



**Tiefbau- und Umweltämter der Ostschweizer Kantone**

## **Harmonisierung Ausbauasphalt Ostschweiz**

### **Materialflussanalyse und Evaluation von Lösungen und Empfehlungen**

**IMP Bautest AG, Institut für Materialprüfung, Oberbuchsitzen**  
Ch. Angst, Dr. sc. techn., dipl. Ing. ETH  
F. Gorla, Dr. sc. nat., dipl. Chem. ETH

**SC+P Sieber Cassina + Partner AG, Zürich**  
P. Plüss, dipl. Umwelting. ETH / SVU  
A. Sparacino, dipl. Umwelting. ETH

**Juni 2007**

# Inhalt

1. Einleitung.....	3
1.1. Ausgangslage, Projektmotivation .....	3
1.2. Projektorganisation.....	3
1.3. Vorgehen .....	4
2. Teil I: Problemanalyse .....	5
2.1. Systemdefinition .....	5
2.2. Asphaltlager der Ostschweiz .....	7
2.2.1. Datenerhebung / Methoden.....	7
2.2.2. Resultate.....	8
2.2.3. Folgerungen.....	10
2.3. Asphaltflüsse in der Ostschweiz.....	11
2.3.1. Datenerhebung und Berechnungsmethoden .....	11
2.3.2. Resultate Anfall und Verwertung .....	15
2.3.3. Resultate Einsatz von Ausbauasphalt (Bedarf).....	19
2.3.4. Sensitivitätsanalyse der Bedarfssteigerung .....	23
2.3.5. Zukünftige Asphaltflüsse (langfristige Szenarien) .....	24
2.3.6. Folgerungen.....	26
2.4. PAK- / Teergehalt im Lager .....	28
2.4.1. Datenerhebung / Methoden.....	28
2.4.2. Resultate.....	29
2.4.3. Folgerungen.....	30
2.5. PAK - / Teerflüsse .....	31
2.5.1. Datenerhebung / Methoden.....	31
2.5.2. Resultate.....	35
2.5.3. Folgerungen.....	37
3. Teil II: Strategien und Massnahmen.....	38
3.1. Grundlagen.....	38
3.1.1. Rahmenbedingungen .....	38
3.1.2. Häufig gestellte Fragen zum Thema .....	41
3.2. Strategien, Potenzial und Massnahmen.....	41
3.2.1. Anteil Asphaltgranulat im Mischgut erhöhen .....	41
3.2.2. Verwendung von Heissmisch-Fundationsschichten (ACF) im Strassenoberbau .....	44
3.2.3. Kaltmisch-Fundationsschichten.....	47
3.2.4. Anteil Asphaltgranulat im Recycling-Kiessand A erhöhen .....	49
4. Teil III: Empfehlungen .....	51
5. Begriffe .....	53
6. Literatur .....	54
7. Anhangverzeichnis .....	55

# 1. Einleitung

---

## 1.1. Ausgangslage, Projektmotivation

Der Umgang mit Ausbausphalt ist in der Schweiz durch die vom BAFU im Juli 1997 herausgegeben „Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle“ [1] geregelt. Im Mai 2004 wurde dazu eine „Empfehlung Entsorgung von teerhaltigem Ausbausphalt“ [3] publiziert. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Richtlinie und die Empfehlung in den Kantonen zum Teil sehr unterschiedlich umgesetzt werden.

*Ausgangslage*

An der Sitzung vom 26. Mai 2005 beschloss die BPUK-Ost<sup>1</sup> die Tiefbau- und Umweltämter zu beauftragen, eine Empfehlung für eine einheitliche und praktikable Handhabung der PAK-Werte bei der Wiederverwertung von alten Strassenbeläge im BPUK-Ost-Gebiet zu erarbeiten. An der Sitzung vom 10. November 2005 fasst die BPUK-Ost den Beschluss zur Finanzierung des Projektes.

*Projektmotivation*

## 1.2. Projektorganisation

In Zusammenarbeit mit einer Begleitgruppe (Tiefbau- und Umweltämter der Ostschweiz<sup>2</sup>, ASTRA, BAFU) soll ein Bericht über die heutige Situation, die Handlungsoptionen und deren Auswirkungen sowie die erwarteten Entwicklungen erstellt werden. Nach Auftragserteilung an die beratende Arbeitsgemeinschaft (IMP Bautest AG, Oberbuchsitzen und Sieber Cassina und Partner AG, Olten) und einigen Vorarbeiten wurde am 1. Februar 2006 die Begleitgruppe erstmals zusammengerufen. Die BPUK-Ost wurde mit Zwischenberichten für die Sitzungen vom 11. Mai 2006 und vom 16. November 2006 über den Stand der Arbeiten informiert.

*Projektorganisation*

<sup>1</sup> BPUK-Ost: Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz Ostschweiz; Verbindungsorgan zwischen allen Vorsteherinnen und Vorstehern (Regierungs- und Staatsräten) mit Aufgaben in den Bereichen Bau, Raumplanung und Umweltschutz

<sup>2</sup> Appenzell Innerrhoden, Appenzell Ausserrhoden, Glarus, Graubünden, Schaffhausen, St. Gallen, Thurgau, Zürich und das Fürstentum Lichtenstein

Per 6. März 2007 wurde in der Begleitgruppe ein Management Summary (vgl. Lit. [7]) verabschiedet. Das Management Summary wurde auf der Basis des vorliegenden Berichts erarbeitet. Die Verabschiedung des Management Summary durch die BPUK-Ost erfolgte per 26. April 2007.

*Management  
Summary*

### 1.3. Vorgehen

In einem ersten Schritt (Teil I) wird anhand einer Güterflussanalyse eine Bestandsaufnahme für die beteiligten Kantone erstellt. Dabei werden die heutigen und zukünftigen Mengen des Ausbauasphalts und deren Handhabung sowie auch der Bedarf an asphalthaltigen Sekundärbaustoffen analysiert und übersichtlich dargestellt. Parallel zu diesen Güterflüssen werden auch die im Asphalt enthaltenen Mengen an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) begutachtet.

*Güterflussanalyse*

Im zweiten Schritt (Teil II) werden, basierend auf den Resultaten und Erkenntnissen des 1. Teils, die Lösungsansätze für eine verbesserte Handhabung von Ausbauasphalt untersucht, detailliert beschrieben und einige konkrete Empfehlungen geleitet.

*Lösungsansätze  
und Empfehlungen*

## 2. Teil I: Problemanalyse

---

### 2.1. Systemdefinition

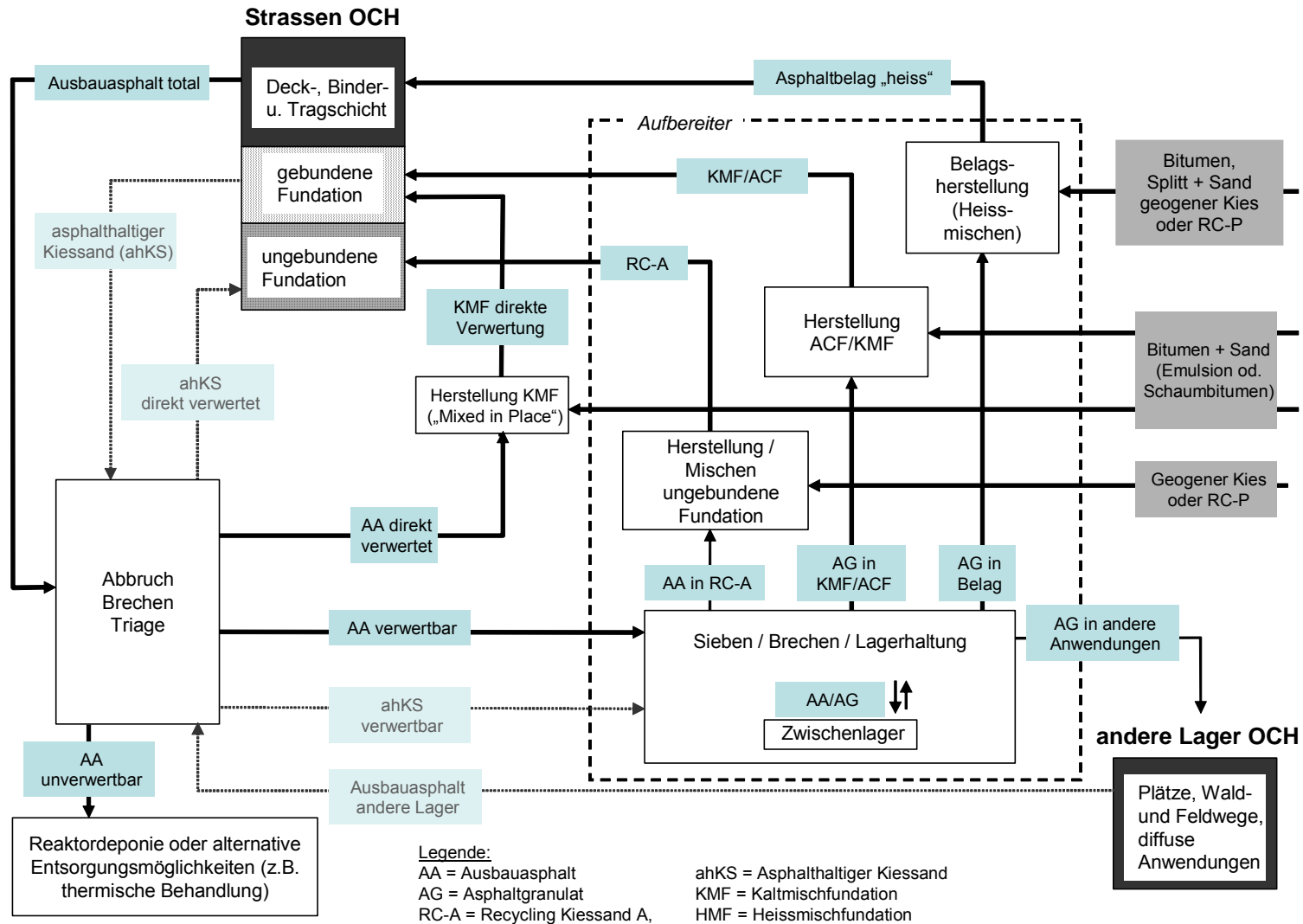
Die Entsorgungs- und Verwertungswege des Ausbauasphalts sind im Stoffflusssystem (Abbildung 1, Seite 6) dargestellt. Die im folgenden Text *kursiv* dargestellten Begriffe korrespondieren mit den Begriffen der Abbildung 1.

Bei einer Sanierung oder Erneuerung von Strassen oder Plätzen fällt Ausbauasphalt an („*Ausbauasphalt total*“). Je nach Qualität kann dieser entweder im „Mixed in Place“-Verfahren direkt vor Ort wieder in der Foundation kalt eingebunden werden („AA direkt verwertet“) oder in Aufbereitungsanlagen zu Recyclingmaterial (Recyclingkiessand A oder Asphaltgranulat) verarbeitet werden („AA verwertbar“). Bei schlechten Qualitätseigenschaften (hoher Gehalt an PAK, „AA unverwertbar“) wird das Material in der Regel auf einer Reaktordeponie endgelagert oder über allfällige alternative Wege entsorgt (z.B. thermische Verwertung).

*Anfall und erste  
Triage*

Auch beim Ausbau von ungebundenen Schichten können asphalthaltige Materialien anfallen („*asphalthaltiger Kiessand*“). Es ist anzunehmen, dass die darin enthaltenen Asphaltmengen im Vergleich zu den Belagsabbrüchen aber von untergeordneter Bedeutung sind. Die durchgeführten Erhebungen bei den Kantonen förderten jedenfalls keine diesbezüglich abweichenden Hinweise zutage. In der vorliegenden Arbeit wird deshalb nicht mehr weiter auf diese Asphaltmengen eingegangen. In Abbildung 1 sind diese Flüsse und Prozesse der Vollständigkeit halber trotzdem aufgeführt (blasse Darstellung).

*Ungebundener  
Asphalt*



**Abbildung 1:** Güterfluss-System des Ausbausphalts. Der Abbruch von ungebundenen Schichten und aus anderen Lagern (blasse Darstellung) ist bezüglich der gesamten Asphaltflüsse von untergeordneter Bedeutung und wird nicht weiter behandelt.

Aus den Aufbereitungsanlagen gelangt das Material in die ungebundene Fundation („AA in RC-A“), kalt oder heiss stabilisiert in die gebundene Fundation („AG in KMF / ACF“) oder als Asphaltbelag in die Binder- und Tragschichten<sup>3</sup> („AG in Belag“). Dabei findet eine Vermischung mit primären Ressourcen („Splitt, Sand, gegener Kies, Bitumen“) oder Recycling-Kiessand P („RC-P“) statt.

*Aufbereitung*

Die Nachfrage nach Recyclingmaterial und das Angebot von Ausbausphal sind nicht jedes Jahr gleich, da diese stark von der Grösse der Bauprojekte abhängen und somit jährlichen Schwankungen unterworfen sind. Zum Ausgleich ergeben sich daraus bei den Aufbereitungswerken temporäre „Zwischenlager“.

*Temporäre Zwischenlager*

Nebst dem Bedarf an Asphaltgranulat in den Belags- und Fundationsschichten öffentlicher Strassen sind weitere Anwendungen zu berücksichtigen („AG in andere Anwendungen“). Speziell erwähnt seien hier die Verwendung für Plätze und Einfahrtsstrassen im privaten Tiefbau sowie für Wald- und Feldwege (gemäss minRL, vgl. Lit. [1], zulässig mit maximaler Schichtstärke von 7 cm und gewalzt) aber auch in der Richtlinie nicht zugelassene Verwendungen, z.B. für Terrainanpassungen und Ähnlichem („diffuse Anwendungen“).

*Andere Anwendungen*

Gemäss einer Einschätzung in den Umweltmaterialien Nr. 131 des BAFU [2] ist der *Rückfluss* an Asphalt in die Asphaltaufbereitung („Ausbausphal andere Lager“) aus diesen Anwendungen, obwohl es sich um rund 20% des gesamten Asphaltlagers handelt (vgl. dazu nächstes Kapitel 2.2.1), von untergeordneter Bedeutung (geringerer Sanierungsbedarf aufgrund weniger hohen Beanspruchungen). In der Schätzung des gesamten Anfalls an Ausbausphal wird dieser Rückfluss deshalb vernachlässigt.

*Rückfluss aus „anderen Lagern“*

## 2.2. Asphaltlager der Ostschweiz

### 2.2.1. Datenerhebung / Methoden

Im Jahre 2000 wurde vom ASTRA bei den Kantonen eine Umfrage über die Entsorgung von teerhaltigem Ausbausphal durchgeführt. Erhoben wurden die vorhandenen Strassenflächen (Kantons- und Nationalstrassen) und die durchschnittliche Ausbausphalmenge pro Jahr. Aus diesen Zahlen konnten für die einzelnen Kantone die Asphaltlager in m<sup>3</sup> (fest) der National- und Kantonsstrassen abgeschätzt werden.

*ASTRA Umfrage aus dem Jahr 2000*

<sup>3</sup> In der (obersten) Deckschicht wird heute in der Regel kein recyceltes Material verwendet sondern nur in den darunterliegenden Binder- und Tragschichten.

Das Verhältnis der Strassenflächen von National- und Kantonsstrassen gegenüber Gemeindestrassen ist von der Gesamtschweiz, vom Kanton Thurgau und vom Fürstentum Lichtenstein bekannt. Diese Verhältnisse wurden auf die anderen Kantone extrapoliert (Durchschnitt der 4 bekannten Verhältnisse).

*Abschätzung der  
Gemeindestrassen*

Aus den Umweltmaterialien Nr. 131 des BAFU [2] wird geschätzt, dass zudem ca. 15% des Gesamtasphaltlagers im privaten Tiefbau (Vorplätze, Zufahrtsstrassen, Parkplätze etc. von Privaten und Industrie) zu finden sind und weitere ca. 5% für Forst-, Güterstrassen, Fahrrad- und Gehwege anzunehmen ist. Diese insgesamt 20% sind eine sehr grobe Schätzung. Im Folgenden werden sie als „andere Lager OCH“ bezeichnet (in Anlehnung an die oben eingeführte Bezeichnung „andere Anwendungen“ für die entsprechenden Flüsse).

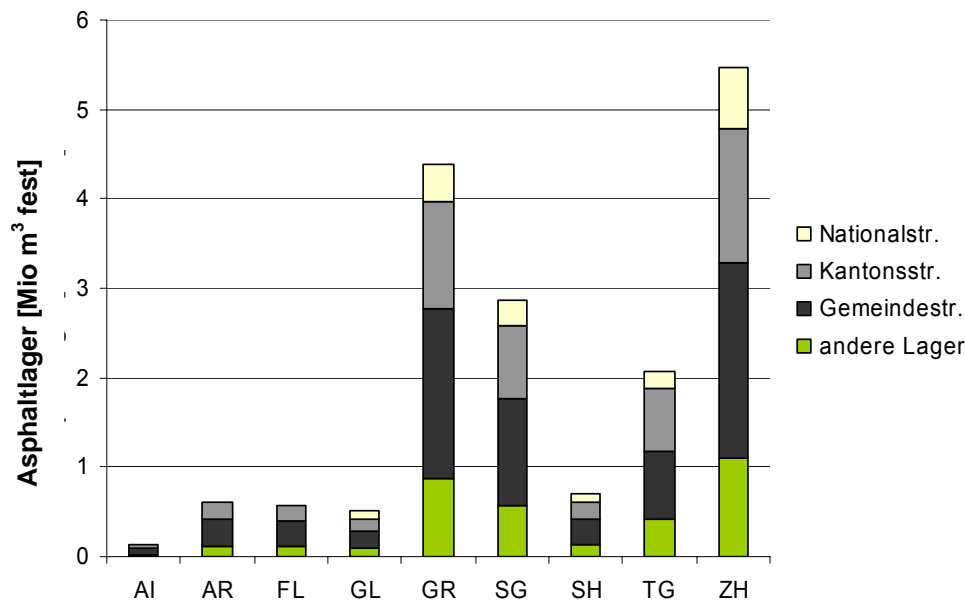
*andere  
Asphaltlager*

Die Berechnung der Asphaltlager der Ostschweiz ist in Anhang 1 ersichtlich.

### 2.2.2. Resultate

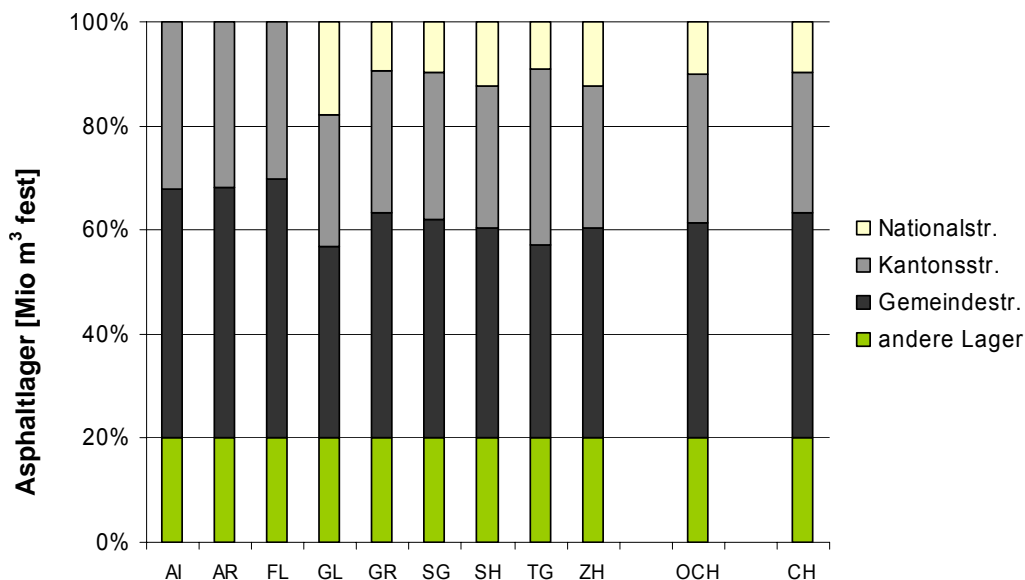
Eine Auswertung der ASTRA Umfrage zeigt, dass rund 80% des Asphalts der Ostschweiz in den Kantonen Zürich, Graubünden, St. Gallen und Thurgau liegt. Die restlichen rund 20% werden auf die beiden Appenzell, Glarus, Schaffhausen und Fürstentum Lichtenstein verteilt (vgl. Abbildung 2). Die gesamte in der Ostschweiz enthaltene Asphaltmenge beträgt rund 17 Mio m<sup>3</sup> (fest). Dies entspricht etwa 25% der totalen Asphaltmenge in der Schweiz.





**Abbildung 2:** Asphaltlager der einzelnen Ostschweizer Kantone, inkl. Fürstentum Lichtenstein.

Ein Vergleich der prozentualen Aufteilung des Lagers zwischen den einzelnen Kantonen, der gesamten Ostschweiz und der gesamten Schweiz ist in Abbildung 3 zu sehen. Die beiden Appenzell und das Fürstentum Lichtenstein besitzen keine Nationalstrassen. Bei den restlichen Kantonen sind etwa 10% der Strassenkubaturen Nationalstrassen. Ungefähr 30% sind Kantonsstrassen und 40-50% Gemeindestrassen. Da es sich bei den „anderen Lagern“ wie erwähnt um eine sehr grobe Abschätzung handelt, sind sie in dieser Abbildung für alle Kantone gleich dargestellt (20% des gesamten Lagers).



**Abbildung 3:** Verteilung der Strassenkubaturen in der Ostschweiz.

### 2.2.3. Folgerungen

Die Kantone Graubünden, St. Gallen, Thurgau und Zürich besitzen zusammen 80% des Asphaltlagers. Die übrigen 20% sind auf die restlichen, wesentlich kleineren Kantone verteilt. Es kann angenommen werden, dass sich die Asphaltflüsse (jährlich anfallende Menge an Ausbauasphalt) zu den Lagern (Asphalt im Strassenbauwerk) ungefähr proportional verhalten. Daraus ergibt sich, dass auch für die Betrachtung der Asphaltflüsse der Fokus auf die vier grossen Kantone gelegt werden kann und der daraus entstehende Gesamteindruck die Verhältnisse in der gesamten Ostschweiz gut darstellt.

Die Verteilung der verschiedenen Strassentypen (National-, Kantons-, Gemeindestrassen) in den grösseren Kantonen (GR, SG, TG, ZH) sowie in der Summe der Ostschweiz (OCH) ist sehr ähnlich wie in der gesamten Schweiz (CH). Zahlen, die nur für die Gesamtschweiz bekannt sind, können somit in erster Näherung gut auf die Ostschweiz herunter gebrochen werden. Wie bereits erwähnt beträgt der entsprechende Faktor ca.  $\frac{1}{4}$  (ca. 25% der Asphaltkubaturen der Gesamtschweiz befinden sich in der Ostschweiz).

## 2.3. Asphaltflüsse in der Ostschweiz

### 2.3.1. Datenerhebung und Berechnungsmethoden

Um das in Abbildung 1 dargestellte Modell zu quantifizieren, wurden an verschiedenen Orten Daten erhoben oder Abschätzungen durchgeführt:

#### a) Anfall von Ausbausphal

##### *National- und Kantonsstrassen*

Um die Aktualität der Daten zu verbessern, wurden zusätzlich zur ASTRA Umfrage die Tiefbauämter der beteiligten Kantone mittels eines Fragekatalogs befragt. Ziel war es zu erfahren, wie viel Ausbausphal pro Jahr in den Kantonen seit dem Jahr 2000 angefallen ist und wie viel Asphalt wieder eingebaut wurde. Beim Anfall wurde zudem nach den PAK-Gehalten und dem Entsorgungsweg gefragt. Die Erhebung betraf ausschliesslich die Kantons- und Nationalstrassen.

*Interviews TBA*

##### *Gemeindestrassen*

Für die Quantifizierung der Asphaltflüsse aus den Gemeindestrassen wurde angenommen, dass jährlich etwa 1.5% des vorhandenen Gesamtlagers (vgl. dazu vorangehendes Kapitel 2.2) in Form von Ausbausphal anfällt. Diese Annahme wird auch in den Resultaten anderer Publikationen zum Thema gestützt (z.B. BAFU-Studie, Lit. [2]), stellt aber mit Sicherheit nur eine sehr grobe Abschätzung dar.

*Abschätzung Gemeindestrassen*

Für die weiteren Entsorgungswege der so ermittelten Gesamtmengen aus den Gemeindestrassen wurden die gleichen Verteilungen der Asphaltflüsse angenommen, wie sie bei den erhobenen National- und Kantonsstrassen (vgl. oben) festgestellt wurden. Die direkte Verwertung bei den Gemeindestrassen wurde dabei jedoch als vernachlässigbar angenommen (diese Annahme ist plausibel, da das „mixed in place“ – Verfahren nur bei grösseren Sanierungsvorhaben zur Anwendung kommt).

#### b) Verwertung von Ausbausphal (Aufbereiter)

Ein Teil der Aufbereitungswerke in den Kantonen Graubünden, St. Gallen, Thurgau und Zürich werden jährlich durch den ARV (Aushub-, Rückbau- und Recyclingverband der Schweiz) bezüglich Einhaltung der behördlichen Auflagen kontrolliert. Dabei werden auch die Daten zu den Mengen an Asphaltgranulat und Recyclingkiessand, die die Werke pro Jahr absetzten, gesammelt.

*Befragung ARV*

Der Recyclingkiessand wird dabei beim ARV nur als Gesamtmenge, d.h. ohne Aufteilung in RC-A, RC-B und RC-P<sup>4</sup>, erhoben. Gemäss mündlichen Aussagen des ARV kann die Verteilung aber mit etwa je 50% RC-A und RC-B angenommen werden, während der Recyclingkiessand P vernachlässigbar ist. Ausserdem kann angenommen werden, dass RC-A wie in der Richtlinie für mineralische Bauabfälle (Lit. [1]) vorgesehen ca. 20% Ausbauasphalt enthält. Aufgrund dieser Angaben kann aus der Gesamtmenge des Recyclingkiessandes der darin enthaltene Asphaltfluss abgeschätzt werden („AG in RC-A“ gemäss Abbildung 1 =  $0.5 * 0.2 * \text{gesamter RC-Kiessand}$ ).

Diejenigen Werke, die in den Kantonen Graubünden, St. Gallen, Thurgau und Zürich nicht vom ARV besucht werden, werden durch den FSKB (Fachverband der schweizerischen Kies- und Betonindustrie) inspiziert. Beim FSKB werden die jährlichen Mengen des angelieferten Ausbauasphalts und des jährlich verkauften Asphaltgranulats und Recycling Kiessand A separat erhoben. Mit der Annahme, dass RC-A wiederum maximal 20% Ausbauasphalt enthält, kann auch hier der jährliche Asphaltfluss abgeschätzt werden („AG in RC-A“ gemäss Abbildung 1 =  $0.2 * \text{RC-A}$ ).

*Befragung FSKB*

Aus dem oben beschriebenen Anfall (a) und Ausstoss (b) an Asphaltmaterial kann eine Differenz berechnet werden, welche einen Hinweis gibt auf die Lagerveränderung (Zwischenlager bei den Aufbereitern, vgl. Abbildung 1 S. 6) im betrachteten Erhebungszeitraum. Dieses Zwischenresultat ist in der Abbildung 5 (S. 16) ersichtlich.

*Lagerveränderung*

### **c) Einsatz- und Bedarfsabschätzung**

Gemäss den Ausführungen im vorangehenden Abschnitt ist der Ausstoss an recyklierten Asphaltmaterialien aus den Aufbereitungswerken relativ gut bekannt. Die Einsatzgebiete (Strassenbau oder andere Anwendungen) dieser ausgestossenen Asphaltmengen und der jeweilige Bedarf in den verschiedenen Anwendungen (Belag, Foundationen, andere Anwendungen) konnten jedoch anhand der vorhandenen Datengrundlagen (Daten der Kantone, ARV und FSKB) nicht bestimmt werden.

*Unbekannter Einsatz*

<sup>4</sup> RC-A: Recyclingkiessand A aus maximal 20% Ausbauasphalt, maximal 4% Betonabbruch und mindestens 80% Kies-Sand.

RC-B: Recyclingkiessand B aus maximal 4% Ausbauasphalt, maximal 20% Betonabbruch und mindestens 80% Kies-Sand.

RC-P: Recyclingkiessand P: 95% Kiessand, max. 4% Ausbauasphalt oder Betonabbruch, max. 1% Mischabbruch, max. 0.3% Fremdstoffe

Aus diesem Grund wurde der Bedarf für RC-Asphalt anhand von zwei Szenarien abgeschätzt.

*Szenarien-  
betrachtung*

Die Anwendungen, welche zu einem Bedarf an RC-Asphalt in den beiden Szenarien führen, sind im Folgenden aufgelistet:

- Belag bei Sanierungen oder beim Neubau von Strassen
- Foundationsschichten (Kaltmisch- oder Heissmischfundationen sowie ungebundene Fundationen) bei Instandstellungen (Verstärkung bei älteren Strassenbauwerken mit ungenügender Tragfähigkeit) oder beim Neubau von Strassen
- Andere Verwendungen: Plätze und Zufahrtsstrassen im Hochbau, Feld- Waldwege, „diffuse“ Verteilung wie Terrainanpassungen, Hinterfüllungen etc.

Die letzte Anwendung (andere Verwendungen) wird dabei in den weiteren Berechnungen jeweils bilanziert, d.h. der durch die Differenz von Ausstoss und abgeschätztem Bedarf entstehende „Überschuss“ wird dieser Anwendung zugeordnet. Es sei vorweggenommen, dass diese Anwendung aufgrund von Nachforschungen in der Praxis als durchaus real, insbesondere auch bezüglich der berechneten Grössenordnung, betrachtet werden kann.

Die für die Szenarien verwendeten Parameter, welche den Bedarf in den beiden ersten Anwendungen bestimmen, sind in der Abbildung 4 zusammengefasst. Im Folgenden werden die getroffenen Annahmen für diese Parameter erläutert.

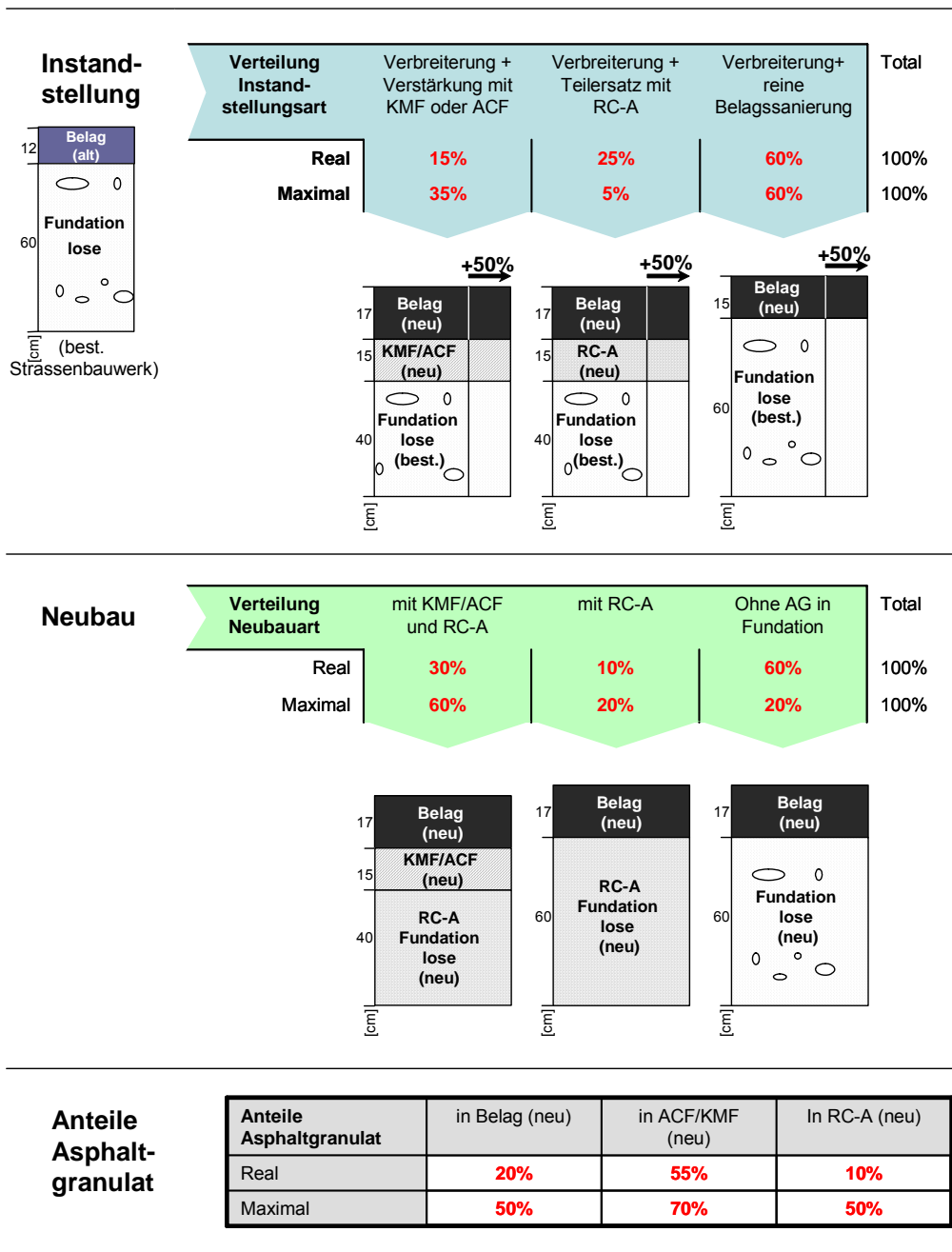
### **Szenario „REAL“**

Das Szenario „real“ stellt einen Versuch dar, die heutigen Einsatzgebiete und deren Bedarf möglichst realistisch darzustellen. Es werden drei verschiedene Instandstellungs- bzw. Neubauarten angenommen, welche zusammengenommen die gesamte Instandstellungs- bzw. Neubautätigkeit darstellen. Als Parameter wird der Anteil einer bestimmten Instandstellungs- bzw. Neubauart an diesem Total gewählt.

*Anteil Instandstellungs-  
bzw. Neubauart*

Die dargestellten Instandstellungsarten gehen von einer gleichzeitigen Verstärkung (von durchschnittlich 12 auf 17 cm) und Verbreiterung (um 50%) der Belagsschichten aus. Zusätzlich wird Asphaltgranulat für Foundationsverstärkungen (KMF oder ACF) oder, bei einem Teilersatz, lose als RC-A verwendet.

*Verstärkung und  
Verbreiterung*



Beim Neubau erfolgt der Einsatz von Asphaltgranulat in gebundenen Fundationen (ACF oder KMF) oder in der losen Fundationschicht im RC-A. Bezogen auf den gesamten Belagsbedarf beträgt der Anteil des Neubaus ca. 10%. Diese Grössenordnung ergab sich aus den Befragungen der Tiefbauämter. Die Berechnung der Asphaltgranulatmengen wurde anhand dieser sehr groben Angabe durchgeführt.

*Neubau*

### Szenario „MAXIMAL“

Mit dem Szenario „*maximal*“ wird versucht, den potenziell möglichen, maximalen Bedarf an Asphaltgranulat auszuloten. Dazu werden insbesondere die Anteile der Sanierungs- bzw. Neubauarten mit Materialien mit grossen RC-Anteilen (ACF / KMF) deutlich erhöht. Zugleich werden die RC-Anteile in den Materialien („Anteile Asphaltgranulat“) auf ein theoretisch erreichbares Mass gehoben:

*Potenzieller Maximalbedarf*

- RC-Anteil von 50% in den Belagsschichten: dieser Anteil ist nach heutigem Normenwerk durch eine Mischrechnung von Deck- Binder- und Tragschichten theoretisch zulässig. Die verfahrenstechnischen Voraussetzungen in den Mischwerken dürften jedoch in der Regel noch nicht gegeben sein.
- RC-Anteil von 70% in den ACF / KMF-Schichten: der angenommene Anteil kann bereits heute erreicht werden (angenommene Mischrechnung: 2/3 ACF mit 60% RC-Anteil, 1/3 KMF mit 90% RC-Anteil).
- RC-Anteil von 50% im RC-A: die angenommene Erhöhung des Asphaltgranulatanteils im RC-A wird mit der geplanten Einführung der neuen EN-Norm „Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für Ingenieur- und Strassenbau“ (EN 13242:2002, Entwurf vom März 2006) grundsätzlich möglich (gemäss Norm sind sogar höhere Anteile möglich).

Mit diesen Parametern und einigen ergänzenden Angaben kann das Bedarfspotenzial für die beiden Szenarien berechnet werden. Die Berechnung ist im Anhang 3 detailliert dokumentiert.

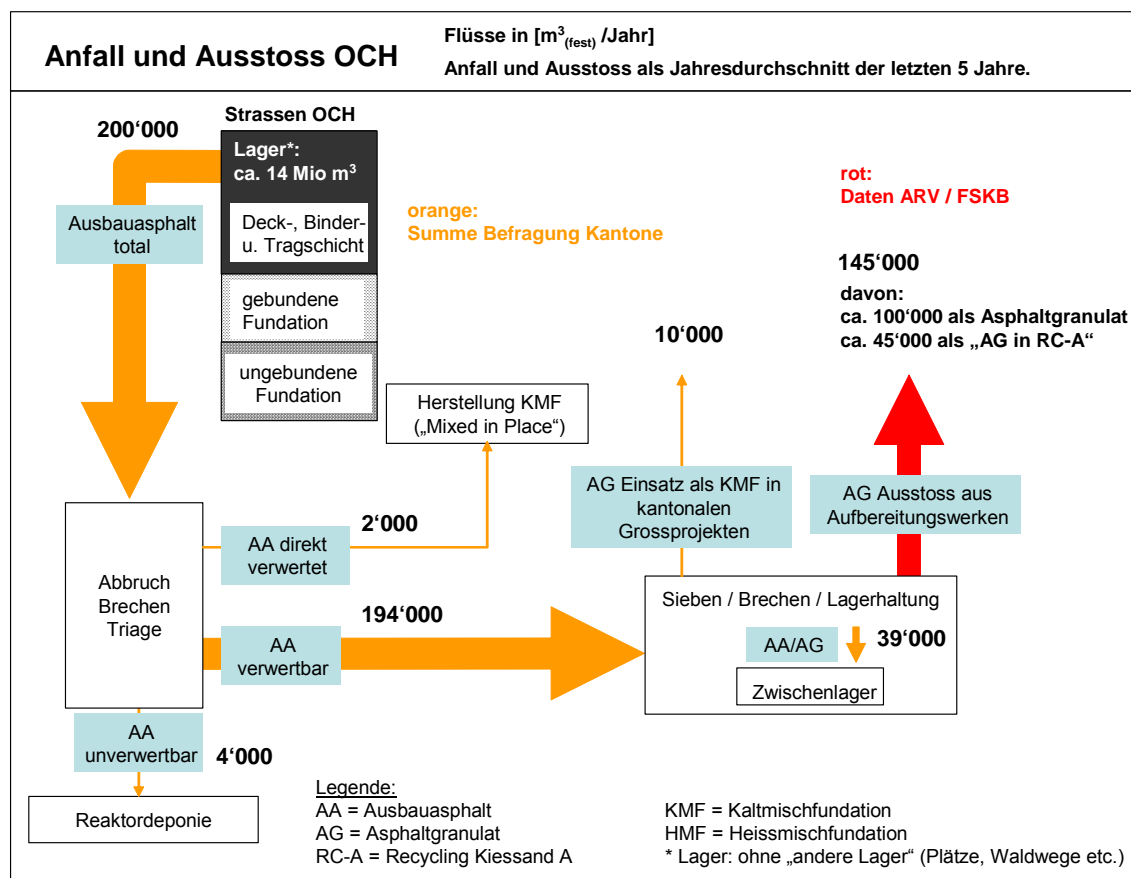
### 2.3.2. Resultate Anfall und Verwertung

Die im Folgenden dargestellten Resultate zum Anfall und zum Ausstoss beruhen wie bereits erläutert im Wesentlichen auf aktuellen Umfragen bei den kantonalen Ämtern sowie bei den Recyclingverbänden (ARV und FSKB). Dabei wurden die Daten in der

*Durchschnitt der letzten 5 Jahre*

Regel über mehrere Jahre erhoben. Die dargestellten Resultate stellen den Durchschnitt der letzten ca. 5 Jahre dar.

Eine Zusammenfassung der kantonalen Angaben und die Berechnung der Gesamtflüsse der Ostschweiz befindet sich in Anhang 2. In der Abbildung 5 sind diese Resultate (Summe des Anfalls und des Ausstosses aller Kantone der Ostschweiz) dargestellt.



**Abbildung 5:** Aufteilung des jährlich anfallenden Ausbauasphalts in der Ostschweiz (Strassen OCH: National-, Kantons-, Gemeindestrassen). Die jährliche Ausbaurate (= Materialentnahme durch Ausbauasphalt prozentual zum Lager) liegt zwischen 1 und 2%.

Von insgesamt rund 200'000 m<sup>3</sup> anfallendem Ausbauasphalt wird nur ein kleiner Teil (4'000 m<sup>3</sup> oder rund 2%) nicht verwertet und einer Reaktordeponie zugeführt. Ca. 1% (2'000 m<sup>3</sup>) werden direkt vor Ort, als Kaltmischfundation wieder eingesetzt („Mixed in Place – Verfahren“). Die restlichen 97% (194'000 m<sup>3</sup>) des Ausbauasphalts werden wiederverwertet oder zwischengelagert. Der Anfall von rund 200'000 m<sup>3</sup> entspricht, bezogen auf das gesamte in den

Anfall und erste Triage



Strassen der Ostschweiz vorhandenen Lager (ca. 14 Mio. m<sup>3</sup>), einem Anteil von 1.4%.

Einige, vor allem grössere Kantone betreiben bei Grossprojekten (z.B. Nationalstrasseninstandstellung) oftmals eine eigene, projektspezifische Materialbewirtschaftung. Im Rahmen dieser Projekte werden pro Jahr rund 10'000 m<sup>3</sup> des verwertbaren Ausbauasphalts in Kaltmischfundationen wieder eingesetzt.

*Kantonale Grossprojekte*

Der Rest des verwertbaren Ausbauasphalts wird in den Aufbereitungswerken zu Asphaltgranulat verarbeitet. Gemäss den Angaben des ARV und FSKB beträgt der jährliche Ausstoss an Asphaltgranulat bei den Aufbereitern rund 145'000 m<sup>3</sup>. Dieser Ausstoss erfolgt zu ca. 70% in Form von Asphaltgranulat (ca. 100'000 m<sup>3</sup>) und zu ca. 30% in Form von Recyclingkiessand A (ca. 45'000 m<sup>3</sup>).

*Ausstoss Aufbereiter*

Aus der Differenz von Input (194'000 m<sup>3</sup> Ausbauasphalt) und Output (10'000 m<sup>3</sup> Grossprojekte KMF + 145'000 m<sup>3</sup> Ausstoss Aufbereiter) kann ein Lagerzuwachs berechnet werden. Dieser beträgt ca. 20% des Inputs an verwertbarem Ausbauasphalt (rund 39'000 m<sup>3</sup>).

*Lagerzuwachs*

### Datenunsicherheiten und Plausibilitäten

Die Menge und Vollständigkeit der von den Kantonen zur Verfügung gestellten Daten variiert von Kanton zu Kanton stark. Gewisse Kantone konnten nur spärliche oder ungenaue Angaben machen. Bei den mengenmässig wichtigsten Kantonen Zürich, Graubünden, St. Gallen und Thurgau können die Angaben jedoch als relativ genau und vollständig angenommen werden. Der erhobene Anfall an Ausbauasphalt dürfte in der Gesamtbetrachtung der Ostschweiz somit eine relativ gute Übereinstimmung mit der Wirklichkeit aufweisen. Jedoch ist zu beachten, dass der in Abbildung 5 dargestellte, gesamte Anfall auch einen geschätzten Anteil aus den Gemeindestrassen enthält (rund die Hälfte von total 200'000 m<sup>3</sup>), welcher nur eine grobe Abschätzung darstellt.

*Datenlage Anfall*

Der gesamte dargestellte Anfall an Ausbauasphalt der letzten 5 Jahre entspricht einem Anteil von 1.4% des Strassenlagers. Umgerechnet ergibt dies eine durchschnittliche Lebensdauer der Strassenbeläge von ca. 70 Jahren. Dieser Wert scheint in Bezug z.B. auf den Nationalstrassenbau als zu hoch, da hier eine Lebensdauer von 25 – 30 Jahren (entsprechend einem durchschnittlichen jährlichen Anfall von 3 - 4% des Lagers) realistischer erscheint. Da der Anteil der Nationalstrassen am Gesamtlager aber nur ca. 10% beträgt und die Lebensdauer des restlichen Lagers (Kantons- und Gemeindestrassen) grösser ist, wird dieser Widerspruch teilweise relativiert. Trotzdem dürfte der festgestellte Anfall

*Plausibilitätsüberlegung zum Anfall*

an Ausbausphalt von rund 200'000 m<sup>3</sup> pro Jahr wohl eher im unteren Bereich der tatsächlichen Bandbreite liegen.

Der ARV und der FSKB inspizieren zusammen ca. 90% der Anzahl Werke in den für den Materialfluss der Ostschweiz bedeutenden Kantonen (GR, TG, SG, ZH). Die Werke aus der Mischgutindustrie, welche den Ausbausphalt zum Teil direkt annehmen und in ihren Produkten verwerten, sind dabei ebenfalls in den erhobenen Zahlen enthalten<sup>5</sup>. Bei den restlichen 10% der nicht erhobenen Werke handelt es sich um kleine Werke, deren gesamter Materialumsatz im Vergleich zu den grossen Werken vernachlässigt werden kann (<< 10%). Die Summe der beim ARV und FSKB berechneten Asphaltflüsse stellt somit den vollständigen Asphaltausstoss der genannten Kantone dar.

*Datenlage Ausstoss*

Bei den anderen Kantonen, welche nicht oder nur unvollständig durch die zwei Verbände abgedeckt werden, konnten bei den kantonalen Umweltämtern ergänzende Daten erhoben werden. Insgesamt kann die Datengrundlage für den Ausstoss an Ausbausphalt aus den Aufbereitungswerken somit als vollständig betrachtet werden.

Bei der angegebenen Lagerveränderung (Mittelwert 39'000 m<sup>3</sup> (fest) pro Jahr) handelt es sich um eine berechnete Differenz aus zwei grossen Zahlen (Anfall und Ausstoss). Obwohl für diese beiden grossen Zahlen die Datenlage als relativ gut betrachtet werden kann (s. obige Ausführungen) ergibt sich durch die Fehlerfortpflanzung<sup>6</sup> bei der Differenz eine grosse Unsicherheit. Das Vertrauensintervall liegt hier bei über 60%. Damit ist der Lagerzuwachs zwar eindeutig belegt<sup>7</sup>, die Bandbreite ist aber sehr gross (der effektive Wert liegt zwischen ca. 15'000 und 65'000 m<sup>3</sup> (fest) pro Jahr).

*Grosse Unsicherheit beim Lagerzuwachs*

<sup>5</sup> Um allfälligen Missverständnissen vorzubeugen sei dazu noch erwähnt, dass die Situation in anderen Kantonen anders sein kann. Bspw. im Kanton AG, wo die von ARV und FSKB erhobenen Mengen offenbar nur einen Bruchteil des gesamten Umsatzes ausmachen.

<sup>6</sup> Für die Ausgangswerte und die bilanzierten Materialflüsse wurde eine grobe Berechnung der Fehlerfortpflanzung nach Gauss vorgenommen (vgl. dazu Anhang 2). Die Vertrauensintervalle der in Abbildung 5 dargestellten Flüsse ist dort ersichtlich.

<sup>7</sup> Die in der Praxis feststellbaren, anwachsenden Hügel bei den Aufbereitern decken sich mit diesem Befund.

### 2.3.3. Resultate Einsatz von Ausbauasphalt (Bedarf)

Aufgrund der Angaben der Kantone und der Fachverbände ARV und FSKB sind der Anfall an Ausbauasphalt, die ersten Triage-schritte und der Ausstoss an Asphaltgranulat aus den Aufbereitungsanlagen somit mit relativ guter Genauigkeit quantifiziert. Der Einsatz des Asphaltgranulats liegt jedoch ausserhalb der Kenntnisse der oben genannten Datenlieferanten.

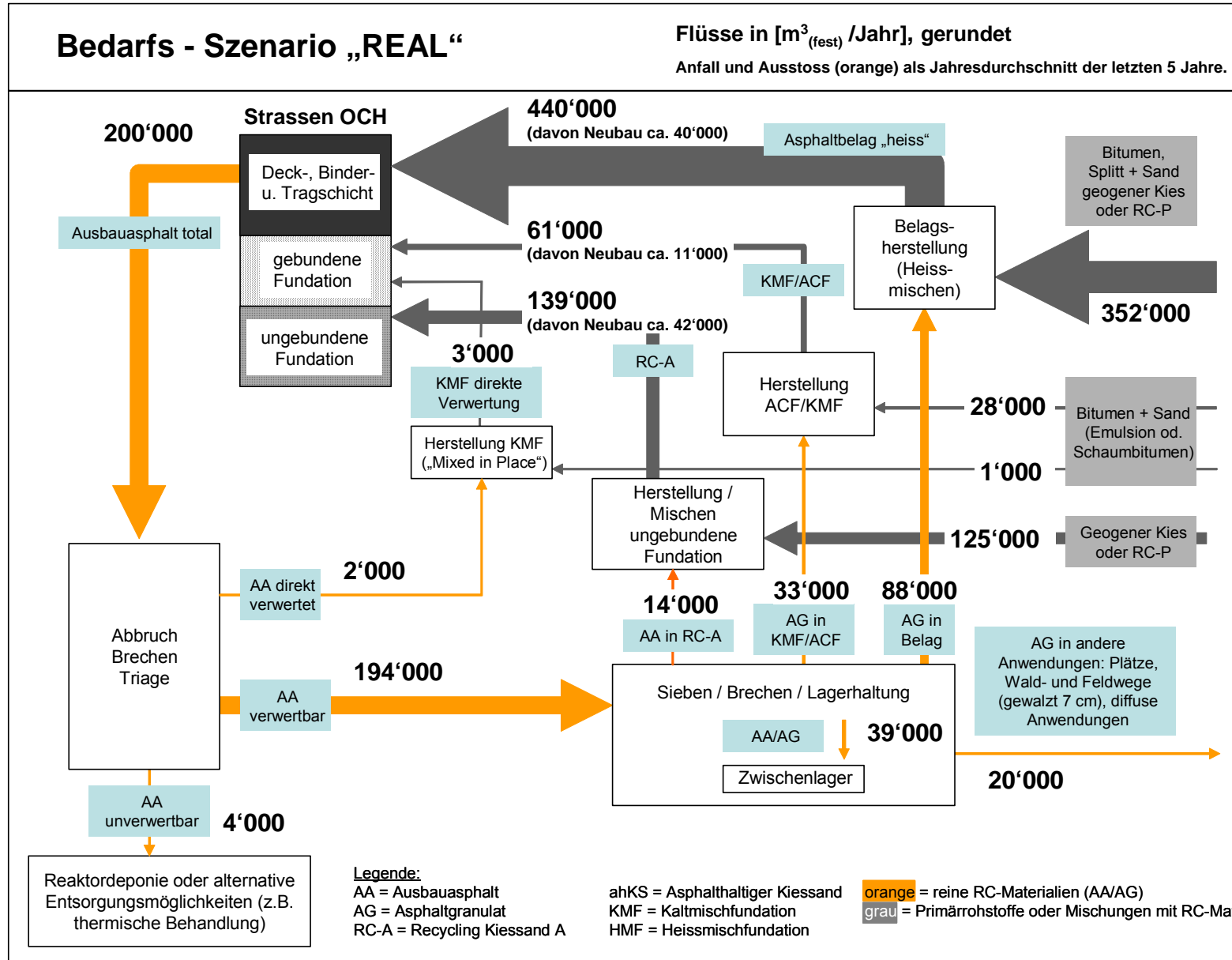
Der Einsatz des hergestellten Asphaltgranulats wurde deshalb anhand zweier Bedarfsszenarien abgeschätzt (vgl. dazu Kap. 2.3.1, Abbildung 4; Berechnung vgl. Anhang 3). Die Resultate dieser Abschätzungen sind auf den folgenden Seiten (Abbildung 6 und Abbildung 7) dargestellt.

Gemäss dem Szenario „REAL“ (Abbildung 6) liegt der heutige, als realistisch angenommene Bedarf an recyceltem Asphaltgranulat im Strassenbau (Summe aus AG in Belag, KMF/ACF und RC-A = ca. 137'000 m<sup>3</sup>) bei ca- 70% des insgesamt anfallenden, verwertbaren Ausbauasphalts (194'000 m<sup>3</sup>). Ca. 20'000 m<sup>3</sup> (~ 10% des Ausbauasphalt - Anfalls) werden in Form von RC-A oder Asphaltgranulat in andere Anwendungen wie Plätze und Zufahrten (privater Tiefbau) oder Feld- und Waldwege transferiert. Es muss angenommen werden, dass ein gewisser Anteil dieses Asphaltflusses auch „diffus“, z.B. für Terrainanpassungen und somit nicht nach den Bestimmungen der Richtlinie (minRL Lit. [1]) verwertet wird. Wie bereits im vorangehenden Kapitel festgestellt, resultierte innerhalb des Erfassungszeitraums ausserdem ein Lagerzuwachs von rund 39'000 m<sup>3</sup> (~ 20% des Ausbauasphalt - Anfalls). Der gesamte Überschuss beträgt somit rund 60'000 m<sup>3</sup> (fest) oder ca. 30% des Ausbauasphalt – Anfalls.

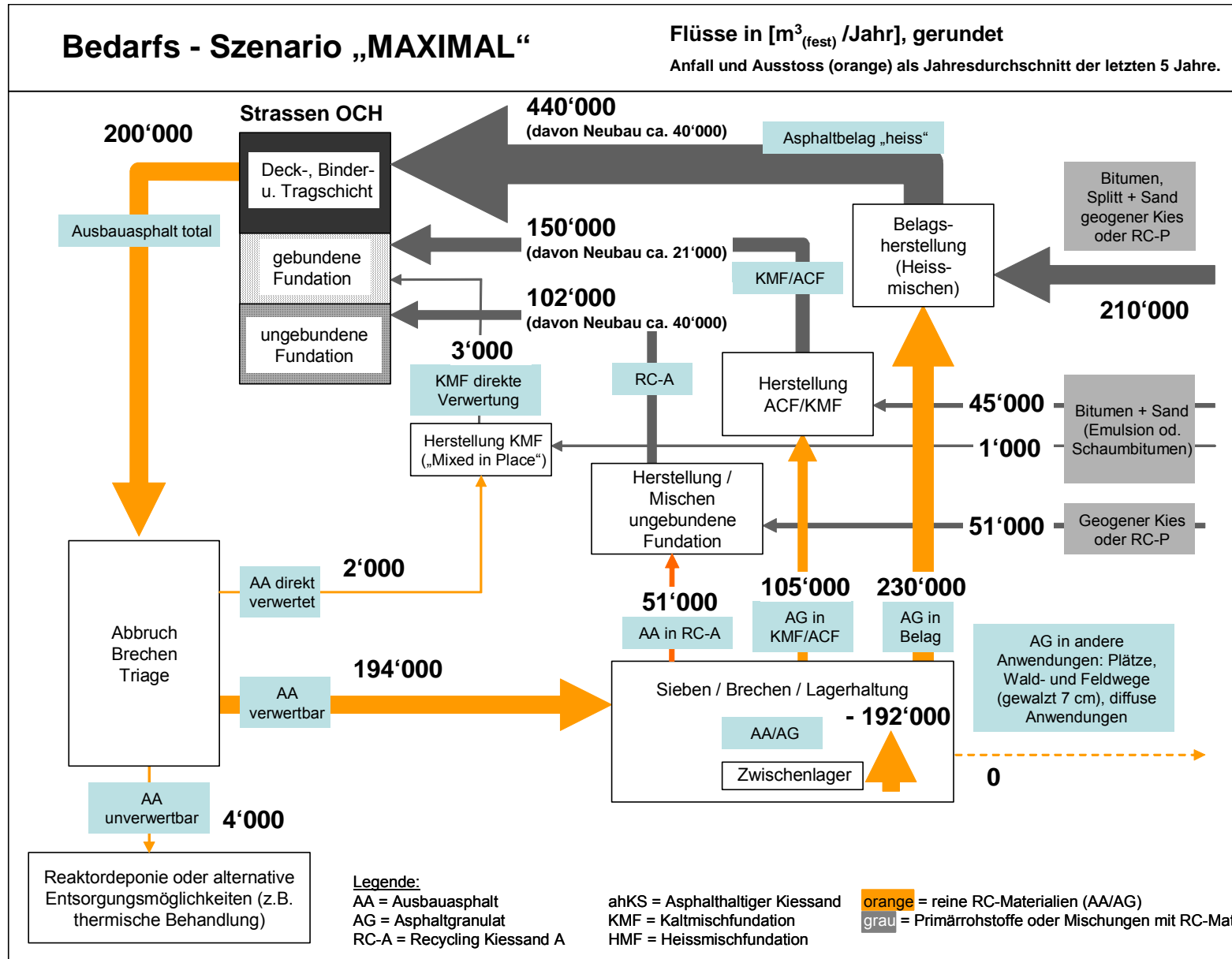
*Bedarfs- Szenario  
„REAL“*

Im Szenario „MAXIMAL“ wird der Bedarf an Asphaltgranulat im Strassenbau sowohl hinsichtlich der gewählten Sanierungs- und Neubauarten (mehr Verstärkungen mit KMF/ACF, Steigerung der Verwendung von RC-A) sowie hinsichtlich der Recyclinganteile in den eingesetzten Baumaterialien (höherer Anteil vor allem in der Belagsherstellung und im RC-A) als sehr stark erhöht angenommen (vgl. Parameter gemäss Abbildung 4). Mit diesen maximalen Steigerungsmassnahmen würde der Bedarf im Strassenbau die Menge des anfallenden Ausbauasphalts deutlich übersteigen (Lagerabbau um 192'000 m<sup>3</sup>/Jahr) Dies bedeutet dass der Bedarf rund doppelt so hoch wäre wie der Anfall. Für die Verwendung in „andere Anwendungen“ wäre dann kein Material mehr vorhanden (vgl. Abbildung 7).

*Bedarfs - Szenario  
„MAXIMAL“*



**Abbildung 6:** Asphaltflüsse der gesamten Ostschweiz; Bedarfs-Szenario „REAL“



**Abbildung 7:** Asphaltflüsse der gesamten Ostschweiz; Bedarfs-Szenario „MAXIMAL“

## Plausibilitätsüberlegungen und Systemverständnis

Die für das Szenario REAL gewählten Parameter (Abbildung 4) wurden von den Verfassern in einem iterativen Vorgehen festgelegt um ein möglichst plausibles Endresultat zu erhalten. Als wichtige Zielgrösse wurde dabei der gesamte Ausstoss an Asphalt aus der Mischgutindustrie herbeigezogen<sup>8</sup>. Dazu mussten die Annahmen zu den Belagsverstärkungen bei Instandstellungen (15 cm) sowie die durchschnittlichen Verbreiterungen (um 50 %) relativ hoch angesetzt werden, andernfalls ergibt sich im Berechnungsmodell ein deutlich geringerer Ausstoss als in der Realität.

*Bedarfsabschätzung Szenario REAL*

Dieses Vorgehen birgt natürlich gewisse Unsicherheiten. Ungeklärt ist bspw. der Anteil des Mischgutausstosses, welcher gar nicht im öffentlichen Strassenbau sondern z.B. im privaten Tiefbau (asphaltierte Plätze und Zufahrten) verwendet wird. Eine Verbrauchsanalyse beim Mischgutausstoss könnte hier allenfalls eine gewisse Klärung herbeiführen. Wenn sich dabei der Bedarf im privaten Tiefbau als sehr gross herausstellen würde, müssten die gewählten Parameter bei den Strassensanierungen (Verstärkungen, Verbreiterungen) wieder nach unten korrigiert werden, um ein mit der Realität übereinstimmendes Modellresultat zu erhalten.

*Unsicherheiten beim Mischgutverbrauch*

Als Folge davon würde der Materialfluss in die anderen Anwendungen („AG in andere Anwendungen“, 20'000 m<sup>3</sup> (fest) pro Jahr gemäss Szenario REAL), in der Berechnung wieder zunehmen, da der Bedarf im Strassenbau abnimmt. Generell besteht für diesen berechneten Materialfluss eine relativ grosse Unsicherheit, da er aus einer Differenz bestimmt wird (Stichwort Fehlerfortpflanzung, vgl. Lagerzuwachs im Kapitel 2.3.2). Da die Unsicherheiten wie gesagt aber eher in Richtung einer Erhöhung dieses Flusses weisen, darf dessen Existenz als gesichert gelten<sup>9</sup>.

*Unsicherheit „andere Anwendungen“*

Zusammenfassend wird aus diesen Erwägungen ersichtlich, dass das Szenario REAL als grobe Modellvorstellung betrachtet werden muss, welche dazu dient, die Grössenordnung der verschiedenen Materialflüsse approximativ zu bestimmen. Der eigentliche Wert der Modellierung besteht also nicht darin, die Wirklichkeit möglichst genau abzubilden, sondern ein Verständnis für die verschie-

*Modellierung & Systemverständnis*

<sup>8</sup> Ca. 450'000 bis 550'000 m<sup>3</sup> (fest) für OCH gemäss SMI. Die Gesamtmenge im Szenario REAL beträgt rund 500'000 m<sup>3</sup> (fest) (440'000 m<sup>3</sup> für „Asphaltbelag heiss“ + 61'000 m<sup>3</sup> für „ACF/KMF“).

<sup>9</sup> Dies belegen auch unabhängige Betrachtungen (Massenbilanzierung der Firma Ammann; Marktleader in der Herstellung von Asphalt-Anlagen), welche zum Schluss kommen, dass das Recyclinggut Asphaltgranulat nicht nur in Strassensanierungs- und Neubauprojekten eingesetzt wird sondern zu einem beachtlichen Anteil an Industrie, Forstwirtschaft und Private abgegeben wird.

nenen Einflussgrößen (Verstärkungen, Verbreiterungen, RC-Anteile, gewählte Sanierungs- bzw. Neubauarten), welche den Bedarf an Asphaltgranulat bestimmen, zu erhalten (= Systemverständnis). In diesem Sinne wird im nächsten Abschnitt 2.3.4 eine Sensitivitätsanalyse der Parameter, welche zur Steigerung des Bedarfs im Szenario MAXIMAL führen, durchgeführt.

### 2.3.4. Sensitivitätsanalyse der Bedarfssteigerung

In der folgenden Tabelle 1 wird der zwischen den beiden Szenarien resultierende Zusatzbedarf detailliert aufgeschlüsselt. Daraus können anschliessend die wichtigsten Einflussfaktoren, welche zur Bedarfssteigerung geführt haben, abgeleitet werden (Sensitivitätsanalyse):

SZENARIO	Material-ersatz** [m <sup>3</sup> fest]	Verstärkung / Verbreiterung [m <sup>3</sup> fest]	Neubau [m <sup>3</sup> fest]	Total [m <sup>3</sup> fest]
<b>REAL</b>				
AG in Belag	41'000	39'000	8'000	88'000
AG in HMF/KMF*	0	29'000	6'000	35'000
AG in RC-A	0	10'000	4'000	14'000
<b>Total</b>	<b>41'000</b>	<b>78'000</b>	<b>18'000</b>	<b>137'000</b>
<b>MAXIMAL</b>				
AG in Belag	106'000	104'000	20'000	230'000
AG in HMF/KMF*	0	92'000	15'000	107'000
AG in RC-A	0	9'000	42'000	51'000
<b>Total</b>	<b>106'000</b>	<b>205'000</b>	<b>77'000</b>	<b>388'000</b>

\* inkl. direkte Verwertung ("Mixed in place" - Verfahren)

\*\* Materialersatz: infolge Ausbau (von Belag oder Foundation) bei der Sanierung notwendiger Materialersatz durch gleiches Material

\*\* durch Verbreiterung oder Verstärkung (Erhöhung Schichtdicke, Ersatz durch gebundene Foundationen) resultierender Zuwachs des Gesamtvolumens

-> hellgrün hinterlegt: langfristig verfügbare Bedarfssteigerung durch Erhöhung der RC-Anteile

-> gelb hinterlegt: nur teilweise langfristig verfügbare Bedarfssteigerung durch Erhöhung der RC-Anteile

**Tabelle 1:** Analyse des Zusatzbedarfs an Asphaltgranulat im Bedarfs-Szenario „MAXIMAL“ gegenüber dem Bedarfs-Szenario „REAL“. Hellgrün hinterlegt sind die Bedarfssteigerungen, welche auch langfristig wirksam sind. Nur teilweise längerfristig wirksam sind die Bedarfssteigerungen für Verbreiterungen und Verstärkungen (gelb hinterlegt, vgl. dazu nächstes Unterkapitel „Zukünftige Asphaltflüsse“).



Die grösste Steigerung des Bedarfs ergibt sich aus der Erhöhung des Recyclinganteils in der Belagsherstellung („AG in Belag“) von real ca. 20% auf 50% im Szenario „MAXIMAL“ (von 88'000 auf 230'000 = plus 142'000 m<sup>3</sup>). Aufgrund der heute gültigen, die Belagsherstellung betreffenden Normen, ist diese Steigerung des RC-Anteils in den Belagsschichten grundsätzlich möglich. Es muss jedoch festgehalten werden, dass solch hohe Anteile flächendeckend noch nicht möglich sind (Verfügbarkeit entsprechender Aufbereitungsanlagen, Marktnachfrage, KnowHow)

*Erhöhung Recycling – Anteil in der Belagsherstellung*

Die zweitgrösste Bedarfssteigerung ergibt sich durch den Einsatz von KMF oder ACF (plus 72'000 m<sup>3</sup>). Der Zusatzbedarf ergibt sich hier nur teilweise aus der Zunahme des RC-Anteils (von durchschnittlich 55% „REAL“ auf 70% „MAXIMAL“). Zu einem grösseren Anteil ist er auf die vermehrte Verwendung der gebundenen Foundationen bei der gesamten Instandstellungs- bzw. Neubautätigkeit zurückzuführen (von 15 auf 35% bei Instandstellungen bzw. von 30 auf 60% bei den Neubauten, vgl. dazu Parameter, Abbildung 4).

*Verstärkung KMF/ACF*

Durch den Einsatz von RC-A in den losen Foundationsschichten entsteht ebenfalls ein Zusatzbedarf (plus 37'000 m<sup>3</sup>). Im Gegensatz zu den obigen Anwendungen ist beim RC-A der Neubau von grösserer Bedeutung, da hier relativ grosse Gesamtkubaturen anfallen (angenommene Schichtdicken der losen Foundationsschichten mit RC-A = 60 cm, vgl. Abbildung 4). Die Bedarfssteigerung durch RC-A bei den Neubauten ergibt sich insbesondere durch die angenommene Erhöhung des Asphaltgranulat-Anteils von real 10% auf 50%.

*RC-A führt vor allem bei Neubauten zu Bedarfssteigerung*

### 2.3.5. Zukünftige Asphaltflüsse (langfristige Szenarien)

Die Befragung der Kantone bezüglich des zukünftigen Anfalls an Asphaltgranulat ergab, dass hier für die Zukunft keine wesentliche Änderung gegenüber dem Anfall der letzten 5 Jahre erwartet wird. Die Strassenplanung der Kantone sieht vielfach eine jährliche Streckenlänge vor, welche saniert werden und im Mittel über die nächsten ca. 10 Jahre ungefähr gleich bleiben soll.

*Anfall*

Der Bedarf für Asphaltgranulat ist stark mit der Entwicklung des Anfalls korreliert (mehr Instandstellungen führen zu einem erhöhten Anfall aber auch zu einem erhöhten Bedarf). In Bezug auf die Überschüsse muss bei den folgenden Anwendungen

*Bedarf und Überschüsse*

- Belagsverstärkungen und –verbreiterungen,
- Verstärkungen mit ACF/KMF und
- Teilersatz mit RC-A



jedoch beachtet werden, dass diese nur von Belang sind solange noch ältere, bisher nicht diesen Unterhaltmassnahmen unterworfenen Strassenabschnitte vorhanden sind. Mittel- bis langfristig werden diese Anwendungen somit stark abnehmen. Der gemäss Tabelle 1 berechnete Bedarf wird dadurch reduziert und die Überschüsse nehmen entsprechend zu.

Im Gegensatz zu den oben aufgeführten Anwendungen sind jedoch

- die Erhöhung des Recycling-Anteils in der Belagsherstellung und im RC-A sowie
- generell auch die Neubautätigkeit

langfristig bestehende Anwendungen, welche somit immer einen entsprechenden Bedarf für den Einsatz von Asphaltgranulat generieren. Diese Anwendungen wurden in der Tabelle 1 hellgrün hinterlegt.

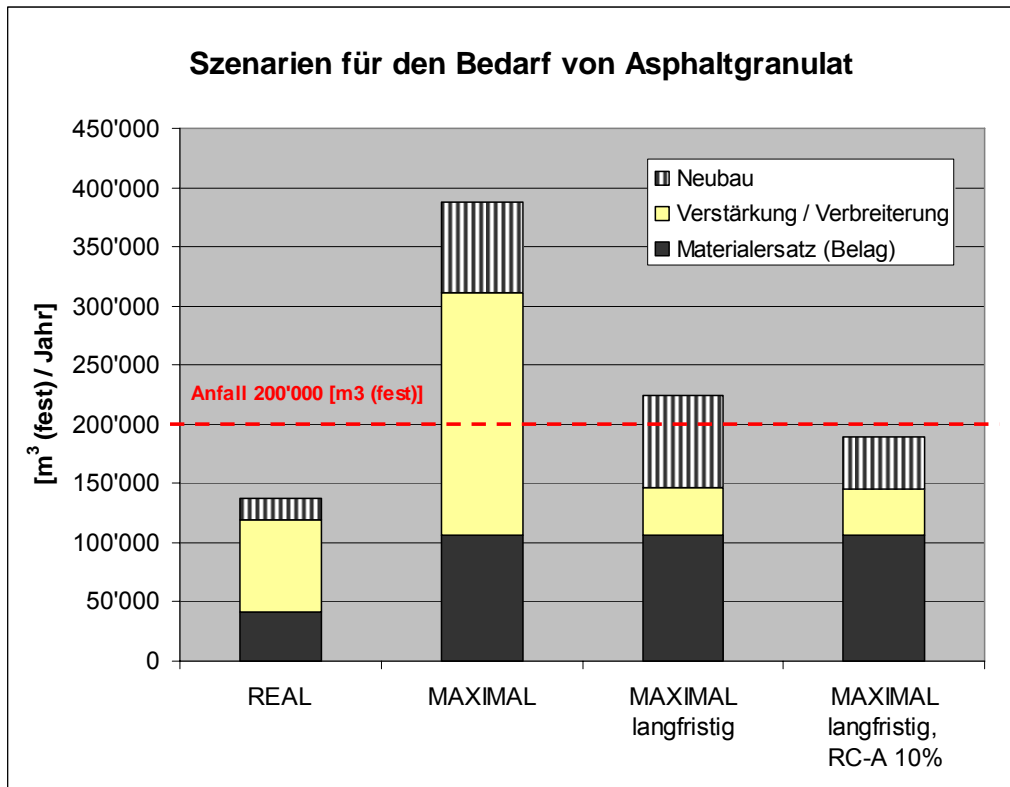
Basierend auf diesen Überlegungen kann nun zusätzlich das Szenario „MAXIMAL langfristig“ dargestellt werden. Dabei wird angenommen, dass vom Bedarf für Verbreiterungen und Verstärkungen (gelb hinterlegter Bedarf gemäss Tabelle 1) langfristig nur 20% bestehen bleibt. Der restliche Bedarf des Szenarios MAXIMAL (hellgrün hinterlegt) bleibt hingegen langfristig bestehen.

*Szenario „MAXIMAL langfristig“*

Ein weiteres Szenario lässt sich ableiten, wenn die durch die Erhöhung des RC-Anteils im RC-A von 10% auf 50% erreichte Bedarfssteigerung weggelassen wird. Diese Bedarfssteigerung, welche zwar gemäss der neuen EN-Normen grundsätzlich zulässig wäre, lässt sich nur durch die verstärkte, aktive Vermischung von Asphaltgranulat mit sauberem Kiesmaterial (geogener Kies oder RC-P) herbeiführen und ist deshalb umstritten. Da wie vorher nur die langfristig wirksamen Anwendungen betrachtet werden, wird das Szenario mit „MAXIMAL langfristig, RC-A 10%“ bezeichnet.

*Szenario mit „MAXIMAL langfristig, RC-A 10%“*

In der folgenden Abbildung ist der Gesamtbedarf der verschiedenen Szenarien grafisch dargestellt (tabellarische Darstellung vgl. Anhang 3).



**Abbildung 8:** Langfristig realisierbare Bedarfssteigerungen (Szenario „MAXIMAL langfristig“ und „MAXIMAL langfristig, RC-A 10%“) gegenüber den bisher dargestellten Bedarfs-Szenarien. Der Bedarf durch Verstärkungen und Verbreiterungen fällt in den längerfristigen Szenarien weg.

Der langfristig verfügbare Bedarf beträgt rund 220'000 m<sup>3</sup> (fest) pro Jahr („MAXIMAL langfristig“) bzw. rund 190'000 m<sup>3</sup> (fest) pro Jahr („MAXIMAL langfristig, RC-A 10%“). Auch in den langfristigen Szenarien entsteht somit kein oder nur ein geringer Überschuss (rund 10'000 m<sup>3</sup> (fest) pro Jahr im Szenario MAXIMAL langfristig, RC-A 10%). Die im Modell angenommenen Steigerungen des Recyclinganteils im Belag (auf 50%) und in den gebundenen Fundationen (auf 70%) dürften somit ausreichen, um auch in Zukunft Überschüsse im Belagsrecycling weitgehend zu vermeiden.

Langfristiger Bedarf

### 2.3.6. Folgerungen

Zusammenfassend können aus der Erhebung und Auswertung der Asphaltflüsse in der Region Ostschweiz untenstehende Folgerungen formuliert werden:

1. Rund 196'000 m<sup>3</sup> pro Jahr oder 98% der in der Ostschweiz anfallenden Menge an Ausbauasphalt werden den Prozessen der Wiederverwertung zugeführt. **Der Bedarf an Recyclingmaterialien im öffentlichen Strassenbau liegt heute unterhalb der verwertbaren Ausbauasphaltmenge.** Der Überschuss beträgt gesamthaft rund 60'000 m<sup>3</sup> oder ca. 30% des verwertbaren Ausbauasphalts. Zurück in den öffentlichen Strassenbau gelangen somit rund 70% des verwertbaren Ausbauasphalts.
2. Ein grosser Teil des Überschusses (ca. 20'000 m<sup>3</sup> oder rund 10% des verwertbaren Ausbauasphalts) wird ausserhalb des öffentlichen Strassenbaus wie Feld- und Waldwegen oder Zufahrtsstrassen und Plätzen, eingesetzt. Aufgrund dieses deutlichen Überschusses muss angenommen werden, dass auch ein Teil des Ausbauasphalts in „**diffusen Anwendungen**“ wie z.B. Hinterfüllungen eingesetzt wird. Diese Verwendungen sind nicht normenkonform.
3. Für rund 20% des verwertbaren Ausbauasphalts findet sich zur Zeit überhaupt keine Verwendung. Diese Menge führt zu einem stetigen **Lagerwachstum** bei den Zwischenlagern der Aufbereiter.
4. Durch **bedarfssteigernde Massnahmen** ist es möglich, die Überproduktion auf dem Asphalt-Recyclingmarkt deutlich zu verringern oder sogar einen Bedarfsüberschuss zu generieren. Die wichtigsten Massnahmen sind die Erhöhung des Asphaltgranulat – Anteils im Belag sowie die vermehrte Realisierung von Oberbauverstärkungen mit ACF oder KMF.
5. Die wichtigste Einflussgrösse für die Bedarfssteigerung ist die **Erhöhung des Asphaltgranulat-Anteils im Belag.** Die Massnahme führt zu einer stabilen Bedarfssteigerung, da der Bedarf so mit dem Anfall an Ausbauasphalt korreliert wird.
6. Um langfristige Überschüsse an Asphaltgranulat zu vermeiden, muss ein **durchschnittlicher RC-Anteil im Belag von mindestens rund 50%** angestrebt werden. Der durchschnittliche RC-Anteil in den gebundenen Fundamenten (ACF/KMF) sollte dabei gleichzeitig rund 70% betragen.

## 2.4. PAK- / Teergehalt im Lager

### 2.4.1. Datenerhebung / Methoden

In der ASTRA Umfrage aus dem Jahr 2000 wurden zusätzlich zur Erhebung der gesamten Asphaltkubaturen die PAK-Konzentrationen der Asphaltflächen in den Kantonen erhoben. Einige Kantone konnten allerdings zu den Asphaltqualitäten keine oder nur unvollständige Angaben machen. Dabei handelt es sich wieder um die kleineren Kantone, die bei einer Gesamtbetrachtung des Ostschweizerischen Strassenlagers nicht ins Gewicht fallen. Die Erhebungsergebnisse der ASTRA-Umfrage sind in Anhang 4 dargestellt.

*ASTRA Umfrage  
aus dem Jahr 2000*

In der ASTRA-Umfrage wurde die Erhebung der PAK-Konzentration nur nach den 3 gängigen Belastungsklassen (< 5'000 ppm, 5 – 20'000 ppm und > 20'000 ppm) vorgenommen. Um eine grobe Vorstellung der absoluten PAK-Mengen in den Strassen zu erhalten, wurden die Asphaltlager mit einem durchschnittlichen Konzentrationswert jeder Belastungsklasse multipliziert. Folgende durchschnittliche Konzentrationen wurden angewendet:

*Abschätzung PAK-  
Lager*

Belastungsklasse	Angenommener, durchschnittlicher Konzentrationswert
[ppm]	[ppm]
< 5'000	2'500
5 – 20'000	12'500
> 20'000	40'000

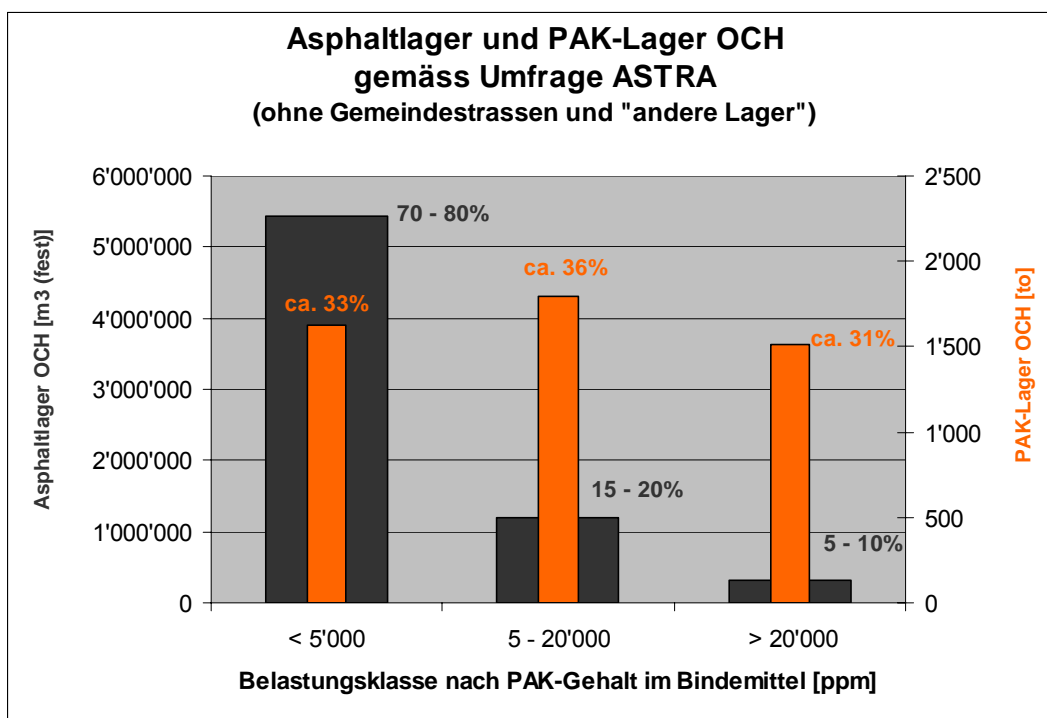
**Tabelle 2:** Annahme für den durchschnittlichen Konzentrationswert einer Belastungsklasse

Bei der Befragung der Tiefbauämter wurde nochmals auf die PAK-Konzentrationen eingegangen. Grundsätzlich konnten dabei keine oder nur spärliche Ergänzungen zur ASTRA-Umfrage in Erfahrung gebracht werden. Die systematische Erhebung oder gar Kartasterisierung der PAK – belasteten Strassenbeläge ist bei keinem der angefragten Kantone ein Thema.

*Interviews TBA*

**2.4.2. Resultate**

In der folgenden Abbildung 9 ist die Verteilung des Asphaltlagers sowie des PAK-Lagers der Ostschweiz dargestellt. Es ist zu beachten, dass in der ASTRA-Umfrage vorwiegend Daten der Kantons- und Nationalstrassen enthalten sind. Die Lager der Gemeindestrassen und der „anderen Lager“ (vgl. dazu Kap. 2.2) sind somit nicht enthalten.



**Abbildung 9:** Verteilung des Asphaltlagers OCH (ohne Gemeindestrassen und „andere Lager“) und des PAK-Lagers OCH in Bezug auf die 3 verschiedenen PAK-Belastungsklassen.

Gemäss den Umfrageresultaten weist der weitaus grösste Teil des Asphaltlagers (70 bis 80%) eine PAK-Belastung (PAK-Gehalt im Bindemittel) von < 5'000 ppm auf. Rund 15 bis 20% des Asphaltlagers können der Belastungsklasse 5 - 20'000 ppm PAK zugeordnet werden. Der Anteil der hochbelasteten Asphaltbeläge (> 20'000 ppm PAK im Bindemittel) ist mit rund 5 bis 10% relativ klein.

Verteilung Asphaltlager gemäss Umfrage 2000

Die überschlagsmässig berechnete Verteilung des PAK-Lagers ergibt einen Anteil von rund 1/3 je Belastungsklasse. Anders ausgedrückt sind somit in den nur 5-10% der hochbelasteten Asphaltbeläge rund 1/3 des gesamten PAK-Lagers enthalten.

Verteilung PAK-Lager

### Unsicherheiten und Plausibilität

Die Umfrageresultate weisen eine hohe Unsicherheit auf. Insbesondere hat z.B. der Kanton SG bei der Umfrage 2000 nur die Belastungsklasse  $< 5'000$  ppm angegeben (vgl. Anhang 4). Aufgrund anders lautender Aussagen im Rahmen der aktuell durchgeführten Befragungen wurde aber klar, dass auch in St. Gallen zum Teil grössere Mengen an höher belasteten Belägen vorhanden sind. Der Anteil der höher belasteten Beläge liegt somit mit Sicherheit höher als dies die Umfrageresultate 2000 vorgeben.

Für die einzelnen Belastungsklassen wurden aufgrund dieser Unsicherheiten nur Bandbreiten angegeben. Diese decken die tatsächlichen Werte aber mit hoher Wahrscheinlichkeit ab.

*Bandbreiten*

### 2.4.3. Folgerungen

Durch die gemäss den gängigen Normen geforderte Entsorgung der hochbelasteten PAK - Beläge ( $> 20'000$  ppm im Bindemittel) wird ein grosser Teil des im Asphalt enthaltenen PAK-Lagers effizient aus dem Kreislauf entfernt (ca.  $1/3$  der PAK-Menge durch Entsorgen von nur ca. 5-10% des Ausbauasphalts). Das Festhalten an diesem Grenzwert ist deshalb sinnvoll.

*Sinnvoller Grenzwert*

Im Kapitel 2.3.2 konnte ein Fluss an unverwertbaren Ausbauasphalt festgestellt werden, der ca. 2% des gesamten Ausbauasphaltflusses beträgt (Zuführung in Reaktordeponie). Dieser Anteil ist deutlich geringer als derjenige der hochbelasteten Beläge (Asphaltlager) von 5-10%. Aufgrund dieser Differenz darf gemutmasst werden, dass auch ein gewisser Teil der hochbelasteten Asphaltbeläge den Weg in die Wiederverwertung findet. Die Gründe dafür dürften ökonomischer Art sein (hohe Entsorgungskosten für die Reaktordeponie, keine systematische Voruntersuchungen).

*Differenz zwischen unverwertbarem und hochbelastetem Ausbauasphalt*

## 2.5. PAK - / Teerflüsse

### 2.5.1. Datenerhebung / Methoden

Um ein besseres Verständnis der Teer- bzw. PAK - Flüsse im System des Asphaltrecyclings zu erhalten, wurden zunächst die historischen Ereignisse zu diesem Thema betrachtet. In der Studie „Umweltgerechtes Recycling von teerhaltigen Belägen“ (vgl. Lit. [5]) sind die bekannten Fakten dazu dargestellt. Für die vorliegenden Betrachtungen wurden daraus folgende Angaben übernommen:

*Historische  
Ereignisse*

Bindemittel	Durchschnittliche PAK-Gehalte (EPA-PAK) [ppm]
Bitumen	25
Teer	100'000 - 300'000
Teerbitumen mit 10% Teer	15'000

**Tabelle 3:** PAK-Gehalte im Bindemittel (aus Lit. [5], S. 19).

Für die nachfolgenden Berechnungen wurde für den PAK-Gehalt des Teers jeweils der Mittelwert von 200'000 ppm verwendet.

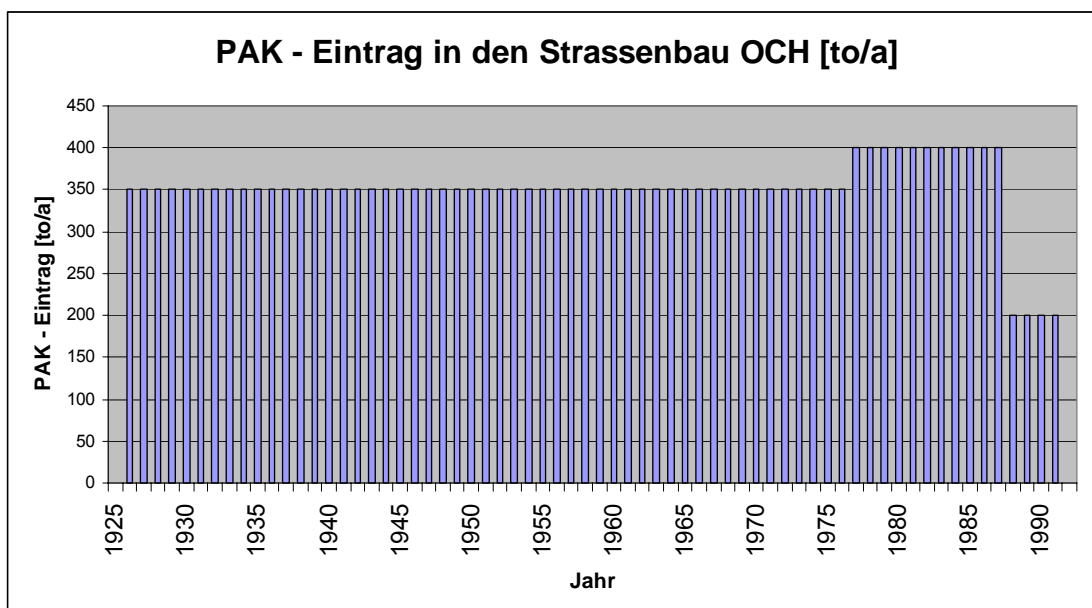
Bezüglich des Teereintrags konnten aus [5] folgende Angaben entnommen werden:

Zeitraum	Eintrag von Teer in den Strassenbau pro Jahr (Mittelwerte) [to/a]	Gesamtmenge Eintrag von Teer in den Strassenbau [to]
1926 – 1946	7'000	140'000
1946 – 1976	7'000	210'000
1977 – 1987	(importiert) 8'000	80'000
1988 – 1991	(importiert) 4'000	15'000
<b>Total</b>		<b>445'000</b>

**Tabelle 4:** Eintrag von Teer in den Strassenbau im historischen Rückblick (Tabelle aus Lit.[5], S. 21)

Um die Verhältnisse in der Ostschweiz nachvollziehen zu können wurden die Zahlen des Teereintrags in der gesamten Schweiz (Tabelle 4) um einen Faktor 4 heruntergebrochen (vgl. dazu Kap. 2.2.3). Wird der Teereintrag nun noch mit der durchschnittlichen PAK- Konzentration von rund 200'000 ppm multipliziert, kann der PAK - Eintrag in der Ostschweiz im zeitlichen Verlauf folgendermassen grafisch dargestellt werden:

PAK- Eintrag OCH



**Abbildung 10:** PAK – Eintrag in den Strassenbau, heruntergebrochen aus schweizerischen Zahlen auf die Grössenordnung in der Ostschweiz.

Um ein grobes Verständnis des zeitlichen Verlaufs PAK-Flüsse und die daraus resultierenden Lagerveränderungen zu erhalten wurde nun ein einfaches dynamisches Modell erstellt. Als Modellparameter wurden dabei die Transferkoeffizienten (k - Werte) des PAK-Ausbaus in Abhängigkeit verschiedener Zeitperioden folgendermassen angenommen:

Modellbildung



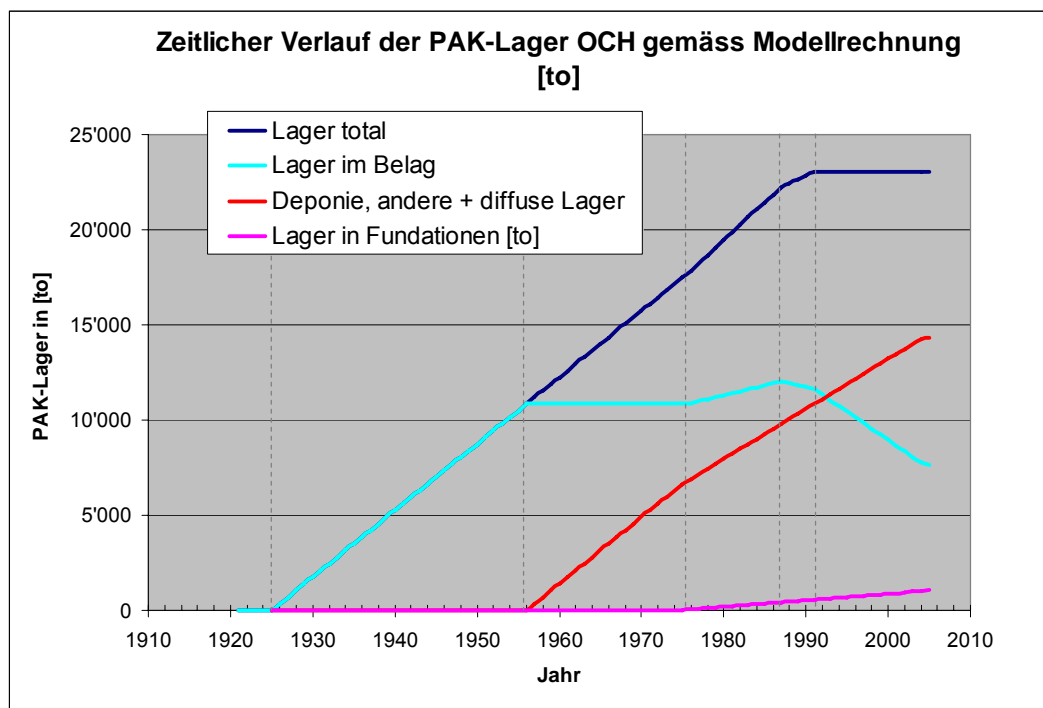
Zeitraum	Angenommene PAK – Flüsse OCH in [to/a]
<p><b>1926 – 1956:</b> Nur PAK-Eintrag (E) gemäss Tabelle 4, kein Ausbau, keine Transfers</p>	<p>The diagram shows four components: Belag (top), Fundationen (middle), Transfer (left), and Deponie, andere Anwendungen, „diffuse Anwendungen“ (bottom). An input of 350 (E) enters Belag from the right. All flows between components are zero. The flow from Transfer to Belag is labeled <math>k=0</math>. The flow from Transfer to Fundationen is labeled <math>k=0</math>. The flow from Transfer to Deponie is labeled <math>k=0</math>. There is also a zero flow from Fundationen to Belag.</p>
<p><b>1957 – 1975:</b> Nach 30 Jahren beginnt der Ausbau der PAK – haltigen Beläge, es gibt noch kein Recycling, alles geht in Unternehmendeponien oder „diffuse Anwendungen“ (Terrainauffüllungen, Wege etc.), Eintrag (E) weiterhin nach Tabelle 4</p>	<p>The diagram shows the same four components. An input of 350 (E) enters Belag from the right. A flow of 350 goes from Belag to Transfer. A flow of 350 goes from Transfer to Deponie. The flow from Transfer to Fundationen is labeled <math>k=0</math>. The flow from Fundationen to Belag is labeled 0. The flow from Transfer to Belag is labeled <math>k=0</math>. The flow from Transfer to Deponie is labeled <math>k=1</math>.</p>

Zeitraum	Angenommene PAK – Flüsse OCH in [to/a]
<p><b>1976 – 2005:</b>                      Ausbau mit anschließendem Recycling; Annahme für den Durchschnitt der ganzen Zeitperiode: 15% Rückfluss des PAK in Belag, 10% Rückfluss in Fundationen; Rest (75%) in Deponien, andere und diffuse Anwendungen; Eintrag (E) gemäss Tabelle 4 zuerst leicht ansteigend, dann abnehmend auf null.</p>	<pre>                     graph TD                         E["400 (bis 0) (E)"] --&gt; Belag                         subgraph Belag_Fundationen                             Belag                             Fundationen                         end                         Transfer -- "350" --&gt; Belag                         Transfer -- "35" --&gt; Fundationen                         Fundationen -- "50" --&gt; Belag                         Transfer -- "265" --&gt; Deponie["Deponie, andere Anwendungen, 'diffuse Anwendungen'"]                         k1["k = 0.1"] --- Transfer_Fundation["35"]                         k2["k = 0.15"] --- Transfer_Deponie["265"]                         k3["k = 0.75"] --- Transfer_Deponie                     </pre>

**Tabelle 5:** Angenommene Modellparameter (Transferkoeffizienten *k*) in den verschiedenen Zeitperioden.

## 2.5.2. Resultate

Als Resultat der Modellrechnung können die Lager der 3 angenommenen Hauptanwendungen in ihrem zeitlichen Verlauf dargestellt werden (Abbildung 11).



**Abbildung 11:** Resultat der Modellrechnung; PAK-Lager in der Ostschweiz im zeitlichen Verlauf, Lager in Tonnen PAK

Die Resultate für die verschiedenen Zeitabschnitte (vertikale Hilfslinien in Abbildung 11) können folgendermassen interpretiert werden:

Zeitabschnitt	Interpretation
1926 – 1956	Durch den Eintrag an PAK (gemäss Tabelle 4) wächst das PAK-Lager im Belag kontinuierlich. Die gesamten PAK sind nur im Belag vorzufinden.
1957 – 1975	Der PAK-Eintrag erfolgt weiterhin, dem Belag werden aber die ungefähr gleichen Mengen durch Sanierungsprozesse wieder entzogen. Das Lager im Belag stagniert dadurch. Die ausgebauten PAK werden in „andere + diffuse Lager“ transferiert.

Zeitabschnitt	Interpretation
1976 - 1987	Der PAK-Eintrag steigt noch leicht an und übertrifft dadurch den Austrag durch Instandstellungen. Zudem wird ein Teil des ausgebauten PAK nun durch Recycling-Prozesse wieder in den Belag zurückgeführt. Das PAK-Lager im Belag steigt dadurch wieder leicht an. Ebenfalls durch Recyclingprozesse beginnt ein Transfer in die Foundationen.
1988 - 1991	Der PAK-Eintrag wird deutlich reduziert. Die Entnahme von PAK durch Instandstellungen übertrifft nun gesamthaft den Eintrag und die Rückführung durchs Recycling im Belag. Das Lager im Belag beginnt abzunehmen.
ab 1992	Der PAK-Eintrag entfällt vollständig (Teerverbot), das Gesamtlager stagniert dadurch. Durch die Ausbau- und Recyclingprozesse findet nun nur noch eine Verschiebung der Lager statt. Dabei wird das Lager im Belag kontinuierlich abgebaut. Da angenommen wird, dass die Foundationen nicht recycelt werden, steigt dieses Lager nun weiterhin stetig an.

**Tabelle 6:** Interpretation der Ergebnisse der Modellrechnung für die Entwicklung der PAK-Lager in den verschiedenen Zeitabschnitten

Im Jahr 2005 befinden sich vom gesamten in der OCH erfolgten PAK-Eintrag gemäss der Modellrechnung nun rund:

*Heutige Verteilung  
PAK-Lager OCH*

- **60%** in **Deponien** oder **anderen Anwendungen** (Plätze, Wege etc.) oder **diffusen Anwendungen** (Hinterfüllungen, Unternehmerdeponien)
- **35%** befinden sich noch in den **Asphaltbelägen**
- **5%** wurden bisher in **Foundationsschichten** transferiert.

### Unsicherheiten und Plausibilität

Wie aus der Einfachheit der getroffenen Modellannahmen ersichtlich ist, stellt die Modellrechnung eine sehr grobe Abschätzung der tatsächlichen Verhältnisse dar. Bei einem Vergleich mit der ASTRA – Umfrage über die heutigen Belastungen der Strassenbauwerke (vgl. dazu Kap. 2.4.2) ergibt sich aber eine gute Übereinstimmung: die Resultate der ASTRA-Umfrage ergeben ein gesam-

tes, in den National- und Kantonsstrassen vorhandenes PAK-Lager von rund 4'900 Tonnen (vgl. dazu Abbildung 9, S. 29). Wird dieses PAK-Lager nun auf die Gemeindestrassen hochgerechnet (Verdoppelung, vgl. dazu Abbildung 3) ergibt sich ein Wert von rund 9'800 Tonnen. Dieser Wert liegt nahe am berechneten Modellresultat (hellblaue Linie im Jahr 2000 in Abbildung 11).

### 2.5.3. Folgerungen

Zusammenfassend können aus der Analyse der PAK-Flüsse und der daraus resultierenden Lagerveränderungen folgende Folgerungen formuliert werden:

- Rund 1/3 der ehemaligen PAK – Einträge befindet sich noch in den Strassenbelägen. Beinahe der ganze Rest wurde, grösstenteils historisch bedingt, bereits in viele verschiedene Anwendungen verteilt und liegt heute vorwiegend diffus vor. In den Foundationsschichten befindet sich heute erst ein relativ geringer Teil des gesamten PAK-Lagers von ca. 5%.
- Die Erkenntnisse dieser dynamischen Betrachtungen müssen für den weiteren Umgang mit Ausbauasphalt miteinbezogen werden. Es ist zu überlegen, in welchem Ausmass und in welcher Form die noch in den Strassen vorhandenen rund 7'000 – 8'000 Tonnen PAK in Zukunft in die verschiedenen Lager transferiert werden sollen.
- Eine sinnvolle Strategie besteht darin, die hochbelasteten PAK-Beläge aus dem Kreislauf zu entfernen (z.B. thermische Verwertung) und die restlichen, belasteten Beläge in möglichst konzentrierter Form (hoher RC-Anteil) dem Recycling zuzuführen. Dazu steht heute vor allem das Kaltrecycling (RC-Anteil 80 bis 90%) im Vordergrund. Nicht sinnvoll ist ein Transfer in lose Foundationsschichten mit grosser Verdünnung (z.B. in RC-A).

## 3. Teil II: Strategien und Massnahmen

---

### 3.1. Grundlagen

Die im Teil I dargelegte Situation zeigt, dass zurzeit mehr Asphaltgranulat ausgebaut wird als im Strassenbau wieder verwendet werden kann. Daraus ergibt sich ein wachsender Überschuss an recycelbarem Asphaltgranulat, der in Kieswerken und Aufbereitungsanlagen gelagert oder in anderen, zum Teil unzweckmässigen Anwendungen, verwendet werden muss.

Es gilt nun zu prüfen, in wie weit die im ersten Teil vorgeschlagenen Strategien für eine Steigerung des Bedarfs an Asphaltgranulat konkret umgesetzt werden können. Die detaillierte Darstellung von möglichen Lösungsansätzen sowie die Folgerungen und Empfehlungen, welche zu einer vermehrten Verwertung des Ausbauasphalts im Strassenbau führen, werden in den folgenden Unterkapiteln behandelt.

#### 3.1.1. Rahmenbedingungen

Die letzten Jahre haben gezeigt, dass konstruktive Massnahmen zum Schliessen von Kreisläufen, sowohl in ökonomischer als auch in ökologischer Sicht von hoher Bedeutung sind und sich damit langfristig für die Allgemeinheit auszahlen.

Die Problematik der stark teerhaltigen Beläge umfasst mengenmässig nur einen geringen Anteil der gesamten Altbeläge (siehe Abbildung 9). Die Verwertung bzw. Entsorgung hoch teerhaltiger Beläge ist recht kostenintensiv. Aus gesamtheitlichen Überlegungen muss der Schwerpunkt der Massnahmen bei der allgemeinen Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten von Altbelag gelegt werden. Für die Verwertung bzw. Entsorgung hoch teerhaltiger Beläge sind möglichst günstige Wege zu finden.

Die Begleitgruppe konnte sich darauf einigen, grundsätzlich die Empfehlung des BAFU zum Umgang mit teerhaltigen Belägen zu unterstützen. Der Umsetzung dieser Richtlinie wird aus verschiedenen Gründen eine hohe Priorität beigemessen:

- keine kantonalen Standards anstelle einer nationalen Regelung. Dadurch soll der „Abfall-Tourismus“ unterbunden werden. Zudem können dank nationaler Regelungen überregionale Lösungen (Sammelplätze, Verwertungsanlagen etc.) realisiert werden.

*keine kantonalen Standards*

- keine Vermischung von Beton und Asphalt. Die Bauwirtschaft hat Mühe die anfallenden Mengen Recycling-Asphalt zu verwerten; daher sollten nicht noch zusätzliche Baustoffe im Asphalt wieder verwendet werden. Ganz abgesehen davon, dass diese Vermischung von der BAFU-Richtlinie untersagt wird.

*keine Vermischung Asphalt/Beton*

- Die in der BAFU-Richtlinie festgelegten Grenzwerte für PAK-Gehalte haben sich als richtig erwiesen.

- PAK-Gehalt  $\leq 5000$  ppm im Bindemittel

In einem von der EMPA durchgeführten Forschungsauftrag des ASTRA konnte aufgezeigt werden, dass bis zu diesem Grenzwert keine arbeitshygienischen Bedenken bestehen. Der Einsatz derartiger Asphalte (Recycling-Mischgut oder Neu-Mischgut) wird nicht eingeschränkt.

*Asphaltgranulat < 5000 ppm*

Ein Kurzgutachten der EMPA vom 29. September 2006 (M. Hugenner, Lit. [8]) zeigt auf, dass die Schweiz im Vergleich zum europäischen Ausland die Grenze für teerfreie Beläge höher ansetzt. Während in der EU und in den Niederlanden der Wert auf 2500 bzw. 2200 ppm im Bindemittel festgesetzt ist, liegt er in Deutschland und Österreich unterhalb 100 ppm. Dennoch kommen die Autoren zum Schluss, dass auch aus arbeitshygienischer Sicht die Beibehaltung des Wertes von 5000 ppm PAK im Bindemittel akzeptiert werden kann. Es ist allerdings darauf zu achten, dass die Schweiz auf Grund des Anforderungsgefälles nicht zum Empfängerland von leicht teerhaltigen Belägen wird.

- Beläge zwischen 5'000 und 20'000 ppm PAK im Bindemittel dürfen gemäss Empfehlung des BAFU für die Verwendung in der Belagsherstellung eingesetzt werden. Der resultierende Neubelag darf die Grenze von 5000 ppm PAK im Bindemittel nicht überschreiten. Nach eingehender Diskussion betreffend der Höhe der oberen Grenze besteht Einigkeit, dass die Grenze von 20'000 ppm PAK akzeptiert werden kann. *Beläge  
5'000 - 20'000 ppm*
  
- Beläge über 20'000 ppm PAK im Bindemittel sollen grundsätzlich aus dem Kreislauf entzogen werden. Es besteht Einigkeit, dass es Sinn macht, die höchstbelasteten Beläge dem Kreislauf zu entziehen. Damit wird die Empfehlung des BAFU [3], Beläge mit einem Gehalt von mehr als 20'000 ppm PAK der Deponierung oder der thermischen Verwertung zuzuführen, unterstützt. Dabei ist der Prozess der thermischen Verwertung sehr interessant, da hier die Gesteinskörnungen vollumfänglich verwendet werden können, während bei der Endlagerung teerhaltiger Asphalte in Deponien ca. 95% nutzbares Material (Gesteinskörnungen) entsorgt werden, obwohl nur ca. 5% des Materials (Bindemittel) bedenklich sind. *Beläge  
> 20'000 ppm*
  
- Wichtige Grundvoraussetzung für den Umgang mit teerhaltigen Belägen ist, dass die PAK-Gehalte vor der Ausschreibung von Instandstellungsmassnahmen bekannt sind. Es ist die Aufgabe der Bauherrschaften, die notwendigen Analysen auch bei kleinen Kubaturen vorgängig durchführen zu lassen. Als Orientierungshilfe dient der PAK-Spray. In der Regel sind weitergehende Laboruntersuchungen (chemische Analytik) erforderlich, die fallweise mit sensorischen Methoden (e-nose) ergänzt werden können. *Voruntersuchungen  
sind wichtig*
  
- In ökologisch und wirtschaftlich begründeten Einzelfällen muss weiterhin die Möglichkeit bestehen, in Absprache mit den zuständigen Umwelt- und Tiefbauämtern, gleichwertige Lösungen zu vereinbaren. Diese müssen transparent begründet und gegenüber den Behörden und der Öffentlichkeit kommuniziert werden. *begründete Einzelfälle*
  
- Allfällige Massnahmen müssen von den Bauherrschaften (Tiefbauämter) und nicht von den (kantonalen) Ämtern für Umwelt umgesetzt werden.



Die Randbedingungen zur Erarbeitung von Strategien werden wie folgt zusammengefasst:

*Randbedingungen*

- Beläge mit < 5000 ppm PAK/Bindemittel: uneingeschränkter Einsatz
- Beläge mit 5000...20'000 ppm PAK/Bindemittel: resultierender Neubelag mit maximal 5000 ppm PAK/Bindemittel
- Beläge mit > 20'000 ppm PAK/Bindemittel dürfen nicht recycelt werden
- Für Grossprojekte können in Absprache mit den zuständigen Umwelt- und Tiefbauämter Sonderlösungen gesucht werden.
- Recycling statt Down-Cycling

### 3.1.2. Häufig gestellte Fragen zum Thema

Im Anhang A5 sind Antworten auf häufig gestellte Fragen im Zusammenhang mit der Wiederverwertung von Asphaltbelägen aufgeführt.

## 3.2. Strategien, Potenzial und Massnahmen

### 3.2.1. Anteil Asphaltgranulat im Mischgut erhöhen

#### Beschrieb:

Die heute geltenden Normen lassen für verschiedene Mischgutsorten unterschiedliche maximale Anteile an Asphaltgranulat zu. Multipliziert man diese Anteile mit der mittleren Jahresproduktion der einzelnen Mischgutsorten, kann der gesamthaft maximal mögliche Anteil an Asphaltgranulat im Mischgutausstoss berechnet werden.

*Asphaltgranulat in Mischgutsorten*

Eine kleine Umfrage bei einigen Asphalt-Aufbereitungsanlagen ergab die in der Tabelle 7 aufgeführte Verteilung der mittleren Jahresproduktion der Mischgutsorten. Aus der Tabelle geht hervor, dass der maximal mögliche Anteil an Asphaltgranulat in der Gesamtproduktion bei ca. 50 % liegt. Dies bedeutet, dass bei Ausnutzung des in der Norm festgelegten Spielraumes, maximal etwa 50 % der Jahresproduktion einer durchschnittlichen Aufberei-

tungsanlage aus wieder verwendetem Asphaltgranulat bestehen könnte.

Zurzeit werden je nach Ausrüstung der Aufbereitungsanlage im Jahresmittel bis zu etwa 35 % Asphaltgranulat verwendet, wir schätzen den mittleren Anteil auf etwa 20 %.

Mischgutsorte	Anteil der Mischgutsorte an der Produktion	Max. zulässiger Anteil an Asphaltgranulat in der entsprechenden Mischgutsorte (gemäss heutigen Normen)	Menge Asphaltgranulat in % bezogen auf die Jahresproduktion
AC S, H	7 %	0 %	0 %
AC N, L	20 %	30 %	6 %
AC B	5 %	30 %	1.5 %
AC T	60 %	60 %	36 %
AC F	8 %	70 %	5.6 %
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>-</b>	<b>49.1 %</b>

**Tabelle 7:** Schätzung des maximal möglichen Anteil Asphaltgranulates in der Jahresproduktion einer durchschnittlichen Anlage<sup>10</sup>

#### Potenzial:

Die Differenz zwischen dem heutigen mittleren Anteil an Asphaltgranulat (ca. 20 %) und dem maximal möglichen (ca. 50 %) beträgt somit ca. 30 % der Produktion. Bei einer schweizerischen Jahresproduktion an Mischgut von ca. 5 Mio. Tonnen (ca. 2 Mio. m<sup>3</sup> fest) Mischgut entspricht diese Differenz (= Potenzial) etwa 1'500'000 Tonnen Asphaltgranulat (ca. 600'000 m<sup>3</sup> fest als Belag).

Dies entspricht - auf die Ostschweiz bezogen - ca. 375'000 Tonnen Asphaltgranulat (150'000 m<sup>3</sup> fest, als Belag). Diese berechnete Grössenordnung deckt sich sehr gut mit dem zwischen den Szenarien REAL und MAXIMAL im vorangehenden Teil des Berichts berechneten potenziellen Bedarfssteigerung (vgl. Kap. 2.3.4).

<sup>10</sup> In der Tabelle 7 wird der Anteil an Heissmischfundationen ACF miteinbezogen, da die gesamte Mischgutproduktion einer Aufbereitungsanlage betrachtet wird. Bei der Schätzung des Potenzials der vermehrten Anwendung von ACF (3.2.2) wird eine Ausweitung der heutigen ACF-Produktion angenommen. Eine massiv grössere ACF-Produktion würde auch den mittleren Anteil an Asphaltgranulat in der Jahresproduktion erhöhen.

Das Potenzial dieses Lösungsansatzes ist somit sehr hoch.

### **Erforderliche Massnahmen:**

#### *- Forschung und Entwicklung:*

Dass die Anlagen nicht durchschnittlich 50 % Asphaltgranulat verwenden, liegt darin begründet, dass heutige Aufbereitungsanlagen bei derart hohen Anteilen an Sekundärbaustoffen kaum mehr wirtschaftlich betrieben werden können.

*F & E Asphaltgranulat*

Die grosse Menge an Asphaltgranulat wird bei den Tragschichten ACT verwendet, wo die Norm bis zu 60 % zulässt. Heute werden ACT mit etwa 40 % Asphaltgranulat aufbereitet.

Es besteht ein Forschungs- und Entwicklungsbedarf um die Technologie weiterzubringen. Zurzeit wird ein Forschungspaket zum Thema vorbereitet, das von der VSS begleitet sein wird. Neben einer Standort-Bestimmung sind in diesem Forschungspaket folgende Themen geplant: „optimaler Anteil an Ausbauasphalt“, „Mehrfachrecycling von Strassenbelägen“, „Nachhaltigkeitsbeurteilungen“, „Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Strassenbelägen mit Ausbauasphalt“ sowie „Mischgutoptimierung von Recyclingbelägen“.

#### *- Anweisungen und Richtlinien für Projektierende:*

Bereits bei den Ausschreibungen von Belagsarbeiten ist die Verwendung von Recyclingmaterial zu verlangen. Um dies zu fördern müssen die projektierenden Ingenieurbüros und Planer klare Anweisungen von der Bauherrschaft erhalten. Die Förderung des Asphalt-Recycling ist Bauherrensache!

*Ausschreibungen  
Belagsarbeiten*

Die Richtlinie des BAFU [1] ist durchzusetzen, damit keine anderen Sekundärbaustoffe im Asphalt beigemischt werden. Insbesondere ist es nicht opportun Betongranulat zur Aufbereitung von Asphalt-Mischgut zu verwenden. Dies verstösst nicht nur gegen die Richtlinie des BAFU [1] sondern verhindert die Verwertung von Asphaltgranulat. Für die Verwendung von Betongranulat gibt es sinnvollere Möglichkeiten im Hoch- und Tiefbau.

- *Anreize für die Bauunternehmungen:*

Es sind finanzielle Anreize für die Unternehmungen erforderlich. Bei der Bewertung von Offerten sind nicht nur Qualität, Preis und Termine zu berücksichtigen, sondern auch die Ökologie.

*Anreize Unternehmungen*

- *Schulung und Information der Bauämter:*

Die gängige Auffassung, Asphalt-Beläge mit Recycling-Asphalt müssen kostengünstiger sein, ist falsch. Die fachgerechte Sortierung, Aufbereitung und Lagerung von Asphaltgranulat ist aufwändig und erfordert neben Know How einen entsprechenden Überwachungsaufwand. Bei den Qualitäts-Anforderungen werden keine Einschränkungen für Beläge mit Asphaltgranulat gemacht; es gelten die gleichen Anforderungen wie für Beläge aus Primär-Material.

*Schulung Bauämter*

Leider bestehen ungerechtfertigte Vorbehalte gegenüber dem Recycling, die durch entsprechende Informationen auszuräumen sind.

### 3.2.2. Verwendung von Heissmisch-Fundationsschichten (ACF) im Strassenoberbau

**Beschrieb:**

Fundationsschichten bilden die unterste Schicht des Strassen-Oberbaus; sie können aus ungebundenen Baustoffen (Kiessande, Sekundärbaustoffe) bestehen oder gebunden (bituminös oder hydraulisch) erstellt werden. Am häufigsten werden heute Kies-Sand-Fundationsschichten verwendet. Obwohl es nicht in jedem Fall von Vorteil ist AC F anstelle von Kiessande zu verwenden, wäre an vielen Orten ein Wechsel durchaus möglich.

*ACF*

Heissmischfundationsschichten ACF sind derart konzipiert, dass es möglich ist, einem hohen Anteil an Asphaltgranulat zu verwenden. Die Norm SN 640 431-1a NA „Asphaltmischgut – Asphaltbeton“ lässt bei Aufbereitungsanlagen mit Parallel-Trommeln einen Anteil von bis zu 70 Masse-% zu. Die heutigen Aufbereitungsanlagen können theoretisch derart hohe Anteile an Asphaltgranulat einmischen, dies ist jedoch wirtschaftlich kaum interessant, da die Leistung der Anlage zu stark reduziert wird.

*hohe Anteile Asphaltgranulat in ACF*

Für die Dimensionierung eines Strassenoberbaus stehen heute verschiedene Oberbautypen zur Verfügung; die Norm SN 640 324a „Dimensionierung Strassenoberbau“ legt insgesamt 6 Oberbautypen in bituminöser Bauweise fest. Bei den Oberbautypen „2“ „Asphaltbetonbelag auf Heissmischfundationsschicht und Kiesand“, und „3“ „Asphaltbetonbelag auf Heissmischfundationsschicht“ sind für die Fundationsschichten ACF vorgesehen.

*Dimensionierung  
Strassenoberbau*

Aus gesamt-ökologischen Überlegungen sollten zementgebundene Fundationsschichten (Zement-Stabilisierung) nur dort verwendet werden, wo keine ACF möglich ist. Zementgebundene Schichten (mit Sekundärbaustoffen), können anderweitig eingesetzt werden (Magerbeton z.B. für Hinterfüllungen, Sauberkeitsschichten in Baugruben etc). und sollten daher bei Fundationsschichten im Strassenbau den ACF den Vorrang überlassen.

*ACF statt Zement-  
stabilisierung*

**Potenzial:**

Bei Neu- und Ausbauten bestehender Strassen wird auch die Foundationsschicht neu eingebaut. Bei Instandstellungen bestehender Strassen ist es jedoch oft nicht erforderlich den gesamten Oberbau zu ersetzen, so dass in diesen Fällen die Heissmischfundationsschicht unberührt bleibt.

*Neu- und Ausbauten*

Gemäss den Berechnungen im vorangehenden Teil des Berichts (Kap. 2.3.4) können durch die vermehrte Verwendung von ACF - Foundationen in der Ostschweiz rund 30'000 bis 40'000 m<sup>3</sup> (fest)<sup>11</sup> oder ca. 75'000 bis 100'000 to mehr Asphaltgranulat als bisher eingesetzt werden.

Das Potenzial dieser Lösung besteht einerseits in der vermehrten Anwendung von ACF einerseits und in der Erhöhung des Anteils an Asphaltgranulat in der ACF andererseits.

Das Potenzial dieser Massnahme wird kurz- und mittelfristig als gross beurteilt. Da jedoch langfristig gesehen der Anteil an Oberbauverstärkungen und Verbreiterungen abnehmen wird, wird auch die Menge eingebauter ACF wieder abnehmen. Wir rechnen langfristig mit 20 % der in Tabelle 1 geschätzten Menge (ca. 15'000 – 20'000 m<sup>3</sup>)

*Potenzial vor allem kurz- und mittelfristig*

**Erforderliche Massnahmen:**

- *Anweisungen und Richtlinien für Projektierende:*

Die Möglichkeit ACF als Foundationsschichten zu verwenden gibt es bereits seit vielen Jahren. Die Bauherrschaften sind aufgefordert, ihren planenden Ingenieurbüros gegenüber den Wunsch zu äussern, mehr ACF zu verwenden. Bei den Ausschreibungen von Belagsarbeiten ist dabei zu präzisieren, dass bei den ACF ein minimaler Anteil an Asphaltgranulat zu verwenden sei.

*Bauherren sollen ACF verlangen*

<sup>11</sup> ca. 70'000 m<sup>3</sup> (fest) für ACF und KMF zusammen. Es wird angenommen, dass das Potenzial für ACF alleine etwa bei der Hälfte liegt.

- *Anreize für die Bauunternehmung:*

Es sind finanzielle Anreize für die Bauunternehmung erforderlich. Bei der Bewertung der Offerten sind nicht nur Qualität, Preis und Termine zu berücksichtigen sondern auch die Ökologie.

*nicht nur der Preis  
ist wichtig*

- *Schulung und Information der Bauämter:*

Damit die Bauherren vermehrt ACF verlangen können, müssen sie über die entsprechenden Möglichkeiten und Grenzen dieser Bauweise im Bilde sein. Hier besteht ein entsprechender Handlungsbedarf.

### 3.2.3. Kaltmisch-Fundationsschichten

#### **Beschrieb:**

Kaltmischfundationsschichten KMF werden mit Bitumenemulsionen oder mit Schaumbitumen erstellt. Die Qualitätsanforderungen der SN-Norm (SN 640 506a „Bodenstabilisierung mit bituminösen Bindemitteln; Anforderungen, Ausführung) lassen dabei einen grossen Spielraum zu, so dass die Verwendung von Recyclingmaterial sehr geeignet ist.

*KMF*

Aufgrund der Witterungsverhältnisse setzt sich in der Schweiz das Schaumbitumen gegenüber der Emulsion deutlich durch. Schaumbitumen - Mischgut kann sowohl in der Aufbereitungsanlage (in plant) wie auch auf der Baustelle direkt (in situ) erstellt werden.

*Schaumbitumen  
hat Zukunft*

Da es für diese Technologie spezielle Einrichtungen und Gerätschaften braucht, beschränkt sich deren Anwendung auf Gross-Projekte oder auf Regionen im Einzugsgebiet solcher Anlagen. Aufgrund der heutigen Marktlage ist die Anwendung von KMF auf Gross-Projekte oder auf Regionen im Einzugsgebiet der (zur Zeit noch wenigen) ausgerüsteten Aufbereitungsanlagen beschränkt.

Die Erfahrungen der letzten Jahren zeigen, dass die Schaumbitumen-Technologie in der Schweiz ihren berechtigten Platz auf Grossbaustellen einnimmt.

Der Anteil an Asphaltgranulat kann bei Kaltmischfundationsschichten bis zu 90% betragen.

*bis zu 90 % As-  
phaltgranulat*

Der Typenkatalog der Norm SN 640 324a „Dimensionierung Strassenbau“ enthält keinen Standard-Aufbau mit Kaltmischfundationsschichten; die Dimensionierung hat mittels Strukturwert SN (Structural Number) zu erfolgen. Dabei wird für die KMF auf relativ alte Tragfähigkeitsbewertungen (a-Werte) zurückgegriffen, die für

bituminöse Stabilisierung gemäss SN 640 506 definiert wurden. Die Normen legen keine Materialkennwerte ( $\alpha$ -Werte, E-Moduli) für Schaumbitumen-KMF fest. (Handlungsbedarf siehe erforderliche Massnahmen)

### Potenzial:

Gemäss den Berechnungen im vorangehenden Teil des Berichts (Kap. 2.3.4) können durch die vermehrte Verwendung von KMF - Foundationen in der Ostschweiz rund 30'000 bis 40'000 m<sup>3</sup> (fest)<sup>12</sup> oder ca. 75'000 bis 100'000 to mehr Asphaltgranulat als bisher eingesetzt werden.

Das Potenzial dieser Massnahme wird kurz- und mittelfristig als gross beurteilt. Analog den ACF wird jedoch langfristig gesehen der abnehmende Anteil an Oberbauverstärkungen und Verbreiterungen das Potenzial dieser Massnahme wieder schmälern. Wir rechnen langfristig mit 20 % der in Tabelle 1 geschätzten Menge (ca. 15'000 – 20'000 m<sup>3</sup>)

*Potenzial vor allem kurz- und mittelfristig*

### Erforderliche Massnahmen:

#### - *Standardisierung/Normierung (Forschung und Entwicklung):*

Die Anwendung der Schaumbitumen-Technologie hat der Kaltbauweise für bituminöse Foundationsschichten zum Durchbruch verholfen. Diese relativ neue Bauweise ist nicht normiert. Standardisierte Hinweise für Konzeption, Ausführung und Anforderung an die eingebauten Beläge fehlen; wie auch normierte Prüfpläne und spezifische Prüfungen. Es besteht auch ein Handlungsbedarf in Bezug auf die Materialkennwerte ( $\alpha$ -Wert, E-Moduli etc.), die bei der Dimensionierung des Oberbaus zu verwenden sind.

*Schaumbitumen-Technologie fördern*

#### - *Anweisungen und Richtlinien für Projektierende:*

Bei Grossbaustellen wird Schaumbitumen oft als Unternehmervariante eingegeben; sie erscheint selten bereits in der Ausschreibung. Diese Technologie ist noch zu wenig bekannt. Es ist Aufgabe der Bauherrschaft Bauverfahren zu fordern, die eine sinnvolle Wiederverwendung ermöglichen.

*Bauherren sollen KMF verlangen*

<sup>12</sup> ca. 70'000 m<sup>3</sup> (fest) für ACF und KMF zusammen. Es wird angenommen, dass das Potenzial für KMF alleine etwa bei der Hälfte liegt.



- *Anreize für die Bauunternehmung:*

Es sind finanzielle Anreize für die Bauunternehmung erforderlich. Bei der Bewertung der Offerten sind nicht nur Qualität, Preis und Termine zu berücksichtigen sondern auch die Ökologie.

*nicht nur der Preis  
ist wichtig*

- *Schulung und Information der Bauämter:*

Es wird von den Bauherren gefordert, dass vermehrt KMF anstelle der herkömmlichen Foundationsschichten aus Kiessand einzubauen sind. Um diese Forderung umzusetzen, müssen die Bauämter über die Möglichkeiten und Grenzen der KMF-Bauweise informiert werden.

### 3.2.4. Anteil Asphaltgranulat im Recycling-Kiessand A erhöhen

**Beschrieb:**

Die heute geltende Norm der VSS (SN 670 062 „Recycling; Allgemeines“) schränkt den möglichen Anteil an Asphaltgranulat stark ein. Beim Recycling-Kiessand A dürfen maximal 20% Asphaltgranulat enthalten sein, bei übrigen Recycling-Kiessanden deutlich weniger. Aufgrund der EN-Norm 13242 „Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische für Ingenieur- und Strassenbau“ ist allerdings anzunehmen, dass mit der nächsten Überarbeitung der VSS-Norm, (voraussichtlich 2008) beziehungsweise der Einführung der EN-Normen, eine Lockerung stattfinden wird.

Die neuen EN-Normen würden somit einen erhöhten Anteil an Asphaltgranulat im Kiessand ermöglichen, wie dies übrigens in der Praxis schon oft getan wird. Das Gemisch Recycling Kiessand mit Asphaltgranulat kann als Foundationsschicht eingesetzt werden, da diese Schicht mit dichten Belagsschichten gedeckt wird (kein Auswaschen möglicher Schadstoffe).

Im Vergleich mit der Verwendung des Asphaltgranulates zur Herstellung neuer bituminös gebundener Schichten (Beläge und Foundationsschichten) ist die Erhöhung des Anteils an Asphaltgranulat im Kiessand A als „Down-Cycling“ zu betrachten und daher nicht zu fördern.

**Potenzial:**

Das Potenzial zur Steigerung des Asphaltgranulates im Kiessand wird als mittel bis gross betrachtet, sofern man die heutigen Normen der Abschätzung zugrunde legt. Allzu viel darf aber nicht erwartet werden, denn bereits heute werden in der Praxis grössere Anteile Asphaltgranulat im Kiessand eingesetzt, als dies die Normen zulassen würden.

Gemäss den Berechnungen im Kap. 2.3 könnten so auf die Ostschweiz bezogen etwa 70'000 Tonnen Asphaltgranulat zusätzlich eingesetzt werden.

**Erforderliche Massnahmen:**

Es sind keine Massnahmen erforderlich. Die Inkraftsetzung der EN 13 242 in das Schweizerische Normenwerk ist geplant.

## 4. Teil III: Empfehlungen

---

Aus der Problemanalyse sowie den im vorangehenden Teil abgeleiteten Strategien und Massnahmen ergeben sich zusammengefasst folgende Empfehlungen:

1. Die Richtlinie des BAFU „Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch)“ [1] ist beizubehalten und umzusetzen. Das BAFU wird gebeten die festgelegten Grenzwerte aufrecht zu halten.
2. Die Umsetzung allfälliger Massnahmen muss unter der Federführung der Bauherren (ASTRA, kantonale Tiefbauämter) erfolgen. Dazu gehören Voruntersuchungen (bessere Kenntnis über das Bauwerk in Bezug auf die Teerproblematik) und Instruktionen an die Planer.
3. Bautechnische Strategien mit hohem Potenzial sind:
  - Erhöhung des Anteils an Recycling-Asphalt bei der Produktion neuer Strassenbeläge
  - Förderung der Anwendung von Heissmischfundationsschichten ACF anstelle von Kies-Sand-Fundationsschichten. Förderung eines hohen Anteils Recycling-Asphalt in diesen ACF.
  - Förderung der Anwendung von Kaltmischfundationsschichten KMF anstelle von Kiessand-Fundationsschichten.

Zur Umsetzung dieser Strategien sind verschiedene Massnahmen erforderlich, die in der untenstehenden Tabelle 8 zusammengefasst wurden.

Lösungsansatz	Erforderliche Massnahmen			
	Forschung & Entwicklung	Standardisierung/Normierung der Verfahren im Hinblick auf die Verwendung von Ausbauasphalt	Finanzielle Anreize für die Bauwirtschaft	Schulung der Bauämter und deren Beauftragte
Erhöhung des Anteils Asphaltgranulat im Belag	X	X	X	X
Vermehrte Anwendung von Heissmisch-Fundationsschichten ACF		X	X	X
Vermehrte Anwendung von Kaltmischfundations-Schichten KMF	X	X	X	X
Anteil Asphaltgranulat im Kiessand erhöhen	-	-	-	-

**Tabelle 8:** Erforderliche Massnahmen zur Untersetzung der bautechnischen Strategien.

## 5. Begriffe

---

AA	Ausbauasphalt
AG	Asphaltgranulat
ACF	Heissmisch-Fundationsschicht
ARV	Aushub-, Rückbau- und Recycling-Verband Schweiz
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
FSKB	Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie
HMF	Heissmischfundation (alte Bezeichnung für ACF)
KMF	Kaltmischfundation
minRL	Richtlinie mineralische Bauabfälle (vgl. Lit. [1])
OCH	Ostschweiz
PAK	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
RC-A	Recycling-Kiessand A (Definition SN 670 062)
RC-B	Recycling-Kiessand B (Definition SN 670 062)
RC-P	Recycling-Kiessand P (Definition SN 670 062)

## 6. Literatur

---

- [1] Bundesamt für Umwelt BAFU (vormals BUWAL); Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch) „minRL“; Juli 1997
- [2] Bauabfälle Schweiz – Mengen, Perspektiven und Entsorgungswege. Umweltmaterialien Nr. 131, Abfall, BUWAL, Bern 2001.
- [3] Empfehlung Entsorgung von teerhaltigem Ausbauasphalt, BUWAL, Mai 2004.
- [4] Technische Verordnung über Abfälle vom 10. Dezember 1990 (TVA), SR-Nummer 814.600
- [5] EMPA Dübendorf, IMP Bautest AG Oberbuchsitzen, ERTEC S. A. Le Mont s/Lausanne; Umweltgerechtes Recycling von teerhaltigen Belägen, Teilprojekt 1, Erfassung des Status Quo und Abklärung der Bedürfnisse; Forschungsauftrag 26/96 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS); August 1999
- [6] M. Hugener, L. Emmenegger, P. Mattrel, Forschungsprojekt VSS 2000/453: Zusammenhang zwischen PAK-Gehalt in teerhaltigem Recyclinggranulat und in den emittierten Dämpfen beim Wiedereinbau; 2006
- [7] J. Hertz; Projekt Ostschweizerische Harmonisierung bei der Verwertung von Ausbauasphalt unter besonderer Berücksichtigung teerhaltiger Beläge, „Strassenbeläge Ostschweiz“, Schlussbericht, Management Summary; Auftraggeber Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz BPUK-Ost; von der BPUK-Ost verabschiedet am 26. April 2007
- [8] M. Hugener; Auftrag zu einer Zusammenstellung von Daten zum Thema teerhaltige Beläge, Bericht Nr. 443861; EMPA Dübendorf, 1.11.06

## 7. Anhangverzeichnis

---

- A1 Strassennetzlänge und Asphaltlager in der Ostschweiz
- A2 Zusammenfassung Anfall und Ausstoss
- A3 Berechnung der Bedarfssituation
- A4 Resultate der ASTRA – Umfrage 2000
- A5 Häufig gestellte Fragen

# Anhang 1 Strassennetzlänge und Asphaltlager in der Ostschweiz

## Strassenflächen und Asphaltkubaturen (Lager)

Umfrage ASTRA

Angaben TBA

berechnet

	Strassenflächen				Asphaltkubaturen (Lager)					
	Nationalstr	Kantonsstr	Gemeindestr.*	Anteil Gemeindestr. an Summe (Gde.+Kt.)-Str.	Nationalstr.  (NS)	Kantonsstr.  (KS)	Gemeindestr.  (GS)	TOTAL  (NS+KS+GS)	andere Lager (Plätze, Feld- /Waldwege, diffuse Verwendung)**	Gesamt - TOTAL  (NS + KS + GS + andere Lager)
durchschn. Breite [m]	19	10	6							
durchschn. Mächtigkeit [m]	0.23	0.14	0.11				0.13			
	[m2]	[m2]	[m2]		[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]
<b>AI</b>	0	296'100	550'000	0.65	0	41'000	61'000	102'000	25'500	128'000
<b>AR</b>	0	1'386'000	2'600'000	0.65	0	190'000	290'000	480'000	120'000	600'000
<b>FL</b>	0	1'200'000	2'580'000	0.68	0	170'000	280'000	450'000	112'500	563'000
<b>GL</b>	400'000	900'000	1'700'000	0.65	92'000	130'000	190'000	412'000	103'000	515'000
<b>GR</b>	1'800'000	8'900'000	17'000'000	0.66	410'000	1'200'000	1'900'000	3'510'000	877'500	4'388'000
<b>SG</b>	1'225'000	5'815'000	11'000'000	0.65	280'000	810'000	1'200'000	2'290'000	572'500	2'863'000
<b>SH</b>	370'000	1'326'000	2'500'000	0.65	85'000	190'000	280'000	555'000	138'750	694'000
<b>TG</b>	840'000	5'000'000	7'000'000	0.58	190'000	700'000	770'000	1'660'000	415'000	2'075'000
<b>ZH</b>	2'915'000***	10'890'000***	20'000'000	0.65	670'000	1'500'000	2'200'000	4'370'000	1'092'500	5'463'000
<b>OCH</b> (in % von Summe)	<b>7'550'000</b>	<b>35'713'100</b>	<b>64'930'000</b>	<b>0.65</b>	<b>1'727'000</b> 10%	<b>4'931'000</b> 29%	<b>7'171'000</b> 41%	<b>13'829'000</b> 80%	<b>3'457'250</b> 20%	<b>17'289'000</b> 100%
<b>CH</b>	27'200'000	127'400'000	257'000'000	0.67	6'300'000	17'836'000	28'270'000	52'406'000	13'101'500	65'508'000
			Durchschnitt CH, ZH, FL	0.65						

\* Berechnung der unbekanntenen Gemeindestrassenanteile: es wird angenommen, dass das Verhältnis Gemeindestr./Kantonsstr.

(Anteil Gde-Str. an Summe Gde+Kt-Str. ca. 65% gemäss Durchschnitt CH, ZH, FL) konstant ist

\*\* Annahme: 20 % des gesamten Lagers

\*\*\* überprüft: stimmt gut überein mit Daten statistisches Amt ZH (Bemerkung: Angaben Dipl.-Arbeit Tanner sind zu hoch)



## Anhang 2 Zusammenfassung Anfall und Ausstoss

Zusammenfassung Anfall und Ausstoss OCH		Anfall	Baustellentriage			Verwertung von "zur Wiederverwendung"			
Kanton	Strassen	Ausbauasphalt total	Deponie	KMF direkt	zur Wiederverwendung	AG in KMF (von TBA verwaltet, geht nur in Kantonsstr.)	Zwischendepot (Lageraufbau)	Asphaltgranulat in Recyclingkiessand A	Asphaltgranulat
		[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]	[m3]
AI	Kantonsstr.	?	?	?	?	?	?	?	?
	Gemeindestr.	?	?	?	?	?	?	?	?
	total (KS+GS)	1'000	0	0	1'000	?	?	?	?
AR	Kantonsstr.	4'300	0	400	3'900				
	Gemeindestr.	3'000	100	0	2'900				
	total (KS+GS)	7'300	100	400	6'800	?	?	?	?
FL	National- und Kantonsstr.	3'300							
	Gemeindestr.	4'000							
	total (NS+KS+GS)	7'300	100	0	7'200	0	800	0	6'800
GL	National- und Kantonsstr.	2'000	900	0	1'100	0			
	Gemeindestr.	2'000	100	0	3'000	0			
	total (NS+KS+GS)	4'000	1'000	0	3'000	0	?	?	?
GR*	National- und Kantonsstr.								
	Gemeindestr.								
	total (NS+KS+GS)	37'000	300	700	36'000	0	0	12'000	24'000
SH**	National- und Kantonsstr.								
	Gemeindestr.								
	total (NS+KS+GS)	2'700	?	?	2'700	?	500	0	3'200
SG	National- und Kantonsstr.	19'000	0	700	18'300	2'300			
	Gemeindestr.	18'000	500	0	17'500	0			
	total (NS+KS+GS)	37'000	500	700	35'800	2'300	4'500	3'000	26'000
TG	National- und Kantonsstr.	10'000	0	0	10'000	1'000			
	Gemeindestr.	12'000	400	0	11'600	0			
	total (NS+KS+GS)	22'000	400	0	21'600	1'000	-2'400	10'000	13'000
ZH	National- und Kantonsstr.	45'000	1'000	0	44'000	7'000			
	Gemeindestr.	33'000	1'000	0	32'000	0			
	total (NS+KS+GS)	78'000	2'000	0	76'000	7'000	24'000	19'000	26'000
Summe OCH	total (NS+KS+GS)	196'300	4'400	1'800	190'100	10'300	27'400	44'000	99'000
<b>Verwendet für Resultate (gerundet bzw. kursiv: Bilanzrechnung bei Lageraufbau und Wiederverwertung)</b>									
<b>OCH</b>	<b>Total [gerundet]</b>	<b>200'000</b>	<b>4'000</b>	<b>2'000</b>	<b>194'000</b>	<b>10'000</b>	<b>39'000</b>	<b>45'000</b>	<b>100'000</b>
	Anteile		2.0%	1.0%	97.0%	5%	20%	23%	52%
	Fehler geschätzt % (kursiv = berechnet)	10%	20%	20%	10.3%	10%	62%	20%	10%
	absolut	20'000	800	400	20'000	1'000	24'000	9'000	10'000

**Bemerkungen:**

\*Im Kt. Graubünden werden die totalen Ausbauasphaltmengen (d.h. inkl. Gemeindestrassen) erhoben. Eine Unterteilung in NS, KS, GS und andere fehlt, ist aber für diese Studie nicht relevant

\*\*für den Kt. Schaffhausen sind beinahe keine Daten zum Ausbauasphalt bekannt. Genau erhoben wird wieviel in Aufbereitungsanlagen gebracht wird, wieviel dort zwischen gelagert wird und wieviel wieder abgegeben wird.

Annahme Transferkoeffizienten für Gemeindestrassen: 3% auf Reaktordeponien, 0% direkte Verwertung, 97% Aufbereiter

**Legende (Werte)**

Angaben der TBA/AFU

Angaben ARV/FSKB

berechnete Werte mit Annahmen zu Gemeindr.: 1.5% des Lagers

aufsummierte und berechnete Werte

AR: geschätzt aus 1.5% des Gesamtalters, da keine Zahlen von AFU/TBA erhältlich, Transferkoeffizienten wie Gemeindr.

**Legende (Bezeichnungen)**

NS: Nationalstr.  
 KS: Kantonsstr.  
 GS: Gemeindr.  
 AG: Asphaltgranulat  
 AA: Ausbauasphalt  
 KMF: Kaltmischfundationsschicht

# Anhang 3 Berechnung der Bedarfssituation

## A3.1 Belag

Bedarfsabschätzung  
Asphaltflüsse OCH

erfasste Daten, Vorgaben grün  
 Parameter der untersuchten Szenarien rot  
 weitere Parameter (nicht variiert real / max) blau  
 berechnete Resultate schwarz

Ausbauasphalt Belagsschicht	Verwertung von Asphaltgranulat in den Belagsschichten
--------------------------------	---

Verteilung Sanierungs- bzw. Neubauart	Ausbauasphalt OCH				Mächtigkeit Ø [cm] vorher	Verbrei- terung Ø %	Mächtigkeit Ø [cm] nachher	Faktor Massen- zuwachs*	Belagsmenge total		Anteil Asphaltgranulat				Primärressourcen (Bitumen, Split, Sand, Kies)	
	%		[m3 fest]	[m3 fest]					[m3 fest]	[m3 fest]	%		[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]
	real	max	real	max					real	max	real	max	real	max	real	max

<b>a) Sanierung / Verstärkung / Verbreiterung</b>									2.5							
(I) Sanierung, Verbreiterung + Verstärkung mit ACF / KMF	15%	35%	30'000	70'000	12	50%	17	2.1	60'000	150'000	20%	50%	10'000	80'000	50'000	70'000
(II) Sanierung, Verbreiterung + Teilersatz mit RC-A	25%	5%	50'000	10'000	12	50%	17	2.1	110'000	20'000	20%	50%	20'000	10'000	90'000	10'000
(III) Reine Belagssanierung	60%	60%	120'000	120'000	12	50%	15	1.9	230'000	230'000	20%	50%	50'000	120'000	180'000	110'000
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>200'000</b>	<b>200'000</b>					<b>400'000</b>	<b>400'000</b>			<b>80'000</b>	<b>210'000</b>	<b>320'000</b>	<b>190'000</b>

<b>b) Neubau</b>																
(I) Neubau mit ACF/KMF und RC-A in Foundation	30%	60%					17		12'000	24'000	20%	50%	2'400	12'000	9'600	12'000
(II) Neubau mit RC-A in Foundation	10%	20%					17		4'000	8'000	20%	50%	800	4'000	3'200	4'000
(III) Neubau herkömmlich, AG nur in Belag	60%	20%					17		24'000	8'000	20%	50%	4'800	4'000	19'200	4'000
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>							<b>40'000</b>	<b>40'000</b>			<b>8'000</b>	<b>20'000</b>	<b>32'000</b>	<b>20'000</b>
								in % von Belagsmenge Sanierung	10%	10%						

<b>Summe a) + b)</b>									<b>440'000</b>	<b>440'000</b>			<b>88'000</b>	<b>230'000</b>	<b>352'000</b>	<b>210'000</b>
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------	----------------	--	--	---------------	----------------	----------------	----------------

\* Produkt aus Erhöhung der Mächtigkeit sowie Verbreiterung der Belagsschicht

### A3.2 ACF/KMF

**Bedarfsabschätzung  
Asphaltflüsse OCH**

erfasste Daten, Vorgaben  
 Parameter der untersuchten Szenarien  
 weitere Parameter (nicht variiert real / max)  
 berechnete Resultate

grün  
 rot  
 blau  
 schwarz

**Verwertung von Asphaltgranulat in ACF / KMF (inkl. direkte Verwertung in KMF)**

	Verteilung Sanierungs- bzw. Neubauart		Mächtigkeit Ø [cm]	Menge ACF/KMF total		Anteil Asphaltgranulat				Anteil Primärressourcen (Bitumenemulsion bzw. Schaumbitumen + Sand)	
	%	%		[m3 fest]	[m3 fest]	%	%	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]
	real	max		real	max	real	max	real	max	real	max
<b>a) Sanierung / Verstärkung / Verbreiterung</b>											
(I) Sanierung, Verbreiterung + Verstärkung mit ACF / KMF	15%	35%	15	53'000	132'000	55%	70%	29'000	92'000	24'000	40'000
(II) Sanierung, Verbreiterung + Teilersatz mit RC-A	25%	5%	0	0	0	55%	70%	0	0	0	0
(III) Reine Belagssanierung	60%	60%	0	0	0	55%	70%	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>		<b>53'000</b>	<b>132'000</b>			<b>29'000</b>	<b>92'000</b>	<b>24'000</b>	<b>40'000</b>
<b>b) Neubau</b>											
(I) Neubau mit ACF/KMF und RC-A in Fundation	30%	60%	15	11'000	21'000	55%	70%	6'000	15'000	5'000	6'000
(II) Neubau mit RC-A in Fundation	10%	20%	0	0	0	55%	70%	0	0	0	0
(III) Neubau herkömmlich, AG nur in Belag	60%	20%	0	0	0	55%	70%	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>		<b>11'000</b>	<b>21'000</b>			<b>6'000</b>	<b>15'000</b>	<b>5'000</b>	<b>6'000</b>
<b>Summe a) + b)</b>				<b>64'000</b>	<b>153'000</b>			<b>35'000</b>	<b>107'000</b>	<b>29'000</b>	<b>46'000</b>
			davon dir. v. Differenz	3'000 61'000	3'000 150'000			2'000 33'000	2'000 105'000	1'000 28'000	1'000 45'000

### A3.3 RC-A

**Bedarfsabschätzung  
Asphaltflüsse OCH**

erfasste Daten, Vorgaben  
 Parameter der untersuchten Szenarien  
 weitere Parameter (nicht variiert real / max)  
 berechnete Resultate

grün  
 rot  
 blau  
 schwarz

**Verwertung von Asphalt in RC-A**

	Verteilung Sanierungs- bzw. Neubauart		Mächtigkeit Ø [cm]	Menge RC-A total		Anteil Asphaltgranulat				Anteil Primärressourcen (Kies)	
	%	%		[m3 fest]	[m3 fest]	%	%	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]
	real	max				real	max	real	max	real	max
<b>a) Sanierung / Verstärkung / Verbreiterung</b>											
(I) Sanierung, Verbreiterung + Verstärkung mit ACF / KMF	15%	35%	0	0	0	10%	50%	0	0	0	0
(II) Sanierung, Verbreiterung + Teilersatz mit RC-A	25%	5%	15	97'000	18'000	10%	50%	10'000	9'000	87'000	9'000
(III) Reine Belagssanierung	60%	60%	0	0	0	10%	50%	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>		<b>97'000</b>	<b>18'000</b>			<b>10'000</b>	<b>9'000</b>	<b>87'000</b>	<b>9'000</b>
<b>b) Neubau</b>											
(I) Neubau mit ACF/KMF und RC-A in Fundation	30%	60%	40	28'000	56'000	10%	50%	3'000	28'000	25'000	28'000
(II) Neubau mit RC-A in Fundation	10%	20%	60	14'000	28'000	10%	50%	1'000	14'000	13'000	14'000
(III) Neubau herkömmlich, AG nur in Belag	60%	20%	0	0	0	10%	50%	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>		<b>42'000</b>	<b>84'000</b>			<b>4'000</b>	<b>42'000</b>	<b>38'000</b>	<b>42'000</b>
<b>Summe a) + b)</b>				<b>139'000</b>	<b>102'000</b>			<b>14'000</b>	<b>51'000</b>	<b>125'000</b>	<b>51'000</b>

### A3.4 Strassenbau total

**Bedarfsabschätzung  
Asphaltflüsse OCH**

erfasste Daten, Vorgaben  
Parameter der untersuchten Szenarien  
weitere Parameter (nicht variiert real / max)  
berechnete Resultate

grün  
rot  
blau  
schwarz

**Total Verwertung von Asphaltgranulat im Strassenbau**

Verteilung Sanierungs- bzw. Neubauart		Materialeinsatz total (ohne Fundationen aus reinen Primärressourcen)		Anteil Asphaltgranulat		Anteil Primärressourcen	
%	%	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]	[m3 fest]
real	max	real	max	real	max	real	max

a) Sanierung / Verstärkung / Verbreiterung								
(I) Sanierung, Verbreiterung + Verstärkung mit ACF / KMF	15%	35%	113'000	282'000	39'000	172'000	74'000	110'000
(II) Sanierung, Verbreiterung + Teilersatz mit RC-A	25%	5%	207'000	38'000	30'000	19'000	177'000	19'000
(III) Reine Belagssanierung	60%	60%	230'000	230'000	50'000	120'000	180'000	110'000
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>550'000</b>	<b>550'000</b>	<b>119'000</b>	<b>311'000</b>	<b>431'000</b>	<b>239'000</b>

b) Neubau								
(I) Neubau mit ACF/KMF und RC-A in Fundation	30%	60%	51'000	101'000	11'400	55'000	39'600	46'000
(II) Neubau mit RC-A in Fundation	10%	20%	18'000	36'000	1'800	18'000	16'200	18'000
(III) Neubau herkömmlich, AG nur in Belag	60%	20%	24'000	8'000	4'800	4'000	19'200	4'000
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>93'000</b>	<b>145'000</b>	<b>18'000</b>	<b>77'000</b>	<b>75'000</b>	<b>68'000</b>

<b>Summe a) + b)</b>			<b>643'000</b>	<b>695'000</b>	<b>137'000</b>	<b>388'000</b>	<b>506'000</b>	<b>307'000</b>
----------------------	--	--	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Anfall netto (ohne dep. Anteile)	196'000	196'000
Überschuss	59'000	-192'000
davon Lagerzuwachs	39'000	
AG in andere Verwertungen	20'000	

**A3.5 Szenarienvergleich**

SZENARIO	Material- ersatz [m <sup>3</sup> fest]	davon durch		Total [m <sup>3</sup> fest]	Überschuss / Zusatzbedarf (-) [m <sup>3</sup> fest]
		Verstärkung / Verbreiterung [m <sup>3</sup> fest]	Neubau [m <sup>3</sup> fest]		
REAL	41'000	78'000	18'000	<b>137'000</b>	59'000
MAXIMAL	106'000	205'000	77'000	<b>388'000</b>	-192'000
MAXIMAL langfristig	106'000	41'000	77'000	<b>224'000</b>	-28'000
MAXIMAL langfristig, RC-A 10%	106'000	39'560	43'400	<b>188'960</b>	7'040

## Anhang 4

### ASTRA – Umfrage 2000

In der folgenden Tabelle sind die Erhebungsergebnisse der ASTRA – Umfrage (im Jahr 2000) sowie die daraus berechneten Asphalt- und PAK- Massen im Lager der Ostschweizer Kantone (OCH) dargestellt (jeweils ohne Gemeindestrassen).

Die Umfragergebnisse weisen eine hohe Unsicherheit auf. Insbesondere der Kanton SG hat bei der Umfrage 2000 nur die Belastungskategorie < 5'000 ppm angegeben. Aufgrund anderslautender Aussagen im Rahmen der aktuell durchgeführten Befragungen wurde aber klar, dass auch in SG zum Teil grössere Mengen an höher belasteten Belägen vorhanden sind. Die Kantone, welche keine Angaben machen konnten („k.A.“) fallen aufgrund ihres Anteils an den Gesamtmengen jedoch kaum ins Gewicht.

PAK - Konzentration Bindemittel [ppm]	< 5'000	5 - 20'000	> 20'000	Total
<b>Asphaltbeläge Umfrage ASTRA 2000 (Rohdaten)</b>				
<b>Strassenfläche in den Kantonen</b>	[m2]	[m2]	[m2]	[m2]
AI	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
AR	878'000	508'000	k. A.	1'386'000
FL	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
GL	520'000	650'000	130'000	1'300'000
GR	10'690'000	0	10'000	10'700'000
SG	7'000'000	0	0	7'000'000
SH	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
TG	10'460'000	1'470'000	910'000	12'840'000
ZH	7'250'000	5'465'000	1'090'000	13'805'000
<b>Total [m2]</b>	<b>36'798'000</b> 78%	<b>8'093'000</b> 17%	<b>2'140'000</b> 5%	<b>47'031'000</b> 100%
<b>Berechnung Asphalt - Massen (OCH total)</b>				
Ø - Mächtigkeit (Annahme) [m]	0.15	0.15	0.15	0.15
<b>Asphaltlager OCH in [m3 (fest)]</b>	<b>5'431'560</b>	<b>1'194'565</b>	<b>315'874</b>	<b>6'942'000*</b>
Ø - Dichte (Annahme) [to / m3 (fest)]	2.4	2.4	2.4	2.4
Asphaltlager OCH in [to]	13'035'745	2'866'957	758'098	16'660'800
Verteilung [%]	78%	17%	5%	100%
<b>Berechnung PAK - Massen (OCH - Total)</b>				
Ø - Bindemittelanteil [Gew.-%]	5%	5%	5%	5%
Bindemittel [to]	651'787	143'348	37'905	833'040
Ø - PAK-Konz.in Bindemittel [ppm]	2'500	12'500	40'000	55'000
<b>PAK OCH (in Nat.- + Kt.-Str.) [to]</b>	<b>1'629</b>	<b>1'792</b>	<b>1'516</b>	<b>4'938</b>
Verteilung [%]	33%	36%	31%	100%

## Anhang 5

### Häufig gestellte Fragen zum Thema

#### 1) Weshalb gilt der Gehalt > 20'000 ppm PAK im Bindemittel als Grenzwert für die Weiterverwendung von Asphalt?

Dieser Wert wurde aufgrund empirischer Herleitungen pragmatisch festgelegt. Es lagen folgende Gedanken zu Grunde:

*Weshalb ist Grenzwert PAK bei 20'000 ppm?*

Reiner Teer wurde bis Ende der 70-iger Jahre für Teertränkungen verwendet. Diese Bauweise wurde seit Beginn des 20. Jahrhunderts angewendet, wurde jedoch zunehmend von den Aufbereitungsanlagen, die fertiges Mischgut lieferten verdrängt. Spätestens Ende der 70-iger Jahre wurden praktisch keine Teertränkungen mehr ausgeführt. Bis etwa Mitte der 80-iger Jahre wurden noch Oberflächenbehandlungen (Volksmund: Teerungen) mit teerhaltigen Bindemitteln ausgeführt.

Reiner Teer wurde noch weitere 20 Jahre für Sonderbauweisen gezielt verwendet; aufgrund des höheren Preises gegenüber Bitumen kann aber mit grosser Sicherheit davon ausgegangen werden, dass Teer wirklich nur für Spezialfälle verwendet wurden.

Gemische von Teer und Bitumen wurden auch in den Aufbereitungsanlagen zur Herstellung von Mischgut verwendet; es handelt sich dabei um Gemische aus ca. 10 - 20% Teer mit 80 - 90% Bitumen. Der Teeranteil wurde, da Teer teuer war, minimal gehalten. Ab Beginn der 90-iger Jahre wurde auch Teerbitumen verboten.

10% Teer im Bitumen entsprechen etwa einem PAK-Gehalt von ca. 15 000 ppm PAK im Bindemittel.

Fazit: reiner Teer liegt heute entweder in dünnen, oberflächennahen Schichten oder in dicken untenliegenden Schichten vor. Teerbitumen-Gemische können im ganzen Aufbau vorkommen.

Mit der Festlegung des Grenzwertes auf < 20'000 ppm wollte man die reinen Teere und die stärker belasteten Teerbitumen ausschliessen; neuere Teerbitumen sollten weiter verwendet werden können. Damit können Extremfälle vermieden werden und trotzdem kann ein Anteil des teerbitumenhaltigen Asphaltes wieder verwendet werden.



**Ökologie:**

Fertig eingebaute, teerhaltige Beläge stellen kein Problem dar, da einerseits die enthaltenen PAK (Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe) kaum bis nicht wasserlöslich sind und andererseits die Beläge dicht sind. Ausgefräste, teerhaltige Beläge hingegen haben eine sehr grosse Oberfläche; bei Zutritt von alkalischem Wasser (aus Beton), können eventuell vorhandene Phenole an den Grenzflächen der Körner ausgewaschen werden.

**Arbeitshygiene:**

Kürzlich wurde eine Forschungsarbeit der EMPA zum Thema „Zusammenhang zwischen PAK-Gehalt in teerhaltigem Recyclinggranulat und in den emittierten Dämpfen beim Wiedereinbau“ abgeschlossen. Die Autoren kommen zum Schluss, dass mit der heutigen Regelung von max. 5'000 ppm PAK im Bindemittel des Endproduktes, die MAK-Werte beim Einbau der Beläge eingehalten werden [6]. Zur Illustration: Der MAK-Wert von 2 µg/m<sup>3</sup> der kanzerogenen Leitsubstanz Benz[a]pyren, (BaP), wird dabei beim Einbau von Belagsgut mit 5600 ppm EPA-PAK im Bindemittel, um mehr als den Faktor 3 unterschritten.

*2) Ist Ausbauasphalt mit einem Gehalt > 20'000 mg PAK/kg Bitumen gesondert zu behandeln oder kann es wie Bauschutt behandelt werden?*

Ausbauasphalt gilt im Sinne der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) vom 22. Juni 2005 generell als Abfall. Die VeVA unterscheidet jedoch je nach Qualität über die bestimmten Formalitäten, die beim Transport und der Behandlung beachtet werden müssen.

**LVA Code\***

17 03 01 [ak]

10 03 02

17 03 03 [S]

**Bezeichnung**

Ausbauasphalt mit mehr als 5'000 und bis zu maximal 20'000 mg/kg PAK Bindemittel

Ausbauasphalt mit bis zu maximal 5'000 mg/kg PAK Bindemittel

Ausbauasphalt mit mehr als 20'000 mg/kg PAK im Bindemittel

\* Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen

So ist Ausbauasphalt mit einem PAK-Gehalt < 5'000 mg/kg PAK im Bindemittel (LVA-Code 17 03 02) frei verwertbar (z. B. als Asphaltgranulat oder Recyclingkiessand A). Für die Verwendung der Recyclingbaustoffe gilt die Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (BUWAL, Juli 1997). Diese Material muss jedoch zur Aufbereitung an eine bewilligte Bauschutttaufbereitungsanlage angeliefert werden.

Ausbauasphalt mit einem PAK-Gehalt zwischen 5'000 und 20'000 [mg/kg] PAK im Bindemittel gilt gemäss VeVA als andere kontrollpflichtiger Abfall (LVA – Code 17 03 01 [ak]). Dies bedeutet für den Empfänger unter anderem, dass er jährlich eine Buchhaltung führen muss, die aufzeigt wie viel Material von welcher Qualität angenommen wurde und wohin dieses Material weitergeleitet wurde. Normalerweise verfügt jede Bauschuttzubereitungsanlage über eine Bewilligung zur Annahme von freien (< 5'000 mg/kg PAK) und anderen kontrollpflichtigen (5'000 bis 20'000 mg/kg PAK) Belägen.

Ausbauasphalt mit einem PAK-Gehalt > 20'000 mg/kg PAK gilt gemäss VeVA sogar als Sonderabfall (LVA-Code 17 03 03 [S]) und untersteht somit besonderen Bedingungen. Derartige Altbeläge dürfen ausschliesslich auf den von der ATB und AfU bewilligten Plätzen abgelagert, behandelt und weiterverarbeitet werden.

Der Transportunternehmer ist für seine Baustellenabtransporte des Ausbauasphaltes der PAK- Kategorie > 20'000 mg/kg in ein Zwischen- oder Endlager verpflichtet, pro Fuhre eine ausgefüllte „Begleitschein für den Verkehr mit Sonderabfällen in der Schweiz“ mitzuführen (LVA-Code 17 03 03 [S]).

Für Transporte des im Zwischenlager gebrochenen Asphaltgranulates sowie für den Transport des KMF-Materials – ist es nicht mehr notwendig – einen „Begleitschein für den Verkehr mit Sonderabfällen in der Schweiz“ auszufüllen!

*3) Beträgt der Anteil an Asphalt mit einem Gehalt von > 20'000 mg PAK/kg Bitumen wirklich nur 5% ?*

Der Anteil 5% wurde aus der Erhebung des ASTRA's im Jahr 2000 abgeleitet. Aufgrund der in der aktuellen Erhebung gemachten Aussagen muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Mengen der hoch belasteten Materialien in der ASTRA - Umfrage bei einigen Kantonen deutlich unterschätzt wurden. Präzisere Angaben zu den effektiven Mengen konnten nicht eruiert werden. Ein Anteil von 10% kann aber aufgrund von Sensitivitätsüberlegungen als obere Grenze des Anteils hoch belasteter Beläge angenommen werden. Im Bericht wird deshalb als Resultat für den Anteil hoch belasteter Beläge (> 20'000 ppm) die Bandbreite von 5-10% angegeben.

*Anteil > 20'000 ppm  
nur 5% ?*

4) *Bestehen technische Grenzen für die Anwendung von Fundationsschichten innerorts?*

Fundationsschichten aus Asphalt ACF oder KMF können problemlos auch im Innerorts-Bereich eingesetzt werden. Bei Leitungsgräben können entsprechende Belagsschichten neu eingebaut werden; bei AC F wird einfach eine Schicht mehr eingebaut.

*Fundationsschichten innerorts*

Im Gegensatz dazu haben zementgebundene Fundationsschichten Nachteile bei der Ausführung.

5) *Weshalb sollen Asphalt-Schichten nicht mit hydraulischen Bindemitteln stabilisiert werden?*

Das BAFU hat in seiner Richtlinie den Grundsatz der reinen Sorten-Trennung festgelegt. [1]

*Beton-Asphalt-Gemisch*

Die Begründung lautet: Beton und Asphalt können heute wieder verwendet werden. Falls beide Baustoffe gemischt werden, kann bei einem späteren Abbruch des Objektes das Beton-Asphalt-Gemisch nur noch beschränkt weiterverwendet werden. Um ein späteres Down-Cyclen zu verhindern, sollen daher beide Baustoffe getrennt weiterverwendet werden.

In der Praxis wird dieser Grundsatz oft verletzt, da keine bautechnischen Argumente gegen ein Gemisch sprechen.

6) *Welche Rolle spielen Verbrennungsöfen ?*

Bei Asphalten, die aufgrund des zu hohen PAK-Gehaltes nicht weiterverwendet werden dürfen, gibt es in der Schweiz zurzeit nur die Möglichkeit der „Endlagerung“ in einer Reaktordeponie. In Holland besteht die Möglichkeit das Material zu verbrennen und die zurückbleibende Gesteinskörnungen wieder zu verwenden. Gewisse Regionen der Schweiz entsorgen heute stark teerhaltige Beläge per Schiffsladung nach Holland. Es ist bekannt, dass zurzeit einige Unternehmungen eine Verbrennungsanlage in der Schweiz diskutieren.

*Verbrennungsanlagen*