



Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmisch- gut: EP3: Stofffluss- und Nach- haltigkeitsbeurteilung

**Paquet de recherche de recyclage des matériaux
bitumineux de démolition des routes dans des enrobés à
chaud: EP3: Évaluation du flux de matières ainsi que de la
durabilité**

**Research package of the recycling of reclaimed asphalt in
hot mixes: EP3: Assessment of material flow and
sustainability**

**Walo Bertschinger AG, Schlieren
Sandra Dünner, dipl. Ing. ETH**

**Forschungsauftrag VSS 2005/454 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Sandra Dünner, Walo Bertschinger AG, 8952 Schlieren

Federführende Fachkommission

Fachkommission 4: Baustoffe

Fachkommission 5: Bau- und Geotechnik

Gesamtprojekt (EP1, EP2, EP3, EP4, EP5)

Projektleiter

Dr. M. Caprez, ETH Zürich

Präsident

Alex Nellen, Implenia Schweiz AG, Bern

Mitglieder

Hans-Peter Beyeler, Bundesamt für Strassen ASTRA, Ittigen

Thomas Arn, Lombardi SA, Minusio

Tony Bühler, Infralab SA, Romanel sur Lausanne

Markus Grieder, Tiefbauamt Basel-Landschaft, Liestal

Martin Horat, Tiefbauamt Stadt Zürich, Zürich

Daniel Kästli, Kästli AG, Ostermundigen

Andrea Bieder, Ammann Schweiz AG, Langenthal

Begleitkommission EP3

Präsident

Hans-Peter Beyeler, Bundesamt für Strassen ASTRA, Ittigen

Mitglieder

Thomas Arn, Lombardi SA, Minusio

Tony Bühler, Infralab SA, Romanel sur Lausanne

Markus Grieder, Tiefbauamt Basel-Landschaft, Liestal

Martin Horat, Tiefbauamt Stadt Zürich, Zürich

Daniel Kästli, Kästli AG, Ostermundigen

Alex Nellen, Implenia Schweiz AG, Bern

Andrea Bieder, Ammann Schweiz AG, Langenthal

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen und Verkehrsfachleute VSS

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	3
Zusammenfassung	9
Résumé	11
Summary	13
1 Auftrag	15
2 Schweizerische Richtlinien und Normen	16
2.1 Technische Normenwerke	16
2.1.1 Begriffe	16
2.1.2 SN 640 431-1b-NA	16
2.1.3 SN 640 431-5a-NA	17
2.1.4 SN 640 431-7a-NA	17
2.1.5 SN 640 431-8a-NA	17
2.2 Richtlinien BAFU – Bundesamt für Umwelt	19
2.2.1 Empfehlung - Entsorgung von teerhaltigem Ausbauphosphat.....	19
2.3 ChemRRV – Chemikalien Reduktionsverordnung.....	20
3 Stoffflussanalyse	21
3.1 Kaltaufbereitung	21
3.2 Warmaufbereitung.....	22
4 Mischgutaufbereitung mit Recyclingmaterial: Qualitative Aspekte	19
4.1 Allgemeines.....	24
4.2 Korngrößenverteilung / Bindemittelgehalt	24
4.3 Bindemittelleigenschaften	24
4.4 Qualität der Gesteinskörnungen	29
4.5 Zusammenfassung.....	30
5 Erfassung des Status-quo in der Schweiz	31
5.1 Kantonale Vorgaben	31
5.1.1 Kanton Aargau	31
5.1.2 Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft	31
5.1.3 Ostschweiz	31
5.2 Stand bei den Mischgutwerken	33
5.2.1 Herstellung und Lagerung von Asphaltgranulat.....	33
5.2.2 Finanzielle Aspekte	34
5.2.3 Mischgutaufbereitung.....	35
5.2.4 Energie	35
5.2.5 Vorbehalte gegenüber Asphaltrecycling	36
6 Mengenbilanz	37
6.1 Asphalt: Mengenbilanz und Materialflüsse	37
6.2 Angaben EAPA	38
6.2.1 Grafiken.....	38
7 Status-quo von Recycling im Ausland	42
7.1 Deutschland	42
7.2 Österreich.....	44
7.3 Niederlande.....	44
7.4 USA	45

8	Ökobilanz in der Asphaltindustrie	47
8.1	Allgemeines zur Ökobilanz.....	47
8.1.1	Beschreibung der einzelnen Schritte	48
8.2	Spezielles zu Ökobilanzen in der Asphaltindustrie	49
8.3	CO ₂ -Abgabe	50
8.3.1	CO ₂ -Emissionen bei der Mischgutaufbereitung	51
9	Wirtschaftlichkeitsanalyse	53
10	Fazit	55
10.1	Allgemeine Bemerkungen	55
10.2	Regulative Aspekte	56
10.3	Nachhaltigkeit.....	56
10.4	Zukünftige Szenarien	58
	Abkürzungen	59
	Literaturverzeichnis	61
	Projektabschluss	63
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	67

Zusammenfassung

Seit 30 Jahren wird in der Schweiz Ausbauasphalt wiederverwendet. Zu Beginn erfolgte die Zugabe nur in kleinen Mengen von 10-20% als Kaltzugabe, jedoch entwickelte man schon bald bessere Verfahren, um grössere Mengen wiederverwerten zu können. Durch die heutige Maschinenteknik ist theoretisch sogar ein 100% Recycling für nicht hochwertige Beläge möglich.

Zusammenfassend können folgende Schlussfolgerungen aus dem Projekt gezogen werden:

Die Normen unterscheiden nicht zwischen Belägen mit oder ohne Recycling, es gelten dieselben Anforderungen. Der gesamte Prozess von der Aufbereitung von Ausbauasphalt bis zum Endprodukt Walzasphalt ist normiert. Es sollten keine zusätzlichen Einschränkungen zu den Normvorgaben gemacht werden, sei dies im Recyclinganteil im Mischgut oder in den Qualitätsvorgaben.

Die Wiederverwertung von Ausbauasphalt ist in der Schweiz auf einem hohen Stand. Neue Mischanlagen werden meist nur noch mit Paralleltrommel geplant, alte Mischanlagen werden umgerüstet, um durch Kalt- oder Warmaufbereitung Recyclingmischgut herstellen zu können. Jedoch sind diese Faktoren stark von der geografischen Lage der Mischanlage abhängig. Der finanzielle Faktor spielt dabei die entscheidende Rolle.

Die Wiederverwertung von Ausbauasphalt ist im Sinne von allen, sei das der Bauherr, der Unternehmer oder der Mischgutproduzent. Die Förderung des Asphaltrecyclings liegt aber in erster Linie beim Bauherrn, welcher darauf am meisten Einfluss nehmen kann. Wiederverwertungskonzepte sollten schon bei der Ausschreibung vorgesehen werden.

Mit der Verwendung von grösseren Mengen an Ausbauasphalt können, gesamtwirtschaftlich betrachtet, die Kosten der Mischgutproduktion gesenkt werden. Damit kann der grosse, volkswirtschaftliche Wert, den die Strassen darstellen, weitreichend und besser erhalten werden. Zudem wird weniger Neumaterial benötigt, wodurch im Sinne der Nachhaltigkeit wertvolle Baustoffressourcen geschont werden.

Der gesamte Prozess von der Annahme des Ausbauasphaltes, der Aufbereitung und Lagerung bis zur Wiederverwertung bei der Mischgutaufbereitung wird in nächster Zeit noch mehr professionalisiert werden. Das Produkt Ausbauasphalt soll in Zukunft als wertvoller Baustoff und nicht als Abfallprodukt anerkannt werden.

Résumé

En Suisse, on réutilise les enrobés de récupération depuis 30 ans. Au départ, l'adjonction ne s'effectuait qu'en petites quantités de 10-20% par incorporation à froid, mais on a rapidement développé de meilleurs processus pour pouvoir recycler de plus grandes quantités. Aujourd'hui, la technique mécanique permet même en théorie un recyclage à 100% pour des revêtements de qualité moindre.

Pour résumer les conclusions suivantes peut être tirée:

Les normes sont les mêmes pour les revêtements avec ou sans matériau recyclé, et les mêmes exigences s'appliquent. L'ensemble du processus est normalisé, de la préparation des enrobés de récupération au produit final, les enrobés bitumineux compactés. Il ne devrait pas y avoir de restrictions supplémentaires par rapport aux prescriptions, que ce soit pour la part de matériau recyclé dans les enrobés ou au plan de la qualité.

En Suisse, la réutilisation des enrobés de récupération se situe à un très haut niveau. La plupart du temps, les nouvelles centrales sont planifiées avec un tambour parallèle, et les anciennes centrales sont converties pour pouvoir fabriquer des enrobés recyclés par traitement à froid ou à chaud. Cependant, ces facteurs dépendent fortement de la situation géographique de la centrale d'enrobage. En l'occurrence, l'aspect financier joue un rôle déterminant.

Le recyclage des enrobés de récupération est dans l'intérêt de tous, que ce soit le maître d'ouvrage, l'entrepreneur ou le producteur d'enrobés. Mais la promotion des enrobés de récupération relève en premier lieu du maître d'ouvrage, qui est le mieux en mesure d'influer sur ce paramètre. Des concepts de recyclage devraient être prévus dès la phase d'appel d'offres.

Considéré dans le contexte économique, l'utilisation de grandes quantités d'enrobés de récupération peut réduire les coûts de la production d'enrobés. Elle permet de mieux préserver les routes, qui représentent une grande valeur économique. De plus, elle nécessite moins de matériau neuf, ce qui ménage de précieuses ressources en matériaux de construction, et va dans le sens du développement durable.

L'ensemble du processus, de la réception des enrobés de récupération à leur recyclage lors de la préparation des enrobés, en passant par le traitement et le stockage, va bientôt se professionnaliser encore plus. À l'avenir, les enrobés de récupération seront reconnus comme un matériau de construction précieux, et non comme un résidu.

Summary

Reclaimed asphalt has been used in Switzerland for the last 30 years. Initially only small quantities amounting to 10-20% were used as cold additives after which, however, better processes allowing the use of larger quantities were soon developed. In theory, current machine technology even allows 100% recycling for lower grade surfaces.

In summary, the following conclusions can be drawn from the project:

The standards do not differentiate between surfaces with or without recycled materials and the same requirements apply. The entire process from the processing of reclaimed asphalt up to the end product, rolled asphalt, has been standardized. No additional restrictions to the standard guidelines should be made either as regards the recycled part in the material mix or as regards the quality specifications.

Switzerland is a progressive country as regards the reuse of reclaimed asphalt. Most new mixing plants are designed with a parallel drum, whilst existing mixing plants are converted to allow production of a recycle mix through cold and hot processing. These factors do, however, depend considerably on the geographical situation of the mixing plant. Financial aspects naturally play a decisive role.

The reuse of reclaimed asphalt benefits everyone, the client, contractor and the producer of the mixed product. In the first instance it is, however, up to a client to promote the recycling of asphalt, as he can exert the greatest influence in this respect. Recycling concepts should already be included in invitations to tender.

By using greater quantities of reclaimed asphalt, costs of mixed product production can be reduced in macroeconomic terms. As a result, the considerable economic value which road systems present, can be maintained extensively and in a better way. Also, less new material is required saving valuable building resources in the interest of sustainability.

The entire process from the acceptance of the reclaimed asphalt, the processing and storage up to the reuse during mixed product processing will see even further advances in the near future. Reclaimed asphalt as a product should in future be regarded as a valuable construction material rather than a waste product.

1 Auftrag

Mit steigender Sensibilisierung für Nachhaltigkeits- und Umweltthemen bei gleichzeitig zunehmendem Einsatz neuer Materialien und Mischgutsorten hat die Frage des Recyclings von Strassenaufbruch erheblich an Aktualität und Bedeutung gewonnen. Die optimale und möglichst vollständige Wiederverwendung in bituminösen Strassenbelägen ist das Hauptziel eines Forschungspakets mit der Umschreibung „Recycling von Ausbaupasphalt im Heissmischgut“. Dieses Forschungspaket umfasst fünf Einzelprojekte.

VSS 2005/452 EP1: Optimaler Anteil an Ausbaupasphalt

VSS 2005/453 EP2: Mehrfachrecycling von Strassenbelägen

VSS 2005/454 EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung

VSS 2005/455 EP4: Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Strassenbelägen mit Ausbaupasphalt

VSS 2005/456 EP5: Mischgutoptimierung von Recyclingbelägen

Bei dem vorliegenden Forschungsprojekt handelt es sich um das Einzelprojekt

EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung.

Die Akzeptanz des Recyclings von bituminösen Belägen wird heute im Wesentlichen von 3 Faktoren geprägt:

- Finanzielle Anreize
- Technisches Normenwerk
- Richtlinien des BAFU – Bundesamt für Umwelt

Die finanziellen Anreize sind geografisch sehr unterschiedlich und hängen wiederum von einer Vielzahl von Faktoren ab. Die Förderung durch die öffentliche Hand als grösster Arbeitsgeber, die Verfügbarkeit primärer Baustoffe sowie die Einrichtungen und Möglichkeiten der Produzenten spielen dabei eine grosse Rolle. Die heutige Praxis der Wiederverwendung von alten Strassenbelägen hat sich auf der Grundlage oben ausgeführter Einflussfaktoren entwickelt. Die Nachhaltigkeit spielt in der heute gängigen Praxis keine zentrale Rolle.

Ziel dieses Forschungsauftrages ist die Erfassung des Status-quo des Recyclings von Ausbaupasphalt und die Analyse der damit zusammenhängenden Stoffflüsse. Auf Basis von Berechnungen, Abschätzungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen sollen Vorschläge zur Optimierung des Asphalt-Recyclings ausgearbeitet werden. Diese Analysen bilden die Grundlage für Impulse in Bezug auf regulative Aspekte.

Ausgeklammert aus dem Forschungsauftrag sind das Kaltrecycling und die Teerproblematik, da deren Behandlung aus Prioritätsgründen bereits in verschiedenen Einzelprojekten behandelt wird. Betreffend Teerproblematik soll aber trotzdem kurz aufgezeigt werden, welche Einschränkungen für die Recyclingwiederverwertung entstehen und wie in der Schweiz damit umgegangen wird. Als Schwerpunkt wird das Heissrecycling in Mischanlagen behandelt, betreffend Kaltrecycling wird nur die Kaltzugabe bei der Asphaltaufbereitung behandelt, die ganze Recyclingaufbereitung im Kaltverfahren (z.B. Schaumbi-tumen etc.) wird ausgeklammert. Industrielle Neben- und Abfallprodukte wie Hochofenschlacke, Flugasche, Glasgranulat und andere Stoffe, die nicht aus bituminösen Belägen stammen, werden nicht behandelt, da in der Schweiz kein Mangel an qualitativ hochwertigem Asphaltgranulat besteht.

2 Schweizerische Richtlinien und Normen

2.1 Technische Normenwerke

2.1.1 Begriffe

Definition gemäss SN 640 420b:

Recyclingmischgut: Recyclingmischgut ist Asphaltmischgut, welches einen bestimmten Anteil an Ausbauasphalt enthält.

Definition gemäss SN 640 431-8a-NA:

Ausbauasphalt: Beim Ausbauasphalt (Reclaimed Asphalt RAP) handelt es sich um Asphalt, der durch Fräsen von Schichten aus Fahrbahnen, durch Zerkleinern von Schollen, die aus Fahrbahnen herausgebrochen wurden, sowie von aus Schollen stammenden Klumpen und überschüssigem Asphalt rückgewonnen wurde.

Im vorliegenden Bericht werden diese Begriffe gemäss Normen verwendet. Zusätzlich wird von Asphaltgranulat gesprochen:

Asphaltgranulat: Aus Ausbauasphalt gebrochenes Granulat, welches auf die gewünschte Stückgrösse für die Wiederaufbereitung zerkleinert wurde.

2.1.2 SN 640 431-1b-NA

Die SN 640 431-1 „Mischgutanforderungen - Teil 1: Asphaltbeton“ legt die Anforderungen an das Asphaltmischgut fest. Die Zugabe von Ausbauasphalt wird unter Punkt 10 geregelt. Ein höherer Anteil ist aber zulässig, wenn eine Vereinbarung zwischen Unternehmer und Bauherr vorliegt.

Asphaltbeton, zulässige Zugabemengen von Ausbauasphalt in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen		
Mischgutsorten und Mischguttypen für Schichten	Anteil Ausbauasphalt	
	Kaltzugabe [M-%]	Warmzugabe [%]
Deckschichten		
Asphaltbeton für Deckschichten AC S, AC H und AC MR	0	0
Asphaltbeton für Deckschichten AC N und AC L	≤ 15	≤ 30
Binderschichten und Hochmodul-Asphaltbeton		
Asphaltbeton für Binderschichten AC B, Hochmodul-Asphaltbeton AC EME	≤ 15	≤ 30
Trag- und Sperrschichten im Gleisbau		
Asphaltbeton für Tragschichten AC T, Asphaltbeton für Sperrschichten im Gleisbau AC Rail	≤ 25	≤ 60
Fundationsschichten		
Asphaltbeton für Fundations- schichten AC F	≤ 30	≤ 70

Tab. 1: SN 640 431-1, Tabelle 3: „Asphaltbeton, zulässige Zugabemengen von Ausbauasphalt in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen“

2.1.3 SN 640 431–5a-NA

Die SN 640 431-5 „Mischgutanforderungen - Teil 5: Splittmastixasphalt“ legt folgende Bedingungen für Ausbauasphalt unter Punkt 11 fest: „Die Verwendung von Ausbauasphalt ist nicht gestattet, ausser es besteht eine besondere Vereinbarung zwischen Bauherr und Unternehmer.“

Mischgutsorten und Mischguttypen für Schichten	Anteil Ausbauasphalt	
	Kaltzugabe [M-%]	Warmzugabe [M-%]
Splittmastixasphalt		
Splittmastixasphalt SMA	0	0

Tab. 2: zulässige Zugabemengen von Ausbauasphalt bei Splittmastixasphalt

2.1.4 SN 640 431–7a-NA

Die SN 640 431-7 „Mischgutanforderungen - Teil 7: Offenporiger Asphalt“ legt folgende Bedingungen für Ausbauasphalt unter Punkt 11 fest: „Die Verwendung von Ausbauasphalt ist nicht gestattet, ausser es besteht eine besondere Vereinbarung zwischen Bauherr und Unternehmer.“

Mischgutsorten und Mischguttypen für Schichten	Anteil Ausbauasphalt	
	Kaltzugabe [M-%]	Warmzugabe [M-%]
Offenporiger Asphalt		
Offenporiger Asphalt PA, PA B, PA S	0	0

Tab. 3: zulässige Zugabemengen von Ausbauasphalt bei offenporigem Asphalt

2.1.5 SN 640 431-8a-NA

Die SN 640 431-8 „Mischgutanforderungen - Teil 8: Ausbauasphalt“ regelt die Anforderungen an Ausbauasphalt hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung (Verunreinigungen), Bindemittleigenschaften und Angaben über die Produktdeklaration.

Für Ausbauasphalt gelten folgende Kurzbezeichnungen:

U_{RA}	Allgemeine Bezeichnung für Ausbauasphalt mit einer Stückgrösse von U [mm].
Beispiel 32_{RA}	Ausbauasphalt mit Stückgrösse von 32 mm
$U_{RA} d/D$	Bezeichnung für Ausbauasphalt mit einer Stückgrösse von U [mm] und einer Gesteinskörnung von d/D [mm]
Beispiel $32_{RA} 0/16$	Ausbauasphalt mit einer Stückgrösse von 32 mm und einer Gesteinskörnung 0/16

Der Gehalt an Fremdstoffen (Beton, Zementmörtel, Backsteine, Ziegel, Fundationsmaterial, Metalle, synthetische Materialien, Holz und Kunststoffe) darf einen definierten Wert nicht überschreiten.

Der Lieferant muss die Art des Bindemittels dokumentieren und deklarieren, wobei anzugeben ist, ob das Bindemittel hauptsächlich entweder ein Strassenbaubitumen, ein modifiziertes Bitumen oder ein Hartbitumen ist und ob der Ausbauasphalt einen Zusatz enthält. Diese Zuordnung ist aber im Alltag relativ schwierig, da kaum Angaben über den Ausbauasphalt bestehen und erst Kontrollen am Granulat, d.h. nach dem Brechen, durchgeführt werden und so eine Durchmischung verschiedener Provenienzen die Regel ist. Hauptsächlich wird der mittlere Erweichungspunkt des Bindemittels dokumentiert und so das Bindemittel einer Kategorie zugeordnet. Zudem ist der mittlere Bindemittelgehalt anzugeben, welcher für die Rezepterstellung der Asphaltmischgüter von grosser Bedeutung ist.

Ebenfalls zu deklarieren ist die im Ausbauasphalt enthaltene Gesteinskörnung d/D . Zu bestimmen ist auch die mittlere Korngrössenverteilung der im Ausbauasphalt enthaltenen Gesteinskörnung.

Für Ausbauasphalt werden wegen der wirtschaftlichen Bedeutung und der zwingenden Notwendigkeit, das Deponieren grosser Mengen an Ausbauasphalt zu vermeiden, reduzierte Anforderungen an die Anteile gebrochener Oberflächen in Gesteinskörnungen ≥ 4 mm gestellt.

Der Lieferant hat zudem die Homogenität des Ausbauasphaltes zu dokumentieren und zu deklarieren.

Folgende Anzahl Proben müssen kontrolliert werden:

Ausbauasphalt, Festlegung der Anzahl der durchzuführenden Proben in Abhängigkeit der Zugabemenge im Asphaltmischgut		
Zugabemenge im Asphaltmischgut	Probenanzahl n in Abhängigkeit der Menge	Minimale Probenanzahl
$\geq 10\%$ bei Deckschichten $\geq 20\%$ bei Binder- und Tragschichten	1 Probe pro 500 t	$n \geq 5$
$< 10\%$ bei Deckschichten $< 20\%$ bei Binder- und Tragschichten	1 Probe pro 2'000 t	$n \geq 1$

Tab. 4: SN 640 431-8a-NA, Tabelle 6

An diesen Proben müssen zusammengefasst folgende Werte bestimmt werden:

- Anteil Feinanteile
- Art des Bindemittels
- Bindemittleigenschaft – Festlegen der Bindemittelkategorie
- Bindemittelgehalt
- Korngrössenverteilung
- Anteil gebrochener Oberflächen in Gesteinskörnungen ≥ 4 mm
- Maximale Stückgrösse des Ausbauasphaltes
- Plattigkeitskennzahl
- Homogenität

2.2 Richtlinien BAFU – Bundesamt für Umwelt

Die „Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle“ [1] regelt den Umgang mit Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch und Mischabbruch.

Folgende Voraussetzungen werden für die Wiederverwendung von Ausbauasphalt festgelegt:

Zusammensetzung von Asphaltgranulat:

- Ausbauasphalt $\geq 80\%$
- Kies-Sand (nicht zugemischt) $\leq 20\%$
- Beton- und Mischabbruch (als Summe) $\leq 2\%$
- Fremdstoffe $\leq 0.3\%$ (für Heissaufbereitung dürfen keine Fremdstoffe enthalten sein)

2.2.1 Empfehlung - Entsorgung von teerhaltigem Ausbauasphalt

Die Empfehlung zur Entsorgung von teerhaltigem Ausbauasphalt wurde durch das BAFU in Zusammenarbeit mit der Begleitgruppe „BUWAL-Richtlinie – Verwertung mineralischer Bauabfälle“ abgegeben [2]. Sie ist eine Ergänzung zur erwähnten Richtlinie [1].

Soweit als möglich ist Ausbauasphalt mit tiefen PAK-Werten (unter 5'000 mg PAK pro kg Bindemittel) der Wiederverwertung zuzuführen. Besteht darüber hinaus noch eine Nachfrage nach Asphaltgranulat, kann auch teerhaltiges Material gemäss der vorliegenden Empfehlung verwendet werden.

Ausbauasphalt mit bis zu 5'000 mg PAK pro kg Bindemittel

Dieses Material darf gemäss dem vorgeschriebenen Umgang und den Qualitätskontrollen wiederverwendet werden.

Ausbauasphalt mit bis zu maximal 20'000 mg PAK pro kg Bindemittel

Solches Material darf nur in dafür geeigneten Belagsaufbereitungsanlagen oder im sogenannten „Kaltrecycling“ verarbeitet werden, wenn

1. die prozentual mögliche Zumischung des teerhaltigen Ausbauasphaltes so erfolgt, dass der Gesamtgehalt von 5'000 mg PAK pro kg Bindemittel in Bezug auf 100% Mischgut nicht überschritten wird.
2. die Anforderungen der Luftreinhaltung (LRV), insbesondere die Emissionsbegrenzung für krebserzeugende Stoffe eingehalten werden.
3. der MAK-Wert für Benzo(a)pyren von 0.002 mg/m^3 nicht überschritten wird.

Ausbauasphalt mit über 20'000 mg PAK pro kg Bindemittel

Solches Material sollte grundsätzlich auf einer Reaktordeponie abgelagert werden. Der PAK-Gehalt des Sickerwassers ist zu prüfen. Ist eine Ablagerung auf Reaktordeponien nicht möglich, so ist das Material nach den Vorgaben der zuständigen Behörde in geeigneten Anlagen zu behandeln oder abzulagern.

2.3 ChemRRV – Chemikalien Reduktionsverordnung

Zur Zeit ist eine Revision der ChemRRV [3] im Gange, um neue Vorschriften zum Umgang mit Chemikalien einzuführen. Diese Revision soll eine Angleichung an die Bestimmungen der EU bringen und somit Handelshemmnisse ausschliessen.

Die ChemRRV enthält zu insgesamt 31 Stoffen sowie Produktgruppen Einschränkungen und Verbote. Diese Verordnung hat gesetzlichen Charakter und bestimmt unter anderem die Verwendung von Ausbauasphalt. Bis anhin galt folgendes:

Verboten ist:

- die Verwendung von Ausbauasphalt, wenn sein PAK-Gehalt mehr als 1'000mg/kg beträgt, zu baulichen Zwecken;
- die Verwendung von Ausbauasphalt, wenn sein PAK-Gehalt mehr als 50mg/kg beträgt, zu Herstellung von Deckschichten;
- die Heissverarbeitung von Ausbauasphalt, wenn sein PAK-Gehalt mehr als 1'000mg/kg beträgt, wobei der neu produzierte Asphalt den PAK-Gehalt von 250mg/kg nicht überschreiten darf.

In der ChemRRV wird mit PAK im Ausbauasphalt und nicht im Bitumen gerechnet. Wenn man von einem mittleren Bindemittelgehalt im Ausbauasphalt von 5.0 M-% ausgeht, dann beträgt z.B. bei einem PAK-Gehalt von 1'000mg/kg im Ausbauasphalt der Gehalt im Bindemittel $1'000\text{mg/kg} / 0.05 = 20'000\text{mg/kg}$. Diese Toleranzen entsprechen der BAFU Richtlinie.

Da die gültige ChemRRV vom 18. Mai 2005 (Stand am 1. August 2011) keine Anforderungen an Teere im Strassenbau stellt, wird weiterhin die gültige BAFU Richtlinie [2] angewendet.

Für Ausbauasphalt mit einem PAK-Anteil $> 20'000$ mg PAK pro kg Bindemittel gibt es nur die Möglichkeit der Endlagerung in einer Reaktordeponie. In Holland gibt es verschiedene Anlagen, die den Ausbauasphalt verbrennen und die zurückbleibenden Gesteinskörnungen wieder verwenden. Solche Anlagen sind aber kostenintensiv und wurden bisher in der Schweiz nicht diskutiert.

Die neue ChemRRV wird am 01. Dezember 2012 in Kraft treten. Ziel der Regelungen des „Anhangs 1.15 Chemikalien-Reduktions-Verordnung – Teere“ ist, teerhaltige Produkte mit Anwendungsgebieten, die bei der Nutzung und/oder Entsorgung zu Umwelteinträgen mit PAK führen, vom Markt fern zu halten [18].

Jedoch wird als Ausnahme die Verwendung von teerhaltigen Bindemitteln, welche bei der Asphaltherstellung infolge der Verwertung von teerhaltigem Ausbauasphalt in neue Beläge gelangen, genannt. Dadurch wird die Wiederverwertung von Ausbauasphalt nicht eingeschränkt.

Das BAFU kann auf begründetes Gesuch weitere Ausnahmen, die befristet werden können, von den Verboten für teerhaltige Zubereitungen und Bindemittel zulassen, wenn nach dem Stand der Technik ein Ersatz fehlt und nicht mehr Teere eingesetzt werden, als für den angestrebten Zweck zwingend nötig ist, und das Risiko für die Gesundheit und Umwelt ausreichend beherrscht wird.

3 Stoffflussanalyse

Der Ausbauasphalt gelangt entweder als Fräsasphalt oder als Ausbruchasphalt auf eine Deponie oder direkt zum Mischgutproduzent und wird meist auf einem Depot gelagert und als Gemisch dem Brecher zugeführt, um eine Regelmässigkeit der Qualität im Asphaltgranulat zu erhalten. Das Asphaltgranulat sollte möglichst trocken gelagert werden, um die Zunahme von Feuchtigkeit zu verhindern (z.B. in Lagerhallen oder zugedeckt).

In der Schweiz werden ausschliesslich zwei Verfahren für die Herstellung von Recyclingmischgut angewendet:

- Kaltaufbereitung des Asphaltgranulates durch Direktzugabe in den Mischer
- Warmaufbereitung des Asphaltgranulates durch eine Paralleltrommel

3.1 Kaltaufbereitung

Kaltaufbereitung:

Das Recyclingmaterial wird im Mischer mit dem erhitzten Neumaterial aus der Trockentrommel zusammengeführt und dadurch erwärmt. Um die angestrebte Mischguttemperatur von ca. 160 °C zu erreichen, muss das Neumaterial auf ca. 220 – 230 °C aufgeheizt werden. Die Zugabe von Kaltrecycling ist dadurch auf ca. 20 – 30 Masse-% beschränkt. Eine Zusätzliche Problematik bildet der hohe Feuchtigkeitsgehalt des kalten Recyclingmaterials. Durch den plötzlichen Kontakt mit dem heissen Neumaterial entsteht eine explosionsartige Wasserdampfbildung im Mischer, die durch eine wirksame Absaugung oder ein Ventil weggeführt werden muss.

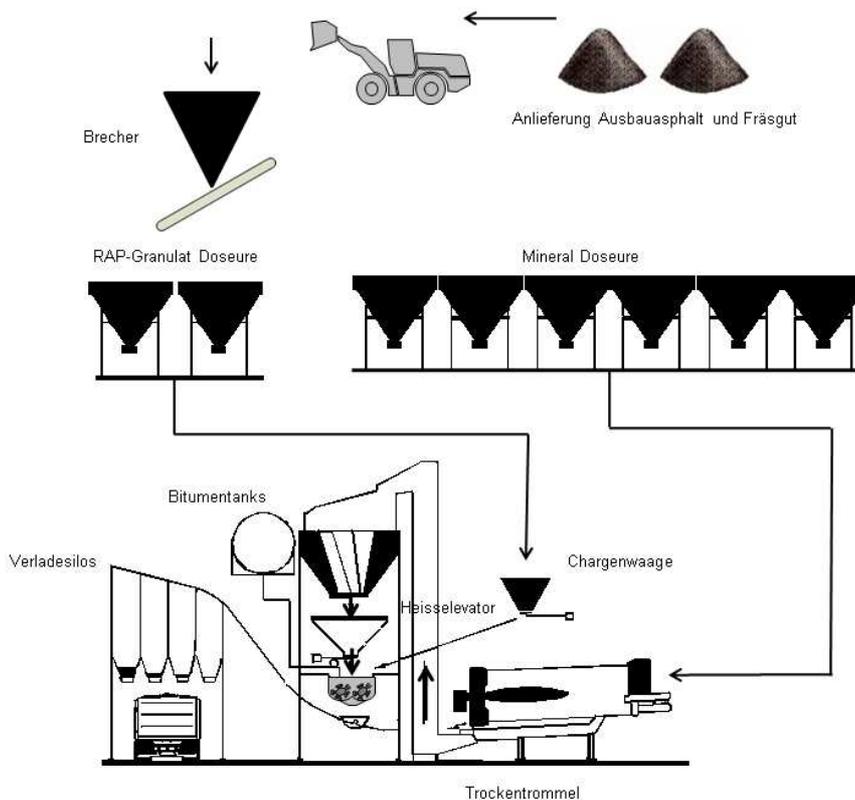


Abb. 1a: Stofffluss-Schema Kaltaufbereitung

3.2 Warmaufbereitung

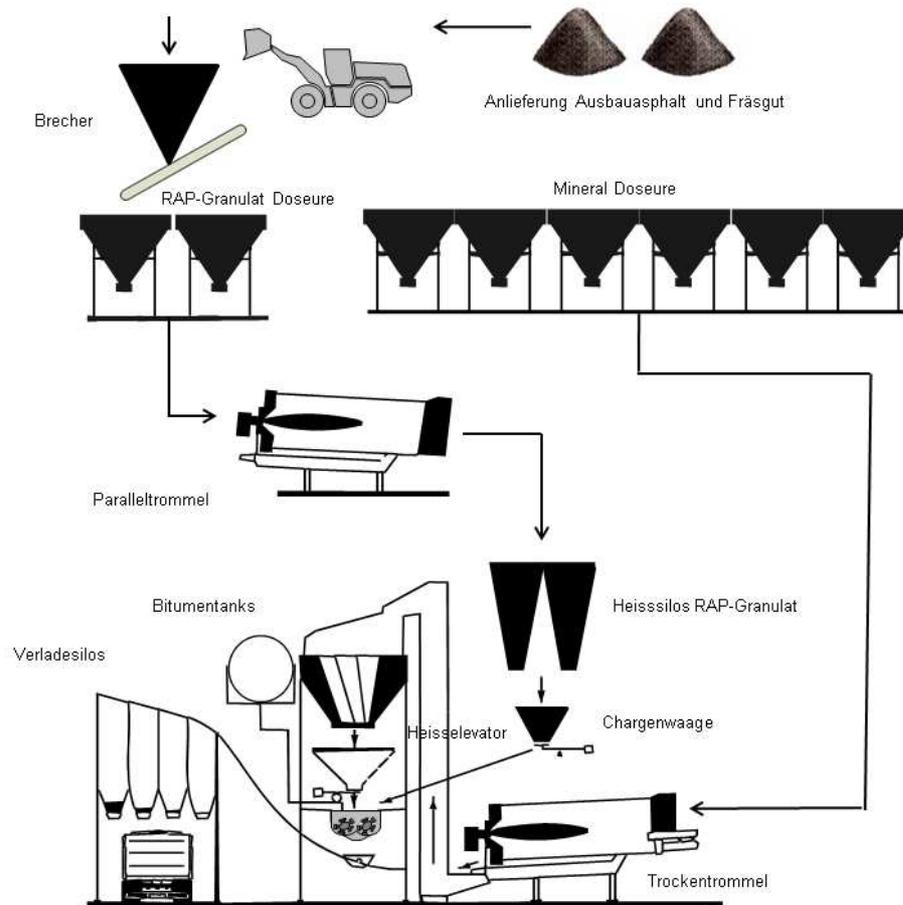


Abb. 1b: Stofffluss-Schema Warmaufbereitung

Warmaufbereitung: Bei der Warmaufbereitung wird das Asphaltgranulat in der Paralleltrommel auf ca. 130 °C erwärmt und getrocknet. Über ein Vorsilo wird das heiße Granulat separat über eine Waage dem Mischer zugegeben. Der Recyclinganteil kann durch die Warmaufbereitung bis zu 70 Masse-% betragen (AC F - Beläge).

Neuere Verfahren erlauben auch ein sogenanntes 100%-Recycling. Diese Verfahren sind theoretisch in der Praxis für genormtes Mischgut nicht relevant. Jedoch ist diese Aufbereitungsart wie nachfolgend beschrieben für den Anlagebetrieb sehr interessant. Zudem besteht die Möglichkeit einer hochprozentigen Zugabe von Asphaltgranulat für nicht hochwertige Beläge.

Durch den verbesserten Trocknungs- und Erhitzungsprozess erhöht sich der Wirkungsgrad im Vergleich zur herkömmlichen Paralleltrommel. Die 100%-RAP-Paralleltrommel arbeitet im für diesen Trommeltyp unüblichen Gegenstromprinzip (s. Bild 2). Zudem lassen sich Auslauftemperaturen realisieren, die denen eines einbaufähigen Belages entsprechen. Das Recycling-Material kann bis auf 165°C erhitzt werden, der Schadstoff-Ausstoß ist dank Nachverbrennung und Brennkammer sehr tief, es können Anlagenleistungen bis zu 320 t pro Stunde, mit Recycling-Anteil bis zu 240 t pro Stunde gefahren werden. Da der Ausbauasphalt auf Belagtemperatur erwärmt wird, erhöht sich die Flexibilität der Asphaltmischanlage, da nicht mehr Gesteine mit unterschiedlichen Temperaturen

aufbereitet werden müssen, um die Temperaturunterschiede auszugleichen. Als zusätzlicher Vorteil ist zu erwähnen, dass mit einem sehr geringen Sauerstoffgehalt in der Trommel gefahren wird, dadurch verursacht der Erhitzungsprozess eine sehr geringe Verhärtung des Bitumens.

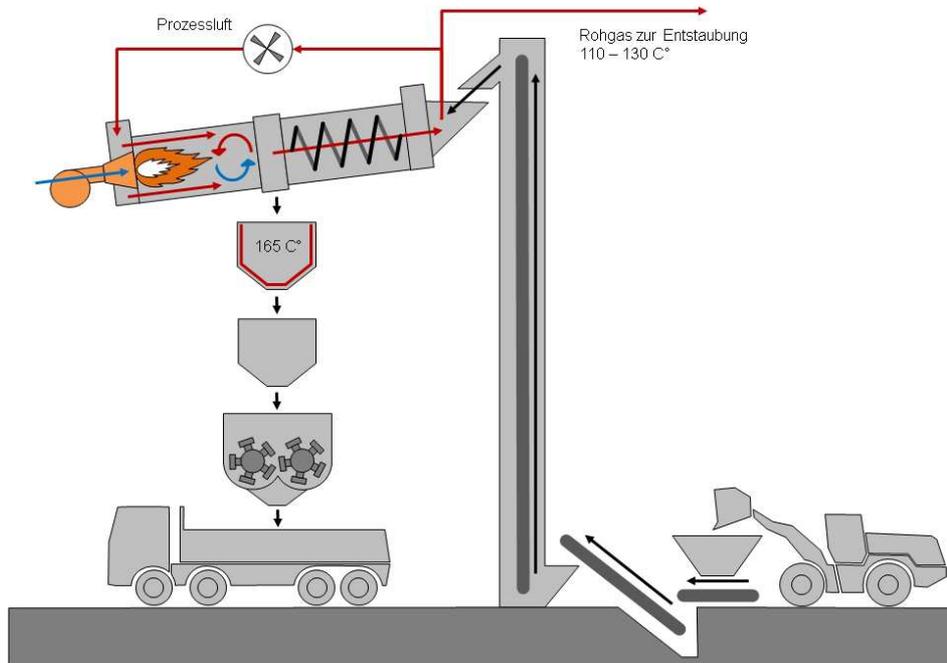


Abb. 2: 100% Recycling

4 Mischgutaufbereitung mit Recyclingmaterial: Qualitative Aspekte

4.1 Allgemeines

Der Ausbauasphalt gelangt entweder als Fräsasphalt oder als Ausbruchasphalt auf das Lager und stammt naturgemäss von unterschiedlichen Baustellen. Dabei kann es sich im Trag-, Binder- oder Deckbeläge mit unterschiedlicher Kornverteilung, unterschiedlichem Bindemittelanteil und selbstverständlich um unterschiedliche Bindemittelsorten handeln. Durch das Brechen des Ausbauasphaltes soll ein gleichmässiges Asphaltgranulat hergestellt werden. Dieses Material wird im Labor kontrolliert und die Korngrössenverteilung bzw. die Bindemittelleigenschaften ermittelt. Auf Basis von diesen Werten können dann die Rezepte für die unterschiedlichen Asphaltbeläge errechnet werden. Die Anforderungen an das Asphaltgranulat legt die SN 640 431-8 fest.

4.2 Korngrössenverteilung / Bindemittelgehalt

Unabhängig von den Vorgaben zur maximalen Zugabemenge von Ausbauasphalt stellt sich die Frage, welche Beläge man überhaupt mit dem vorhandenen Asphaltgranulat herstellen kann und welcher Anteil möglich ist. Dazu müssen vorgängig sämtliche Werte des Asphaltgranulates vorliegen, damit man dementsprechende Rezepte für die Produktion errechnen kann, um die Zielsollwerte festlegen zu können. Bei der eigentlichen Produktion können diese Annahmen dann durch Mischgutkontrollen überprüft werden. Dadurch wird der optimale Anteil Recyclingmaterial für die einzelnen Mischgutsorten ermittelt.

Auf den meisten Mischanlagen wird ein 0/16 mm Asphaltgranulat für die Herstellung von Trag- und Binderschichten gebrochen. Falls auch Deckbeläge mit Zugabe von Asphaltrecycling hergestellt werden sollen, muss zusätzlich ein feineres Asphaltgranulat, z.B. 0/11 mm gebrochen werden.

Die Homogenität des Asphaltgranulates ist ausschlaggebend für die Qualität des Mischgutes.

Der durch Extraktion bestimmte lösliche Bindemittelgehalt am Asphaltgranulat beträgt im Durchschnitt 4.0 - 4.5 M.-%.

4.3 Bindemittelleigenschaften

An dem Asphaltgranulat werden meist Penetration und Erweichungspunkt Ring und Kugel aus dem rückgewonnenen Bindemittel bestimmt. Im Durchschnitt liegt die Penetration ca. bei $30 \frac{1}{10\text{mm}}$, der Erweichungspunkt Ring und Kugel bei ca. 60 °C. Diese Werte sind aber stark abhängig von der Herkunft des Ausbauasphaltes und können objektbedingt stark schwanken. Wird zum Beispiel ein grösseres Autobahnlos ausgebaut, welches Schichten aus einem Hartbitumen enthält, können andere Werte als im Durchschnitt auftreten. In solchen Fällen müssen evtl. kurzfristige Rezeptänderungen im Zugabemittel berücksichtigt werden.

Tabelle 1 der SN 640 431-1 enthält Empfehlungen zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen von Asphaltbeton.

Asphaltbeton, Empfehlungen zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen												
	Mischgutsorten											
	AC	AC B	AC T	AC MR	AC F	AC RAIL						
Bindemittel und Bindemittelsorten	Mischguttypen											
	L	N	S	H	S	H	L	N	S	H	Ohne Typen	
Strassenbaubitumen												
35/50				o	o						+	+
50/70		+	+	+	o				+	+	+	
70/100	+	+	o		o			+	+	o		
100/150	+	+						+	o			
160/220	o							o				
Polymerbitumen												
PmB 25/55-55 (CH-C)				o	o	o	+			o	+	
PmB 45/80-50 (CH-C)				+	+	+	+			o	o	
PmB 65/105-45 (CH-C)				o	o						o	
PmB 45/80-65 (CH-E)				o	o						+	
PmB 65/105-80 (CH-E)				o	o						+	

- + Sorten, die in der Regel zu verwenden sind
- o Sorten, die je nach Beanspruchung durch Verkehr und Klima zu verwenden sind

Tab. 5: SN 640 431-1b-NA, Tabelle 1: Asphaltbeton, Empfehlung zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen

Bei die Produktion von Hochmodul-Asphaltbeton, den sogenannten EME-Belägen, wird die Verwendung von sehr harten Bindemitteln verlangt (s. Tabelle 6).

Bei Verwendung von Ausbauasphalt fordert die Norm, dass der Erweichungspunkt des Bindemittels, berechnet aus dem Erweichungspunkt des zugegebenen und des aus dem Ausbauasphalt rückgewonnenen Bindemittels, die für die ausgewählte Mischgutsorte geltenden Anforderungen an den Erweichungspunkt erfüllen.

Hochmodul-Asphaltbeton AC EME, Empfehlungen zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Klasse und der angestrebten Eigenschaften		
Klasse C	Angestrebte Eigenschaften	Sortenbezeichnung gemäss EN 13924 [10]
AC EME 22 C1	Beständigkeit gegen bleibende Verformung	Bitumen 15/25 (CH)
AC EME 22 C2	Beständigkeit gegen Ermüdung	Bitumen 10/20 (CH)

Tab. 6: SN 640 431-1b-NA, Tabelle 2: Hochmodul-Asphaltbeton AC EME, Empfehlung zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Klassen und der angestrebten Eigenschaften.

In der Praxis werden häufig Anforderungen an die Penetration, an den Erweichungspunkt und bei polymermodifizierten Bindemitteln auch an die elastische Rückstellung am rückgewonnenen Bindemittel gestellt, obwohl keine Normvorgaben bestehen. Als Beispiele werden die Anforderungen des ASTRA Bundesamt für Strassen, des Tiefbauamtes des Kantons Zürich und der Stadt Zürich aufgezeigt.

Bindemittel	Anforderungsbereich an Bindemittel aus Rückgewinnung (Rückgewinnung gemäss Norm SN 670 403-NA EN 12697-3)
-------------	--

Bitumen gemäss SN 670 150-1 EN 12591	Penetration bei 25 °C SN 670 511 EN 1426 [1/10 mm]	Erweichungspunkt RuK SN 670 512 EN 1427 [° C]
50/70	30 ... 55	48 ... 65
70/100	40 ... 75	45 ... 62

Polymermodifizierte Bitumen (PmB) gemäss SN 670 210-NA EN 14023	Penetration bei 25 °C SN 670 511 EN 1426 [1/10 mm]	Erweichungspunkt RuK SN 670 512 EN 1427 [° C]
PmB 10/40-70 (CH-E) ¹	10 ... 35	≥ 65
PmB 25/55-65 (CH-E) ¹	15 ... 50	≥ 60
PmB 45/80-65 (CH-E) ¹	30 ... 70	≥ 60
PmB 65/105-60 (CH-E) ¹	40 ... 90	≥ 55

¹Bei Einsatz von Ausbauasphalt sind die Anforderungsbereich vor der Ausführung mit dem Bauherrn festzulegen. Bei mehr als 20% bis 30% Ausbauasphalt sind Bindemittel mit erhöhtem Kunststoffanteil zu verwenden (z.B. RC-Bindemittel).

Harte Strassenbaubitumen gemäss SN 670 204-NA EN 13924	Penetration bei 25 °C SN 670 511 EN 1426 [1/10 mm]	Erweichungspunkt RuK SN 670 512 EN 1427 [° C]
10/20	6 ... 16	≥ 60
15/25	8 ... 21	≥ 57

Tab. 7: ASTRA „Qualitätsanforderungen bitumenhaltiger Schichten“, Ausgabe 2010 V1.04

Bei den „Qualitätsanforderungen bitumenhaltiger Schichten“, ASTRA werden Anforderungen an die Penetration und den Erweichungspunkt Ring und Kugel gestellt.

Das Tiefbauamt des Kantons Zürich stellt zudem Anforderungen an die elastische Rückstellung und das Kälteverhalten (s. Tabelle). Zweifelhaft sind die Anforderungen an das B 15/25 mit einer Penetration von 15 ... 35 ¹/_{10mm} nach der Rückgewinnung des Bindemittels.

Bindemittel	Anforderungsbereich an das rückgewonnene Bindemittel				
Bindemitteltyp	Zielbindemittel	Penetration bei 25 °C	Erweichungspunkt	Elastische Rückstellung	Wärmestandfestigkeit und Kalteverhalten **
		[1/10mm]	[°C]	[%]	Bruchtemperatur [°C]
B 70/100		40 ... 75	45 ... 62		
Bitumen mit Verwendung von Asphaltgranulat in AC B/T Typ N	B 70/100	35 ... 75	47 ... 62		≤ - 22
B 50/70		30 ... 55	48 ... 65		
Bitumen mit Verwendung von Asphaltgranulat in AC B/T Typ S	B 50/70	25 ... 55	50 ... 65		≤ - 20
PmB 10/40-70 (CH-E)		15 ... 35	65 ... 87	≥ 60 *	≤ - 18
Spezialbitumen mit Verwendung von Asphaltgranulat in AC B / T Typ H	PmB 10/40-70 (CH-E)	15 ... 35	65 ... 87	≥ 50 *	≤ - 18
PmB 25/55-65 (CH-E)		20 ... 50	60 ... 80	≥ 60	≤ - 22
Spezialbitumen mit Verwendung von Asphaltgranulat in AC B / T Typ H	PmB 25/55-65 (CH-E)	20 ... 50	60 ... 80	≥ 50	≤ - 20
PmB 45/80-65 (CH-E)		35 ... 70	60 ... 80	≥ 60	≤ - 25
Spezialbitumen mit Verwendung von Asphaltgranulat in AC B / T Typ H	PmB 45/80-65 (CH-E)	35 ... 70	60 ... 80	≥ 60	≤ - 22
PmB 65/105-60 (CH-E)		45 ... 90	55 ... 75	≥ 60	≤ - 22
B 10/20		6 ... 16	60 ... 85		≤ - 18
B 15/25		15 ... 35	65 ... 80		≤ - 18

Legende:

* Elastische Rückstellung bei 100 mm Fadenlänge

** Prüfung „Widerstand gegen Rissbildungen bei tiefen Temperaturen im Abkühlversuch (FGSV 756)“ Bestimmung der Bruchtemperatur mit Belagsprismen.

Tab. 8: Allg. Bestimmungen Baudirektion Kanton Zürich Ausgabe vom 17.01.2012

Das Tiefbauamt der Stadt Zürich definiert zulässige Toleranzen am Bindemittel aus Rückgewinnung bei der Penetration, dem Erweichungspunkt R+K und der elastischen Rückstellung. Hier fallen die Anforderungen an die Strassenbaubitumen 50/70 und 70/100 nach der Rückgewinnung auf. Es wird mit einer sehr hohen Verhärtung gerechnet. Wird bei der Produktion kein Asphaltgranulat beigegeben, können die Anforderungen zum Teil nur schwer erreicht werden.

Die unterschiedlichen Anforderungen und die zum Teil nur schwer erreichbaren Werte zeigen auf, dass im Falle der Bindemittelkennwerte am rückgewonnenen Bindemittel sicher Handlungsbedarf durch eine umfangreiche Forschung besteht.

Das Gemisch von Zugabebindemittel und von Bindemittel aus dem Ausbauasphalt wird Zielbindemittel genannt. Das Zielbindemittel soll der Tabelle 1 der SN 640 431-1 entsprechen, bzw. die Anforderungen an das rückgewonnene Bindemittel erfüllen.

Im Normalfall empfiehlt es sich als Zugabebindemittel eine weichere Bindemittelsorte zu wählen, da das Bindemittel im Ausbauasphalt mit einer Penetration von ca. 30 ¹/_{10mm} und einem Erweichungspunkt Ring und Kugel von ca. 60 °C als hart bezeichnet werden darf. Man wählt für das Zugabebindemittel je nach Recyclinganteil häufig ein 1-2 Stufen weiches Bindemittel. Bei sehr geringen Dosierungen von Recycling kann auch mit demselben Zugabebindemittel gearbeitet werden wie im Zielbindemittel vorgesehen. Dabei sind aber vorgängig immer die Bindemittelleigenschaften im Recyclingmaterial zu ermitteln. Bei sehr hohen Recyclinganteilen oder einem sehr harten Asphaltgranulat kann auch der Einsatz von Verjüngungsmittel in Frage kommen. Entsprechende Untersuchungen werden im Rahmen des Forschungspaketes „Recycling von Ausbauasphalt im Heissmischgut“ durchgeführt.

Bindemittel	Penetration 25° [1/10 mm]	EP R+K	Elastische Rück- stellung
		[°C]	[%]
70/100	35-70	47-62	
50/70	25-50	50-65	
Bitumen mit Verwendung von Asphaltgranulat in AC B/T Typ S, Zielbindemittel B 50/70	25-50	50-65	
Olexobit HP	15-35	70-85	≥ 50**
Olexobit SMA	25-50	65-80	≥ 60
Styrelf E 40	20-50	65-80	≥ 60
Cariphalte 25 RC	15-35	70-87	≥ 60**
Cariphalte 50/70	35-70	65-80	≥ 60
Cariphalte 30/50	20-50	65-80	≥ 60
Spezialbindemittel mit Ver- wendung von Asphaltgranu- lat* in AC B/T Typ H, Ziel- bindemittel E 10/40-70	15-35	60-80	≥ 50**

Tab. 9: Stadt Zürich „Qualitätskontrollen Walzasphalt“ zulässige Toleranzen am Bindemittel aus Rückgewinnung. Ausgabe 28.04.2008, geändert 31.05.2009

** Elastische Rückstellung bei 100 mm Fadenlänge

Für die Herstellung von Hochmodul-Asphaltbeton AC EME gelangt man mit dem durchschnittlichen Recyclingmaterial an die Grenzen des Möglichen, da das Zielbindemittel noch härtere Eigenschaften vorweisen muss als das Bindemittel aus dem Ausbauasphalt. Hier muss entweder ein aussergewöhnlich hartes Asphaltgranulat vorliegen (z.B. aus ehemaligen EME-Belägen oder aus BP Structur Belägen) oder der Recyclinganteil dementsprechend tief gehalten werden. Als Zugabebindemittel werden in der Praxis keine Strassenbaubindemittel verwendet, welche die Zielwerte zusammen mit einem hohen Anteil von Asphaltgranulat erreichen könnten.

Mit dem aufkommenden Bedürfnis Ausbauasphalt wieder verwenden zu können, kam auch die Idee auf Beläge herzustellen, welche als Zielbindemittel ein polymermodifiziertes Bindemittel enthalten. Hier stellte man sich aber die Frage, ob eine Verdünnung der Polymeranteile und somit eine Qualitätsverminderung in Kauf genommen werden muss. Die Bindemittelhersteller haben auf diese Problematik reagiert und stellen polymermodifizierte Bindemittel für die Recyclingproduktion mit einem höheren Polymeranteil her, um die Verdünnung der Polymere zu kompensieren. Dadurch können bei Zugabe von Ausbauasphalt gleichwertige Gebrauchseigenschaften erzielt werden wie bei herkömmlichen polymermodifizierten Produkten.

Da bei der Wiederverwertung von Ausbauasphalt die grössten Unsicherheiten und Vorurteile bei der Bindemittelqualität bestehen und zudem die Problematik hinzukommt, dass bei der Rückgewinnung des Bindemittels keine normativen Anforderungen gelten, gibt es in diesem Bereich sicher den grössten Klärungsbedarf.

4.4 Qualität der Gesteinskörnungen

Für Ausbauasphalt werden in der SN 640 431-8 wegen der wirtschaftlichen Bedeutung und der zwingenden Notwendigkeit, das Deponieren grosser Mengen an Ausbauasphalt zu vermeiden, reduzierte Anforderungen an die Anteile gebrochener Oberflächen in Gesteinskörnungen $\geq 4\text{mm}$ gestellt. Für die Mischgutgruppe AC sind die Anforderungen abgestuft nach Verwendungszweck und Mischgutsorten und -typen (s. Tab. 10).

Bei den Gesteinskörnungen stellt sich zudem die Frage der qualitativen Veränderung bei der Wiederverwertung von Ausbauasphalt. Werden die Gesteinskörnungen durch den Ausbau (Brechen oder Fräsen) und dem nachträglichen Brechen in die gewünschten Fraktionen geschädigt? Wie verändern sich Kornform, Plattigkeit, Los Angeles-Wert etc.? Bei Wiederverwendung von Ausbauasphalt in Deckbelägen spielt der Polierwiderstand (PSV-Wert) der Recycling-Gesteinskörnung eine wichtige Rolle. Diese Problematik wird im Rahmen des Forschungspaketes behandelt (VSS 2005/453 Einzelprojekt EP 2: Mehrfachrecycling von Strassenbelägen).

Ausbauasphalt, Kategorien prozentualer Anteil gebrochener Oberflächen in Gesteinskörnungen $\geq 4\text{mm}$			
Mischgut		Kategorien prozentualer Anteil gebrochener Oberflächen in Gesteinskörnungen $\geq 4\text{mm}$	
Sorte		Typ	
Deckschicht	AC	L, N	$C_{50/10}$
Binderschicht	AC B	S, H	$C_{50/10}$
Tragschicht	AC T	L, N, S, H	$C_{50/30}$
Fundationsschicht	AC F		C_{NR}

Tab. 10: SN 640 431-8a-NA, Tabelle 5: Ausbauasphalt, Kategorie prozentualer Anteil gebrochener Oberflächen in Gesteinskörnungen $\geq 4\text{mm}$.

Als Vergleich sind die Anforderungen an den prozentualen Anteil gebrochener Körner bei neuen Gesteinskörnungen gem. SN 670 103b-NA „Anforderungen Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen für Strassen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen“ in Tab. 11 aufgeführt:

Prozentualer Anteil gebrochener Körner		
Asphaltgruppen	Asphalttypen	Kategorie
Deckschichten	AC Typ L	$C_{50/10}$
	AC Typ N, S	$C_{70/10}$
	AC Typ H	$C_{95/1}$
Binderschicht	AC B, PA B	$C_{70/10}$
	MA	$C_{90/1}$
Tragschichten	AC T Typ L,N AC T Typ S,H AC EME	$C_{50/30}$ $C_{70/10}$ $C_{90/1}$
Fundationsschichten	AC F	C_{NR}
Sickerschichten	PA S	$C_{50/10}$

Tab. 11: SN 670 103b-NA, Tabelle 4: Prozentualer Anteil gebrochener Körner gemäss Tabelle 9 der EN 13043:2002

Bei der Kategorie $C_{70/10}$ handelt es sich um einen Spezialfall, der in der Schweiz als Zwischenlösung eingeführt wurde. In der EN 13043:2002 existiert eine solche Kategorie nicht.

4.5 Zusammenfassung

Die maximal mögliche Zugabemenge von RAP richtet sich nach folgenden Kriterien:

- Normvorgaben
- Eignung des Asphaltgranulates für das vorgesehene Mischgut (Mix Design)
- Homogenität des Asphaltgranulates
- Maschinentechnische Voraussetzungen auf der Mischanlage
- Temperaturen

Beim sogenannten Mix Design ist selbstverständlich zu prüfen, ob das resultierende Asphaltmischgut die Normanforderungen erfüllt. So können z.B. die Bindemittleigenschaften oder die Kornverteilung allein schon die maximal mögliche Zugabemenge bestimmen.

Normative Anforderungen an das rückgewonnene Bindemittel können helfen, die Akzeptanz des Asphaltrecycling auf allen Stufen zu fördern.

5 Erfassung des Status-quo in der Schweiz

5.1 Kantonale Vorgaben

Betreffend Asphaltrecycling gibt es keine kantonalen Vorgaben. Es gelten die gängigen VSS-Normen. Dem Asphaltlieferanten ist es freigestellt den Recyclinganteil innerhalb den Normtoleranzen festzulegen. Jedoch gibt es kantonale Vorgaben an das Asphaltmischgut mit eingeschränkten Toleranzen. Durch die verschärften Anforderungen, z.B. an die Kornverteilung, an den Bindemittelgehalt oder an die Bindemittelrückgewinnung, kann z.T. gar nicht mehr mit den nach den VSS-Normen möglichen Recyclingzugaben produziert werden.

Wegen der Teerproblematik, die von Kanton zu Kanton unterschiedlich ist, gibt es in der Schweiz zusätzlich zu der BAFU Richtlinie über die Verwertung mineralischer Bauabfälle [1] auch unterschiedliche kantonale Vorgaben.

5.1.1 Kanton Aargau

Im Kanton Aargau wurde noch länger als in anderen Kantonen mit teerhaltigen Belägen gearbeitet. Dadurch hat der Kanton Aargau heute immer noch viele Beläge, die aufgrund unterschiedlicher Belagskonstruktionen sehr differenzierte PAK-Gehalte vorweisen. Diese teerhaltigen Beläge bewegen sich in einer Spanne von < 3'000 bis max. 160'000 mg PAK pro kg Bindemittel.

Mit der generellen Zustimmung der AfU des Kantons Aargau kann Asphaltgranulat mit einem PAK-Anteil > 20'000 mg PAK pro kg Bindemittel ausschliesslich kalt gebunden als Foundationsschicht KMF < 32 mm verwendet werden [4]. Dafür stellt der Kanton Zwischenlager zur Verfügung. Der Ausbauasphalt verbleibt im Eigentum des Departements Bau, Verkehr und Umwelt, und zwar bis zum späteren Wiedereinbau als Kaltmischfoundationsschicht.

Ansonsten gelten für die Wiederverwendung von RAP die VSS-Normen. Es werden keine Einschränkungen gemacht.

5.1.2 Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft

Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft (Baudepartement des Kantons Basel-Stadt / Amt für Umwelt und Energie und Bau- und Umweltschutzdirektion Basel-Landschaft / Amt für Umweltschutz und Energie) haben gemeinsam ein Merkblatt für „Teerhaltige Beläge“ [5] publiziert. Das Merkblatt hält sich grundsätzlich an die „Empfehlung Entsorgung von teerhaltigem Ausbauasphalt“ des BUWAL [2]. Jedoch wird bei Belagsmaterial mit mehr als 20'000 mg PAK pro kg Bindemittel eine Ausnahme definiert: Mit Zustimmung der kantonalen Fachstelle kann dieses Material als gebundene Kaltmisch-Foundationsschicht unter einer Deckschicht verwendet werden.

5.1.3 Ostschweiz

In Zusammenarbeit mit einer Begleitkommission (Tiefbau- und Umweltämter der Ostschweiz – AI, AR, GL, GR, SH, SG, ZH, FL -, ASTRA und BAFU) wurde ein Bericht über die heutige Situation, die Handlungsoptionen und deren Auswirkung sowie die erwarteten Entwicklungen betreffend Ausbauasphalt erstellt [6].

Anhand einer Umfrage im Jahr 2000 durch das ASTRA wurden folgende eingebauten Asphaltmengen (National-, Kantons- und Gemeindestrassen) in der Ostschweiz ermittelt:

Kanton	Asphaltlager [Tonnen Asphalt eingebaut in Strassen]
AI	307'200
AR	1'440'000
FL	1'351'200
GL	1'236'000
GR	10'531'200
SG	6'926'400
SH	1'665'600
TG	4'980'000
ZH	13'111'200
Total Ostschweiz	41'548'800
Total Schweiz	157'000'000

(m³ wurden mit dem Faktor 2.4 in Tonnen umgerechnet)

Als Folgerung dieses Berichtes betreffend Wiederverwertung von Ausbauasphalt im Heissverfahren können folgende Punkte erwähnt werden:

- Rund 470'000 t pro Jahr oder 98% der in der Ostschweiz anfallenden Menge an Ausbauasphalt werden den Prozessen der Wiederverwertung zugeführt. Der Bedarf an Recyclingmaterial im öffentlichen Strassenbau liegt heute unterhalb der verwertbaren Ausbauasphaltmenge. Der Überschuss beträgt rund 145'000 t oder ca. 30% des verwertbaren Ausbauasphalts. Zurück in den öffentlichen Strassenbau gelangen rund 70% des verwertbaren Ausbauasphalts.
- Ein grosser Teil dieses Überschusses (ca. 48'000 t) wird ausserhalb des öffentlichen Strassenbaus in Feld- und Waldwegen oder Zufahrtsstrassen und Plätzen eingesetzt. Es muss angenommen werden, dass ein deutlicher Teil dieses Überschusses auch durch nicht normkonforme Anwendungen „verschwindet“.
- Für rund 20% des verwertbaren Ausbauasphaltes findet sich zur Zeit überhaupt keine Verwendung. Diese Menge führt zu einem stetigen Lagerwachstum.
- Durch bedarfssteigernde Massnahmen soll diese Überproduktion auf dem Asphalt-Recyclingmarkt verringert werden. Die wichtigsten Massnahmen sind die Erhöhung des Asphaltgranulat-Anteils im Belag sowie die vermehrte Realisierung von Oberbauverstärkungen mit AC F oder KMF.
- Um langfristige Überschüsse an Asphaltgranulat zu vermeiden, muss ein durchschnittlicher RAP-Anteil im Belag von mindestens 50% angestrebt werden. Der durchschnittliche RAP-Anteil in den gebundenen Fundationsschichten sollte dabei gleichzeitig mindestens 70% betragen.

Betreffend PAK-haltiger Beläge wurde aufgrund des Berichtes und der Erhebung belasteter Strassen empfohlen die BAFU-Richtlinie [1] zu unterstützen. Die in der BAFU-Richtlinie festgelegten Grenzwerte für PAK-Gehalte haben sich gemässen den Erkenntnissen aus dem Bericht als realistisch erwiesen.

5.2 Stand bei den Mischgutwerken

Anhand eines Fragekataloges wurden verschiedene Mischgutproduzenten in der Schweiz, welche auf ihren Anlagen Asphaltrecycling verwenden, befragt. Als Schwerpunkte wurden die angewandte Technik, die RAP-Lagerung, die Aufbereitung und die finanziellen Anreize definiert. Auf Wunsch der Werke werden die Umfrageresultate anonym gehalten. Bei der Umfrage wurde darauf geachtet, dass ein möglichst durchschnittliches Bild der Schweiz aufgezeigt werden kann. Auf nachfolgender Karte werden die Standorte der befragten Mischanlagen aufgezeigt.

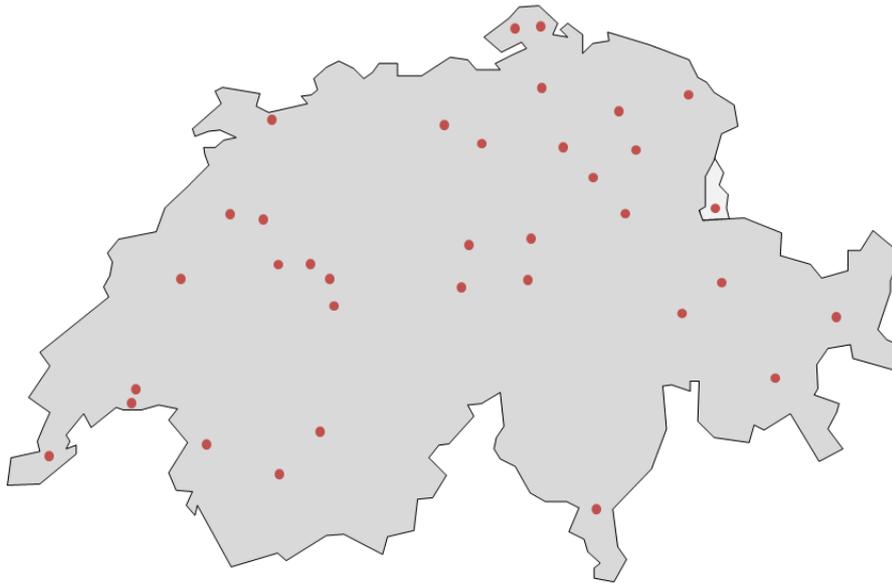


Abb. 3: Befragung Mischgutwerke mit RAP bei der Aufbereitung. Stand 2009

5.2.1 Herstellung und Lagerung von Asphaltgranulat

Je nach Platzverhältnissen und Einsatz von Ausbaumasphalt kaufen die befragten Mischgutwerke das Asphaltgranulat ein oder brechen es selber vor Ort.

Bei der Annahme werden der Fräsasphalt und der Ausbruchasphalt meist zusammen gelagert und nur vereinzelt getrennt am Haufen deponiert. Bei der Annahme ist es wichtig das Material optisch zu kontrollieren. Häufig kommt es vor, dass das Material verschmutzt ist, sei dies durch Reste von Fundamentalschichten oder Fremdstoffe wie Holz, Betonabbruch oder sonstige Baustellenabfälle.

Gebrochen wird aber immer eine Mischung von Fräs- und Ausbruchasphalt, um eine regelmässige Qualität im Recyclinggranulat gewährleisten zu können. Dieses Mischen ist grundlegend für die Regelmässigkeit des RAP-Granulates. Das Personal (v.a. Pneu-laderfahrer) muss dementsprechend geschult werden. In Ausnahmefällen, z.B. bei sehr grossen Lieferungen von Deckbelagsfräsasphalt, wird diese Lieferung alleine gebrochen und für die Mischgutaufbereitung eine spezielle Rezeptur gefahren, um den Änderungen in der Kornverteilung und im Bindemittelgehalt Rechnung zu tragen.

Bei der Lagerung des RAP-Granulates wird stets darauf geachtet eine grössere Lagermenge zu bewirtschaften, damit auch immer eine gute Durchmischung des neu gebrochenen Materials stattfindet bzw. die Homogenität des Materials gewährleistet werden kann. Die Angaben über die Lagermengen waren sehr unterschiedlich (ca. 500t – 5'000t).

Das gelagerte Material muss auch optisch einer ständigen Kontrolle unterzogen werden, um einer evtl. Verschmutzung durch äussere Einflüsse vorzubeugen. In einem Fall war das Problem ein angrenzender Wald. Es gelangten zum Beispiel Tannzäpfle in das gela-

gerete Asphaltgranulat.

Für die Herstellung von Recyclingmischgut wird für Trag- und Binderschichten meist ein 0/16 Granulat, z.T. 0/22 Granulat verwendet. Falls auch Deckbeläge mit Asphaltgranulat hergestellt werden, wird hauptsächlich ein 0/11 Granulat zugegeben.

5.2.2 Finanzielle Aspekte

Recyclingbeläge werden generell nicht günstiger angeboten, sondern es wird eine Mischrechnung über die gesamte Produktion gemacht.

Bei Kleinproduktionen oder im Winter lohnt es sich aus energietechnischen Gründen meist nicht das Asphaltgranulat zu verwenden. Damit der Kunde dann keine finanziellen Nachteile hat, wird preislich nicht zwischen verschiedenen Recyclingdosierungen in demselben Mischgut unterschieden, sondern ein durchschnittlicher Einheitspreis für ein normiertes Mischgut berechnet.

Die Kosten für die Herstellung des Asphaltgranulates setzen sich folgendermassen zusammen:

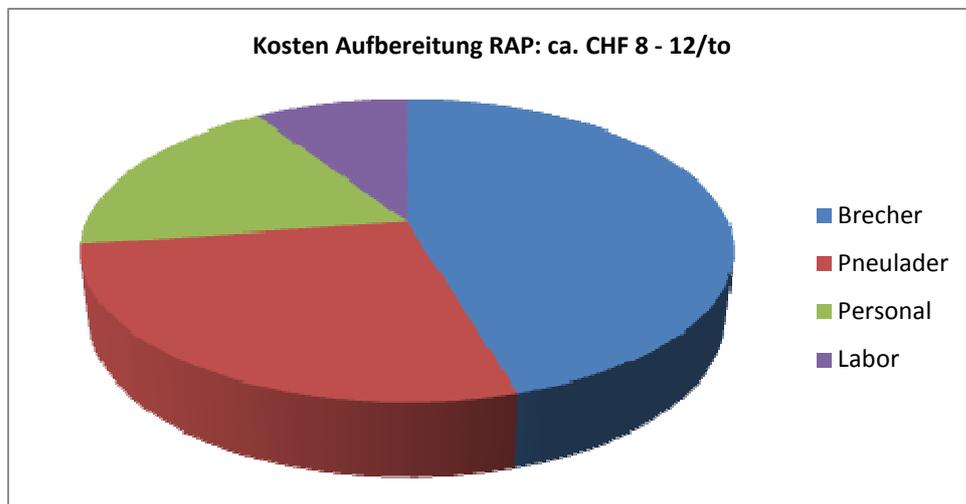


Abb. 4: Zusammenstellung Kosten Aufbereitung RAP

Dabei sind aber folgende Investitionskosten nicht berücksichtigt:

- Investitionskosten für die Umrüstung der Mischanlage
- evtl. Landmiete
- zusätzliche Aufwendungen für Platzgestaltung
- Halle für Trockenlagerung Asphaltgranulat

Im Gegensatz zu diesen Aufwendungen können Einsparungen in folgender Hinsicht gemacht werden:

- Einnahmen Deponiegebühren (je nach Örtlichkeit werden Gebühren erhoben)
- Produktion von Recyclingmischgut:
 - geringere Bindemittelzugabe
 - weniger Gesteinskörnungen

Gemäss Aussage der Mischgutwerke kann durch die Einsparungen im Bindemittel und in den Gesteinskörnungen bei einer Zugabe von 10% Asphaltgranulat von einer Kostenreduktion von ca. CHF 5.00 – 6.00 pro Tonne Mischgut ausgegangen werden. Eine Wirt-

schaftlichkeitsanalyse wird unter Punkt 9 durchgeführt.

Gemäss den Vorgaben aus der werkseigenen Produktionskontrolle EN 13108-21:2006, Tabelle 7 muss der Ausbauasphalt alle 1'000 t visuell geprüft werden. Gemäss SN 640 431-8 muss eine Probe Ausbauasphalt alle 500 t im Labor geprüft werden (s. Punkt 2.1.5).

Die Kosten für eine Laborkontrolle des Asphaltgranulates belaufen sich auf CHF 500.00 bis CHF 1'000.00 je nach Umfang der Prüfungen. Die geforderte Prüfhäufigkeit gemäss Normanforderungen wird nicht von allen Mischanlagen eingehalten, da die Kosten für das Asphaltgranulat dadurch erheblich steigen. Es wird in einem für die Qualität des Recyclingmischgutes praxistauglichen Aufwand geprüft und bei Schwankungen im Mischgut die Prüfhäufigkeit erhöht.

5.2.3 Mischgutaufbereitung

Bei der Warmaufbereitung wird das Asphaltgranulat in der Paralleltrommel auf ca. 130°C erwärmt. Das Material aus der Weissstrommel wird mit ca. 190°C beigemischt, so dass eine Zieltemperatur von ca. 160°C erreicht werden kann.

Bei der Kaltzugabe wird das Recyclingmaterial meist direkt dem Mischer zugegeben. Da dieses Material kalt ist, müssen die restlichen Komponenten mit ca. 230 – 240°C beigemischt werden.

Das Bindemittel wird nach Art und Sorte mit unterschiedlichen Temperaturen in Bitumentanks gelagert (ca. 140 -170°C).

Die Umfrage hat ergeben, dass die Produktionsleistung der Mischanlage durch die Recyclingzugabe nicht wesentlich beeinflusst wird.

Der Grossteil der Mischanlagen hält sich bei der Recyclingdosierung an die Normvorgaben oder gibt sogar weniger Asphaltgranulat bei, als die Normen erlauben. Vor allem auf das Recycling von Deckbelägen wird auf vielen Anlagen verzichtet. Auf eine zusätzliche RAP-Fraktion wird wegen der Lagerhaltung und dem zusätzlichen Aufwand in Verbindung mit der geringen Zugabemöglichkeit gemäss den Norm Vorgaben verzichtet.

Bei Asphaltrecycling sind meist qualitative Bedenken im Vordergrund. Die Qualität des Mischgutes hängt bekanntlich direkt mit der Qualität des RAP zusammen. Besonders bei hoher Dosierung können Unregelmässigkeiten im RAP einen grossen Einfluss auf das Mischgut haben. Sind dann die Mischgutanforderungen durch kantonale Vorgaben zusätzlich verschärft, wird das Interesse des Herstellers für Recyclingmischgut unnötig gedämpft.

Vereinzelt bieten Mischanlagen zu einem tieferen Preis Tragschichten mit einer hohen Recyclingdosierung an, welche nicht als Normasphalte verkauft werden.

Durch die Durchmischung des dosierten Bindemittels mit dem im Asphaltgranulat meist verhärteten Bindemittel, wird das dosierte Bindemittel 1 – 2 Stufen weicher gewählt, damit das Zielbindemittel erreicht werden kann. Dies ist selbstverständlich abhängig von der Zugabemenge des Asphaltgranulates und dessen Verhärtung.

Weichmacher bzw. sogenannte Verjüngungsmittel werden nur selten beim Recyclingprozess zugegeben.

5.2.4 Energie

Die Frage des Energieverbrauchs wurde vor allem durch die CO₂-Abgabe in den Vordergrund gestellt. Die verschiedenen Heizarten und deren Energieeffizienz werden dann in einem späteren Teil dieses Forschungsauftrages behandelt.

Bei der Umfrage wurde ein Energieverbrauch von 75 – 100 kWh pro Tonne Mischgut ermittelt. Die Energiekosten belaufen sich gemäss Angaben der Mischgutproduzenten auf 6 – 10 CHF/t. Diese Angaben sind aber starken Schwankungen ausgesetzt.

Es werden meist Vorkehrungen getroffen, damit der Feuchtigkeitsgehalt des Asphaltgranulates so tief wie möglich gehalten wird (z.B. Abdecken des Depots, Hallen erstellen etc.). Einerseits kann dadurch Energie beim Aufheizen des Granulates gespart werden, andererseits ist eine regelmässige Entfüllerung in der Paralleltrommel gewährleistet, so dass der Restfülleranteil im erhitzten Granulat konstant bleibt.

5.2.5 Vorbehalte gegenüber Asphaltrecycling

Vorbehalte gegenüber dem Asphaltrecycling wurden keine gemacht. Immer wieder betont wurde aber die Qualität des Asphaltgranulates, die unbedingt gewährleistet werden muss, um qualitativ gutes Recyclingmischgut herstellen zu können.

6 Mengenbilanz

6.1 Asphalt: Mengenbilanz und Materialflüsse

In der Schweiz werden jährlich rund 5 Millionen Tonnen Mischgut produziert und verarbeitet. Zurzeit beträgt der Anteil an wieder verwertetem Ausbauasphalt rund 10% der Neuproduktion. Das sind rund 500'000 t Ausbauasphalt, die wieder dem Kreislauf zugeführt werden. Weitere 500'000 t finden in einer andern Form, etwa als Kiessand-Ersatz in den Stoffkreislauf zurück.

Gemäss Angaben BAFU sind im Jahre 2008 ca. 2.5 Mio. Tonnen Ausbauasphalt angefallen. Die auf Strassen eingebaute Asphaltmenge liegt nach einer Schätzung des BAFU bei ca. 155 Mio. Tonnen (davon National- und Hauptstrassennetz ca. 11 Mio. Tonnen Asphalt).

Genau Daten über Mengenbilanzen in der Schweiz sind nicht erhältlich. Eine genaue Studie über eine „Materialflussanalyse und Evaluation von Lösungen und Empfehlungen“ für eine „Harmonisierung Ausbauasphalt Ostschweiz“ wurde von der Ostschweizerkantonen 2005 Auftrag gegeben (s. Punkt 5.1.3) [6]. Wenn man davon ausgeht, dass die Kantone der Ostschweiz ca. 25% der Schweiz ausmachen, kann man diese Daten mit dem Faktor 4 multiplizieren. Die Studie erlaubt ebenfalls eine grobe Hochrechnung vom jährlichen Ausbauasphalt mit einem PAK-Gehalt > 5'000 mg pro kg Bindemittel von ca. 400'000t/Jahr. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Strassenbeläge in der Ostschweiz eher einen höheren Teeranteil enthalten als die in der restlichen Schweiz. Damit ist die so geschätzte Jahresmenge eher an der oberen Grenze zu betrachten. In Zukunft wird sich diese Problematik aber abschwächen, da die vorhandenen Strassenbeläge mit der Zeit ersetzt werden und dadurch immer weniger teerhaltige Asphaltbeläge in den eingebauten Strassen vorkommen.

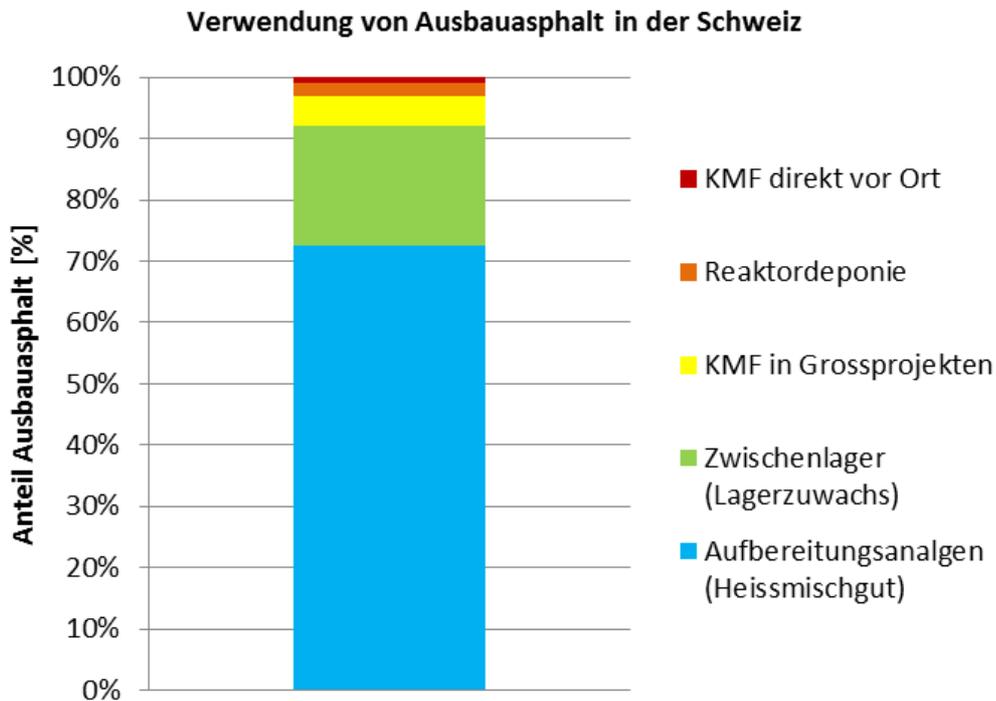


Abb. 5: Daten aus „Harmonisierung Ausbauasphalt Ostschweiz“, 2007 [6]

6.2 Angaben EAPA

Die EAPA European Asphalt Pavement Association publiziert jährlich die Asphaltproduktionsmengen aller europäischer Länder sowie einiger nicht EU Staaten [8]. Neben der gesamten Produktionsmenge werden zum Teil auch Angaben zu wiederverwertetem Asphalt gemacht. Die Angaben in den Jahresberichten der EAPA stimmen zum Teil nicht genau mit den Angaben der zuständigen Stellen der einzelnen Länder überein. Zudem werden die Mengen der vorhergehenden Jahre in den verschiedenen Jahresberichten oft korrigiert. Dort wo genaueren Angaben zu finden waren, wurden für weitere Grafiken etc. diese verwendet.

6.2.1 Grafiken

Die Datengrundlage für diese Grafiken sind die Angaben der EAPA und die Jahresberichte der jeweils zuständigen Organisationen der Länder. Es wurden Daten aus der Schweiz, Deutschland, Österreich, Frankreich, Italien und Schweden ausgewertet. Die Auswahl fiel auf diese Staaten, weil dort die Datengrundlage relativ gut ist und es sich um Nachbarstaaten der Schweiz handelt. Schweden wurde aufgrund ähnlicher Wirtschaftskennzahlen wie der Schweiz als Vergleichsland ausgewählt. Es wurden die aktuellsten Daten im Zeitraum 2001 – 2009 verwendet.

Abb. 6 zeigt den prozentualen Anteil von Ausbauasphalt an der gesamten Asphaltproduktion (Heissmischgut) und den Mittelwert über diese Länder (MW):

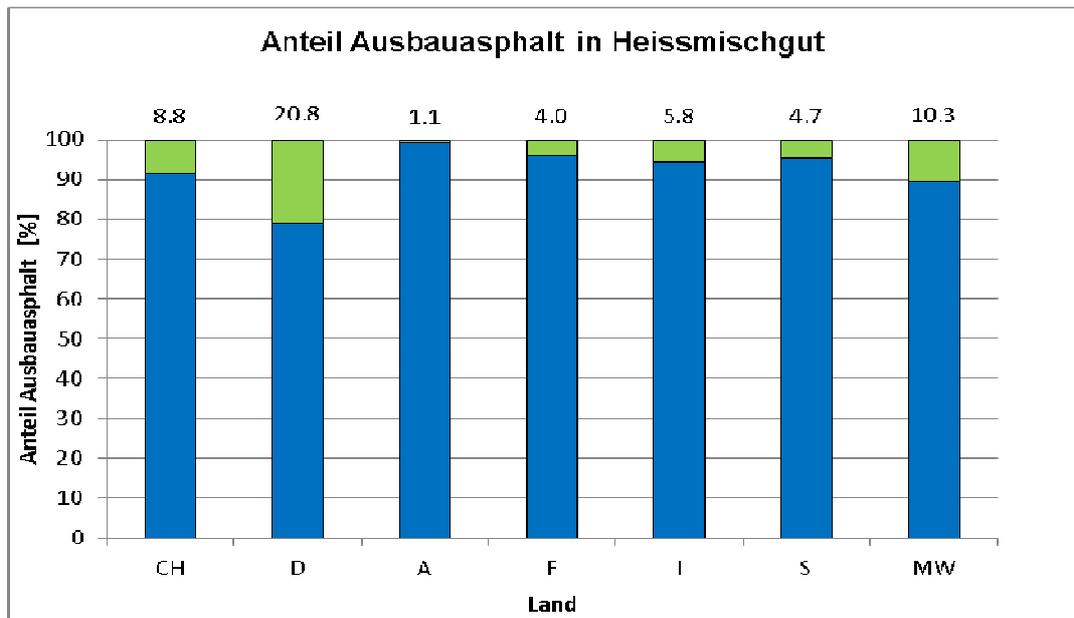


Abb. 6: Anteil Ausbauasphalt in Heissmischgut

In Abb. 7 wird die durchschnittliche jährliche Produktionsmenge an Heissmischgut und die durchschnittlich anfallende Menge an Ausbausphalt der einzelnen Länder miteinander verglichen und der Mittelwert über diese Daten aufgezeigt (MW):

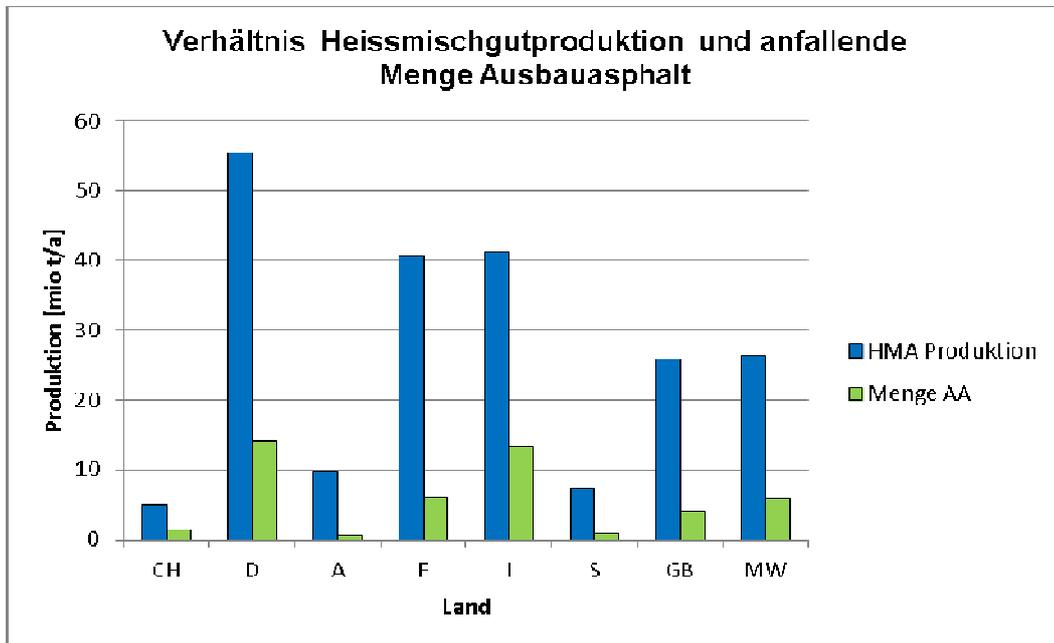


Abb. 7: Verhältnis von Heissmischasphalt und Ausbausphalt

Abb. 8 zeigt wie viel des ausgebauten Asphalts tatsächlich für „neues“ Heissmischgut verwendet wird (Recycling-Raten) und wie hoch der durchschnittliche Wert ist (MW):

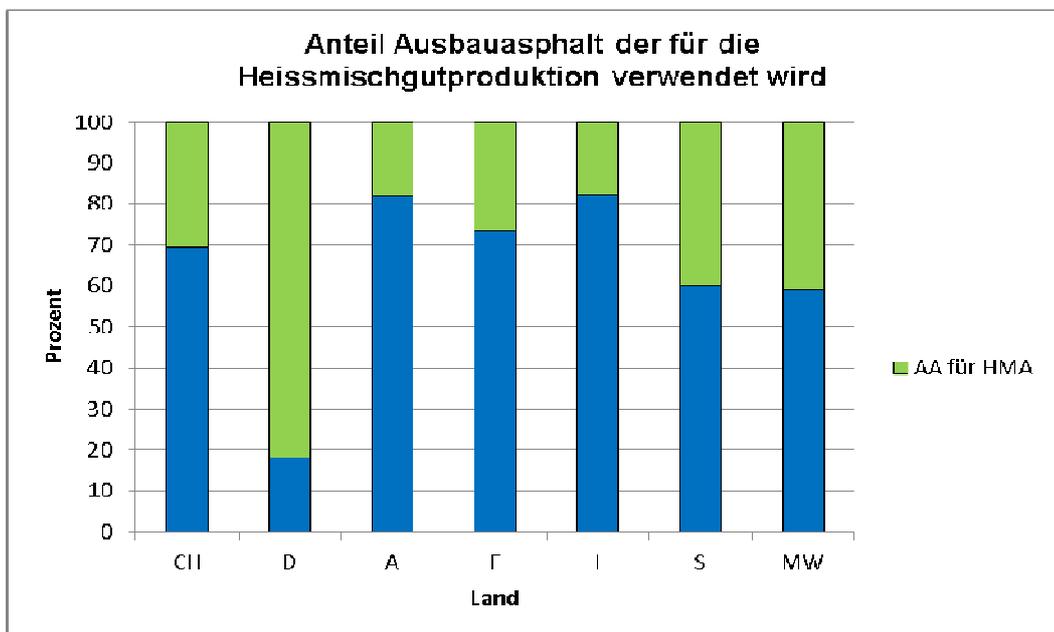


Abb. 8: Anteil Ausbausphalt der für die Heissmischgutproduktion verwendet wird

Produktionsstatistiken Heissmischgut in Mio. Tonnen Stand 2010									
Country	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Austria	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.5	9.5	9.0	8.2
Belgium	4.5	4.8	4.9	5.2	5.0	4.5	4.9	4.7	4.8
Croatia	1.9	3.5	3.0	3.8	3.7	3.7	4.2	3.2	2.2
Czech Republic	4.4	5.8	5.5	5.6	7.4	7.0	7.3	7.0	6.2
Denmark	2.8	2.9	3.6	3.2	3.4	3.3	3.1	2.7	3.2
Estonia	1.1	0.9	1.1	1.2	1.5	1.5	1.5	1.2	1.1
Finland	3.9	4.9	5.6	6.2	5.5	5.9	6.0	5.2	4.9
France	39.4	38.7	40.5	40.1	41.5	42.3	41.8	40.1	38.8
Germany	58.0	55.0	52.0	57.0	57.0	51.0	51.0	55.0	45.0
Great Britain	27.8	27.8	26.9	27.9	25.7	25.7	25.0	20.5	21.5
Greece	6.5*	6.5*	7.0	7.0	7.8	8.0	8.1	8.7	5.2
Hungary	3.2	3.1	3.0	3.8	4.4	3.3	2.5	1.6	3.4
Iceland	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2
Ireland	3.2	3.3	3.4	3.4	3.5	3.3	2.8	3.3	2.3
Italy	39.9	42.4	46.0	43.5	44.3	39.9	36.5	34.9	29.0
Latvia	0.6	0.6*	0.6*	0.6*	0.6*	0.6*	0.6*	0.6*	0.6*
Lithuania	-	-	-	-	-	1.7	2.2	1.5	1.6
Luxemburg	-	-	-	-	0.6	0.6	0.6*	0.6	0.7
Netherlands	7.9	7.9	7.9	8.6	9.8	10.2	9.3	9.8	9.5
Norway	3.9	4.1	4.5	5.1	5.1	5.9	5.7	6.5	5.9
Poland	10.8	12.0	12.7	15.0	18.0	18.0*	15.0	18.0	18.0
Portugal	6.0	6.0*	9.5	11.1	8.9	9.0	9.0*	9.0*	6.7
Romania	2.8	2.8*	2.8*	2.8*	2.8*	3.2	3.3	3.6	3.2
Slovakia	1.2	1.2	1.0	1.8	2.2	2.2*	2.2*	2.2	1.9
Slovenia	1.4	1.6	1.7	1.5	2.2	2.1	2.6	2.3	1.8
Spain	30.0*	30.0*	38.9	41.5	43.4	49.9	42.3	39.0	34.4
Sweden	6.7	6.6	6.8	7.2	7.3	7.7	8.7	8.1	7.9
Switzerland	5.0	4.8	4.6	4.7	5.4	5.2	5.3	5.4	5.4
Turkey	14.7	13.2	11.3	16.6	18.9	22.2	26.6	23.1	35.3
Europe	297.8	300.6	315.1	324.3	346.1	347.7	338.0	317.3	309.3
Australia	7.0	6.5	6.9	7.7	7.7	9.0	9.5	9.5*	7.52
Japan	68.1	63.7	60.2	57.3	56.6	54.9	49.6	49.6	44.7
Canada-Ontario	14.0	13.0	11.0	13.0	13.0	13.2	13.2*	13.2*	14.0
New Zealand	0.7	0.8	0.8	0.9					
United States	500.0	500.0	475.0	500.0	500.0	500.0	440.0	327.0	327.0
Venezuela	-	-	6.6	9.5	22.0	-	8.7		
South Korea								35.6	20.7

- keine Angaben erhalten

* Annahme

Tab. 12: Produktionsstatistiken Heissmischasphalt

Recycling Stand 2010						
Country	RAP [t]	Verwendung RAP [%]				Anteil an Heiss- und Warmasphalt mit RAP [%]
		Heiss-recycling	Warm-recycling	Kalt-recycling	Ungebundene Schichten	
Austria	500'000	80	-	8	12	-
Belgium	1'500'000	57	-	-	-	47
Czech Republic	1'650'000	15	-	35	20	10
Croatia	75'000	-	-	35	-	-
Denmark	350'000	56	-	-	44	39
Finland	1'000'000	-	-	-	-	65
France	7'080'000	40	-	-	-	-
Germany	14'000'000	82	-	-	18	60
Greece	0	0	0	0	0	0
Great Britain	4'000'000	-	-	-	-	-
Hungary	44'580	12	-	15	40	10
Iceland	15'000	-	-	-	25	2.5
Ireland	100'000	40	0	0	60	2.0
Italy	11'000'000	20	-	-	-	30
Luxembourg	200'000	-	-	-	-	-
Netherlands	4'000'000	75	-	-	-	67
Norway	750'000	15	13	12	60	8
Poland	100'000	4	-	-	-	0.2
Portugal	2'100	15	0	5	20	25
Romania	40'000	40	15	20	25	<5
Slovenia	26'160	-	30	20	50	-
Spain	1'59'000	56	9	16	19	11
Sweden	1'000'000	70	5	5	20	60
Switzerland	1'450'000	52	19	18	11	21
Turkey	2'420'000	19	-	-	81	10
Japan	-	-	-	-	-	72.9
U.S.A.	66'500'000	84	-	-	12	-
Ontario-Canada	4'000'000	85	-	-	15	85

- keine Angaben erhalten

** diese Angabe beinhaltet Heiss- und Kaltrecycling

Tab. 13: Produktionsstatistiken Recycling

7 Status-quo von Recycling im Ausland

Gemäss dem von der EAPA European Asphalt Pavement Association herausgegebenen Grundsatzdokument der Industrie [8] wird begrifflich zwischen Recycling und Wiederverwertung von Asphalt unterschieden. Beim Recycling wird Ausbauasphalt bei der Mischungsaufbereitung zur neuen Mischung hinzugefügt, wobei Gestein und das Bindemittel aus dem Recyclingmaterial dieselben Funktionen erfüllen wie bei der ursprünglichen Verwendung. Bei der Wiederverwertung wird der Ausbauasphalt in einer weniger anspruchsvollen Funktion wieder verwertet, z.B. als Fundationsschicht. In der Schweiz werden diese Begriffe nicht in diesem Sinne unterschieden.

7.1 Deutschland

Asphalt wird in Deutschland seit etwa 30 Jahren wiederverwertet (Rohstoffknappheit und damit einhergehende hohe Preise). Seit 1996 ist das Recycling über das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz geregelt (vgl. Umweltschutzgesetz in der Schweiz). Die Deponierung ist unzulässig, wenn die Verwertung technisch und wirtschaftlich zumutbar ist. In Bayern werden zum Beispiel fast 100% des Ausbauasphalts, welcher zu den Asphaltproduzenten gelangt, in neu gemischtem Asphalt verwertet. Die Wiederverwertung von Ausbauasphalt ist in Deutschland flächendeckend gewährleistet.

In Deutschland wurden 2010 $45 \cdot 10^6$ Tonnen Asphalt hergestellt (2009: $55 \cdot 10^6$ Tonnen). Jährlich fallen seit 2002 konstant $14 \cdot 10^6$ Tonnen Ausbauasphalt an, d.h. diese Menge gelangt zu den Betreibern der stationären Asphaltmischanlagen. Davon werden etwa $11.5 \cdot 10^6$ Tonnen pro Jahr in neu gemischtem Asphalt wiederverwendet, der Rest wird in nicht-gebundener Form verwertet.

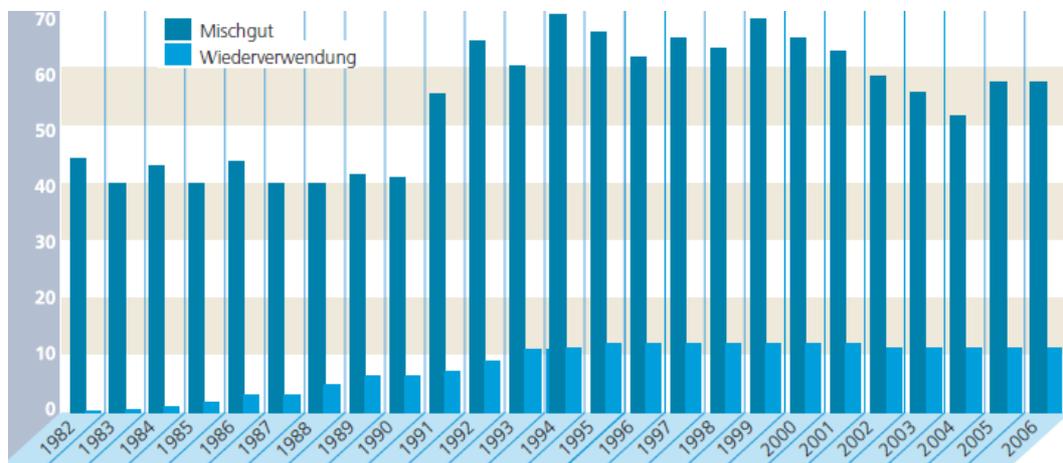


Abb. 9: Asphaltproduktion und Asphaltwiederverwertung in Deutschland in Mio. Tonne (Quelle Deutscher Asphaltverband e.V., Bonn 2008) [10]

Der hochgerechnete Anfall von Ausbauasphalt beträgt derzeit ca. 14 Mio. Tonnen im Jahr. Der Wiederverwertung zugeführt werden ca. 11.5 Mio., d.h. ca. 82% (s. Abb. 9).

Die Weiterentwicklung des Wiederverwendens von Ausbauasphalt in der Praxis wird durch verschiedene Forschungsarbeiten begleitet. Wissenschaftliche Untersuchungen sollen sicher stellen, dass Eignung und Nutzungsdauer von mit Ausbauasphalt hergestellten Mischgutarten und -sorten nicht nachteilig beeinflusst werden.

Die maximal mögliche Zugabemenge von Asphaltgranulat bei der Herstellung von Asphaltmischgut richtet sich nach:

- der Eignung des Asphaltgranulates für das vorgesehene Asphaltmischgut
- der Gleichmässigkeit des Asphaltgranulates
- den maschinentechnischen Voraussetzungen der jeweiligen Asphaltmischanlage (Kalt- oder Warmrecycling)

Die TL Asphalt StB 07 schreibt vor, dass der rechnerische Erweichungspunkt Ring und Kugel des resultierenden Bindemittels mit folgender Formel zu ermitteln ist:

$$T_{R\&Kmix} = a * T_{R\&K1} + b * T_{R\&K2}$$

$T_{R\&Kmix}$: Berechneter Erweichungspunkt des Bindemittels im resultierenden Mischgut

$T_{R\&K1}$: Erweichungspunkt des aus dem Asphaltgranulat rückgewonnenen Bindemittels

$T_{R\&K2}$: Mittlerer Wert des Erweichungspunktes der Sortenspanne des vorgesehenen Strassenbaubitumens bzw. ermittelter Erweichungspunkt des zur Verwendung vorgesehenen PmB

a, b : Massenanteile des Bindemittels aus dem Asphaltgranulat (a) und des vorgesehenen Bindemittels (b), wobei $a + b = 1$

Ein weiches Strassenbaubitumen als B 70/100 ist dabei jedoch, ausser in Asphalttragdeckschichten, nicht erlaubt!

Zentrale Eigenschaft für die Wiederverwertung von Asphaltgranulat ist dessen Gleichmässigkeit. Sie wird an einer Probe je angefangene 500 t Asphaltgranulat, jedoch an mindestens 5 Proben je Halde anhand der Spannweite bestimmter Merkmalsgrössen bestimmt.

Merkmal	Gesamttoleranz T_{zul}	
	Asphaltdeck-, Asphaltbinder- und Asphalttragdeckschichten	Asphalttragschichten
Erweichungspunkt Ring und Kugel [°C]	8	8
Bindemittelgehalt [M-%]	1.0	1.2
Kornanteil < 0.063mm [M-%]	6.0	10.0
Kornanteil 0.063 bis 2mm [M-%]	16.0	16.0
Kornanteil > 2mm [M-%]	16.0	18.0

Tab. 14: Gesamttoleranz der relevanten Merkmale in Abhängigkeit von der Asphaltmischgutart (entspricht der Tabelle D.1 der TL-Asphalt-StB 07)

Aus den einzelnen Spannweiten wird dann mit Hilfe von folgenden Formeln die für jede Merkmalsgrösse mögliche maximale Zugaberate ermittelt. Der höchste Prozentsatz gilt dann als maximale Zugaberate.

Formel für Asphalttrag-, Asphalttragdeck- und Asphaltfundationsschichten:

$$Z_{mög} = \frac{0.5 * T_{zul}}{a_{max}} * 100 \text{ [M-\%]}$$

Formel für Asphaltdeck- und Asphaltbinderschichten:

$$Z_{\text{mög}} = \frac{0.33 * T_{\text{zul}}}{a_{\text{max}}} * 100 \text{ [M-\%]}$$

$Z_{\text{mög}}$: mögliche Zugaberrate an Asphaltgranulat

a_{max} : ermittelte Spannweite der jeweiligen Merkmalsgrösse

T_{zul} : Gesamttoleranz der jeweiligen Merkmalsgrösse (gem. Tab. 14)

7.2 Österreich

Das Recycling von Ausbauasphalt befindet sich in Österreich z.T. noch in den Kinderschuhen. Es gibt nur wenige Asphaltmischanlagen mit Paralleltrommeln, um ein hochprozentiges Recycling zu ermöglichen. Hauptsächlich wird das Kaltrecycling angewendet. Meist wird das Asphaltgranulat direkt dem Zwangsmischer zugegeben, in Ausnahmefällen auch über den Heisselevator.

7.3 Niederlande

Die Holländer sind Meister im Asphalt-Recycling. Es gibt drei Gründe, weshalb in den Niederlanden das Asphalt-Recycling schon seit längerer Zeit einen sehr hohen Stellenwert hat:

- In den Niederlanden hat es kaum Hartgesteinsvorkommen. Sie müssen alle Mineralien übers Meer von Skandinavien, England oder Irland zuführen, was aufwendig und teuer ist.
- Die holländische Regierung unterstützt, nicht zuletzt um Devisen zu sparen, das Asphalt-Recycling.
- Die holländische Asphaltindustrie ist sehr innovations- und experimentierfreudig.

Diese drei Voraussetzungen haben das Asphalt-Recycling in Holland seit mehr als drei Jahrzehnten gefördert. Heute ist fast jede Asphalt-Mischanlage mit einem Paralleltrommel-System ausgerüstet [15].

Zudem ist in den Niederlanden die thermische Verwertung teerhaltiger Ausbauasphalte ein wichtiges Thema. Seit 1991 dürfen keine teerhaltigen Produkte mehr im Strassenbau verwendet werden. Das Ziel ist eine endgültige Eliminierung von PAK-haltigen Belägen aus dem Kreislauf. Da Ausbauasphalt ja zu rund 95 Prozent aus mineralischen Stoffen wie Sand und Gesteinskörnungen besteht, können 95 Prozent des alten Belages als mineralische Baustoffe wieder verwendet werden. Das PAK-haltige Bindemittel wird verbrannt, anstelle den Ausbauasphalt in teuren und raren Deponieräumen zu entsorgen. Gerade für die Niederlande, wo hochwertige Gesteinskörnungen Mangelware ist, ist dies eine ausgezeichnete Lösung. Zudem hat dieses Verfahren einen weiteren Vorteil. Die freiwerdende Energie und die anfallenden, warmen Gesteinskörnungen können direkt in den Ausbereitungsprozess der Asphaltproduktion zugeführt werden. Dieser Prozess erspart sowohl Energie als auch primäre Rohstoffe [16].

7.4 USA

Gemäss Angaben der Federal Highway Administration [11] werden jährlich 500 Millionen Tonnen Asphalt produziert. Darin enthalten sind rund 60 Millionen Tonnen Ausbausphal, welche wiederverwertet wurden. Seit Ausbausphal in den USA wiederverwertet wird, ist RAP an der Spitze der recyclierten Materialien.

Durchschnittlich wird auf die gesamte Asphaltproduktion 12% Ausbausphal wiederverwertet.

In den USA wird Asphalt entweder im Heiss- oder im Kaltverfahren wieder verwendet. Normalerweise wird 10 – 50% Ausbausphal der Mischung zugegeben, es gibt aber auch Beispiele von 90 – 100%. In den USA verbieten 10 Staaten den Einsatz von Ausbausphal in der Deckschicht (Alaska, Florida, Hawaii, Louisiana, Maine, Maryland, New York, Oklahoma, Rhode Island und Tennessee). Oregon verbietet den Einsatz von Ausbausphal bei Autobahnen. Die andern Staaten erlauben 10 – 30 % Ausbausphal in Deckschichten.

Im Durchschnitt verwenden aber weniger als die Hälfte der Staaten mehr als 20% Ausbausphal (s. Bild 11), obwohl ein Grossteil der Staaten eine höhere Wiederverwertung zulassen würde (s. Bild 10). Es sind aber Bestrebungen im Gange die Wiederverwertung von Ausbausphal zu fördern.

Typischerweise werden an Ausbausphal in den USA folgende charakteristische Werte ermittelt:

- Feuchtegehalt < 5%
- Bindemittelgehalt 4.5 – 6.0 %
- Penetration 10 – 80 $1/_{10\text{mm}}$ bei 25 °C

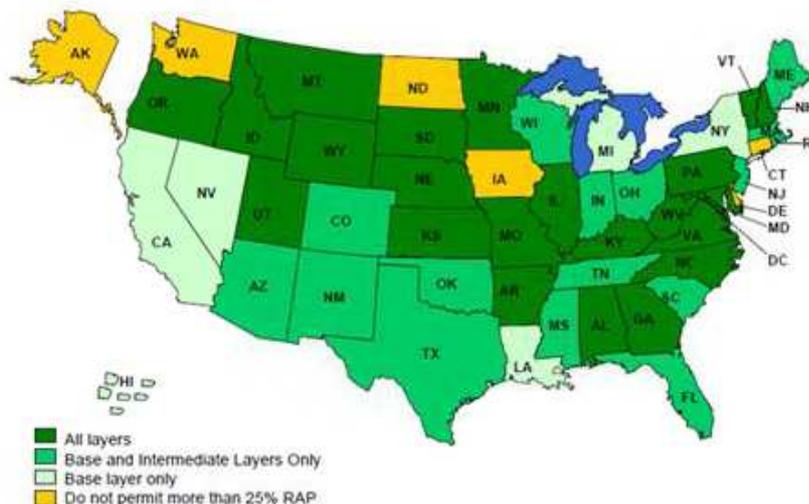


Abb. 10: Staaten, welche mehr als 25% RAP in den Tragschichten erlauben.



Abb. 11: Staaten, welche mehr als 20% RAP in Tragschichten verwenden.

8 Ökobilanz in der Asphaltindustrie

8.1 Allgemeines zur Ökobilanz

Die Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment, LCA) ist ein weit verbreitetes und etabliertes Instrument, um die Nachhaltigkeit eines Produkts zu beurteilen. Dabei werden die Umwelteinwirkungen eines Produkts analysiert und zwar von der Entstehung über den Lebenszyklus bis zur Entsorgung desselbigen. Deshalb hat die Ökobilanz eines Produkts einen grossen Einfluss auf die Abschätzung dessen Umweltverträglichkeit und stellt eine wichtige Entscheidungshilfe dar, wenn zum Beispiel die Nachhaltigkeit eines Produkts verbessert werden soll.

Eine korrekt ausgeführte Ökobilanz ist ein aufwendiger Prozess, was sich schon nur bei der Datenbeschaffung zeigt: zum Beispiel müssen alle für die Produktion benötigten Rohstoffe in die Bilanz mit einfließen, was unter anderem ein detailliertes Wissen über die Produktionsprozesse verlangt. Auch ist es schwierig, Angaben über die Lebensdauer zu machen, weil Produkte oft unterschiedlich lang angewendet werden. Dies gilt besonders, wenn der Untersuchungsrahmen gross ist, zum Beispiel wenn mehrere Länder zusammengefasst werden.

Es existieren standardisierte Vorgehensweisen, wie eine Ökobilanz durchgeführt wird. Die Internationale Organisation für Normung publiziert den Ablauf einer Ökobilanz in den Normen ISO 14040 und ISO 14044. Sie stellen den Standard für eine ISO-konforme Ökobilanzierung dar. Die Norm ISO 14040 beschreibt den Inhalt einer vollumfänglichen Ökobilanz, welche folgende Schritte beinhaltet:

- Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen (Umfang), ISO 14040
Umweltmanagement – Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen
- Sachbilanz, ISO 14041
Umweltmanagement – Ökobilanz – Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung, ISO 14042
Umweltmanagement – Ökobilanz – Wirkungsabschätzung
- Auswertung, ISO 14043
Umweltmanagement – Ökobilanz – Auswertung

Die Norm ISO 14044 fasst die bisherigen Normen ISO 14041 – ISO 14043 zusammen. In der Schweiz gelten die folgenden Normen:

- SN EN ISO 14040:2009-11 Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen
- SN EN ISO 14044:2006-10 Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen

8.1.1 Beschreibung der einzelnen Schritte

Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen (Goal and Scope definition)

Zuerst muss definiert werden, wofür die Ökobilanz verwendet werden soll. Danach wird der ganze Lebenszyklus des Produkts (Rohstoffe bis Entsorgung) beschrieben. Es muss aber auch eine Grenze definiert werden, die festlegt wie weit die Untersuchung gehen soll. Das ist sehr wichtig, weil andernfalls Prozesse mit einbezogen werden, welche nur einen geringen, vernachlässigbaren Einfluss auf das Gesamtergebnis haben.

Wichtig ist bei diesem Schritt auch die Definition einer Funktionellen Einheit, das ist die Grösse auf welche die Untersuchung und die Ergebnisse bezogen werden (zum Beispiel 1km lange Fahrbahn, 2.65m breit oder 1m³ Asphalt).

Sachbilanz (Life Cycle Inventory, LCI)

In der Sachbilanz wird der im ersten Schritt definierte Lebenszyklus des Produkts quantifiziert. Alle Input- und Outputgrössen werden über die funktionelle Einheit einander gegenübergestellt. Hier werden alle Eingangsgrössen beschrieben und aufgezeigt, in welche Ausgangsgrössen sich diese während dem gesamten Lebenszyklus des Produkts entwickeln. Die Sachbilanz hat einen ausschliesslich beschreibenden Charakter.

Wirkungsabschätzung (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)

Bei der Wirkungsabschätzung werden die in der Sachbilanz beschriebenen Prozesse in Wirkungskategorien eingeteilt. So werden zum Beispiel alle Emissionen auf die Relevanz bezüglich des Treibhauseffekts untersucht. Dabei werden alle Stoffe normiert (z.B. CO₂-Äquivalenz), was mit Hilfe von Tabellen geschieht, die Charakterisierungsfaktoren und dazugehörige Werte angeben.

Aus der Wirkungsabschätzung ergibt sich eine Anzahl an Umweltauswirkungen, die ein Produkt verursacht. Dabei findet eine erste Bewertung statt, indem gewisse Wirkungskategorien ausgewählt werden und gewisse Prozesse diesen Kategorien zugeordnet werden.

Auswertung

Durch die Auswertung einzelner Wirkungskategorien oder Teilprozesse im Lebenszyklus eines Produkts können Empfehlungen verfasst werden wie zum Beispiel gewisse Emissionen reduziert werden können. Vorgängig müssen jedoch noch Konsistenz-, Vollständigkeits- und Sensitivitätsanalysen gemacht werden. Diese Analysen dienen dazu, die beschriebenen Prozesse und Zusammenhänge ganzheitlich auf ihren Inhalt zu überprüfen.

Die ISO Normen 14040 und 14044 schreiben vor, dass eine Ökobilanz vor der Veröffentlichung durch externe Gutachter geprüft werden müssen.

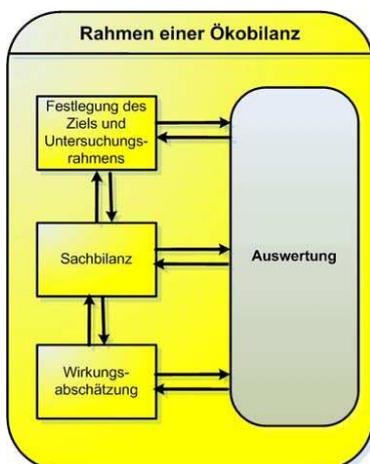


Abb. 12: Der Ablauf einer Ökobilanz

Die Abbildung oben zeigt eine vereinfachte Darstellung der einzelnen Schritte einer Ökobilanz. Die Auswertung findet eigentlich als letzter Schritt statt, jedoch werden die gefundenen Prozesse und Daten während dem ganzen Prozess auf ihren Inhalt überprüft.

8.1.2 Bewertungsverfahren

Damit gezielte Aussagen über die Umweltverträglichkeit eines Produkts gemacht werden können, gibt es verschiedene Bewertungsverfahren, welche dazu dienen, die ermittelten Daten und Prozesse relativ einfach untereinander zu vergleichen. Ein solches Verfahren ist der Eco-Indikator 99. Dieser wurde im Auftrag des Niederländischen Umweltministeriums entwickelt und stellt heute eines der meistgenutzten Bewertungsverfahren dar. Zudem gibt es diverse Softwarelösungen, welche damit arbeiten. Grundsätzlich gibt es beim Eco-Indikator 99 die drei Bewertungskategorien menschliche Gesundheit, Qualität der Ökosysteme und natürliche Ressourcen. Das Ergebnis der Ökobilanz wird hier mit einer einzigen Punktzahl angegeben, dadurch ist die Vergleichbarkeit sehr gut gegeben.

8.2 Spezielles zu Ökobilanzen in der Asphaltindustrie

Wie oben beschrieben gibt es gut entwickelte Instrumente, um eine Ökobilanz durchzuführen. Jedoch müssen für einzelne Industriezweige oder auch Produkte meist Anpassungen dieser Verfahren vorgenommen werden. In der Asphalt- und Strassenbauindustrie ist die Ökobilanz ein akzeptiertes Mittel, um relevante Umwelteinflüsse zu messen und zu vergleichen und die grundlegenden Prozesse zu verstehen. Im Bauwesen werden Ökobilanzen seit gut zehn Jahren angewendet. Dabei geht es häufig um die Handhabung von Abfällen, die in dieser Branche entstehen. [12] [13]

In der Vergangenheit wurden bereits einige Ökobilanzen ausgeführt, welche die Vorgänge in der Asphalt- und Strassenbauindustrie beschreiben. Diese Modelle können nicht direkt übernommen werden, da sie an die jeweiligen Daten und Gegebenheiten der betrachteten Prozesse angepasst sind.

Die erste Sachbilanz, welche an die Asphaltindustrie angepasst wurde, entwickelte das schwedische Umweltforschungsinstitut IVL von 1993 bis 1995 [14]. Es folgten mehrere Studien, welche Sachbilanzen und auch ganze Ökobilanzen beschrieben. Diese wurden jedoch immer nur auf einen Teilbereich beschränkt oder spezifisch auf bestimmte Länder angewendet.

Aus diesen Studien lässt sich jedoch ableiten, welches die wichtigsten Anpassungen sind, welche im Allgemeinen gemacht werden müssen, um eine Ökobilanz durchzuführen. Im Folgenden werden diese Anpassungen bzw. Probleme in fünf Kategorien beschrieben:

1. **Relevanz**
Die bestehenden Modelle haben zum Teil eine geringe Bedeutung für die Asphalt- und Strassenbauindustrie. Zudem sind die vorhandenen Daten nicht alle auf die Schweiz anwendbar, da sie aus anderen Ländern stammen, wo andere Bestimmungen gelten.
2. **Anpassungsfähigkeit**
Gewisse Daten sind veraltet und die Berechnungen, welche zu diesen geführt haben, sind nicht bekannt. Die Grundlagendaten können zum Teil nicht übernommen werden, da die jeweiligen Prozesse nicht verallgemeinert werden können.
3. **Konformität**
Modelle und Daten, welche vor 2006 entwickelt bzw. erhoben wurden, können nur bedingt verwendet werden, da sie nicht zwingend den Kriterien der Zertifizierung ISO 14040 („Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen“) entsprechen.

4. Geltungsbereich
Eine Ökobilanz sollte alle Bereiche eines Produkte-Lebenszyklus enthalten. Häufig wird jedoch nur ein bestimmter Zyklus betrachtet oder nur bestimmte Produkte und Rohstoffe mit einbezogen.
5. Verfügbarkeit
Aufgrund von kommerziellen Interessen sind nicht alle Ökobilanzmodelle und auch benötigten Daten frei verfügbar.

Damit wird ersichtlich, dass eine Ökobilanz ein sehr umfangreiches Unterfangen ist. Eine komplette Ökobilanz für die Asphaltindustrie müsste demnach die Prozesse der Rohstoffgewinnung (Erdöl etc.), der Produktion von Asphalt und die Endlagerung/Recycling mit einbeziehen.

Wenn nur der Bereich des Asphaltrecyclings betrachtet werden soll, müssten sehr gute Daten vorhanden sein, welche vor allem die produzierten und recycelten Mengen beschreiben. Es zeigte sich jedoch, dass es schon recht schwierig ist, verlässliche Daten zu den produzierten Asphaltmengen zu erhalten. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass vorgängig zu einer Ökobilanz zum Asphaltrecycling in der Schweiz eine relativ aufwendige Datenaufbereitung notwendig ist.

8.3 CO₂-Abgabe

Die Schweiz hat sich im Kyoto-Protokoll verpflichtet, bis 2012 ihre Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 8% zu senken. Da über 80% der schweizerischen Treibhausgasemissionen auf CO₂ entfällt, hat die Schweiz im CO₂-Gesetz ein spezifisches Reduktionsziel für dieses Gas festgelegt. Bis 2010 müssen die CO₂-Emissionen gegenüber 1990 um 10% verringert werden. [7]

Dieses Ziel lässt sich mit freiwilligen Massnahmen allein nicht erreichen. Deshalb hat der Bundesrat weitere Massnahmen beschlossen:

- Einführung einer CO₂-Abgabe auf Brennstoffe
- Erhebung eines Klimarappens auf Treibstoffen auf privatwirtschaftlicher Ebene (Stiftung Klimarappen)
- steuerliche Begünstigung von biogenen Treibstoffen.

Auf fossilen Brennstoffen wird ab Januar 2008 eine CO₂-Abgabe erhoben. Die CO₂-Abgabe ist eine Lenkungsabgabe und wird der Bevölkerung und der Wirtschaft zurück verteilt. Sie verteuert die fossilen Brennstoffe wie Heizöl oder Erdgas. Die höheren Preise sind ein Anreiz zum sparsamen Verbrauch und zum vermehrten Einsatz CO₂-neutraler oder CO₂-armer Energieträger. So sollen die Ziele des CO₂-Gesetzes erreicht werden. Die Treibstoffe (Benzin, Diesel) sind von der CO₂-Abgabe nicht betroffen.

Am 1. Januar 2008 wurde die CO₂-Abgabe in Höhe von CHF 12.00 pro Tonne CO₂ eingeführt. Seit Anfang 2010 beträgt der Abgabesatz CHF 36.00 pro Tonne CO₂.

Je nach Kohlenstoffgehalt eines Energieträgers wird bei der Verbrennung mehr oder weniger CO₂ freigesetzt. Der Kohlenstoffgehalt bestimmt deshalb die Höhe der CO₂-Abgabe für jeden Energieträger.

Beispiel: Bei der Verbrennung eines Liters Heizöl entstehen 2.65 kg CO₂. Beim Abgabesatz von 36.00 CHF/t CO₂ führt dies zu einer Abgabe von rund 9.5 Rp./l Heizöl. Die Höhe der CO₂-Abgabe für Haushalte und Unternehmen hängt somit direkt mit dem verwendeten Energieträger zusammen. [5]

Da ein Grossteil der Asphaltmischanlagen mit Heizöl betrieben wird oder einen gewissen Heizölverbrauch hat, ist diese CO₂-Abgabe ein finanziell belastender Aspekt. Wenn sich nun ein Unternehmen verpflichtet, seine CO₂-Emissionen zu begrenzen, können sie sich von der CO₂-Abgabe befreien lassen.

8.3.1 CO₂-Emissionen bei der Mischgutaufbereitung

Bei der Mischgutaufbereitung unterscheidet man zwischen indirekten Emissionen, die bei den Vorleistungen entstehen und den direkten Emissionen, die auf der Mischanlage während dem Herstellungsprozess entstehen.

Bei den indirekten Emissionen ist z.B. die Herstellung von Bindemittel, aber auch die Aufbereitung der Gesteinskörnungen beim Steinlieferanten oder die Produktion der Elektrizität aufzuführen. Diese Emissionen können auf der Mischanlage nicht beeinflusst werden und müssen vom Asphaltproduzenten nicht berücksichtigt werden.

Bei den direkten Emissionen sind es vor allem das Trocknen und Erhitzen der Gesteinskörnungen, die den CO₂-Ausstoss verursachen. Dabei hat die Aufbereitung von Recyclingmaterial keinen Einfluss auf den CO₂-Ausstoss. Es spielt keine Rolle, ob die Gesteinskörnungen in der Trocknertrommel oder Asphaltgranulat in der Paralleltrommel erhitzt werden. Der Energieverbrauch bleibt derselbe.

Eine Reduktion der CO₂-Emissionen kann also vor allem durch folgende Massnahmen erzielt werden:

- Reduktion der Feuchtigkeit in den Gesteinskörnungen (v.a. Sand) und Asphaltgranulat durch Überdachung
- Tiefere Mischguttemperaturen
- Elektrisch beheizte und isolierte Bitumentanks
- Isolation im Hot-Stock-Bereich
- Einsatz des optimalen Brennstoffes

Diese Massnahmen erfordern entsprechende Investitionen und zudem auch ein Umdenken in der Asphaltproduktion. Niedertemperaturasphalt ist seit längerem ein Thema und kann auch auf verschiedenen Mischanlagen produziert werden. Jedoch ist der Markt noch nicht bereit dieses Produkt im grossen Stil zu beachten. Anwendungen finden Niedertemperaturasphalte zurzeit nur bei speziellen Objekten. Die ganze Thematik wird in einem umfangreichen Forschungspaket (Details zu den 7 Einzelprojekten können im Initialprojekt VSS 2008/502 «Initialprojekt – Asphalt-Mischgut mit geringer energetischer und ökologischer Belastung» nachgelesen werden) behandelt, welches zurzeit am Laufen ist. Das übergeordnete Ziel des Forschungspakets besteht in der Erarbeitung von zuverlässigen technischen Grundlagen zur Aufbereitung und Einbau in der Schweiz von Mischgut mit schwachen energetischen und ökologischen Auswirkungen zu Handen der Strassenbaufachleute.

Die Reduktion der Feuchtigkeit in den Gesteinskörnungen und Asphaltgranulat bringt nach Erfahrungen eine Reduktion um ca. 1-2 % Feuchte und damit eine Einsparung von ca. 1 Liter Heizöl pro Tonne Mischgut. Dies entspricht ca. 3 kg CO₂.

Eine Studie des DAV Deutscher Asphaltverband hat zum Thema „Ökoprofil für Asphalt- und Betonbauweisen von Fahrbahnen“ [9] die CO₂-Emissionen bei der Asphaltproduktion ermittelt. Für Anlagen mit einer Mischgutproduktion größer 150 t Asphalt pro Stunde wurde bei Erdgas eine mittlere CO₂-Emission von 14,78 kg CO₂ je t Asphalt, bei Heizöl von 20,33 kg CO₂ je t Asphalt sowie bei Braunkohlestaub von 25,42 kg CO₂ je t Asphalt ermittelt. Da die drei Energieträger bei den untersuchten Anlagen gleich häufig zum Einsatz kommen (31 Erdgas, 34 Heizöl, 26 Braunkohlestaub), wurde im Rahmen des Ökoprofil die mittlere CO₂-Emission aller Anlagen in Höhe von 19,9 kg/t für die Asphaltherstellung zugrunde gelegt.

Zudem wurde bewiesen, dass der Einsatz von Recyclingbaustoffen keinen signifikanten Einfluss auf den Primärenergiebedarf hat, da der reduzierte Energiebedarf für das Bindemittel durch zusätzlichen Energiebedarf für Gewinnung und Transport des Recyclingmaterials kompensiert wird.

9 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Preise für Bindemittel sind extremen Schwankungen ausgesetzt und zudem abhängig von der Lage der Mischanlage. Die Preise für die Gesteinskörnungen unterscheiden sich in der Schweiz ebenfalls enorm und sind abhängig von der Örtlichkeit des Kieslieferanten. Wenn noch Transportkosten für die Zulieferung der Gesteinskörnungen hinzu kommen, verteuert sich diese Komponente sehr. Deshalb sind Wirtschaftlichkeitsanalysen immer objektbestimmt zu ermitteln.

Die Investitionskosten für die Wiederverwertung von Ausbauasphalt sind zudem sehr unterschiedlich. Ob nun eine Mischanlage neu erstellt wird oder eine bestehende Anlage auf Kalt- oder Warmrecycling umgerüstet werden soll hat einen grossen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Man kann den Wert des Asphaltgranulates für die Mischgutaufbereitung anhand der Einsparungen im Bindemittel und den Gesteinskörnungen bestimmen. Davon müssen aber folgende Aufwendungen abgezogen werden:

- Investitionskosten für die Umrüstung der Mischanlage
- evtl. Landmiete
- zusätzliche Aufwendungen für Platzgestaltung
- Halle für Trockenlagerung Asphaltgranulat
- Brechen des Ausbauasphaltes
- Qualitätsprüfungen für das Asphaltgranulat

Eventuelle Einnahmen gibt es bei der Erhebung von Deponiegebühren für den Ausbauasphalt.

Da die Einkaufspreise für Gesteinskörnungen und Bindemittel aber stark schwanken und vom Standort der Aufbereitungsanlage abhängig sind, dürfen diese Zahlen nicht als absolut betrachtet werden.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird mit einem Bindemittelanteil von 4.5 M.-% im Asphaltgranulat gerechnet.

Materialwert von 1 Tonne Asphaltgranulat:

Annahme Ø Bindemittelpreis CHF 600 - 800 / to: 4.5% → ≈ CHF 27 – 36

Annahme Ø Kosten Gesteinskörnungen CHF 40 / to: 95.5% → ≈ CHF 38

Total Materialwert ≈ CHF 65 - 74

Die Zugabe von 10% RAP bei der Mischgutproduktion ergibt also eine Einsparung in den Zuschlagstoffen von ca. CHF 7.00 pro to Mischgut.

Als Beispiel wird von einer Mischanlage mit einem durchschnittlichen Asphaltrecycling von 25% auf den Gesamtausstoss gerechnet. Die Jahresproduktion liegt bei ca. 70'000 t Mischgut.

	pro t Mischgut
Einsparungen der Zuschlagstoffe:	≈ + CHF 17.50
Investitionskosten von CHF 2'000'000 auf 15 Jahre abgeschrieben: (5% Verzinsung)	≈ - CHF 2.60
Aufbereitung Ausbauasphalt (Brecher, Pneulader, Personal, Labor)	≈ - CHF 3.00
Total Einsparung bei 25% Asphaltgranulat im Mischgut	≈ CHF 11.90

Deponiegebühren für die Annahme von Ausbauasphalt würden das Resultat selbstverständlich positiv beeinflussen. Da diese aber regional stark schwanken, werden diese in die Betrachtung nicht mit einbezogen.

10 Fazit

10.1 Allgemeine Bemerkungen

Die Normen unterscheiden nicht zwischen Belägen mit oder ohne Recycling, es gelten dieselben Anforderungen.

Der gesamte Prozess von der Aufbereitung von Ausbauasphalt bis zum Endprodukt Walzasphalt ist normiert. Es sollten keine zusätzlichen Einschränkungen zu den Normvorgaben gemacht werden, sei dies im Recyclinganteil oder in den Qualitätsvorgaben.

Die Wiederverwertung von Ausbauasphalt ist im Sinne von allen, sei das der Bauherr, der Unternehmer oder der Mischgutproduzent.

Die Homogenität des Asphaltgranulates spielt für die Asphaltqualität eine grosse Rolle. Zu grosse Schwankungen im Bindemittel oder in den Gesteinskörnungen können Probleme in der Asphaltqualität bewirken. Eine regelmässige Überprüfung der Recyclingqualität ist deshalb unumgänglich. Um Schwankungen in der Qualität entgegen wirken zu können, ist ein zweckmässiges Beschicken des Brechers sicherzustellen (Fräs- und Ausbaumaterial regelmässig mischen). Zudem ist ein geeignetes Zwischenlager für das Granulat ein wichtiger Qualitätsaspekt. Es sollten immer grössere Mengen gebrochen und gelagert werden, um Entmischungen vorzubeugen. Zudem muss der Pneuladerfahrer gut geschult werden, damit er beim Beschicken der Recyclingdoseure kein entmischtes Material von Asphaltgranulat-Depot lädt.

Es sind Vorkehrungen zu treffen, damit der Feuchtigkeitsgehalt des Asphaltgranulates so tief wie möglich gehalten wird (z.B. Abdecken des Depots, Hallen erstellen etc.). Einerseits kann dadurch Energie beim Aufheizen des Granulates gespart werden, andererseits ist eine regelmässige Entfüllerung in der Paralleltrommel gewährleistet, so dass der Restfülleranteil im erhitzten Granulat konstant bleibt.

Unabhängig von den Vorgaben zur maximalen Zugabemenge von Ausbauasphalt stellt sich die Frage, welche Beläge man überhaupt mit dem vorhandenen Asphaltgranulat herstellen kann und welcher Anteil möglich ist. Dazu müssen vorgängig sämtliche Werte des Asphaltgranulates vorliegen, damit man dementsprechende Rezepte für die Produktion errechnen kann, um die Zielsollwerte festlegen zu können. Bei der eigentlichen Produktion können diese Annahmen dann durch Mischgutkontrollen überprüft werden. Dadurch wird der optimale Anteil Recyclingmaterial für die einzelnen Mischgutsorten ermittelt. Langjährige Erfahrungen mit Recyclingbelägen haben gezeigt, dass bei der Qualität keine Einbussen gemacht werden müssen. Die Mischgutaufbereitung wird durch regelmässige Kontrollen und Überwachung der Ausgangsstoffen in keiner Phase dem Zufall überlassen wird.

Das Ziel soll eine optimale Wiederverwertung von Ausbauasphalt bei geeigneten Objekten bzw. den richtigen Belägen sein.

Sämtliche Beteiligte müssen sich bewusst sein, dass das Produkt Asphaltgranulat ein hochwertiger Rohstoff ist und dementsprechend gehandhabt werden muss. Für die Asphaltproduktion ist ein homogenes Asphaltgranulat der wichtigste Aspekt. Dementsprechend gross ist der Aufwand für die Annahme von Ausbauasphalt, die Lagerung und die Aufbereitung des Granulates. Zudem machen die Kosten für die Qualitätsüberwachung des Granulates einen nicht unbedeutenden Anteil in der Mischgutkalkulation aus.

Zur Förderung von RAP sollen Anreizsysteme geschaffen werden. Diese Aufgabe liegt in erster Linie beim Bauherrn, welcher am meisten Einfluss nehmen kann auf die Förderung bzw. die Forderung von Ausbauasphalt. Schichten mit einer grossen Zugabemöglichkeit von RAP sind wo immer möglich vorzusehen. Wiederverwertungskonzepte sind

schon bei der Ausschreibung vorzusehen.

Es soll ein Umdenken stattfinden, so dass Ausbauasphalt nicht mehr als mineralischer Bauabfall, sondern als hochwertiger Rohstoff gesehen wird.

Mehr Einschränkungen für die RAP-Aufbereitung sind zu verhindern. Ausschreibungen, bei welchen RAP im Heissmischgut ausgeschlossen wird, sollen der Vergangenheit angehören.

Qualitätsanforderungen sollen gelten und auch überprüft, aber sicher nicht unnötig verschärft werden.

10.2 Regulative Aspekte

Generell sollen für die Mischgutanforderungen keine Unterschiede gemacht werden, ob die Aufbereitung mit oder ohne Asphaltgranulat erfolgte. Dies wird in den geltenden VSS Normen so umgesetzt.

Deshalb sollte auch auf eine normierte zulässige Zugabemenge von Ausbauasphalt gem. SN 640 431-1, Tabelle 3: „Asphaltbeton, zulässige Zugabemengen von Ausbauasphalt in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen“ verzichtet werden, da immer die Normanforderungen für die einzelnen Mischgutsorten eingehalten werden müssen. Bei Spezialbelägen wie z.B. AC MR, DRA oder EME Belägen müssten aber vorgängig diverse Qualitätsabklärungen gemacht werden, um sämtliche Anforderungen zu berücksichtigen. Diese Analysen könnten im Rahmen der Erstprüfung hinterlegt werden.

Eine Lücke bieten die Werte am rückgewonnenen Bindemittel, für die es keine Normanforderungen gibt. Da dies dazu führt, dass von verschiedenen Seiten trotzdem Anforderungen gestellt werden, diese aber zum Teil nur sehr schwer eingehalten werden können, besteht hier ein Handlungsbedarf für das Normenwerk. Mit der vermehrten Verwendung von Recycling im Strassenbau sind die Werte am rückgewonnenen Bindemittel ein qualitativ wichtiger Aspekt um das Mischgut bewerten zu können. Damit aber nicht ein Wildwuchs an Anforderungen entsteht, sollten normative Zeichen gesetzt werden.

10.3 Nachhaltigkeit

Seit 30 Jahren wird in der Schweiz Ausbauasphalt wiederverwendet. Zu Beginn erfolgte die Zugabe meistens nur in kleinen Mengen von 10-20% als Kaltzugabe, jedoch entwickelte man schon bald bessere Verfahren, um grössere Mengen wiederverwerten zu können. Dadurch wird weniger Neumaterial benötigt und im Sinne der Nachhaltigkeit werden wertvolle Baustoffressourcen geschont.

Das nachweisliche Leistungsvermögen, die Dauerhaftigkeit und Vielseitigkeit von Asphalt, untermauern die Bedeutung des Baustoffs als hervorragende Lösung in der nachhaltigen Entwicklung von Verkehrsinfrastrukturen. Asphalt weist nicht nur eine lange Erfolgsbilanz in der Erstellung sehr haltbarer Beläge auf; der Bau von ebenen, langlebigen, wartungsarmen und leisen Fahrbahnen spielt schliesslich auch eine wichtige Rolle in der Bereitstellung wirklich nachhaltiger Lösungen.

Generell können folgende Nachhaltigkeitsvorteile von Heissasphalt aufgezählt werden [17]:

- Gesellschaftlich:
- Bau von Infrastrukturen im Einklang mit der Umwelt
 - weniger Instandsetzungen
 - Fahrkomfort
 - weniger Verkehrslärm (lärmmilde Beläge)
 - Sicherheit (Spritzwasserreduktion, Versickerung des Oberflächenwassers, Griffbarkeit)
- Wirtschaftlich:
- kürzere Bauzeiten
 - Weniger Instandsetzungen (lange Lebensdauer)
 - dünnere Belagskonstruktionen
 - geringerer Verbrauch von Energie und Rohstoffen
 - weniger Transportkosten
- Umweltrelevant:
- Bewahrung natürlicher Ressourcen
 - Treibstoffeinsparung (Materialtransporte, etc.)
 - Energieeinsparung
 - kürzere Bau- und Instandsetzungszeiten
 - Schonung natürlicher Ressourcen (Mineralstoffe, Energieträger)

Das Recycling von Ausbauasphalt im Heissmischgut bringt in erster Linie einen Nachhaltigkeitsvorteil auf wirtschaftlicher und umweltrelevanter Basis. Betrachtet man die weltweite Rohstoffknappheit als Ganzes, können wir in Zukunft nicht mehr auf die Wiederverwertung von Ausbauasphalt verzichten, um die Produktion von Asphaltmischgut zu gewährleisten. Deshalb können sämtliche Aspekte der Nachhaltigkeitsbeurteilung in die Betrachtung mit einbezogen werden.

In den letzten Jahren konnte man in der Aufbereitung, in der Qualitätsüberwachung und im Umgang mit Ausbauasphalt viele Erfahrungen sammeln. Schadenfälle, welche direkt auf die Qualität des Ausbauasphaltes zurückzuführen sind, konnten nicht in Erfahrung gebracht werden. Abweichungen sind meist auf den unsachgemässen Umgang bei der Recyclingaufbereitung zurückzuführen und nicht auf die eigentliche Qualität des Ausbauasphaltes. Zu hohe Schwankungen des Asphaltgranulates in der Korngrößenverteilung oder im Bindemittelgehalt können die Qualität des Recyclingmischgutes negativ beeinflussen.

Die Problematik der Bindemittelqualität im Recyclingmischgut sollte normativ geregelt werden, um Vorbehalte gegenüber dem Recycling auszulöschen. Das Bindemittel hat einen grossen Einfluss auf die Gebrauchsdauer des eingebauten Belages. Damit diese Unsicherheit nicht eine Unmenge von kantonalen oder baustellenspezifischen Vorgaben auslöst, sollte dieser Faktor einheitlich geregelt werden.

Wichtige Erkenntnisse zur Gebrauchsdauer bzw. Nachhaltigkeit von Recyclingbelägen werden aus den andern Einzelprojekten dieses Forschungspaketes erwartet:

VSS 2005/452 EP1: Optimaler Anteil an Ausbauasphalt

VSS 2005/453 EP2: Mehrfachrecycling von Strassenbelägen

VSS 2005/455 EP4: Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Strassenbelägen mit Ausbauasphalt

VSS 2005/456 EP5: Mischgutoptimierung von Recyclingbelägen

10.4 Zukünftige Szenarien

In der Zukunft wird die Wiederverwertung von Ausbauasphalt immer eine grössere Rolle in der Asphaltproduktion spielen. Rohstoffe werden knapper, die Schonung von Ressourcen wird immer wichtiger. Zudem werden wertvolle Deponieräume geschont und ein optimaler Rohstoffkreislauf kann beibehalten werden.

Es ist anzunehmen, dass für die Aufbereitung von verschiedenen Mischgutsorten unterschiedliche Asphaltgranulate gebrochen oder sortiert werden. So kann es eine Unterteilung nach den Bindemittelleigenschaften im Ausbauasphalt geben oder es wird nach Fraktionen unterschieden, für die Herstellung von Trag-, Binder- oder Deckschichten.

Baustellenspezifische Aufbereitungen von geeignetem Ausbauasphalt mit speziellen Eigenschaften können von Interesse sein, wie es zum Beispiel schon heute bei der Produktion von EME-Belägen mit einem hohen Anteil an Ausbauasphalt angewendet wird.

Dafür bedarf es aber an genügend Platz für die Lagerung und das Brechen des Ausbauasphaltes. Grössere Recyclingaufbereitungen werden wahrscheinlich die heute gängige Praxis ablösen, dass jede Mischanlage für sich vor Ort das Material selber aufbereitet und einen Lagerplatz bewirtschaftet. Dies wird qualitativ und finanziell irgendwann nicht mehr interessant sein, so dass sich die Hersteller wahrscheinlich zu grösseren Aufbereitungsplätzen zusammenschliessen.

Durch die heutige Technik ist ein 100% Recycling möglich. Verschiedene Projekte haben gezeigt, dass dabei auch die qualitativen Aspekte erfüllt werden können. Es stellt sich nur die Frage, ob dies auch notwendig ist. Der richtige Weg liegt wahrscheinlich irgendwo dazwischen, d.h. dass eine optimale Wiederverwertung von Ausbauasphalt bei geeigneten Objekten bzw. den richtigen Belägen erfolgen soll. Wichtig ist es die Akzeptanz von Recyclingbelägen zu fördern und jegliche Vorurteile zu vernichten, damit in Zukunft ein optimaler Rohstoffkreislauf erhalten bleibt.

Der gesamte Prozess von der Annahme des Ausbauasphaltes, der Aufbereitung und Lagerung bis zur Wiederverwertung bei der Mischgutaufbereitung wird in nächster Zeit noch mehr professionalisiert werden. Das Produkt Asphaltgranulat soll in Zukunft als wertvoller Baustoff und nicht als Abfallprodukt anerkannt werden.

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
AA	Ausbauasphalt
ASTRA	Bundesamt für Strassen
AfU	Amt für Umwelt und Energie
BAFU	Bundesamt für Umwelt (seit 1. Januar 2006, früher BUWAL)
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
ChemRRV	Chemikalien Reduktionsverordnung
DATEC	Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni
DETEC	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication
EAPA	European Asphalt Pavement Association
EN	Europäische Normen
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
HMA	Hot Mix Asphalt
ISO	Internationale Organisation für Normung
LCA	Life Cycle Assessment
LCI	Life Cycle Inventory
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
LRV	Luftreinhalteverordnung
MAK-Wert	Maximale Arbeitsplatz-Konzentration
MW	Mittelwert
PAK	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
RAP	„Reclaimed Asphalt Pavement“, angelsächsische Bezeichnung für Ausbauasphalt
SMA	Splittmastixasphalt
SN	Schweizerische Normen
SNV	Schweizerische Normen-Vereinigung
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VSS	Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute

Literaturverzeichnis

-
- [1] Bundesamt für Umwelt BAFU „Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle“, Bern 2006
-
- [2] BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, „Empfehlung Entsorgung von teerhaltigem Ausbausphalt“, Ittigen Mai 2004
-
- [3] Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV) vom 18. Mai 2005 (Stand am 1. August 2011)
-
- [4] Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Tiefbauamt, „Recycling von Ausbausphalt im Kanton Aargau“, Aargau 2007
-
- [5] Baudepartement des Kantons Basel-Stadt / Amt für Umwelt und Energie und Bau- und Umweltschutzdirektion Basel-Landschaft / Amt für Umweltschutz und Energie, Merkblatt „Teerhaltige Beläge“, Basel / Liestal Juni 2012
-
- [6] Tiefbau- und Umweltämter der Ostschweizer Kantone, „Harmonisierung Ausbausphalt Ostschweiz“, 2007
-
- [7] Bundesamt für Umwelt, bafu, <http://www.bafu.admin.ch/co2-abgabe>
-
- [8] EAPA: "Industry Statement on the recycling of asphalt mixes and use of waste of asphalt pavements". European Asphalt Pavement Association, www.eapa.org, July (2005)
-
- [9] DAV Deutscher Asphaltverband „Ökopprofil für Asphalt- und Betonbauweisen“, Hochschule Biberach D, 2009
-
- [10] DAV Deutscher Asphaltverband, www.asphalt.de
-
- [11] Federal Highway Administration FHWA, Washington, DC, www.fhwa.dot.gov April 2011
-
- [12] Huang, Yue; Bird, Roger; Heidrich, Oliver. Development of a life cycle assessment tool for construction and maintenance of asphalt pavements. *Journal of Cleaner Production*. 2009:283-296
-
- [13] Chiu, Chui-Te; Hsu, Tseng-Hsing; Yang, Wan-Fa. Life cycle assessment on using recycled materials for rehabilitating asphalt pavements. *Resources, Conservation and Recycling*. 2008:545-556
-
- [14] Stripple, Hakan; Life Cycle Assessment of Road. A Pilot Study for Inventory Analysis. IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd. 2001
-
- [15] Rolf Jenny, Ammann Schweiz AG; *Gestrata Journal* 126, CO2-Reduktion bei der Asphalt-Produktion, Oktober 2009
-
- [16] Hans Bolk, Heijmans Infrastructuur B.V. Nederland ; Thermische Verwertung teerhaltiger Asphalte in den Niederlanden; *Forum Strasse Strassenbau-Tag Olten* 2007
-
- [17] Nynas, Zeitschrift „Performance“, Ausgabe 1, Sommer 2012
-
- [18] Bundesamt für Umwelt, bafu, <http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/01415/11239/index.html>
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 27.03.2013

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2005/454
 Projekttitel: Recycling von Ausbaupasphalt
 EP3 Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung
 Enddatum: 27.03.2013

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Seit 30 Jahren wird in der Schweiz Ausbaupasphalt wiederverwendet. Zu Beginn erfolgte die Zugabe nur in kleinen Mengen von 10-20% als Kaltzugabe, jedoch entwickelte man schon bald bessere Verfahren, um grössere Mengen wiederverwerten zu können. Durch die heutige Maschinenteknik ist theoretisch sogar ein 100% Recycling für nicht hochwertige Beläge möglich.

Die Normen unterscheiden nicht zwischen Belägen mit oder ohne Recycling, es gelten dieselben Anforderungen. Der gesamte Prozess von der Aufbereitung von Ausbaupasphalt bis zum Endprodukt Walzasphalt ist normiert. Es sollten keine zusätzlichen Einschränkungen zu den Normvorgaben gemacht werden, sei dies im Recyclinganteil im Mischgut oder in den Qualitätsvorgaben.

Die Wiederverwertung von Ausbaupasphalt ist in der Schweiz auf einem hohen Stand. Neue Mischanlagen werden meist nur noch mit Paralleltrommel geplant, alte Mischanlagen werden umgerüstet, um durch Kalt- oder Warmaufbereitung Recyclingmischgut herstellen zu können. Jedoch sind diese Faktoren stark von der geografischen Lage der Mischanlage abhängig. Der finanzielle Faktor spielt dabei die entscheidende Rolle.

Die Wiederverwertung von Ausbaupasphalt ist im Sinne von allen, sei das der Bauherr, der Unternehmer oder der Mischgutproduzent. Die Förderung des Asphaltrecyclings liegt aber in erster Linie beim Bauherrn, welcher darauf am meisten Einfluss nehmen kann. Wiederverwertungskonzepte sollten schon bei der Ausschreibung vorgesehen werden.

Mit der Verwendung von grösseren Mengen an Ausbaupasphalt können, gesamtwirtschaftlich betrachtet, die Kosten der Mischgutproduktion gesenkt werden. Damit kann der grosse, volkswirtschaftliche Wert, den die Strassen darstellen, weitreichend und besser erhalten werden. Zudem wird weniger Neumaterial benötigt, wodurch im Sinne der Nachhaltigkeit wertvolle Baustoffressourcen geschont werden.

Der gesamte Prozess von der Annahme des Ausbaupasphaltes, der Aufbereitung und Lagerung bis zur Wiederverwertung bei der Mischgutaufbereitung wird in nächster Zeit noch mehr professionalisiert werden. Das Produkt Ausbaupasphalt soll in Zukunft als wertvoller Baustoff und nicht als Abfallprodukt anerkannt werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Ziel dieses Forschungsauftrages ist die Erfassung des Status-quo des Recyclings von Ausbauasphalt und die Analyse der damit zusammenhängenden Stoffflüsse. Der Status-quo wurde durch Befragung diverser Mischanlagen in der Schweiz erfasst und die unterschiedlichen Stoffflüsse aufgezeigt.

Auf Basis von Berechnungen, Abschätzungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen sollen Vorschläge zur Optimierung des Asphalt-Recyclings ausgearbeitet werden. Durch eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden die finanziellen Aspekte von Asphaltrecycling aufgezeigt. Da die Normen nicht zwischen Belägen mit oder ohne Recycling unterscheiden und der gesamte Prozess von der Aufbereitung von Ausbaupasphalt bis zum Endprodukt Walzasphalt normiert ist, sollten keine Einschränkungen über die Menge der Recyclingzugabe gemacht werden. Dadurch wird automatisch eine Optimierung zwischen den wirtschaftlichen Aspekten und den qualitativen Normvorgaben gemacht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Wiederverwertung von Ausbaupasphalt wird in Zukunft noch an Wichtigkeit gewinnen wegen knappen Ressourcen und geringem Deponie-Platz. Dafür müssen alle Beteiligten zusammen arbeiten, die Wiederverwertung von Ausbaupasphalt darf nicht eingeschränkt oder gar verboten werden. Wiederverwertungskonzepte sollten deshalb schon bei der Ausschreibung vorgesehen werden.

Eigentlich braucht es keine Normvorgaben in puncto zulässiger Zugabemenge von Ausbaupasphalt. Durch die Qualitätsvorgaben am Mischgut und an den eingebauten Belägen wird die Zugabemenge so oder so eingeschränkt. Der Asphaltproduzent sollte auf Grund der Eigenschaften des Recyclinggranulates selber entscheiden können, wie hoch der Anteil an Asphaltgranulat sein darf.

Eine Lücke bieten die Werte am rückgewonnenen Bindemittel, für die es keine Normanforderungen gibt. Da dies dazu führt, dass von verschiedenen Seiten trotzdem Anforderungen gestellt werden, diese aber zum Teil nur sehr schwer eingehalten werden können, besteht hier ein Handlungsbedarf für das Normenwerk. Mit der vermehrten Verwendung von Recycling im Strassenbau sind die Werte am rückgewonnenen Bindemittel ein qualitativ wichtiger Aspekt um das Mischgut bewerten zu können. Damit aber kein Wildwuchs an Anforderungen entsteht, sollten normative Zeichen gesetzt werden.

Publikationen:

keine

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Dünner

Vorname: Sandra

Amt, Firma, Institut: Walo Bertschinger Central AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Die Zielsetzungen dieses Forschungsauftrages wurden erreicht. Die Ergebnisse aus den Status quo Bestimmungen sind klar aufgezeigt und deren Folgerungen fundiert und gut verständlich. Der Forschungsbericht zeigt die Zusammenhänge des Asphaltrecyclings gut auf und bietet eine technisch umfangreiche Zusammenfassung.

Umsetzung:

Der Bericht ist klar strukturiert und hält sich an die Zielvorgaben aus der Ausschreibung. Durch die Umfrage bei diversen CH-Mischgutwerken konnte ein guter Überblick über den heutigen Stand der Technik ausgearbeitet werden.

weltergehender Forschungsbedarf:

Forschungsbedarf besteht betreffend den Anforderungen an die Bitumenkennwerte am rückgewonnenen Bindemittel. Die Einflussfaktoren wie Aufbereitungstemperatur, Wiedererwärmung im Labor, Lösungsmittel, Zeit, Aufbewahrung etc. sollen im Rahmen von Laboruntersuchungen quantitativ erfasst werden. Dadurch könnte die Akzeptanz des Recyclings von bituminösen Belägen noch verbessert werden.

Einfluss auf Normenwerk:

keine

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Beyeler

Vorname: Hans-Peter

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:



Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Forschungsberichte seit 2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen <i>Coopération dans les gares et arrêts</i> <i>Coopération at railway stations and stops</i>	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs Activity oriented analysis of induced travel demand Analyse orientée aux activités du trafic induit	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung Approches innovantes de la gestion du stationnement Innovative approaches to parking management	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer? Driver Inattention and Distraction as Cause of Accident: How do Drivers Behave in Cars? L'inattention et la distraction: comment se comportent les gens au volant?	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel Acoustical guidance in road tunnels Guidage acoustique dans les tunnels routiers	2012
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining? De nouvelles découvertes sur le comportement de mobilité par Data Mining? New findings on the mobility behavior through Data Mining?	2011
1359	SVI 2004/003	Wissens- und technologientransfer im Verkehrsbereich Know-how and technology transfer in the transport sector Transfert de savoir et de technologies dans le domaine des transports	2012

1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten Pronostics de trafic avec des données en temps réel Traffic forecast with real-time data	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen Principes de bases concernant la conception, la construction et la durabilité de voies de raccordement Basic Principles on the Design, Construction and Sustainability of Sidings	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betongranulat aus Betongranulat	2011
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften <i>Potentiel du covoiturage</i> <i>Potential of Car Pooling</i>	2011
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schwiessnähte von KDB <i>Développement d'une méthode d'essais non-déstructif pour des soudures de membranes polymères d'étanchéité</i> <i>Development of a nondestructive test method for welded seams of polymeric sealing membranes</i>	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen <i>Signalisations dynamiques sur des routes principales</i> <i>Dynamic signalling at primary distributors</i>	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau <i>Expériences dans la construction de ponts en Suisse</i> <i>Experiences in Swiss Bridge Construction</i>	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen <i>Harmonisation of procedures and user interface in Tunnel-Process Control Systems</i> <i>Harmonisation des processus et des interfaces utilisateurs dans les systèmes de supervision de tunnels</i>	2012

1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität <i>Mode of action and potential of combined mobility</i> <i>Mode d'action et le potentiel de la mobilité combinée</i>	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr <i>Bénéfices liés à une réduction des temps de parcours du trafic voyageur</i> <i>Benefits of travel time savings in passenger traffic</i>	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel <i>Influence de l'écoulement souterrain sur le gonflement du Keuper gypseux dans le Tunnel du Chienberg</i> <i>Influence of groundwater flow on the swelling of the Gipskeuper formation in the Chienberg tunnel</i>	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich <i>Réflexions du trafic routier aux ouvrages d'art</i> <i>Noise reflections on structures in the street</i>	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen <i>Data storage in tunnel process control systems</i> <i>Enregistrement ds données de systèmes de supervision de tunnels</i>	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen <i>Exigences par rapport à la résistance à la carbonatation des bétons</i> <i>Requirements for the carbonation resistance of concrete mixes</i>	2012
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen <i>Résistance à la corrosion des aciers d'armature inoxydables</i> <i>Use of stainless steels in concrete structures</i>	2012