

Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut

Initialprojekt

VSS 2005/451; FB 1242

Prof. Dr. M. N. Partl,

Dr. Martin Hugener

Empa, Abteilung Strassenbau / Abdichtungen

Fachliche Betreuung durch

- VSS-Fachkommission FK 4 und FK 5
- externe Begleitgruppe

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	III
RESUME	IV
ABSTRACT	V
1 EINLEITUNG	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Auftrag	2
1.3 Expertengruppe Initialprojekt	2
2 STANDORTBESTIMMUNG UND LITERATURÜBERSICHT	4
2.1 Stand der Forschung	4
2.2 Zusammenfassung wichtiger Literatur	7
2.3 Forschungsberichte Strassenbauforschung Schweiz	13
3 BESCHREIBUNG DES FORSCHUNGSPAKETES	14
3.1 Zweck	14
3.2 Ziele	14
3.3 Abgrenzungen	14
3.4 Inhalt	15
3.4.1 Grundsätzliche Fragestellungen	15
3.4.2 Einzelprojekte EP	16
3.4.3 VP6 Validierung in-Situ	17
3.5 Zusammenhänge	17
3.5.1 Schwerpunkte und inhaltliche Gliederung	18
3.5.2 Konzept des "Roten Fadens"	19
3.5.3 Festsetzung der zu untersuchenden Parameter	21
3.5.4 Materialpool	23

3.6	Projekt-Organisation	25
3.6.1	Begleitkommission	25
3.6.2	Gesamtprojektleiter	26
3.6.3	Aufgaben des Gesamtprojektleiters	26
3.6.4	Projektleiter der Einzelprojekte	28
3.7	Kosten/Zeitplan/Arbeitsschritte	28
3.8	Nutznieser der Erkenntnisse	32
3.9	Umsetzung	32
3.10	Wirkung	33
4	AUSSCHREIBUNG	34
4.1	Vorgehen	34
4.2	Ausschreibungstexte der Einzelprojekte	35
4.2.1	VSS 2005/452 Einzelprojekt EP1: Optimaler Anteil an Ausbauasphalt.....	35
4.2.2	VSS 2005/453 Einzelprojekt EP2: Mehrfachrecycling von Strassenbelägen	36
4.2.3	VSS 2005/454 Einzelprojekt EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung.....	37
4.2.4	VSS 2005/455 Einzelprojekt EP4: Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Strassenbelägen mit Ausbauasphalt	38
4.2.5	VSS 2005/456 Einzelprojekt EP5 Mischgutoptimierung von Recyclingbelägen.....	39
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN	40
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	41
7	ANHANG	51
7.1	Übersicht über die Beilagen	51
7.2	Erläuterungen zu den Tabellen in den Beilagen 1-6.....	51

Zusammenfassung

Mit steigender Sensibilisierung für Nachhaltigkeits- und Umweltthemen bei gleichzeitig zunehmendem Einsatz neuer Materialien (z.B. polymermodifizierte Bindemittel) und Mischgutsorten hat die Frage des Recyclings von Strassenausbruch erheblich an Aktualität und Bedeutung gewonnen. In der Schweiz fallen jährlich grosse Mengen an Ausbauasphalt an, die nach dem heutigen Stand der Technik nur teilweise sinnvoll wiederverwendet werden können. Dabei handelt es sich in der Regel um qualitativ hochstehende, wenn auch nicht immer unproblematische Wertstoffe, die in erheblicher stofflicher und altersbedingter Variabilität anfallen. Die optimale und möglichst vollständige Wiederverwendung in bitumenhaltigen Strassenbelägen ist ein Hauptziel des Forschungspakets „Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut“.

Aufgrund der Komplexität der Thematik und der bereits vorhandenen breiten Erfahrungen und vielfältigen Praxis des Recyclings von Heissmischgut, hat sich die FK4 und FK5 entschlossen, dem Forschungspaket zunächst das vorliegende Initial-Projekt vorzuschalten, um eine detaillierte Projektkonzipierung und Ausschreibung auf Basis einer erweiterten Standortbestimmung zu ermöglichen. Hierzu wurde eine Diskussion mit ausgesuchten Experten durchgeführt und eine Zusammenstellung vorhandener Literatur einschliesslich kurzer Zusammenfassung besonders wichtiger aktueller Publikationen vorgenommen.

Im Rahmen des Initial-Projekt wurden die für die Schweiz prioritären Forschungslücken auf diesem Gebiet in Vorschläge für folgende einzelne Forschungsprojekte samt Ausschreibungstexten umgesetzt:

- EP1: Optimale Anteile an Ausbauasphalt
- EP2: Mehrfachrecycling von Strassenbelägen
- EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung
- EP4: Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Strassenbelägen mit Ausbauasphalt
- EP5: Mischgutoptimierung von Recyclingbelägen

Das Forschungspaket wird ergänzt durch ein zeitlich teilweise überlappendes In-Situ-Validierungsprojekt VP6, das der notwendigen objektbezogenen Praxisvalidierung der im Labor erarbeiteten wichtigsten Erkenntnisse der jeweiligen Einzelprojekte dient. Um die Vergleichbarkeit der Resultate der verschiedenen Einzelprojekte sicherzustellen, sind einige Materialien (Recyclinggranulat, Bindemittel, Mineralstoffe) und Prüfungen im Sinne eines roten Fadens für alle Projekte einheitlich und zwingend vorgegeben.

Die Projektleitung des Gesamtprojektes erfolgt durch einen Gesamtprojektleiter GPL mit der fachlichen Unterstützung einer Begleitkommission. Im Initialprojekt wurde die Person des GPL evaluiert und sein Pflichtenheft erstellt. Zudem wurden Mitglieder für die Begleitkommission vorgeschlagen. Der zeitliche Ablauf mit Meilensteinen, sowie die geplanten Kosten wurden detailliert aufgeführt und kom-

mentiert. Dadurch kann bei der Durchführung des Forschungspaketes ein möglichst hoher Nutzen und Wirkungsgrad hinsichtlich technischer Erkenntnisse, Informationsfluss, Terminabstimmung und Synergiebildung erreicht werden.

Résumé

Avec l'accroissement de la sensibilité pour les thèmes de la durabilité et de l'environnement et l'augmentation simultanée de l'utilisation de nouveaux matériaux (p. ex. liants modifiés par des polymères) et de nouveaux types d'enrobés, la question du recyclage des revêtements hydrocarbonés a gagné en importance. En Suisse, les quantités importantes de matériaux bitumineux de démolition des routes produites chaque année ne sont que partiellement recyclées judicieusement au vu des possibilités techniques actuelles. Il s'agit là généralement de matériaux de haute qualité, quoique parfois problématiques, dont la composition et le degré de vieillissement peut varier fortement. Le recyclage optimal et aussi complet que possible dans des revêtements bitumineux routiers est l'un des objectifs principaux du paquet de recherche «Recyclage des matériaux bitumineux de démolition des routes dans des enrobés à chaud»

Du fait de la complexité de ce thème ainsi que de l'expérience large et variée des milieux de la pratique dans le recyclage des enrobés à chaud, les CT4 et CT5 ont décidé de réaliser au préalable le présent projet initial afin d'élaborer un concept détaillé du projet et une mise au concours sur la base d'un bilan élargi. A cette fin, des discussions ont été menées avec des experts et une recherche bibliographique sur la littérature existante sur le sujet, avec un bref résumé des publications actuelles particulièrement importantes, a été effectuée.

Dans ce projet initial, les déficits à combler en priorité dans la recherche dans ce domaine ont été formulés sous forme de propositions, y compris les textes de mise au concours, pour les différents projets suivants:

- EP1: Teneur optimale en matériaux bitumineux de démolition des routes
- EP2: Recyclage répété des revêtements routiers
- EP3: Evaluation des flux de matières et de la durabilité
- EP4: Appréciation de la durabilité des revêtements routiers à base de matériaux bitumineux de démolition des routes
- EP5: Optimisation des enrobés des revêtements recyclés

Le paquet de recherche sera complété par un projet de validation VP6, réalisé en partie simultanément, destiné à la validation pratique nécessaire sur des objets réels des résultats les plus importants acquis en laboratoire dans les différents projets. Afin d'assurer la comparabilité des résultats des diffé-

rents projets, certains matériaux (granulats recyclés et neufs, liants) et certains essais seront obligatoirement les mêmes pour tous les projets.

La direction du projet global sera assumée par un chef de projet général soutenu dans ses tâches par une commission d'accompagnement. Dans le projet initial, le profil du chef de projet général a été établi de même que son cahier des charges. De plus des propositions ont été émises pour les membres de la commission d'accompagnement. Ceci permettra d'obtenir dans la réalisation de ce paquet de recherche une efficacité et un bénéfice maximal pour ce qui est des résultats, du flux d'informations, de la fixation des délais et des synergies.

Abstract

With increasing awareness of sustainability and environmental issues as well as increasing use of new materials (e.g. polymer modified binders) and mixtures the question of recycling of reclaimed asphalt pavements (RAP) has attracted considerable actuality and importance. In Switzerland, a large amount of RAP is produced each year, which, according to the actual state of the art, can only be partly recycled in a suitable way. This RAP (though not always unproblematic) is generally of high quality but piles up in considerable variability in terms of materials type and age. The optimal and, if possible, complete re-use of RAP in bituminous road pavements is one main goal of the research package "Recycling of Reclaimed Asphalt in Hot Mixes"

Due to the complexity of the recycling subject and the existing extensive experience and diverse practical application of reclaimed asphalt in hot mixes, the technical committees FK4 and FK5 decided to conduct a preparatory initiation project prior to the research package in order to allow a detailed planning and call for tenders for the project based on an extended evaluation of existing knowledge. In order to achieve this goal, discussions with selected experts were conducted and a collection of existing literature including short summaries of particular interesting papers was made.

In this initiation project the relevant research topics for Switzerland were identified and proposals for different individual research projects together with texts for the call for tender were elaborated:

- EP1: Optimale content of RAP
- EP2: Multiple recycling of asphalt pavements
- EP3: Assessment of materials flow and sustainability
- EP4: Assessment of durability of pavements with RAP
- EP5: Mix optimization for pavements with RAP

The research package is complemented with an in situ validation project that is partly overlapping in time and is intended to provide the necessary object-related praxis validation of the most important lab

findings of the individual projects. In order to guarantee the comparability of the results of the different individual projects, some materials (RAP, binder, aggregates) and test were defined that will act as the "central thread" for all projects.

Project management of the research package will be performed by one general project manager GPM who will be supported technically by a steering committee. As one task of the initiation project, the GPM was evaluated and the corresponding specification of his duties was elaborated. Furthermore, the members of the steering committee were proposed. The time table with milestones and the approximate costs were listed in detail and discussed. Thanks to the achievements of this initiation project it can be expected that the research project can be conducted with a maximum of benefit and efficiency in terms of technical findings, flow of information, coordination of deadlines and creation of synergies.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Förderung der Wiederverwendung hochwertiger Baustoffe ist eine gesellschaftspolitische Notwendigkeit, welche in direktem Zusammenhang mit Zielvorgaben des Bundesrates steht:

- Kyoto-Protokoll zur Reduktion des CO₂-Ausstosses
- Vision des Bundesrates „2000-Watt Gesellschaft“

Damit steht dieses Forschungspaket im Einklang mit den strassenverkehrspolitischen Zielsetzungen des UVEK 2004 - 2007 A (Moderne Infrastruktur schaffen, welche die zukünftigen Mobilitätsbedürfnisse möglichst effizient abdeckt) und C (Schutz der Menschen und der Lebensgrundlagen), die unter der Priorität 1 eingestuft sind. Diese beinhalten die Forschungsschwerpunkte des ASTRA „Verfügbarkeit der Infrastruktur“ Punkte P...T, insbesondere aber Q und R.

Mit steigender Bedeutung von Nachhaltigkeits- und Umweltthemen aber auch mit der sich immer klarer abzeichnenden Material-Ressourcenknappheit und der Entsorgungsproblematik hat die Frage des Recyclings von Strassenausbruch sowohl in politisch-gesellschaftlichem als auch ökologisch-ökonomischem Sinne erheblich an Aktualität und Bedeutung gewonnen. In der Schweiz werden jährlich in der Grössenordnung von 5 Mio. t Mischgut produziert und es fallen 2 Mio. t Ausbauasphalt an. Es handelt sich dabei um teilweise qualitativ hoch stehende, wenn auch nicht immer unproblematische Wertstoffe, deren optimale und möglichst vollständige Wiederverwendung Gegenstand dieses Forschungspakets (FP) darstellt.

Ausbauasphalt (RAP¹) tritt in erheblicher stofflicher und altersbedingter Variabilität auf. Diese nimmt mit dem Einsatz neuer Materialien (z.B. polymermodifizierte Bindemittel) und Mischgutsorten noch zu, welche sich ihrerseits aus den verkehrs- und umweltbedingt ständig verändernden wachsenden Anforderungen an die Performance und Multifunktionalität der Strassenbefestigung ergeben. Wie der Dynamik dieser Entwicklung Rechnung zu tragen ist, ist ebenfalls Gegenstand des Forschungspaketes. Im Vordergrund stehen nicht nur material-, bautechnische und normspezifische Aspekte sondern auch Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte.

¹ RAP „Reclaimed Asphalt Pavement“, angelsächsische Bezeichnung für Ausbauasphalt.

1.2 Auftrag

Wegen der Komplexität der Thematik und wegen den starken Verknüpfungen der Projekte wurde beschlossen, das vorliegende Initial-Projekt IP auf Basis einer gezielten Standortbestimmung zwecks Synergieoptimierung durchzuführen. Die Aufgaben dieses Projektes waren:

- Gezielte Standortbestimmung (Literatur- und Informations-Screening beschränkten Umfangs unter Berücksichtigung allfälliger Teilergebnisse laufender Forschungsprojekte)
- Verfeinerte Ausarbeitung von Detailpflichtenheften bezüglich Methodik, Vorgehen, Meilensteinen und Verknüpfungen für die Ausschreibung von EP1...EP5 gemäss Vorgabe der Basistexte im Anhang an dieses Gesamtkonzept
- Formulierung des Informationstransfers inhaltlich und zeitlich als von Anbietern zwingend zu beachtende Meilensteine
- Evaluation allfälliger zeitkritischen Verbindungen zwischen den Einzelprojekten (Wann muss welches EP welche Informationen wem liefern?)
- Vorschlag eines Projektleiters zuhanden ASTRA
- Vorschlag für Begleitgruppe aus FK4 und FK5 und evtl. weiterer Kreise
- Zusammenfassung der Resultate und Aktivitäten des Initialprojektes in einem Schlussbericht

Das ASTRA beauftragte am 9.12.05 die Empa Abteilung Strassenbau/ Abdichtungen das Initialprojekt VSS 2005/450 " für das Forschungspaket "Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut" durchzuführen.

1.3 Expertengruppe Initialprojekt

Um die Interessen von möglichst allen VSS-Bereichen sicherzustellen wurde eine temporäre Expertengruppe *Initialprojekt* gebildet, die sich aus je einem Mitglied pro VSS-Expertenkommission zusammensetzte (Tabelle 1). Die Mitglieder dieser Expertengruppe *Initialprojekt* waren an der Ausarbeitung des Pflichtenheftes und der Texte für die Ausschreibung, sowie an der Evaluation des Gesamtprojektleiters beteiligt.

Name und Arbeitgeber	Vertretung der VSS-Kommission
Prof. M. N. Partl, Empa Dübendorf	Projektleiter Initialprojekt, FK 4 Baustoffe
Dr. Christian Angst, Françoise Beltzung, IMP Bautech AG	EK 5.01 Bituminöse Beläge
Daniel Kästli, Kästli AG	EK 4.03 Sekundärbaustoffe
Max Seeberger, Tecnotest AG	EK 4.06 Querverbindungen, FK 5 Bautechnik
Jean-Louis Cuenoud, Ertec SA	EK 4.01 Mineralische Baustoffe
Michel Pittet, EPFL-Lavoc	EK 5.09 Mischgut Prüfverfahren
Dr. Martin Hugener, Empa Dübendorf	EK 4.04 Bitumen und Polymerbitumen

Tabelle 1: Mitglieder der Expertengruppe Initialprojekt mit Verbindung zu der entsprechenden Expertenkommission

2 Standortbestimmung und Literaturübersicht

2.1 Stand der Forschung

Die Chancen und Möglichkeiten des Recyclings von Asphaltbelägen wurden in der Vergangenheit schon früh erkannt und haben die Entwicklung von Asphaltbelägen praktisch von deren erster Anwendung massgebend mitbestimmt [z.B. 132. NAPA (1977)]. Entsprechende langjährige Erfahrungen finden ihren Niederschlag in zahlreichen Normen und Regelwerken (z.B. 168. SN 670062, 169. SN 670141.. 172. 670144, 14. ASTM D4552-92, 15. ASTM D4887-93...), welche sicherstellen und belegen, dass Recycling im klassischen Asphalt-Strassenbau zu technisch guten und dauerhaften Lösungen führt.

Der vermehrte Einsatz neuer Bindemittel und anderer neuer Mischgutkomponenten, das heutzutage allgemein erhöhte Umweltbewusstsein sowie die immer kritischer erscheinende Rohstoffsituation (Stichwort: steigenden Ölpreise infolge Steigerung der Nachfrage insbesondere durch die neuen Boomländer in Fernost bei gleichzeitiger Verknappung der Rohstoffe) haben aber dazu geführt, dass in den letzten Jahren das Interesse am Recycling und an der Lösung der damit verbundenen neuen technischen Herausforderungen stark gewachsen ist. Dies hat global zwangsläufig auch zu vermehrten Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen geführt, welche darauf abzielen, einerseits das Anwendungs- und Funktionspotential einschliesslich der **technischen Eigenschaften** von heissem Recyclingasphalt zu verbessern [21. Brown (1984); 104. Karlsson (2002); 115. Kiggundu (1987); 124. Little (1981); 135. Nellen (1998); 137. Noureldin (1989); 142. Oliver (2001)] und andererseits spezifische technischen Fragestellungen zu lösen, namentlich im Zusammenhang mit **Einbaumethoden** [z.B. 47. Emery (2006); 93. Junghänel (1995)], **In-Plant- und In-Place-Recycling** [17. Bardesi, 23. Button, (1994); 25. Carmichael (1977); 37. Decker (1996); 107. Kazmierowski (1992); 108. Kazmierowski (1995)] **Mischgutoptimierung und Materialzusammensetzung** [z.B. 33. Cuenoud (2006); 41. Dunning (1978); 144. PARAMIX (2004); 191. Venable (1983)]; 26. Carpenter (1980); 147. Perez Jimenez (2004); 157. Roberts (1996)]. Als Beispiel für die Bemühungen hinsichtlich Mischgutoptimierung sei das in [144 PARAMIX (2004)] publizierte Resultat einer Spurbildungsprüfung an SMA erwähnt, welche bei 50°C mit unterschiedlichen Anteilen an Ausbauasphalt und Verjüngungsmitteln durchgeführt wurde (Abbildung 1). Demzufolge wirkt sich eine Erhöhung des Anteils an Ausbauasphalt unabhängig von der Verwendung des Verjüngungsmittels positiv auf das Spurbildungsverhalten aus. Bemerkenswert ist auch, dass mit zunehmendem Anteil an Ausbauasphalt ein geringerer positiver Einfluss des Verjüngungsmittels auf das Spurbildungsverhalten festgestellt wurde.

Weitere Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen konzentrieren sich auf die Erarbeitung und Untersuchung technisch fundierter Möglichkeiten der **Temperaturreduktion** [17. Bardesi (1996)] sowie der Mitverwendung von **Alternativbaustoffen** [z.B. 83. Hugener (2000); 155. ALT-MAT Reid (2001)] und **Sekundär-Wertstoffen**, namentlich von Gummi aus Altreifen, Ziegel- und Dachschieferbruchstücken, div. Schlacken, Aschen und Entstaubungs-Füller [z.B. 2. Albritton (1999); 31. Ciesielski (1994); 32. Crockford (1995); 67. Fitzsimons (2004); 69. Gannon (1989); 113. Khalaf (2004); 166. Shen (2005); 30. Chesner (2004)]. Zahlrei-

che Literatur befasst sich auch mit gesundheitsspezifischen Aspekten, namentlich des Recyclings von teerhaltigen Belägen [81. Hugener (1999); 82. Hugener (1998); 84. Hugener (1998)].

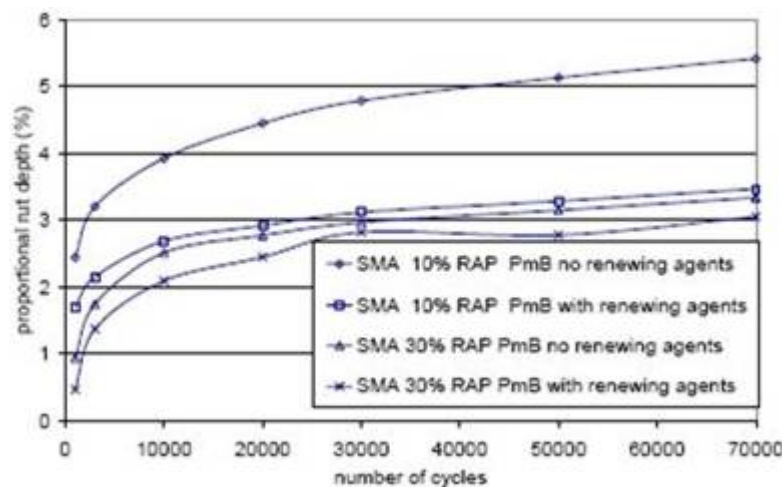


Abbildung 1: Spurbildungsverhalten an SMA (aus [144. PARAMIX (2004)])

Entsprechend umfangreich ist die vorhandene Literatur und entsprechend häufig der Versuch, aufgrund der Flut der Informationen immer wieder Sachstandberichte bzw. Zusammenstellungen des **State of the Art** zu formulieren [6. Asphalt Institute (1986); 9. ARRA (2000); 36. Decker (1997); 70. Gerardu (1985); 80. Huffman (1997); 83. Isacsson (1997); 87 Jacobson (1996); 97. Kandhal (1997)]; 106. Karlsson (2006); 109. Kearney (1997); 117. Kilian (1999); 119. Kronig (1994); 132. NAPA (1996); 160. Samanos (2006); 164. Servas (1980); 167. Smith (1980); 183. Terrel (1997); 185 TRB (1978)] oder **Positionspapiere bzw. Guidelines** zu verfassen [z.B. 1. AGRA (1996); 140. OECD (1997); 42. EAPA (2005); 8 ARRA, (2001), 40. Dienemann (2002); 62. Epps (1980); 91 JRA (1992); 97. und 99. Kandhal et al (1997); 127. McDaniel (2001); 134. NCHRP (2001); 66. FHWA (1995)]; 156. Reinbouth (2002)]

Die zahlreichen Anstrengungen bestätigen, dass bei der Bearbeitung der Recycling-Thematik von Ausbausphalt-Granulat lokale, d.h. nationale, Gegebenheiten und Eigenheiten (politische, gesellschaftliche, räumliche, technische, etc.) eine wesentliche Rolle spielen. Es ist daher unerlässlich, dass in der Schweiz, selbstverständlich in Kenntnis internationaler Bestrebungen, eigene Forschungsinitiativen ergriffen werden und im Interesse der Umwelt keine abwartende Haltung eingenommen wird. Dies wird auch aus verschiedenen auf die schweizerischen Verhältnisse zugeschnittenen Fachartikeln deutlich; beispielsweise in [33. Cuenoud (2006)], worin von erfolgreichen ökonomischen Erfahrungen mit der Anwendung eines 100% Kaltrecyclings auf Emulsionsbasis im Rahmen des Wiederaufbaus des Werkhofs in Bursin an der A1 im Kanton Vaadt berichtet wird; ein Einbau, der eine Energieeinsparung von 50% erlaubt und 40% weniger CO₂ verursacht als ein konventioneller Einbau. Dokumentiert wird die Notwendigkeit eigener schweizerischer Forschungsinitiativen aber auch in den im Laufe der vergangenen Jahre verfassten Einzel-Berichten, die im Rahmen der schweizerischen Strassenbauforschung erstellt wurden und auch als Grundlage für dieses Forschungspaket dienen werden (vgl. Kapitel 2.3)

Auch wenn die in diesem Bericht aufgeführten Literaturangaben [1 ..195] keinesfalls Anspruch auf Vollständigkeit erheben können, zeigen sie doch deutlich die Komplexität, Bedeutung und intensive Aktivität der Forschung in diesem Bereich auf, wobei offenkundig wird, dass erhebliche Arbeit insbesondere in den USA geleistet wurde. Als Beispiele verschiedenster Institutionen (neben TRB, PIARC, EAPA, etc), die sich mit dem Recycling auseinandersetzen seien genannt:

- ARRA "Asphalt Recycling and Reclaiming Association" (<http://www.arra.org/>)
- National Recycling Coalition - NRC - www.nrc-recycle.org
- The Recycled Materials Resource Center - RMRC - www.rmrc.unh.edu

Erwähnt sei hier zudem die anfangs 2006 begonnene internationale Aktivität der Task Group TG5 "Recycling" (Leitung C. de La Roche, LCPC) (<http://www.rilem.net/tcDetails.php?tc=206-ATB>), die im Rahmen des **RILEM** Technical Committee TC 206 ATB "Advanced testing and characterization of bituminous materials" (Leitung: M.N. Partl, Empa), sich als eine Aufgabe gesetzt hat, einen umfassenden aktuellen Statusbericht über die Verwendung von Ausbauasphalt in verschiedenen Ländern zu verfassen (RILEM: International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures). Dabei soll u.a. abgeklärt werden, welche Recycling-Techniken für welches Mischgut benutzt werden und inwieweit Verjüngungsmittel sowie polymermodifizierte Bindemittel eingesetzt werden. Zudem sollen geeignete internationale Quervergleiche durchgeführt und eine Methodologie bezüglich Beurteilung und Optimierung von Recyclingmischgut erarbeitet werden. Schliesslich ist die Erstellung eines internationalen Glossaries zur Vereinheitlichung der Begriffe im Bereich Recycling geplant.

Die TG5 Gruppe steht in enger Verbindung mit der WG05 „Re-Use of Construction Materials for Asphalt Pavements“ der **International Society for Asphalt Pavement** (ISAP), welche 2008 unter der Leitung der Empa ein Symposium in Zürich organisiert. Die Tatsache, dass sich zwei international bedeutende Organisationen mit der Recycling Frage auseinandersetzen, unterstreicht die Wichtigkeit der Thematik und zeigt, dass die Schweiz durch ihre integrierende und koordinierende Aufgabe in beiden Organisationen eine einmalige Gelegenheit hat, die im Rahmen des Forschungspaketes erarbeiteten Erkenntnisse auch auf internationaler Ebene zu vernetzen und dadurch nicht nur als massgebender Key-Player mitzuwirken sondern auch von den sich ergebenden Synergien zu Gunsten des Forschungspaketes zu profitieren.

Die Bedeutung, die allgemein dem Recycling beigemessen wird, war auch anlässlich der von ISAP organisierten 10th International Conference on Asphalt Pavements in Quebec 2006 offensichtlich. Mehrere Beiträge befassten sich mit verschiedensten praktischen aber auch theoretischen Aspekten.

Beispielsweise wurden in [160. Samanos (2006)] die Techniken des kalten und heissen In-Place- und In-Plant-Recycling sowie die Situation in einzelnen Ländern kurz vorgestellt. Demnach sind beim Kaltrecycling mit Emulsionen oder Schaumbitumen insbesondere bei Foundationsschichten Recycleranteile nahe bei 100% möglich. Beim Heissrecycling In-Place wird auf die drei unterschiedlichen Verfahren hingewiesen: die Thermo-Reprofilierung, die Thermo-Regeneration und das Thermo-Recycling. Beim Heissrecycling In-Plant werden drei verschiedene Verfahren kurz erläutert: Das Chargenmischverfahren ohne separate Trocknungs-

trommel (Kaltzugabe, geeignet für einen Recyclinganteil von max 20%), das Chargenverfahren mit paralleler Trocknungstrommel (Warmzugabe, geeignet für einen Recyclinganteil von max 60%) und das Durchlaufmischverfahren (je nach Ausführung geeignet für einen Recyclinganteil zwischen 30 bis 50%). [47. Emery (2006)] stellte ein verbessertes In-Place Heissrecyclingverfahren vor, welches rezirkulierte Luft mit tiefsitzenden Heizstrahlern, heisses Fräsgut und ein System zum Nacherhitzen, Trocknen, Mischen, Einbau und Verdichten verwendet. Das System wirkt sich gemäss Autoren günstig auf Recycliertiefe, Heizeffizienz, Einbaugeschwindigkeit, Produktivität, Emissionen und Einbauqualität aus.

Ausserdem wurde in [176. Tabakovic (2006)] eine laufende Forschungsarbeit über die mechanischen Gebrauchseigenschaften einer 20mm dicken Binderschicht aus Asphaltbeton mit verschiedenen Anteilen an Ausbauasphalt präsentiert. Die Untersuchung umfasst Marshalltest, indirekten Zugversuch, Wasserempfindlichkeit und eine neuartigen Spurbildungs-Rundlaufanlage für rechteckige Belagsabschnitte. Es zeigte sich, dass der Einsatz von Ausbauasphalt sämtliche mechanischen Eigenschaften von Mischgut verbesserte. Schliesslich wurde im Hinblick auf Deckbeläge für Flughäfen, von [72. Hachia (2006)] der Effekt von Verjüngungsmitteln auf recycelten Asphalt untersucht, sowie die Möglichkeit den Anteil an alten Zuschlagstoffen zu erhöhen. Der praktische Einbau zeigte, dass das Gebrauchsverhalten von neuem Asphaltbeton und solchem mit Recyclingmaterial kaum unterschied. Es zeigte sich, dass bis zu 70% alte Zuschlagstoffe aus Flughafenbelägen für Flughafen-Deckschichten verwendet werden können.

2.2 Zusammenfassung wichtiger Literatur

Aus der verfügbaren vielfältigen Literatur seien beispielhaft folgende interessanten und für das Forschungspaket relevanten Arbeiten herausgegriffen.

Erwähnt sei zunächst ein von der European Asphalt Pavement Association EAPA herausgegebenes Grundsatzdokument der Industrie [42. EAPA (2005)]. Es handelt sich das Positionspapier von politisch-technischem Inhalt, welches durch die Tatsache initialisiert wurde, dass die Kommission der Europäischen Union 1993 eine Gruppe bezüglich Konstruktion und Abbruch-Abfall gründete. Das Dokument nimmt Stellung zu Kalt- und Heissrecycling. Es liefert quantitative Angaben über den Recyclinganteil in verschiedenen Europäischen Ländern und stellt die verschiedenen Verfahren von Mischprozessen vor. Auch wird auf die Anstrengungen der Industrie zur verantwortungsvollen und sorgfältigen Verwendung von Sekundär-Wertstoffen im Recyclingmischgut verwiesen.

Neben grundsätzlichen Aussagen zum Recycling und Angaben über dessen Bedeutung in Europa, legt das Dokument legt dar, dass begrifflich zu unterscheiden sei zwischen Recycling und Wiederverwendung von Asphalt. Beim **Recycling** wird Ausbruchasphalt zur neuen Mischung hinzugefügt, wobei die Zuschlagstoffe und das alte Bindemittel dieselben Funktionen erfüllen als bei der ursprünglichen Verwendung. Demgegenüber

wird unter **Wiederverwendung** der Einsatz von Ausbruchasphalt in einer verglichen mit der ursprünglichen Verwendung weniger anspruchsvollen Funktion verstanden, z.B. als Foundation oder Tragschicht. Leider wird Unterscheidung der beiden Begriffe in der Literatur nicht konsequent durchgeführt. Es ist somit sehr wesentlich, sich im Forschungspaket in einem frühen Stadium um eine klare begriffliche Verständigung und eine Vereinheitlichung der Bezeichnungen zu bemühen.

In Zusammenhang mit dem EAPA Bericht erwähnenswert ist die Anwendungs-Richtlinie der US Strassenbehörde Federal Highway Administration FHWA [30. Chesner (2004)]. Dort wird darauf hingewiesen, dass in Asphaltbeton die verschiedensten Recyclingmaterialien (z.B. Entstaubungs-Füller, Hochofenschlacke, Asche aus Abfallverbrennungsanlagen, Altreifenmaterial, Glasabfall) und selbstverständlich Ausbauasphalt verwendet werden können. Ausserdem kommt Ausbauasphalt für die verschiedensten Anwendungen in Frage, namentlich auch für ungebundene Foundationsschichten oder im Bereich des Banketts.

Ausbauasphalt kann auch in den USA entweder im Heiss- oder im Kaltverfahren verwendet werden. Normalerweise beträgt dort der Anteil an Ausbauasphalt 10-50%, doch wurden in Heissmischgut auch schon 90 bis 100% wieder verwendet. In den USA verbieten 10 Staaten den Einsatz von Ausbauasphalt in der Deckschicht (Alaska, Florida, Hawaii, Louisiana, Maine, Maryland, New York, Oklahoma, Rhode Island, und Tennessee). Oregon verbietet den Einsatz von Ausbauasphalt bei Autobahnen. Die anderen Staaten erlauben ca. 10 bis 30% Ausbauasphalt in den Deckschichten. Der verarbeitete Ausbauasphalt sollte so grob wie möglich sein und einen möglichst geringen Feinanteil aufweisen. Tabelle 2 zeigt auf, welche Charakteristika Ausbauasphalt in den USA typischerweise aufweist.

Art der Eigenschaft	Eigenschaft des Ausbausphalts	Typischer Wertebereich
Physikalische Eigenschaft	Einheitsgewicht	1940 - 2300 kg/m ³
	Feuchtegehalt	Normal: < 5%
		Maximum: 7-8%
	Bindemittelgehalt	Normal: 4.5-6%
		Maximaler Bereich: 3-7%
	Penetration Bindemittel	Normal: 10-80 bei 25°C
	Absolute Viskosität des rückgewonnenen Bindemittels	Normal: 4,000 - 25,000 poises bei 60°C
Mechanische Eigenschaften	Verdichtetes Einheitsgewicht	1600 - 2000 kg/m ³
	California Bearing Ratio (CBR)	100% RAP: 20-25%
		40% RAP und 60% Natürlicher Zuschlagstoff: 150% oder höher

Tabelle 2: Typische Eigenschaften von Ausbausphalt in den USA

Zwar sind im Bereich Asphaltbeläge Recyclingtechnologien bereits gut etabliert, doch besteht immer noch erheblichen Klärungsbedarf hinsichtlich Gebrauchsverhalten, bezüglich Kriechen (Spurbildungsresistenz), Ermüdungsfestigkeit und Dauerhaftigkeit, insbesondere hinsichtlich Verwendung in Deckschichten. Auch besteht Bedarf an besseren Korrelationen zwischen Feld und Labormessungen, um die Richtlinien für die Vorhersage des In-Situ Verhaltens aufgrund von Laborresultaten zu verbessern. In diesem Zusammenhang sind die Konditionierungsbedingungen im Labor so zu weiterzuentwickeln, dass sie die Feldbedingungen am besten simulieren. Daneben bestehen noch zusätzliche offene Fragestellungen:

- Detaillierte Informationen über die Variationen von Ausbausphalt, insbesondere von gemischten Lagervorräten
- Validierung der SUPERPAVE Mischgutoptimierung für Mischungen, die Ausbausphalt enthalten
- Einen Umwelt-Verhaltenscodex bezüglich Gasemissionen von Heissmischgut mit Ausbausphalt
- Eignung von heissem In-Place Recycling für oberflächenbehandelte und gummihaltige Materialien (Umweltaspekte)
- Evaluation von Methodologien zur strukturellen Charakterisierung von heissem und kaltem In-Place Recycling Asphalt Beton

Dass bezüglich Mischgut-Optimierung mit Vorteil moderne Untersuchungsmethoden eingesetzt werden müssen, wird aus der Publikation von **[126. McDaniel (2001)]** deutlich. Dort werden die Erkenntnisse im Rahmen des NCHRP 9-12 Projektes, *Incorporation of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave System* zusammengefasst. Es wurden drei verschiedene Studien durchgeführt:

- a) „Black Rock Study“ zur Klärung der Frage ob Ausbauasphalt als schwarzes Gestein wirkt oder ob eine Vermischung zwischen altem und neuem Bindemittel stattfindet
- b) „Binder effects study“ zur Untersuchung der Prüfmethode für das Bindemittel im Ausbauasphalt einschliesslich Extraktion, Wirkung des Anteils an Ausbauasphalt, Anwendbarkeit von AASHTO MP1 Tests auf das Bindemittel im Ausbauasphalt sowie den Einfluss des Anteils an Ausbauasphalt auf Steifigkeit und Bindemittel Eigenschaften.
- c) „Mixture Effect Study“ zu Ermittlung des Einflusses von Ausbauasphalt auf die Mischguteigenschaften im Schub, indirekten Zugversuch und Ermüdungstest

Ausserdem wurden Zusatzuntersuchung zum Vergleich von Labor- und Mischwerk-Prüfkörpern sowie zum Einfluss der Heizzeit und Temperatur auf die Eigenschaften von Ausbauasphalt durchgeführt. Dabei zeigte sich klar, dass Ausbauasphalt nicht als schwarzer Stein betrachtet werden darf sondern dass eine starke Durchmischung stattfindet. Daher ist die Verwendung von Mischdiagrammen (Blending Charts), die den Einfluss des Anteils an Ausbauasphalt auf gewisse Charakteristika darstellen, sinnvoll. Der Bericht enthält Hinweise, wie solche Mischdiagramme am zweckmässigsten zu erstellen sind. Ferner zeigte sich, dass es offenbar einen Schwellenwert gibt, unter welchem der Anteil an Ausbauasphalt praktisch keine Rolle spielt. Dieser Schwellenwert liegt zwischen 10 und 20% je nach Steifigkeit des Ausbauasphalts.

Demgegenüber handelt es sich beim kürzlich erschienenen Paper **[29. Chebab (2006)]** um eine theoretische Studie, die auf der Anwendung von Modellen beruht, welche in der neuen US-amerikanischen mechanistisch-empirischen Bemessungs-Richtlinie (dem sog. Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, ME-PDG) enthalten sind. Diese Berechnungen zeigen in Funktion der Bindemiteleigenschaften interessante Zusammenhänge zwischen dem Anteil an Ausbauasphalt und bestimmten Eigenschaften des Gebrauchsverhalten, wie sie theoretisch nach 10 Jahren bei Deckschichten aus Asphaltbeton zu erwarten sind (vgl. Abbildung 2). So wurden in den Berechnungen charakteristische maximale bzw. minimale Anteile an Ausbauasphalt ermittelt. Ausserdem wurde theoretisch bestätigt, dass die Bindemittelsorte einen grossen Einfluss auf die Rissanfälligkeit und die Spurrinnenbildung hat und dass es deshalb sehr wichtig ist, die effektiven Bindemiteleigenschaften des Ausbauasphaltes zu kennen.

Das Paper von **[29. Chebab (2006)]** ist insofern für das Forschungspaket von Interesse, als es zeigt, dass aufgrund moderner theoretischer Modellierung gewisse Plausibilitätsbetrachtungen über die zu erwartenden Resultate durchgeführt werden können. Die Möglichkeit, den Einfluss von Recyclingmaterial auf die Eigenschaften des Mischgutes modellieren zu können, bietet den Vorteil, dass sich die zu erwartenden Mischguteigenschaften bei der Dimensionierung von Asphalt-Oberbauten besser abschätzen lassen. Zudem ist zu

vermuten, dass sich damit im Idealfall Einsparungen beim Laboraufwand für die Mischgutoptimierung erreichen lassen, indem aufgrund der Vorgaben des Modells die Mischguteigenschaften gezielter verifiziert werden könnten.

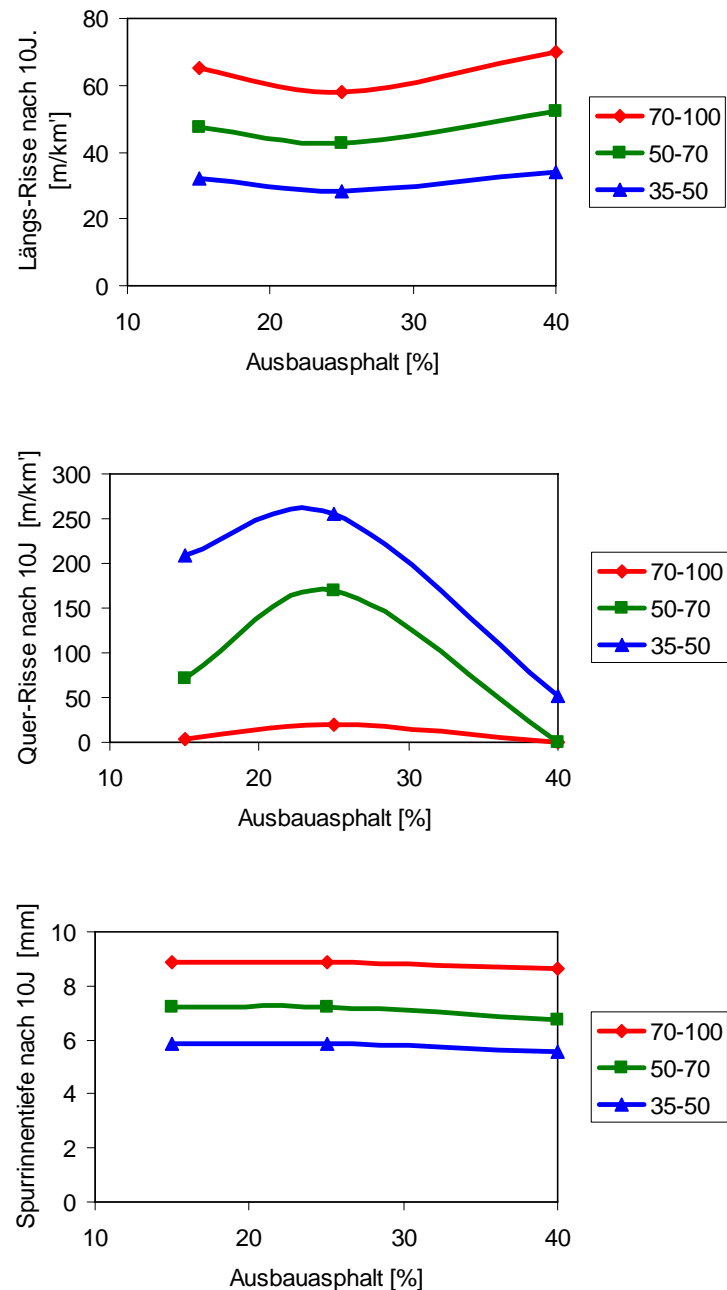


Abbildung 2: Theoretischer Einfluss des Anteils von Ausbauasphalt auf Riss- und Spurrinnenverhalten nach 10 Jahren in Funktion des Bindemittels (nach [29. Chebab (2006)]). Bindemittelangaben 35-50, 50-70, 70-100 bezeichnen Penetrationsbereiche

Ein materialbezogener Sachstandsbericht basierend auf einem umfangreichen Literaturstudium wurde kürzlich von **[106. Karlsson (2006)]** veröffentlicht. Die wichtigsten, darin berücksichtigten Arbeiten sind auch im Literaturverzeichnis des vorliegenden Berichtes aufgeführt.

Der erwähnte Sachstandsbericht konzentriert sich auf Forschungsarbeiten über fundamentale Materialeigenschaften und das Gebrauchsverhalten von rezykliertem Ausbauasphalt in bitumengebundenen Trag- und Deckschichten. Es werden Arbeiten über Methodik und Strategien des Asphaltrecyclings mit Blick auf In-Plant-, In-Place-Recycling sowie der Verwendung in Foundationsschichten vorgestellt. Während das heisse In-Plant-Recycling praktisch bei allen Belagsschäden eingesetzt werden kann, wird in der Literatur vom heissen In-Place-Recycling bei strukturbedingten Spurrinnen, Netzrissen, Blockrissen infolge Schwinden sowie thermischen Rissen abgeraten; ebenso bei Belägen mit Flickstellen.

Weiters wird in **[106. Karlsson (2006)]** eine Übersicht über materialbezogene Publikationen vermittelt. Dabei liegt das Schwergewicht auf den Verjüngungsmitteln zur Wiederherstellung der ursprünglichen Bindemittelleigenschaften. Diskutiert werden Arbeiten über Bitumenalterung, Arten von Verjüngungsmitteln, Diffusionsprozesse bei Verjüngungsmitteln sowie über Eigenschaften von rezyklierten Bindemitteln insbesondere Konsistenz und chemischer Beschaffenheit. Schliesslich wird eine Übersicht über mischgutbezogene und performancebezogene Laborstudien betreffend rezykliertem Asphaltbeton vermittelt. Der Sachstandsbericht bestätigt die Erkenntnis, dass zur schlüssigen Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit neuer Materialien und Methoden Feldversuche unerlässlich sind und dass die Variabilität des Ausbauasphalts sowie der Misch- und Erhärtungsprozess auf das Recycling einen hohen Einfluss haben. Zahlreiche Studien belegen, dass zwischen altem und neuem Bindemittel eine, wenn auch nicht vollständige Vermischung stattfindet. Bei Heissmischgut äussert sich die unvollständige Vermischung in einer vergleichsweise tiefen Verdichtungstemperatur, d.h. das Mischgut mit Ausbauasphalt verhält sich scheinbar weicher als bei vollständig durchmischem Bindemittel. Die Frage des Durchmischungsgrades stellt sich auch bei der Vermischung von altem Bindemittel mit Verjüngungsmitteln.

2.3 Forschungsberichte Strassenbauforschung Schweiz

Die bisherigen Arbeiten im Rahmen der Schweizerischen Strassenbauforschung stellen wertvolle punktuelle Ansätze dar, müssen aber gezielt vertieft und erweitert werden. Um Fortschritte zu erreichen, ist ein koordiniertes Vorgehen im Rahmen eines Forschungspaketes vorbereitet durch ein Initial-Projekt unerlässlich. Da Heissasphalt in der Schweiz immer noch einen Hauptanteil darstellt, besteht hier unmittelbarer Handlungsbedarf.

1. Bericht Nr. 43 VSS 24/80 Wiederverwendung von Strassenbaumaterialien (1982)
2. Bericht Nr. 95 VSS 11/82 Wiederaufbereitung von Belagsmaterial (1985)
3. Bericht Nr. 311 VSS 07/85 Rundlaufversuch Nr. 4; Untersuchung des Verhaltens von Recycling- und teilweise gebrochenen Materialien für die Foundationsschicht (1994)
4. Bericht Nr. 326 VSS 12/91 Neue Betondecken aus Betonrecyclingmaterial (1995)
5. Bericht Nr. 351 VSS 14/91 Heiss- und Kaltmischfundationsschichten aus recyceltem Ausbauasphalt (1996)
6. Bericht Nr. 368 VSS 10/91 Wiederverwendung von teer- und bitumenhaltigen Aufbruchmaterialien in hydraulisch gebundenen Foundationsschichten (1996)
7. Bericht Nr. 412 VSS 16/96 Recyclingmischgut mit hohem Anteil an Asphaltgranulat (1998)
8. Bericht Nr. 433 VSS 26/96 Umweltgerechtes Recycling von teerhaltigen Belägen (1999)

Laufende Forschungsprojekte, die gemäss ARAMIS mit der Recycling-Thematik in Zusammenhang stehen:

9. VSS 2002/401 Kaltrecycling von Ausbauasphalt mit bituminösen Bindemitteln
10. VSS 2000/453 Zusammenhang zwischen PAK-Gehalt in teerhaltigem Recyclinggranulat und in den emittierten Dämpfen beim Wiedereinbau, im Druck.
11. ASTRA2005/004 33: Entscheidungsgrundlagen und Empfehlungen für ein nachhaltiges Baustoffmanagement; Schwerpunkt Tiefbau

3 Beschreibung des Forschungspaketes

3.1 Zweck

Das Forschungspaket dient der Normung und Formulierung von Empfehlungen und Richtlinien zur optimalen, sicheren und nachhaltigen Beherrschung und Nutzung von Ausbausphalt für bitumenhaltiges Heissmischgut, um letztlich die Wiederverwendung dieser Wertstoffe zu fördern und die Entsorgungsmenge (in Deponien etc.) zu minimieren.

3.2 Ziele

Gesamtziel des Forschungspaketes ist die Erarbeitung praktischer und systematischer Grundlagen, Normierungshinweise und Empfehlungen für die Anwendung und Konzipierung von Schichten aus bitumenhaltigem Heissmischgut mit Ausbausphalt unter besonderer Berücksichtigung vom Recyclinganteil im Mischgut, Mehrfachrecycling, Nachhaltigkeit, Dauerhaftigkeit und Mischgutkonzipierung.

3.3 Abgrenzungen

Wegen des ausgedehnten Spektrums der Recycling-Thematik konzentriert sich dieses Forschungspaket auf einige prioritäre Bereiche. Ausgeklammert sind insbesondere das Kaltrecycling und die Teerproblematik, da zu deren Behandlung aus Prioritätsgründen bereits seit einiger Zeit verschiedene Einzelprojekte (auch des BAFU) im Gange sind und die bisher bestens bewährte sukzessive Abklärung von Fragen in gezielten Einzelprojekten, nicht zuletzt auch zur weiteren Förderung der Zusammenarbeit mit dem BAFU, beibehalten werden sollte. Als Beispiel erwähnt sei in diesem Zusammenhang im Rahmen der Strassenbauforschung das Projekt VSS 2000/453 „Zusammenhang zwischen PAK Gehalt in teerhaltigem Recyclinggranulat und in den emittierten Dämpfen beim Wiedereinbau“ (im Druck).

Aus wirtschaftlichen und praktischen Überlegungen ist gerechtfertigt, den Focus auf das Heissrecycling in Mischanlagen zu richten. Industrielle Neben- und Abfallprodukte wie Hochofenschlacke, Flugasche, Glasgranulat und andere Stoffe, die nicht aus dem Belag stammen, werden ebenfalls nicht behandelt, da in der Schweiz kein Mangel an qualitativ hochstehendem Asphaltgranulat besteht, der den Einsatz von industriellen Nebenprodukten aufdrängen würde.

3.4 Inhalt

3.4.1 Grundsätzliche Fragestellungen

Den im Rahmen des Forschungsprojektes zu erarbeitenden Erkenntnisse und Empfehlungen liegen folgende grundsätzliche Fragestellungen zugrunde:

1. Für welche bitumenhaltige Schichten kann wie viel Ausbauasphalt verwendet werden und wovon ist dies abhängig, bzw. mit welchen Mitteln kann erreicht werden, mehr Ausbauasphalt zu verwenden, als Normen teilweise zulassen?
2. Wie kann Mehrfachrecycling von bitumenhaltigen Schichten beurteilt werden und welche Faktoren beeinflussen in welchem Grade einen allfälligen sukzessiven Qualitätsverlust (Stichworte: Adhäsion, Verhärtung, obere Grenze für Gesamtbindemittelgehalt, etc.)?
3. Wie kann im Hinblick auf einen nachhaltigen Umgang und eine Optimierung der Prozesse und Technologien die Akzeptanz zum Recycling wirksam beeinflusst und Anreize zum Recycling geschaffen werden (Stichworte: Wirtschaftlichkeit, Energieflüsse, CO₂-Bilanz, etc.)?
4. Wie verhalten sich bitumenhaltige Schichten mit Ausbauasphalt bezüglich Dauerhaftigkeit und welche Bewertungskriterien und Untersuchungsmethoden sind massgebend?
5. Wie ist die Mischgutoptimierung und -konzipierung mit Ausbauasphalt am zweckmässigsten durchzuführen (Stichworte: Scharfkantigkeit der Gesteinskörnungen, Polymerbitumen, Bindemittelmischung alt/neu)?

3.4.2 Einzelprojekte EP

Inhalt und Ziele der Einzelprojekte EP sind Tabelle 3 zusammengefasst. Eingehendere Beschreibungen der Einzelprojekte EP1...EP5 finden sich in den Ausschreibungstexten im Kapitel 4.2.

Nr	Titel	Inhalt und Ziel
EP1	Optimale Anteile an Ausbauasphalt	Liefern von Grundlagen, um möglichst hohe Anteile an Ausbauasphalt bei den Produktionen von verschiedenen Mischgutsorten und Mischguttypen zu verwenden und trotzdem optimale Mischguteigenschaften zu erzielen. Mit dem Nachweis der guten Mischguteigenschaften sollen die Vorbehalte gegenüber der Qualität von Belägen mit Ausbauasphalt abgebaut werden.
EP2	Mehrfachrecycling von Strassenbelägen	Bewertung und Simulation des mehrfachen Recyclings von bitumenhaltigen Schichten und Untersuchung der massgebenden Faktoren, die einen allfälligen sukzessiven Qualitätsverlust beeinflussen.
EP3	Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	Erfassung des Status-quo des Asphaltrecyclings in der Schweiz. Erarbeiten von Vorschlägen, wie die 3 Faktoren (finanzielle Anreize / technisches Normenwerk / Richtlinien des BAFU), welche das Asphalt-Recycling wesentlich beeinflussen, zu optimieren sind.
EP4	Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Strassenbelägen mit Ausbauasphalt	Untersuchung der Einflüsse des RAP auf die Dauerhaftigkeit von bituminösen Schichten. Wahl von geeigneten Prüfmethoden zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit
EP5	Mischgutoptimierung von Recyclingbelägen	Erarbeitung einer Anleitung für die Mischgutoptimierung von Mischgut mit RAP. Diskussion der in den Normen vorgegebenen Prüfparameter und Anforderungswerte für RAP-Mischgut.
VP6	In-situ-Validierung des Verhaltens innovativer Heissasphaltschichten mit Ausbauasphalt	Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit der im Labor optimierten Mischungen gemäss Resultaten und Erkenntnissen von EP1, EP4 und EP5 im Massstab 1:1 unter Verkehrs und Klimabeanspruchung. Beurteilung und Untersuchung des Verhaltens von verschiedenen RAP-haltigen Strassenbelägen mittels beschleunigter Verkehrslastsimulation.

Tabelle 3: Inhalt und Ziele der Einzelprojekte EP gemäss Ausschreibungstexten im Anhang (Beilage 7)

3.4.3 VP6 Validierung in-Situ

Das Forschungspaket wird ergänzt durch ein zeitlich teilweise überlappendes **In-Situ-Validierungsprojekt VP6**. Dieses Projekt dient der notwendigen objektbezogenen Praxisvalidierung der wichtigsten Erkenntnisse des Forschungspaketes im Massstab 1:1 und liefert somit eine erste Umsetzung und Bestätigung der Forschungsergebnisse. Das Validierungsprojekt VP6 wird daher konzeptionell im Gesamtkonzept des Forschungspaketes mitberücksichtigt, bildet jedoch wegen seines speziellen eher passiv-bewertenden Charakters nicht Gegenstand des eigentlichen Forschungspaketes.

Bereits während der Ausführung des Forschungspaketes ist, je nach Projekt-Fortschritt, via Gesamtprojektleitung die Durchführung des objektbezogenen Forschungsprojekts VP6 zu planen und zu initiieren. Dabei sollen idealerweise auch die verfügbaren technischen Mittel der beschleunigten In-situ-Verkehrslastsimulation (APT Accelerated Pavement Testing) zweckmässig eingesetzt werden, wie dies im Beschaffungskonzept betreffend neuer mobiler Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrssimulation auf Strassenbelägen vorgesehen ist (ASTRA 2004/018). VP6 ergibt einen separaten Schlussbericht in Ergänzung zum damals bereits vorliegenden Synthesebericht des Forschungspaketes.

3.5 Zusammenhänge

Die 6 Einzelprojekte stehen in einem engen fachlichen Zusammenhang. Ein periodischer Abgleich und Erkenntnisaustausch zwischen den Projekten im Sinne von Meilensteinen gemäss Ausschreibung und nach Massgabe der Gesamtprojektleitung ist daher unumgänglich, um Synergien (beispielsweise bei der Wahl des Ausbauasphaltes und von Untersuchungsmethoden) sicherstellen zu können. Die Projekte sind allerdings (mit Ausnahme von VP6) zeitlich nicht voneinander abhängig. Sie können daher innerhalb der Meilensteine und Abgleiche weitgehend unabhängig durchgeführt werden, zumal sie hinsichtlich Forschungszielen klar abgegrenzt sind. Dadurch können alle Einzelprojekte EP1...EP5 mit gleicher Priorität gleichzeitig begonnen werden. Abbildung 3 zeigt die Einzelprojekte und die gegenseitigen fachlichen Zusammenhänge.

Entsprechend bezeichnen Projektpaare mit starker Beziehung solche, die zum Teil in ergänzender Weise aufeinander angewiesen sind und wo sich z.B. bezüglich Materialwahl und Untersuchungsmethodik Synergien und teilweise auch gemeinsame Schlussfolgerungen ergeben. Sie erfordern einen relativ hohen Abstimmungsgrad. Projekte mit mittlerer Beziehung sind solche, die sich zwar ergänzen, jedoch bei der Durchführung nicht zwingend aufeinander angewiesen sind. Bezüglich Materialwahl und Untersuchungsmethodik sind die Synergien hier weitaus geringer. Schwache Beziehungen bestehen zwischen jenen Projekten, die bei der Durchführung nicht aufeinander angewiesen sind, jedoch bei der Interpretation und Folgerung aufeinander Bezug nehmen.

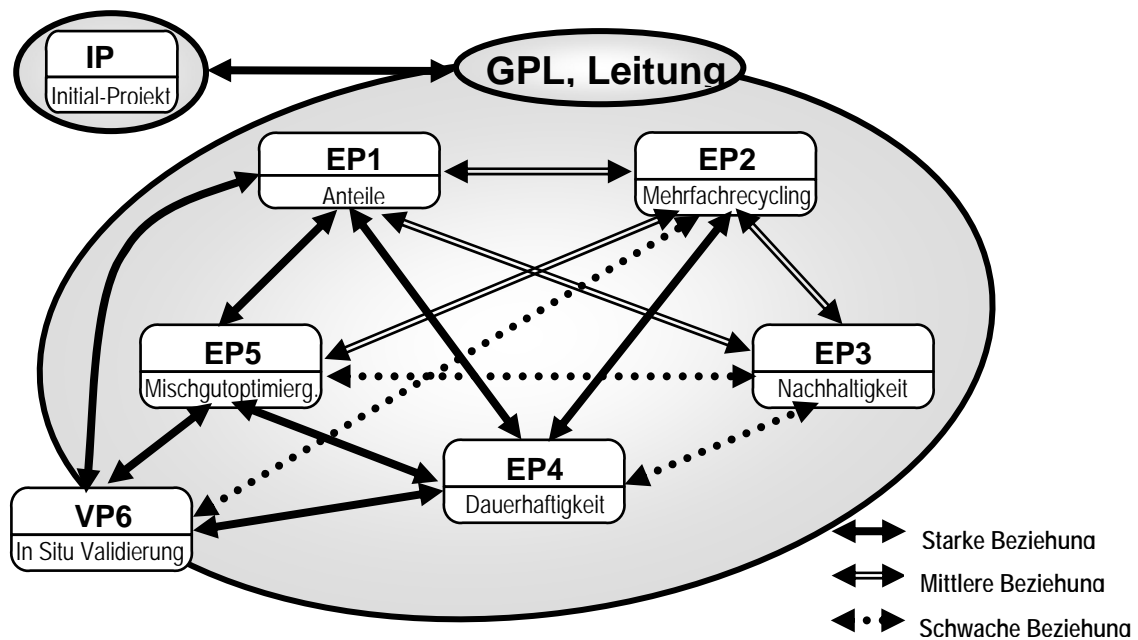


Abbildung 3: Forschungspaket und Einzelprojekte (EP, IP und VP) mit Zusammenhängen

3.5.1 Schwerpunkte und inhaltliche Gliederung

Diese Fragen werden im Rahmen des Forschungspaketes FP „Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut“ durch folgenden sechs Einzelprojekte (EP) behandelt ergänzt durch ein vorbereitendes Initial-Projekt und das Projekt für die Gesamt-Projektleitung GPL:

IP Initial-Projekt , VSS 2005/451

GPL Leitung, Steuerung Koordination, VSS 2005/450

EP1 Optimale Anteile an Ausbauasphalt, VSS 2005/452

EP2 Mehrfachrecycling von Strassenbelägen, VSS 2005/453

EP3 Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung, VSS 2005/454

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

EP5 Mischgutoptimierung von Recyclingbelägen, VSS 2005/456

VP6 In-situ-Validierung des Verhaltens innovativer Heissasphaltschichten mit Ausbauasphalt, VSS EP 2005/457

3.5.2 Konzept des "Roten Fadens"

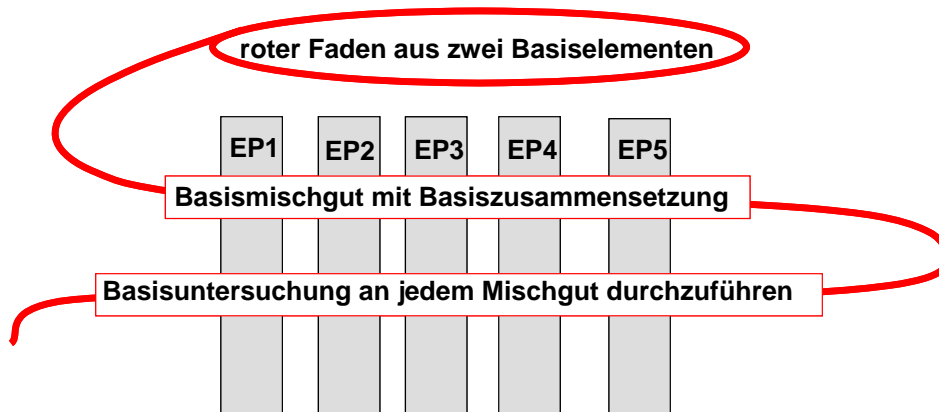


Abbildung 4: Prinzip des roten Fadens

Im Interesse einer möglichst guten Vergleichbarkeit und zur Sicherstellung von Querverbindungen im Sinne eines roten Fadens (Abbildung 4) muss jede Forschungsstelle ihre Untersuchungen an einem Basismaterial (vgl. 3.5.4) mit einer Serie von festgelegten Basisprüfungen durchführen. Zudem sind an sämtlichen im Rahmen des Aufgabenspektrums der einzelnen Forschungsprojekte hergestellten Materialvarianten durchzuführen, vorgegebene einfache Basisuntersuchungen durchzuführen.

In Tabelle 4 sind die Parameter und Prüfverfahren aufgeführt, die für alle Teilprojekte vorgegeben sind und als roter Faden durch das Forschungspaket führen sollen.

Als Mischgutttyp wurde ein AC 11 gewählt, da kein Spezialbelag mit Ausfallkörnung als Standardmischgut verwendet werden sollte. Die Korngrösse stellt ein Kompromiss dar zwischen guter Wiederholbarkeit der Messresultate im Labor und der Möglichkeit möglichst viel RAP zu verwenden, was direkt von der Schichtdicke und der Korngrösse abhängt. Der RAP-Anteil im neuen Mischgut soll 40 Masse-% betragen, da ein RAP-Anteil von 20 Masse-% schon als Stand der Technik gilt, 60 Masse-% aber als kritisch erachtet werden.

Die Prüfkörper werden mit dem Marshallhammer gemäss europäischer Norm hergestellt, da andere möglicherweise zweckmässigere Verdichtungsverfahren (namentlich der auch zur Messung der Verdichtungseigenschaften geeignete Gyrator) in der Schweiz noch nicht so stark verbreitet sind und eine zu starke Einschränkung der möglichen Forschungsstellen ergeben hätte. Zudem besteht bezüglich Marshallverdichtung in der Schweiz ein erheblich grösserer praktischer Erfahrungshintergrund. Am Mischgut und an den Marshall-Prüfkörpern werden die klassischen Prüfungen (Korngrössenverteilung, volumetrische Kennwerte, Marshallstabilität, sowie Penetration, Erweichungspunkt Ring- und Kugel am rückgewonnenen Bindemittel) zur allgemeinen Charakterisierung als Basisuntersuchung durchgeführt, um auch in dieser Hinsicht eine möglichst einfache gängige Vergleichsbasis und den Bezug zur langjährigen Erfahrung sicherzustellen. Auf die routinemässige Beurteilung des Brechpunktes nach Fraass wurde bewusst verzichtet, da dem Kältever-

halten des Bindemittels in der Schweiz erfahrungsgemäss geringe praktische Bedeutung zukommt und das Prüfverfahren ausserdem nicht unumstritten ist.

Aus den Diskussionen wurde klar, dass die Prüfkörper auch im thermisch gealterten Zustand geprüft werden sollten, um den Einfluss der Alterung zu berücksichtigen. Auch wenn die thermische Alterung an Laborprüfkörpern die effektive Alterung in der Strasse bestenfalls näherungsweise wiederzuspiegeln vermag, kann doch davon ausgegangen werden, dass die Beurteilung thermisch gealterter Prüfkörper der Realität näher kommt und bezüglich Rissanfälligkeit einen kritischeren Massstab setzt als dies bei alleiniger Untersuchung ungealterter Prüfkörper möglich wäre.

Eine grosse Unsicherheit ist das Verhalten von Recyclingbelägen gegenüber Wasser, weshalb dies mit dem indirekten Zugversuch nach EN 12697-23 [51.] geprüft werden soll. Zudem wird eine Modulbestimmung bei verschiedenen Temperaturen an gealterten und ungealterten Marshall-Prüfkörpern gemäss EN 12697-26 [53.] verlangt. Die genauen Prüfparameter werden am Kickoff-Meeting zwischen den Projektleitern der Einzelprojekte festgelegt werden. An dieser Sitzung wird auch das genaue Protokoll bezüglich Mischgutherstellung und Handling festzulegen sein, da erst dann die genauen Möglichkeiten der teilnehmenden Partnerlabors bekannt sein werden. Grundsätzlich ist eine grösstmögliche Vereinheitlichung der Prozeduren anzustreben.

Referenzbelag	AC 11 mit definierter Korngrössenverteilung und Bindemittelgehalt
RAP-Anteil	40%
Prüfkörperherstellung	Marshallprüfkörper nach EN 12697-30 [54.] (50 min Lagerung bei Verdichtungstemperatur)
Alterung	1. ungealtert
	2. Prüfkörper gealtert für 120 h bei 85°C gemäss AASHTO PP2-00
Basisuntersuchungen an jedem Mischgut durchzuführen	
Prüfmethoden	Marshall-Prüfung nach EN 12697-34 [55.] (Stabilität, Fliesen, volumetrische Kennwerte) an ungealterten PK
	Indirekter Zugversuch nach EN 12697-23 [51.] an gealterten PK - bei 22°C ohne Wasserlagerung - bei 22°C mit Wasserlagerung nach EN 12697-12 [50.]
	Modulbestimmung nach IT-CY der EN 12697-26 [53.] (Steifigkeitsmodul) bei 5°C (gealtert), 22°C (ungealtert & gealtert) und 40°C (ungealtert)
	Mischgut ungealtert: Korngrössenverteilung, Bindemittelgehalt und Bindemittelcharakterisierung (Pen, R&K) am rückgewonnenen Bindemittel

Tabelle 4: Basisuntersuchungen, die an jedem Mischgut durchgeführt werden

3.5.3 Festsetzung der zu untersuchenden Parameter

Basierend auf diesem roten Faden werden die weiteren Prüfungen durch Variation zusätzlicher Parameter durchgeführt. In Tabelle 5 sind die in diesem Forschungspaket zu untersuchenden Parameter aufgeführt. Es ist klar, dass nicht jede mögliche Parameterkombination durchgeführt werden kann. Für die Einzelprojekte sind deshalb die zu untersuchenden Parameter in einer entsprechenden Tabelle farblich hervorgehoben (siehe Anhang). Gewisse Parameter werden neben den Referenzversuchen im roten Faden vorgeschrieben und weitere sind vorgeschlagen. Zudem steht es jeder Forschungsstelle frei, für ihr Einzelprojekt die Liste mit weiteren Parametern oder Materialien zu ergänzen, sofern diese mit den Zielen des Einzelprojektes im Einklang stehen.

Neben den Basisuntersuchungen sind je nach Forschungsprojekt zur performanceorientierten Validierung der Resultate bestimmte zwischen den einzelnen Projekten jedoch möglichst vergleichbare Prüfungen und Untersuchungen vorzusehen. Da diese Prüfungen erst abgeglichen werden können, wenn die Forschungsstellen bekannt sind, wird vorausgesetzt, dass die einzelnen Forschungsstellen bereit sind, unter Einhaltung

des offerierten Budgets des jeweiligen Einzelprojekts, in Absprache und nach Vorgabe durch den Projektleiter entsprechende Anpassungen und Abgleiche vorzunehmen.

Eine Übersicht über die im Forschungspaket zu untersuchenden grundsätzlichen Parameter liefert die Tabelle 5. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass für einen Versuch genau eine Variante zu jedem Parameter gewählt werden muss. Für jedes Einzelprojekt wurde eine farbkodierte Matrix (siehe Anhang) basierend auf Tabelle 5 erarbeitet, wo die Schwerpunkte der einzelnen Projekte als blau kodierte Felder festgehalten sind.

Parameter	Varianten							
Belagstyp:	AC 11	AC MR 8	AC T 22	AC EME 22	AC B 16	SMA 11		
RAP-Anteile :	0%	20%	40%	60%	80%	>80%		
Re-recycling Zyklen	0x	1x	2x	3x	4x			
Re-recycling Simulation Fräsen:	nein	ja						
Re-recycling Simulation Alterung:	keine	Temp. 1, Dauer 1, ..	Temp. 1, Dauer 2, ..	Temp. 2, Dauer 2, ..				
Prüfmethoden:	Basisuntersuchungen gemäss rotem Faden	Wasserempfindlichkeit: indirekter Zugversuch.	Zeit-Temp Abhängigkeit: Modul	Verformung: Spurrinnentest	Ermüdung: Biegeversuche (Wöhler)	Zyklischer Druckversuch	Bindemittelalterung: z.B. FTIR, DSR	Abriebverhalten der Deckschicht (Mischgut)
Alterungsmethode:	ungealtert	Alterung am Marshall-PK	Mischgut gealtert im Ofen Methode 1	Mischgut gealtert im Ofen Methode 2				
Bindemittel:	Bitumen 1 (Referenz)	Bitumen 2	PmB-1	Verjüngungsmittel				
Zuschlag:	Mineral 1 (Referenz)	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4				
RAP-Feuchtigkeit:	<2%	2-4%	4-6%					
Verdichtung:	mit Marshall	mit Gyrator	mit LCPC Spurrinnenverdichter					
RAP Aufbereitungsart:	gebrochen aus Asphalttschollen (Referenz)	gefräst aus Deck-+Binder/Tragschicht	gefräst aus Deckschicht	gefräst andere				
RAP-Materialeigenschaften :	Herkunft: Westschweiz, hartes Bindemittel (Referenz)	analog, aber andere Korngrößenverteilung des RAP						

Tabelle 5: Zu untersuchende grundsätzliche Parameter

- Im Einzelprojekt EP1 "Recycling-Anteile" wird festgesetzt, dass neben unterschiedlichen Recycling-Anteilen auch der Einsatz in verschiedenen Belagstypen untersucht werden muss. Dazu soll sowohl ein feineres als auch ein gröberes Recyclinggranulat verwendet werden. Vorgeschrieben ist für dieses Einzelprojekt die Herstellung von Marshall-Prüfkörpern, die mittels verschiedenen Basisprüfverfahren im gealterten und ungealterten Zustand geprüft werden müssen. Zusätzlich sind für gewisse wichtige Beläge und RAP-Anteile weitere Prüfungen wie Spurbildungsversuch, Ermüdungsversuch

und Zyklischer Druckversuch durchzuführen. Weitere Prüfungen sind als Empfehlungen (in gelb) markiert, grundsätzlich können aber auch nicht erwähnte Prüfungen durchgeführt werden, wenn dies in der Ausschreibung als sinnvoll begründet werden kann. Dies gilt im Prinzip für alle Parameter und für alle Einzelprojekte.

- Im Einzelprojekt EP2 "*Mehrfachrecycling*" sollen mehrere Recycling-Zyklen unter unterschiedlichen Konditionen, bezüglich Temperatur, Alterungsdauer und Materialien durchgeführt werden. Im Gegensatz zu EP 1 wird dies aber aus Kostengründen nur an einem Belagstyp, aber mit verschiedenen Recyclinganteilen und unterschiedlichen Bindemitteln verlangt. Die Prüfmethode sind gleich, mit der Ausnahme, dass die Bindemittelalterung mit speziellen Prüfungen erfasst werden muss. Auch wird punktuell die Prüfung an Gyrator- und Spurrinnenprüfkörpern gefordert.
- Das Einzelprojekt EP3 "*Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung*" ist weitgehend abgekoppelt von den anderen Einzelprojekten, da darin keine Laboruntersuchungen durchgeführt werden.
- Das Einzelprojekt EP4 "*Dauerhaftigkeit*" setzt den Schwerpunkt auf die Evaluation der optimalen Prüfmethode zur Evaluation der Langzeitperformance (inkl Abriebverhalten). Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Bestimmung einer zweckmässigen Alterungsmethode, die für die Simulation der Langzeitalterung verwendet werden kann. Es soll nur ein Belagstyp mit zwei unterschiedlichen Recyclinganteilen genauer untersucht werden, dafür aber unterschiedliche Arten von RAP bezüglich Herkunft und Herstellung.
- Im Einzelprojekt EP5 "*Mischgutoptimierung*" geht es hauptsächlich darum, wie ein Mischgut mit Recyclingasphalt optimiert werden soll. Es wird vermutet, dass dabei der RAP-Anteil eine wichtige Rolle spielen wird. Deshalb wird hier vor allem die Variation des RAP-Anteils, aber auch die Modifikation der Grundkomponenten, das heisst der Parameter Bindemittel, Zuschlagstoffe und RAP-Feuchtigkeit zwingend gefordert.

3.5.4 Materialpool

Um optimale Synergien zwischen den Einzelprojekten FP1...FP5 zu ermöglichen und bei der Auswertung der Resultate keine Diskussionen bezüglich der Ausgangsmaterialien aufkommen zu lassen, ist es wichtig, dass alle Forschungsstellen die gleichen Ausgangsmaterialien insbesondere aber den gleichen Ausbauasphalt verwenden. Es ist deshalb vorgesehen, die Verwaltung, Lagerung und Verteilung der im Projekt benötigten Materialien als Kleinauftrag an ein geeignetes Unternehmen zu vergeben. Davon sind jedoch nur Materialien betroffen, die in mehreren Einzelprojekten benötigt werden.

Die Tabelle 6 führt die Materialien auf, die für die Durchführung der im roten Faden verlangten Prüfungen notwendig sind.

Code	Materialbeschreibung
RAP-1:	Recycling-Asphaltgranulat, gebrochen aus Asphalttschollen: Fraktion 0/11
BIN-1:	Bindemittel Bitumen 160/220, für die Verjüngung des ursprünglichen Bindemittels
MIN-1:	Mineralstoffe für die Korrektur der Siebkurve
MIN-1.F0	Füller
MIN-1.F1	Kornfraktion 0/4 mm
MIN-1.F2	Kornfraktion 4/8 mm
MIN-1.F3	Kornfraktion 8/11 mm

Tabelle 6: Vorgegebene Basismaterialien

3.6 Projekt-Organisation

Durch die Bündelung der Projekte in einem Forschungspaket ist es möglich, die einzelnen Projekte zu koordinieren und zu verknüpfen. Die Projektleitung des Forschungspaketes erfolgt durch einen unabhängigen Gesamtprojektleiter mit der fachlichen Unterstützung einer Begleitkommission. Das Organigramm in Abbildung 5 verdeutlicht die Organisationsform.

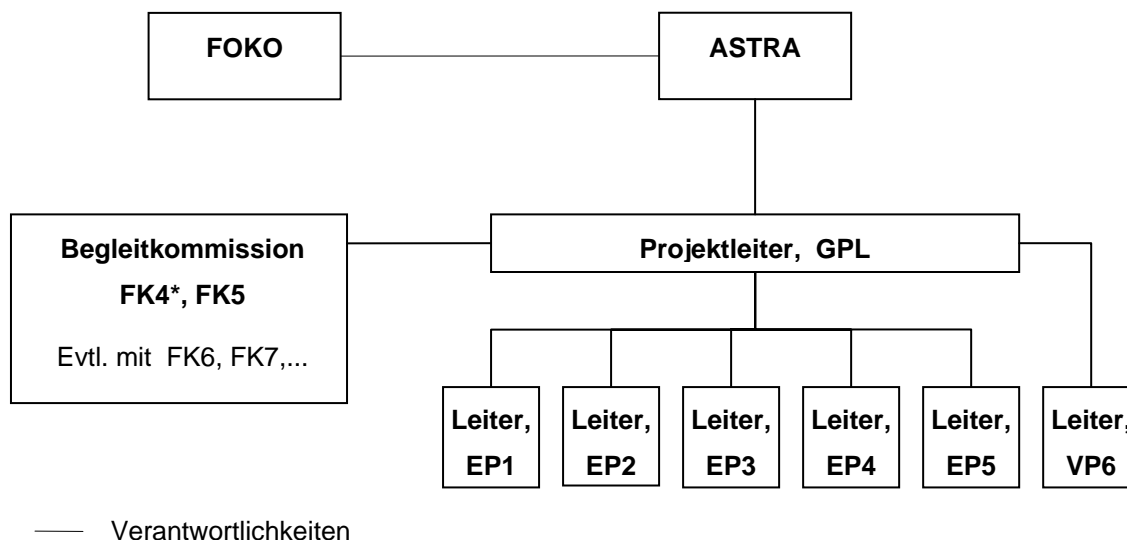


Abbildung 5: Projekt-Organisation

3.6.1 Begleitkommission

Die Begleitkommission (BK) ist aus Vertretern der massgeblichen Expertenkommissionen der FK4 und FK5 zusammengesetzt ist, sowie nach Bedarf aus weiteren Vertretern von interessierten Ämtern und Organisationen (z. B. ASTRA, BAFU). Vorbehaltlich möglicher Änderungen, setzt sich die Begleitkommission zusammen aus den in Tabelle 7 angegebenen Personen. Zwei Positionen sind noch offen, um dem Präsidenten der BK die Möglichkeit offen zu halten, hier noch eigene Vorschläge zu unterbreiten.

Gemäss SBT Handbuch für die Forschung im Strassenwesen des ASTRA überwacht die BK die Einhaltung des Forschungsprogramms sowohl in inhaltlicher, finanzieller wie auch zeitlicher Hinsicht. Zeigt sich im Verlaufe der Forschungsarbeiten die Notwendigkeit einer Änderung des Programms oder sogar der Zielsetzung, so ist diese durch die BK zu prüfen und zu genehmigen. Im Falle von finanziellen Konsequenzen ist zeitgerecht auf dem üblichen Dienstweg ein Zusatzgesuch an die FOKO zu stellen.

Die BK prüft den Schlussbericht inkl. der Zusammenfassung (d/f/e), das Formular Nr. 3: „Projektabschluss“ und die Schlussrechnung.

Präsident BK: Alex Nellen	Unternehmer und Delegierte VSS Vorstand in FK4
Thomas Arn	Unternehmer und Präsident EK 5.01
Daniel Kästli	Unternehmer und EK 4.03 Sekundärbaustoffe
Hans-Peter Beyeler	Behörde, ASTRA und EK 5.03 Sekundärbaustoffe
Martin Horat	Behörde, Stadt Zürich und Präsident EK 5.03 Dimensionierung
NN	
NN	

Tabelle 7: Vorgeschlagene Begleitkommission

3.6.2 Gesamtprojektleiter

Für die Durchführung des Forschungspaketes wird für die zeitliche und materielle Koordinationsaufgabe und die Kontrolle des Rechnungswesens ein vom Projektteam unabhängiger Gesamtprojektleiter (GPL) eingesetzt. Er ist dem ASTRA gegenüber verantwortlich und vertritt das Forschungspaket gegenüber der Begleitkommission.

Die Person des Gesamtprojektleiters wurde im Rahmen des Initialprojektes als explizite Aufgabe evaluiert. Verschiedene Kandidaten wurden unter Einbezug der Expertengruppe sondiert und angefragt. Diese Expertengruppe hat nach einer längeren Sondierungsphase Dr. Markus Caprez für diese Aufgabe vorgeschlagen. Er kennt sich als ehemaliger Vorsitzender der VSS-Fachkommission 5 **Bautechnik** sehr gut im Thema Recycling aus. Die Wahl wurde von den VSS-Fachkommissionen 4 und 5, sowie dem ASTRA bestätigt.

3.6.3 Aufgaben des Gesamtprojektleiters

Der Gesamtprojektleiter stellt in Absprache mit den Leitern der Einzelprojekte einen koordinierten verfeinerten Zeitplan auf, innerhalb dessen die Arbeitsprogramme der einzelnen Projekte abgearbeitet werden. Er ist zudem verantwortlich für die Öffentlichkeitsarbeit.

Seine Aufgabe ist es auch, in Absprache mit den Einzelprojektleitern den abschliessenden Synthesebericht zu erstellen und das objektbezogene Forschungsprojekt VP6 zu planen, zu beantragen und zu initiieren. Der GPL sorgt für die Kontinuität auch bei der Durchführung des VP6 und erstellt zusammen mit dem Projektleiter des VP6 den abschliessenden Synthesebericht.

Zur Aufgabe des Gesamtprojektleiters gehört es daher auch sicherzustellen, dass in den Einzelprojekten für die Basisuntersuchungen im Sinne eines „roten Fadens“ möglichst die gleichen Materialien und Prüfungen angewendet und diese Referenzmaterialien an einem einzigen Ort aufbereitet und verteilt werden. Es wird ein Plan für das Materialmanagement ausgearbeitet und eine generelle Abgleichung der Untersuchungen und Parameter im Sinne des roten Fadens und der detaillierten Vorgaben des vorliegenden Dokuments (*Pflichtenheft und Erläuterungen für die Ausschreibung*) durchgeführt. Die Gesamtprojektleitung läuft unter der Bezeichnung *VSS 2005/450 Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut (Gesamtprojektleitung)*.

Pflichtenheft des Gesamtprojektleiters

(als Basis für den separat für den Projektantrag des Gesamtprojektleiters zu erstellenden Businessplan)

- Durchführung administrativer Arbeiten zum Forschungspaket als Ganzes:
- zeitliche und materielle Koordination zwischen EP1...EP5
- Fachliche Koordination zwischen EP1...EP5 sowie VP6
- Gewährleistung einer klaren begrifflichen Verständigung und Vereinheitlichung der Bezeichnungen in EP1...EP5 sowie VP6
- Sicherstellung einer einheitlichen Berichterstattung, inkl. Vorgabe und Bereinigen der Struktur der Schlussberichte in EP1...EP5 sowie VP6
- Kontrolle des Rechnungswesens des Forschungspaketes als Ganzes
- Beurteilen des Schlussberichts aus dem Initialprojekt zusammen mit der Begleitkommission des Initialprojektes unter der Leitung der FK4 (gemäss Kreditbegehren)
- Ausschreiben der fünf Einzelprojekte EP1 .. EP5
- Evaluieren der eingegangenen Offerten unter Einbezug der entsprechenden Expertenkommissionen VSS
- Präsentation der evaluierten EP1 ... EP5 vor den Fachkommissionen 4 und 5
- Einreichung der Kreditbegehren gemäss Vorgaben des VSS
- Einreichen der Kreditbegehren an die GS VSS und an die GS SBT zur Weiterleitung
- Erarbeitung der Unterlagen und Vorbereitungen für die einzelnen Kreditbegehren an die die GS Forschung SBT zur Weiterleitung an den Foko-Präsidenten
- Kick-off Sitzung mit allen EP1 .. EP5-Projektleitern unter Beizug der Begleitkommission des Forschungspaketes sowie Organisation und Einberufung weiterer im Rahmen der Projektdurchführung notwendiger Koordinations-Sitzungen
- Systematisieren, Vorgeben der Zusammenarbeit mit Begleitkommission des Forschungspaketes

- Vereinbaren von Terminen und Meilensteinen inkl. Öffentlichkeitsarbeit
- Evaluieren von relevantem Ausgangsmaterial unter Einbezug VSS EK-Recycling
- Offerten einholen für Materialien und das Materialmanagement (Laborausgangsmaterialien auch inkl. Validierungsprojekt VP6)
- Beschaffen und Lagerhalten des Ausgangsmaterials
- Koordinieren, Aufbereiten und Verteilen von repräsentativen Proben
- Koordinieren der Lagerhaltung von repräsentativem Material für VP6
- Vorgeben eines Systems für die Archivierung und Systematisierung von Prüfergebnissen
- Vorgeben des Aufbaus des Syntheseberichts, Berichtsvorlage
- Erstellen des ersten Syntheseberichts über die EP1 .. EP5
- Einreichen des Kreditbegehrens für das Validierungsprojekt VP6 gemäss Vorgaben VSS und Evaluation geeigneter Objekte unterstützt durch das ASTRA und in Zusammenarbeit mit den Projektleitern EP1...EP5.
- Kick-off Sitzung VP6 mit allen EP1 .. EP5-Projektleitern unter Beizug der Begleitkommission des Forschungspaketes sowie Organisation und Einberufung weiterer im Rahmen der Projektdurchführung notwendiger Koordinations-Sitzungen
- Erstellen des abschliessenden Syntheseberichts zu den EP1...EP5 und des VP6
- Harmonisieren und Validieren der Syntheseberichte mit den Projektleitern der EP1 .. EP5 und des VP6

3.6.4 Projektleiter der Einzelprojekte

Die Projektleiter der Einzelprojekte sind für die fachliche Durchführung und die Einhaltung der zeitlichen, terminlichen und fachlichen Vorgaben zuständig. Abweichungen sind vom Projektleiter vorgängig zu genehmigen, der sich im Bedarfsfall mit der Begleitkommission abspricht.

3.7 Kosten/Zeitplan/Arbeitsschritte

Tabelle 8 gibt eine Übersicht über die geschätzten Kosten und den Zeitrahmen. Demnach ergibt sich für das gesamte Forschungspaket ein Kostendach von 1'314 kFr, wobei während des Projektes zur Validierung noch das objektbezogene Forschungsprojekt VP6 in der Grössenordnung von 850 kFr (mit beschleunigter Verkehrslastsimulation, APT) hinzukommt. Der Betrag „Reserve“ soll dem Gesamtprojektleiter nach Rück-

sprache mit der Begleitkommission als Koordinations- und Führungsinstrumentarium dienen (vgl. Abbildung 5). Damit soll die Möglichkeit geboten werden, flexibel und rasch auf unerwartete Vorkommnisse reagieren oder besonders vielversprechende Erkenntnisse zum Nutzen des Gesamtprojektes angemessen vertiefen zu können.

Die Kosten von 186 kFr für die Gesamtprojektleitung setzten sich zusammen aus Projektevaluation und -abgleich (inkl. Initial-Koordination, Materialmanagement, Detailplanung) 30 kFr, Gesamtprojektleitung, Ausarbeiten und Entscheid Validierungsprojekt 53 kFr, Syntheseberichte (erster EP1...EP5; abschliessender: EP1...EP5 samt VP6) 78 kFr und Projektabschluss 25kFr.

Der Zeitrahmen für den Abschluss der Einzelprojekte EP1...EP5 beträgt 3 Jahre. Die Erstellung des Syntheseberichts findet im anschliessenden Halbjahr statt. In Tabelle 8 angetönt ist der mögliche Initialisierungszeitpunkt des objektbezogenen Validierungs-Projektes VP6. Es ist wichtig, dass dieses noch vor Abschluss der Einzelprojekte EP1...EP5 gestartet werden kann, um eine grösstmögliche Synergie (z.B. bei der Festlegung von Teststrecken unter vergleichbaren Bedingungen) zu erreichen.

VP6 wird zeitverschoben durchgeführt und entsprechend 2.5Jahre über den Abschluss des Forschungspaketes hinaus weitergeführt. Um den zeitlichen Rahmen des Forschungspaketes von total 3.5 Jahren (vgl. Tabelle 8) einzuhalten wird dieses Projekt zwar konzeptionell im Gesamtkonzept mitberücksichtigt, bildet jedoch nicht Gegenstand des eigentlichen Forschungspaketes. Da VP6 Erkenntnisse des Forschungspaketes benötigt, kann die Detailplanung von VP6 (einschliesslich Auswahl des entsprechenden Einzelprojektleiters) erst später vorgenommen werden.

Die Kosten im Zusammenhang mit dem VP6 werden vor dem vorgesehenen Start von VP6 gesondert beantragt. Dies betrifft namentlich die Kosten für den abschliessenden Synthesebericht, die Fortsetzung der Gesamtprojektleitung, die Durchführung des VP6 und die Öffentlichkeitsarbeit.

										<<Ende FoPaket						
Projekte	Aufgaben/Schritte	Zeitliche Folge										Aufwand				
		Ende VP6>>										6 Jahr	FoFond	Objekt		
		1HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ		2HJ				kFr	kFr
IP	Initial-Proj.	Status,Plang, Ausschr., GPL		A											56*)	
GPL Leitung	Konzeptabgleich/Infolüsse														186	
	Leitung /Koordination															
	Synthesebericht															
EP1 Anteile	Start-Abgleich/Vorvers/Spez.Lit.														240	
	Evaluation Lösungsansätze															
	Fokus/Entwicklg. Hauptansatz															
	Auswertung Bericht															
	Validierung objektbez. Proj.							VP6				>>		VP6		
EP2 Mehrfach-recycling	Start-Abgleich/Vorvers/Spez.Lit.														220	
	Evaluation Lösungsansätze															
	Fokus/Entwicklg. Hauptansatz															
	Auswertung Bericht															
EP3 Nach-haltigkeit	Start-Abgleich/Lit														110	
	Evaluation, Lösungsvorschläge															
	Auswertung Bericht															
EP4 Dauer-haftigkeit	Start-Abgleich/Vorvers/Spez.Lit.														270	
	Evaluation Lösungsansätze															
	Fokus/Entwicklg. Hauptansatz															
	Auswertung Bericht															
	Validierung objektbez. Proj.							VP6				>>		VP6		
EP5 Mischgut-optimierung	Start-Abgleich/Vorvers/Spez.Lit.														260	
	Evaluation Lösungsansätze															
	Fokus/Entwicklg. Hauptansatz															
	Auswertung Bericht															
	Validierung objektbez. Proj.							VP6				>>		VP6		
VP6 Validierung objektbez. Proj.	Planung, Bau.Ablauf,Einbau															850
	Period. Messung, Zust.Erf.															
	APT-Kampagne															
	Bericht															
Finanzen												Reserve		28		
												Total *)		1314 850		

Tabelle 8: Zeitlicher Ablauf und Aufwand (A= Ausschreibung, >> Wartephase);

*) exkl. des bereits bewilligten Initialprojektes

Der in Tabelle 8 angegebene Zeitplan für die einzelnen Projektschritte hat orientierenden Charakter. Dieser Zeitplan ist bei Projektstart vom Gesamtprojektleiter zusammen mit den Projektpartnern zu verfeinern.

Für die Einzelprojekte ergeben sich grundsätzlich folgende Teilschritte bzw. Teilaufgaben.

- Ein detaillierter Zeit- und Aufgabenplan wird mit den einzelnen Projektleitern in einer Konzeptabgleichphase aufgestellt. Dabei können naturgemäss Abweichungen zu den Arbeitsplänen der einzelnen Projektanträge entstehen. Der Projektleiter sorgt zusammen mit der Begleitkommission, dass die in der Abgleichsphase beschlossenen allfälligen Abänderungen und Anpassungen den zeitlichen, finanziellen und fachlichen Rahmen den Projektausschreibungen und Projekteingaben entsprechen. Die Abgleichphase ist bewusst auf ein Quartal angesetzt, um den einzelnen Projekten gewisse Vorabklärungen zu ermöglichen und um innerhalb des Forschungspaketes realistisch abgeglichene Meilensteine zur Sicherstellung der Synergien und Querverbindungen sowie des rechtzeitigen Projektabschlusses definieren zu können.
- Die Phase der Evaluation der Lösungsansätze dient der breiten jedoch noch nicht vertieften methodischen und experimentellen Auslotung alternativer Ansätze und bildet die Grundlage für die Festlegung und Durchführung der Hauptuntersuchung. Auch lassen sich nach dieser Phase die Synergien und Massnahmen zur Vermeidung von Doppelspurigkeiten weiter konkretisieren.
- Die Phase der Fokussierung dient der Durchführung der Hauptuntersuchung. Hier findet die eigentliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit statt. In dieser Phase kann auch am meisten von den Querverbindungen und Synergien profitiert werden. In dieser Phase ist aber auch die terminliche Abstimmung besonders wichtig. Die Fokussierungsphase dient als Grundlage für die Berichterstattung und für die Initialisierung der objektbezogenen Forschung zu In-Situ-Validierung der Ergebnisse (VP6).
- Für die Phase der Berichterstattung sind die gegenseitige Kenntnis der Ergebnisse und die Querreferenzierung besonders wichtig. Auch sollte hier ein Konsens über allfällige widersprüchliche Ergebnisse gefunden werden, da die Einzelberichte den Input für den zusammenfassenden Schlussbericht bilden.

3.8 Nutzniesser der Erkenntnisse

Mit der Verwendung von grösseren Mengen an Ausbauasphalt können, gesamtwirtschaftlich betrachtet, die Kosten für die Mischgutproduktion gesenkt werden. Mit gleichen Kosten können somit Belagsarbeiten im grösseren Umfang ausgeführt werden. Damit kann der grosse, volkswirtschaftliche Wert, den die Strassen darstellen, weitreichender und besser erhalten werden. Insbesondere in Zeiten finanzieller Engpässe, ist die vermehrte Verwendung von Ausbauasphalt von grossem finanziellem Interesse. Zudem wird weniger Neumaterial benötigt, wodurch im Sinne der Nachhaltigkeit wertvolle Baustoffressourcen geschont werden.

- Die Gesellschaft allgemein, da die Entsorgungs- und Material-Ressourcen-Problematik entschärft wird, zumal erwartet wird, dass die Akzeptanz des Recycling wirksam beeinflusst und Anreize zum Recycling geschaffen werden.
- Die Verkehrsteilnehmer, weil die Infrastruktur für Personen- und der Warenflüsse geringere Einschränkungen der Verfügbarkeit erleidet.
- Die Bauherren, denen sich bessere Managementgrundlagen für wirtschaftliche, technische und andere planerische Entscheide bieten.
- Die Unternehmen und Mischguthersteller, die Dank besser verankerter Normen, Empfehlungen und Richtlinien sich auf eine breitere Grundlage zur Optimierung ihrer Prozesse bezüglich Qualität, Effizienz und Wirtschaftlichkeit abstützen können.
- Die Fachleute in der Praxis, da vertieftes Wissen einen sicheren Umgang mit der Recycling-Thematik bei der Lösung konkreter Aufgaben ermöglicht und gleichzeitig die persönliche internationale Konkurrenzfähigkeit von Fachleuten aus der Schweiz und damit die internationale Einflussnahme unseres Landes in dieser Angelegenheit gefördert wird.

3.9 Umsetzung

Durch parallele im Rahmen eines Forschungspaketes aufeinander abgestimmte Bearbeitung von Einzelprojekten kann erwartet werden, dass die Resultate hinsichtlich Methodik und Aktualität weitgehende Kompatibilität und damit einen optimalen synergetischen Nutzen im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise ermöglichen. Als konkrete Resultate werden in den einzelnen Berichten Antworten und Lösungen bezüglich der unter Abschnitt 1.3 erwähnten Fragestellungen bzw. der individuellen Zielsetzungen der Einzelprojekte erwartet. Um die Umsetzung der Resultate zu erleichtern und den Nutzen der ganzheitlichen Betrachtungsweise ausschöpfen zu können, wird zudem ein zusammenfassender Synthesebericht mit generellen Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Praxis sowie das weitere Vorgehen bezüglich Themenspektrum in Abbildung 3 verlangt.

Auch wird erwartet, dass es die Resultate schon während der Ausführung einzelner Projekte ermöglichen werden, die Praxis-Validierung wichtiger Resultate und Erkenntnisse im Rahmen von einzelnen objektbezogenen Zusatzforschungsprojekten und idealerweise auch unter zweckmässigem Einsatz der vorhandenen technischen Mittel der beschleunigten In-situ-Verkehrslastsimulation zu planen und zu initiieren (ASTRA 2004/018).

Die FK4 und FK5 erwarten generell Resultate, die gezielt ihren Normierungstätigkeiten zugute kommen und sich auch in nachhaltige Massnahmen zur Instruktion und Weiterbildung von Fachleuten umsetzen lassen. Letzteres namentlich durch technische Publikationen in Zeitschriften und Normen sowie Workshops und Tagungen im Inland. Die Fachkommissionen erwarten aber auch Resultate, die durch eigene Fachleute oder aber durch die zuständigen Amtsstellen (ASTRA, BAFU etc.) zur konkreten Einflussnahme und Mitwirkung im internationalen Rahmen (Stichwort CEN, FEHRL) zur Wahrung der Schweizer Bedürfnisse und Interessen vorteilhaft verwendet werden können.

Zur Behandlung weiterer Themen und Fragen, die sich aus den Resultaten des vorliegenden Forschungspaketes ergeben oder damit nicht abgedeckt werden können (z.B. über temperaturreduziert eingebaute Schichten), ist nicht auszuschliessen, dass ergänzende und allenfalls auch nachfolgende Forschungspakete sowie gezielte Einzelprojekte erforderlich sein werden.

3.10 Wirkung

Das vorliegende Forschungspaket wird sich positiv auswirken auf die Schonung der Umwelt und nachhaltige Nutzung der Ressourcen. Das Recycling von Asphaltgranulat wird gefördert und die Anwendung auf weitere Mischguttypen und Schichten ausgedehnt. Die Forschungsergebnisse werden als objektive Argumentationsbasis gegenüber den europäischen Normierungsorganisation nützlich sein, um die teilweise starke Eingrenzung der Verwendung von RAP im Mischgut in den Normen zu lockern. Der vermehrte Einsatz führt direkt zu Kostenersparnissen beim Strassenbau, da Entsorgungskosten wegfallen und die Menge an primären Mineralstoffen verringert werden kann. Durch die Forschung kann aber die Qualität und Dauerhaftigkeit der Strassenschichten mit RAP sichergestellt werden, da die Anwendungsgrenzen definiert werden können. Dies hilft letztlich die Anzahl Baustellen zu reduzieren.

4 Ausschreibung

4.1 Vorgehen

Die Projekte EP1...EP5 werden ausgeschrieben (vgl. Ausschreibungstexte in Kapitel 4.2). Die Evaluation der Gesamt-Projektleitung GPL erfolgte als Teilaufgabe dieses Initialprojektes und ein Gesamtprojektleiter wurde der Begleitkommission vorgeschlagen. Das VP6 wird nicht ausgeschrieben, da es eine Validierung vor allem von EP1, EP4 und EP5 darstellt, wodurch die Hauptpartner gesetzt sind. Es wird daher zweckmässigerweise unter der Führung des Gesamtprojektleiters insbesondere unter Einbezug der Projektpartner von EP1, EP4 und EP5 durchgeführt. Dabei sind wegen der besonderen Prüftechnik allenfalls gezielt weitere Partner zuzuziehen (z.B. für APT).

Die Beurteilung der Offerten erfolgt durch die VSS-Fachkommissionen FK4 „Baustoffe“ und FK5 „Bautechnik“ im Rahmen der Begleitkommission zusammen mit dem Gesamtprojektleiter.

In einem so genannten Roten Faden werden die Materialien und Prüfungen definiert, die zwecks Vergleichbarkeit in allen Einzelprojekten durchgeführt werden. In weiteren Beilagen sind zusätzliche Vorgaben und Empfehlungen festgehalten. Die verwendeten Materialien sollen an einem einzigen Ort aufbereitet und verteilt werden.

Allfällige Unklarheiten werden in der Start-Sitzung mit der Begleitkommission unter Leitung des Gesamtprojektleiters abschliessend geregelt.

4.2 Ausschreibungstexte der Einzelprojekte

4.2.1 VSS 2005/452 Einzelprojekt EP1: Optimaler Anteil an Ausbauasphalt

Ausgangslage

Ausbauasphalt wird zum heutigen Zeitpunkt bei der Produktion von Mischgut weniger als möglich verwendet. Obwohl für die Produktion von verschiedenen Asphalten in Schweizer Normen SN die Verwendung von zum Teil hohen Anteilen an Ausbauasphalt ermöglicht ist, wird dies zu wenig oder oft gar nicht ausgenützt. Kantonal gibt es grosse Unterschiede in der Verwendung von Ausbauasphalt. Bei der Verwendung von grösseren Anteilen an Ausbauasphalt in neuem Mischgut wird befürchtet, dass das verwendete RAP negative Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit des Belages haben könnte.

Ziel

Das Forschungsprojekt soll Grundlagen liefern um optimale Anteile an Ausbauasphalt bei der Produktion von verschiedenen Mischgutsorten und Mischguttypen zu verwenden und trotzdem eine hohe Belagsqualität und lange Lebensdauer zu erhalten. Mit dem Nachweis der normgerechten Mischguteigenschaften sollen die Vorbehalte gegenüber der Qualität von Belägen mit Ausbauasphalt abgebaut werden.

Aufgabenbeschreibung und erwartete Resultate (vgl. auch Beilage 1)

Es werden die folgenden Resultate von der Forschungsarbeit erwartet:

- Variation des Recyclinganteils zwischen 0 und >80% mit Beurteilung der Mischgutqualität
- Bestimmung des optimalen Recyclinganteils für verschiedene Mischguttypen. Insbesondere sind auch Aussagen über die Verwendung in Deckschichten und in EME-Belägen zu erarbeiten.
- Zugabe mittels Paralleltrommel und im Batch-Verfahren (Kaltzugabe) beurteilen

Termine und Kosten:

Projektstart: Ende 2006

Projektdauer: 3 Jahre

Geschätzte Projektkosten: Fr. 240'000.-

4.2.2 VSS 2005/453 Einzelprojekt EP2: Mehrfachrecycling von Strassenbelägen

Ausgangslage

Gegen Recycling von Ausbauasphalt wird häufig die Argumentation vorgebracht, dass beim Recycling von Strassenbelägen die Entsorgung nur zeitlich verschoben, nicht aber gelöst werde, da es nicht klar sei, wie oft ein Ausbauasphalt ohne empfindlichen Schaden zu nehmen wiederverwendet werden könne (Stichworte: Adhäsion, Verhärtung, obere Grenze für Gesamtbindemittelgehalt, Schädigung der Gesteinskörnungen etc.). Mit der langjährigen Verwendung von Ausbauasphalt und dem Erreichen der Grenzen der Lebensdauer von Belagsschichten mit Ausbauasphalt gewinnt somit auch die Frage des Mehrfachrecyclings an Bedeutung.

Ziel

Bewertung und Simulation des wiederholten Recyclings von Strassenbelägen im Labor an unterschiedlichen Mischguttypen und Recyclinganteilen.

Aufgabenbeschreibung und erwartete Resultate (vgl. auch Beilage 2)

Es sind Erkenntnisse zur Beantworten auf die Frage zu erarbeiten, wie Mehrfachrecycling von bitumenhaltigen Schichten beurteilt werden kann und welche Faktoren in welchem Grade einen allfälligen sukzessiven Qualitätsverlust beeinflussen.

- Untersuchung der Veränderung des bitumenhaltigen Bindemittels nach mehreren Wiederaufbereitungsdurchgängen
- Die Simulation des Recyclings im Labor unter Berücksichtigung der Veränderung der Qualität der Mineralstoffe (z.B. Kornform von Kies- und Splittzuschlagstoffe) bei mehrfacher mechanischer (Fräsen, Brechen) und thermischer Beanspruchung
- Die Beurteilung der heutigen Praxis im Recycling, unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Typen von Mischanlagen sowie der unterschiedlichen Recyclingverfahren der Betriebe
- Der Einsatz von "Verjüngungsmitteln"
- Das Verhalten unterschiedlicher Mischguttypen beim Mehrfachrecycling
- Beurteilung des Abriebverhaltens bei Deckschichten (Mischgut)

Termine und Kosten:

Projektstart: Ende 2006

Projektdauer: 3 Jahre

Geschätzte Projektkosten: Fr. 220'000.-

4.2.3 VSS 2005/454 Einzelprojekt EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung

Ausgangslage

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

1. Finanzielle Anreize
2. Technisches Normenwerk
3. Richtlinien des BAFU

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

Ziel

Eine Erfassung des Status-quo des Recyclings von Ausbauasphalt und die Analyse der damit zusammenhängenden Stoffflüsse soll durchgeführt werden. Darauf basierend wird die Ausarbeitung von Vorschlägen, wie das Asphalt-Recycling wesentlich beeinflusst und optimiert werden kann, erwartet (finanzielle Anreize / technisches Normenwerk / Richtlinien des BAFU / zu fördernden Technologien). Es werden neue Impulse erwartet in Bezug auf regulative Aspekte und.

Aufgabenbeschreibung und erwartete Resultate (vgl. auch Beilage 3)

- Durchführung einer Stoffflussanalyse im Heiss- und Kaltrecycling. Erstellen einer Mengenbilanz der heutigen Situation
- Befragung der Mischgutwerke über angewandte Technik, RAP-Lagerung und Aufbereitung, max. RAP-Anteil
- Es wird erwartet, dass die langfristige Auswirkung der Bewirtschaftung der Recyclingmaterialien für heutige und zukünftig mögliche Szenarien aufgezeigt und bearbeitet wird.
- Vergleich der verschiedenen Recyclingverfahren bezüglich Wirtschaftlichkeit, Umwelt und Energie
- Untersuchung der verschiedenen Mischgutanlagen bezüglich Recyclingtechnik, maximalem Recyclinganteil, etc.
- Berücksichtigung von Qualität und Kosten der Recyclingbeläge

Termine und Kosten:

Projektstart: Ende 2006

Projektdauer: 3 Jahre

Geschätzte Projektkosten: Fr. 110'000.-

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

Ausgangslage

Die Vorbehalte gegenüber Ausbauasphalten sind nach wie vor gross, obwohl es sich um grundsätzlich hochwertige Materialien handelt. Allerdings sind die Kenntnisse über die Wirkungsweise von Ausbauasphalten in neuen Belägen und über die Dauerhaftigkeiten solcher Beläge bei hohen Beanspruchungen noch zu wenig erforscht.

Insbesondere die Verhärtung des Bindemittels während der Liegedauer geben Anlass zu Besorgnis sowie partiell die Qualität der Mineralstoffe nach dem Fräsen oder Brechen. Eine reduzierte Resistenz des Recyclingmischgutes gegen Wassereinwirkung könnte die Folge sein. Dabei ist es durchaus denkbar, dass je nach konkretem Fall (Materialien, Rezeptur, Einbau und Beanspruchung) sogar bezüglich jeder der genannten Eigenschaften ein positiver oder negativer Einfluss auf die Dauerhaftigkeit vorliegt. So kann die Kombination von Verhärtung des Bindemittels und Zunahme seines Gehaltes je nach Fall zu höherem oder niedrigerem Widerstand gegen Spurbildung führen. Es sind in nicht geringem Masse diese Unsicherheiten, die dem wünschenswerten Einsatz von Recyclingmischgut im Wege stehen.

Ziel

Es sind die Einflüsse des RAP auf die Dauerhaftigkeit zu untersuchen. Ebenso sollen geeignete Prüfmethoden für die Beurteilung der charakterisierenden Eigenschaften der Dauerhaftigkeit vorgeschlagen werden.

Aufgabenbeschreibung und erwartete Resultate (vgl. auch Beilage 4)

Verschiedene Qualitäten von Ausbauasphalt sind einzubeziehen. Vermehrt fallen heute auch Ausbauasphalte mit sehr harten Bindemitteln (Spezialbitumen) und Polymermodifizierte Bitumen (PmB) an. Die folgenden Einflussgrössen des RAP auf die Mischguteigenschaften sollen untersucht werden:

- Qualität des alten Bindemittels (z. B. Penetration, elastischer Anteil, Steifigkeit bei tiefen Temperaturen, FTIR, etc.)
- Eigenschaften der Mineralstoffe (z.B. Kantigkeit, Kornzertrümmerung, Kornform, Korngrössenverteilung, Petrografie, etc)
- Ermüdung und Wassereinwirkung
- Herstellungsart (Fräsgut oder gebrochen aus Asphaltchollen)
- Zusätze zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit

Termine und Kosten:

Projektstart: Ende 2006

Projektdauer: 3 Jahre

Geschätzte Projektkosten: Fr. 270'000.-

4.2.5 VSS 2005/456 Einzelprojekt EP5 Mischgutoptimierung von Recyclingbelägen

Ausgangslage

Strassenbeläge, die Recyclingasphalt (RAP) enthalten, müssen gemäss Schweizer Norm die gleichen Anforderungen erfüllen, wie Strassenbeläge, die ausschliesslich aus neuen Mineralstoffen und Bitumen hergestellt werden. Diese Anforderungen sind in den nationalen Anhängen zu den europäischen Normen EN 13108-1, -5, -7 und -8 [56. - 59.] festgehalten. Sie umfassen Vorschriften für die Mischgutzusammensetzung der verschiedenen Belagstypen und legen die für die Validierung (Erstprüfung EN 13108-20 [60.]) anzuwendenden Prüfmethoden fest. Während die Anforderungen prinzipiell definiert sind, fehlt der Weg, das heisst die Mischgutoptimierung, wie diese Anforderungen mit RAP erreicht werden können. Die Mischgutoptimierung wird durch die Verwendung von Recyclinggranulat anspruchsvoller, da eine zusätzliche Komponente berücksichtigt werden muss. Je grösser der Anteil des Recyclinggranulates ist, desto stärker beeinflusst dieses das zukünftige Mischgut. Es ist deshalb denkbar, dass für die Erstprüfung von Belägen mit hohem RAP-Anteil zusätzliche Parameter untersucht werden müssen.

Ziel

Es wird die Erarbeitung einer Anleitung für die Mischgutoptimierung für Mischgut mit RAP verlangt. Dabei sind mindestens zwei unterschiedliche Methoden zu evaluieren, wobei die klassische Mischgutoptimierung an Marshallprüfkörpern darin enthalten sein muss. Es werden Empfehlungen für die zukünftige Optimierung von Heissmischgut mit Ausbaupasphalt erwartet, insbesondere welche Parameter zu berücksichtigen sind.

Aufgabenbeschreibung und erwartete Resultate (vgl. auch Beilage 5)

Die Empfehlungen für die Mischgutoptimierung sollen folgende Untersuchungen und Fragen beantworten:

- ab welchem RAP-Anteil muss dies in der Mischgutoptimierung berücksichtigt werden?
- wie muss die Homogenität des RAP einbezogen werden?
- wie wird die Sorte und Menge des zugesetzten Bindemittels gewählt?
- was ist bei der Wahl der Ergänzungsmineralstoffe zu beachten?
- wie sind die Mischparameter in Abhängigkeit des Typs der Mischanlage festzulegen?
- wie wird der Feuchtigkeitsgehalt des RAP berücksichtigt?
- mit welcher Methode lässt sich die Mischgutherstellung in der Mischanlage im Labor simulieren?
- sind bei hohem RAP-Anteil für die Erstprüfung nach 13108-20 zusätzliche Prüfungen notwendig?
- Diskussion der in den Normen vorgegebenen Prüfparameter und Anforderungswerte für RAP-Mischgut.

Es werden Mischgutoptimierungen mit verschiedenem Recyclinganteil verlangt.

Termine und Kosten:

Projektstart: Ende 2006

Projektdauer: 3 Jahre

Geschätzte Projektkosten: Fr. 260'000.-

5 Schlussfolgerungen

Durch gezielte Standortbestimmung mittels Literatur- und Informations-Screening beschränkten Umfangs gemäss Auftrag (vgl. 1.2) sowie durch Gespräche und Diskussionen mit der Expertengruppe wurden verfeinerte Pflichtenhefte für die Ausschreibung der Einzelprojekte EP1..EP5 im Sinne des Gesamtkonzeptes erarbeitet. In tabellarischer Form wurden zwingende Querverbindungen und Hauptstossrichtungen der einzelnen Projekte ausgearbeitet, welche durch Einführung eines „roten Fadens“ als zentralen Angelpunkt einerseits ein Höchstmass an Vergleichbarkeit und gegenseitiger Verknüpfung versprechen und andererseits einen möglichst viel Forschungsspielraum für die einzelnen Projektpartner und dadurch einen maximalen Innovationspielraum für die Bewerbung auf die einzelnen Ausschreibungen erlauben.

Neben den erwähnten definierten fachlichen Verknüpfungen beruht das in diesem Initialprojekt vorgeschlagene Konzept auf wenigen klaren, zeitlichen Meilensteinen, die durch den Konzeptabgleich, die Initiierung des Validierungsprojektes VP6 sowie durch den Start der Ausarbeitung des Syntheseberichtes gegeben sind. Die Einführung des roten Fadens inklusive zentralem Materialmanagement sowie das detaillierte Pflichtenheft für den Gesamtprojektleiter erleichtern den Informationstransfer zwischen den Partnern der Einzelprojekte. Dem Auftrag des Initialprojektes entsprechend wurde ein kompetenter Gesamtprojektleiter gewonnen und eine kompetente aus Unternehmern, Bauherren zusammengesetzte Begleitkommission mit Mitgliedern der FK4 und FK5 vorgeschlagen. Dabei erwies es sich als nicht eben einfach, anerkannte Fachexperten und Persönlichkeiten, die bereits ohnehin unter hoher beruflicher Beanspruchung stehen, für diese interessanten zusätzlichen Aufgaben zu erwärmen. Zudem trat die Schwierigkeit auf, dass einige der Anwärter selbstverständlich auch potentielle Bewerber auf die Ausschreibungen sind. Es ist daher nicht auszuschliessen, dass je nach Resultat der Offertenbeurteilung im Detail noch gewisse Anpassungen vorzunehmen sind.

Die Durchführung eines Initialprojektes hat sich aus der Sicht der Autoren als sehr sinnvoll erwiesen, da sich das Forschungspaket als recht komplex und dementsprechend arbeitsintensiv und zeitaufwändig herausgestellt hat. Insbesondere die Überlappung der verschiedenen Themenbereiche hat am Anfang zu Kopfzerbrechen geführt. Mit der Darstellung Aufgaben der Einzelprojekte in einer Matrix und der Einführung eines "Roten Fadens" konnte dieses Problem aber zufrieden stellend gelöst werden, auch wenn sicherlich nicht alle Aspekte berücksichtigt werden konnten. Als wertvoll hat sich der Miteinbezug verschiedener Fachleute der VSS-Expertenkommissionen und insbesondere auch aus der Praxis erwiesen, da so schon im Voraus eine breite Akzeptanz erreicht werden konnte. Dies wird sich hoffentlich auszahlen bei der Beurteilung der eingehenden Forschungsgesuche, aus der Tatsache, dass die Forschungsidee doch schon gut durchdiskutiert wurde. Es wird deshalb empfohlen, in Zukunft für alle Forschungspakete ein Initialprojekt durchzuführen, um so die Qualität der Ausschreibungen und der Forschungsprojekte selbst zu verbessern.

6 Literaturverzeichnis

1. AGRA Earth & Environmental Limited (AGRA). "Development of guidelines for the design of hot in-place recycled asphalt concrete mixtures." Rep. No. EA-13746, Edmonton. Alta., Canada. (1996)
2. Albritton, G.E., Barstis, W.F. and Gatlin, G.R... Construction and Testing of Crumb Rubber Modified Hot Mix Asphalt Pavement. Report No: FHWA/MS-DOT-RD-99-115. Federal Highway Administration, Washington D.C. (1999).
3. American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Method of Test, "Sampling Bituminous Paving Mixtures," AASHTO Designation: T168-82, Part II Tests, 16th Edition, (1993).
4. Amsler, P.: Wiederverwendung von Strassenbaumaterialien VSS 24/80, Bericht Nr. 43, (1982)
5. Asphalt Institute, Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types. Manual Series No. 2, Lexington, Kentucky, (1993).
6. Asphalt Institute. Asphalt Hot-Mix Recycling, Manual Series No.20, Second Edition, Lexington, Kentucky, (1986).
7. Asphalt Recycling and Reclaiming Association (ARRA). An overview of recycling and reclamation methods for asphalt pavement rehabilitation, Annapolis, Md. (1992)
8. Asphalt Recycling and Reclaiming Association (ARRA). Basic asphalt recycling manual, Annapolis, Md. (2001)
9. Asphalt Recycling and Reclaiming Association. Full Depth Reclamation. Annapolis, MD (2000).
10. ASTM D1073-94. "Standard Specification for Fine Aggregate for Bituminous Paving Mixtures." American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.03, West Conshohocken, Pennsylvania.
11. ASTM D1559-89. "Standard Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus." American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.03, West Conshohocken, Pennsylvania.
12. ASTM D1560-92. "Standard Test Methods for Resistance to Deformation and Cohesion of Bituminous Mixtures by Means of Hveem Apparatus." American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.03, West Conshohocken, Pennsylvania.
13. ASTM D3515-89. "Standard Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures." American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.03, West Conshohocken, Pennsylvania
14. ASTM D4552-92. "Standard Practice for Classifying Hot-Mix Recycling Agents." American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.03, West Conshohocken, Pennsylvania.
15. ASTM D4887-93. "Standard Test Method for Preparation of Viscosity Blends for Hot-Recycled Bituminous Materials," American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.03, West Conshohocken, Pennsylvania.
16. Banasiak, D. "States Plane Off Excess in RAP Specs." Roads and Bridges, Vol. 34, No. 10, October, (1996).
17. Bardesi Orue-Echevarría, A., Gordillo, G. J., and Hernando del Cura, A. "Cold in-place recycling of asphalt mixes with emulsion. Project carried out on the N-II Highway. Evolution properties." Rep.No. 1.017, Euroasphalt and Eurobitume Congress, Strasbourg, France. (1996)
18. Beligni, M. et al.:Heiss- und Kaltmischfundationsschichten aus recycliertem Ausbauasphalt,VSS 14/91, Bericht Nr. 351 (1996)
19. Blumer, M.: Wiederaufbereitung von Belagsmaterial VSS 11/82, Bericht Nr. 95, (1985)
20. Branthaver, J. F., et al.. "Binder characterisation and evaluation—volume 2: Chemistry." SHRP-A-368, Strategic Highway Research Program, Washington, D.C. (1993)

21. Brown, E.R.. Evaluation of Properties of Recycled Asphalt Concrete Hot Mix. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Final Report # CL-84-2, Feb (1984).
22. Button, J. W., Little, D. N., and Estakhri, C. K.. "Performance and cost of selected hot in-place recycling projects." Transportation Research Record 1507, Transportation Research Board, Washington, D.C., 51–61.(1995)
23. Button, J.W., Little, D.N., and Estakhri, C.K.. Hot In-Place Recycling of Asphalt Concrete, National Cooperative Research Program Synthesis of Highway Practice 193, Transportation Research Board, Washington, DC, (1994).
24. Caprez, M. et al: Wiederverwendung von teer- und bitumenhaltigen Aufbruchmaterialien in hydraulisch gebundenen Foundationsschichten, VSS 10/91, Bericht Nr. 368 (1996)
25. Carmichael, T., Boyer, R. E., and Hokansson, L. D. . "Modeling heater techniques for in-place recycling of asphalt pavements." J. Association of Asphalt Paving Technologists, 46, 526–540.(1977)
26. Carpenter, S. H., and Wolosick, J. R.. "Modifier influence in the characterization of hot-mix recycled material." Transportation Research Record 777, Transportation Research Board, Washington, D.C., 15–22. (1980)
27. Castedo, H.. "Significance of various factors in the recycling of asphalt pavements on secondary roads." Transportation Research Record 1115, Transportation Research Board, Washington, D.C., 125–133.(1987)
28. Chaffin, J. M., Liu, M., Davison, R. R., Glover, C. J., and Bullin, J. A. "Supercritical fractions as asphalt recycling agents and preliminary aging studies on recycled asphalts." Ind. Eng. Chem. Res., 36, 656–666. (1997).
29. Chebab, G.R., Daniel, J. S. „Evaluating RAP Mixtures using Mechanistic Empirical Pavement Design Guide Level 3 Analysis." Paper 06-2774, CD Proceedings of 85th TRB Meeting in Washington, DC (2006)
30. Chesner, W., Collins, R., MacKay, M., Emery, J.: "The User Guidelines for Waste and Byproduct Material in Pavement Construction", Turner-Fairbank Highway Research Center, FHWA, April (2004)
31. Ciesielski, S. K. and R. J. Collins. Recycling and Use of Waste Materials and By-Products in Highway Construction. National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice 199, Transportation Research Board, Washington, DC, (1994).
32. Crockford, W.W., Makunike, D., Davison, R.R., Scullion, T. and Billiter, T.C. "Recycling Crumb Rubber Modified Pavements." Texas Transportation Institute Research Report 1333-1F. Texas A&M University, College Station, TX July (1995).
33. Cuenoud, J.-L., Simond, E., Chabloz, M., Poncet, S. "Les enrobés recyclés à 100%. Du rêve à la réalité", Strasse und Verkehr, Nr5, pp12-15, Mai (2006)
34. Daniel, J.S. and A. Lachance "Mechanistic and Volumetric Properties of Asphalt Mixtures with RAP", to be published in the Transportation Research Record, TRB, (2005).
35. Davison, R. R., Bullin, J. A., Glover, C. J., Chaffin, J. M., Peterson, G. D., Lunsford, K. M., Lin, M. S., Liu, M., and Ferry, M. A. "Verification of an asphalt aging test and development of superior recycling agents and asphalts." Texas Transportation Institute, and Chemical Dept., Texas A&M Univ, College Station, Tex. (1994).
36. Decker, D. S. "State-of-the practice for use of RAP in hot mix asphalt." J. Association of Asphalt Paving Technologists, 66, 704–722. (1997).
37. Decker, D. S. and Young. T. J., "Handling RAP in an HMA Facility." Proceedings of the Canadian Technical Asphalt Association, Edmonton, Alberta, (1996).
38. DeKold, S. P., and Amirkhanian, S. N. "Reuse of moisturedamaged asphaltic concrete pavements." Transportation Research Record 1337, Transportation Research Board, Washington, D.C., 79–88. (1992).

-
39. Dickinson, E. J. "The hardening of Middle East petroleum asphalts in pavement surfacings." J. Association of Asphalt Paving Technologists, 49, 30–57. (1980).
 40. Dienemann, B., Neue Regelwerke für die Lieferung und die Verwertung von Asphaltgranulat; Strasse + Autobahn, 2002,(2): p. 99.
 41. Dunning, R. L. and Mendenhall, R. L., Design of Recycled Asphalt Pavements and Selection of Modifiers. Recycling of Bituminous Pavements, ASTM STP 662, , pp 35-46. Georgia Department of Transportation Specifications. Section 402: Hot Mix Recycled Asph, (1978)
 42. 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)
 43. Earl, F. J. and Emery, J. J., "Practical Experience With High Ratio Hot-Mix Recycling," Proceedings of the Canadian Technical Asphalt Association 32nd Annual Conference, Toronto, Ontario, p. 326, November (1987).
 44. Eaton, M. "RAP Maintenance No Different Than Virgin, Engineers Say." Roads and Bridges, Vol. 28, No. 10, October, (1990).
 45. Edwards, A. C., and Mayhew, H. C. "Recycled asphalt wearing courses." Research Rep. No. 225, Transport and Road Research Laboratory, U.K. (1989).
 46. Ekblad, J., and Isacson, U. "Hot in-place asphalt pavement recycling—Investigations during 1994." Rep. No. TRITA-IP AR 95-37, Division of Highway Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden (in Swedish).(1995).
 47. Emery, J. "Advances in Hot In-Place Recycling" CD Proceedings of 10th international Conference an Asphalt Pavements, Quebec, (2006)
 48. Emery, J.J., and M. Terao, "Asphalt Technology for Hot In-Place Surface Recycling." Transportation Research Record 1337, Transportation Research Board, Washington, D.C. (1992).
 49. Emery, J.J., "Asphalt Recycling in Canada." Transport Research Board, Record Number 1427, Washington, DC, pp. 38-46. (1993)
 50. EN 12697-12:2003 Asphalt - Prüfverfahren für Heiasphalt - Teil 12: Bestimmung der Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Probekörpern
 51. EN 12697-23:2003 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 23: Bestimmung der indirekten Zugfestigkeit von Asphalt-Probekörpern
 52. EN 12697-24:2004 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 24: Beständigkeit gegen Ermüdung
 53. EN 12697-26:2004 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 26: Steifigkeit
 54. EN 12697-30:2004 Asphalt - Prüfverfahren für Heiasphalt - Teil 30: Probenvorbereitung, Marshall-Verdichtungsgerät
 55. EN 12697-34:2004 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 34: MarshallPrüfung
 56. EN 13108-1:2006 Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Teil 1: Asphaltbeton
 57. EN 13108-5:2006 Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Teil 5: Splittmastixasphalt
 58. EN 13108-7:2006 Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Teil 7: Offenporiger Asphalt
 59. EN 13108-8:2006 Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Teil 8: Ausbauasphalt
 60. EN 13108-20:2006 Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Teil 20: Erstprüfung
 61. Epps, J. A. "Cold recycled bituminous concrete using bituminous materials." Synthesis of Highway Practice 16, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, D.C. (1990).
 62. Epps, J. A., Little, D. N., and Holmgreen, R. J. "Guidelines for recycling pavement materials." Rep. No. 224, NCHRP, Washington, D.C. (1980).

-
63. Epps, J. A., Little, D. N., O'Neal, R. J. and Gallaway, B. M.. "Mixture Properties of Recycled Central Plant Materials." Recycling of Bituminous Pavements, American Society for Testing and Materials, Special Technical Publication No. 662, West Conshohocken, Pennsylvania, December, (1977).
 64. Estakhri, C. "Field performance of maintenance treatments constructed with reclaimed asphalt pavement (RAP)." Research Rep. 187-24, Texas Transportation Institute. (1994).
 65. Federal Highway Administration and U.S. Environmental Protection Agency, "Engineering and Environmental Aspects of Recycling Materials for Highway Construction", Report No. FHWA-RD-93-008, Washington, DC, May (1993).
 66. Federal Highway Administration, "Pavement Recycling Executive Summary and Report". Report No. FHWA-SA-95-060, Washington, DC, October, (1995).
 67. Fitzsimons, L. and Gibney, A., "Recycled Glass in Hot Rolled Asphalt." Proceedings of Recycled Material in Pavement Design for Workshop, University College Dublin, Dublin, Ireland, pp. 33-42. (2004).
 68. Flynn, L. "Asphalt rubber recycling? State tests will shed light." Roads & Bridges, pp. 40-43, January (1994).
 69. Gannon, C. R., Wombles, R. H., Ramey, C. A., Davis, J. P., and Little, W. V. "Recycling conventional and rubberized bituminous concrete pavements using recycling agents and virgin asphalts as modifiers." J. Association of Asphalt Paving Technologists, 49, 95-122. (1980).
 70. Gerardu, J.J.A. and Hendriks, C.F.. "Recycling of Road Pavement Materials in the Netherlands." Road Engineering Division of Rijkswaterstaat, Delft, Netherlands, No: 38 (1985)
 71. Grunberg, L., and Nissan, A. H. "Mixture law for viscosity." Nature (London), 164, 799-800. (1949).
 72. Hachiya, Y., Tsubokawa, Y., Takahashi, O: "Laboratory and Field Studies of Recycled Asphalt Concrete for Airport Pavement Surface Courses", CD Proceedings of 10th international Conference on Asphalt Pavements, Quebec, (2006)
 73. Hanks, A. J. and Magni, E. R.. The Use of Bituminous and Concrete Material in Granular Base and Earth. Materials Information Report MI-137, Engineering Materials Office, Ontario Ministry of Transportation, Downsview, Ontario, (1989)
 74. Harvey, F., Larves, E. T. and Warburton, R. G.. Hot Recycling. Wyoming Dryer Drum. Federal Highway Administration, Report No. FHWA TS-80-234, Washington, DC, April, (1980).
 75. Heithaus, J. J. "Measurement and significance of asphaltene peptization." J. Inst. Pet., 48(458), 45-53. (1962).
 76. Horat, M.: Rundlaufversuch Nr. 4; Untersuchung des Verhaltens von Recycling- und teilweise gebrochenen Materialien für die Foundationsschicht, VSS 07/85, Bericht Nr. 311 (1994)
 77. Hossain, M., Metcalf, D. G., and Scofield, L. A.. Performance of Recycled Asphalt Concrete Overlays in South Western Arizona. Transportation Research Board, Record No. 1427, Washington, DC, (1993).
 78. Howard, P. D. and D. A. Reed, "L.A. Street Maintenance Recycles with 100% RAP," Roads and Bridges, Vol. 28, No. 5, p. 63, May (1989).
 79. Huang, B., G. Li, D. Vukosavljevic, X. Shu, and B. Egan "Laboratory Investigation of Mixing HMA with RAP", to be published in the Transportation Research Record, TRB, (2005).
 80. Huffman, J. E. "Full depth reclamation: State-of-the-practice." J. Association of Asphalt Paving Technologists, 66, 760-775. (1997).
 81. Hugener, M. et al: Umweltgerechtes Recycling von teerhaltigen Belägen, VSS 26/96, Bericht Nr. 433, (1999)
 82. Hugener, M., Mattrel, P., Schmid, P., Fritz, H.W.: „Recycling von Strassenbelägen – ein Umweltproblem?“ Chimia 52, pp225-229, (1998)
 83. Hugener, M.: „Alternative Materials in Bituminous Pavements.“ Proc. of 2nd Eurobitume & Eurasphalt Congress 20-22. September, Barcelona, Book I, pp 344...350, (2000)

84. Hugener, M.: „Alternative Recyclingmaterialien im Strassenbau.“ Schweizer Baublatt Nr.90, 6.Nov.98, pp31-32,(1998)
85. Hugener,M.: “Recycling of Asphalt Pavements” Proceedings R'95 Congress Vol.III. ppIII.89-III.93,(1995)
86. Isacsson, U., Ekblad, J., Johansson, S., and Krigsman, B. “Varm återvinning av asfaltbeläggningar på vägen—Sammanfattning av erfarenheter från försök utförda 1993–95.” TRITA-IP AR 97-19, Division of Highway Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden (in Swedish).(1997).
87. Jacobson, T. “Återvinning av asfaltbeläggning—Svenska erfarenheter.” Swedish Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden, 255 (in Swedish).(1996).
88. Jacobson, T. “Kall återvinning av asfalt—En teknik under utveckling: VTIs erfarenheter baserade på laborieförsök och uppföljning av vägförsök.” VTI notat 66-1995, Swedish Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden, (in Swedish).(1995).
89. Jacobson, T. “Varm återvinning av asfalt i verk.” VTI-notat 22-1999, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden (in Swedish).(1999).
90. Johansson, L. S. “Bitumen aging and hydrated lime.” TRITA-IP FR-98-38, Doctoral dissertation, Division of Highway Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. (1998).
91. JRA, “Technical guide to plant-recycling of pavement materials” JRA (1992). (in Japanese).
92. Judycki, J. Fatigue of asphalt mixes, Road and Transport Laboratory, Univ. of Oulu, Finland. (1991).
93. Junghänel, A., Aufbereitung von Asphalt - Fragen zur Verfahrens- und Maschinen-Technik; Asphalt, 1995, 3: p. 26.
94. Kadar, P. “Field and laboratory properties of recycled asphalt pavement.” Asphalt Review, Australia, 9–12. (1996).
95. Kallas, B. F. Flexible Pavement Mixture Design Using Reclaimed Asphalt Concrete, FHWA/RD-84/088, June, 1984.
96. Kandahl, P. S., Rao, S. S., Watson D. E., and Young B. Performance of Recycled Hot-Mix Asphalt Mixtures in Georgia. Transportation Research Board, Record No. 1507, Washington, DC, (1996).
97. Kandhal, P. S. “Recycling: State-of-the-practice.” J. Association of Asphalt Paving Technologists, 66, 760–775. (1997).
98. Kandhal, P. S., Brown, E. R. and Cross, S.. Guidelines for Hot Mix Recycling in Georgia. Georgia DOT Project No. 8807, Final Report, Sept. (1989).
99. Kandhal, P. S., and Mallick, R. B. “Pavement recycling guidelines for state and local governments.” FHWA-SA-98-042, National Center for Asphalt Technology, Washington, D.C. (1997).
100. Kandhal, P. S., Rao, S. S., Watson, D. E., and Young, B. Performance of recycled hot mix asphalt mixtures in state of Georgia, National Center for Asphalt Technology. (1995).
101. Kandhal, P.S., Rao, S.S. and Young, B. Performance of Recycled Mixtures in State of Georgia. FHWA Report No. FHWA-GA-94-9209, January (1994).
102. Kari, W. J., Andersen, N. E., Davidson, D. D., Davis, H. L., Doty, R. N., Escobar, S. J., Kline, D. L., and Stone, T. K. “Prototype specifications for recycling agents used in hot-mix recycling.” J. Association of Asphalt Paving Technologists. (1980).
103. Karlsson, R. “Laboratory studies of bitumen rejuvenator diffusion using FTIR-ATR.” TRITA-IP FR 00-65, Division of Highway Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. (2000)
104. Karlsson, R., and Isacsson, U. “Bitumen rejuvenator diffusion as influenced by aging.” Int. J. Road Materials and Pavement Design, 3(2), 167–182. (2002).
105. Karlsson, R., and Isacsson, U. “Investigations on bitumen rejuvenator diffusion and structural stability.” J. Association of Asphalt Paving Technologists, 72 463–501. (2003).

-
106. Karlsson, R., Isacsson, U.: "Material-Related Aspects of Asphalt Recycling-State of the Art Report". Journal of Materials in Civil Engineering ASCE, Vol 18, No 1, pp81-92, February (2006).
 107. Kazmierowski, T. J., Bradbury, A., Cheng, S., and Raymond, C. "Performance of cold in-place recycling in Ontario." Transportation Research Record 1337, Transportation Research Board, Washington, D.C., 28-36. (1992).
 108. Kazmierowski, T. J., Marks P., and Bradbury, A.. "The Evolution of Hot In-Place Recycling in Ontario." Presented at the 74th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January, (1995).
 109. Kearney, E. "Cold mix recycling: State-of-the-practice." J. Association of Asphalt Paving Technologists, 66, 760-775. (1997).
 110. Kemp, G. R., and Predoehl, N. H. "A comparison of field and laboratory environments on asphalt durability." J. Association of Asphalt Paving Technologists, 50, 492-537. (1981).
 111. Kemp, G. R., and Sherman, G. B. "Significant studies on asphalt durability: California experience." Transportation Research Record 999, Transportation Research Board, Washington, D.C., 36-41. (1984).
 112. Kennedy, T. W., and Perez, I. "Preliminary mixture design procedure for recycled asphalt materials." Recycling of Bituminous Pavements, ASTM STP 662, L. E. Wood, ed., American Society for Testing and Materials, 47-67. (1978).
 113. Khalaf, F.M., "Recycling of Clay Bricks as Aggregate in Asphalt Concrete." Proceedings of International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures, Barcelona, Spain, Volume 1, pp. 56-65. (2004)
 114. Khalaf, F.M., Byrne, D.A. and Walsh G. "Possibilities of Using Recycled Asphalt Planings in the Production of 28mm Roadbase." Proceedings of Recycled Material in Pavement Design, Workshop, University College Dublin, Dublin, Ireland, pp. 59-66. (2004).
 115. Kiggundu, B. M. and Newman, J. K.. Asphalt-Aggregate Interactions in Hot Recycling. New Mexico Engineering Research Institute, Report No. ESL-TR-87-07, Albuquerque, New Mexico, July, (1987).
 116. Kiggundu, B. M., Humphrey, B. N. and Zallen, D. M.. Recycling Agent Selection and Tentative Specification. New Mexico Engineering Research Institute, Final Report # ESL-TR-84-47, March (1985).
 117. Kilian, G., Technik der Asphaltaufbereitung; Strasse und Tiefbau, 1999, 2: p. 06.
 118. Krass, K., I. Jungfeld, and H. Trogisch, Anfall, Aufbereitung und Verwertung von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten im Wirtschaftsjahr 1999 - Teil 1: Recycling-Baustoffe; Strasse + Autobahn, 2002,(1): p. 22.
 119. Kronig, M., Verwertung von Ausbauasphalt; Strasse und Verkehr, 1994, 8: p. 453.
 120. Larsson, L., Jacobson, T., and Bäckman, L. "Mellanlagring av asfalt—Delrapport 4—Urlagning från vägbelägningsmaterial innehållande tjära." VTI-Notat 49-2000, The Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Sweden (in Swedish).(2000).
 121. Lee, S.Q.S., R.L. Terrel and M.A. Corbett,. "New developments in hot in-place recycling technology and specification". Proceedings of the 43rd Annual Conference of the Canadian Technical Asphalt Association, Vancouver. (1998)
 122. Lee, T. C., Terrel, R. L., and Mahoney, J. P. "Test for efficiency of mixing of recycled asphalt paving mixtures." Transportation Research Record 911, Transportation Research Board, Washington, D.C., 51-60. (1983).
 123. Little, D. N. and Epps, J. A. "Evaluation of Certain Structural Characteristics of Recycled Pavement Material." Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 49, pp. 219-251,(1980).
 124. Little, D. N., Holmgreen, R. J., and Epps, J. A.. "Effect of Recycling Agents on the Structural Performance of Recycled Asphalt Concrete Materials." Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 50, pp. 32-63, (1981)

125. Luiro, K. "Remixerstabilisering." Meeting in Bergen, Committee on Asphalt Pavements, Nordic Highway Association, Norway (in Swedish).(1996).
126. McDaniel, R. and Anderson, R.M.. "Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method: Technicians Manual." NCHRP Report 452, Transportation Research Board, Washington D.C. (2001).
127. McDaniel, R. and Anderson, R.M.. NCHRP Web Document 30 "Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method-Project 9-12 Final Report".
http://www4.trb.org/trb/onlinepubs.nsf/web/nchrp_web_documents. (2001).
128. McDaniel, Rebecca S., H. Soleymani, R.M. Anderson, P. Turner, R. Peterson. "Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method". Contractor's Final Report, NCHRP Web Document 30 (Project D9-12), Website:
http://trb.org/trb/publications/nchrp/nchrp_w30-a.pdf, (2000)
129. McMillan, C., and Palsat, D. "Alberta's experience in asphalt recycling." Proc., Canadian Technical Asphalt Association, 30 148–167. (1985).
130. Meyers F., Tessier, G. R., Haas, R. and Kennedy, T. W.: Study of Hot Mix Recycling of Asphalt Pavements. Roads and Transportation Association of Canada, Report # TP 2964 E, Ottawa, Ontario, (1983).
131. Ministry of Land, Infrastructure and Transport MOLIT, "Common Specifications for Airport Civil Engineering Works", Japan (2001). (in Japanese).
132. National Asphalt Pavement Association (NAPA). "Recycling hot mix asphalt pavements." IS 123, National Asphalt Pavement Association, Lanham, Md. (1996).
133. NCHRP "Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement structures;"Final Report; Part 1 introduction and Part 2 Design Inputs and Appendices A to C; National Cooperative Highway Research Program (NCHRP); Washington D.C., March (2004).
134. NCHRP "Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method: Guidelines" NCHRP Research Results Digest, Number 253,
(http://gulliver.trb.org/publications/nchrp/nchrp_rrd_253.pdf) March (2001)
135. Nellen, A: Recyclingmischgut mit hohem Anteil an Asphaltgranulat, VSS 16/96, Bericht Nr. 412, (1998)
136. Newcomb, D. E., Nusser, B. J., Kiggundu, B. M., and Zallen, D. M "Laboratory study of the effects of recycling modifiers on aged asphalt cement." Transportation Research Record 968, Transportation Research Board, Washington, D.C., 66–77. (1984).
137. Noureldin, A. S. and Wood, L. E. "Variations in Molecular Size Distribution of Virgin and Recycled Asphalt Binders Associated with Aging." Transportation Research Board, Record No.1228, Washington, DC, (1989).
138. Noureldin, A. S., and Wood, L. E. "Evaluating recycled asphalt binders by the thin-film over test." Transportation Research Record 1269, Transportation Research Board, Washington, D.C., 20–25. (1990).
139. Noureldin, A. S., and Wood, L. E.. "Rejuvenator diffusion in binder film for hot-mix recycled asphalt pavement." Transportation Research Record 1115, Transportation Research Board, Washington, D.C. 51–61. (1987)
140. OECD "Recycling Strategies for Road Works." Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, (1997).
141. Oliver, J. W. H. "Diffusion of oils in asphalts." Rep. No. 9, Australian Road Research Board, Vermont South, Victoria, Australia. (1975).
142. Oliver, J. W. H. "The influence of the binder in RAP on recycled asphalt properties." Int. J. Road Materials and Pavement Design, 2(3), 311–325. (2001).
143. Olson, R. C. and Cassellius. R. H. Hot Recycling of Bituminous Main Line and Shoulders. Minnesota-Modified Dryer Drum. Federal Highway Administration, Report No. FHWA-TS-80-233, Washington, DC, February, (1979).

-
144. PARAMIX „Road Pavement Rehabilitation Using Enhanced Mixtures“, Europäisches Projekt, Abschlussbericht (http://www.cimne.com/paramix/doc/00_final_technical_report_1iv04.pdf) 1. April (2004)
 145. Partl, M.N., Neubauer, O.: „Verdichtbarkeit von Walzasphalt im Gyrator: Einfluss von Wärmealterung und wiederholter Beanspruchung.“ Strasse und Verkehr Nr.10. pp417-421, October (1997)
 146. Pavement Recycling Executive Summary and Report. Federal Highway Administration, Report No. FHWA-SA-95-060, Washington, DC, October, (1995).
 147. Perez Jimenez, F. E., Recasens, R. M. and Martinez, A. H., „Characterisation and Design of Hot Recycled Bituminous Mixtures.“ Proceedings of International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures, Barcelona, Spain, Volume 1, 23–30. Public Roads, 2005, Volume 68, Issue 4, pp. 9-17. 2004.
 148. Petersen, J. C. (2000). „Chemical composition of asphalt as related to asphalt durability.“ Asphaltenes and asphalts, developments in petroleum science 40B, Elsevier, New York.
 149. Petersen, J. C. „Chemical composition of asphalt as related to asphalt durability: State of the art.“ Transportation Research Record 999, Transportation Research Board, Washington, D.C., 13–30. (1984).
 150. Peterson, G. D., Davison, R. R., Glover, C. J., and Bullin, J. A. „Effect of composition on asphalt recycling agent performance.“ Transportation Research Record 1436, Transportation Research Board, Washington, D.C., 38–46. (1994).
 151. Potter, J. F., and Mercer, J. „Full-scale performance trials and accelerated testing of hot-mix recycling in the UK.“ Proc., 8th Int. Conf. on Asphalt Pavements, International Society for Asphalt Pavements, Seattle, 593–607. (1997).
 152. Rathburn, J.R., „One Step Repaving Speeds County Work,“ Roads and Bridges, March (1990).
 153. Redelius, P. G. „Solubility parameters and bitumen.“ Fuel, 79, 27–35. (2000).
 154. Redelius, P., Lu, X., and Isacsson, U. „Non-classical wax in bitumen.“ Int. J. Road Materials and Pavement Design, 3(1), 7–21. (2002).
 155. Reid, J.M., Evans, R.D., Holsteiner, R., Berg, F., Pihl, K. A., Milvang-Jensen, O., Hjelm, O., Rathmeyer, H., François, D., Raimbault, G., Johansson, H.G., Håkansson, K., Nilsson, U., Hugenner, M.: „ALT-MAT Contract No.: RO-97-SC.2238“ Report European Commission. Published on www.trl.co.uk/altmat/index.htm. (2001)
 156. Reinbouth, K., Die Wiederverwendung von Asphalt - Technologie, Ökonomie und Ökologie - Teil 2; Strasse + Autobahn, 2002,(1): p. 31.
 157. Roberts, F. L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D.-Y., and Kennedy, T. W. Hot mix asphalt materials, mixture design, and construction, 2nd Ed., NAPA, Lanham, Md. (1996).
 158. Rogge, D. F., Hislop, W. P., and Dominic D. „Hot In-Place Recycling of Asphalt Pavements – The Oregon Experience.“ Presented at the 75th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January, (1996).
 159. Rogge, D. F., Hislop, W. P., and Dominick, D. (1994). „Exploratory study of hot in-place recycling of asphalt pavements.“ Transportation Research Rep. No. 94–23, Washington, D.C.
 160. Samanos, J. „Le recyclage des enrobés: situation par pays et aspects environnementaux.“, Strasse und Verkehr, Nr5, pp6-9, Mai (2006)
 161. SAMARIS „Sustainable and Advanced Materials for Road InfraStructure“, 5th Europäisches Rahmenprogramm (<http://samaris.zag.si/>)
 162. Scott, J. L. M. Stripping effects of reclaimed asphalt concrete in recycled asphalt concrete hot mixes, Saskatchewan Highways and Transportation, Canada. (1992).
 163. Senior, S. A., Szoke, S. I. and Rogers, C. A.. „Ontario’s Experience with Reclaimed Materials for Use in Aggregates.“ Presented at the International Road Federation Conference, Calgary, Alberta, (1994).
 164. Servas, V. P. Asphalt recycling: The state of the art, Dept. of Transport, U.K. (1980).

-
165. Servas, V. P., Ferreira, M. A., Curtayne, P. C., and Viljoen, A. W. An investigation into the effect of the proportion of reclaimed asphalt on some aspects of the quality of recycled mixes." Technical Rep. No. RC/12/84, National Institute for Transport and Road Research, CSIR, ,South Africa. (1984)."
 166. Shen, J., Amirkhanian, S. and Lee, S.J.. "Effects of Rejuvenating Agents on Recycled Aged Rubber-Modified Binders". Poster presentation at the 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C. (2005).
 167. Smith, R. W. "State-of-the-Art Hot Recycling." Transportation Research Board, Record No. 780, Proceedings of the National Seminar on Asphalt Pavement Recycling, Washington, DC, (1980).
 168. SN 670062 Recycling; Allgemeines
 169. SN 670141 Recycling; Ausbauasphalt
 170. SN 670142 Recycling; Strassenaufbruch
 171. SN 670143 Recycling; Betonabbruch
 172. SN 670144 Recycling; Mischabbruch
 173. Solaimanian, M. and Harrigan, E. "Improved Conditioning Procedure for Predicting the Moisture Susceptibility of HMA Pavements." Proceedings of Moisture Damage Symposium, Laramie, Wyoming, USA. (2002).
 174. Solberg, C.E. and Lyford D.L.. "Recycling with Asphalt-Rubber- Wisconsin Experience" Wisconsin Department of Transportation, Madison, WI. (1987).
 175. Soleymani, H. R., Bahia, H., and Bergan, A. "Time-temperature dependency of blended rejuvenated asphalt binders." J. Association of Asphalt Paving Technologists, 68, 129–152. (1999).
 176. Tabakovic, A, Gibney, Gilchrist, M.D., McNalley, C CThe Influence of Recycled Asphalt Pavement on 20mm Binder Course Mix Performance", CD Proceedings of 10th international Conference an Asphalt Pavements, Quebec, (2006)
 177. Tam, K. K., Joseph, P., and Lynch, D. F. "An evaluation of the low temperature performance of recycled hot mix." Proc., Canadian Technical Asphalt Association, 35, 252–274(1990)..
 178. Tam, K. K., Joseph, P., and Lynch, D. F. "Five-year experience of low-temperature performance of recycled hot mix." Transportation Research Record 1362, Transportation Research Board, Washington, D.C., 56–65. (1992).
 179. Taverner, G., Thompson, E., and Doering, W. "Hot in-place recycling of airfield pavements at Canadian forces base, Edmonton, Canada." Proc., Canadian Technical Asphalt Association, 35, 60–79. (1990).
 180. Terrel, R. L., and Al-Ohaly, A."Microwave heating of asphalt paving materials." J. Association of Asphalt Paving Technologists, 56, 454–491. (1987).
 181. Terrel, R. L., and Fritchen, D. R. "Laboratory performance of recycled asphalt concrete." ASTM STP 662, L. E. Wood, ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 104–122. (1977).
 182. Terrel, R. L., Epps, J. A., Joharifard, M., and Wiley, P. C. Progress in hot in-place recycling technology." Proc., 8th Conf. on Asphalt Pavements, Seattle. (1997)."
 183. Terrel, R.L., J.A. Epps and J.B. Sorenson, 1997. "Hot In-Place Recycling State-of-the-Practice.", Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Volume 66. (1997)
 184. Tia, M., Iida, A., McKinney, J., and Wood, L. "An investigation of recycling bituminous pavements." FHWA/RD/IN-83/04, Federal Highway Administration, Washington, D.C. (1983).
 185. Transportation Research Board. Recycling Materials from Highways. National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice No. 54, Washington, DC, 1978.
 186. Tuffour, Y. A., and Ishai, I. "The diffusion model and asphalt age-hardening." Proc., Association of Asphalt Paving Technologists, 59, 73–92. (1990).

-
187. Tyrion, F. C. "Asphalt oxidation." *Asphaltenes and asphalts, Developments in Petroleum Science* Vol. 40B, Elsevier, New York. (2000).
 188. Ulmgren, N. "Återanvändning av kallfrästa beläggningssmassor." Rep. No. 32, Swedish Contractors Association, Stockholm, Sweden, (in Swedish). (1982).
 189. van der Kooij, J., and Verburg, H. A. "Mixing of high penetration bitumen with aged bitumen during hot-mix recycling of porous asphalt." Rep. No. 5.137, Euroasphalt and Eurobitume Congress, Strasbourg, France. (1996).
 190. van Gooswilligen, G., De Bats, F. T., and Harrison, T. "Quality of paving grade bitumen—A practical approach in terms of functional tests." *Proc. 4th Eurobitume Symp.*, Madrid, Vol. 1, 290–297. (1989).
 191. Venable, R. L., Petersen, J. C., and Robertson, R. E. "Investigation of factors affecting asphalt pavement recycling and asphalt compatibility." United States Dept. of Energy, Technical Information Center, Washington, D.C. (1983).
 192. Verhaeghe, B. M. J. A., and Van Assen, E. J. "Hot in-place recycling of Main Reef Road—Phase IV: Evaluation of the properties of the recycled mix after accelerated aging." Johannesburg City Council, Johannesburg, South Africa. (1992).
 193. Wilk, W. et al: Neue Betondecken aus Betonrecyclingmaterial, VSS 12/91, Bericht Nr. 326 (1995)
 194. Woodward, D.. "The Use of Recycled Bituminous Materials in Hot Mix Asphalt." *Proceedings of Recycled Material in Pavement Design for Workshop*, University College Dublin, Dublin, Ireland, pp. 67-76 (2004)
 195. Zearley, L. J. "Penetration characteristics of asphalt in a recycled mixture." Iowa Dept. of Transportation, Highway Division, Ames, Iowa. (1979).

7 ANHANG

7.1 Übersicht über die Beilagen

Beilage 1: Tabelle mit zu untersuchenden Parametern für Einzelprojekt EP-1

Beilage 2: Tabelle mit zu untersuchenden Parametern für Einzelprojekt EP-2

Beilage 3: Tabelle mit zu untersuchenden Parametern für Einzelprojekt EP-3

Beilage 4: Tabelle mit zu untersuchenden Parametern für Einzelprojekt EP-4

Beilage 5: Tabelle mit zu untersuchenden Parametern für Einzelprojekt EP-5

Beilage 6: Beispiel für eine Versuchsanordnung

7.2 Erläuterungen zu den Tabellen in den Beilagen 1-6

Die Beilagen 1 - 6 bestehen aus Tabellen, die abgesehen von der Farbkodierung überall gleich sind. Mit der Farbkodierung werden für jedes Einzelprojekt die Forschungsschwerpunkte definiert. Dabei wird zwischen zwingend geforderten, wünschenswerten und freien Bereichen unterschieden.

In der ersten Spalte der Tabelle sind die verschiedenen Parameter des Forschungspaketes aufgeführt. Für jeden dieser Parameter sind in den Spalten 2 bis 10 verschiedene Varianten teilweise vordefiniert oder noch offen. Jeder Versuch in diesem Forschungspaket wird durch die Wahl von mindestens einer Variante pro Parameter definiert. Bei den Prüfmethoden sind dies meistens mehrere Varianten, da mit einer Probemischung Prüfkörper für verschiedene Prüfungen hergestellt werden können. Bei allen anderen Parametern wird in der Regel nur eine Variante gewählt.

In Beilage 7 ist ein Beispiel zu einer möglichen Versuchsdurchführung gegeben.

Farbkodierungen:

- Orange Felder** Parameter die im roten Faden definiert sind und von allen Forschungsstellen gleich durchgeführt werden
- Blaue Felder** Parameter die für das betreffende Einzelprojekt zwingend vorgeschrieben sind. Es müssen jedoch nicht alle möglichen Kombinationen durchgeführt werden. Die Wahl der Kombinationen wird von der Forschungsstelle im Forschungsantrag definiert.
- Grüne Felder** Parameter die zusätzlich punktuell an ausgewählten Mischungen untersucht werden müssen.
- Gelbe Felder** Parameter, die als unverbindliche Vorschläge angesehen werden. Anstelle der Vorschläge können auch andere Parameter gewählt werden.
- Weisse Felder** Parameter, die für das Einzelprojekt als weniger relevant betrachtet werden

Eine Ausnahme bildet das Einzelprojekt EP3, wo keine praktischen Prüfungen, sondern Berechnungen, Abschätzungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen durchgeführt werden.

Beilage 1: Einzelprojekt EP-1 Recycling-Anteile

Belagstyp M:	AC 11	AC MR 8	AC T 22	AC EME 22	AC B 16	SMA 11	M7	M8	M9
RAP-Anteile C:	0%	20%	40%	60%	80%	>80%	30%	50%	70%
Rerecycling Zyklen N:	0x	1x	2x	3x	4x	N6	N7	N8	N9
Rerecycling Simulation Fräsen:	nein	ja	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Rerecycling Simulation Alterung:	keine	Temp. 1, Dauer 1, ..	Temp. 1, Dauer 2, ..	Temp. 2, Dauer 2, ..	T5	T6	T7	T8	T9
Prüfmethode P:	Basisuntersuchungen gemäss rotem Faden	Wasserempfindlichkeit: indirekter Zugversuch.	Zeit-Temp Abhängigkeit: Modul	Verformung: Spurrinnentest	Ermüdung: Biegeversuche (Wöhler)	Zyklischer Druckversuch	Bindemittel-alterung: z.B. FTIR, DSR	Abriebverhalten der Deckschicht (Mischgut)	P9
Alterungsmethode A:	ungealtert	Alterung am Marshall-PK	Mischgut gealtert im Ofen Methode 1	Mischgut gealtert im Ofen Methode 2	A5	A6	A7	A8	A9
Bindemittel B:	Bitumen 1 (Referenz)	Bitumen 2	PmB-1	Verjüngungsmittel	B5	B6	B7	B8	B9
Zuschlag Z:	Mineral 1 (Referenz)	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4	Mineral 5	Mineral 6	Mineral 7	Mineral 8	Mineral 9
RAP-Feuchtigkeit H:	<2%	2-4%	4-6%	H4	H5	H6	H7	H8	H9
Verdichtung V:	mit Marshall	mit Gyrator	mit Spurrinnenverdichter	V4	V5	V6	V7	V8	V9
RAP Aufbereitungsart AU:	gebrochen aus Asphalttschollen (Referenz)	gefräst aus Deck-+Binder/Tragschicht	gefräst aus Deckschicht	gefräst andere	AU5	AU6	AU7	AU8	AU9
RAP-Materialeigenschaften E:	Herkunft: Westschweiz, hartes Bindemittel (Referenz)	wie "roter Faden", aber andere Korngrösse	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9

Farblegende	gefordert von allen (roter Faden)	gefordert für das betreffende EP	punktuell gefordert	mögliche weitere Parameter
--------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---------------------	----------------------------

Beilage 2: Einzelprojekt EP2 Mehrfachrecycling

Belagstyp M:	AC 11	AC MR 8	AC T 22	AC EME 22	AC B 16	SMA 11	M7	M8	M9
RAP-Anteile C:	0%	20%	40%	60%	80%	>80%	30%	50%	70%
Rerecycling Zyklen N:	0x	1x	2x	3x	4x	N6	N7	N8	N9
Rerecycling Simulation Fräsen:	nein	ja	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Rerecycling Simulation Alterung:	keine	Temp. 1, Dauer 1, ..	Temp. 1, Dauer 2, ..	Temp. 2, Dauer 2, ..	T5	T6	T7	T8	T9
Prüfmethoden P:	Basisuntersuchungen gemäss rotem Faden	Wasserempfindlichkeit: indirekter Zugversuch.	Zeit-Temp Abhängigkeit: Modul	Verformung: Spurrinnentest	Ermüdung: Biegeversuche (Wöhler)	Zyklischer Druckversuch	Bindemittelalterung: z.B. FTIR, DSR	Abriebverhalten der Deckschicht (Mischgut)	
Alterungsmethode A:	ungealtert	Alterung am Marshall-PK	Mischgut gealtert im Ofen Methode 1	Mischgut gealtert im Ofen Methode 2	A5	A6	A7	A8	A9
Bindemittel B:	Bitumen 1 (Referenz)	Bitumen 2	PmB-1	Verjüngungsmittel	B5	B6	B7	B8	B9
Zuschlag Z:	Mineral 1 (Referenz)	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4	Mineral 5	Mineral 6	Mineral 7	Mineral 8	Mineral 9
RAP-Feuchtigkeit H:	<2%	2-4%	4-6%	H4	H5	H6	H7	H8	H9
Verdichtung V:	mit Marshall	mit Gyrator	mit Spurrinnenverdichter	V4	V5	V6	V7	V8	V9
RAP Aufbereitungsart AU:	gebrochen aus Asphalttschollen (Referenz)	gefräst aus Deck-+Binder/Tragschicht	gefräst aus Deckschicht	gefräst andere	AU5	AU6	AU7	AU8	AU9
RAP-Materialeigenschaften E:	Herkunft: Westschweiz, hartes Bindemittel (Referenz)	wie "roter Faden", aber andere Korngrösse	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9

Farblegende	gefordert von allen (roter Faden)	gefordert für das betreffende EP	punktuell gefordert	mögliche weitere Parameter
--------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---------------------	----------------------------

Beilage 3: Einzelprojekt EP-3 Nachhaltigkeit (Berechnungen, keine praktische Durchführung)

Belagstyp M:	AC 11	AC MR 8	AC T 22	AC EME 22	AC B 16	SMA 11	M7	M8	M9
RAP-Anteile C:	0%	20%	40%	60%	80%	>80%	30%	50%	70%
Rerecycling Zyklen N:	0x	1x	2x	3x	4x	N6	N7	N8	N9
Rerecycling Simulation Fräsen:	nein	ja	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Rerecycling Simulation Alterung:	keine	Temp. 1, Dauer 1, ..	Temp. 1, Dauer 2, ..	Temp. 2, Dauer 2, ..	T5	T6	T7	T8	T9
Prüfmethode P:	Basisuntersuchungen gemäss rotem Faden	Wasserempfindlichkeit: indirekter Zugversuch.	Zeit-Temp Abhängigkeit: Modul	Verformung: Spurrinnentest	Ermüdung: Biegeversuche (Wöhler)	Zyklischer Druckversuch	Bindemittel-alterung: z.B. FTIR, DSR	Abriebverhalten der Deckschicht (Mischgut)	
Alterungsmethode A:	ungealtert	Alterung am Marshall-PK	Mischgut gealtert im Ofen Methode 1	Mischgut gealtert im Ofen Methode 2	A5	A6	A7	A8	A9
Bindemittel B:	Bitumen 1 (Referenz)	Bitumen 2	PmB-1	Verjüngungsmittel	B5	B6	B7	B8	B9
Zuschlag Z:	Mineral 1 (Referenz)	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4	Mineral 5	Mineral 6	Mineral 7	Mineral 8	Mineral 9
RAP-Feuchtigkeit H:	<2%	2-4%	4-6%	H4	H5	H6	H7	H8	H9
Verdichtung V:	mit Marshall	mit Gyrator	mit Spurrinnenverdichter	V4	V5	V6	V7	V8	V9
RAP Aufbereitungsart AU:	gebrochen aus Asphalttschollen (Referenz)	gefräst aus Deck-+Binder/Tragschicht	gefräst aus Deckschicht	gefräst andere	AU5	AU6	AU7	AU8	AU9
RAP-Materialeigenschaften E:	Herkunft: Westschweiz, hartes Bindemittel (Referenz)	wie "roter Faden", aber andere Korngrösse	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9

Farblegende	gefordert von allen (roter Faden)	gefordert für das betreffende EP	punktuell gefordert	mögliche weitere Parameter
--------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---------------------	----------------------------

Beilage 4: Einzelprojekt EP-4 Dauerhaftigkeit

Belagstyp M:	AC 11	AC MR 8	AC T 22	AC EME 22	AC B 16	SMA 11	M7	M8	M9
RAP-Anteile C:	0%	20%	40%	60%	80%	>80%	30%	50%	70%
Rerecycling Zyklen N:	0x	1x	2x	3x	4x	N6	N7	N8	N9
Rerecycling Simulation Fräsen:	nein	ja	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Rerecycling Simulation Alterung:	keine	Temp. 1, Dauer 1, ..	Temp. 1, Dauer 2, ..	Temp. 2, Dauer 2, ..	T5	T6	T7	T8	T9
Prüfmethoden P:	Basisuntersuchungen gemäss rotem Faden	Wasserempfindlichkeit: indirekter Zugversuch.	Zeit-Temp Abhängigkeit: Modul	Verformung: Spurrinentest	Ermüdung: Biegeversuche (Wöhler)	Zyklischer Druckversuch	Bindemittel-alterung: z.B. FTIR, DSR	Abriebverhalten der Deckschicht (Mischgut)	
Alterungsmethode A:	ungealtert	Alterung am Marshall-PK	Mischgut gealtert im Ofen Methode 1	Mischgut gealtert im Ofen Methode 2	A5	A6	A7	A8	A9
Bindemittel B:	Bitumen 1 (Referenz)	Bitumen 2	PmB-1	Verjüngungsmittel	B5	B6	B7	B8	B9
Zuschlag Z:	Mineral 1 (Referenz)	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4	Mineral 5	Mineral 6	Mineral 7	Mineral 8	Mineral 9
RAP-Feuchtigkeit H:	<2%	2-4%	4-6%	H4	H5	H6	H7	H8	H9
Verdichtung V:	mit Marshall	mit Gyrator	mit Spurrinnenverdichter	V4	V5	V6	V7	V8	V9
RAP Aufbereitungsart AU:	gebrochen aus Asphalttschollen (Referenz)	gefräst aus Deck-+Binder/Tragschicht	gefräst aus Deckschicht	gefräst andere	AU5	AU6	AU7	AU8	AU9
RAP-Materialeigenschaften E:	Herkunft: Westschweiz, hartes Bindemittel (Referenz)	wie "roter Faden", aber andere Korngrösse	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9

Farblegende	gefordert von allen (roter Faden)	gefordert für das betreffende EP	punktuell gefordert	mögliche weitere Parameter
--------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---------------------	----------------------------

Beilage 5: Einzelprojekt EP-5 Mischgutoptimierung

Belagstyp M:	AC 11	AC MR 8	AC T 22	AC EME 22	AC B 16	SMA 11	M7	M8	M9
RAP-Anteile C:	0%	20%	40%	60%	80%	>80%	30%	50%	70%
Rerecycling Zyklen N:	0x	1x	2x	3x	4x	N6	N7	N8	N9
Rerecycling Simulation Fräsen:	nein	ja	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Rerecycling Simulation Alterung:	keine	Temp. 1, Dauer 1, ..	Temp. 1, Dauer 2, ..	Temp. 2, Dauer 2, ..	T5	T6	T7	T8	T9
Prüfmethoden P:	Basisuntersuchungen gemäss rotem Faden	Wasserempfindlichkeit: indirekter Zugversuch.	Zeit-Temp Abhängigkeit: Modul	Verformung: Spurrinnentest	Ermüdung: Biegeversuche (Wöhler)	Zyklischer Druckversuch	Bindemittel-alterung: z.B. FTIR, DSR	Abriebverhalten der Deckschicht (Mischgut)	
Alterungsmethode A:	ungealtert	Alterung am Marshall-PK	Mischgut gealtert im Ofen Methode 1	Mischgut gealtert im Ofen Methode 2	A5	A6	A7	A8	A9
Bindemittel B:	Bitumen 1 (Referenz)	Bitumen 2	PmB-1	Verjüngungsmittel	B5	B6	B7	B8	B9
Zuschlag Z:	Mineral 1 (Referenz)	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4	Mineral 5	Mineral 6	Mineral 7	Mineral 8	Mineral 9
RAP-Feuchtigkeit H:	<2%	2-4%	4-6%	H4	H5	H6	H7	H8	H9
Verdichtung V:	mit Marshall	mit Gyrator	mit Spurrinnenverdichter	V4	V5	V6	V7	V8	V9
RAP Aufbereitungsart AU:	gebrochen aus Asphalttschollen (Referenz)	gefräst aus Deck-+Binder/Tragschicht	gefräst aus Deckschicht	gefräst andere	AU5	AU6	AU7	AU8	AU9
RAP-Materialeigenschaften E:	Herkunft: Westschweiz, hartes Bindemittel (Referenz)	wie "roter Faden", aber andere Korngrösse	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9

Farblegende	gefordert von allen (roter Faden)	gefordert für das betreffende EP	punktuell gefordert	mögliche weitere Parameter
--------------------	-----------------------------------	----------------------------------	---------------------	----------------------------

Beilage 6: Beispiel für eine Versuchsanordnung

Belagstyp M:	AC 11	AC MR 8	AC T 22	AC EME 22	AC B 16	SMA 11	M7	M8	M9
RAP-Anteile C:	0%	20%	40%	60%	80%	>80%	30%	50%	70%
Rerecycling Zyklen N:	0x	1x	2x	3x	4x	N6	N7	N8	N9
Rerecycling Simulation Fräsen:	nein	ja	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Rerecycling Simulation Alterung:	keine	Temp. 1, Dauer 1, ..	Temp. 1, Dauer 2, ..	Temp. 2, Dauer 2, ..	T5	T6	T7	T8	T9
Prüfmethoden P:	Basisuntersuchungen gemäss rotem Faden	Wasserempfindlichkeit: indirekter Zugversuch.	Zeit-Temp Abhängigkeit: Modul	Verformung: Spurrinnentest	Ermüdung: Biegeversuche (Wöhler)	Zyklischer Druckversuch	Bindemittelalterung: z.B. FTIR, DSR	Abriebverhalten der Deckschicht (Mischgut)	
Alterungsmethode A:	ungealtert	Alterung am Marshall-PK	Mischgut gealtert im Ofen Methode 1	Mischgut gealtert im Ofen Methode 2	A5	A6	A7	A8	A9
Bindemittel B:	Bitumen 1 (Referenz)	Bitumen 2	PmB-1	Verjüngungsmittel	B5	B6	B7	B8	B9
Zuschlag Z:	Mineral 1 (Referenz)	Mineral 2	Mineral 3	Mineral 4	Mineral 5	Mineral 6	Mineral 7	Mineral 8	Mineral 9
RAP-Feuchtigkeit H:	<2%	2-4%	4-6%	H4	H5	H6	H7	H8	H9
Verdichtung V:	mit Marshall	mit Gyrator	mit Spurrinnenverdichter	V4	V5	V6	V7	V8	V9
RAP Aufbereitungsart AU:	gebrochen aus Asphalttschollen (Referenz)	gefräst aus Deck+Binder/Tragschicht	gefräst aus Deckschicht	gefräst andere	AU5	AU6	AU7	AU8	AU9
RAP-Materialeigenschaften E:	Herkunft: Westschweiz, hartes Bindemittel (Referenz)	wie "roter Faden", aber andere Korngrösse	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9

Beschreibung des Versuches

RAP-Material	Herkunft: Westschweiz, hartes Bindemittel (Referenz), Fräsmaterial aus Deckschicht
Belagstyp	AC T 22
Zuschlag	Recyclinganteil 60%
	Mineral 1 (Referenz)
	Bindemittel 2
	Prüfkörperherstellung mit Gyrator
	keine Alterung von Mischgut oder Prüfkörper
	Prüfungen an den Gyrator-Prüfkörpern: Volumetrische Kennwerte, indirekter Zugversuch, Ermüdung
	kein Rerecycling