91\text{m}^3/\text{h}} = 32,5 \text{ h}$$

$$50,55 \text{ LS/h} \times t_{LD2} = 50,55 \text{ LS/h} \times 32,5 \text{ h} = 1642,87 \text{ LS}$$

#### 5.8.1.4 Ladezeit zum Dosieren von Binder- und Deckschichtasphalt

- Schaufelinhalt  $2 \text{ m}^3$
- Füllfaktor  $0,9$
- Reelle Schaufelmenge  $2 \times 0,9 = 1,8 \text{ m}^3$
- Leistungsvolumen pro Ladespiel  $1,8 \text{ m}^3/\text{LS}$
- Mögliche Ladespiele pro Stunde  $60 \text{ LS/h}$
- Leistungsvolumen pro Ladespiel  $V_{LD} = 1,8\text{m}^3/\text{LS}$
- Binder- und Deckschichtasphalt zum Dosieren  
 $V_{D2} = 30\% \times 1300 \text{ m}^3 \times f_A = 0,3 \times 1300 \times 1,3 = 507 \text{ m}^3$  locker

➤ **Erforderliche Leistung zur Herstellung von Binderschichtmischgut**

$$L_{M1} = L_{Mh} \times 30\% \quad \text{bei 30 \% Zugabe}$$

$$L_{M1} = 240 \text{ t/h} \times 30\% = 72 \text{ t/h}$$

$$Q_{LS1} = \frac{L_{M1}}{\rho} \times f_A = \frac{72t/h}{2,4t/m^3} \times 1,3 = 39m^3/h$$

➤ **Erforderliche Ladespiele pro Stunde**

$$\frac{Q_{LD1}}{V_{LD}} = \frac{39m^3/h}{1,8m^3/LS} = 21,67 LS/h$$

➤ **Erforderliche Ladezeit**

$$t_{LD1} = \frac{V_{D1}}{Q_{LD1}} = \frac{507 m^3}{39m^3/h} = 13 h$$

$$21,67 LS/h \times t_{LD1} = 21,67 LS/h \times 13 h = 281,71 LS$$

### 5.8.1.5 Gesamte Ladezeit

$$t_{LD \text{ Gesamt}} = 32,5 h + 13 h = 45,5 h$$

## 5.8.2 Recycling – Doseur

Die speziell zum Dosieren des Ausbausphaltes geeigneten Einrichtungen sind zwei, wobei die Fräsasphaltmengen aus den Deck- und Binderschichten und aus der Tragschicht separat aufbewahrt werden können. Die abgesonderte Dosierung hilft Verwechslungen zu vermeiden. Über den beiden Doseuren wird ein Siebrost mit Maschenweite ca. 80x80 mm angebracht. Der Zweck dieses Siebrosts ist ungewollte Klumpen außerhalb der Doseure zurückzuhalten. Anforderung an den Doseuren ist, dass der Materialfluss sowie auch die Mischgutrezepte mittels Verknüpfung mit der Steuerzentrale kontrolliert wird. Mit Hilfe dieser Steuerung wird eine bessere Koordinierung der Arbeit und eine kontinuierliche Anpassung aller Abzugsbänder erzielt. Die Dosiereinrichtungen können mit Video überwacht werden. Die Leistung der Dosiereinrichtung wird nach der Leistung der Asphaltmischanlage gerichtet und hängt von der regelbaren Geschwindigkeit der Dosierbänder ab.

### 5.8.2.1 Erforderliche Anzahl der Doseure

Zum Einsatz kommen zwei Recycling – Doseure, damit die beiden Asphaltgranulatarten separat dosiert werden können.

### 5.8.2.2 Doseurabmessungen

- Dosierinhalt 15 m<sup>3</sup>
- Doseurlänge 3,512 m

- Doseurbreite 2,92 m

### 5.8.2.3 Abzugsorgan

Nach volumetrischer Dosierung mittels eines Dosierbandes wird das Asphaltgranulat von dem Doseur auf das Förderband zugeführt.

- Dosierbandbreite 0,95 m
- Dosierbandlänge 2,05 m
- Leistung der Dosierbänder von 20 bis 180 t/h  
stufenlos regelbar

### 5.8.2.4 Dosieren von Tragschichtasphalt

Damit die Mischanlage eine Leistung von 240 t/h gewährleisten kann, muss eine Leistung der zusätzlichen Einrichtungen zur 70-prozentigen Asphaltgranulatzugabe einen Wert von 240 t/h x 70% betragen.

#### ➤ **Dosierleistung**

- Leistung des Dosierbandes  $L_B$   
 $L_{B2} = 240 \text{ t/h} \times 70\% = 168 \text{ t/h}$
- Asphaltgranulatvolumen pro Stunde  $V_B$   
$$V_{B2} = \frac{L_B}{\rho} \times f_A = \frac{168 \text{ t/h}}{\rho} \times 1,3 = \frac{168 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = 91 \text{ m}^3 / \text{h}$$

#### ➤ **Durchschnittliche Geschwindigkeit des Dosierbandes**

- Breite des Dosierbandes  $b_B = 950 \text{ mm}$
- Fix angestellte Schichthöhe  $h_B = 150 \text{ mm}$
- Geschwindigkeit des Dosierbandes  $v_B$   
 $b_B \times h_B \times v_B = Q_B$   
 $Q_B = 0,95 \times 0,15 \times v_B = 91 \text{ m}^3 / \text{h}$   
$$v_B = \frac{91 \text{ m}^3 / \text{h}}{0,95 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}} = 638,6 \text{ m/h} \times \frac{1}{3600 \text{ s}} = 0,177 \text{ m/s}$$

#### ➤ **Dosierzeit**

$$t_{D2} = \frac{V_{D2}}{Q_{D2}} = \frac{2957,5 \text{ m}^3}{91 \text{ m}^3 / \text{h}} = 32,5 \text{ h}$$

### 5.8.2.5 Dosieren von Binder- und Deckschichtasphalt

Damit die Mischanlage eine Leistung von 240 t/h gewährleisten kann, muss eine Leistung der zusätzlichen Einrichtungen zur 30-prozentigen Asphaltgranulatzugabe einen Wert von 240 t/h x 30% betragen.

#### ➤ **Dosierleistung**

- Leistung des Dosierbandes  $L_B$

$$L_{B1} = 240 \text{ t/h} \times 30\% = 72 \text{ t/h}$$

- Asphaltgranulatvolumen pro Stunde  $V_B$

$$Q_{B1} = \frac{L_B}{\rho} \times f_A = \frac{72 \text{ t/h}}{\rho} \times 1,3 = \frac{72 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = 39 \text{ m}^3 / \text{h}$$

#### ➤ **Durchschnittliche Geschwindigkeit des Dosierbandes**

- Breite des Dosierbandes  $b_B = 950 \text{ mm}$

- Fix angestellte Schichthöhe  $h_B = 150 \text{ mm}$

- Geschwindigkeit des Dosierbandes  $v_B$

$$b_B \times h_B \times v_B = Q_B$$

$$Q_B = 0,95 \times 0,15 \times v_B = 39 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$v_B = \frac{39 \text{ m}^3 / \text{h}}{0,95 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}} = 273,68 \text{ m/h} \times \frac{1}{3600 \text{ s}} = 0,076 \text{ m/s}$$

#### ➤ **Dosierzeit**

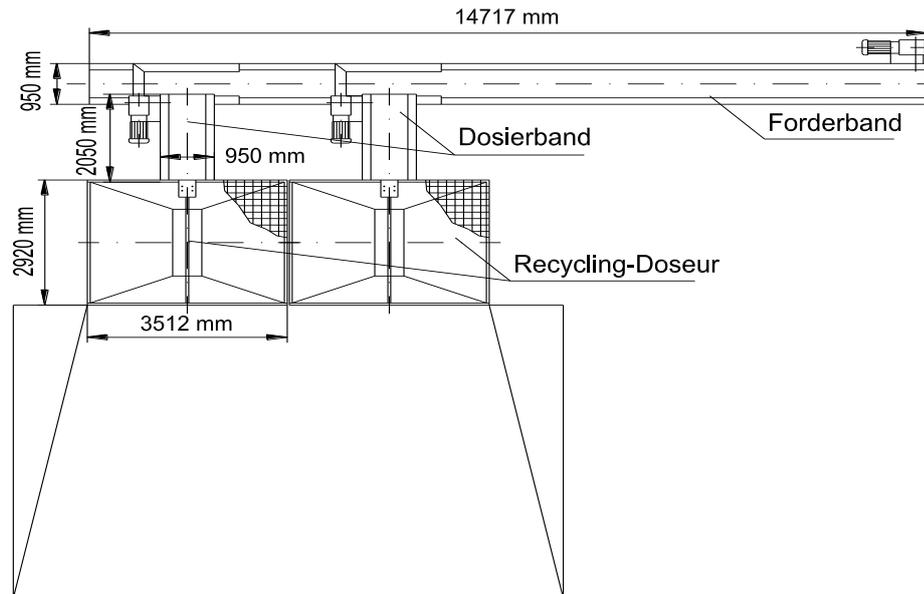
$$t_{D1} = \frac{V_{D1}}{Q_{D1}} = \frac{507 \text{ m}^3}{39 \text{ m}^3 / \text{h}} = 13 \text{ h}$$

### 5.8.2.6 Gesamte Dosierzeit

$$t_{D \text{ Gesamt}} = 32,5 \text{ h} + 13 \text{ h} = 45,5 \text{ h}$$



Abb. 58 Getrennte Recycling – Doseure mit geeignetem Siebrost



**Abb. 59 Lageplan von Recycling – Doseuren**

### 5.8.3 Förderband

Zum Transportieren des Ausbaus asphalt von den Doseuren zu dem Bandlelevator wird ein Förderband angewendet. Je nach Größe der Mischanlage kann die Breite des Förderbandes zwischen 500, 650, 800 und 950 mm variieren. Der Mischanlage mit einer erforderlichen Leistung von 240 t/h entspricht eine Förderbandbreite von 950 mm und eine Länge von ca. 15 m.



**Abb.60 Förderband**

#### 5.8.3.1 Förderbandabmessungen

- Breite des Förderbandes  $b_F = 0,95 \text{ m}$
- Länge des Förderbandes  $l_F = 16000 \text{ m}$
- Fix angestellte Schichthöhe  $h_F = 150 \text{ mm}$

#### 5.8.3.2 Fördern von Tragschichtasphalt

##### ➤ Leistung

- Leistung des Förderbandes  $L_{FB}$

$$L_{FB2} = 240 \text{ t/h} \times 70\% = 168 \text{ t/h}$$

- Asphaltgranulatvolumen pro Stunde

$$Q_{FB2} = \frac{L_{FB2}}{\rho} \times f_A = \frac{168 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = \frac{168 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = 91 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Geschwindigkeit des Förderbandes**

Geschwindigkeit des Dosierbandes  $v_F$

$$b_F \times h_F \times v_F = Q_{FB2}$$

$$0,95 \times 0,15 \times v_F = 91 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_{FB2} = \frac{91 \text{ m}^3/\text{h}}{0,95 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}} = 638,6 \text{ m/h} \times \frac{1}{3600 \text{ s}} = 0,177 \text{ m/s}$$

➤ **Transportzeit des Förderbandes**

$$t_{FB2} = \frac{V_{F2}}{Q_{FB2}} = \frac{2957,5 \text{ m}^3}{91 \text{ m}^3/\text{h}} = 32,5 \text{ h}$$

### 5.8.3.3 Fördern von Binder- und Deckschichtasphalt

➤ **Leistung**

- Leistung des Dosierbandes  $L_B$

$$L_{FB1} = 240 \text{ t/h} \times 30\% = 72 \text{ t/h}$$

- Asphaltgranulatvolumen pro Stunde

$$Q_{FB1} = \frac{L_{FB1}}{\rho} \times f_A = \frac{72 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = \frac{72 \text{ t/h}}{2,4 \text{ t/m}^3} \times 1,3 = 39 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Geschwindigkeit des Förderbandes**

Geschwindigkeit des Dosierbandes  $v_F$

$$b_F \times h_F \times v_F = Q_{FB1}$$

$$0,95 \times 0,15 \times v_F = 39 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v_{F1} = \frac{39 \text{ m}^3/\text{h}}{0,95 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}} = 273,68 \text{ m/h} \times \frac{1}{3600 \text{ s}} = 0,076 \text{ m/s}$$

➤ **Transportzeit des Förderbandes**

$$t_{FB1} = \frac{V_{F1}}{L_{FB1}} = \frac{507 \text{ m}^3}{39 \text{ m}^3/\text{h}} = 13 \text{ h}$$

### 5.8.3.4 Förderzeit

$$t_{\text{FB Gesamt}} = 32,5 \text{ h} + 13 \text{ h} = 45,5 \text{ h}$$

### 5.8.4 Recycling - Elevator

Wegen der Lage der Paralleltrommel in einer Höhe von 32 m gegenüber den Recycling-Doseuren ist erforderlich, einen speziell geeigneten Elevator zu verwenden. Mit der Hilfe des Recycling – Elevators wird das Asphaltgranulat zu der Paralleltrommel zugeführt. Der Elevator ist mit 133 Bechern und mit einer Breite von 300 mm ausgerüstet, die das Material senkrecht zur Übergabestelle fördern.

- |   |                                |   |
|---|--------------------------------|---|
| - | Erforderliche Elevatorleistung | $L_E = 168 \text{ t/h} = 240 \text{ t/h} \times 70\%$ |
| - | Höhe                           | 32 m  |
| - | Becherbefüllung                | 80%   |

### 5.8.5 Paralleltrommel

#### Technische Daten der Paralleltrommel ER 250/14

- |   |              |         |
|---|--------------|---------|
| - | Leistung     | 167 t/h |
| - | Länge        | 14 m    |
| - | Durchmesser  | 2,5 m   |
| - | Brenner      | Heizöl  |
| - | Nennleistung | 13 MW   |



**Abb. 61 Paralleltrommel**

Der Ausbauasphalt wird durch die Paralleltrommel von ATS vom Typ ER 250/14 im Gleichstrom aufgeheizt. Die Trommel beträgt eine Gesamtlänge von 14 m. Zur Erhitzung der Prozessluft dienen 5 m davon und zur Trocknung des Ausbaumaterials - die bleibenden 9 m. Das Recyclingmaterial verlässt die Paralleltrommel mit einer Temperatur zwischen 120 und 160°C. Die Befuerung wird durch einen Heizöl – Brenner mit einer Nennleistung von 15 MW gewährleistet. Die bei der Erhitzung und Trocknung entstandenen Abgase werden aus der Paralleltrommel abgeleitet und mit einer Temperatur zwischen 80 und 110°C zum Filtereintritt zugeführt. Zur Realisierung der Heißzugabe von 70% - igem Asphaltgranulatanteil muss die Paralleltrommel mit einer Leistung arbeiten, so dass es die maximale Dauerleistung der Mischanlage befriedigen kann.

### 5.8.5.1 Leistung der Paralleltrommel

$Q_p = 168$  t/h ist die maximale notwendige Nutzleistung der Paralleltrommel bei 70 % - iger Zugabe zur Herstellung von Asphaltmischgut für die Tragschicht. Bei der Herstellung von Binderschichtasphalt mit 30% - iger Zugabe von Asphaltgranulat wird die in der Trommel aufbereitete Altasphaltmenge pro Stunde geringer.

➤ **Leistung der Mischanlage**

Bei 70 %- iger Zugabe  $L_{Mh2}$

Bei 30 %- iger Zugabe  $L_{Mh1}$

➤ **Leistung der Paralleltrommel bei 70 %- iger Zugabe**

$$L_{P2} = 70\% \times L_{Mh2} = 70\% \times 240 \text{ t/h} = 168 \text{ t/h}$$

➤ **Leistung der Paralleltrommel bei 30 %- iger Zugabe**

$$L_{P1} = 30\% \times L_{Mh1} = 30\% \times 240 \text{ t/h} = 72 \text{ t/h}$$

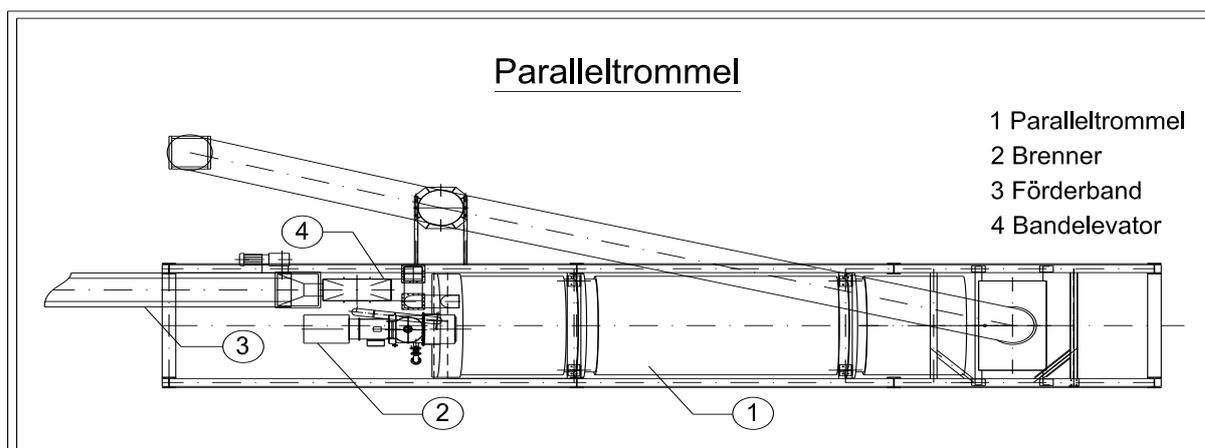


Abb. 62 Paralleltrommel – Schnitt

### 5.8.6 Heißsilo und Waage für Asphaltgranulat

Wenn das Recycling – Material die Paralleltrommel verlässt, wird es in dem Heißsilo für Recycling – Material zwischensiliert und danach mit einer Recyclingasphalt - Waage gewogen. Die beiden Vorrichtungen werden elektrisch beheizt und sind perfekt isoliert.

- Inhalt des Heißsilos 26 t
- Inhalt der Waage 3 t

### 5.8.7 Mischer

Die Aufgabe des Mixers liegt in der Realisierung eines homogenen Gemisches von den einzelnen Baustoffkomponenten des Asphalttes. Die Hauptaufgabe des Mixers ist die gleichmäßige Verteilung des Bitumens, so dass jedes einzelne Mineralstoffkorn vollständig von einem Bindemittelfilm umhüllt wird. Im Wesentlichen muss der Mischer die erforderliche Menge Asphaltmischgut bewerkstelligen. Diese Mischerleistung ergibt sich aus dem Nutzinhalt in m<sup>3</sup> und der Dauer des Arbeitsspiels.



Abb.63 Zweiwellenzwangmischer

#### 5.8.7.1 Arbeitsspieldauer des Mixers

- Nutzinhalt I = 4 t
- Mischerleistung  
 $L_M = I \times 60/T$   
 $L_M = L_{Mh} = 240 \text{ t/h}$
- Füllzeit des Mixers  $t_F$
- Mischzeit  $t_M$
- Entleerzeit  $t_E$

#### ➤ Dauer des Arbeitsspiels

Die Zeitdauer von Füllen, Mischen und Entleeren muss der erforderlichen Dauerleistung der Mischanlage entsprechen.

$$T_0 = t_F + t_M + t_E$$

$$T_0 = \frac{I \times 60 \text{ min}}{Q_M} = \frac{4 \text{ t} \times 60 \text{ min}}{240 \text{ t/h}} = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$t_F = 20 \text{ s}$$

$$t_M = 25 \text{ s}$$

$$t_E = 15 \text{ s}$$

## 5.9 Ermittlung der Gesamtzeit zum Recycling des Ausbausphaltes

### 5.9.1 Recyclingdauer für die Tragschicht

#### 5.9.1.1 Fräs- und Transportzeit für die Tragschicht

- Tägliche Arbeitsdauer der Fräse und des Transports 8 Stunden

➤ **Fräszeit für die Tragschicht**

$$t_{F2} + t_{Um2} = 45,14 \text{ h} + 4 \text{ h} = 49,14 \text{ h}$$

➤ **Transportzeit für die Tragschicht**

$$t_{T2} + t_{Um2} = 45,42 \text{ h} + 3 \text{ h} = 48,42 \text{ h}$$

➤ **Gesamte Fräs- und Transportzeit für die Tragschicht**

$$t_2 = 48,42 \text{ h} + 1 \text{ h} = 49,42 \text{ h} / 8 \text{ h} = 6,177 \text{ Arbeitstage}$$

Da die Transportarbeit eine Stunde später startet, ist die Transportzeit bei der Ermittlung der Gesamtzeit maßgebend.

#### 5.9.1.2 Herstellungszeit für die Tragschicht in der Mischanlage

- Leistung der Mischanlage  $L_A = 240 \text{ t/h}$
- Tägliche Arbeitsdauer der Mischanlage 6 Stunden

➤ **Herzustellendes Asphaltmischgutvolumen für die Tragschicht**

$$V_2 = B \times L \times D = 6,5 \text{ m} \times 5000 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 3250 \text{ m}^3$$

➤ **Herzustellende Asphaltmischgutmenge für die Tragschicht**

$$V_2 \times \rho = 3250 \text{ m}^3 \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 7800 \text{ t}$$

➤ **Herstellungszeit**

$$t_2 = V/L_A$$

$$t_2 = 7800 \text{ t} / 240 \text{ t/h} = 32,5 \text{ h} = 32,5 \text{ h} / 6 \text{ h} = 5,42 \text{ Arbeitstage}$$

## 5.9.2 Recyclingdauer für die Binder- und Deckschicht

### 5.9.2.1 Fräs- und Transportzeit für die Binder- und Deckschicht

- Tägliche Arbeitsdauer der Fräse und des Transports 8 Stunden

➤ **Fräszeit für die Binder- und Deckschicht**

$$t_{F1} + t_{Um1} = 41,035 \text{ h} + 4 \text{ h} = 45,035 \text{ h}$$

➤ **Transportzeit für die Binder- und Deckschicht**

$$t_{T1} + t_{Um1} = 41,53 \text{ h} + 3 \text{ h} = 44,53 \text{ h}$$

➤ **Gesamte Fräs- und Transportzeit für die Binder- und Deckschicht**

Da die Transportarbeit eine Stunde später startet, ist die Transportzeit bei der Ermittlung der Gesamtzeit maßgebend.

$$t_1 = 44,53 \text{ h} + 1 \text{ h} = 45,53 \text{ h} / 8 \text{ h} = 5,69 \text{ Arbeitstage}$$

### 5.9.2.2 Herstellungszeit für die Binderschicht in der Mischanlage

- Leistung der Mischanlage  $L_A = 240 \text{ t/h}$
- Tägliche Arbeitsdauer der Mischanlage 6 Stunden

➤ **Herzustellendes Asphaltmischgutvolumen für die Binderschicht**

$$V_1 = B \times L \times D = 6,5\text{m} \times 5000\text{m} \times 0,04\text{m} = 1300 \text{ m}^3$$

➤ **Herzustellende Asphaltmischgutmenge für die Binderschicht**

$$Q_1 = V_1 \times \rho = 1300 \text{ m}^3 \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 3120 \text{ t}$$

➤ **Herstellungszeit**

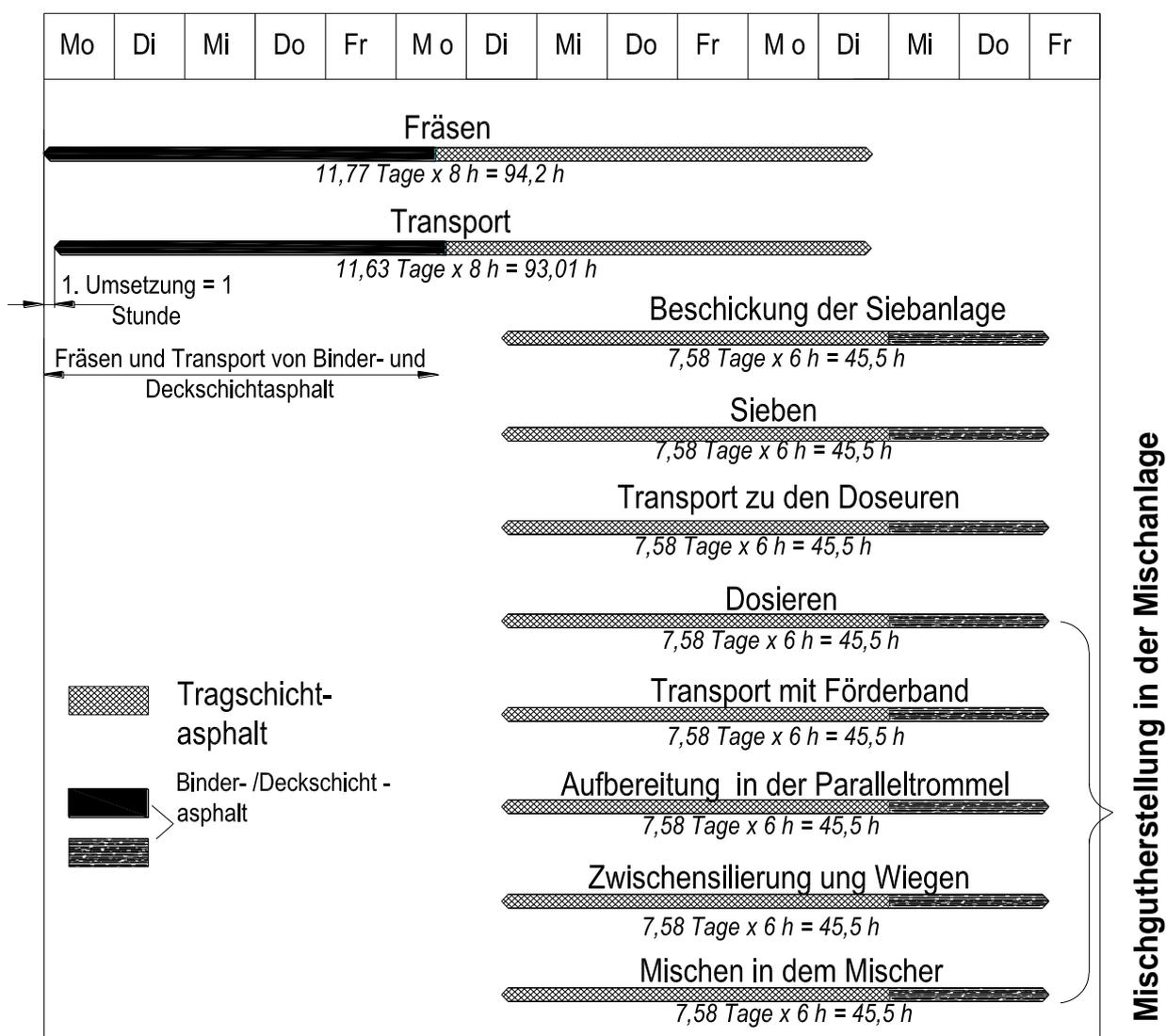
$$t_1 = Q_1 / L_A$$

$$t_1 = 3120 \text{ t} / 240 \text{ t/h} = 13 \text{ h} = 13 \text{ h} / 6\text{h} = 2,17 \text{ Arbeitstage}$$

Die Fräsarbeiten verlaufen in zwei Arbeitsgängen mit einer Leistung, die gemäß dem maximalen Durchsatz der Maschine und nach den Hindernissen auf der Straße ermittelt werden kann, und einer daraus erhaltenen gesamten Fräszeit von 94,175 Stunden oder 11,77 Arbeitstage, wo auch die Umsetzungsdauer der Maschine einbegriffen ist. Die berechnete Gesamtfräszeit bestimmt das Ende des Fräsens am zwölften Tag um 14 Uhr.

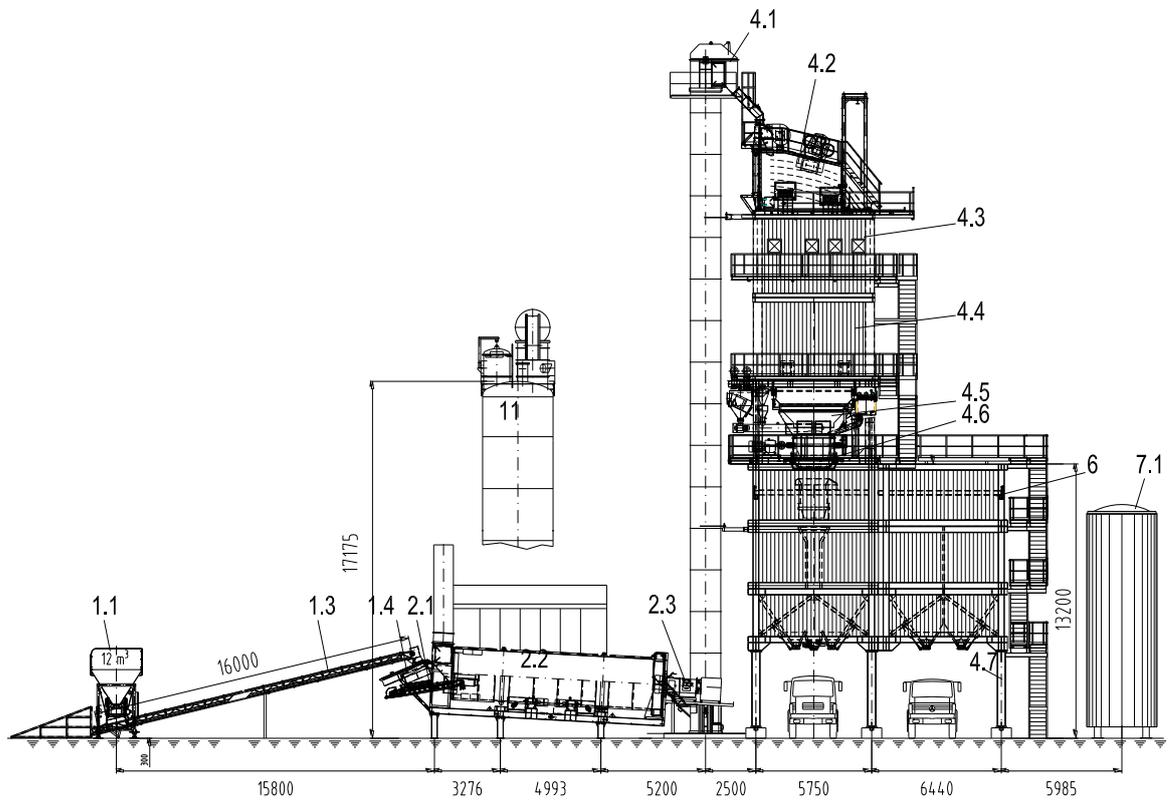
Der Transport beginnt nach der ersten Umsetzung der Maschine mit einer Zeitspanne von einer Stunde und endet nach 92,93 Stunden oder 11,62 Arbeitstage am zwölften Tag um 13 Uhr. In dem Zeitraum von 6 Tage wird die gesamte Menge von Material aus Binder- und Deckschicht gefräst und auf der Zwischendeponie geliefert. Die parallel ablaufende Beschickung der Siebanlage, Siebarbeiten, Transport zu den Doseuren und allen Aufbereitungsarbeiten in der Mischanlage fangen in der Mitte des siebten Tages an und dauern ca. 46 Stunden.

### Zeitplan



**Abb. 64 Zeitplan der Arbeitsprozesse**

## Asphaltmischanlage - Ansicht



### 1 Vordosierungsanlage

- 1.1 Doseur
- 1.2 Sammelband
- 1.3 Steigeband
- 1.4 Überkornrost

### 2 Trocknungs- und Erhitzungsanlage

- 2.1 Einwurfband
- 2.2 Trockentrommel
- 2.3 Brenner

### 4 Sieb- und Mischturm

- 4.1 Heißbecherwerk
- 4.2 Siebmaschine
- 4.3 Drehschurre
- 4.4 Heißsilierung
- 4.5 Verwiegung
- 4.6 Mischer
- 4.7 Stahlunterkonstruktion

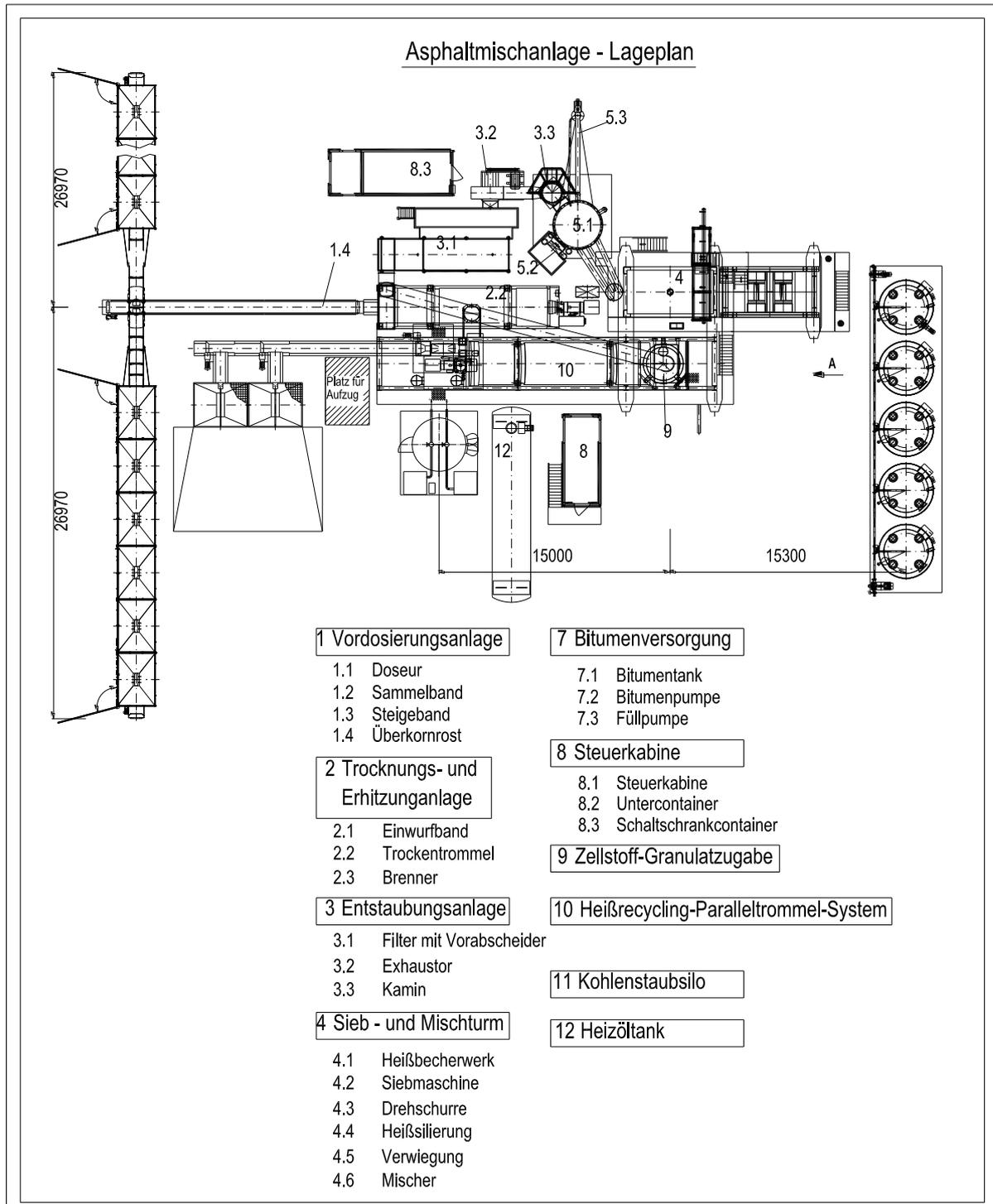
### 6 Mischgutverladesilo

### 7 Bitumenversorgung

- 7.1 Bitumentank
- 7.2 Bitumenpumpe
- 7.3 Füllpumpe

### 11 Kohlenstaubsilo

**Abb. 65 Ansicht der Asphaltmischanlage**



**Abb. 66 Lageplan der Asphaltmischanlage**

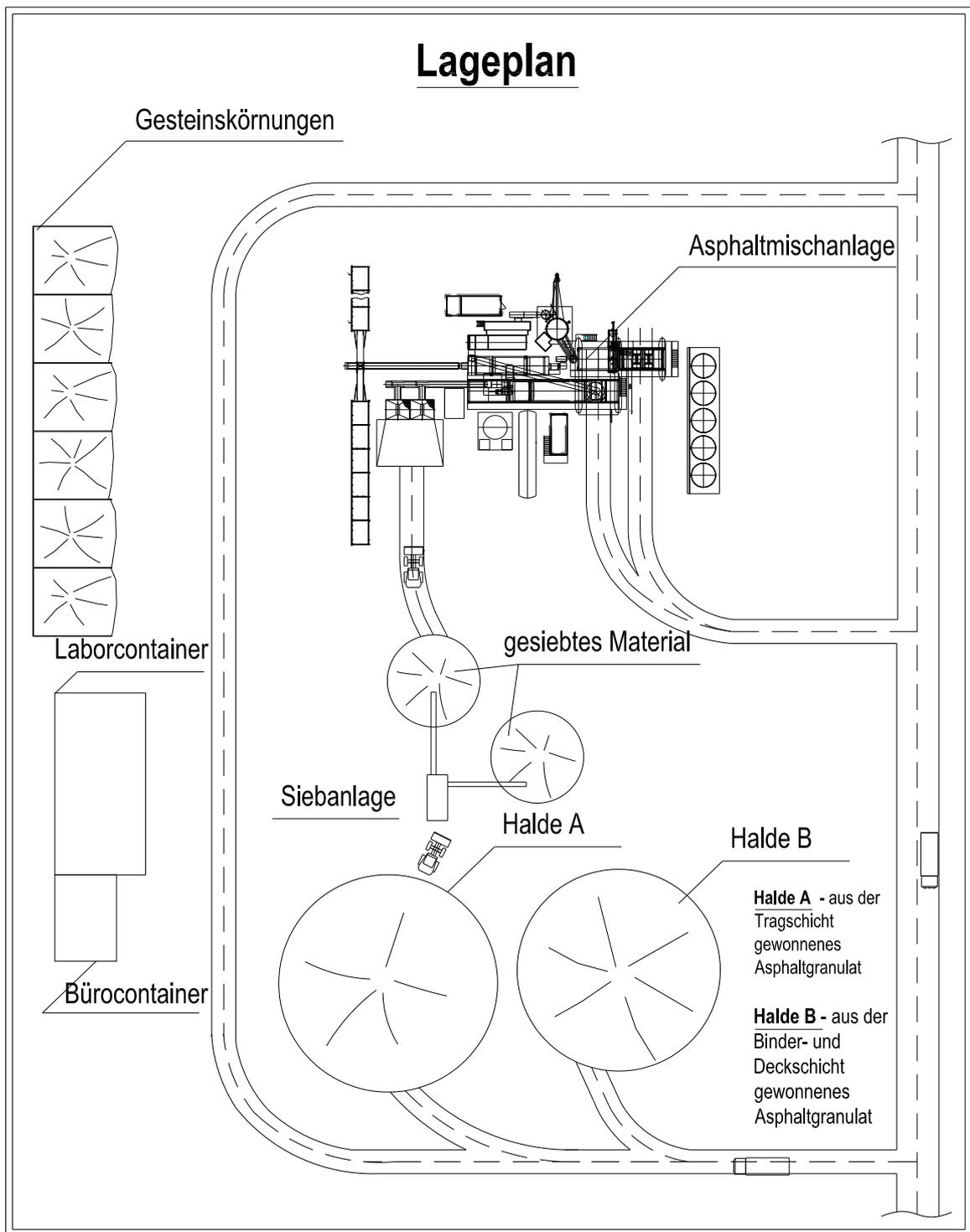


Abb. 67 Lageplan des Geländes der Asphaltmischanlage

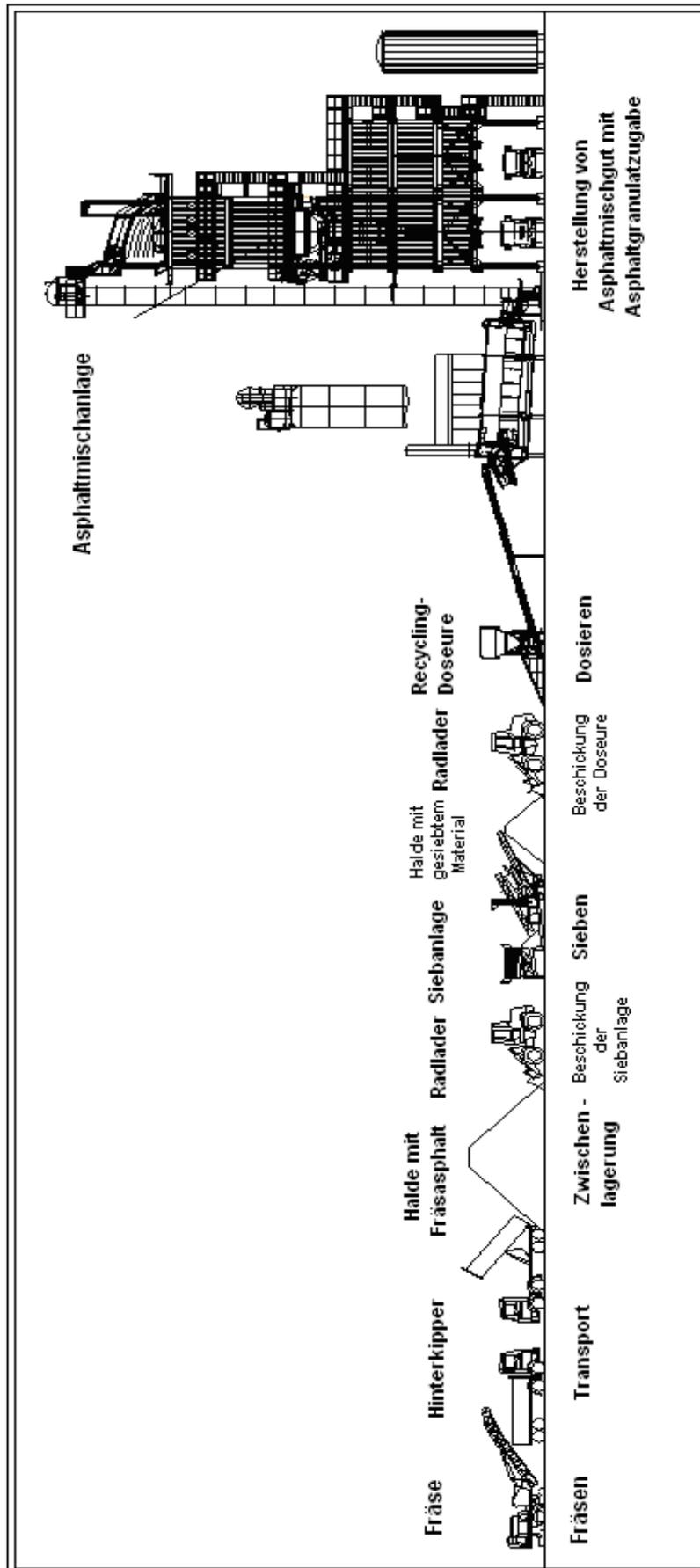


Abb. 68 Ablauf der Recycling - Arbeiten

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Asphalt ist ein unersetzbarer Baustoff. Die Entwicklung der Menschheit unter sozialem, wirtschaftlichem und technologischem Aspekt führt zur Verdichtung und Ausbau von Straßennetzen weltweit und somit zur Erweiterung der Infrastruktur, wobei bituminöses Material für Straßen, Gehwege, Verkehrsbrücken, Tunnels, Parkplätze, Flughafen, Stadtparks und – gärten benötigt wird.

Da Straßenbauten nicht ewig bestehen und eine begrenzte Lebensdauer als Bestandteil der Straßenbefestigungen besitzen, kommt es zum Bedarf an Erneuerungen der Beläge von Straßen und Verkehrsbauten. Daraus resultiert eine hohe Zahl an produziertem, eingebautem und schon abzubauenem Asphalt und eine Reihe von Problemen, die mit der Entsorgung dieses Materials verbunden sind.

Die Altmaterialien in der Bauindustrie wurden lange Zeit als Bauabfälle angenommen. Die Sorgen der Menschen in diesem Sinne bestanden in der Realisierung von umweltschonendem Deponieren. Wegen der Einschränkung der Deponiemöglichkeiten infolge Verringerung von Lagerplätzen und des Strebens nach Rohstoffeinsparung ist die Idee gekommen, den Baustoff „Asphalt“ wieder zu verwenden. Besonders intensiv wurde diese Tätigkeit in den letzten 30 Jahren entwickelt.

Grundvorteil des Asphalts ist, dass obwohl die Asphaltbefestigung am Ende ihrer Funktion ihr Tragvermögen verlieren kann, bewahren die einzelnen Bestandteile in den meisten Fällen ihre Eigenschaften. Mängel entstehen in Veränderung der Kornzusammensetzung, der Bindemittelqualität und des Bindemittelanteiles, die aber mittels Laboruntersuchungen von Asphaltprobekörper im Voraus festgestellt werden können. Zur Vermeidung von Deponieren des Ausbauasphaltes als Abfall wurden verschiedene Methoden zur Wiederverwendung erarbeitet, die in zwei Gruppen unterteilt werden. In der ersten Gruppe handelt es sich um Ausbauasphalt, der an Ort und Stelle verarbeitet und wieder angewandt wird. Die Wiederaufbereitung erfolgt in Mobil- oder Semimobilanlage direkt an der Baustelle. Grundsätzlich können diese Verfahren nur dann verwendet werden, wenn der wieder zu verwendete Asphalt korrigierbare Kornzusammensetzungen besitzt. Man unterscheidet vier an der Baustelle einsetzbare Verfahren: Reshape, Regrip, Repave und Remix. Die zweite Möglichkeit der Wiederverwendung wird an anderer Stelle realisiert, wobei das Recycling - Verfahren in stationären speziell zum Recyclingasphalt ausgelegten oder universellen Anlagen durchgeführt wird. Dieses Verfahren kommt zur Anwendung, wenn das Material nicht mehr den bautechnischen Erfordernissen entspricht. Das hergestellte Mischgut bei der Wiederverwendung in Asphaltmischanlagen zeichnet sich durch hohe Qualität aus, obwohl der Ausbauasphalt viele zusätzliche Vorbereitungsarbeiten benötigt. Erstens ist die

bituminöse Befestigung auszubauen, wobei dies entweder mit Bagger in Schollen aufgebrochen oder mit Kalt- bzw. Warmfräse abgefräst wird. Eine Möglichkeit zur Wiederverwendung erfolgt gleich nach dem Warmfräsen, damit der gefräste Asphalt noch in heißem Zustand wieder eingebaut werden kann. Der Baggeraufbruch wird in einer Brechanlage auf die gewünschte Korngröße zerkleinert. Um die richtige Kornzusammensetzung feststellen zu können, muss man das gebrochene oder gefräste Material in Siebanlage abgeseibt werden. Eine weitere Maßnahme, die zu einer Aufbereitung des Asphaltgranulats gehört, ist eine passende Lagerung. Die Sorgen für das Asphaltgranulat während seiner Lagerung sind auf den Schutz gegen Auswaschung und Feuchtigkeitsaufnahme infolge Niederschläge und gegen Sonnenstrahlung, und auf Begrenzung der Lagerungshöhe gerichtet. Damit kann ein niedriges Niveau des Wassergehalts gehalten und eventuelle Verklebungen vermieden werden. Der gefräste oder gebrochene Asphalt kann ohne Heißaufbereitung als mechanische Stabilisierung als Frostschuttschicht, als Ausgleichsschicht zwischen alter und neuer Tragschicht oder als Befestigung von untergeordneten Verkehrsflächen eingebaut werden. An dritter Stelle wird die Wiederverwendung nach Heißaufbereitung in Asphaltmischanlagen betrachtet, wo das ausgebaute Material in kaltem Zustand chargenweise in dem Mischer bzw. über die Mineralstoffwaage oder kontinuierlich in dem Elevator, am Auslauf der Trockentrommel bzw. in der Siebumgehungstasche zugegeben wird. Zur Erhitzung des Ausbauasphaltes bei seiner Heißzugabe in der Mischanlage dient eine Paralleltrommel.

Damit man sich dem Begriff „Recycling“ annähern kann, wird in dieser Diplomarbeit der gesamte Herstellungsprozess von Recyclingasphalt betrachtet. Die Idee steckt darin, eine Klarheit zu geben, wie die Erneuerung einer Straße mittels Verwendung des alten Materials durchgeführt werden kann. Die Aufgabe der Aufbereitungsarbeiten ist die Gewährleistung einer maximalen hohen Qualität des recycelten Materials, dessen Parameter mit den Parametern eines neu produzierten Asphaltmischguts konkurrieren kann. Aus diesem Grund wird die Variante gewählt, den Ausbauasphalt in einer Asphaltmischanlage wieder zu verwenden. Zweiter wesentlicher Punkt ist darauf bezogen, einen höheren Anteil von Ausbauasphalt an dem herzustellenden Mischgut zu erreichen, deshalb kommt eine Paralleltrommel zur Erhitzung des Asphaltgranulats zur Anwendung. Dank der Heißzugabe mittels Paralleltrommel können 70 % aus der Tragschicht und 30 % aus der Binder- und Deckschicht gewonnenes Material zur Tragschichtasphaltherstellung respektiv zur Binderschichtherstellung zugegeben werden. Geplant ist, das Material vor seiner Zugabe in der Mischanlage aufzubereiten, wobei es gefräst, transportiert, zwischengelagert, gesiebt und erst dann dosiert wird. Die Planung aller Aufbereitungsprozesse und die Dimensionierung der notwendigen Geräte sind mit der erwartenden Leistung der Einbauarbeiten der neuen Straßenbefestigung abzustimmen. Die erforderliche Menge von

Neumischgut, die täglich zu liefern und einzubauen ist, ist entscheidend für die Wahl einer passenden Mischanlage. Die hohe Einbauleistung erfordert eine hohe Mischleistung, die mittels einer stationären Asphaltmischanlage zu erfüllen ist. Die Durchsatzleistung aller Aufbereitungsarbeiten vor dem Mischvorgang hängt von dem täglich herzustellenden Asphaltmischgut und dem Asphaltgranulatanteil ab. Maßgebend zur Gerätewahl und zur Ermittlung ihrer Leistungen ist die 70%-ige Asphaltgranulatzugabe, die aus der Tragschicht gewonnen und zur neuen Tragschichtproduktion verwendet wird. Das Fräsen als Ausbauvariante erlaubt eine Trennung des Asphaltgranulats nach Asphalt-schichtarten und somit eine optimale Ausnutzung ihrer Eigenschaften. Die Fräsarbeiten verlaufen in zwei Arbeitsgängen mit einer Leistung, die gemäß dem maximalen Durchsatz der Maschine und nach den Hindernissen auf der Straße ermittelt werden kann. Frontlader werfen das Material auf den Transportfahrzeugen ab. Der Prozess von Transportieren des Fräsasphaltes läuft parallel zu dem Fräsvorgang ab. Mittels 4 LKWs kann der Zyklus von Beladungs-, Transportierungs- und Entladungsarbeiten ausgeführt werden. Die Entfernung, die von den LKWs zurückzulegen wird, ist der Weg von der Baustelle zum Deponieplatz. Auf dem Gelände der Asphaltmischanlage ist ausreichend Platz zum Zwischendeponieren und Sieben des Materials. Der Transport beginnt nach der ersten Umsetzung der Maschine und dem Beladen des ersten LKWs. Wegen der Veränderung der Kornstruktur infolge Kaltfräsen, kommt eine Siebanlage neben den beiden Ausbauasphalthalten zur Anwendung, wodurch sich die Kornzusammensetzung des Materials ergibt. Mittels passender Rezeptur wird die erhaltene Sieblinie verbessert, um den entsprechenden Mischguttyp zu erzielen. Die Siebanlagebeschickung geschieht mit Hilfe von Radladern. Die Beschickungs- und parallel ablaufenden Siebarbeiten fangen am siebten Tag an, da sich die Reihenfolgen der Ausbau- und Einbauvorgänge unterscheiden. Das Ausbauen beginnt mit der obersten Asphalt-schicht, während das Einbauen umgekehrt erfolgt. Dank der Arbeit von Radladern wird das gesiebte Material in den Doseuren zugegeben. Passende Geschwindigkeiten und Inhalte aller Bestandteile der Einrichtung, mit deren Hilfe das Asphaltgranulat in der Mischanlage zugegeben wird, gewährleisten den notwendigen Durchsatz des Materials.

Hauptfaktoren, die die Aufbereitung von Recyclingasphalt beeinflussen, sind:

➤ **Das Fräsen verläuft in zwei Arbeitsgängen**

Ausschlaggebende Bedeutung für die Dauer haben die Fräsarbeiten, da sie zwei Arbeitsgänge umschließen, wodurch sich die Fräszeit verdoppelt.

➤ **Die Reihenfolge der Prozesse**

Da die Arbeitsprozesse nicht aufeinander folgen, verlängert sich die Gesamtdauer der Herstellung. Damit der Siebvorgang anfangen kann, ist es erforderlich der erste Fräsvorgang abgeschlossen zu haben. Die Wartezeit der Siebanlage beträgt ca. 6,5 Arbeitstage.

➤ **Maßnahmen gegen Feuchtigkeitsaufnahme während der Lagerung**

Die Wartezeiten der Siebanlage fordern zusätzliche Maßnahmen für das Lagern des Deck- und Binderschichtmaterials. Spezielle Bedeckung der Halde mit Folie und passende Entwässerung des Deponieplatzes versichern den Schutz des Asphaltgranulats gegen eventuelle Niederschläge.

➤ **Mehr Platz zum Deponieren auf dem Gelände der Mischanlage**

Die Bewahrung der beiden Asphaltgranulathalden, die Siebarbeiten, die Siebanlage und die Transportgeräte benötigen zusätzlichen Platz auf der Fläche der Asphaltmischanlage.

Der ganze Herstellungsprozess dauert ungefähr 14,5 Tage. Die Produzierung von Tragschichtmischgut benötigt davon 6,5 Arbeitstage. Die Herstellungsdauer für das Binderschichtmischgut beträgt 7,87 Arbeitstage. Zum Fräsen der ganzen Straßenbefestigung und zum Transport des gefrästen Altasphalts werden ca. 94 Stunden benötigt. Das Sieben und das Mischen in der Mischanlage benötigen ca. 46 Stunden.

## **Schlussfolgerung**

Jedes von den beschriebenen Recyclingsverfahren zeigt eine zweckmäßige Lösung zur Altasphaltentsorgung und kann in verschiedenen Situationen unter bestehenden Umständen wie verfügbare Maschinen, technische Lage, Qualität und Eignung des Altasphaltes angewendet werden. Dank der maximalen Endproduktqualität, dem hohen Anteil des zugegebenen Altasphaltes und der optimalen Ausnutzung der Eignungseigenschaften des Altasphaltes zeichnet sich die angewendete Methode durch hohe Effektivität aus, die durch eine Menge des neu eingebauten Asphaltmischgutes von 96 m<sup>3</sup> pro Stunde bedingt ist. Infolge der Entscheidung den Altasphalt zu recyclieren und des gewählten Heißaufbereitungsverfahrens in der Asphaltmischanlage werden 2665 m<sup>3</sup> Altasphalt wieder verwendet. Bei der Erneuerung der Landesstraße kommen 46 % Altasphalt und 54 % Neuasphalt der gesamten Asphaltmischgutmenge zur Verwendung. Damit ergibt sich eine wesentliche Einsparung von Rohstoffen, Mineralgesteinen und Bitumen, sowie von Deponiekosten und –plätzen.

## **ANHANG: ANGEWENDETE FORMELN ZUR LEISTUNGSERMITTLUNG**

### **Ermittlung der Fräsleistung**

-	Abschlagsfaktor	A	
-	gewählte Frästiefe	T	[m]
-	theoretische Flächenleistung	$F_T$	[m <sup>2</sup> /h]
-	Volumendichte	$\rho$	[t/m <sup>3</sup> ]
-	Auflockerungsfaktor	1,3	
-	Gesamtfräsfläche	$F_F$	[m <sup>2</sup> ]
-	Fahrbahnbreite	B	[m]
-	Fahrstreckenlänge	L	[m]

Der Wert der Leistung bei dem Fräsvorgang ist mit der Leistung für eine Landesstraße mit Abschlagsfaktor 0,6 zu vergleichen, da es um eine Straße geht, die sich außerhalb der Stadt befindet.

#### ➤ ***Berechnung der praktischen Flächenleistung***

$$F_P = F_T \times A \quad [m^2/h]$$

Mit der Multiplikation der theoretischen Flächenleistung mit dem Abschlagsfaktor wird der Einfluss eingerechnet, den die Verkehrsbedingungen auf die Fräsarbeiten ausüben.

#### ➤ ***Berechnung des praktischen Fräsgutvolumens***

$$Q_F = F_P \times T \times 1,3 \quad [m^3/h]$$

Eine Zunahme des Asphaltvolumens in Folge Fräsen ist unter Acht zu nehmen, deshalb wird das Fräsgutvolumen mit einem Auflockerungsfaktor von 1,3 multipliziert.

#### ➤ ***Berechnung der praktischen Fräsgutmenge***

$$L_F = F_P \times T \times \rho \quad [t/h]$$

#### ➤ ***Berechnung des Gesamtfräsgutvolumens***

$$V_{GF} = F_F \times T \times 1,3 \quad [m^3]$$

$$F_F = B \times L \quad [m^2]$$

➤ **Berechnung der Gesamtfräsgutmenge**

$$Q_{GF} = F_F \times T \times 2,0 \quad [t]$$

➤ **Berechnung der benötigten Arbeitszeit**

$$t = F_F / F_P \quad \text{in Arbeitsstunden} \quad [h]$$

➤ **Ermittlung der gesamten Fräszeit**

Zur Ermittlung der Zeit, die zur Durchführung aller Fräsarbeiten notwendig ist, werden die Fräszeiten beider Arbeitsgänge und die Zeit zum Umsetzen der Fräsmaschine beachtet.

- Anzahl der Umsetzungen  $n_U$
- Zeit für einen Umsetzungsvorgang  $t_U$  [h]
- Gesamte Umsetzungszeit  $t_{GU}$  [h]
- benötigte Arbeitszeit  $t$  [h]
- gesamte Fräszeit  $t_F = t_{GU} + t_1 + t_2$
- Dauer eines Arbeitstages  $t_T$  [h]
- Anzahl der Arbeitstage  $n_T = \frac{Z_F}{Z_T}$
- Zeitdauer zum Umsetzen der Fräse auf benachbartem Frässtreifen

**Ermittlung der Transportleistung**

- Abstand zwischen der Landestraße und dem Deponielager  $L$
- Geschwindigkeit des LKWs in leerem Zustand  $V_{leer}$
- Geschwindigkeit des LKWs in beladenem Zustand  $V_{Last}$

Gemäß Abbildung 66 kann die Durchschnittsgeschwindigkeit für Lastkraftwagen in Abhängigkeit von der Qualität der Transportstrecke angenommen werden, wobei ein Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten in leerem und beladenem Zustand existiert. <sup>69</sup>

➤ **Ermittlung der erforderlichen Hinfahrtzeit**

---

<sup>69</sup> Jodl, Hans Georg, 2006, S.51.

$$t_H = \frac{L}{V_{Last}}$$

➤ **Ermittlung der erforderlichen Rückfahrtzeit**

$$t_R = \frac{L}{V_{Leer}}$$

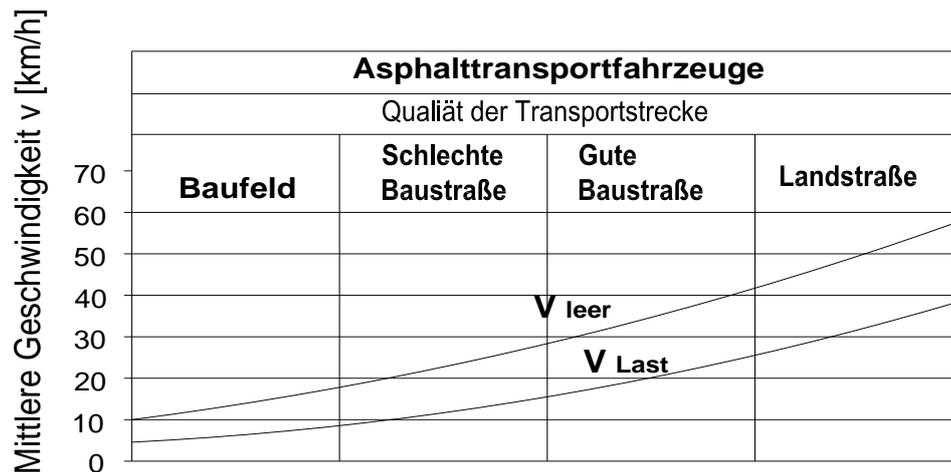


Abb. 69 Geschwindigkeit der Transportfahrzeuge - Transportstreckequalität Diagramm

➤ **Ermittlung der erforderlichen Beladezeit**

- Ladevolumen  $V_L$  [m<sup>3</sup>]
- praktische Fräsleistung  $Q_V$  [m<sup>3</sup>/h]
- praktische Abwurfbandkapazität  $Q_A$  [m<sup>3</sup>/h]
- Beladezeit  $t_B = \frac{V_L}{Q_A}$

➤ **Ermittlung der Umlaufzeit**

- Beladezeit  $t_B$
- Entladezeit  $t_E$
- Gesamtfräsgutvolumen  $V_{GF}$
- Umlaufzeit

Die Umlaufzeit eines LKWs umschließt Hin- und Rückfahrtzeit, Belade- und Entladezeit und kann nach folgender Formel berechnet werden.

$$t_U = t_H + t_R + t_B + t_E$$

➤ **Ermittlung der Transportleistung**

$$Q_t = \frac{Q_{GF}}{t_B} \quad [m^3/h]$$

➤ **Anzahl der Transportgeräte**

$$n = \frac{t_U}{t_B}$$

➤ **Transportzeit gesamter Asphaltgranulatmenge**

$$t_G = t_B + \frac{V_{GF}}{Q_t} \quad [h]$$

### **Ermittlung der Mischleistung bei Asphaltherstellung**

Die Leistung der Asphaltmischanlage kann aufgrund der Einbauleistung des Fertigers berechnet werden. Nach der erforderlichen Menge von Asphaltmischgut zum Einbauen des Straßenbelages wird die notwendige herzustellende Asphaltmenge pro Arbeitstag ermittelt. Die in der Asphaltmischanlage herzustellende Asphaltmischgutmenge pro Tag ist mit der erforderlichen täglichen Leistung des Fertigers zu rechnen. Daraus kann die Leistung der Mischanlage ermittelt werden.

- Leistung des Fertigers pro Stunde  $L_{Fh}$  [t/h]
- Arbeitstagdauer für den Fertiger  $t_{TF}$  [h]

➤ **Erforderliche Asphaltmischgutmenge**

$$Q_T = Q_{GF} \times \rho \quad [t]$$

➤ **Erforderliche Einbauzeit**

$$t_E = \frac{Q_T}{L_{Fh}}$$

➤ **Erforderliche Leistung des Fertigers pro Tag**

$$L_{FT} = L_{Fh} \times t_T \quad [t/\text{Tag}]$$

➤ **Erforderliche Leistung der Mischanlage pro Tag**

- Arbeitstagsdauer der Mischanlage  $t_{TM}$  [h]
- Leistung der Mischanlage pro Stunde

$$L_{Mh} = \frac{Q_{FT}}{t_{TM}}$$

### Ermittlung der Ladeleistung zur Beschickung der Siebanlage und der Recycling – Doseure

➤ **Schaufel - Füllfaktor**

Der Schaufel – Füllfaktor dient zur Bestimmung des Schaufelfüllungsgrads in Abhängigkeit von der Art und der Korngröße des Materials.

	Schaufel - Füllfaktor
Mischböden (feucht, lose)	95 – 105 %
Sande bis 4 mm	95 – 105 %
Gesiebte Materialien 4 – 20 mm	95 – 100 %
Gesiebte Materialien größer 20 mm	85 – 90 %
Gut gesprengtes Haufwerk	85 – 95 %
Mittel gesprengtes Haufwerk	75 – 90 %
Schlecht gesprengtes Haufwerk	60 – 75 %

**Tab. 6 Schaufel – Füllfaktor für Radlader<sup>70</sup>**

➤ **Ladespielzeit**

Ladespielzeit umschließt Aufnehmen von Material, Hinfahrt, Auskippen von Material und Rückfahrt.

<sup>70</sup> Vgl. ebenda, S. 140.

- Hinfahrtzeit mit voller Schaufel  $t_H$  [min]
- Rückfahrtzeit mit leerer Schaufel  $t_R$  [min]
- Aufnahmezeit  $t_{Auf}$  [min]
- Auskippdauer  $t_{Aus}$  [min]
- Ladespielzeit  $t_H + t_R + t_{Auf} + t_{Aus}$

➤ **Nutzungsgrad**

„Nutzungsgrad berücksichtigt unvorgesehene Pausen und Verzögerungen sowie Fahrzeugwechsel.“<sup>71</sup>

Effektive Arbeitszeit / h	Nutzungsgrad
60 min	100 %
50 min	85 %
45 min	75 %
40 min	67 %

Tab. 7 Nutzungsgrad<sup>72</sup>

➤ **Mögliche Ladespiele pro Stunde**

- 60 min /  $t_L = LS / h$  [LS/h]

➤ **Effektive Ladespiele pro Stunde**

- 60 x Nutzungsgrad [LS/h]

➤ **Erforderliche Leistung des Laders**

- Leistung der Mischanlage  $L_{Mh}$  [t/h]
- Maßgebende Leistung zur Herstellung von Mischgut  
 $L_L = L_{Mh} \times X \%$  [t/h]

<sup>71</sup> König, Horst 2005, S. 140.

<sup>72</sup> Vgl. ebenda, S. 140.

- Zugabemenge von Asphaltgranulat X [%]

➤ **Erforderliches zu transportierende Asphaltgranulatvolumen pro Stunde**

$$Q_L = \frac{L_L}{\rho} \quad [m^3/h]$$

- Volumendichte im festen Zustand  $\rho_{\text{fest}}$  [t/m<sup>3</sup>]
- Auflockerungsfaktor  $f_A$
- Leistungsvolumen pro Ladespiel  $\frac{Q_L}{LS}$  [m<sup>3</sup>/LS]
- Erforderliche Schaufelinhalt

$$\frac{L_L}{LS} \times \frac{1}{\text{Füllfaktor}} \quad [m^3]$$

➤ **Gewählte Ladergröße**

- Schaufelinhalt [m<sup>3</sup>]

➤ **Erforderliche Ladezeit**

$$t_L = \frac{Q_L}{L_L}$$

➤ **Gesamtanzahl von Ladespielen**

$$LS/h \times t_L = LS$$

### Ermittlung der Siebleistung

➤ **Siebleistung**

- $L_S = L_L = \frac{L_{L1}}{\rho}$  [m<sup>3</sup>/h]

➤ **Ermittlung der Siebzeit**

- $t_{LS} = \frac{Q_{GV2}}{L_L}$  [h]

## **Ermittlung der erforderlichen Dosierleistung**

Die Leistung der Dosiereinrichtung wird nach der Leistung der Asphaltmischanlage gerichtet und hängt von der regelbaren Geschwindigkeit des Dosierbandes ab.

### ➤ ***Ermittlung der Leistung der Dosiereinrichtung***

Damit die Mischanlage die erforderliche Leistung  $L_{\text{erf}}$  gewährleisten kann, muss eine Leistung der zusätzlichen Einrichtungen zur X-prozentigen Asphaltgranulatzugabe einen Wert von  $L_{\text{erf}} \times X\%$  betragen.

- Leistung des Dosierbandes

$$L_B = L_{\text{erf}} \times X\% \quad [\text{t/h}]$$

- Asphaltgranulatvolumen pro Stunde

$$Q_B = \frac{L_B}{\rho} = \frac{\text{t/h}}{\text{t/m}^3} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

### ➤ ***Ermittlung der Geschwindigkeit des Dosierbandes***

- $b_B \times h_B \times v_B = L_B \quad [\text{m}^3/\text{h}]$

$$v_B = \frac{L_B}{b_B \times h_B} \quad [\text{m/s}]$$

- Breite des Dosierbandes  $b_B \quad [\text{mm}]$

- Fix angestellte Schichthöhe  $h_B \quad [\text{mm}]$

- Geschwindigkeit des Dosierbandes  $v_B \quad [\text{m/s}]$

### ➤ ***Ermittlung der gesamten Dosierzeit***

$$t_D = \frac{Q_{\text{GV2}}}{L_D} = \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3/\text{h}} \quad [\text{h}]$$

## **Ermittlung der Förderbandleistung**

### ➤ ***Leistung des Förderbandes***

$$L_F = L_{\text{erf}} \times X\%$$

### ➤ ***Asphaltgranulatvolumen pro Stunde***

$$Q_{FB} = \frac{L_F}{\rho}$$

➤ **Ermittlung der Geschwindigkeit des Förderbandes**

$$b_F \times h_F \times v_F = L_F$$

$$v_F = \frac{L_F}{h_F \times b_F}$$

➤ **Ermittlung der gesamten Transportzeit des Förderbandes**

$$t_F = \frac{Q_{GV2}}{L_F}$$

### **Ermittlung der Leistung und Arbeitsspieldauer des Mixers**

-	Füllzeit des Mixers	$t_F$	[s]
-	Mischzeit	$t_M$	[s]
-	Entleerzeit	$t_E$	[s]
-	Nutzinhalt	$I$	[t]

➤ **Dauer des Arbeitsspiels**

$$T_0 = t_F + t_M + t_E \quad [s]$$

$$T_0 = \frac{I \times 60 \text{ min}}{Q_M}$$

➤ **Mischerleistung**

$$L_M = I \times 60 / T$$

### **Recyclingdauer**

➤ **Fräsen und Transport**

- Tägliche Arbeitsdauer der Fräse und des Transports in Stunden

- Fräszeit für die Tragschicht

$$t_F + t_{Um}$$

- Transportzeit für die Tragschicht  
 $t_T + t_{Um}$

➤ **Herstellungszeit in der Mischanlage**

- Leistung der Mischanlage  $L_A$  [t/h]
- Tägliche Arbeitsdauer der Mischanlage [h]
- Das herzustellende Asphaltmischgutvolumen  
 $V_1 = B \times L \times D$  [m<sup>3</sup>]
- Die herzustellende Asphaltmischgutmenge  
 $Q_1 = V_1 \times \rho$  [t]
- Herstellungszeit  
 $t = Q/L_A$

## **QUELLENVERZEICHNIS**

Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung (ABW):

„Vorlesung D: Recycling von Baustoffen“, 2001.

ARS Wroclaw:

„Asphaltrecycling für nochwertige Beläge“, 2006. <http://www.ars-wroclaw.pl>.

Beer, Frank:

„Asphaltrecyclingsysteme“, 2007.

Blumer, Mathias:

„Aktueller Stand der Wiederverwendung von Ausbauasphalt in der Schweiz“, Hünibach, S.13-18

Breckner, Friedrich:

„Recycling im Straßenbau“, Ausgabe 1988-Stuttgart: IRB-Verl., 1988

Deutscher Asphaltverband e.V.-DAV-:

„Wiederverwenden von Asphalt“, Mai 2008-Bonn: Deutscher Asphaltverband e.V.-DAV-, 2008

Fenz, Gerhard:

„Die Wirtschaftlichkeit des Repave-Verfahrens“, 1988-Wien: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Bundesstraßenverwaltung, 1988

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen / Arbeitsgruppe Asphaltstraßen:

„Grundsätze für die umweltverträgliche Verwendung und Wiederverwendung von Straßenbaustoffen“, Ausgabe 1991-Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen/Arbeitsgruppe Asphaltstraßen, 1991

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen/ Arbeitsgruppe Asphaltstraßen:

„Merkblatt für das Fräsen von Asphaltbefestigungen“, Ausgabe 2000 - Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2000

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen:

„Richtlinien für umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen in teer- / pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“, Ausgabe 2001-Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2001

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen / Arbeitsgruppe

„Asphaltstraße“:

„Richtlinie und Vorschriften 8.626“, Ausgabe April, 1987: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen/Arbeitsgruppe Asphaltstraßen, 1987

Gestrata:

„Das Asphalt – Magazin Journal“, Folge 124 2009 – Wien

Gestrata:

„Das Asphalt – Magazin Journal“, Folge 128 2010 – Wien

Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (AbfG vom 27.08.1986) BGBl.:

S.1410, zuletzt geändert am 26.Juni 1992 (BGBl. I, S.1161)

Girmscheid, Gerhard:

„Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse“, 3. überarbeitete Auflage 2005 – Zürich: Springer; vdf Hochschulverlag AG, 2005

Gregori, H; Gregori, M; Krzemien,R:

„Deponiefähigkeit von Asphaltaufbruch“, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten

Großhans, Dieter:

„Wiederverwendung von Ausbauasphalt“, 1989 – Heilbronn: Bitumen, 1989

Hackl, Albert Ernst:

„Recycling im Verkehrswesen“, Ausgabe 1990-Wien: Gesellschaft der Österreichischen Chemiker, 1990

Hartmann, Reiner:

„Ausbauasphalt in Deckschichten“, Umweltfachbeitrag-München, 1984, S. 29-34

Hintsteiner, Ernst:

„Asphalt Handbuch“, 2. Ausgabe-März 1996-Wien: GESTRATA – Gesellschaft zur Pflege der Strassenbautechnik mit Asphalt, 1996

Jodl, Hans Georg:

„Bauverfahrenstechnik“, 2006-Wien: Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, 2006

König, Horst:

„Maschinen im Baubetrieb“, 2. Auflage - 2008-Wiesbaden: Vieweg - Teubner Verlag, 2008

Litzka, Johann:

„Straßenwesen“, 2005/2006-Wien

Österreichische Forschungsgesellschaft Straße, Schiene, Verkehr:

„Richtlinie und Vorschriften 08.97.04“, 1999-Wien

Rolf, Jenny:

„Journal. Das Asphalt-Magazin“, Oktober 2009-Langenthal, Folge 126, S.13-14

Rumpf, Kurt:

„Die Nutzung von Abprodukten auf dem Bau und im Straßenbau“, 1989 – Kerpen: Straßenbau TIS12/89, 1989

Täube, Andre:

„Wiederverwendung von Asphaltgranulat“, 02.2009 – Bonn: Deutscher Asphaltverband e.V. Schieffelingsweg 6, 2009

Tis:

„Wirtgen Kaltrecycling – Geräte mit Zweiwellen – Zwangsmischer für nachhaltige Qualität und lange Lebensdauer“, 10/2009: TIS Straßenbau, 2009

Veith, Gabriele:

„Effiziente Kaltaufbereitung von Baustoffen für den Straßenbau“, Mai, 2002 - Windhagen: TIS Straßenbau, 2002

Warmbold, Rolf:

„Technische und wirtschaftliche Aspekte bei der Wiederverwendung von Ausbauasphalt zur Herstellung von Asphaltdecken“, 1996-Hannover: Mitteilungen aus dem Fachgebiet konstruktiver Straßenbau im Institut für Verkehrswissenschaft, Straßenwesen und Städtebau der Universität Hannover, 1996

Wirtgen GmbH:

<http://www.wirtgen.de>

Zirkler, Eduard; Khazai-Moghadam, Manutschehr:

„Wiederverwendung von Altasphalt“, Ausgabe 1984-Wien: Bundesministerium für Bauten und Technik, Bundesstraßenverwaltung, 1985

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1 Aufkommen und Wiederverwendung von Asphaltgranulat in den Jahren 1987 bis 2007 in Deutschland .....	3
Abb. 2 Verwendung von Asphalt in Österreich, 2003 .....	3
Abb.3 Asphaltstraße .....	4
Abb. 4 Straßenaufbau .....	6
Abb. 5 Schotter .....	7
Abb. 6 Split.....	7
Abb. 7 Kies.....	7
Abb. 8 Sand.....	7
Abb. 9 Bitumen .....	7
Abb. 10 Asphaltmischgut .....	9
Abb. 11 Asphaltmischanlage .....	9
Abb. 12 Straßenfertiger .....	10
Abb. 13 Einbau von Walzasphalt .....	10
Abb. 14 Idealer Zyklus von Asphaltgranulat .....	11
Abb. 15 Materialflussdiagramm – Recycling an Ort und Stelle .....	12
Abb. 16 Repave – Verfahren .....	14
Abb. 17 Remix – Verfahren.....	14
Abb. 18 Remixer 4500.....	15
Abb. 19 Kaltrecycler Wirtgen 2200 CR .....	17
Abb. 20 Kontrollierte Aufschäumung des Bitumens.....	17
Abb. 21 Dosierte Einsprühung von Schaumbitumen .....	18
Abb. 22 Funktionsprinzip von Asphaltrecycling an Ort und Stelle .....	18
Abb. 23 Materialflussdiagramm – Recycling an anderer Stelle .....	19
Abb. 24 Aufbruch mit Bagger .....	21
Abb. 25 Fräsasphalt.....	22

<b>Abb. 26 Einflussgrößen auf die Flächenleistung</b> .....	26
<b>Abb. 27 Kaltfräse Wirtgen W 1900</b> .....	26
<b>Abb. 28 Berechnung der Flächenleistung unter Berücksichtigung verschiedener Baustellenbedingungen</b> .....	27
<b>Abb. 29 Deponieren in einer Lagerhalle</b> .....	28
<b>Abb. 30 Deponielager von Schollenaufbruch</b> .....	29
<b>Abb. 31 Radmobile Anlage mit Prallbrecher</b> .....	32
<b>Abb. 32 Asphalt - Recycling Granulator</b> .....	32
<b>Abb. 33 Raupenmobiler Prallbrecher</b> .....	32
<b>Abb. 34 Prallmühle</b> .....	32
<b>Abb. 35 Sieblinienbereich 0/22, Güteklassen S und I</b> .....	34
<b>Abb. 36 Siebanlage</b> .....	35
<b>Abb. 37 Austragsbänder</b> .....	35
<b>Abb. 38 Regelung der „deklarierten Bandbreiten“</b> .....	39
<b>Abb. 39 Diagramm der notwendigen Gesteinstemperatur bei Zugabe unterschiedlicher Ausbauasphaltemengen mit variablem Feuchtigkeitsgehalt</b> .....	41
<b>Abb. 40 Chargenmischanlage mit Zugabe von Asphaltgranulat mittels Paralleltrommel</b> .....	44
<b>Abb. 41 Durchlaufmischanlage mit Paralleltrommelsysteme</b> .....	44
<b>Abb. 42 Chargenmischanlage mit Zugabe in der Trockentrommel</b> .....	46
<b>Abb. 43 Durchlaufmischanlage mit Zugabe in der Trockentrommel</b> .....	46
<b>Abb. 44 Chargenmischanlage mit chargenweiser Zugabe</b> .....	47
<b>Abb. 45 Chargenmischanlage mit kontinuierlicher Zugabe</b> .....	48
<b>Abb. 46 Querschnitt der Straße</b> .....	53
<b>Abb. 47 Schichtenaufbau des Straßenoberbaus</b> .....	53
<b>Abb. 48 Bituminöse Befestigung</b> .....	54
<b>Abb. 49 Maschinenabmessungen</b> .....	57
<b>Abb. 50 Hinterkipper-Mercedes 4140 Actros</b> .....	62
<b>Abb. 51 Ablauf der Fräsarbeiten</b> .....	64

---

<b>Abb. 52 Zwischenlagerung des Asphaltgranulats</b> .....	65
<b>Abb. 53 Hochleistungssieb TS3600</b> .....	68
<b>Abb. 54 Siebbox</b> .....	68
<b>Abb. 55 Radlader Liebherr L 508 Stereo</b> .....	70
<b>Abb. 56 Asphaltmischanlage Ammann Universal</b> .....	75
<b>Abb. 57 Radlader Liebherr L 524 2plus1</b> .....	77
<b>Abb. 58 Getrennte Recycling – Doseure mit geeignetem Siebrost</b> .....	81
<b>Abb. 59 Lageplan von Recycling – Doseuren</b> .....	82
<b>Abb. 60 Förderband</b> .....	82
<b>Abb. 61 Paralleltrommel</b> .....	84
<b>Abb. 62 Paralleltrommel – Schnitt</b> .....	85
<b>Abb. 63 Zweiwellenzwangmischer</b> .....	86
<b>Abb. 64 Zeitplan der Arbeitsprozesse</b> .....	89
<b>Abb. 65 Ansicht der Asphaltmischanlage</b> .....	90
<b>Abb. 66 Lageplan der Asphaltmischanlage</b> .....	91
<b>Abb. 67 Lageplan des Geländes der Asphaltmischanlage</b> .....	92
<b>Abb. 68 Ablauf der Recycling - Arbeiten</b> .....	93
<b>Abb. 69 Geschwindigkeit der Transportfahrzeuge – Streckequalität Diagramm</b> .....	100

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tab. 1 Anforderungen an Recyclingasphalt. Zulässige Konzentrationen im Eluat gemäß ÖNORM S 2072</b> .....	VII
<b>Tab. 2 Einsatzbereiche von Straßenfräsen in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite und Aufgabenstellung</b> .....	25
<b>Tab. 3 Umwelttechnische Einsatzbereiche (Mindestanforderungen)</b> .....	34
<b>Tab. 4 Anwendung und bautechnischer Einsatz von Recycling – Baustoffen</b> .....	35
<b>Tab. 5 Erlaubter Einsatz des Asphaltgranulats</b> .....	40
<b>Tab. 6 Schaufel – Füllfaktor für Radlader</b> .....	102
<b>Tab. 7 Nutzungsgrad</b> .....	103