

Wiederverwendung Ausbauasphalt und Einsatz Niedertemperaturasphalt

Best Practice Guideline

Version 15. April 2021



Co-Förderer



Wissenschaftlicher Partner



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise

Inhaltsverzeichnis

Arbeitsgruppe und Partner	6
Vorwort	7
Zusammenfassung	8
Vorstellung des Projekts	10
Gesetzlicher und normativer Rahmen	14
Schematische Darstellung der Struktur der Guideline	18
Allgemeine Informationen und Grundwissen	19
1 Der Ausbauasphalt und das Asphaltgranulat	20
1.1 Was versteht man genau unter Ausbauasphalt?	20
Definition der SN 670 071 [6]	20
Definition der SN EN 13108-8 [8]	20
1.2 Die Zusammensetzung von Ausbauasphalt	20
1.2.1 Hauptbestandteile	20
1.2.2 Sekundäre Bestandteile	21
1.2.3 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	21
1.3 Vom Ausbauasphalt zum Asphaltgranulat	23
1.4 Unterschiede zwischen Primärstoffen und Asphaltgranulat - Einfluss auf die Eigenschaften des Asphaltmischguts	25
1.4.1 Veränderungen und Unterschiede bei den Gesteinskörnungen	25
1.4.2 Veränderungen und Unterschiede bei den bitumenhaltigen Bindemitteln	26
1.5 Die Norm SN EN 13108-8 [8]	26
1.5.1 Homogenität (Beispiel aus der deutschen Methodik)	28
1.6 Andere Anwendungsmöglichkeiten des Ausbauasphalts: Fall des Sekundärsplitts	30
2 Die verschiedenen Asphaltmischgutprodukte	32
2.1 Normendefinitionen und kurze Beschreibung	32
2.2 Die verschiedenen Asphaltmischguttypen und Sorten	32
2.3 Vorteile des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts	33
2.3.1 Recyclingmischgut	33
2.3.2 Niedertemperaturasphalt	33
2.3.3 Kombination von Recyclingmischgut und Niedertemperaturtechnologie	34
2.3.4 Fazit	34
2.4 Besonderheiten und zu berücksichtigende Schwerpunkte	35
2.4.1 Recyclingmischgut	35
2.4.2 Niedertemperaturasphalt	35
2.4.3 Fazit	36
2.5 Herstellungsverfahren	36
2.5.1 Herstellung des Recyclingmischguts	36
2.5.2 Herstellung des Niedertemperaturasphalts	38
2.6 Der Einbau	40

	Bestandesaufnahme	42
3	Limitierende Faktoren für die Entwicklung von Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt	43
4	Erfahrungen mit Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt	53
4.1	Die Schweizer Normierung	53
4.1.1	Ausbauasphaltanteil in Asphaltbeton (Recycling)	53
4.1.2	Herstellungstemperatur des Asphaltbetons (Niedertemperaturasphalt)	53
4.2	Best Practices	54
4.2.1	Referenzen über Recyclingmischgut	55
4.2.2	Referenzen über Niedertemperaturasphalt	61
4.3	Entwicklung von lokalen Richtlinien und Initiativen	66
4.3.1	Beispiele auf der kommunalen Ebene	66
4.3.2	Beispiele auf der kantonalen Ebene	67
4.3.3	Beispiele auf der nationalen Ebene	68
4.4	Nationale Forschungsprojekte	68
4.4.1	Forschungsprojekt Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut	69
4.4.2	Forschungsprojekt PLANET	70
4.5	Bestandsaufnahme und Beispiele aus EU-Ländern	71
4.5.1	Bestandsaufnahme in Europa und Vergleich mit der Situation in der Schweiz	71
4.5.2	Relevante Projektbeispiele	71
	Erweiterter Anwendungsbereich und dazugehörige Anforderungen – Berücksichtigung und Förderung von Recyclingmischgütern und NTA in Strassenbauprojekten	74
5	Erweiterter Anwendungsbereich und dazugehörige Anforderungen	75
5.1	Empfohlener Ausbauasphaltanteil in Asphaltmischgut	75
5.2	Empfehlungen zur Wahl des Bindemittels in einem Asphaltmischgut	78
5.3	Herkömmliche Versuche und Anforderungen an das Bindemittel	79
5.3.1	Schätzung der Bindemittleigenschaften bei Verwendung von Ausbauasphalt in empirisch festgelegten Mischgütern (Spezialfall der Recyclingmischgüter)	79
5.3.2	Andere Fälle, die nicht von der empirischen Festlegung abgedeckt sind (betrifft Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte)	80
5.4	Zusätzliche Untersuchungen und Anforderungen an das Bindemittel im Fall von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten	83
5.4.1	Bestimmung des Brechpunkts nach Frass	84
5.4.2	«Advanced Tests» an dem Bindemittel	84
5.5	Anforderungen an das Asphaltmischgut in puncto Entwicklung und Überprüfung der Zusammensetzung	94
5.5.1	Anforderungen an die Bestandteile des Asphaltmischguts	95
5.5.2	Konventionelle Untersuchungen am Asphaltmischgut	97
5.5.3	Zusätzliche Untersuchungen zu den Recyclingmischgütern und den Niedertemperaturasphalten	98
5.6	Lieferung- und Einbaukontrolle auf der Baustelle	100

6	Berücksichtigung und Förderung von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten in Strassenbauprojekten.	102
6.1	Planungsphase	102
6.1.1	Durchführung von Voruntersuchungen und Erstellung einer entsprechenden Dokumentation	102
6.1.2	Vorbereitung des Asphaltrückbaus	103
6.1.3	Auswahl der zu verwendenden Asphaltmischgutttypen und -sorten	103
6.1.4	Dimensionierung	104
6.1.5	Finanzielle Aspekte	104
6.2	Ausschreibungsunterlagen	104
6.2.1	Rahmenbedingungen der Submissionen und der Ausschreibungen	104
6.2.2	Genaue Beschreibung der Produkte	105
6.2.3	Zusätzlich anzufordernde Elemente	106
6.3	Eignungs- und Zuschlagskriterien	108
6.3.1	Eignungskriterien	109
6.3.2	Zuschlagskriterien	109
6.4	Ausführungsphase (Lieferung und Einbau der Asphaltmischgüter)	112
6.4.1	Bei der Belagslieferung	112
6.4.2	Beim Belagseinbau	112
6.4.3	Nach dem Belagseinbau	113
6.4.4	Fazit	113
	Anhänge	114
7	Anhang 1	115
8	Anhang 2	116
9	Abbildungsverzeichnis	117
10	Tabellenverzeichnis	118
11	Glossar	120
12	Literaturverzeichnis	125

Arbeitsgruppe und Partner

Auftraggeber

Plattform Kies für Generationen (KFG)

Co-Förderer d.h. Ämter, die den Studienauftrag mitfinanzieren

Umweltämter und/oder Tiefbauämter aus den Kantonen Aargau, Basel, Bern, Freiburg, Genf, Luzern, Tessin, Waadt, Wallis, Zug, Zürich sowie Tiefbauamt der Stadt Zürich.

Begleitkommission

Vorsitzender der Kommission

- Laurent Audergon, Geschäftsführer Kies für Generationen (KFG), Geschäftsführer arv Baustoffrecycling Schweiz

Ausschuss der Subgruppe Asphalt der Plattform KFG

- Dr. Rupert Lieb (Tiefbauamt Kanton Zürich)
- Christoph Gassmann (Tiefbauamt Kanton Zürich)
- Dominik Oetiker (Amt für Abfall, Wasser, Energie, Luft Kanton Zürich)
- Willi Zuberbühler (Tiefbauamt der Stadt Zürich)
- Martin Horat (Tiefbauamt der Stadt Zürich)
- Marti Preisig (Firma Eberhard)
- Ueli Stalder (Firma Walo)
- Bernhard Kunz (Firma BHZ)

Wissenschaftspartner

Berner Fachhochschule (BFH-AHB), Kompetenzbereich Verkehrsinfrastruktur, Institut für Siedlungsentwicklung und Infrastruktur (ISI)

- Dr. Nicolas Bueche, Kompetenzbereichsleiter
- Amandine Ziegelmeier, wissenschaftliche Mitarbeiterin

Vorwort

Drei Viertel aller Abfälle in der Schweiz stammen aus der Bauwirtschaft. Die stoffliche Verwertung und Wiederverwendung dieser latenten Baustoffe birgen ein enormes ökologisches Potenzial.

Die Thematik ist brandaktuell und der Zürcher Regierungsrat hat vor, die Verfassung, um einen neuen Artikel «Kreislaufwirtschaft» zu ergänzen. Das Ziel besteht darin, im Bereich der Bauwirtschaft und Industrie die Stoffkreisläufe zu schliessen. Wichtig ist dies einerseits, weil die Ressourcen endlich sind und andererseits, weil eine Schwierigkeit darin besteht, neue Deponieplätze zu finden. Der lokale Widerstand ist meistens gross – unter anderem auch, weil Deponien einen grossen Eingriff in das Landschaftsbild bedeuten. Weiter ist auch der Klimaschutz ein allgegenwärtiges Thema. Je vollständiger die Stoffkreisläufe geschlossen sind, desto weniger Energie muss aufgewendet werden.

Mit der Wiederverwendung von Ausbauasphalt kann deshalb ein Beitrag zur Förderung der Kreislaufwirtschaft geleistet werden. Heute werden nur noch wenige Strassen neu gebaut. Die Umfahrung Obfelden/Ottenbach beispielsweise ist im Kanton Zürich der erste Strassenneubau seit 20 Jahren. Im Fokus stehen heute vor allem die Instandhaltung und die Sanierung des bestehenden Strassennetzes. Aktuell haben wir demnach die Situation, dass viel mehr Ausbauasphalt verfügbar ist, als wiederverwendet werden kann. Das Ziel muss also sein, mehr rezykliertes Material wiederzuverwenden, ohne Qualitätseinbussen in Kauf nehmen zu müssen. Die vorliegende Studie gibt eine Übersicht über den aktuellen Stand der Technik und zeigt konkrete Möglichkeiten auf, wie wir den Anteil Ausbauasphalt im Strassenbau erhöhen können, ohne Konzessionen bei den hohen Qualitätsstandards eingehen zu müssen.

Regierungsrat Dr. Martin Neukom
Vorsteher der Baudirektion Kanton Zürich

Videobotschaft Regierungsrat Dr. Martin Neukom, Baudirektor des Kantons Zürich: [Link](#).



Zusammenfassung

Die Guideline Wiederverwendung Ausbauasphalt und Einsatz Niedertemperaturasphalt ist praxisorientiert. Sie fasst zusammen und ergänzt die in der Schweiz vorhandenen Unterlagen und Erfahrungen zu den Themen Recycling und Niedertemperaturasphalt (NTA).

Das Hauptziel der Guideline besteht darin, Ihnen in der Praxis zu helfen, die Recyclingmischgüter mit hohen Ausbauasphaltanteilen und die Niedertemperaturasphalt im Rahmen von Strassenbauprojekten zu integrieren und zu fördern – ohne ein zusätzliches Risiko einzugehen. Die Guideline richtet sich primär an Nichtspezialisten im Bereich Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt.

Wichtig ist es auch zu erwähnen, dass das Hauptthema der Guideline die Recyclingmischgüter mit hohen Ausbauasphaltanteilen betrifft. Das Thema Niedertemperaturasphalt wird eher als ein zusätzliches Nebenthema behandelt. Grund dafür ist, dass der Umweltnutzen und die ökonomischen Vorteile der Recyclingtechnologie erheblich grösser sind im Vergleich zum potenziellen Nutzen der Niedertemperaturtechnologie. Zudem existieren mehrere Niedertemperaturtechnologien (Produkte) und es ist deshalb schwierig, allgemeingültige Schlussfolgerungen (Kosten, Ökobilanz) für diese Technologien zu ziehen. Das Thema «Niedertemperaturtechnologie» verdient es, in einem anderen Werk (Guideline) ausführlicher behandelt werden.

Die vorliegende Guideline besteht aus drei Teilen.

Im ersten Teil geht es um allgemeine Informationen und Grundwissen über den Ausbauasphalt und das Asphaltgranulat sowie über die Asphaltmischgutprodukte. Was das Thema Ausbauasphalt und Asphaltgranulat betrifft (Kapitel 1), wurden insbesondere die folgenden Aspekte betrachtet: die Zusammensetzung, der Aufbereitungsprozess und die Unterschiede zu den Primärstoffen. Die Schwerpunkte der Referenznorm für den Ausbauasphalt werden ebenfalls beschrieben. Was die Asphaltmischgutprodukte betrifft (Kapitel 2), liegt der Fokus bei den Recyclingmischgütern und den Niedertemperaturasphalten, dies unter Berücksichtigung der Besonderheiten dieser Produkte sowie der Herstellungs- und Einbauaspekte.

Im zweiten Teil wurde eine Bestandesaufnahme der Situation von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten in der Schweiz durchgeführt. Einerseits wurden limitierende Faktoren für die Entwicklung der beiden Produkte sowie die dazugehörigen Ursprünge und Ursachen identifiziert (Kapitel 3). Die limitierenden Faktoren bzw. Aussagen wurden zusammengefasst und auf ihre Richtigkeit, in Form von «Richtig» oder «Falsch» bewertet. Andererseits wurden die bereits gesammelten Erfahrungen mit Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten in der Schweiz und, in geringerer Masse, im Ausland dargestellt und ausgewertet (Kapitel 4). Dazu gehören: das Referenzieren von «Best Practices» - Beispielen, die Entwicklung von lokalen Initiativen und Richtlinien sowie die Schlussfolgerungen aus nationalen Forschungsprojekten.

Im dritten und letzten Teil wird ein neu definierter Anwendungsbereich für die Recyclingmischgüter mit hohen Ausbauasphaltanteilen (Kapitel 5) vorgeschlagen. Dies ermöglicht die Verwendung von Recyclingmischgut mit einem optimierten Anteil Ausbauasphalt, ohne ein zusätzliches Risiko im Vergleich zum Einsatz von Heissmischgut ohne Ausbauasphaltanteil einzugehen. Ebenfalls wurde die Kombination von Recycling- und Niedertemperaturtechnologie betrachtet und diskutiert. Die entsprechenden Normenanforderungen sowie die zu berücksichtigenden Erfahrungswerte bei Bindemittel und bei den Mischgütern sind ebenfalls

vorhanden. Schliesslich werden Empfehlungen und Hilfestellungen für die Berücksichtigung und die Förderung der Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte in Strassenbauprojekten zur Verfügung gestellt (Kapitel 6).

In Ergänzung zur Guideline wurde auch eine Präsentationsbroschüre entwickelt, die die Schwerpunkte der Guideline zusammenfasst (Anhang 1).

Vorstellung des Projekts

Bestandsaufnahme und Ursprung des Projekts

Das schweizerische Strassennetz ist mehrheitlich gebaut und bei Instandstellungsarbeiten von Strassen fällt Ausbauasphalt in grossen Mengen an. Die Problematik hinsichtlich der grossen Menge von Ausbauasphalt ist schweizweit erkannt und der Materialkreislauf ist noch nicht geschlossen. Ausbauasphalt ist kein Bauabfall, sondern ein sekundärer Rohstoff mit einem grossen Wert, der ca. 5% Bitumen und 95% Gestein enthält. Die Deponierung dieses Materials ist keine befriedigende und erwünschte Lösung.

Für das Fallbeispiel des Kantons Zürich und die heutige Situation heisst das konkret, dass ein jährlicher Überschuss von Ausbauasphalt von circa 58'000 t/Jahr prognostiziert wird (Stand 2019). Gesamtschweizerisch sind zurzeit auch Studien zur genaueren Bestimmung und Analyse sämtlicher Ausbauasphaltströme in der Schweiz im Gang. Ziel ist es, die Verwertungsquote des Ausbauasphalts zu bestimmen sowie die verschiedenen Entsorgungs- und Verwertungswege aufzuzeigen. Die Recyclingquote des Ausbauasphalts liegt heutzutage voraussichtlich zwischen 40 und 50%, unabhängig davon, ob es sich um eine gebundene oder eine ungebundene Form handelt. Dies bedeutet, dass bei der überwiegenden Mehrheit der Strassenbauprojekte das Potential von Recyclingasphalt bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist.

Es ist daher essenziell, die Recyclingquote des Ausbauasphalts zu erhöhen. Die Verwendung des Ausbauasphalts in neuen Heissmischgütern und Niedertemperaturasphalten und eine Erhöhung des entsprechenden Anteils ist die bevorzugte Option. Dies erlaubt es, ein Recycling auf hohem Niveau durchzuführen, im Vergleich zu einer Verwendung für die Herstellung von Kaltmischgut oder in einer ungebundenen Form.

Trotz der Erarbeitung mehrerer Forschungsprojekte und der Zusammenstellung von Praxiserfahrungen im Bereich Recycling in der Schweiz sowie im Ausland fehlt bisher ein Review der praktischen Erkenntnisse und Erfahrungen unter Berücksichtigung der VSS-Normen und der gesetzlichen Vorgaben. Dies könnte die Branchenakteure konkret dabei unterstützen, den Anteil Ausbauasphalt in bituminösen Belägen zu optimieren.

Parallel dazu besteht der Bedarf, die Emissionen und den Energieverbrauch bei der Aufbereitungsanlage zu reduzieren. Dafür ist der Niedertemperaturasphalt (NTA) eine gute Alternative zum konventionellen Heissmischgut. Trotz ersten erfolgversprechenden Erfahrungen (zwei Teststrecken im Kanton Uri im Jahr 2006, PLANET Projekt, Strategie des Kantons Waadt) wird Niedertemperaturasphalt in den meisten Regionen der Schweiz noch kaum verwendet. Niedertemperaturasphalt weist zwar schon gute sowie vielversprechende Resultate auf (mechanischen Eigenschaften, Lebensdauer, Einbau, ...), doch fehlt ein Review der praktischen Erfahrungen und Richtlinien in der Schweiz für Bauherren, Unternehmer, Baustoff-Prüflabors und Ingenieurbüros.

Was versteht man unter Niedertemperaturasphalt und Recyclingasphalt mit einem hohen Ausbauasphaltanteil?

Recyclingasphalt mit einem hohen Ausbauasphaltanteil

Der Ausbauasphalt ist ein durch Aufbrechen oder Fräsen gewonnener bituminös gebundener Baustoff. Er besteht aus bitumenhaltigem Bindemittel (Bitumen), grober und feiner Gesteinskörnung und Füller. Der Füller ist hauptsächlich in Form von Mastix, d.h. gebunden oder gemischt mit Bitumen, vorhanden.

Der Ausbauasphalt kann in der Zusammensetzung und Herstellung von neuen Asphaltmischgütern wiederverwendet werden. Es kann entweder eine Kalt- oder eine Warmzugabe sein.

Unter «hoher Ausbauasphaltanteil» versteht man, einen Anteil, der nahe an dem maximal zulässigen Wert der Norm liegt oder diesen sogar überschreitet. Dies entspricht beispielsweise einem Anteil von mindestens 50% für eine konventionelle Tragschicht AC T. Diese Ausbauasphaltanteile sind nur durch Warmzugabe erreichbar.

Niedertemperaturasphalt

Ein Niedertemperaturasphalt (NTA) ist ein Asphaltmischgut, das im Unterschied zum Heissmischgut mit einer tieferen Temperatur hergestellt und eingebaut wird. Dies entspricht im Allgemeinen einer Reduzierung der Temperatur um mindestens 30°C. Der Herstellungstemperaturbereich eines NTA liegt daher zwischen 120 und 140°C. Die Reduzierung der Herstellungstemperatur unter Einhaltung einer geeigneten Viskosität ist möglich dank spezifischer Herstellungsprozesse (Schaumbitumen) und/oder der Verwendung von Zusätzen.

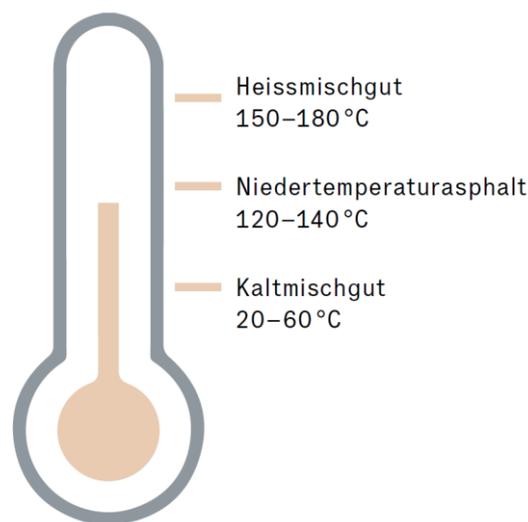


Abbildung 1: Darstellung der verschiedenen Asphaltmischguttypen je nach Herstellungstemperatur

Ziele des Projektes

Das Hauptziel der Guideline ist es, einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung im Bereich Asphaltbeläge zu leisten. Der Fokus des vorliegenden Projektes liegt daher auf

den Themen Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalten. Diese Themen können zu Verbesserungen bei folgenden Aspekten beitragen:

- Die Schliessung des Materialkreislaufes durch Erhöhung (Optimierung) des Ausbausphalanteils in den neu hergestellten Asphaltmischgütern und dementsprechend die Entwicklung von Recyclingasphalten mit hohem Ausbausphalanteil. Dies führt zur Verringerung der Material- und Ressourcenknappheit (Rohstoffe) sowie zur Verminderung der Entsorgungs- und Recyclingproblematik (Rückbaumaterial).
- Die Reduktion der Emissionen und des Energieverbrauchs durch Förderung der Implementierung von Niedertemperaturasphalt.
- Die Verbesserung der Arbeitsbedingungen und Gesundheit der Mitarbeiter, insbesondere an der Mischanlage und auf der Baustelle.

Die Guideline ist eine Zusammenfassung aus vorhandenen Informationen und bereits durchgeführten Projekten zu diesen beiden Themen. Die Guideline ist daher praxisorientiert. Sie umfasst Fachwissen über Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte, die für alle Branchenakteure verständlich sind. Sie schlägt konkrete Massnahmen, Empfehlungen und Hilfsstellungen vor, die bereits heute in der Praxis angewendet werden können.

Arbeitsmethodik

Für die Erstellung der Guideline wurde die folgende Methodik angewendet:

- Durchführung einer Bestandsaufnahme der Situation in der Schweiz und in den EU-Ländern über Recycling- und Niedertemperaturtechnologie. Dafür wurde eine umfassende Literaturstudie über die bereits realisierten Forschungsprojekte und praktischen Erfahrungen durchgeführt. Auf Basis einer Umfrage sowie anhand von bilateralen Gesprächen mit verschiedenen Branchenakteuren wurden wertvolle Kenntnisse und Erfahrungen zusammengestellt (Fragebogen, vgl. Anhang 2).
- Identifizierung von Schwerpunkten, die für eine Verbesserung der Situation von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten in der Schweiz relevant sind.
- Entwicklung der von der Arbeitsgruppe ausgewählten Themen.

Es handelt sich nicht um Forschung im herkömmlichen Sinne. Die Studie basiert auf bereits vorhandenen Informationen und Ergebnissen sowie auf einer Sammlung von praktischen Erfahrungen.

Randbedingungen

Die Themen Recycling und Niedertemperaturasphalt sind umfangreich. Die Randbedingungen für das in dieser Guideline entwickelte Projekt sind im Folgenden beschrieben.

- Berücksichtigt wird nur Recycling von Ausbausphalt in bituminösen Belägen. Andere Verwertungswege und Recyclingbranchen existieren für das Recycling von Ausbausphalt, z.B. in einer ungebundenen Form.

- Die untersuchten bituminösen Beläge sind die Heissmischgüter und die Niedertemperaturasphalte.
- Es wird nur der Fall einer Warmzugabe von Ausbauasphalt untersucht, da diese Form eine Verwertung auf hohem Niveau mit höchsten Recyclinganteilen ermöglicht.

Der Fall von stark befahrenen Fahrbahnen, das heisst mit einer Verkehrslastklasse gleich oder höher als T3, ist das Hauptthema der Guideline. Die Guideline ist jedoch auch für geringere Verkehrslastklassen gültig.

- Es wird angenommen, dass die Mischgüter maschinell eingebaut werden.
- Es werden keine Optimierungsmöglichkeiten bezüglich der Mischanlagen betrachtet, z.B. der Herstellungsprozess oder die Emissionen.
- Der Fokus liegt auf der Situation in der Schweiz.

Das Hauptthema der Guideline ist das Recycling von Ausbauasphalt in bituminösen Belägen. Das Thema über die Niedertemperaturtechnologie wird eher als ein Nebenthema erwähnt. Dieses kann in der Zukunft in einem anderen Werk (Guideline) ausführlicher behandelt werden. Der Umweltnutzen ist zudem bei der Recyclingtechnologie grösser als bei der Niedertemperaturtechnologie, daher leisten Recyclingmischgüter einen effektiveren Beitrag zur Nachhaltigkeit.

Zielgruppe

Die Guideline wurde in erster Priorität für die Bauherren und die Ingenieurbüros entwickelt. Die Guideline soll sie dabei unterstützen, das Recycling und die Niedertemperaturasphalt in Projekte zu integrieren, ohne zusätzliche Risiken einzugehen. Die Guideline ist hauptsächlich für Nichtspezialisten im Bereich Recycling und NTA gedacht.

Die anderen Branchenakteure, die möglicherweise auch an der Guideline interessiert sein könnten, sind:
die Asphaltproduzenten, die Baufirmen, die Fachverbände, etc.

Gesetzlicher und normativer Rahmen

Die in der Guideline entwickelten Themen, verfolgten Ziele und vorgeschlagenen Massnahmen stimmen mit den Anforderungen der Schweizer Gesetze überein und orientieren sich an der Normierung. Die Guideline trägt auch anerkannte Regeln der Technik über die Themen Recycling – und Niedertemperaturasphalt zusammen. Die Guideline ist daher eine praxisorientierte Ergänzung zu den bestehenden Gesetzen und Normen. Sie ist jedoch kein Ersatz für diese Unterlagen.

Was verlangt das Gesetz in den Bereichen Recycling, Reduzierung der Emissionen und des Energieverbrauchs? Welche sind die wichtigsten Grundsätze?

Die gesetzlichen Grundlagen zu diesen Themen sind in den folgenden Erlassen zu finden:

- das Bauproduktengesetz (BauPG) [1]
- die Bauprodukteverordnung (BauPV) [2]
- das Umweltschutzgesetz (USG) [3]
- die Abfallverordnung (VVEA)¹ [4]
- die Richtlinien für die Verwertung mineralischer Bauabfälle [5]

Die Guideline bringt einen Beitrag zu mehreren vom Gesetz vorgeschriebenen Grundsätzen. In der untenstehenden Tabelle (Tabelle 1) ist eine Zusammenfassung dargestellt.

¹ Die VVEA hat auf den 1. Januar 2016 die ehemalige Technische Verordnung über Abfälle (TVA) abgelöst.

Thema	Grundsätze des Gesetzes	Beitrag Guideline
Ressourcenschonung	<ul style="list-style-type: none"> dauerhafte Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen (<i>USG</i>) Abfälle müssen soweit wie möglich verwertet werden (<i>USG</i>) nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen (<i>BauPG/BauPV</i>) Förderung von Kreisläufen (Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle) 	<ul style="list-style-type: none"> Förderung und Optimierung der Wiederverwendbarkeit des Ausbausphalts. Gewährleistung der Dauerhaftigkeit des Recyclings- und Niedertemperaturasphaltes, (Produktleistungen und -Qualität). Reduzierung des Energieverbrauchs (betrifft das Thema Niedertemperaturasphalt).
Wiederverwendung und Verwertung	<p>Verwertung auf höchstmöglichem Niveau (<i>Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle</i>)</p> <p>→ Das heisst, die Recyclingstoffe (u.a. Ausbausphalt) müssen unter Berücksichtigung ihrer Materialeigenschaften wiederverwendet und verwertet werden. In der Regel ist der Einsatz des Recyclingmaterials zu gleichen Zwecken wie bei der erstmaligen Verwendung anzustreben.</p>	<p>Die Guideline hilft, dass:</p> <ul style="list-style-type: none"> der Ausbausphalt vorzugsweise in einem Mischgut mit bitumenhaltigen Bindemitteln wiederverwendet wird. Dies insbesondere anhand der Entwicklung von Massnahmen und Empfehlungen, um die Ausbausphaltparteile in den Asphaltmischgütern zu optimieren/erhöhen. der Ausbausphalt aus einer Deckschicht (d.h. ein Ausbausphalt von hoher Qualität) in einer Deckschicht wiederverwendet wird.
Emissionen	<ul style="list-style-type: none"> Schutz gegen schädliche oder lästige Einwirkungen, u.a. Rauch, Staub, Gase, Dämpfe, Geruch (<i>USG</i>) Keine Gefährdung der Hygiene, Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer und Anwohner (<i>BauPG/BauPV</i>) Keine übermassig starke Auswirkung auf die Umweltqualität und das Klima (<i>BauPG/BauPV</i>) 	<p>Die Guideline dient dazu, dass sich die Implementierung von Niedertemperaturasphalt entwickelt.</p>
Machbarkeit und Tragbarkeit	<p>Aufbereitung und Wiederverwertung müssen technisch und betrieblich sowie wirtschaftlich tragbar sein. (<i>USG + Richtlinien für die Verwertung mineralischer Bauabfälle</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Der Stand der Technik in der Schweiz sowie das Beherrschen des Prozesses sind in der Guideline berücksichtigt. Die in der Guideline vorgeschlagenen Massnahmen sind angemessen.

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen den gesetzlichen Aspekten und der Guideline

Übersicht der Normierungslandschaft

Integriert in der Schweizer Normierung sind Aspekte im Zusammenhang mit den Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten.

Die Grundnorm für Recycling SN 670 071 [6] erwähnt beispielsweise, dass *sich die Verwendung von Ausbausphalt in einer gebundenen Form für eine normkonforme Herstellung von Asphaltmischgütern eignet*. Es besteht eine Vielfalt der Ziele, was die Normierung über die Recyclingaspekte betrifft. Diese Ziele ähneln denjenigen des Gesetzes. Dazu gehören insbesondere:

- *die Einsparungen an natürlichen Ressourcen und Deponieraum.*
- *die Optimierung des Materialkreislaufes in Bezug auf Umwelt und Wirtschaftlichkeit.*
- *die Förderung eines hochwertigen Einsatzes der Recyclingbaustoffe.* Diese sollten nämlich auf solche Weise wiederverwendet werden, *dass ihre materialspezifischen Eigenschaften optimal genutzt werden*. Dies entspricht einer Verwertung auf höchstmöglichem Niveau und bedeutet, dass der Ausbausphalt vorzugsweise in einem neuen Mischgut mit bitumenhaltigen Bindemitteln wiederverwendet werden sollte. Die verwendete Herstellungstechnologie muss dazu auch in der Lage sein, das Bindemittel wieder zu aktivieren.

Zudem gelten die Produktnormen über die Asphaltmischgüter, sowohl für Asphaltmischgut ohne Ausbauasphalt und Heissmischgut, sowie für Recycling- und Niedertemperaturasphalte. Tatsächlich ist es wichtig zu beachten, dass die Anforderungen für alle diese Mischgüter sich gleichen, auch wenn es sich um Niedertemperaturasphalt oder Recyclingasphalt mit einem hohen Ausbauasphaltanteil handelt.

Die wesentlichen Normen, die für diese Themen relevant sind, finden Sie in der untenstehenden Tabelle (Tabelle 2). Es handelt sich nicht um eine vollständige Liste der Normen in diesen Bereichen, sondern eher um eine essenzielle Referenzgrundlage.

Die Grundnormen enthalten *allgemeine Definitionen, Bezeichnungen und Erklärungen* über das in der Norm behandelte Thema (z.B. «Gesteinskörnungen» oder «Asphalt»). Sie geben auch eine Gesamtübersicht und Referenzen über die weiteren anzuwendenden Normen.

Die Normen der Bestandteile *legen die Eigenschaften der Bestandteile der Asphaltmischgüter fest. Die Bestandteile werden hinsichtlich ihrer Eigenschaften beschrieben. Sie können zudem unter Vorbehalt der Konformität und Beachtung der jeweiligen geltenden Festlegungen als Baustoff für die Herstellung von Asphaltmischgut verwendet werden.*

Was die Produktnormen angeht, *enthalten diese Empfehlungen zur Wahl der Baustoffe (Bindemittel, Gesteinskörnungen, Ausbauasphalt, Zusätze) für die Zusammensetzung eines Asphaltbetons, sowie allgemeine und empirische bzw. grundlegende Anforderungen an Asphaltbeton bzw. Hochmodul-Asphaltbeton AC EME.* Diese Normen betreffen Asphaltmischgüter für die Deck-, Binder-, Trag- und Fundationsschicht. Recycling- und Niedertemperaturasphalte sind in diesen Produktnormen beinhaltet.

Was die Empfehlungen und Vorschriften über die Konzeptions- und Einbauaspekte betrifft, sind die Normen für die Konzeption und den Einbau zu berücksichtigen. Diese Normen enthalten auch Anforderungen an die eingebauten Schichten.

Für die Qualitätssicherung und Kontrolle der hergestellten und auf die Baustelle gelieferten Asphaltmischgüter (Produkte) sowie der eingebauten Schichten, können die Normen über die Qualitätsüberwachung verwendet werden.

Grundnormen	<ul style="list-style-type: none"> • Recycling: SN 670 071 • Gesteinskörnungen: SN 670 050 • Asphalt: SN 640 420 • Bitumenhaltige Bindemittel: SN 670 061
Normen über die Bestandteile der Asphaltmischgüter	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbauasphalt: SN EN 13108-8 - SN 670 103b/EN 13043 • Gesteinskörnungen (natürliche und rezyklierte): SN 670 103b /EN 13043 • Bitumenhaltige Bindemittel <ul style="list-style-type: none"> • Strassenbaubitumen: SN EN 12 591 • Polymermodifizierte Bitumen: SN EN 14 023 • Harte Strassenbaubitumen: SN EN 13 924
Asphaltprodukt-normen	<ul style="list-style-type: none"> • Asphaltbeton AC: SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 • Offenporiger Asphalt PA: SN EN 13108-7 • Semidichtes Mischgut SDA: VSS 40 436
Normen über die Konzeptions- und Einbauaspekte	<ul style="list-style-type: none"> • AC, PA und AC EME: VSS 40 430 • SDA: VSS 40 436
Normen über die Qualitätsüberwachung	<ul style="list-style-type: none"> • Prüfprogramm: VSS 40 434 • Typprüfung: SN EN 13108-20 • Werkseigene Produktionskontrolle: SN EN 13108-21

Tabelle 2: Liste der wesentlichen Normen im Bereich Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt

Schematische Darstellung der Struktur der Guideline

Die Guideline besteht aus 3 Hauptteilen mit 6 Kapiteln. Im ersten Teil sind allgemeine Informationen und Grundwissen über den Ausbauasphalt sowie die Recycling- und Niedertemperaturasphalte zusammengefasst. Im zweiten Teil handelt es sich um die Bestandsaufnahme der Situation über Recycling- und Niedertemperaturasphalt in der Schweiz. Ein erweiterter Anwendungsbereich für Recycling- und Niedertemperaturasphalte und die dazugehörigen Anforderungen, Schwerpunkte und Erfolgsfaktoren sowie Empfehlungen und Hilfsstellungen zur Integration dieser Produkte in den Strassenbauprojekten finden Sie im Teil 3.

Teil 1: Allgemeine Informationen und Grundwissen

Kapitel 1

Der Ausbauasphalt und das Asphaltgranulat

1.1 - 1.2: Definition und Zusammensetzung des Ausbauasphalts.

1.3 - 1.4: Aufbereitung des Asphaltgranulats und Unterschiede zu Primärstoffen.

1.5: Norm SN EN 13 108-8.

Kapitel 2

Die verschiedenen Asphaltmischgutprodukte

2.1 -2.2: Kurzbeschreibung der Asphaltmischgutprodukte.

2.3 - 2.4: Recyclingmischgüter und NTA-Vorteile und Besonderheiten.

2.5 - 2.6: Herstellungs- und Einbaupaspekte.

Teil 2: Bestandsaufnahme

Kapitel 3

Limitierende Faktoren für die Entwicklung von Recyclingmischgut und NTA

Betrifft die technischen, wirtschaftlichen, institutionellen, normativen Aspekte.

Wahrnehmungen und Wissensstand.

Kapitel 4

Erfahrungen mit Recyclingmischgut und NTA

4.1: Schweizer Normierung.

4.2 - 4.3: Best Practices in der Schweiz sowie lokale Richtlinien und Initiativen.

4.4: Nationale Forschungsprojekte.

4.5: Bestandsaufnahme, Erfahrungen aus dem Ausland.

Teil 3: Erweiterter Anwendungsbereich und dazugehörige Anforderungen - Berücksichtigung und Förderung in Strassenbauprojekten

Kapitel 5

Erweiterter Anwendungsbereich und dazugehörige Anforderungen

5.1: Empfohlener Ausbauasphaltanteil.

5.2: Wahl des Bindemittels.

5.3 - 5.6: Anforderungen an Bindemittel und Asphaltmischgütern.

Kapitel 6

Berücksichtigung und Förderung von Recyclingmischgütern und NTA in Strassenbauprojekten

6.1 - 6.4: Informationen, Hilfestellungen und Empfehlungen je nach Projektphasen.

Teil 1

Allgemeine Informationen und Grundwissen

1 Der Ausbauasphalt und das Asphaltgranulat

1.1 Was versteht man genau unter Ausbauasphalt?

Mehrere Definitionen zum Begriff Ausbauasphalt stehen in der Normierung. Im Folgenden sind zwei Beispiele aufgeführt. Wir empfehlen jedoch an dieser Stelle, die Definition gemäss SN EN 13 108-8 [8] als Referenz zu nehmen. Es handelt sich hierbei um die neuste Version.

Definition der SN 670 071 [6]

Als Ausbauasphalt wird das durch Fräsen oder durch Aufbrechen von Asphaltsschichten gewonnene Material bezeichnet.

Definition der SN EN 13108-8 [8]

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

Die englischen Begriffe RA (reclaimed asphalt) bzw. häufiger RAP (reclaimed asphalt pavement) werden oft zur Bezeichnung von Ausbauasphalt verwendet.

Nach verschiedenen Sortier-, Analyse- und Aufbereitungsphasen kann der Ausbauasphalt als Sekundärbaustoff verwendet werden. Daraus können mehrere Recyclingbaustoffe hergestellt werden. Eine Anwendungsmöglichkeit ist die Verwendung in gebundener Form als Bestandteil für die Herstellung von neuen Asphaltmischgütern. Die Guideline fokussiert sich auf diese Recyclingvariante.

1.2 Die Zusammensetzung von Ausbauasphalt

1.2.1 Hauptbestandteile

Der Ausbauasphalt besteht aus den folgenden Hauptbestandteilen:

- grobe und feine Gesteinskörnungen
- Füller
- bitumenhaltige Bindemittel

Dies sind alles Bestandteile, die aus dem ursprünglichen Asphalt stammen.

Wichtig ist zu betonen, dass diese Bestandteile eine gebundene Form aufweisen. Es handelt sich daher nicht um drei separate Teile. Der Füller im Ausbauasphalt liegt zum Beispiel mehrheitlich in Form von Mastix vor, d.h. er ist mit dem Bindemittel gemischt.

1.2.2 Sekundäre Bestandteile

Da der Ausbauasphalt ein Sekundärmaterial aus dem Recycling ist, besteht die Möglichkeit, dass dieser einen gewissen Anteil von Fremdstoffen enthält.

Gemäss der Norm SN EN 13 108-8 [8] versteht man unter Fremdstoff, ein Material, das nicht aus dem Asphalt stammt. Die im Ausbauasphalt möglichen enthaltenen Fremdstoffe sind in der Tabelle 3 aufgelistet und, auch gemäss der Norm SN EN 13 108-8 [8], in zwei Gruppen aufgeteilt.

Für eine Wiederverwendung des Ausbauasphalts im Rahmen der Herstellung von neuen Asphaltmischgütern ist laut der Norm SN EN 13 108-8 [8] ein beschränkter Anteil von Fremdstoffen zugelassen. Sehen Sie hierzu die Tabelle 3.

Bezeichnung	Fremdstoffe	Verwendung zugelassen für	
		Deck- und Binderschichten	Trag- und Fundationsschichten
Gruppe 1	<ul style="list-style-type: none">• Beton und Betonprodukte• Zementmörtel• Backsteine und Ziegel• Fundationsschichtmaterialien mit Ausnahme von natürlichen Gesteinskörnungen• Metalle	< 1%	< 5%
Gruppe 2	<ul style="list-style-type: none">• Synthetische Materialien• Holz• Kunststoffe	< 0.1%	< 0.1%

Tabelle 3: Art und Einteilung der Fremdstoffe sowie maximal zulässige Anteile (Quelle: SN EN 13108-8 [8])

Auch gemäss der Norm SN 13 108-8 [8] muss das Vorkommen, der Gehalt und die Art aller Fremdstoffe im Ausbauasphalt dokumentiert und deklariert werden.

Weitere Informationen können Abschnitt E.8 der Norm SN 13108-8 [8] entnommen werden.

Kommentar: Nach der Richtlinie für die Verwertung von mineralischen Bauabfällen [5] (Seite 18) darf Asphaltgranulat, welches heiss aufbereitet wird, keine Fremdstoffe enthalten. Diese Aussage entspricht nicht den zulässigen Fremdstoffanteilen der Norm SN EN 13108-8 [8] (vgl. Tabelle 3). Wir empfehlen jedoch die Vorschriften der Norm SN EN 13108-8 [8] und insbesondere der Tabelle 3 zu berücksichtigen, denn die Norm SN EN 13 108-8 [8] wurde 2019 erstellt und ist damit aktueller als die Richtlinie [5] von 2006.

1.2.3 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

PAK ist das Akronym für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe. Falls die Stoffe in hoher Konzentration vorliegen, sind sie umwelt- und gesundheitsgefährdend.

Das Herstellungsverfahren von Bitumen aus Erdöl bzw. Teer aus Kohle führt zum Vorkommen von PAK in beiden Produkten (Bitumen und Teer). Der PAK-Gehalt weist jedoch zwischen Bitumen und Teer einen deutlichen Unterschied auf. So ist Teer viel stärker PAK-belastet als

Bitumen. Der PAK-Gehalt zwischen beiden Produkten unterscheidet sich um einen Faktor zwischen 1'000 und 10'000. Deshalb stellt Bitumen eine weitaus geringere Umwelt- und Gesundheitsgefahr dar als Teer.

Teer wurde bis in die 1980er Jahre im Strassenbau als Bindemittel verwendet. Insbesondere wegen seiner Gefährlichkeit wurde die Verwendung von Teer später verboten und aus Sicherheitsgründen durch Bitumen ersetzt.

Die früher eingebauten Schichten mit teerhaltigen Produkten stellen im Ruhezustand keine Umwelt- oder Gesundheitsgefahr dar. Das grösste Risiko besteht im Fall einer Exposition gegenüber Schadstoffemissionen. Dies kann bei der Wiederverwendung von Ausbauasphalt mit einem hohen PAK-Gehalt als Bestandteil für die Herstellung von Heissmischgut oder NTA vorkommen.

Vor dem Rückbau einer bestehenden Strasse, ist es daher notwendig, das Vorkommen von Produkten mit einem hohen PAK-Gehalt zu identifizieren und zu prüfen.

Dieses Vorkommen kann einerseits durch den charakteristischen Geruch von PAK bemerkt werden, andererseits existieren mehrere Methoden, um das Vorkommen sowie einen ungefähren PAK-Gehalt von Produkten vor Ort zu bestimmen. Als Beispiel sei an dieser Stelle der Schnelltest PAK-Marker genannt. Zur Bestimmung des genauen PAK-Gehaltes sowie der chemischen Stoffzusammensetzung ist eine chemische Analyse im Labor (Kombination Gaschromatographie – Massenspektrometrie) notwendig. Weitere Informationen über PAK sind im Factsheet des BAG [22] zu finden.

Der PAK-Gehalt des Ausbauasphalts ist für die Bestimmung des Verwertungsweges entscheidend. Es gelten die Vorschriften der Abfallverordnung, VVEA [4]. Die VVEA [4] hat die Technische Verordnung über Abfälle (TVA) per 1. Januar 2016 abgelöst. Verweise auf die TVA – z.B. in der BAFU-Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle [5] – sind nicht mehr gültig.

In der Praxis werden jedoch die Vorschriften der TVA noch oft verwendet. Bei einem Bindemittelgehalt von 5 [M.-%] sind die Grenzwerte von VVEA [4] (Grenzwert bezogen auf den Ausbauasphalt) und TVA (Grenzwert bezogen auf das Bindemittel) gleichwertig. In dieser Guideline werden nur die Anforderungen der VVEA [4] berücksichtigt.

Gemäss Artikel 20 VVEA [4] ist Ausbauasphalt mit einem Gehalt bis zu 250 mg PAK pro kg möglichst vollständig als Rohstoff für die Herstellung von Baustoffen zu verwerten. Im Gegensatz darf Ausbauasphalt mit einem Gehalt von mehr als 250 mg PAK pro kg nicht verwertet werden.

Bis 31. Dezember 2025 gilt eine Übergangsfrist (Artikel 52 VVEA [4]): Ausbauasphalt mit einem Gehalt von mehr als 250 mg PAK pro kg darf bis dann im Rahmen von Bauarbeiten verwertet werden, wenn:

- *der Ausbauasphalt höchstens 1'000 mg PAK pro kg enthält und in geeigneten Anlagen so mit anderem Material vermischt wird, dass er bei der Verwertung höchstens 250 mg PAK pro kg enthält; oder*
- *der Ausbauasphalt mit Zustimmung der kantonalen Behörde so verwendet wird, dass keine Emissionen von PAK entstehen. Die kantonale Behörde erfasst den genauen Gehalt an PAK im Ausbauasphalt sowie den Standort der Verwertung und bewahrt die Informationen während mindestens 25 Jahren auf.*

Nach diesem Zeitpunkt (ab 1. Januar 2026) darf der Ausbauasphalt mit einem PAK-Gehalt von mehr als 250 mg PAK/kg nicht mehr verwertet und nicht mehr deponiert werden. Diese teerhaltigen Beläge müssen somit in Zukunft thermisch (oder mit gleichwertigen Verfahren) behandelt werden. Dabei werden die PAK zerstört und das zurückbleibende, kieshaltige Material steht wieder als Recyclingkies zur Verfügung (sofern es dann noch den Anforderungen an Gesteinskörnungen entspricht). Die Tabelle 4 fasst die Regelungen der VVEA [4] zusammen.

PAK-Gehalt des Ausbauasphalts (bezogen auf Ausbauasphalt)	Verwertungswege
≤ 250 mg PAK/kg	Wiederverwendung (einschränkungs- und bedingungslos) in der Herstellung von neuen Asphaltmischgütern. Dies gilt u.a. für Heissmischgut und Niedertemperaturasphalt. (Alternative: Ablagerung auf einer Deponie Typ B)
> 250 mg PAK/kg	Nur bis Ende 2025 möglich*: Wiederverwendung mit Einschränkungen oder Ablagerung auf Deponie Typ E (vgl. Art. 52 VVEA). *ab 2026 darf Belag mit > 250 mg PAK/kg nicht mehr direkt verwertet oder abgelagert werden. Er muss vorher behandelt werden, zum Beispiel thermische Behandlung.

Tabelle 4: Verwertungswege für Ausbauasphalt in Abhängigkeit des PAK-Gehaltes gemäss VVEA

1.3 Vom Ausbauasphalt zum Asphaltgranulat

Der Ausbauasphalt ist ein mineralisches Rückbaumaterial, das Asphaltgranulat der dazugehörige Recyclingbaustoff.

Damit der Ausbauasphalt als Bestandteil für die Herstellung von neuen Asphaltmischgütern verwendet werden kann, muss dieser mehrere Etappen zur Gewinnung eines Asphaltgranulats durchlaufen.

Phase 1: Ausbauasphaltgewinnung

Der Ausbauasphalt wird durch Fräsen von Schichten aus Fahrbahnen, durch Zerkleinern von Schollen, die aus Fahrbahnen herausgebrochen wurden, sowie von aus Schollen stammenden Klumpen und überschüssigem Asphalt rückgewonnen.

Wichtig ist zu betonen, dass ein geordneter Rückbau unbedingt erforderlich ist, damit die Trennung der Materialien (Etappe 2) sicher und effizient erfolgen kann. Unter einem «geordneten Rückbau» versteht man zum Beispiel ein schichtenweises Fräsen.

Phase 2: Trennung und Sortierung des Ausbauasphalts von den anderen Rückbaumaterialien (falls erforderlich)

Bei der Ausbauasphaltgewinnung durch Fräsen wird die Trennung von den anderen Materialien nämlich schon bei der Erfassungsphase (Phase 1) durchgeführt. In den anderen Fällen muss diese Phase durchgeführt werden.

Phase 3: Materialdeklaration (Ausbauasphalt)

Die folgenden Informationen müssen insbesondere dokumentiert werden:

- Bezeichnung der Baustelle, wo der Ausbauasphalt rückgewonnen wurde;
- Art und Menge des Materials;
- Bezeichnung des Empfängers.

Phase 4: Verwertung und Entsorgung des Ausbauasphalts gemäss den Vorgaben der VVEA [4]

vgl. Tabelle 4

Phase 5: Qualitätskontrolle und Produktedeklaration des Asphaltgranulats

Das Asphaltgranulat darf nach Validierung dieser Etappe als Bestandteil von neuem Asphalt wiederverwendet werden. Das heisst, dass es für diese Wiederverwendung geeignet sowie gebrauchsfertig ist. Weitere Informationen sind im Abschnitt 1.5 aufgeführt.



Abbildung 2: Etappen vom Ausbauasphalt zum Asphaltgranulat

Weitere Informationen über diesen Prozess können der BAFU-Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle [5] entnommen werden (Seite 13 bis 19).

1.4 Unterschiede zwischen Primärstoffen und Asphaltgranulat - Einfluss auf die Eigenschaften des Asphaltmischguts

Unter dem Begriff Primärstoffe werden die Naturgranulate (Gesteinskörnungen) und die bitumenhaltigen Bindemittel im Originalzustand verstanden. Hingegen ist das Asphaltgranulat ein Recyclingbaustoff und daher als Sekundärbaustoff zu betrachten.

Der Ausbauasphalt ist schon (mindestens) ein erstes Mal durch einen Herstellungsprozess gelaufen. Er war auch höchstwahrscheinlich während mehreren Jahren Bestandteil einer Strasse und wurde daher durch den Verkehr und das Klima beansprucht. Zur Gewinnung eines Asphaltgranulats aus Ausbauasphalt hat dieser zuletzt auch mehrere Phasen (Rückbau, Aufbereitung) durchlaufen. Dies führt zu Veränderungen der ursprünglichen Eigenschaften der Bestandteile (Gesteinskörnungen, Bindemittel) des Ausbauasphalts und begründet entsprechend, warum es Unterschiede zwischen den Eigenschaften eines Ausbauasphalts und denjenigen der Primärstoffen gibt.

1.4.1 **Veränderungen und Unterschiede bei den Gesteinskörnungen**

- Intrinsische (physikalischen) Eigenschaften

Die intrinsischen (physikalischen) Eigenschaften der Asphaltgranulate z.B. der Widerstand gegen Zertrümmerung (Los-Angeles Versuch) und der Widerstand gegen Polieren (Polished Stone Value) sind von der Petrographie und der geographischen Herkunft der Gesteinskörnungen abhängig.

Die Verwendung von Asphaltgranulat für die Herstellung eines Asphaltmischguts (im Vergleich zu der Verwendung von 100% Primärstoffen) verschlechtert die physikalischen Eigenschaften des Mineralstoffgemisches des Asphalts nicht.

Die Mischung von Ausbauasphalt aus verschiedenen Schichten (z.B. Trag- und Deckschicht) kann jedoch das Recycling auf hohem Niveau einschränken. In solchen Fällen wird effektiv der hochwertige Ausbauasphalt aus der Deckschicht, die u.a. Granulate mit optimalen Eigenschaften gegen Zertrümmerung und Polieren enthält, mit dem Ausbauasphalt aus der Tragschicht, die Granulate mit geringeren Leistungen enthält, gemischt. Durch die Mischung wird die ursprüngliche Qualität der Granulate aus der Deckschicht reduziert und die Gesamtqualität des gemischten Ausbauasphalts kann anschliessend möglicherweise zu gering für eine Wiederverwendung in der Deckschicht sein.

- Geometrische Eigenschaften

Wie schon erwähnt hat eine Gesteinskörnung, die im Ausbauasphalt enthalten ist, schon mehrere Beanspruchungen erlitten. Dadurch haben sich die geometrischen Eigenschaften der ursprünglichen Gesteinskörnungen verändert.

Die Korngrössenverteilung des Ausbauasphalts zeigt im Vergleich zu der Korngrössenverteilung eines neuen Asphalts u.a. einen höheren Anteil von feinen Elementen (d.h. Elemente zwischen 0.063 und 2 mm). Die Kornform sowie die Oberflächeneigenschaften der Gesteinskörnungen (z.B. Anteil an gebrochenen Körnern) können auch variieren. Eine Analyse des Fließkoeffizients (insbesondere was den Sand betrifft) kann in diesem Fall aussagekräftige Informationen liefern.

1.4.2 Veränderungen und Unterschiede bei den bitumenhaltigen Bindemitteln

Das Bindemittel des Asphaltgranulats ist im Vergleich zu originalen Bindemitteln gealtert. Das bedeutet, dass das Bindemittel eine physikochemische Alterung erlitten hat. Die Gründe sind vielfältig. Ursachen können z.B. die ursprüngliche Herstellung (Erwärmung) des Asphalts sowie die Auswirkungen des Verkehrs, der UV-Strahlungen oder auch der Wetterbedingungen sein. Dies führt hauptsächlich zu einer chemischen Änderung des Materials (Oxidierung) und daher zu einer Versteifung resp. Verhärtung des Bindemittels. Der Nadelpenetrationswert des aus dem Ausbauasphalt rückgewonnenen Bindemittels ist daher geringer als jener von frischem Bindemittel.

Diese modifizierten Eigenschaften des bitumenhaltigen Bindemittels können im Fall einer Wiederverwendung von Ausbauasphalt für die Herstellung von neuen Asphaltmischgütern anhand eines Zugabebindemittels und/oder chemischen Zusätzen kompensiert oder korrigiert werden. Ansonsten muss der Ausbauasphaltanteil begrenzt werden (Sehen Sie hierzu auch das Beispiel im Abschnitt 1.5). Die Verwendung eines zu stark gealterten oder steifen Bindemittels kann zu Einbauproblemen, Rissbildung, Kälteempfindlichkeit oder reduzierter Dauerhaftigkeit der Recyclingasphalte führen.

1.5 Die Norm SN EN 13108-8 [8]

Die Norm SN EN 13108-8 [8] *enthält Anforderungen an Asphaltgranulate, die die Bindemittel- und Gesteinskörnungseigenschaften und den Gehalt an Fremdstoffen betreffen und die für alle Fälle der Verwendung von Asphaltgranulat gelten. Diese Norm gibt auch an, welche Eigenschaften des Asphaltgranulats und seiner Bestandteile deklariert und dokumentiert werden müssen.* In der Schweiz wird die europäische Norm SN EN 13 108-8 [8] anhand eines Nationales Anhangs ergänzt, *die Hinweise zur Beschreibung und Prüfung von Ausbauasphalt enthält.*

Die unterstehende Tabelle 5 fasst die Hauptelemente, die laut der Norm bei Ausbauasphalt berücksichtigt werden müssen, zusammen.

Elemente zu berücksichtigen (gemäss SN EN 13 108-8)		Status	Zusätzliche Kommentare
Fremdstoffe	Anteil im Ausbaupasphalt	Deklaration Anforderungen	Zugelassene Verwendung des Ausbaupasphalts als Bestandteile neuer Asphaltmischgüter (je nach Fremdstoffanteil) wird auch definiert. Weitere Informationen hierzu finden Sie im Abschnitt 1.2.2.
bitumenhaltige Bindemittel	Art des Bindemittels	Deklaration	Handelt es sich um ein Strassenbaubitumen, ein modifiziertes Bitumen oder ein Hartbitumen?
	Eigenschaften des Bindemittels → Erweichungspunkt Ring und Kugel	Deklaration	Wenn der mittlere Erweichungspunkt höchstens 70°C beträgt und die Einzelwerte höchstens 77°C, ist das Asphaltgranulat in der Regel für die Verwendung in einem Asphaltmischgut geeignet. Im anderen Fall müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Dies gilt vor allem für Strassenbaubitumen.
	Bindemittelgehalt	Angabe	
Gesteinskörnungen	Enthaltene Gesteinskörnung d/D	Angabe	Was die in der Schweiz verfügbaren RAP-Typen angeht, sind die RAP-Typen 0/16 und 0/22 die heutzutage in der Schweiz am meisten hergestellten RAP-Typen sind die RAP-Typen 0/11 und 11/22 die selten hergestellten RAP-Typen.
	Korngrößenverteilung (Siebkurve)	Deklaration	
	Gebrochene Oberflächen in Gesteinskörnungen ≥ 4 mm	Anforderungen	Hier gelten reduzierte Anforderungen im Vergleich zu der Norm über Gesteinskörnungen (EN 13 043). Ziel ist, den Recyclinganteil in einem Asphaltmischgut zu erhöhen.
	Kornform	Deklaration	
Ausbaupasphalt	Maximale Stückgrösse	Angabe	Kann von grossen Klumpen bis zu fein gemahlenem Material reichen. Die Information ist in erster Linie wichtig für den Prozess der Gewinnung des Asphaltgranulats aus Ausbaupasphalt.
	Homogenität Beurteilung anhand: <ul style="list-style-type: none"> • Prozentuale Anteile grober und feiner • Gesteinskörnungen • Fülleranteil • Bindemittelgehalt • Erweichungspunkt 	Deklaration	Massgebender Parameter, um die Recyclinganteile in den Asphaltmischgütern zu erhöhen. Sehen Sie hierzu auch das untenstehende Beispiel.

Tabelle 5: Hauptelemente, die laut der Norm SN EN 13108-8 berücksichtigen werden müssen

Die Homogenität des Ausbaupasphalts sowie die Informationen über das bitumenhaltige Bindemittel und die Gesteinskörnungen sind essenziell für die Realisierung einer Zusammensetzung, die gewährleistet, dass die Recyclingasphalte die Anforderungen der Normen über die Eigenschaften, Leistungen und Dauerhaftigkeit jederzeit erfüllen. Die Eigenschaften des Ausbaupasphalts sowie seine Homogenität definieren daher den maximalen Ausbaupasphaltanteil in einem bestimmten Recyclingasphalt. Eine ständige Überwachung der Qualität und der Homogenität der Ausbaupasphaltnager ist deshalb notwendig.

Zur Illustration finden Sie im Folgenden zwei Beispiele über den Einfluss der Eigenschaften der Bestandteile des Ausbaupasphalts sowie seiner Homogenität auf den zulässigen Maximalausbaupasphaltanteil in der Zusammensetzung eines Recyclingasphalts.

Berechnung des Erweichungspunktes des (finalen) Bindemittels eines Asphaltmischgutes bei Verwendung von Ausbauasphalt

(Anhang A der Norm SN 640 431-1-NA / EN 13 108-1 [11])

$$T_{R\&Bmix} = a \times T_{R\&B1} + b \times T_{R\&B2}$$

Dabei ist

- $T_{R\&Bmix}$ der berechnete Erweichungspunkt des Bindemittels im resultierenden Mischgut.
- $T_{R\&B1}$ der Erweichungspunkt des aus dem Ausbauasphalt rückgewonnenen Bindemittels.
- $T_{R\&B2}$ der Erweichungspunkt des zugegebenen Bindemittels.
- a und b sind die Massenanteile des Bindemittels aus dem Ausbauasphalt (a) und des zugegebenen Bindemittels im Mischgut (b). Daher gilt: $a + b = 1$.

Je nach Asphalttyp und -sorte muss das finale Bindemittel des Mischguts bestimmte Anforderungen an seine Eigenschaften, und insbesondere seinen Erweichungspunkt, erfüllen. Anhand der obenstehenden Berechnungsformel kann aufgezeigt werden, wie die Eigenschaften des aus dem Ausbauasphalt rückgewonnenen Bindemittels diejenigen des finalen Bindemittels des Recyclingasphalts beeinflussen können.

Wie schon erwähnt, sind die aus dem Ausbauasphalt rückgewonnenen Bindemittel im Allgemeinen relativ hart und steif. Das bedeutet, dass der Wert des Erweichungspunktes relativ hoch ist. Im Fall eines hohen Ausbauasphaltanteils im Recyclingasphalt muss daher das verwendete (weiche) Zugabebitumen die Härte und die Steifigkeit des aus dem Ausbauasphalt rückgewonnenen Bindemittels kompensieren. Ansonsten, wenn dies aus technischen Gründen nicht machbar ist, muss der Ausbauasphaltanteil beschränkt werden. Auch die Verwendung von Zusätzen (Weichmacher, Verjüngungsmittel) ist eine Möglichkeit, um den Ausbauasphaltanteil noch zu erhöhen.

1.5.1 Homogenität (Beispiel aus der deutschen Methodik)

Das Merkblatt für die Wiederverwendung von Ausbauasphalt [23] enthält, in Abhängigkeit von der Asphaltmischgutart, Nomogramme, um die maximale Zugabemenge an Asphaltgranulat in einem Asphaltmischgut zu bestimmen. Diese maximale Menge ist von der Spannweite der folgenden fünf Merkmale des Asphaltgranulats abhängig: Erweichungspunkt Ring und Kugel, Bindemittelgehalt, Füllergehalt (< 0.063 mm), Kornanteil 0.063 bis 2 mm, Kornanteil > 2 mm.

Im Folgenden ist ein Anwendungsbeispiel (Abbildung 3) für eine Tragschicht aufgeführt. Fünf Proben eines Asphaltgranulats wurden geprüft und der Mittelwert sowie die Spannweite der zu berücksichtigenden Merkmale wurden berechnet. Die Resultate führen zu einer maximalen Zugabemenge an Asphaltgranulat von 40 M.-%.

Dieses Beispiel illustriert gut, dass das Beherrschen und die Gewährleistung der Homogenität des Ausbauasphalts ein massgebender Parameter sind, um den Recyclinganteil in den Asphaltmischgütern zu erhöhen.

Merkmal	Erweichungspunkt Ring und Kugel [°C]	Bindemittelgehalt [M.-%]	Kornanteil < 0,063 mm [M.-%]	Kornanteil 0,063 bis 2 mm [M.-%]	Kornanteil > 2 mm [M.-%]
Probe Nr. 1	67,0	5,0	9,9	37,7	52,4
Probe Nr. 2	62,0	5,8	11,3	35,2	53,5
Probe Nr. 3	64,0	4,9	9,3	29,8	60,9
Probe Nr. 4	68,0	5,9	6,7	31,5	61,8
Probe Nr. 5	66,0	5,1	12,1	33,8	54,1
Mittelwert	65,5	5,3	9,9	33,6	56,5
Spannweite	6,0	1,0	5,4	7,9	9,4

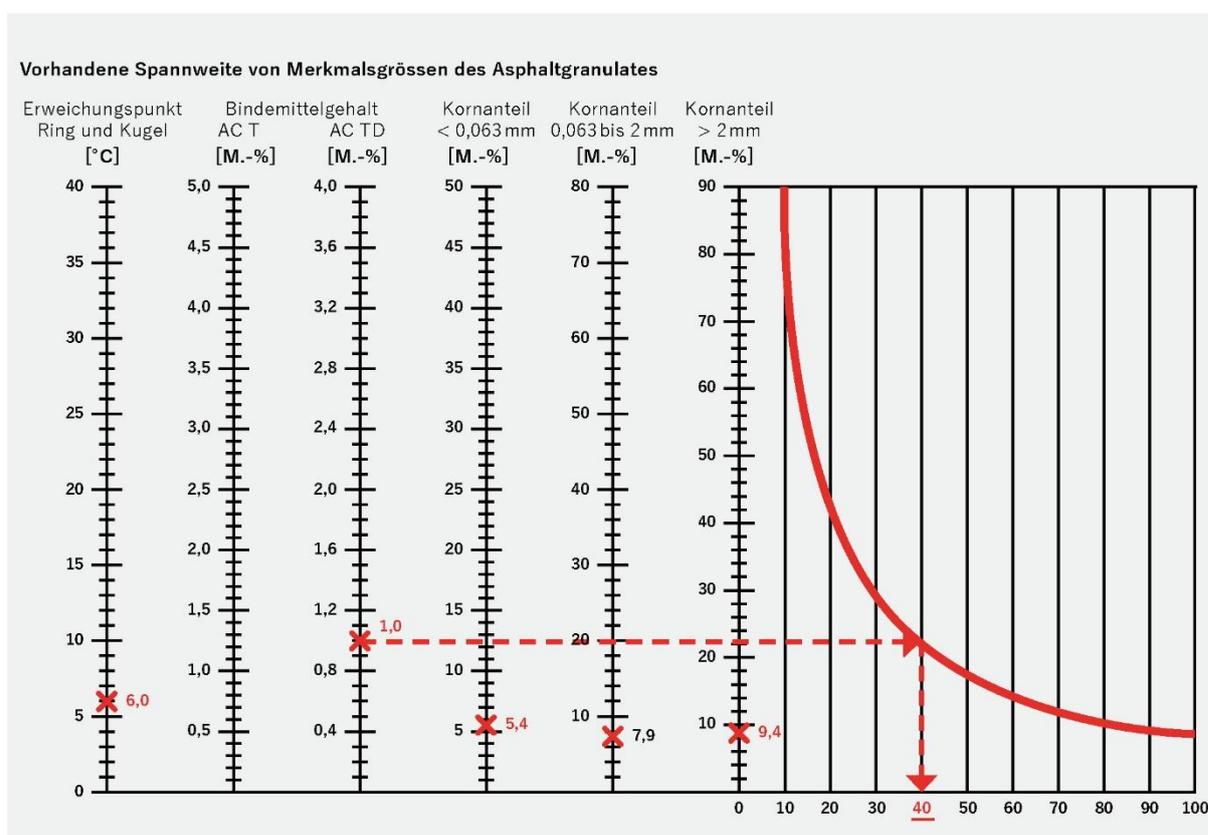


Abbildung 3: Beispiel zur Ermittlung der maximal möglichen Zugabemenge an Asphaltgranulat in Abhängigkeit der Homogenität der Merkmale des Asphaltgranulates – Anwendungsbeispiel einer Tragschicht (Quelle M WA [23])

Zuletzt enthält die Norm SN EN 13 108-8 [8] auch Elemente über die Probenahme und die zu berücksichtigende Probeanzahl sowie über die Identifikation des Ausbauasphalts (Abschnitt G der Norm SN EN 13 108-8 [8]).

1.6 Andere Anwendungsmöglichkeiten des Ausbausplatts: Fall des Sekundärsplitts

Nebst der Herstellung von Asphaltgranulat bestehen auch andere Verwendungsmöglichkeiten für Ausbausplatt im Rahmen der Herstellung von neuen Asphaltmischgütern. Obwohl nicht im Fokus der Guideline, ist es jedoch relevant das Thema der Gewinnung von Sekundärsplitt aus dem Ausbausplatt zu erwähnen.

Der Sekundärsplitt wird effektiv auch als Bestandteil für die Herstellung von neuen Asphaltmischgütern verwendet. Es ist wichtig zu erwähnen, dass dieses Projekt im Kanton Zürich einen Pilotcharakter hat und noch in der Entwicklung ist.

Der Prozess zur Gewinnung von Sekundärsplitt besteht aus einem Auftrennen von Mineralstoffen und Bindemitteln des Ausbausplatts. Wie auf der untenstehenden Abbildung 5 illustriert, wird der Sekundärsplitt durch die Weiterführung des Aufbereitungsprozesses des Ausbausplatts hergestellt.

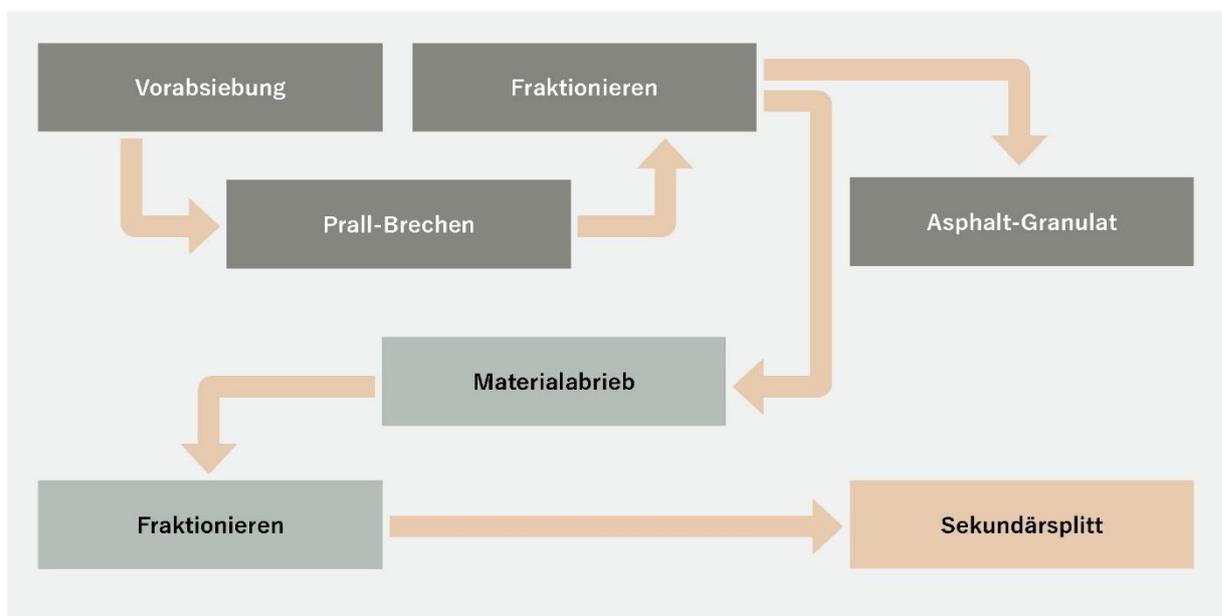


Abbildung 4: Prozess zur Gewinnung von Sekundärsplitt (Quelle BHZ Baustoff Holding Zürich AG)

Damit beim mechanischen Zerkleinerungsprozess von Ausbruchasphalt möglichst wenig Splitt Fraktionen > 8 mm zerstört wird und damit keine unnötigen Feinanteile produziert werden, ist ein schonendes Aufbrechen des Konglomerats durchzuführen. Durch das Abreiben des Bitumenfilms mittels aneinanderreibender Splittkörner kann der dem Asphalt bereits früher zugegebene Splitt 8/11, 11/16 und 16/22 mm rückgewonnen werden. Der Prozess muss so erfolgen, dass der Restbindemittelgehalt im Splittgemisch bei < 1 [M.-%] liegt. Dies ist erforderlich, damit die Qualität und die Anforderung eines zukünftigen Mischgutes mit Sekundärsplitt gewährleistet sind.

Die folgende Abbildung 5 stellt die Anteile der verschiedenen Materialien dar, die aus dem Ausbauasphalt mittels des Sekundärsplittprozesses rückgewonnen werden.

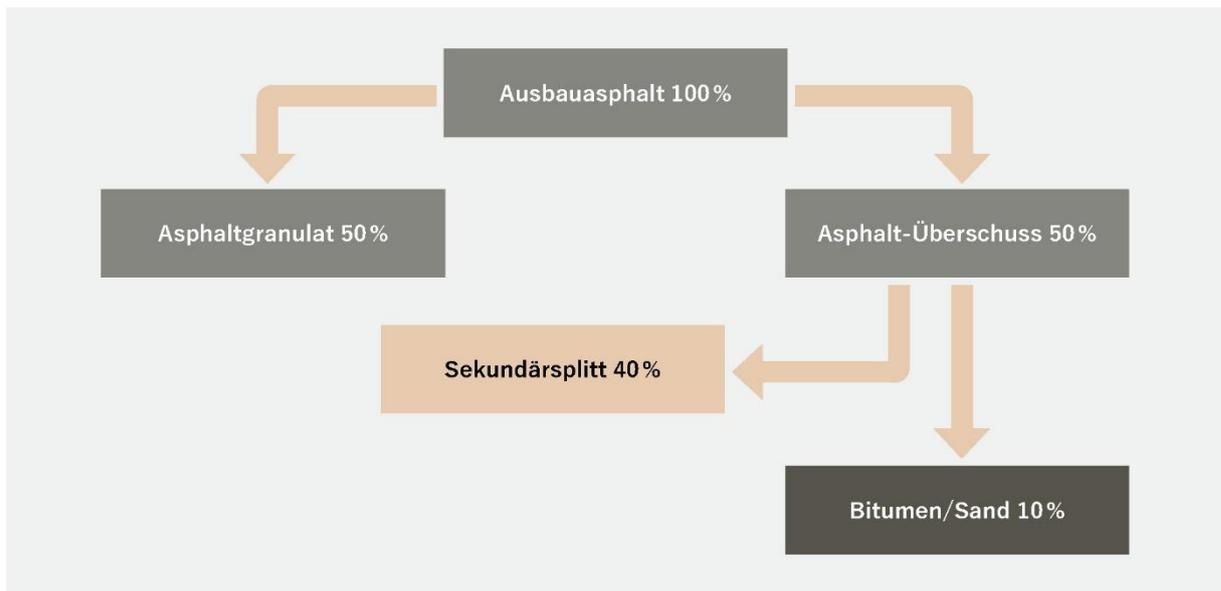


Abbildung 5: aus dem Ausbauasphalt mittels des Sekundärsplittprozesses rückgewonnene Materialien (Quelle BHZ Baustoff Holding Zürich AG)

Der so rückgewonnene Splitt erfüllt die Anforderungen von Primärsplitt in Bezug auf seine petrografischen Eigenschaften (inklusive PSV-Werten). Dies ist darauf zurückzuführen, dass der einmal im Asphalt eingesetzte Splitt, bereits in seiner ersten Verwendungsstufe als Primärmaterial mit seinen Eigenschaften die Anforderungen für eine Verwendung im Asphalt erfüllen musste.

Der Einsatz von Sekundärsplitt stellt eine wichtige Komponente in der Kreislaufwirtschaft dar und ermöglicht, den Anteil an recycelten Baustoffen im Asphalt zu erhöhen. Das Ziel besteht primär darin, einen ausgeglichenen Materialfluss vom Input (Ausbauasphalt) zum Output (Recyclingasphalt) zusammen mit den bereits eingesetzten Asphaltgranulaten sicherzustellen.

2 Die verschiedenen Asphaltmischgutprodukte

2.1 Normendefinitionen und kurze Beschreibung

In diesem Abschnitt werden die Begriffe *Asphaltmischgut*, *Recyclingmischgut*, *heisses Mischgut* sowie *warmes Mischgut (Niedertemperaturasphalt)* definiert. Die Definitionen kommen aus der Norm SN 640 420 [10].

Asphaltmischgut

Asphaltmischgut ist *aus Gesteinskörnungen, Bitumen oder bitumenhaltigen Bindemitteln und allfälligen Zusätzen zusammengesetzt*. Unter Zusätzen werden beispielsweise Fasern oder chemische Zusätze (Wachs, Verjüngungsmittel) verstanden.

Recyclingmischgut

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

Heisses und warmes Asphaltmischgut

Die Herstellungs- sowie Verarbeitungstemperatur unterscheiden heisses Asphaltmischgut (auch Heissmischgut genannt) von warmen Asphaltmischgut (auch Niedertemperaturasphalt genannt).

Die übliche Herstellungstemperatur eines Asphaltmischguts entspricht der eines heissen Mischgutes und beträgt 160°C oder mehr. Diese Temperatur wird je nach Viskosität des Bindemittels definiert, damit eine optimale Umhüllung der Gesteinskörnungen gewährleistet wird. Die Temperatur spielt auch eine wichtige Rolle puncto Einbau des Mischgutes (Verdichtbarkeit, Verarbeitbarkeit) auf der Baustelle. Die Temperatur, bei der die optimale Viskosität erreicht wird, hängt vom Bindemitteltyp ab. Es gibt jedoch Herstellungsverfahren und chemische Zusätze, die es ermöglichen, die Viskosität des Bindemittels zu reduzieren, ohne die Temperatur erhöhen zu müssen. Dadurch kann eine optimale Umhüllung der Gesteinskörnungen erreicht werden, während die Herstellungstemperatur reduziert wird (d.h. eine Erhöhung der Herstellungstemperatur wird vermieden). Die so hergestellten Asphaltmischgüter werden als Niedertemperaturasphalte bezeichnet. Die Herstellungstemperatur wird entsprechend um etwa 30°C gesenkt.

2.2 Die verschiedenen Asphaltmischguttypen und Sorten

Hier handelt es sich nur um eine kurze Zusammenfassung mit den wichtigsten Elementen. Mehr dazu können Sie u.a. in der Publikation Verkehrswege [24] finden.

Zunächst ist es wichtig, zu wissen, dass es nicht nur ein einziges Asphaltmischgut gibt, sondern dass mehrere Arten unterschieden werden können.

Die Hauptelemente, die die verschiedenen Arten von Asphaltmischungen voneinander differenzieren, sind:

- die Korngrösse (z.B. 8, 11 oder 16) und die Korngrössenverteilung (stetige Korngrössenverteilung oder Ausfallkörnung, d.h. diskontinuierliche Korngrössenverteilung);
- die Eigenschaften der Gesteinskörnungen (insbesondere physikalische und geometrische);
- der Bindemittelgehalt;
- der Bindemitteltyp (Strassenbaubitumen, polymermodifizierter Bitumen (PmB), hartes Bitumen);
- allfällige Zusätze.

Diese Elemente haben einen deutlichen Einfluss auf die Steifigkeit, die Beständigkeit gegen Spurrinnen und Ermüdung sowie die Wasserempfindlichkeit, die Verdichtbarkeit und die Oberflächeneigenschaften des Asphaltmischguts. Weiter sind diese Elemente auch massgebend, um spezifische Eigenschaften resp. Leistungen zu erhalten (z.B. Dränasphalt/offenporiger Asphalt oder lärmarmes Belag).

Die verwendeten Asphaltmischgüter müssen in Abhängigkeit der einzubauenden Schicht (z.B. AC B oder AC T) und den äusseren Bedingungen, wie Verkehr und Klima (z.B. Typ N oder S), ausgewählt werden.

Mehr Informationen dazu sind in der Norm SN 640 420 [10] Ziffer 6 (Mischgutgruppen), 7 (Mischgutsorten) und 8 (Mischguttypen) zu finden.

Die Zusammensetzung eines bestimmten Asphaltmischguts ist auf der Deklaration oder der Typprüfung angegeben. Der Ausbauasphaltanteil sowie die Verdichtungstemperatur zum Erhalten der Marshall-Werte stehen auch auf diesen Unterlagen. Sehen Sie dazu auch die Kapitel 5.5 und 6.2.

2.3 Vorteile des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts

Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt bieten mehrere Vorteile, die hier im Folgenden aufgeführt sind.

2.3.1 Recyclingmischgut

Die Verwendung von Ausbaupasphalt für die Herstellung von neuen Recyclingmischgütern führt insbesondere zu einer Optimierung des Materialkreislaufes in Bezug auf Umwelt und Wirtschaftlichkeit. So ermöglicht die Verwendung von Ausbaupasphalt Einsparungen an natürlichen Ressourcen (Granulaten und Erdöl, der Ausgangsressource für Bitumen) sowie Deponieraum. Ein weiterer Vorteil ist die Reduzierung der Beschaffungskosten für das Bindemittel. Diese Kosten sind im Hinblick auf die Gesamtkosten der Herstellung eines Asphaltmischguts überwiegend. Des Weiteren werden die Beschaffungskosten für die Gesteinskörnungen durch die Beschaffungskosten des Ausbaupasphalts (Lagerung, Transport, Aufbereitung, Qualitätskontrolle) kompensiert.

2.3.2 Niedertemperaturasphalt

Niedertemperaturasphalt führt zur Energieeinsparung und Reduzierung von (CO₂-) Emissionen. Im Vergleich zu Heissmischgut kann dank der Verwendung einer Niedertemperaturtechnologie mindestens 25% des Energieverbrauchs eingespart werden. Die

Niedertemperaturtechnologie ermöglicht auch eine Verringerung der Dämpfe und Gerüche während der Herstellung und des Einbaus. Dies verbessert die Arbeitsbedingungen in Produktionsanlage sowie im Allgemeinen auch auf der Baustelle und reduziert die Auswirkungen auf die Anwohner in der Nähe der Mischanlagen. Die Niedertemperaturtechnologien ermöglichen des Weiteren eine Verdichtung des Mischgutes bei niedrigeren Temperaturen im Vergleich zu Heissmischgut. Dies führt in den meisten Fällen zu einer früheren Öffnung einer Fahrbahn für den Verkehr nach dem Einbau der Schichten. Dank der reduzierten Herstellungs- und Einbautemperaturen ist die Alterung des Bitumens geringer im Vergleich zu jener bei Heissmischgütern. Dank einer Optimierung der Rezeptur führt dies zu einer besseren Dauerhaftigkeit des Belags.

Mehr Informationen über die Vorteile des Niedertemperaturasphalt und deren Anwendungsbereiche können Sie im Forschungsbericht Initial Projekt – Asphaltmischgut mit geringer energetischer und ökologischer Belastung [25] finden.

2.3.3 Kombination von Recyclingmischgut und Niedertemperaturtechnologie

Es ist heute möglich beide Technologien (Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt) zu kombinieren. Dadurch werden die energetischen und ökologischen Auswirkungen reduziert. In bestimmten Fällen ist es auch möglich, das Verhalten des Mischguts (mechanische Eigenschaften, Wasserempfindlichkeit) zu verbessern.

2.3.4 Fazit

	Recyclingmischgut	Niedertemperaturasphalt
Hauptvorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierung des Materialkreislaufes in Bezug auf Umwelt und Wirtschaftlichkeit. • Einsparungen an natürlichen Ressourcen (Granulaten und Erdöl, der Ausgangsressource für Bitumen) • Einsparung an Deponieraum. • Reduzierung der Beschaffungskosten für das Bindemittel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Energieeinsparung, mind. -25% im Vergleich zu Heissmischgut. • Reduzierung von (CO₂-) Emissionen. • Verringerung der Dämpfe und Gerüche während Herstellung und Einbau. • Verbesserung der Arbeitsbedingungen in Produktionsanlage sowie im Allgemeinen auch auf der Baustelle. • Reduzierung der Auswirkungen auf die Anwohner in der Nähe der Mischanlagen. • Dank der reduzierten Herstellungs- und Einbautemperaturen: geringere Alterung des Bitumens im Vergleich zu jener bei Heissmischgütern.

Tabelle 6: Hauptvorteile der Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte

Der Umweltnutzen und die ökonomischen Vorteile der Recyclingtechnologie sind höher im Vergleich zur Niedertemperaturtechnologie. Wenn aufgrund eines Zielkonflikts eine Entscheidung getroffen werden muss, ist es wichtig, sich auf das Thema Recycling zu fokussieren. Mehrere Niedertemperaturtechnologien (Produkte) koexistieren (vgl. Kapitel 2.5): es ist schwierig, allgemeine Schlussfolgerungen (Kosten, Ökobilanz) zu ziehen.

2.4 Besonderheiten und zu berücksichtigende Schwerpunkte

Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt müssen die gleichen Leistungen und die gleiche Dauerhaftigkeit wie herkömmliche Heissmischgüter ohne Recyclinganteil aufweisen.

2.4.1 Recyclingmischgut

Bei den Recyclingmischgütern sind die Charakterisierung sowie die Gewährleistung einer gewissen Homogenität des Ausbauasphalts wichtig. Die Änderung der geometrischen Eigenschaften der Gesteinskörnungen des Ausbauasphalts sowie der Alterungsgrad des Restbindemittels und seine Mischung mit dem Zugabebitumen müssen berücksichtigt werden (vgl. Abschnitt 1.4). Schliesslich gibt es noch einige technische Einschränkungen, was die Recyclingmischgüter für die Deckschichten und die Mischgüter mit hartem Bitumen (AC EME) betrifft. Diese Aspekte werden in den nächsten Kapiteln (vgl. Abschnitt 5.1) näher erläutert.

2.4.2 Niedertemperaturasphalt

Bei den Niedertemperaturasphalten sind die Beherrschung der optimalen Viskosität des Bindemittels und einer genügenden Verarbeitbarkeit des Mischgutes während des ganzen Prozesses, d.h. von der Herstellung des Mischgutes bis zur Inbetriebnahme der Fahrbahn nach dem Einbau, entscheidend. In Abhängigkeit des ausgewählten Herstellungsverfahrens (vgl. Abschnitt 2.5), müssen auch die Änderungen der Eigenschaften des Bitumens (durch die Verwendung von Additiven) berücksichtigt werden, damit die Leistungen und die Dauerhaftigkeit des Endproduktes nicht beeinträchtigt wird.

2.4.3 Fazit

	Recyclingmischgut	Niedertemperaturasphalt
Zu berücksichtigende Schwerpunkte und Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none">• Charakterisierung und Gewährleistung der Homogenität des Ausbausphalts.• Berücksichtigung der Änderungen der geometrischen Eigenschaften der Gesteinskörnungen sowie der Alterungsgrad des Restbindemittels.• Mischung des aus dem Ausbausphaltrückgewonnenen Bindemittels mit dem Zugabebindemittel und Eigenschaften des finalen Bindemittels.• Technische Einschränkungen, was die Recyclingmischgüter für die Deckschichten und die Mischgüter mit hartem Bitumen (AC EME) angeht.	<ul style="list-style-type: none">• Beherrschung der optimalen Viskosität des Bindemittels.• Genügende Verarbeitbarkeit des Mischguts während des ganzen Prozesses: von der Herstellung des Mischgutes bis zur Inbetriebnahme der Fahrbahn nach dem Einbau.• Mehrere (unterschiedliche) Produkttypen.• Berücksichtigung der Änderungen der Bindemittleigenschaften (in dem Fall der Verwendung von Additiven).

Tabelle 7: zu berücksichtigende Schwerpunkte und Besonderheiten für die Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte

2.5 Herstellungsverfahren

Wichtig ist es zu wissen, dass die in der Schweiz betriebenen Asphalt Mischanlagen im Vergleich zum europäischen Ausland, mehrheitlich einen guten Ausbaustandard aufweisen. Des Weiteren weist die Schweiz ein dichtes Netz von Mischanlagen auf. Recyclingmischgut mit einem hohen Ausbausphalanteil sowie Niedertemperaturasphalt können daher auf fast jede Baustelle in der Schweiz geliefert werden.

2.5.1 Herstellung des Recyclingmischguts

Bei der Herstellung von Recyclingmischgut besteht die grösste Herausforderung darin, eine Mischanlage ausreichend auszurüsten. So müssen die Bestandteile genügend erhitzt werden können, um die angestrebte Herstellungstemperatur zu erreichen, ohne die Bindemittel (Zugabebindemittel und Restbindemittel des Ausbausphalts) zu beschädigen. Die Erreichung der angestrebten Herstellungstemperatur ermöglicht insbesondere eine gute Reaktivierung des Restbindemittels des Ausbausphalts, eine Auflösung von Ausbausphaltekonglomeraten (Cluster) und eine optimale Umhüllung der Gesteinskörnung mit Bindemittel.

In der Schweiz sind heute mehrere Mischanlagentypen in Betrieb.

Der Anteil an Anlagen die ohne Asphaltrecycling-Zugaben (d.h. nur mit Primärsplitt) betrieben werden, ist äusserst gering. So befindet sich die Produktion solcher Mischanlagen in Bezug auf die Materialkosten in einem wirtschaftlichen Grenzbereich. Entsprechend weisen

solche Mischanlagen geringe Jahresmengen in der Produktion sowie eine tiefe Stundenleistung auf.

Häufiger vorhanden sind hingegen Mischanlagen, die auf der Basis von nur einer Trockner-trommel für den Mineralstoff (Brechsand/Splitt) gebaut sind und (später) zusätzlich über eine Kaltzugabe von Asphaltgranulat direkt in den Mischer verfügen. Diese Art der Verfahrenstechnik verlangt höhere Mineraltemperaturen beim Trocknen, um die angestrebte Herstellungstemperatur zu erreichen. Entsprechend sind solche Mischanlagen energetisch eher ungünstig und führen zu einem hohen CO₂-Ausstoss. Wegen der höheren Temperaturen sind sie auch in Bezug auf die Schädigung des Zugabebindemittels eher problematisch. Da es sich um eine Kaltzugabe des Ausbauasphalts handelt, sind die Asphaltgranulate bei der Zugabe noch feucht, was zur Entstehung eines bedeutenden Dampfstoßes im Mischer führt. Dadurch werden die Emissionswerte ungünstig beeinflusst.

Weit verbreitet in der Schweiz ist die klassische Parallel-Trommel-Anlage. Bei diesem Misch-anlantentyp werden die Mineralstoffe in einer ersten Trommel auf ca. 200°C und die Asphaltgranulate parallel (d.h. gleichzeitig) in einer zweiten Trommel auf ca. 120 °C erhitzt. Durch dieses Vorgehen ergibt sich im Fall von Tragschichten bei einer Recyclingzugabemenge von 50% eine ideale Mischguttemperatur von 150°C. Beide Trommeln arbeiten mit einem Unterdruck-Verfahren, so dass die Feinstoffe über einen Filter abgeschieden werden. Die Anordnung der Brenner ist so gewählt, dass die Mineralstoffe in der Trommel zur Brennerflamme hinlaufen, während das Recyclingmaterial unmittelbar nach dem Brenner zugeführt wird und damit von der Flamme wegläuft. Diese Anlagen erfüllen die heutigen Anforderungen an die Emissionsgrenzwerte.

Die zurzeit neuste Generation von Asphaltwerken basiert auf dem gleichen Konzept wie die klassischen Parallel-Trommel Anlagen. Der verfahrenstechnische Fortschritt liegt im Konzept der Recyclingtrommel, die im Gegenstrom-Prinzip betrieben wird. Das Asphaltgranulat wird in der Trommel gegen die Flamme geführt, jedoch rund 5 m vor dieser aus der Trommel geworfen. Die Flamme bildet im so genannten «Heissluftherzeuger» eine Hitze von rund 800°C und das in der Trommel geförderte Recyclingmaterial wird von dieser sehr heissen Luft umströmt. Dieser schonende Erhitzungsprozess erlaubt es, das Recyclingmaterial auf 150°C zu erwärmen, ohne dadurch das Restbitumen zu schädigen. Der grosse Vorteil dieser Verfahrenstechnik liegt darin, dass die beiden Trockner-trommeln nicht gleichzeitig betrieben werden müssen. Mischgut mit 100% Asphaltrecycling kann so theoretisch produziert werden. Die Emissionswerte liegen bei diesem Anlage-Typ unter den heutigen Grenzwerten.

Zukünftige Anlagen werden in Hinblick auf die Emissionswerte noch viel tiefer liegen. So sind in jüngster Vergangenheit entsprechende Techniken der Wärmeerzeugung von einzelnen Anbietern für den industriellen Betrieb tauglich gemacht worden. Eine weitere Entwicklung wird in Richtung der höheren bzw. effizienteren Zugabe von recycelten Materialien gehen. So sind bereits heute die Anlagen in ihrer vertikalen Anordnung so gebaut, dass der Recycling-Materialfluss in einer «Freifall-Achse» von der Trockner-Trommel bis zum Mischer ungestört verläuft.

Mischanlagentyp	Beschreibung	Mögliche Recyclingmenge
ohne Ausbauasphaltzugabe (nicht ausgerüstet)	<ul style="list-style-type: none"> • geringer Anteil am Anlagenpark in der Schweiz. • an der Grenze der Wirtschaftlichkeit Reduzierung der Beschaffungskosten für das Bindemittel. 	0%
mit einer einzigen Trocknertrommel, aber für die Kaltzugabe des Ausbauasphalts ausgerüstet	<ul style="list-style-type: none"> • noch weit verbreitet. • erfordert ein hohes Erhitzen der Mineralstoffe beim Trocknen. • potenzielle Schädigung des Bindemittels (infolge der hohen Mineralstofftemperatur). • energetisch ungünstig und hoher CO₂-Ausstoss. • Im Mischer kann ein Dampfstoß entstehen (Zugabe von feuchtem Ausbauasphalt). • hohe Emissionswerte. 	15 - 25%
klassische Parallel-Trommel (Warmzugabe des Ausbauasphalts)	<ul style="list-style-type: none"> • weit verbreitet in der Schweiz. • Mineralstoffe (ca. 200°C) und Ausbauasphalt (120°C) werden separat erhitzt. • erfüllt die heutigen Anforderungen an die Emissionsgrenzwerte (Feinstofffiltration). 	30 - 60%
neuste Generation von Asphaltwerken (Warmzugabe des Ausbauasphalts)	<ul style="list-style-type: none"> • neuste Generation. • ähnlich wie die klassische Parallel-Trommel, mit einer Anpassung was die Recyclingtrommel betrifft (Gegenstrom-Prinzip). • indirektes schonendes Erhitzen des Ausbauasphalts auf hohe Temperaturen (150°C). • beide Trommeln (Mineralstoffe und Ausbauasphalt) müssen nicht unbedingt gleichzeitig funktionieren. • Emissionswerte liegen unter den heutigen Grenzwerten. 	60 - 100%

Tabelle 8: Beschreibung der verschiedenen Mischanlagentypen und der dazugehörigen möglichen prozentualen Recyclingmenge (Situation in der Schweiz)

Nur die beiden letztgenannten Mischanlagentypen (klassische Parallel-Trommel und Gegenstrom-Trommel) erlauben es, Recyclingmischgut mit hohen Ausbauasphaltanteilen herzustellen.

Bei den in diesem Abschnitt beschriebenen Mischanlagentypen handelt es sich um die in der Schweiz vorwiegend vorhandenen Typen. Natürlich gibt es verschiedene weitere Herstellungsverfahren bei der Produktion von Recyclingmischgut. Es handelt sich dabei jedoch stets um firmenspezifische Prozesse.

Bei der Produktion von Recyclingmischgütern mit hohen Ausbauasphaltanteilen ist es möglich, chemische Zusätze (z.B. Verjüngungsmittel) zu verwenden. Diese helfen insbesondere, um das Restbindemittel aus dem Ausbauasphalt zu reaktivieren und seine ursprünglichen Eigenschaften zurückzugewinnen. Solche Verjüngungsmittel werden jedoch in der Schweiz noch selten verwendet, dementsprechend sind sie nicht normiert und die Auswahl der angebotenen Produkte auf dem Schweizer Markt ist klein.

2.5.2 Herstellung des Niedertemperaturasphalts

Die Herstellung von Niedertemperaturasphalt erfordert eine Anpassung oder Änderung des üblichen Herstellungsprozesses.

Wie schon erwähnt, besteht das Prinzip des Niedertemperaturasphalts darin, die Herstellungstemperatur zu reduzieren und damit die ökologische Bilanz des Produkts (Emissionen, Energieverbrauch) zu verbessern. Die Reduzierung der Herstellungstemperatur hat jedoch

einen Einfluss auf die Viskosität des Bindemittels. Die Einhaltung einer optimalen Viskosität des Bindemittels, insbesondere bei der Herstellung, dem Einbau und der Verdichtung des Asphaltmischguts, ist eine wesentliche Voraussetzung, um eine gute Umhüllung sowie genügende Verarbeitbarkeit und Verdichtbarkeit des Mischguts zu gewährleisten.

In der Schweiz werden hauptsächlich zwei Herstellungsverfahren angewendet, die es ermöglichen die Herstellungstemperatur der Asphaltmischgüter zu reduzieren und gleichzeitig den Einfluss auf die Viskosität des Bindemittels zu kompensieren. So ist zur Herstellung von Niedertemperaturasphalt entweder die Verwendung von Additiven oder die Verwendung von Schaumbitumen notwendig.

- Niedertemperaturasphalt durch Additivzugabe

Die Art der verwendeten Additive kann unterschiedlich sein. So gibt es flüssige Additive (z.B. chemische Zusätze) und feste Additive (u.a. Wachse).

Die Additive beeinflussen die Grenz- und Oberflächenspannung zwischen dem Bindemittel und der Gesteinskörnung (Reduzierung), was die Benutzbarkeit und/oder die Viskosität des Bindemittels verbessert.

Die Dosierung der Additive liegt im Allgemeinen bei flüssigen Additiven zwischen 0.2% bis 0.5% der Bindemittelmasse und bei festen Additiven zwischen 1% und 2% der Bindemittelmasse. Dies ist jedoch je nach Additiv sehr unterschiedlich.

Die Verwendung von Additiven für die Herstellung von Niedertemperaturasphalt erfordert grundsätzlich keine spezifische Ausrüstung resp. Anpassung der Mischanlage. Die Zugabe der Additive erfolgt meistens direkt im Mischer (flüssige und feste Additive). Ebenfalls verwendet man spezifische Leitungen an der Mischanlage, insbesondere für die Zugabe von flüssiger Additiver. Teilweise sind die Additive bereits mit dem verwendeten Bindemittel gemischt und werden in dieser Form an die Mischanlage geliefert. Die Zugabe von Additiven hat dementsprechend den Vorteil, dass die Herstellung von einzelnen (punktuellen) Chargen von Niedertemperaturasphalt möglich ist.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist ein mit Additiven hergestellter Niedertemperaturasphalt aufgrund der Beschaffungskosten der Additive im Vergleich zu Standardprodukten teurer. Diese werden jedoch durch die Kostengewinne infolge der Energieeinsparung kompensiert. Was die ökologischen Aspekte betrifft, kann die Verwendung von gewissen Additiven die Gesamtkölbilanz der Produkte verschlechtern, da die ökologischen Vorteile der Niedertemperaturasphalte, insbesondere die Reduzierung des Energieverbrauchs, durch die Verwendung von zusätzlichen Rohstoffen (Additiven) gemindert werden.

Wichtig ist auch zu wissen, dass die Verwendung von Additiven die Bindemittleigenschaften verändert. Dieser Aspekt muss berücksichtigt werden, insbesondere was den Einfluss auf das Verhalten und die mechanischen Eigenschaften des Endproduktes angeht. Diese dürfen die Leistungen und die Dauerhaftigkeit des Endproduktes nicht negativ beeinträchtigen.

- Niedertemperaturasphalt durch Schaumbitumen Technologie

Die Bitumenschaumbildung (Aufschäumen des Bitumens) ist möglich dank einer Wasserzugabe, mit oder ohne Additiven. Die Wasserzugabe führt zu einer Reduzierung der Viskosität des Bindemittels. Sobald das Wasser mit dem heissen Bindemittel in Kontakt kommt, bildet sich ein Schaum. Dies verursacht eine Volumenzunahme des Bitumens (in Form von

Schaum). Die Verteilung des Bitumens und seine Haftung an den Gesteinskörnungen ist dadurch homogener (Verbesserung der Benutzbarkeit).

Die Erzeugung von Schaumbitumen bei der Herstellung von Asphaltmischgut benötigt eine spezifische Ausrüstung an der Mischanlage (Schaumgenerator). Da die Erzeugung von Schaumbitumen eine Umstellung der Produktion erfordert, ist dieses Vorgehen eher für Grossproduktionen geeignet und lohnt sich für kleine Mengen aus wirtschaftlicher Sicht nicht.

Der Vorteil dieses Vorgehens ist, dass die Eigenschaften des Bitumens nicht verändert werden. Die ökologische Gesamtbilanz ist zudem auch etwas besser als jene eines herkömmlichen Heissmischguts. Schliesslich sind die Kosten, abgesehen von den Kosten für die einmalige Anschaffung der notwendigen Ausrüstung mit den Kosten von Standardprodukten vergleichbar.

Niedertemperaturasphalt (Hauptbeispiele)		
	Durch Additivzugabe	Durch Bitumenschaumbildung
Prinzip	Zugabe von verschiedenen Arten von Additiven (flüssige und feste Additive), die die Eigenschaften des Bitumens verändern.	Bitumenschaumbildung durch die Zugabe von Wasser.
Wirkung/Effekt	Reduzierung der Viskosität und/oder Verbesserung der Benutzbarkeit.	Reduzierung der Viskosität des Bindemittels und Verbesserung der Verarbeitbarkeit.
Ausrüstung/Anpassung der Mischanlage	Keine spezifische Ausrüstung resp. Anpassung, eventuell zusätzliche Leitung.	Spezifische Ausrüstung (Schaumgenerator).
Anlagenbetrieb/Flexibilität	Mit entsprechenden Temperaturanpassungen: Herstellung von einzelnen (punktuellen) Chargen möglich.	Umstellung der gesamten Produktion notwendig, deshalb eher für Grossproduktion geeignet.
Wirtschaftliche Aspekte	Aufgrund der Beschaffungskosten der Additive sind zusätzliche Kosten zu erwarten.	Einmalige Anschaffungskosten für die Ausrüstung.
	Ähnliche Kosten wie jene für die Heissmischgüter.	
ökologische Aspekte (Gesamtökobilanz)	Deutliche Energieeinsparung.	
	Kann sich je nach der Art von Additiven verschlechtern.	Ist etwas besser im Vergleich zu einem herkömmlichen Heissmischgut.

Tabelle 9: Vergleichstabelle der Verfahren für die Herstellung von Niedertemperaturasphalt

Auch in diesem Abschnitt wurden nur die allgemeinen Herstellungsverfahren für Niedertemperaturasphalt beschrieben. Wie beim Recyclingmischgut existieren auch zusätzliche Herstellungsverfahren, um Niedertemperaturasphalt herzustellen. Dabei handelt es sich jedoch stets um firmenspezifische Verfahren.

2.6 Der Einbau

Nach der Herstellung wird das Asphaltmischgut üblicherweise sofort auf die Baustelle geliefert. Der Transport erfolgt mit Lastwagen. Um den Wärmeverlust während des Transports zu begrenzen, werden Mulden mit dichten Planen oder Thermomulden verwendet.

Auf der Baustelle wird das Asphaltmischgut mit einem Fertiger eingebaut. In manchen Fällen ist ein manueller Einbau notwendig (kleine Fläche, Hindernisse, besondere Form, Anfang oder Ende des Einbaus, Fugen). Für die Niedertemperaturasphalte wird ein manueller Einbau nicht empfohlen. Wegen der niedrigeren Einbautemperatur können diese steifer als herkömmliche Mischgüter sein, was den manuellen Einbau schwieriger macht und die Einbauqualität verschlechtern kann.

Ein wesentlicher Punkt des Einbaus ist die Verdichtung des Asphaltmischguts. Diese erfolgt einerseits bereits durch den Fertiger. Stets ist aber eine zusätzliche Verdichtung durch Walzen notwendig. Es ist entscheidend eine optimale Verdichtung des Asphaltmischguts zu erreichen, weil der Hohlraumgehalt und daher das mechanische Verhalten, die Dauerhaftigkeit und andere besondere Eigenschaften (Ableitung und Entwässerung von Regenwasser an der Oberfläche, Lärmeigenschaften, usw.) davon stark beeinflusst werden.

Die Erfahrungen mit Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt haben zudem gezeigt, dass sich die Verdichtbarkeit dieser Produkte im Vergleich zu Heissmischgut (mit oder ohne geringem Ausbauasphaltanteil) unterscheiden kann. Einerseits ist die Verdichtbarkeit des Recyclingmischguts leichter (Schmiereffekt des Restbitumens, Vorhandensein von Rundmaterialien), andererseits kann Niedertemperaturasphalt unter Umständen eine höhere Verdichtungsenergie benötigen.

Insbesondere Niedertemperaturasphalt kann je nach verwendeten Technologien bis zu einer Untergrenze von ca. 90°C verdichtet werden (genügend Viskosität). Das Einbauverhalten des Niedertemperatur-Mischguts kann demzufolge im Vergleich zu Standardprodukten abweichen. Für ein Team auf der Baustelle bedeutet dies, dass sie sich nicht auf die üblichen Signale und Hinweise verlassen können, die beim Einbau von Standardprodukten gelten. Der Einbau von Niedertemperaturasphalt erfordert daher besondere Kenntnisse und erfahrene Teams.

Teil 2

Bestandesaufnahme

3 Limitierende Faktoren für die Entwicklung von Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt

Ziel dieses Kapitels ist es, die Faktoren, die heute die Entwicklung und die Implementierung von Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt beschränken, vorzustellen.

Diese limitierenden Einflüsse wurden aus verschiedenen Quellen gesammelt, insbesondere aus:

- den Antworten eines Fragebogens, der am Anfang des Projekts erstellt und an repräsentative Mitglieder der Branche (Ämter des Bundes, der Kantone und der Städte sowie an private Bauherren, Ingenieurbüros, Fachverbände, Baufirmen und Asphaltproduzenten) breit verteilt wurde. 32 Fragebogen wurden verschickt und 21 Antworten sind zurückgekommen. Die verteilte Version des Fragebogens befindet sich im Anhang (Anhang 2);
- den bilateralen Gesprächen, die mit einigen Branchenakteuren (Baufirmen, Asphaltproduzenten, Bauherren) durchgeführt wurden;
- sowie dem Hauptaustausch, der bei den Zwischenpräsentationen der Guideline stattgefunden hat.

Die dabei identifizierten Faktoren betreffen mehrere Bereiche, insbesondere technische, wirtschaftliche, logistische, institutionelle und normative Aspekte.

Die Erkenntnisse lassen sich auch wie folgt zusammenfassen. Einige Limitierende Faktoren leiten sich primär auf negativen Vorstellungen oder unbegründeten Ideen ab, die mit mangelnden Fachkenntnissen und fehlender Erfahrungen zu tun haben. Andere betreffen einen Mangel an Kooperation und Transparenz zwischen den verschiedenen Branchenakteuren. Wieder andere betreffen methodische und Implementierungsprobleme. Auch wirtschaftliche Aspekte, welche die ökologischen Aspekte überwiegen, sind weiterhin ein limitierender Faktor. Letztlich sind die harten limitierenden Faktoren, d.h. die technischen und die gesetzlichen und normativen Faktoren, in der Minderheit.

Die limitierenden Faktoren bzw. Aussagen sind im Folgenden zusammengefasst und auf ihre Richtigkeit, in Form von «richtig» oder «falsch», bewertet. Einige der gesammelten Aussagen mussten erklärt, ergänzt oder sogar korrigiert werden. In den hier gezeigten Darstellungen finden Sie auch Hinweise, Informationen und Verweise zu anderen Kapiteln der Guideline – dies im Sinne eines Beitrags zur Reduzierung der limitierenden Faktoren.

Aussagen	Bewertung (richtig/falsch) und zusätzliche Hinweise
<p>«Die Qualität des Ausbausphalts ist ungenügend.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts.</p> <p>Gehört zu den technischen und logistischen limitierenden Faktoren.</p>	<p> (Teilweise richtig)</p> <p>Die Qualität des Ausbausphalts ist durch den Aufbereitungsprozess sowie die Durchführung von regelmässigen Untersuchungen gewährleistet. (Sehen Sie die Kapitel 1.3 und 1.5).</p> <p>Jedoch besteht noch ein Optimierungspotential, insbesondere um eine Verwertung auf dem höchstmöglichen Niveau zu erreichen.</p> <p>Die Homogenität des Ausbausphalts ist dafür essenziell. Die Optimierung der Rückbaumethode sowie das Ausbausphalt-Management könnten auch noch weiterentwickelt werden.</p> <p>Zu den Verbesserungspotenzialen gehören u.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Durchführung von Vorversuchen vor Ort (Bohrkerne, Sondierungen, PAK-Analyse) während der Planungsphase und die Erstellung einer geeigneten Dokumentation über die bestehende Struktur (Pläne, Vorschriften) (1) • die Erstellung einer geeigneten Methodik für den Rückbau (z.B. Fräsen Schicht für Schicht) (2) • die differenzierte, getrennte Lagerung des Ausbausphalts in Abhängigkeit seiner Eigenschaften (3) • die Herstellung von zusätzlichen Zwischenfraktionierungen des Ausbausphalts (z.B. 0/11 und 11/22) (4) • eine Optimierung/Anpassung der Zusammensetzung der Recyclingmischgüter entsprechend den Eigenschaften des Ausbausphalts. Dies erfordert gute Kennzeichnung und Kenntnisse über den Ausbausphalt sowie aussagekräftige Laborversuche. (5) <p>Mehr Informationen zu den ersten zwei Punkten finden Sie im Abschnitt 6.1. Die Punkte 3 und 4 sind eher für die Asphaltproduzenten relevant. Der Punkt 5 wird teilweise im Kapitel 5 behandelt.</p>
<p>«Technische Limiten bestehen immer noch, um einen hohen Ausbausphaltanteil zu erreichen.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts.</p> <p>Gehört zu den technischen limitierenden Faktoren.</p>	<p> (Falsch) was die Binderschichten (AC B), die Tragschichten (AC T) und die Fundationsschichten (AC F) betrifft.</p> <p> (Richtig) was die Deckschicht und die AC EME betrifft.</p> <p>Mehr Informationen hierzu finden Sie im Kapitel 5.</p>

Aussagen	Bewertung (richtig/falsch) und zusätzliche Hinweise
<p>«Die Mischanlagen in der Schweiz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sind veraltet; - weisen begrenzte Leistungen auf; - sind mangelhaft ausgerüstet und unflexibel. <p>Es gibt zu geringe Innovationskraft und Investitionsmöglichkeiten bei den Firmen, insbesondere bei den Kleinfirmen.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den technischen und wirtschaftlichen limitierenden Faktoren.</p>	<p> (Teilweise richtig)</p> <p>Die Aussage gilt möglicherweise für Kleinfirmen und -mischanlagen, die geringe Jahresmengen in der Produktion sowie eine tiefe Stundenleistung aufweisen. Eine Verallgemeinerung resp. Generalisierung wäre unzulässig.</p> <p>Heutzutage können Niedertemperaturasphalte in den meisten Mischanlagen in der Schweiz hergestellt werden. Das Herstellungsverfahren «durch Additiv-Zugabe» benötigt keine spezifische Ausrüstung, jenes «durch Bitumenschaumbildung» benötigt die Anschaffung eines Schaumgenerators.</p> <p>Was die Recyclingtechnologie betrifft, sind effektiv leider nicht alle Mischanlagen für die Herstellung von Mischgut mit hohen Recyclinganteilen ausgerüstet. Es handelt sich hierbei aber eher um Anlagen mit begrenzter Jahresproduktion und Investitionsmitteln. Obwohl die einmaligen Anschaffungskosten zur Umrüstung der Mischanlage tatsächlich hoch sind, werden die Mischanlagen dennoch nach und nach mit Parallel-Trommeln oder Gegenstrom-Trommeln ausgerüstet.</p> <p>Es ist wichtig zu wissen, dass grundsätzlich alle Baustellen in der Schweiz mit Niedertemperaturasphalt und Recyclingmischgut mit einem hohen Ausbausphaltanteil beliefert werden können.</p> <p>Mehr Informationen hierzu finden Sie im Abschnitt 2.5.</p>
<p>«Was den Einbau des Niedertemperaturasphalts betrifft:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kann ein Einbau bei kaltem Wetter nachteilig sein; - ist die Zeitdauer zwischen der Herstellung und dem Einbau begrenzt.» <p>Betrifft den Bereich des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den technischen limitierenden Faktoren.</p>	<p> (Teilweise richtig)</p> <p>Wie im Kapitel 2 erwähnt, ist das Verhalten eines Niedertemperaturasphalts von dem Herstellungsverfahren (Schaumbitumen oder Additiven) sowie ggf. der Art des Additivs abhängig.</p> <p>Dank einer reduzierten Viskosität des Bindemittels durch Additivzugabe und/oder Schaumbitumen hat ein Niedertemperaturasphalt in der Regel ähnliche Eigenschaften wie ein Heissmischgut. Dies gilt insbesondere für die Umhüllung, die Verarbeitbarkeit und die Verdichtbarkeit.</p> <p>Gewisse Niedertemperaturasphalt-Typen weisen sogar die folgenden Vorteile im Vergleich zu Heissmischgut auf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einbau bei kälterem Wetter möglich; • Erhöhung der Verarbeitungszeitdauer auf der Baustelle.

Aussagen	Bewertung (richtig/falsch) und zusätzliche Hinweise
<p>«Erfahrungen, insbesondere Langzeiterfahrungen, fehlen.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den technischen und logistischen limitierenden Faktoren.</p>	<p> (Teilweise richtig, was die Langzeiterfahrungen betrifft).</p> <p>Recyclingmischgut mit hohem Ausbauasphaltanteil sowie Niedertemperaturasphalt wurden bereits im Rahmen mehrerer Projekte implementiert. Eine Liste mit einigen Referenzen ist im Abschnitt 4.2 vorhanden. Es gibt daher keinen Mangel an Erfahrungen per se.</p> <p>Jedoch handelt es sich hierbei oft um neuere Einbauten und bei älteren Einbauten wurde leider kaum ein Monitoring durchgeführt. Deshalb gibt es eindeutig einen Mangel an Langzeiterfahrung. Um diesen Mangel zu kompensieren, können Langzeitmonitorings der bestehenden Strecken vorgesehen werden. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass in manchen Kantonen (u.a. Kanton Waadt), eine Erfahrung von ca. 10 Jahren mit Niedertemperaturasphalt und Recyclingmischgut vorhanden ist und das Feedback positiv ausfällt.</p>
<p>«Ungeklärte Fragen in Bezug auf die Kombination von hohen Recyclinganteilen und der Niedertemperaturtechnologie bestehen immer noch.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den technischen limitierenden Faktoren.</p>	<p> (Richtig)</p> <p>Die Kombination zwischen Recyclingmischgut und Niedertemperaturtechnologie liegt immer noch im Bereich der Innovation. Mehrere Pilotprojekte wurden jedoch bereits durchgeführt. Eine Liste mit einigen Referenzen ist im Abschnitt 4.2 vorhanden. Im Rahmen dieser Projekte wurden u.a. das mechanische Verhalten und die Eigenschaften der Niedertemperatur-Recyclingmischgüter untersucht.</p> <p>Sofern ein Asphaltproduzent schon Erfahrungen mit diesen Produkten hat, sind die zulässigen Zugabemengen an Ausbauasphalt (Warmzugabe), die in der Norm SN 640 431-1-NA / EN 13108-1 [11] Tab. 3 enthalten sind, gut geeignet.</p>

Aussagen	Bewertung (richtig/falsch) und zusätzliche Hinweise
<p>«Unsicherheiten bezüglich der Auswirkungen bei zukünftigem Mehrfachrecycling und der Ausbauasphaltzugabe in Belägen mit polymermodifiziertem Bitumen (PmB) bleiben bestehen.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den technischen und logistischen limitierenden Faktoren.</p>	<p> (Richtig)</p> <p>Das Thema Mehrfachrecycling muss weiter erforscht werden. Forschungsprojekte auf DACH-Ebene sowie im Rahmen des schweizerischen Forschungspakets Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut (EP 2) wurden bereits durchgeführt oder sind aktuell im Gange.</p> <p>Das Thema «polymermodifizierte Bitumen PmB» muss auch weiter untersucht werden. So besteht eine Problematik auf zwei Ebenen. Erstens kann das Vorhandensein von hohen PmB-Gehalten im Ausbauasphalt aufgrund des Klebeverhaltens zu Problemen bei der Herstellung des Recyclingmischguts führen. Falls das finale Bindemittel des Recyclingmischguts die Eigenschaften eines PmB aufweisen muss, ist es zweitens wichtig, auf die Zusammensetzung zu achten (Ausbauasphaltanteil, Bindemittelzugabe, eventuelle Zusätze), damit die erforderlichen Eigenschaften erreicht werden können. Sehen Sie hierzu die Kapitel 5.3 bis 5.5.</p>
<p>«Die Recyclingtechnik führt zu einer zu niedrigen Kostenreduzierung der Herstellung/Lieferung des Mischguts.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts.</p> <p>Gehört zu den wirtschaftlichen limitierenden Faktoren.</p>	<p> (Falsch)</p> <p>Die Herstellung und Lieferung eines Recyclingmischguts ist ca. 10% günstiger im Vergleich zu einem Heissmischgut ohne Ausbauasphalt. Ausbauasphalt-Recycling ermöglicht Einsparungen, aber die Anschaffungskosten für die Ausrüstung der Mischanlagen sind hoch. Bei einer neuen Technik, die auf den Markt kommt, wird jedoch ein grösserer finanzieller Mehrwert erwartet. Hierbei ist es wichtig zu betonen, dass das Ziel von Recyclingmischgut eher ökologischer als ökonomischer Natur ist. Der ökologische Aspekt sollte zudem überwiegen.</p>
<p>«Trotz der Energieeinsparungen kann die Herstellung von Niedertemperaturasphalt etwas teurer sein.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den wirtschaftlichen limitierenden Faktoren</p>	<p> (Teilweise richtig)</p> <p>Wie schon im Kapitel 2 erwähnt, gibt es nicht ein, sondern mehrere Niedertemperaturasphaltprodukte.</p> <p>Ob es sich um die Beschaffungskosten für Zusätze (Niedertemperaturasphalt durch Additivzugabe) oder die einmaligen Anschaffungskosten für den Schaumgenerator (Niedertemperaturasphalt durch Bitumenschaumbildung) handelt, erzeugt die Herstellung von Niedertemperaturasphalt im Allgemeinen zusätzliche Kosten im Vergleich zu Heissmischgut. In den meisten Fällen werden diese jedoch durch die Energieeinsparungen aufgewogen.</p> <p>Wichtig ist der Hinweis, dass der Preis für die Lieferung von Niedertemperaturasphalt ähnlich wie der von Heissmischgut ist.</p>

Aussagen	Bewertung (richtig/falsch) und zusätzliche Hinweise
<p>«Eine doppelspurige Produktion von Heissasphalt- und NTA ist in der Praxis kaum wirtschaftlich und technisch umsetzbar.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den technischen und wirtschaftlichen limitierenden Faktoren</p>	<p> (Teilweise richtig)</p> <p>Wie auch schon im Kapitel 2 erwähnt, gibt es nicht ein, sondern mehrere Niedertemperaturasphaltprodukte.</p> <p>Beim Herstellungsverfahren von Niedertemperaturasphalt durch Additivzugabe ist die Herstellung von einzelnen Chargen möglich und wirtschaftlich sinnvoll.</p> <p>Beim Herstellungsverfahren von Niedertemperaturasphalt durch Bitumenschraubildung ist eine Umstellung der ganzen Produktion erforderlich. Daher ist dieses Verfahren primär für Grossproduktionen geeignet.</p>
<p>«Es gibt ein Bedarf an geeigneten Laborprüfungen.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den technischen und normativen limitierenden Faktoren</p>	<p> (Richtig)</p> <p>Um die Eigenschaften und das Verhalten des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts gut zu beherrschen, sind moderne und geeignete (d.h. aussagekräftige) Methoden für die Bindemittel-untersuchungen notwendig. Dazu gehören die rheologische Prüfungen.</p> <p>Wenn es sich um Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt handelt, ist die Anpassung des Versuchsprogramms für die Mischgüter notwendig. Beim Recyclingmischgut ist es sinnvoll, u.a. das Kälteverhalten sowie die Empfindlichkeit gegen bleibende Verformungen zu untersuchen. Beim Niedertemperaturasphalt sind u.a. die Bestimmung der Verarbeitbarkeit sowie die Anpassung der Prüfbedingungen (Referenztemperatur) erforderlich.</p> <p>Die Normierung sollte parallel dazu ebenfalls überarbeitet und ergänzt werden.</p> <p>Mehr Details hierzu und Optimierungsvorschläge finden Sie in den Kapitel 5.3 bis 5.5.</p>

Aussagen	Bewertung (richtig/falsch) und zusätzliche Hinweise
<p>«Die aktuellen Schweizer Normen sind zu «streng» und schränken die Innovation ein. Die Beschränkung des Höchstausbauasphaltanteils durch die Normen ist ein Problem ebenso wie die Anforderungen an die Herstellungs- und Einbautemperaturen im Fall der Niedertemperaturasphalte.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den normativen und institutionellen limitierenden Faktoren</p>	<p> (Teilweise richtig)</p> <p>Wie bereits erwähnt, sollte die Normierung überarbeitet und ggf. ergänzt werden, damit das Versuchsprogramm und die Prüfbedingungen die spezifischen Eigenschaften der Recyclingmischgüter und der Niedertemperaturasphalte berücksichtigt. Eine andere Möglichkeit, um die Recyclingmischgüter und die Niedertemperaturasphalte in der Normierung besser zu berücksichtigen, bestünde darin, die Schweizer Normen von heute empirischen zu Performance-orientierten Normen umzuwandeln. Unter Performance-orientierten Normen werden Normen verstanden, die grundsätzliche Festlegungen für die Mischgüter enthalten. Gemäss der Norm SN 640 431-1-NA/EN 13 108-1 [11], sind grundsätzliche Festlegungen eine Kombination aus leistungs-basierten Anforderungen mit begrenzten Anforderungen an Zusammensetzung und Bestandteile. Diese ermöglichen einen höheren Freiheitsgrad für die Asphaltproduzenten und Bau-firmen in der Mischgutentwicklung und -optimierung (Zusammensetzung, Ausbauasphaltanteil, Herstellungs- und Einbauprozess inkl. Temperaturen) im Vergleich zu empirischen Festlegungen. Empirische Festlegungen sind in der Norm SN 640 431-1-NA/EN 13 108-1 [11] auch definiert als eine Kombination aus Anforderungen an die Zusammensetzung und die Bestandteile mit leistungsbezogenen Anforderungen. Die aktuelle Schweizer Normierung enthält grossmehrheitlich empirische Festlegungen.</p> <p>Die Schweizer Normierung ist vom europäischen Normierungssystem abhängig. Der europäische normative Kontext muss stets berücksichtigt werden und es ist daher schwierig, spezifische Normen auf der lokalen Ebene zu entwickeln. Die Möglichkeit, Anforderungen in den nationalen Anhängen zu entwickeln, könnte untersucht werden. Die Entwicklung von Performance-orientierten Normen wäre jedoch ein langwieriger Prozess.</p> <p>Es ist auch wichtig, darauf hinzuweisen, dass die aktuelle Normierung bereits eine gewisse Freiheit und Flexibilität erlaubt, die bei weitem nicht komplett genutzt wird. Die Vertreter der Bauherren teilen z.B. mit, dass in den Offerten nur sehr selten Varianten mit Niedertemperaturasphalt oder Recyclingmischgut mit hohem Ausbauasphalt vorgeschlagen werden. Eine Mehrheit der Mischgüter, die heute produziert werden, schöpfen auch nicht den von der Norm maximalen zulässigen Ausbauasphaltanteil aus.</p> <p>Wichtig ist ausserdem, sich daran zu erinnern, dass der Ingenieur und der Bauherr immer noch einen gewissen Spielraum und eine Freiheit bei der Planung von Projekten haben. Dies gilt insbesondere für die Wahl der Mischgüter. Sie können sich entsprechend für ökologische oder innovative Produkte entscheiden, auch wenn die Anforderungen der Normen nicht erfüllt sind.</p> <p>Um die aktuellen Lücken der Normen für Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte zu schliessen, besteht auch die Möglichkeit, die Anforderungen der Normen durch diejenigen der Ausschreibungen zu ergänzen.</p>

Aussagen	Bewertung (richtig/falsch) und zusätzliche Hinweise
<p>«Es gibt einen Mangel an Fachpersonal und Kenntnissen. Eine Sensibilisierung der Branchenakteure scheint notwendig zu sein».</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu institutionellen limitierenden Faktoren.</p>	<p> Richtig</p> <p>Mehrere Branchenvertreter wünschen sich mehr Ausbildungs- und Sensibilisierungsmöglichkeiten über die Themen Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt. Ein Mangel an Fachkenntnissen bei den Themen Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt sowie unbegründete Ideen und negative Vorstellungen können zu Skepsis und zu Vorbehalten seitens der Bauherren und der Ingenieure führen, diese Produkte im Rahmen der Strassenbauprojekte zu verwenden.</p> <p>Die vorliegende Guideline und der dazugehörige Flyer wollen dazu beitragen, diese Situation zu verbessern.</p>
<p>«Die Bauherren müssen mehr Vertrauen in Unternehmen haben. Es fehlt eine Unterstützung der Bauherren für die Innovation.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den institutionellen limitierenden Faktoren.</p>	<p> Teilweise richtig</p> <p>Die Aussage ist mit dem vorherigen Punkt verbunden. Die Bauherren können die Recyclingmischgüter und die Niedertemperaturasphalte nur fördern, wenn sie für das Thema sensibilisiert sind und überdies über fachliche Grundkenntnisse verfügen.</p> <p>Die Förderung der Recyclingmischgüter und der Niedertemperaturasphalte durch die Bauherren ist die Voraussetzung, damit eine Nachfrage und dementsprechend ein Markt entstehen. Dies würde in der Folge auch ein starkes positives Signal an die Asphaltproduzenten und Baufirmen senden. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass mehrere Bauherren in der Schweiz bereits aktiv die Innovation fördern (z.B.: ASTRA, Tiefbauamt des Kantons Zürich, Kantons Aargau, Kantons Waadt).</p>

Aussagen	Bewertung (richtig/falsch) und zusätzliche Hinweise
<p>«Es gibt Zurückhaltung sowie fehlende Garantie von der Seite der Asphaltproduzenten und Baufirmen».</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu technischen und institutionellen limitierenden Faktoren.</p>	<p> Richtig</p> <p>Wenn heute im Rahmen von Strassenbauprojekten der Einsatz von Niedertemperaturasphalt oder Recyclingmischgut mit einem hohen Ausbausphalanteil gefordert wird, weigern sich einige Asphaltproduzenten und Baufirmen, eine Garantie zu gewähren. Solche Situationen sind weder normal noch akzeptabel.</p> <p>Die Niedertemperaturasphalte und Recyclingmischgüter mit hohem Ausbausphalanteil, wie sie in Kapitel 5 definiert werden (Anwendungsbereich), können heutzutage als Standardprodukt bezeichnet werden. Unter Standardprodukt wird ein Produkt verstanden, das nach dem Stand des Wissens und der Technik mit einem begrenzten und akzeptablen Risiko hergestellt und eingebaut werden kann (im Vergleich zu herkömmlichen Asphaltprodukten). Es handelt sich hierbei nicht mehr um Innovation. Es gibt daher keinen Grund für die Bauherren, ein zusätzliches Risiko (d.h. Bauarbeiten ohne Garantie) im Vergleich zu Heissmischgütern ohne Ausbausphalt zu übernehmen.</p> <p>Für die effektiven Innovationsfälle (z.B. Kombination eines hohen Ausbausphalanteils und Niedertemperaturtechnologie, Recycling in lärmarmen Belägen, 100%-Recycling) kann die Erstellung einer Charta für die Innovation Abhilfe schaffen, insbesondere, um das Risiko zwischen Bauherren und Baufirmen zu teilen. Beispiele hierzu existieren schon in anderen Ländern und dienen dazu, die Innovation sowie die partnerschaftliche Kooperation zwischen Bauherren und Baufirmen zu fördern.</p>
<p>«Der wirtschaftliche Aspekt überwiegt den nachhaltigen Aspekt, Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt werden im Rahmen von Bauprojekten nur als «nice to have» betrachtet».</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den wirtschaftlichen und institutionellen limitierenden Faktoren.</p>	<p> Teilweise richtig</p> <p>Das Gewicht des Preises ist in der Berechnung der Gesamtnote bei der Offertbewertung meist vorherrschend (>50% der Gesamtnote). Im Gegensatz dazu werden die Umweltaspekte (insbesondere Recycling- und Niedertemperaturasphalt) mit max. 15% der Gesamtnote gewichtet.</p> <p>Die Nachfrage seitens der Bauherren ist daher noch zu gering und dies erschwert die Entwicklung eines Marktes.</p> <p>Gemäss mehreren geltenden Vorschriften sollten jedoch die Bauherren den ökologischen Einsatz der öffentlichen Mittel stärker fördern und daher die Nachhaltigkeitsaspekte in den Ausschreibungen stärker gewichten. Mehr Details hierzu finden Sie im Kapitel 6.3.</p>

Aussagen	Bewertung (richtig/falsch) und zusätzliche Hinweise
<p>«Ein Deponieverbot könnte die Wiederverwendung von Ausbau-asphalt fördern.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts.</p> <p>Gehört zu den technischen und institutionellen limitierenden Faktoren.</p>	<p>  Kurzfristig richtig  Langfristig falsch </p> <p>Es ist notwendig, Deponieorte als «Rohstofflager für die Zukunft» aufrecht zu erhalten. Der Begriff «Depot» ist dem Begriff «Deponie» vorzuziehen. Die Terminologie von Depot ähnelt nämlich einem Bankdepot und widerspiegelt einen Wert. Der Stand der Technik wird sich in den kommenden Jahren noch weiterentwickeln und in Zukunft wird sicherlich die Möglichkeit bestehen Ausbauasphalt (inklusive mit PAK) besser oder anders aufzuwerten. Die Entwicklung von «Monodeponien» wäre deshalb gut.</p>
<p>«Die Entwicklung eines einheitlichen Verfahrens für die Darstellung der Ökobilanz würde die Implementierung von Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt fördern.»</p> <p>Betrifft den Bereich des Recyclingmischguts und des Niedertemperaturasphalts.</p> <p>Gehört zu den technischen und institutionellen limitierenden Faktoren.</p>	<p>  Richtig </p> <p>Die Bauherren und die Ingenieure wünschen die Entwicklung einer Methodik oder sogar eines Tools für die Auswertung der Ökobilanz von Offerten und vorgeschlagenen Varianten. Dies könnte u.a. helfen, neue objektive und faire Zuschlagskriterien zu entwickeln und die Stärken und Vorteile der Recyclingmischgüter sowie der Niedertemperaturasphalte in der Offerte zu berücksichtigen und aufzuwerten. Hierzu bestehen bereits diverse Beispiele aus anderen Ländern.</p>

4 Erfahrungen mit Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt

4.1 Die Schweizer Normierung

4.1.1 Ausbauasphaltanteil in Asphaltbeton (Recycling)

Die untenstehende Tabelle 10 gibt die zulässigen Zugabemengen von Ausbauasphalt in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen an. Diese Tabelle stammt aus der Norm SN 640 431-1-NA [11].

Aus Gründen, die schon im Abschnitt Randbedingungen erwähnt wurden, handelt es sich bei den genannten Zugabemengen ausschliesslich um die Warmzugabe.

Anteil Ausbauasphalt [Masse-%]	
Asphaltbeton für Deckschichten AC S, AC H und AC MR	0%
Asphaltbeton für Deckschichten AC N und AC L	≤ 30%
Asphaltbeton für Binderschichten AC B	≤ 30%
Hochmodul-Asphaltbeton AC EME	≤ 30%
Asphaltbeton für Tragschichten AC T	≤ 60%
Asphaltbeton für Fundationsschichten AC F	≤ 70%

Tabelle 10: Asphaltbeton, zulässige Zugabemengen (Warmzugabe)

Wie schon im Kapitel 1 erklärt, muss der verwendete Ausbauasphalt auch den Anforderungen der Norm SN EN 13 108-8 [8] entsprechen. Dies gilt auch für die anderen Bestandteile des Asphaltbetons, die die entsprechenden Normen respektieren müssen. Beim Einsatz von Ausbauasphalt ist das Zugabe-Bindemittel so zu wählen, dass die angegebenen Anforderungsbereiche an dem fertigen (gemischten) Bindemittel eingehalten werden. Die Einhaltung der Grenzwerte der Tabelle ist daher nicht das einzige Qualitätskriterium.

Die Eigenschaften, die Leistungen und die Dauerhaftigkeit der Recyclingasphalte müssen denjenigen von standardmässig verwendeten Asphaltmischgütern ebenbürtig sein. Allerdings wird ein standardmässig verwendetes Asphaltmischgut ausschliesslich mittels Primärstoffen hergestellt. Die Anforderungen der Norm SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 [11] müssen eingehalten werden. Die Verwendung von Ausbauasphalt ist kein Grund für eine Teilaufhebung oder Anpassung der Anforderungen.

Wichtig ist der Hinweis, dass die Norm SN 640 431-1-NA [11] auch zulässt, einen höheren Anteil Ausbauasphalt zu verwenden. Unter der Bedingung, dass eine Vereinbarung zwischen dem Bauherrn und dem Unternehmen geschlossen wird, ist es daher möglich, über die Grenzwerte der Norm zu hinauszugehen.

4.1.2 Herstellungstemperatur des Asphaltbetons (Niedertemperaturasphalt)

Die untenstehende Tabelle 11 enthält die Mischguttemperaturbereiche (gemäss SN 640 431-1-NA [11]), die in allen Phasen der Aufbereitung eingehalten werden müssen.

Diese Tabelle gilt nur für Strassenbaubitumen.

Asphaltbeton, Bereiche der zulässigen Mischguttemperaturen in allen Phasen der Aufbereitung <i>Enrobés bitumineux, plages des températures d'enrobés admissibles pour toutes les phases de production</i>	
Penetration des Bitumens <i>Pénétration du bitume</i> [1/10 mm]	Bereiche der zulässigen Mischguttemperaturen <i>Plages des températures d'enrobés admissibles</i> [°C]
30/50	150...190
50/70	140...180
70/100	140...180
100/150	130...170
160/220	130...170

Tabelle 11: zulässige Temperaturen für Strassenbaubitumen in alle Phasen der Aufbereitung (Bildquelle VSS-Norm SN 640 431-1-NA [11])

Was die Verwendung von Polymerbitumen oder hartem Strassenbaubitumen betrifft, werden andere Temperaturwerte angewendet. Diese werden vom Lieferanten angegeben.

Die Norm SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 [11] erwähnt, dass, bei Verwendung von Zusätzen oder weiteren Verfahren, tiefere Temperaturen möglich sind. Dies betrifft die Niedertemperaturasphalte. Die Eignung muss jedoch nachgewiesen werden. Darunter versteht man insbesondere die Eigenschaften (z.B. die Verarbeitbarkeit und die Verdichtbarkeit), die Leistungen und die Dauerhaftigkeit der Niedertemperaturasphalte. Diese müssen gleich wie die von Heissmischgütern sein.

Hinweis: von Niedertemperaturasphalt spricht man, wenn die Herstellungstemperatur im Vergleich zum Heissmischgut um ca. 30°C reduziert wird.

4.2 Best Practices

In der Schweiz wurden bereits sowohl Niedertemperaturasphalt als auch Recyclingmischgut im Rahmen von Strassenbauprojekten eingebaut. Es kann jedoch festgestellt werden, dass die Niedertemperaturtechnologie weniger bekannt ist als das Recycling, insbesondere bei den Bauherren. Es existieren auch Beispiele von Projekten, bei denen eine Kombination von Niedertemperatur- und Recyclingtechnologie erfolgte

Referenzen zu Niedertemperaturasphalt und Recyclingmischgut sind bereits auf allen Ebenen (kommunale, kantonale und nationale Ebene) und für alle Belagsschichten einer Strasse (von der Fundations- bis zur Deckschicht) vorhanden.

Im Folgenden sind die Erkenntnisse der Analyse einiger Referenzprojekte von Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt samt den identifizierten Schwerpunkten dargestellt. Die Schwierigkeit bei der Auswahl der Projektbeispiele bestand darin, entsprechende Dokumentationen sowie langfristige Überwachungen zu den Produkten bzw. Referenzen zu finden.

4.2.1 Referenzen über Recyclingmischgut

Recyclingmischgut mit hohem Ausbauasphaltanteil wurde bereits in allen Schichten untersucht, sogar in der Deckschicht. Recyclingmischgut wurde auch schon auf allen Strassenklassen eingebaut, d.h. auf kommunalen, kantonalen sowie auf nationalen Strassen. Der Einbau von Recyclingmischgut findet Anwendung bei den Verkehrslastklassen T1 bis T6. Dieses Produkt mit hohem Recyclinganteil ist daher nicht nur für Geh-, Radwege oder schwach belastete Strassen geeignet. Recyclingmischgut kann effektiv auch auf stark belasteten Strassen eingebaut werden. In diesem Fall bestehen jedoch noch Vorbehalte, was einerseits den manuellen Einbau (Steifigkeit, Verarbeitbarkeit des Mischguts) sowie andererseits den Einbau in Höhenlagen (Kälteverhalten, Kälterisse) angeht.

Für eine Mehrheit der gesammelten Referenzen, die hier aufgelistet sind, wurden eine Erstprüfung (technisches Datenblatt) verlangt und die Standardprüfungen auf der Baustelle durchgeführt. In einigen Fällen gab es auch einen Probeeinbau. Es wurden einige zusätzliche Laborversuche durchgeführt, um die spezifischen Aspekte des Recyclingmischguts zu untersuchen. Hierbei handelt es sich um Versuche am Ausbauasphalt (als Bestandteil des Recyclingmischguts). Die untersuchten Aspekte sind die Eigenschaften der Gesteinskörnungen, die aus dem Ausbauasphalt stammen, sowie die Homogenität des Ausbauasphalts bezüglich der Kornverteilung, dem Bindemittelgehalt und der Bindemittelleigenschaften. Weiter wurde das Kälteverhalten des Recyclingmischguts überprüft. Das Kälteverhalten wurde entweder anhand eines Versuchs am Bindemittel (Brechpunkt nach Fraass) oder anhand eines Versuchs am Recyclingmischgut (Thermal Stress Restrained Specimen Test TSRST) untersucht. Letzterer, also der Versuch am Mischgut, ist repräsentativer, erfordert aber mehr Aufwand. Rheologische Prüfungen wurden auch am Bindemittel durchgeführt. Diese wurden anhand Rheologie mit einem Dynamic Shear Rheometer DSR nach der Methode T-Sweep (tieferer Temperaturbereich) und Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahren BTSV (hoher Temperaturbereich) durchgeführt. Die Untersuchungen am Bindemittel mittels rheologischer Methoden ermöglichen aussagekräftigere Informationen zum finalen Bindemittel (Mischung des Rest- und des Zugabe-Bindemittels) im Vergleich zu traditionellen Versuchen (z.B. Nadelpenetration und Erweichungspunkt Ring und Kugel). Dies ermöglicht es, den Ausbauasphaltanteil im Recyclingmischgut zu optimieren. Schliesslich wurde während des Einbaus die Verdichtung der eingebauten Schichten überwacht (Verarbeitbarkeits- und Verdichtbarkeitsaspekte).

Detaillierte Beschreibungen der Labor- und der in-situ Versuche finden Sie in den Kapiteln 5.3 bis 5.5.

Es ist wichtig, zu erwähnen, dass die Bestimmung des Kälteverhaltens der Beläge (Brechpunkt nach Fraass oder TSRST) und die rheologischen Untersuchungen am Bindemittel in der Schweizer Normierung noch selten berücksichtigt werden und diese Aspekte bisher kaum untersucht wurden. Diese Prüfungsmethoden werden jedoch in anderen Ländern häufiger angewendet, z.B. in Deutschland, wo die FGSV (Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen) mehrere Regelwerke dazu veröffentlicht hat.

Bei der Auswertung der verschiedenen Referenzprojekte wurden einige Unterschiede im Vergleich zu Standardprodukten festgestellt. In einem der Beispiele wurde eine höhere Steifigkeit der Recyclingmischgüter (AC T und AC F) im Vergleich zu Mischgütern ohne Ausbauasphalt beobachtet. Dies liegt daran, dass das Restbindemittel aus dem Ausbauasphalt aufgrund der Alterung steifer/härter ist. Es ist aber möglich, die Eigenschaften aufgrund der Alterung des Restbindemittels durch die Zugabe eines neuen weichen Bitumens und/oder chemischer Zusätze (z.B. Verjüngungsmitteln) zu korrigieren. Ein zu steifes Recyclingmischgut kann zu frühen Schäden führen, insbesondere zu Rissbildung bei kaltem Wetter. Zudem konnte eine Empfindlichkeit des Recyclingmischguts (AC F) gegen bleibende Verformungen

festgestellt werden. Dies kann einerseits am Schmiereffekt des Restbindemittels des Ausbausphalts und andererseits an der Form der Gesteinskörnungen und des Sandes liegen. Diese Ergebnisse sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Sie können nicht für alle Recyclingmischgüter verallgemeinert werden. Hingegen haben andere Beispiele gezeigt, dass das Kälteverhalten des Recyclingmischguts vergleichbar zum Kälteverhalten der Standardprodukte ist und, dass der Widerstand gegen verbleibende Verformungen sogar besser sein kann.

Die Verwendung von Recyclingmischgütern führt zu konkurrenzfähigen (oder sogar günstigeren) Produkten bzw. Bauvarianten. Die zusätzlichen Kosten (z.B. Labor- und vor Ort Kontrolle, Zeitaufwand für die Projektierung und die Bauleitung), die heutzutage noch mit dem Einsatz der Recyclingmischgüter entstehen, können durch die Einsparung bei der Herstellung kompensiert werden. Die Verwendung von Recyclingmischgütern ermöglicht auch die Reduzierung der Asphaltberge in den Deponien. Die Ökobilanz der Recyclingmischgüter mit hohem Ausbausphalanteil ist zudem positiv. Mit dem Einsatz von Recyclingmischgütern wird deshalb das Recycling und die Nachhaltigkeit im Rahmen von Bauprojekten gefördert, was oft auch ein politisches Anliegen der Behörden ist.

Zuletzt wurden keine wesentlichen Probleme beim oder nach dem Einbau mit Recyclingmischgütern festgestellt. Die Einbauaspekte (Einbau, Verarbeitbarkeit, Verdichtbarkeit) sind mit denen von Standardprodukten vergleichbar. Die Anforderungen der Normen wurden mit den Recyclingmischgütern erreicht, obwohl es einige Unterschiede zu Mischgütern ohne oder mit einem geringeren Ausbausphalanteil geben kann. Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit bestehen aufgrund der ersten Erkenntnisse keine Probleme.

In den zwei folgenden Tabellen finden Sie eine Liste einiger relevanter und repräsentativer Referenzen, die im Rahmen des Projektes gesammelt wurden. In der ersten Tabelle sind gut dokumentierte Referenzen, zwei Referenzen auf kantonaler- und eine Referenz auf kommunaler-Ebene, enthalten. In der zweiten Tabelle sind weniger gut dokumentierte Referenzen enthalten, welche allerdings dennoch wertvolle Informationen enthalten.

	Kanton Waadt RC 639 Mollie-Margot/Forel Juli 2015	Kanton Aargau Kantonsstrasse Würenlos – Oetwil 2018 – 2019	Stadt Küsnacht Gemeindestrasse Sommer 2019
Anwendungsbereich	Kantonsstrasse DTV ca. 750 Verkehrslastklasse T1	Radweg- und Belagssanierungsprojekt HVS, DTV ca. 7'500 Verkehrslastklasse T4	Gemeindestrasse DTV ca. 1'400 Verkehrslastklasse T3
Eingebaute Produkte	AC T 22 S 60% RAP AC F 22 70% RAP	Radweg: AC T 22 N B50/70 RAP > 80% AC 8 N B70/100 20-30% RAP Strasse: AC T 22 S PmB 45/80-65 60% RAP AC B 22 S PmB 45/80-65 60% RAP AC 8 H PmB 45/80-65 20-30% RAP	AC 8 S ohne RAP / AC 8 S 50% RAP AC T 22 S 60% RAP
Spezifische Labor- und in situ Versuche	Labor: <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen am Ausbaupasphalt inklusiv Kornform, Fließkoeffizient, Bestimmung der Zertrümmerung (Los Angeles), % gebrochene Oberfläche • Bestimmung Brechpunkt nach Fraas: Verhalten des Bindemittels bei niedrigen Temperaturen. • TSRST-Versuch (Thermal Stress Restrained Specimen Test): Kälteverhalten des Mischguts In situ: <ul style="list-style-type: none"> • Überwachung des Einbaus mit einem Nukleodensimeter (Troxler): Verdichtungsgrad und Hohlraumgehalt der eingebauten Schichten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine flankierenden Massnahmen nötig. Die eingebauten Produkte müssen die gleichen Anforderungen wie Beläge aus Primärmaterial erfüllen. • Standardprüfungen, d.h. Erstprüfung, Probeeinbau und Baustellenprüfungen. 	Labor: <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen am Ausbaupasphalt inklusiv Kornform, Fließkoeffizient, Bestimmung der Zertrümmerung (Los Angeles), % gebrochener Oberflächen, Gleichmässigkeit, rheologische Untersuchungen (anhand Dynamic Shear Rheometer DSR). • Das Frischbitumen/Zugabebitumen (Typ und Dosierung) wurde nach rheologischer Methoden durchgeführt: das Bitumen-Typisierungsschnell-Verfahren BTSV (hoher Temperaturbereich) und die Temperatur-sweep Methode (tiefer Temperaturbereich). • Untersuchungen am Mischgut: TSRST-Versuch (Kälteverhalten), Druck-Schwellversuch (Widerstand gegen Verformung), Zugschwellversuch (Widerstand gegen Ermüdung) In situ: <ul style="list-style-type: none"> • Herkömmliche Kontrollprüfung für die Asphaltzusammensetzung • Erweiterte Kontrollprüfung an dem Bindemittel anhand der Rheologie.
Festgestellte Probleme oder Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> • AC F und AC T: Höhere Steifigkeit im Vergleich zu Belägen mit einem tieferen RAP-Anteil. Dies kann zur Rissbildung führen. • AC F: Empfindlichkeit gegen bleibende Verformungen (hoher Fließwert bei dem Marshall-Versuch). 		
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verwendung von Recyclingmischgütern ermöglicht es, das Recycling und die Nachhaltigkeit im Rahmen von Bauprojekten zu fördern. Dies ist ein politisches Engagement des Kantons Waadt. • Die Varianten mit Recycling sind konkurrenzfähig (ca. 10% günstiger). • Recycling ermöglicht die Reduzierung der Asphaltberge in den Depo-nien. 		<ul style="list-style-type: none"> • Positive Ökobilanz der Recyclingmischgüter. Der Einbau von Recyclingmischgütern mit hohen Ausbaupasphaltanteilen führt zu deutlichem Umweltnutzen auf die gesamte Lebensdauer der eingebauten Strecke (im Vergleich zur Verwendung von Mischgut ohne oder mit geringeren Ausbaupasphaltanteilen). Die Einsparung entspricht 4 ZRH-NY Flugreisen / 73 943 km Autoreisen.

	Kanton Waadt RC 639 Mollie-Margot/Forel Juli 2015	Kanton Aargau Kantonsstrasse Würenlos – Oetwil 2018 – 2019	Stadt Küsnacht Gemeindestrasse Sommer 2019
Feedback	<ul style="list-style-type: none"> Keine wesentlichen Probleme bei und nach dem Einbau. Was die Eigenschaften/Leistungen betrifft, gibt es einige Unterschiede im Vergleich zu Belägen mit einem tieferen Ausbausphalanteil, aber die Anforderungen der Normen wurden eingehalten (ausser für die Resultate des Marshall-Versuchs an dem AC F). Eine Kontrolle nach 3 Jahren hat einen guten Allgemeinzustand gezeigt. Keine Risse oder Verformung wurde beobachtet. 	<ul style="list-style-type: none"> Qualitätsaspekte: die Anforderungen der Normen wurden erreicht (sowohl bei den Eignungsprüfungen wie auch bei den Prüfungen während oder nach der Ausführung). Verarbeitbarkeitsaspekte: keine nennenswerten Unterschiede im Vergleich zu den Belägen mit einem tieferen Ausbausphalanteil. Wirtschaftlichkeitsaspekte: zusätzliche Kosten für Erstprüfungen und Probeeinbau, ansonsten konkurrenzfähig. Dauerhaftigkeitsaspekte: optisch sind keine Unterschiede feststellbar. Für Aussagen zur Dauerhaftigkeit sind die Beläge noch zu neu. 	<ul style="list-style-type: none"> Deckschicht AC 8 (ohne und mit 50% RAP): identisches Walzenspiel und identische Einstellungen des Fertigers wurden verwendet und die Einbaugruppe hat kein Unterschied bemerkt. Die Recyclingmischgüter entsprechen den Anforderungen der Normen. Was das Kälteverhalten und den Widerstand gegen Ermüdung betrifft, haben die Recyclingmischgüter mit hohen Ausbausphalanteilen ähnliche Leistungen im Vergleich zu Mischgütern ohne oder mit geringeren Ausbausphalanteilen. Was den Widerstand gegen Verformung betrifft, haben die Recyclingmischgüter mit hohen Ausbausphalanteilen etwas bessere Leistungen im Vergleich zu Mischgütern ohne oder mit geringeren Ausbausphalanteilen.

Tabelle 12: Referenzen Recyclingmischgüter mit hohen Ausbausphalanteilen

Zusätzliche Referenzen:

	Kanton Bern 2014	Stadt Uster (ZH) Jahr 2019 und 2020	Stadt Bern Jahr 2019 und 2020	Kanton Zürich Jahr 2018	Kanton Zürich Jahr 2020
Anwendungsbereich		Hauptsammelstrassen auf Gemeindeboden	Quartierstrassen	HLS Bülach-Kloten Verkehrslastklasse T6	Limmattalbahnhof Los 4 und 5 Verkehrslastklasse T4
Eingebaute Produkte	Deckschichten (Pilotstrecken) mit bis zu 50% RC-Anteil	Ziel: Einbau von 100% RAP im Asphaltmischgut in den AC T Schichten. In der Praxis: Verwendung 60% RAP und 30% Sekundärsplitt in den AC T Schichten (limitierender Faktor: Anforderungen an der Siebkurve).	AC F (Ausbauphahlanteil bis 80-90%) AC T (Ausbauphahlanteil bis 70-80%) Das Recycling wurde auch mit der Faser- und Niedertemperaturtechnologie (Herstellungstemperatur: 110-120°C) kombiniert.	Foundationsschicht AC F 22 B 50/70 mit 90 % Ausbauphahlanteil → Der hohe Ausbauphahlanteil (90%) wurde durch die Verwendung eines Verjüngungsmittels/Additivs (Rejuvenator Sylvaroad) ermöglicht.	Binderschicht AC B 22 H (Zugabebindemittel: Grisolast E85 HM), 50% RAP und ca. 15% Sekundärsplitt. Tragschicht AC T 22 S (Zugabebindemittel: Spez. Bitumen VJ330) 65% RAP und ca. 15% Sekundärsplitt.
Spezifische Labor- und in situ Versuche		Die Stadt Uster wurde durch ein privates Labor für die Labor und in-situ Prüfungen unterstützt.	<ul style="list-style-type: none"> Keine spezifische Labor- oder in situ Prüfung wurde durchgeführt. Die eingebauten Strecken gelten als Prüfung in originaler Grösse. Monitorings von den Versuchsstrecken sind im Gange. 	Die eingebauten Produkte müssen die gleichen Anforderungen wie Beläge aus Primärmaterial erfüllen. Standardprüfungen, d.h. Erstprüfung, Probeinbau und Baustellenprüfungen wurden durchgeführt.	DSR-Prüfungen (Rheologie an dem Bindemittel) wurden im Rahmen dieses Projektes durchgeführt.
Festgestellte Probleme oder Einschränkungen					
Vorteile		Die Variante war 20-30% günstiger als eine herkömmliche Variante, dazu kommen aber noch etwas höhere Kosten in der Baubegleitung und vom Prüflabor. Über die Gesamtkosten betrachtet bleibt die Variante kostenneutral.	Der Preis dieser Varianten ist konkurrenzfähig		
Feedback	Die visuellen Beobachtungen scheinen zu bestätigen, dass keine schlechteren Ergebnisse als bei den normgemässen Belägen zu erwarten sind.			<ul style="list-style-type: none"> Die Langzeiterfahrung fehlt noch. Weitere Untersuchungen sind noch im Rahmen des Projekts HighRAP von EMPA im Gange. 	<ul style="list-style-type: none"> Weitere Untersuchungen im Rahmen des Projekts HighRAP von EMPA sind noch im Gange.

Tabelle 13: zusätzliche Referenzen für Recyclingmischgüter mit hohen Ausbauphahlanteilen

[Link](#) zur Internet Website des Projekts HighRAP.



Projekt Bülach-Kloten (Kanton Zürich):
Einbauphase

4.2.2 Referenzen über Niedertemperaturasphalt

Es ist heute noch schwierig, Referenzen über die Niedertemperaturtechnologie zu finden. Diese Technik ist noch wenig bekannt und wird daher noch selten angewendet. Die Mehrheit der vorhandenen Referenzen in der Schweiz liegt im Rahmen des Forschungsprojekt PLANET sowie im Kanton Waadt vor.

Niedertemperaturasphalt wurde bereits in den Tragschichten sowie den Binder- und den Deckschichten untersucht. Dieses Produkt wurde auch schon auf allen Ebenen eingebaut, d.h. auf kommunalen, kantonalen sowie nationalen Strassen und sogar Flughafenpisten. Weiter liegen Referenzen für Niedertemperaturasphalt vor, und zwar für beide Herstellungstechnologie-Varianten – also dem Verfahren mittels Zugabe von Zusätzen und dem Verfahren zum Aufschäumen des Bindemittels.

Bei den Niedertemperaturasphalten sind die Verarbeitbarkeit sowie die Verdichtbarkeit wesentliche Parameter. Diese wurden im Rahmen der gesammelten Beispiele untersucht. Das Erreichen einer angemessenen Verarbeitbarkeit und Verdichtbarkeit ist für den optimalen Einbau der Niedertemperaturasphalte von grosser Bedeutung. Wie schon erwähnt, sind diese Parameter von der Temperatur des Mischguts sowie der Viskosität des Bindemittels abhängig. Die Überwachung der Temperatur des Niedertemperaturasphalts sowie der Verdichtung ist daher wichtig bei der Herstellung und dem Einbau. Einige sporadische Probleme wurden bei beiden Parametern (Verdichtbarkeit und Verarbeitbarkeit) festgestellt. Ansonsten wurden die Anforderungen der Normen erfüllt.

Bei den Vorteilen von Niedertemperaturasphalt kann nebst den bereits in Kapitel 2.3 genannten Punkten auf das Beispiel der Baustellen zur Pistensanierung am Flughafens Zürich verwiesen werden. Hier konnte mittels des Einsatzes von Niedertemperaturasphalt erreicht werden, dass die Öffnung und Freigabe der Piste für den Flugverkehr bereits zu einem früheren Zeitpunkt möglich waren. Ein ähnlicher Ansatz wurde von der Stadt Zürich für Wochenendarbeiten durchgeführt.

Bei einer Mehrheit der erwähnten Beispiele wurde schon ein gewisser Ausbauasphaltanteil in den Niedertemperaturasphalt zugegeben. Im Rahmen der Beispiele des Kantons Waadt, der Stadt Zürich und des Flughafens Zürich geht es um «übliche» Recyclinganteile. Der maximale Ausbauasphaltanteil beträgt dabei 40% für eine Tragschicht und 30% für eine Binder- und eine Deckschicht. Diese Beispiele können als «Normalfälle» betrachtet werden.

Beim Beispiel des ASTRA handelt es sich eher um eine Kombination von Niedertemperaturtechnologie und hohem Recyclinganteil (40% für einen AC EME C2 und 50% für einen AC EME C1). Die Herstellung und der Einbau dieser Produkte sind technisch machbar. Weiter können mit diesen Produkten die Anforderungen der Normen erfüllt werden. Aufgrund des Umstands, dass die Kombination der beiden Technologien ein genaues technisches Know-How erfordert, gehören die entsprechenden Produkte noch zum Innovationsbereich. Im Rahmen dieses Grossprojekts des ASTRA konnten zudem dank der vorhandenen Ressourcen sämtliche für diese Produkte notwendigen Überprüfungen und Überwachungen durchgeführt werden.

Mehrere Asphaltproduzenten schlagen auch Firmenprodukte vor, die die Niedertemperaturtechnologie mit einem hohem Ausbauasphaltanteil kombinieren. In einigen Fällen erreichen die Ausbauasphaltanteile einen Wert von 99%. Folgende Produkte können hier erwähnt werden: VALORCOL T® der Firma Colas, MONOPHALT® der Firma Weibel und Oeko-Beläge der Firma BHZ. Diese Produkte sollen eine Marktnische nutzen. Hauptvorteile sind ihre positive

Ökobilanz sowie der konkurrenzfähige Preis. Die Kunden sind in der Regel mit diesen Produkten zufrieden und das Feedback ist gut.

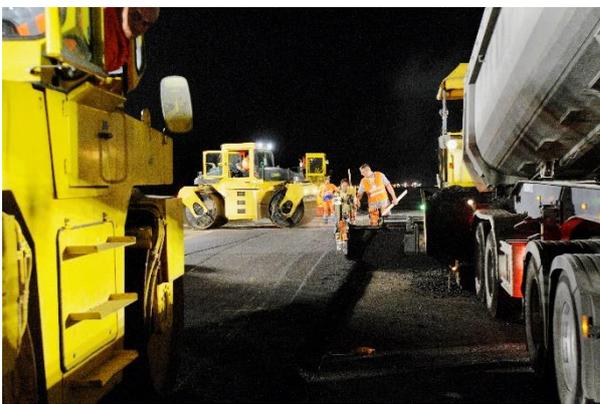
Eine Informationsplattform zum Thema Niedertemperaturasphalt wurde auch von der schweizerischen Mischgut-Industrie entwickelt. Hier finden Sie den [Link](#) zu dieser Plattform.

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Liste einiger relevanter und repräsentativer Referenzen in der Schweiz von Niedertemperaturasphalten sowie Kombination zwischen Niedertemperatur- und Recyclingtechnologien.

	Kanton Waadt RC 429d Vuarrens-Pailly September 2011	Kanton Waadt RC 436 Tremblet-Fey Juni 2012	Flughafen Zürich 2008-2014	ASTRA N01 UPIaNS Rheinech - St. Margrethen (RheMa) 2017	Stadt Zürich Luggwegstrasse 2012
Anwendungsbereich	Kantonsstrasse DTV ca. 850 Höhenlage: 675 m ü. M. Verkehrslastklasse T1/T2	Kantonsstrasse DTV ca. 850 Höhenlage: 630 m ü. M. Verkehrslastklasse T2	Pistenanierungen des Flughafens	Nationalstrasse N01 UPIaNS Rheinech - St. Margrethen (RheMa)	Überkommunale Strasse MIV ca. 31'1000. Verkehrslastklasse T5
Eingebaute Produkte	NT AC 16 N B70/100 mit 30% Ausbauasphaltanteil (Schaumbitumen) → Herstellungstemperatur von 110°C (Teststrecke) AC 16 N B 70/100 mit 30% Ausbauasphalt → Herstellungstemperatur von 160°C (Kontrollstrecke)	NT AC T 16 N B70/100 mit 40% Ausbauasphaltanteil (Schaumbitumen) NT AC 11 N B 70/100 ohne Ausbauasphaltanteil (Schaumbitumen)	NT AC T 32 H PmB 25/55-65 (CH-E) (max. 30% Ausbauasphaltanteil) NT AC B 22 H PmB 25/55-65 (CH-E) (max. 30% Ausbauasphaltanteil) NT SMA 11 PmB 25/55-65 (CH-E) Verwendete NT-Technologie: niedrigviskose Zusätze	NT AC EME C2 40% RAP NT AC EME C1 50% RAP • Herstellungstemperatur: 115°-120°C (ca. -40°C im Vergleich zu der heissen Variante) • Verdichtungstemperatur: 105 °C – 115 °C • NT-Technologie: Schaumbitumen	NV AC T 22 H PmB 25/55-65 CH-E, 40% RAP NV AC B 22 H PmB 25/55-65 CH-E, 30 % RAP • Niedertemperaturtechnologie: Niederviskose Zusätze
Spezifische Labor- und in situ Versuche	Übliche Versuche für die Einbaukontrolle wurden durchgeführt sowie: • Kontrolle der Herstellungs- und Verdichtungstemperaturen • Kontrolle der Temperaturentwicklung der Mischgüter nach dem Einbau • Überwachung des Einbaus mit einem Nukleodensimeter: Verdichtungsgrad und Hohlraumgehalt der eingebauten Schichten.	Übliche Versuche für die Einbaukontrolle wurden durchgeführt.	Kontrollplan mit erforderlichen Prüfungen: Mischgut- und Bindemitteluntersuchungen, Prüfungen an Bohrkernen sowie diverse Messungen der neuen Oberfläche.	Labor: • Anpassung der Verdichtungstemperatur bei der Herstellung der Marshall-Probekörper (empfohlene Temperatur 135°C, anstatt 175°C gemäss Norm). • Bestimmung Brechpunkt nach Fraas: Verhalten bei niedrigen Temperaturen. • rheologische Versuche (anhand des Dynamic Shear Rheometer DSR). Zwei Untersuchungsmethoden wurden durchgeführt. • Temperatur-Sweep: Steifigkeit und Temperaturempfindlichkeit des Bindemittels • MSCR (Multiple Stress Creep Recovery): Empfindlichkeit gegen die verbleibenden Verformungen. • TSRST (Thermal Stress Restrained Specimen Test): Kälteverhalten des Mischguts. • In situ: Überwachung des Einbaus mit einem Nukleodensimeter (Troxler).	• Prüfplan mit erforderlichen Prüfungen • Mischgut- und Bindemitteluntersuchungen • Bohrkernuntersuchungen

	Kanton Waadt RC 429d Vuarrens-Pailly September 2011	Kanton Waadt RC 436 Tremblet-Fey Juni 2012	Flughafen Zürich 2008-2014	ASTRA N01 UPlaN5 Rheinech - St. Marg- rethen (RheMa) 2017	Luggwegstrasse Zü- rich 2012
Festgestellte Probleme oder Einschränkungen	Obwohl die Temperaturen eingehalten werden, ist die auf der Baustelle festgestellte Verarbeitbarkeit des Niedertemperaturasphalts schlechter im Vergleich zu dieser des Heissmischguts. Hier handelt es sich um ein Problem der Viskosität.	Was die Tragschicht NT AC T 16N B70/100 betrifft, ist die Bindemitteldosierung zu hoch. Was die Deckschicht NT AC 11 N B70/100 betrifft, ist der Verdichtungsgrad lokal zu gering.		<ul style="list-style-type: none"> • Im Fall eines NT AC EME ist der manuelle Einbau unmöglich. • Im Falle eines NTA sind keine Informationen über die Anpassung der Verdichtungstemperatur bei der Herstellung der Marshall-Probekörper in den VSS-Normen vorhanden. Dies kann zu Schwierigkeiten bei der Bestimmung des Verdichtungsgrads bei dem Einbau führen. • Thermische Empfindlichkeit (Kälteverhalten) der NTA. 	Genaue Zeitplanung erforderlich und genaue Absprache mit Beteiligten nötig.
Vorteile			Ermöglicht eine frühere Öffnung für den (Flug-) Verkehr.	Mit einer NT-Technologie ist das Bindemittel weniger veraltet/oxidiert (gemäss Bestimmung des Erweichungspunkts RuK).	Kürzere Verkehrssper- rung dank der Nieder- temperaturtechnologie (Wochenendein- bau).
Feedback	Nach sechs Jahren wurden lokale Rissbildungen an der Oberfläche festgestellt.	Nach drei Jahren wurden leichte Spurrinnen lokal in den Fahrspuren festgestellt.	<ul style="list-style-type: none"> • Nach 9 Jahren Nutzung wurden im Jahr 2017 Bohrkern von der ersten Piste (2008) entnommen und geprüft. • Die Ergebnisse waren sehr zufriedenstellend und die Qualität sehr gut. 	Die Anforderungen der Normen über die Eigenschaften und Leistungen sind erreicht (Bindemittel und Mischgüter).	Bis dahin keine Besonderheiten.

Tabelle 14: Referenzen für Niedertemperaturasphalte



Oben: Pistensanierung Flughafen Zürich (Bildquelle: Ralph Basenberg)

Mitte links: Pistensanierung Flughafen Zürich (Bildquelle: Comet Photoshopping)

Mitte rechts: Verdichtung des Niedertemperaturasphalts (Projekt Vuarrens-Pailly, Kanton Waadt)

Unten: Überwachung der Temperatur des Niedertemperaturasphalts beim Einbau (Projekt Vuarrens-Pailly, Kanton Waadt)

4.3 Entwicklung von lokalen Richtlinien und Initiativen

Einige Bauherren, die proaktiv im Bereich Recycling sind, haben ihre eigenen Richtlinien entwickelt und veröffentlicht. Diese ermöglichen, unter bestimmten Voraussetzungen die Grenzwerte der Norm SN 640 431-1-NA [11] zu überschreiten.

Dies gilt nicht nur für schwach belastete Wege. Auch andere Schichten, wie z.B. AC (Typ S), AC B und AC EME, sind betroffen. Diese werden für Verkehrslastklassen gleich oder höher als T3 eingebaut.

Es ist wichtig zu erwähnen, dass in diesen Fällen, keine Kompromisse in den Leistungen oder der Dauerhaftigkeit eingegangen werden. Alle diese Produkte müssen die Anforderungen der Normen für standardisierte Produkte und entsprechend die erforderliche Qualität sowie die üblichen Gewährleistungsfristen erfüllen.

In den untenstehenden Tabellen und Abschnitten sind einige Beispiele zusammengefasst. Wie schon erwähnt, handelt es sich hier nur um den Fall einer Warmzugabe.

4.3.1 Beispiele auf der kommunalen Ebene

Anteil Ausbauasphalt [Masse-%] – Beispiel auf der kommunalen Ebene		
	Stadt Bern [26]	SN 640 431-1-NA [11]
Asphaltbeton für Deckschichten AC H, AC MR, PA, SDA	0%	0%
Asphaltbeton für Deckschichten AC S	≤ 30%	0%
Asphaltbeton für Deckschichten AC N und AC L	≤ 50%	≤ 30%
Asphaltbeton für Binderschichten AC B	≤ 70%	≤ 30%
Hochmodul-Asphaltbeton AC EME	C1: ≤ 40% C2: ≤ 50%	≤ 30%
Asphaltbeton für Tragschichten AC T	≤ 70%	≤ 60%
Asphaltbeton für Foundationsschichten AC F	≤ 90%	≤ 70%

Tabelle 15: Beispiel der Stadt Bern von zulässigen Ausbauasphaltmengen auf der kommunalen Ebene

Stadt Zürich [27]

Die zulässigen Zugabemengen an Ausbauasphalt sind gemäss Norm einzuhalten. Es gibt jedoch eine Ausnahme bei AC T 16 L und N für Gehwege und Radwege. In diesen Fällen ist, in Erweiterung zur Norm, eine erhöhte Zugabemenge bis zu 80% zulässig (Warmzugabe).

4.3.2 Beispiele auf der kantonalen Ebene

Anteil Ausbausphalt [Masse-%] – Beispiel auf der kantonalen Ebene			
	Kanton Aargau [28]	Kanton Bern [30]	SN 640 431-1- NA [11]
Asphaltbeton für Deckschichten AC MR, PA, SDA	0%	0%	0%
Asphaltbeton für Deckschichten AC H	0%	≤ 20%	0%
Asphaltbeton für Deckschichten AC S	≤ 20%	≤ 20%	0%
Asphaltbeton für Deckschichten AC N und AC L	≤ 30%	≤ 50%	≤ 30%
Asphaltbeton für Binderschichten AC B	≤ 60%	≤ 50%	≤ 30%
Hochmodul-Asphaltbeton AC EME	Keine Anforderung	≤ 50%	≤ 30%
Asphaltbeton für Tragschichten AC T S und AC T H	≤ 60%	≤ 80%	≤ 60%
Asphaltbeton für Tragschichten AC T N	≤ 80%		
Asphaltbeton für Fundationsschichten AC F	≤ 80%	≤ 90%	≤ 70%

Tabelle 16: Beispiele von zulässigen Ausbausphaltemengen auf der kantonalen Ebene

Kanton Aargau [29] (vgl. hierzu auch Tabelle 16)

Bei Geh- und Radwegen, schwachbelasteten Strecken bzw. kombinierten Geh- und Radwegen, ist der maximale Ausbausphaltanteil anzustreben. Dies entspricht einem Ausbausphaltanteil von 80 M.-% für den AC T 22 N und 30 M.-% für den AC 8 N. Ein Recyclinganteil von max. 20 M.-% bei den Mischgutsorten AC 11 S bzw. AC 8 S kann verwendet werden, sofern die erforderliche Qualität vom Lieferanten gewährleistet werden kann. Die Gewährleistungspflicht des Bauunternehmens bleibt dabei unverändert.

Kanton Bern [30] (Sehen Sie auch die obenstehende Tabelle)

Die in der SN 640 431-1-NA (Ziff.10, Tab. 3) festgelegten maximal zulässigen Anteile Ausbausphalt für Warmzugaben in Asphaltbetonen können um jeweils 20% erhöht werden, sofern die beauftragte Bauunternehmung die erforderliche Qualität gewährleistet und die üblichen Gewährleistungsfristen weiterhin akzeptiert.

Kanton Basel-Stadt [31]

Es wird erwartet, dass das Belagswerk basierend auf Analysen die Kennwerte seines Ausbausphalts kennt, damit ein qualitativ einwandfreies Mischgut entsteht. Dabei ist für die Anforderungen das gelieferte Endprodukt auf der Baustelle massgebend. Es wird dem Belagswerk überlassen, den Anteil von Ausbausphal von Trag- und Binderschichten über die Anteilswerte der Schweizer Norm zu erhöhen, solange eine entsprechende Erstprüfung vorliegt und die Belagskennwerte und Zielbindemittleigenschaften eingehalten werden.

4.3.3 Beispiele auf der nationalen Ebene

Anteil Ausbausphal [Masse-%] – Beispiel auf der nationalen Ebene		
	ASTRA [32]	SN 640 431-1-NA [11]
Asphaltbeton für Deckschichten AC MR, PA, SDA	0%	0%
Asphaltbeton für Binderschichten AC B	≤ 60%	≤ 30%
Hochmodul-Asphaltbeton AC EME	C1: ≤ 40% C2: ≤ 50%	≤ 30%
Asphaltbeton für Tragschichten AC T H	≤ 60%	≤ 60%
Asphaltbeton für Fundationsschichten AC F	≤ 90%	≤ 70%

Tabelle 17: Beispiele von zulässigen Ausbausphalmenen auf der nationalen Ebene

Was die AC B-, AC EME-, AC T- und AC F – Schichten betrifft, erwähnt das ASTRA, dass ein höherer Anteil zulässig ist, wenn eine Vereinbarung zwischen Unternehmer und Bauherr vorliegt.

4.4 Nationale Forschungsprojekte

Zu den Themen Recycling und Niedertemperaturasphal wurden bereits mehrere Forschungsprojekte durchgeführt. In diesem Projekt liegt der Fokus hauptsächlich bei zwei vom ASTRA finanzierten Forschungsprojekten, die in der Schweiz durchgeführt wurden: PLANET über das Thema Niedertemperaturasphal und Recycling von Ausbausphal in Heissmischgut. In den folgenden Abschnitten finden Sie eine Zusammenfassung der Schwerpunkte und Schlussfolgerungen dieser beiden Forschungsprojekte. Mehr Informationen hierzu finden Sie in den Berichten, die im Rahmen der beiden Projekte veröffentlicht wurden. Sehen Sie hierzu insbesondere [33] und [34].

4.4.1 Forschungsprojekt Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut

Der Schlussbericht dieses Forschungsprojektes wurde im Jahr 2017 veröffentlicht [33]. Dieses Forschungsprojekt umfasst mehrere Einzelprojekte. U.a. wurden die folgenden Themen behandelt: die Anteile an Ausbauasphalt, das Mehrfachrecycling, der Stofffluss und die Nachhaltigkeit, die Dauerhaftigkeit sowie die Rezepturoptimierung der Recyclingmischgüter.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde festgestellt, dass die Zugabe eines hohen Ausbauasphaltanteils kein Nachteil für die Qualität der neu hergestellten Mischgüter ist. Die Erfüllung der Soll-Zusammensetzungen ist jedoch wesentlich, u.a. bei den üblichen Sollwerten der Korngrößenverteilung. Dies erfordert die Beherrschung der Homogenität des Ausbauasphalts sowie der Eigenschaften des finalen Bindemittels. Es wird daher im Bericht empfohlen, neue Ausbauasphaltfraktionierungen herzustellen und die verschiedenen Ausbauasphaltqualitäten getrennt zu lagern, um verschiedene Mischgutqualitäten und -sorten mit hohen Ausbauasphaltanteilen besser gewährleisten zu können.

Für geringe Ausbauasphaltanteile in den Asphaltmischgütern, das heisst kleiner als 20 [M-%], hat der Ausbauasphalt kaum Einfluss auf die Eigenschaften der Recyclingmischgüter. Im Falle von höheren Ausbauasphaltanteilen sind die folgenden Parameter des Ausbauasphalts für dessen Eigenschaften und Leistungen wichtig:

- die Homogenität des Ausbauasphalts
- die Qualität des Ausbauasphalts
- die Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels
- der Mischungsgrad zwischen dem rückgewonnenen Bindemittel und dem zugegebenen Bindemittel
- die Wahl des zugegebenen Bindemittels

Ein hoher Ausbauasphaltanteil in den Asphaltmischgütern ist möglich, auch für die Deckschicht. Ein Vorbehalt ist jedoch bei den Mischgutsorten für Deckbeläge angebracht, z. B. was die Beläge mit einer Ausfallkörnung (diskontinuierliche Siebkurve) betrifft und/oder falls deren Anforderungen anspruchsvoll sind. Darunter versteht man die SMA-, PA-, AC MR- und SDA-Beläge. Ein Vorbehalt gilt auch im Allgemeinen für die Deckschichten mit hohen Anforderungen (z.B. hinsichtlich Griffbarkeit + Mischgutsorten mit PmB). Die Fundamentalschichten (AC F) und die Tragschichten (AC T) bleiben die Schichten mit der grössten Zugabe-Potenzial und sind daher die idealen Produkte, um das Recycling durch die Zugabe von Ausbauasphalt zu fördern. Insbesondere, wenn den Recyclingmischgütern hohe Ausbauasphaltanteile zugegeben werden, sind die Überprüfung des Verhaltens bei tiefen Temperaturen sowie der Dauerhaftigkeit der Recyclingmischgüter wichtig. Hier handelt es sich u.a. um die folgenden Aspekte: Die Ermüdung, die Spurbildung sowie die Bildung und die Entwicklung von Thermalrissen. Die mechanischen Prüfungen, die im Rahmen des Forschungspaketes durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass die Zugabe von Ausbauasphalt das Langzeitverhalten und die Dauerhaftigkeit der Mischgüter nicht negativ beeinflusst. Die Anforderungen der Schweizer Normen wurden zudem erfüllt.

Im Rahmen des Forschungspaketes wurde auch festgestellt, dass die traditionellen Versuche an dem Bindemittel (z.B. die Nadelpenetration und der Erweichungspunkt Ring und Kugel) nur teilweise brauchbare Informationen über das Bindemittel liefern, dies speziell in dem Fall, wenn es sich um ein gemischtes Bindemittel handelt. So entsprechen die gewonnenen Informationen zum Bindemittel nicht der tatsächlichen Realität. Daher besteht die Notwendigkeit, aussagekräftigere Versuche (z.B. rheologische Versuche) anzuwenden.

4.4.2 Forschungsprojekt PLANET

Der Schlussbericht des Forschungsprojektes PLANET wurde auch im Jahr 2017 veröffentlicht [34] und umfasst ebenso mehrere Einzelprojekte. U.a. wurden die folgenden Themen: Die Auswirkungen der Niedertemperaturasphalte auf die Mischwerke, die Ökobilanz, die Optimierung der Leistungseigenschaften durch die Rezeptur, die Gebrauchsdauer und die Alterung der Niedertemperaturasphalte.

Drei Niedertemperatur-Technologien wurden im Rahmen der Studie berücksichtigt: Zusätze für eine niedrige Viskosität (flüssiges Additiv mit Polymeren und Tensiden, synthetisches Wachs), ein synthetischer Zeolith und das Schaumbitumen. Was die ökologischen Aspekte betrifft, so kann im Vergleich zu Heissmischgut eine Energieeinsparung von etwa 30% bei der Herstellung von Niedertemperaturasphalt erreicht werden. Die Energieeinsparungen (ökologischer Vorteil) müssen jedoch mit dem ökologischen Verhältnis der verwendeten Zusätze (ökologischer Nachteil) relativiert werden. Nach einer durchgeführten Ökobilanz scheinen die Niedertemperaturasphalte nicht in jedem Fall besser zu sein als die herkömmlichen Heissmischgüter. Laut dieser Studien und aus ökologischer Sicht ist nur der Niedertemperaturasphalt mit Schaumbitumen besser als das Heissmischgut. Die zusätzliche Zugabe von Ausbaurasphalt in die Niedertemperaturasphalte verbessert aber die Ökobilanz. Dies gilt für alle untersuchten Produkte.

Die Herstellung der Niedertemperaturasphalte, die im Rahmen des Forschungsprojekts untersucht wurde, führte jedoch in einigen Fällen auch zu zusätzlichen Emissionen. Da die Brennerleistung für eine Reduzierung der Herstellungstemperatur gesenkt wird, kann dadurch der generelle Verbrennungsvorgang verschlechtert und damit zusammenhängend die Schadstoffkonzentration der Abgase erhöht werden. Hier wurde ein Anlageoptimierungspotential klar identifiziert.

Die Untersuchungen haben ausserdem gezeigt, dass die Preise für die Lieferung von Niedertemperaturasphalten mit denen von Heissmischgütern vergleichbar sind.

Zu den Eigenschaften und die Leistungen der Niedertemperaturasphalte lässt sich Folgendes aussagen: die Niedertemperaturasphalte weisen in der Regel eine höhere Wasserempfindlichkeit im Vergleich zu Heissasphalt auf. Die Wasserempfindlichkeit ist jedoch stark von den Bindemittleigenschaften und seinem Alterungszustand abhängig. In den Forschungsberichten wird auch empfohlen, die Bindemittelviskosität und seine Homogenität, sowie die Verarbeitbarkeit der Niedertemperaturasphalte zu prüfen. Im Übrigen sind die Eigenschaften und Leistungen der Niedertemperaturasphalte vergleichbar mit denen der Heissmischgüter. Die Anforderungen der Normen werden zudem in jedem Fall von den Niedertemperaturasphalten erfüllt. Beim Alterungsverhalten und bei der Dauerhaftigkeit der Mischgüter ist der Ermüdungswiderstand bei den Niedertemperaturasphalten im Vergleich zu Heissmischgütern im Allgemeinen besser. Hingegen ist der Widerstand gegen Spurrinnenbildung bei NTA im Allgemeinen geringer. Die Zugabe von Ausbaurasphalt in Niedertemperaturasphalt führt in bestimmten Fällen zu einer Verbesserung des Spurrinnenwiderstands und der Ermüdungseigenschaften und führt zu einer Verringerung der Wasserempfindlichkeit. Zu guter Letzt haben die Niedertemperaturasphalte auch den Vorteil, dass das Bindemittel bei der Herstellung langsamer altert.

4.5 Bestandsaufnahme und Beispiele aus EU-Ländern

4.5.1 Bestandsaufnahme in Europa und Vergleich mit der Situation in der Schweiz

Auch auf der europäischen Ebene ist es schwierig, genaue Daten über die Produktion von Asphaltmischgütern zu finden. Dies gilt insbesondere, wenn es um Ausbauasphaltrecycling in neuen Mischgütern und Niedertemperaturasphalte geht.

Anhand der Daten, die zur Verfügung stellen (z.B. auf der Website der European Asphalt Pavement Association EAPA [Asphalt in Figures - EAPA](#)), kann jedoch festgestellt werden, dass die Schweiz puncto Ausbauasphaltrecycling und Niedertemperaturasphalt im europäischen Vergleich zu den Pionieren gehört.

Analog zur Schweiz, sind auch in den EU-Ländern die Themen des Recyclingmischgutes und des Niedertemperaturasphaltes aktuell. Es besteht ebenfalls die Notwendigkeit, diese Produkte im Rahmen von Strassenbauprojekten, insbesondere aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen, zu fördern, die Branchenakteure für dieser Thematik zu sensibilisieren und ihr Vertrauen in die Implementierung zu gewinnen. Im Rahmen der Veröffentlichung von mehreren Position Papers unterstützt und fördert die EAPA beispielsweise die Wiederverwendung von Ausbauasphalt auf höchstmöglichem Niveau sowie die Implementierung von Niedertemperaturasphalt. Auf der Website der EAPA sind hierzu mehrere Informationen und Publikationen zu den Asphaltmischgütern, inklusive Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte, vorhanden.

4.5.2 Relevante Projektbeispiele

Zur Illustration werden hier unten einige Projektbeispiele vorgestellt.

- Projekt Re-Road

Das Re-Road Projekt ist ein Gemeinschaftsprojekt, das von der europäischen Kommission finanziert wurde. Mehrere europäische Forschungsinstitute im Bereich Strassenbau haben an diesem Gemeinschaftsprojekt im Zeitraum 2007-2013 mitgewirkt. Das Hauptziel des Projektes war die Optimierung des Recyclingprozesses in den Asphaltmischgütern, um ein Recycling auf hochwertigem Niveau zu erreichen. Der Fokus lag insbesondere beim Recycling in den Deckschichten.

Im Rahmen des Projekts wurde eine Lebenszyklusanalyse zu den verschiedenen Wiederverwendungsmöglichkeiten eines Ausbauasphalts durchgeführt. Diese zeigt, dass in ökologischer Hinsicht die Verwendung von Ausbauasphalt in einer gebundenen Form im Vergleich zu einer ungebundenen Form vorteilhafter ist. So bestehen zusätzliche ökologische Vorteile, wenn der (hochwertige) Ausbauasphalt aus einer Deckschicht für die Herstellung einer neuen Deckschicht verwendet wird. Zuletzt haben die Untersuchungen auch gezeigt, dass ab 15 [Masse-%] Ausbauasphaltanteil in einem Recyclingmischgut die ökologischen Vorteile höher sind als jene eines Niedertemperaturasphalts.

Was die Leistungen und die Dauerhaftigkeit der untersuchten Recyclingmischgüter betrifft, sind die mittel- bis langfristigen Leistungen (d.h. 6-10 Jahre) einer Deckschicht mit einem Ausbauasphaltanteil zwischen 23 und 30 [Masse-%] mit denen einer Deckschicht ohne Recyclinganteil vergleichbar. Recyclingmischgüter für die Deckschicht mit einem

Ausbauasphaltanteil bis 40 [Masse-%] wurden ebenfalls untersucht. Die kurzfristigen Leistungen (d.h. nach 3 Jahren) sind mit denen einer Deckschicht ohne Recyclinganteil vergleichbar. Aussagen über die mittel- und langfristigen Leistungen fehlen noch. Das Vorhandensein von PmB im wiederverwendeten Ausbauasphalt und/oder die Zugabe von einem PmB bei der Herstellung der Recyclingmischgüter führen zudem zu keinen nennenswerten Problemen bei der Herstellung, dem Einbau und im späteren Betrieb.

Es wurden auch Untersuchungen über das Mehrfachrecycling des Ausbauasphalts durchgeführt. Das Mehrfachrecycling hatte in diesem Kontext keinen negativen Einfluss auf die Leistungen eines Recyclingmischguts. Die Wahl des Zugabebindemittels ist jedoch von zentraler Bedeutung, um die gealterten Eigenschaften des Restbindemittels aus dem Ausbauasphalt zu korrigieren.

Mehr Informationen hierzu finden Sie auf der [Website Re-Road \(fehrl.org\)](http://fehrl.org).

- Projekt MURE

Das Forschungsprojekt MURE begann in Frankreich im März 2014 und dauerte 4 Jahre. Es ist ein Gemeinschaftsprojekt, an dem mehrere Branchenakteure mitgewirkt haben: Bauherren, Ingenieurbüros, Fachverbände, Baufirmen sowie Forschungslabors. Mehrere experimentelle Baustellen wurden im Rahmen des Projektes durchgeführt. Die Hauptthemen dieses Projektes sind die Kombination des Ausbauasphaltrecyclings mit einer Niedertemperaturtechnologie und das Mehrfachrecycling der Asphaltbeläge. Das Projekt wurde lanciert, nachdem festgestellt wurde, dass die Kombination von Recycling- und Niedertemperaturtechnologie nur selten Anwendung findet. Ziel des Projekts war es, das Vertrauen aller Branchenakteure, insbesondere der Bauherren und der Ingenieurbüros, in die Recyclingmischgüter und die Niedertemperaturasphalten zu gewinnen. Dafür wurde eine kooperative und transparente Zusammenarbeit etabliert. Im Rahmen der Kooperation wurden die technischen, soziologischen und wirtschaftlichen Aspekte der beiden Themen untersucht. Ziel war es, Lösungen zu finden, die durch alle Branchenakteure validiert wurden und die in der Praxis angewendet, resp. implementiert werden könnten.

Einige Schlussfolgerungen dieses Projektes sind im Folgenden zusammengefasst.

Erstens ist eine gute Charakterisierung des verwendeten Ausbauasphalts notwendig, um eine optimale Zusammensetzung für die Recyclingmischgüter zu entwickeln. Die Homogenität des Ausbauasphalts bleibt ebenfalls ein Schlüsselfaktor, um die Konformität und die Qualität der hergestellten Recyclingmischgüter zu gewährleisten.

Zweitens wurde der Einfluss der Ausbauasphaltzugabe auf die Verarbeitbarkeit der Mischgüter wurde untersucht. Folgendes wurde festgestellt: Je höher der Recyclinganteil ist, desto kürzer ist die Dauer der Verarbeitbarkeit. Ein hoher Ausbauasphaltanteil kann deshalb für den manuellen Einbau von Asphaltmischgut nachteilig sein.

Zudem ist das Thema der Mischung des Restbindemittels aus dem Ausbauasphalt und des Zugabebindemittels bedeutsam. In der Theorie muss die Mischung vollständig und perfekt sein. Für einen Recyclinganteil von 40% zeigen die Ergebnisse, dass die Mischung zwischen dem Restbindemittel aus dem Ausbauasphalt und dem Zugabebindemittel homogen ist, unabhängig davon, ob es sich um ein Heissmischgut oder um einen Niedertemperaturasphalt handelt. Für den Bauherren sollte die Herstellungsmethode daher keine Rolle spielen, solange die Asphaltproduzenten und die Baufirmen diese beherrschen. Für einen Recyclinganteil von 70% ist die Mischung zwischen beiden Bindemitteln weniger homogen.

Schliesslich ist es notwendig die allgemeinen Fachregeln für die Asphaltmischgüter bei der Herstellung und dem Einbau zu respektieren, um die Qualität und die Leistungen der Recyclingmischgüter zu gewährleisten. Diesbezüglich sind keine zusätzlichen Spezifikationen erforderlich. Die Einhaltung dieser Regeln ist jedoch umso verbindlicher, je höher der Recyclinganteil ist. Das Management der Ausbauasphaltlagerung sowie die Homogenität des Ausbauasphalts und seine Feuchtigkeit sind wichtige Erfolgsfaktoren der Recyclingtechnologie.

Mehr Informationen hierzu finden Sie auf der Website www.pnmure.fr.

- Fazit

Auch in den EU-Ländern werden die Themen der Niedertemperaturasphalte und des Ausbauasphaltrecyclings als wesentlich erkannt, um die Umweltbelastung des Strassenbaus zu reduzieren. Es besteht gleichfalls die Notwendigkeit, die Branchenakteure in diesen Themen zu sensibilisieren, zu begleiten und die Akzeptanz zu steigern. Fachverbände helfen hierbei und entsprechende Forschungsprojekte wurden durchgeführt. Wichtig ist die Erkenntnis, dass es sich fast immer um einen gemeinschaftlichen Ansatz mehrerer Branchenakteure handelt. Mehrere Branchenakteure wurden diesbezüglich involviert. Der Hauptgrund hierfür ist, dass technisch, wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Massnahmen, entwickelt werden können, die auch von Bauherren akzeptiert werden. Das Ziel ist die breite Anwendung der Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte in der Praxis. Dieses Vorgehen garantiert zudem auch den transparenten Austausch der Erfahrungen und Ergebnisse unter den Branchenakteuren.

Es ist auch zu bemerken, dass die untersuchten Themen im Rahmen dieser Projekte relativ «ambitiös» sind. So werden die betrachteten Themen des hohen Recyclinganteils in der Deckschicht, des Mehrfachrecyclings und auch der Kombination zwischen der Recycling- (mind. 40%) und der Niedertemperaturtechnologie in der Schweiz immer noch als «Innovation» betrachtet.

Abschliessend kann festgestellt werden, dass im Rahmen dieser Projekte die wesentlichen Parameter identifiziert worden sind, um die Eigenschaften, die Leistungen, die Qualität und die Dauerhaftigkeit dieser Produkte zu gewährleisten. Es sind dies die Homogenität und die Qualität des Ausbauasphalts sowie die Beherrschung des Prozesses durch die Asphaltproduzenten und die Baufirmen (d.h. zum Beispiel die Beherrschung der Eigenschaften des finalen Bindemittels der Mischgüter, der Verarbeitbarkeit der Mischgüter sowie die Einhaltung der Einbaubedingungen). Dies entspricht den Feststellungen, die weiter oben in der Guideline schon gemacht wurden.

Teil 3

Erweiterter Anwendungsbereich und dazugehörige Anforderungen – Berücksichtigung und Förderung von Recyclingmischgütern und NTA in Strassenbauprojekten

5 Erweiterter Anwendungsbereich und dazugehörige Anforderungen

Der Anwendungsbereich, der in diesem Kapitel definiert wird, ermöglicht es, Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt zu verwenden, ohne zusätzliche Risiken im Vergleich zu Heissmischgut (ohne oder mit geringerem Ausbaumasphaltanteil) eingehen zu müssen.

In diesem Kapitel finden Sie auch eine Liste der Untersuchungen und Versuche, die relevant sind, um die Eigenschaften und die Leistungen zu gewährleisten. Dazugehörige Anforderungen sind ebenfalls aufgeführt.

5.1 Empfohlener Ausbaumasphaltanteil in Asphaltmischgut

Gestützt auf die Analyse der bisherigen Erfahrungen in der Schweiz (Best Practices, lokale Initiativen, Forschungsprojekte) und im Ausland können die empfohlenen Ausbaumasphaltanteile für die Herstellung neuer Asphaltmischgüter angepasst werden. Die Guideline schlägt deshalb eine Überarbeitung und eine Aktualisierung der in der Schweizer Normierung (SN 640 431-1-NA [11]) zulässigen Anteile vor. Die von der Guideline empfohlenen Ausbaumasphaltanteile sind in den untenstehenden Tabellen verfügbar. Diese Anteile entsprechen einer Warmzugabe für Heissmischgüter. Falls es sich um eine Kombination zwischen Recycling und Niedertemperaturtechnologie handelt, sind die heutigen Anteile der Norm SN 640 431-1-NA [11] gut geeignet. In diesem Fall empfehlen wir, die Werte der Norm zu berücksichtigen.

Hierbei muss darauf hingewiesen werden, dass der optimale Ausbaumasphaltanteil in einem Mischgut nicht unbedingt dem technisch maximalen Anteil entspricht. Dies hängt sehr stark von den Mischguttypen – und Sorten, der lokalen Situation, der Baustelle und ihren Einbaubedingungen sowie von den verfügbaren Bestandteilen ab.

Die erste Tabelle gilt für die Fundationsschicht (AC F), die Tragschicht (AC T) und die Bindschicht (AC B). In diesen Schichten ist es heutzutage realistisch und machbar, hohe Ausbaumasphaltanteile zu verwenden, ohne ein zusätzliches Risiko im Vergleich zu Asphaltmischgütern ohne oder mit geringen Ausbaumasphaltanteilen einzugehen. Dies vor allem aus folgenden Gründen:

- Die Anforderungen an die Korngrößenverteilung und die Korngrösse (das grösste Korn ist im Allgemeinen 0/16 oder 0/22 für diese Schichten) sowie die erforderlichen physikalischen und geometrischen Eigenschaften der Gesteinskörnungen sind auch mit hohen Ausbaumasphaltanteilen gut zu erfüllen.
- Die Eigenschaften des aus dem Ausbaumasphalt gewonnenen Bindemittels (Restbindemittel) können bei Bedarf, gut «korrigiert» werden, um die erforderlichen Eigenschaften des gemischten/finalen Bindemittels zu erreichen, z.B. anhand eines weichen Bindemittels oder mittels Zusätzen.

Die zweite Tabelle gilt für die Deckschicht (AC) und das AC EME, welches für Binder- (AC EME C1) und Tragschicht (AC EME C2) geeignet ist. Hohe Ausbausphalanteile in einem AC EME oder in der Deckschicht sind heute noch technisch anspruchsvoll. Dies erfordert die Verwendung von Bestandteilen mit spezifischen, resp. hohen Anforderungen sowie einer gewissen Homogenität in der Qualität und der Eigenschaften der Bestandteile. Dies gilt auch für den verwendeten Ausbausphal (als Bestandteil der Recyclingmischgüter) und insbesondere für die aus dem Ausbausphal rückgewonnenen Gesteinskörnungen und Bindemittel. Für beide Schichten (AC EME und die Deckschicht) ist zudem eine gute Beherrschung des Gesamtprozesses wichtig. Für die Deckschicht ist die Verfügbarkeit einer geeigneten feinen Ausbausphal-Fraktion (in der Regel max. 0/8 oder 0/11) erforderlich.

Beide Tabellen stellen auch Vorschläge für die empfohlenen Ausbausphalanteile, die in der nächsten Überarbeitung der Norm SN 640 431-1-NA [11] berücksichtigt werden könnten, dar.

Der von der Guideline angegebene minimale Ausbausphalanteil entspricht dem, was der Bauherr von Asphaltproduzenten und Baufirmen im Bereich der Recyclingmischgüter erwarten darf. Die mit diesen Ausbausphalanteilen angebotenen Produkte müssen zudem die gleiche Garantie wie bei üblichen Produkten bieten. Der in der Guideline maximal angegebene Ausbausphalanteil entspricht dem aktuellen maximalen möglichen Wert, der technisch regelmässig erreicht werden kann. Dies erfordert jedoch die Beherrschung des gesamten Prozesses samt der dazugehörigen Hauptparameter durch den Asphaltproduzenten und die Baufirma. In diesem Fall ist der maximale Wert der Empfehlungen der Guideline höher als jener der heutigen Normierung. Damit soll die Tür für Innovationen und Unternehmensprodukte bewusst offengelassen werden.

Es ist unerlässlich, dass das eingesetzte Mischgut den Anforderungen der Normen und den Vorschriften der Bauherren für Standardheissmischgüter entspricht. Dies gilt gleichermassen für das aus dem Recyclingmischgut zurückgewonnene finale Bindemittel (inklusive PmB) wie auch für die Recyclingmischgüter, selbst wenn ein hoher Ausbauanteil bei der Herstellung verwendet wurde. Das Recycling von Ausbausphal in Asphaltmischgut darf nicht zu einem Kompromiss oder zu einer Anpassung der Anforderungen führen. Die Einhaltung der Anforderungen der Normen ist eine notwendige Voraussetzung, um die Qualität und die Dauerhaftigkeit der eingebauten Schichten zu gewährleisten.

Asphaltmischgut	von der Guideline empfohlener Ausbausphalanteil		heute zulässige Zugabemenge (SN 640 431-1-NA)	empfohlene zulässige Zugabemenge für die Normrevision
AC F	min. 60%	max. 100%	max. 70%	max. 100%
AC T	min. 50%	max. 90%	max. 60%	max. 80%
AC B	min. 20%	max. 60%	max. 30%	max. 50%

Tabelle 18: empfohlener Ausbausphalanteil für die AC F-, AC T- und AC B – Schicht

Wichtig ist der Hinweis, dass geringe Ausbausphalanteile (<20%) kaum Einfluss auf die Eigenschaften der Recyclingmischgüter haben. Der Einfluss des Ausbausphals wird erst ab einem Anteil von ca. 40 % deutlich erkennbar.

- Kommentar zur Binderschicht (AC B)

In vielen Fällen gleichen sich die Mischgüter für die AC T und die AC B – Schichten. Diese haben ähnliche Zusammensetzungen (Rezepturen). In der Tabelle 18 sind jedoch die minimalen und maximalen empfohlenen Ausbausphalanteilen der beiden Produkte unterschiedlich. Der Hauptgrund dafür ist, dass die Binderschicht, wegen ihrer Position und Funktion in der Struktur, mehr beansprucht und daher auch empfindlicher ist. Für hoch beanspruchte Fahrbahnen können möglicherweise auch polymermodifizierte Bitumen (PmB) in den Binderschichten erforderlich sein, was den Ausbausphalanteil begrenzen kann.

Asphaltmischgut		von der Guideline empfohlener Ausbausphalanteil		heute zulässige Zugabemenge (SN 640 431-1-NA)	empfohlene zulässige Zugabemenge für die Normrevision
AC EME		min. 10%	max. 50%	max. 30%	max. 50%
AC Deck-Schicht	N	min. 0%	max. 50%	max. 30%	max. 40%
	S/H	min. 0%	max. 30%	max. 0%	max. 30%

Tabelle 19: empfohlener Ausbausphalanteil für den AC EME und die Deckschicht

- Kommentar über AC MR, SDA und PA

In der Regel wird empfohlen, kein Ausbausphal für die Herstellung dieser Schichten (AC MR, SDA, PA) zu verwenden. Es handelt sich hier um besondere und empfindliche Produkte. Falls Ausbausphal in der Zusammensetzung dieser Produkte verwendet wird, sollte dies eher als Innovation betrachtet werden und könnte z.B. im Rahmen einer Unternehmervariante vorgeschlagen werden.

- Kommentar zur Deckschicht AC

Die Parameter, die die Oberflächeneigenschaften massgeblich bestimmen, u.a. hinsichtlich Sicherheitsaspekten (z.B. die Griffigkeit), müssen gewährleistet sein. Dies gilt insbesondere für die Typen S und H.

Hierzu wird das Beispiel des Kantons Waadt genannt. In den Ausschreibungsunterlagen des Kantons Waadt werden nämlich zusätzliche Anforderungen an die Ausbausphalgranulate für die Parameter «Anteil gebrochener Oberflächen in groben Gesteinskörnungen» (das ursprüngliche Kriterium $C_{50/10}$ der Norm SN EN 13108-8 [8] wird durch das Kriterium $C_{70/10}$ der Norm SN 670 103b / EN 13043 [9] ersetzt) und «Widerstand gegen Polieren» (das Kriterium PSV_{50} der Norm SN 670 103b/ EN 13043 [9] wurde integriert) verlangt.

	Anteil gebrochener Oberflächen	Widerstand gegen Polieren
Neues Kriterium (gemäss SN 670 103 b / EN 13043 [9])	$C_{70/10}$	PSV_{50}
Ursprüngliches Kriterium (gemäss SN EN 13108-8 [8])	$C_{50/10}$	keine Anforderung

Tabelle 20: zusätzliche Anforderungen an die Ausbausphalgranulate, was die AC S und AC H betrifft

- Kommentar zu den stark befahrenen Fahrbahnen

Wie schon im Fall der Binderschicht erwähnt, können für hoch beanspruchte Fahrbahnen möglicherweise polymermodifizierte Bitumen (PmB) in den Deckschichten erforderlich sein, was den Ausbauasphaltanteil begrenzen kann. Ein Hauptgrund dafür ist das Erreichen der Eigenschaften am finalen Bindemittel aus den aus dem Ausbauasphalt rückgewonnenen Bindemittel und einem Zugabe-Bindemittel.

5.2 Empfehlungen zur Wahl des Bindemittels in einem Asphaltmischgut

Laut der Norm EN 13108-1 [11] (Ziffer 4.2.1) muss das Bindemittel ein Strassenbaubitumen, ein modifiziertes Bitumen oder ein hartes Bitumen sein. In der Tabelle 1 und 2 der nationalen Anhang dieser Norm sind Empfehlungen zur Wahl des Bindemittels in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischgutttypen vorhanden. Diese Empfehlungen gelten auch für Recyclingmischgüter sowie für Niedertemperaturasphalte.

Asphaltbeton, Empfehlungen zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischgutttypen <i>Enrobés bitumineux, recommandations pour le choix des liants en fonction des couches, des sortes et des types d'enrobés</i>												
	Mischgutsorten <i>Sortes d'enrobés</i>											
	AC			AC B			AC T			AC MR	AC F	AC RAIL
Bindemittel und Bindemittelsorten <i>Liants et sortes de liants</i>	Mischgutttypen <i>Types d'enrobés</i>											
	L	N	S	H	S	H	L	N	S	H	Ohne Typen <i>Sans types</i>	
Strassenbaubitumen <i>Bitumes routiers</i>												
35/50			○	○					+	+		
50/70		+	+	+	○			+	+	+		+
70/100	+	+	○		○		+	+	○			+
100/150	+	+					+	○				○
160/220	○						○					+
Polymerbitumen <i>Bitumes-polymères</i>												
PmB 25/55-55 (CH-C)			○	○	○	+			○	+		
PmB 45/80-50 (CH-C)			○	○	+	+				○	○	
PmB 65/105-45 (CH-C)			○	○							○	
PmB 25/55-65 (CH-E)			○	○	○	+					○	
PmB 45/80-65 (CH-E)			+	+							+	
PmB 65/105-60 (CH-E)			○	○							+	

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

+ Sortes généralement employées
○ Sortes qui doivent être employées suivant les sollicitations du trafic et du climat

Anstelle der PmB-Sorten Typ CH-C kann der Hersteller auch die entsprechende PmB-Sorte Typ CH-E verwenden.

Au lieu des sortes de PmB type CH-C le producteur peut utiliser aussi la sorte correspondente de PmB type CH-E.

Tabelle 21: Asphaltbeton, Empfehlungen zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischgutttypen (Bildquelle: SN 640 431-1-NA / EN 13108-1 [11])

Hochmodul-Asphaltbeton AC EME, Empfehlungen zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Klasse und der angestrebten Eigenschaften <i>Enrobés bitumineux à module élevé AC EME, recommandations pour le choix des liants en fonction de la classe et des propriétés désirées</i>		
Klasse <i>Classe</i> C	Angestrebte Eigenschaften <i>Propriétés désirées</i>	Sortenbezeichnung gemäss <i>Désignation des sortes selon</i> SN EN 13924 [10]
AC EME 22 C1	Beständigkeit gegen bleibende Verformung <i>Résistance aux déformations permanentes</i>	Bitumen 15/25 (CH) <i>Bitumes</i>
AC EME 22 C2	Beständigkeit gegen Ermüdung <i>Résistance à la fatigue</i>	Bitumen 10/20 (CH) <i>Bitumes</i>

Tabelle 22: Hochmodul-Asphaltbeton AC EME, Empfehlungen zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Klasse und der angestrebten Eigenschaften (Bildquelle: SN 640 431-1-NA / EN 13108-1 [11])

5.3 Herkömmliche Versuche und Anforderungen an das Bindemittel

Die Einhaltung der Anforderungen an das finale Bindemittel der Recyclingmischgüter und der Niedertemperaturasphalte ist eine notwendige Voraussetzung, um die Leistungen, die Qualität und die Dauerhaftigkeit der hergestellten Asphaltmischgüter zu gewährleisten. Die Eigenschaften des Asphaltmischguts sind tatsächlich stark mit jenen des Bindemittels verbunden.

Einige dieser Versuche, die in diesem Kapitel erwähnt sind, können sowohl für die Formulierung (d.h. Entwicklung einer optimalen Rezeptur) wie auch für die Kontrolle des originalen Bindemittels und der Asphaltmischgutproduktion verwendet werden. Andere Versuche, insbesondere wegen ihrer Kosten und der Durchführungsdauer, werden fast nur in der Entwicklungsphase verwendet.

Die Anforderungen, die in diesem Kapitel vorgestellt werden, gelten für Recyclingmischgüter sowie für Niedertemperaturasphalte.

5.3.1 Schätzung der Bindemittleigenschaften bei Verwendung von Ausbauasphalt in empirisch festgelegten Mischgütern (Spezialfall der Recyclingmischgüter)

Die Wahl des Bindemittels sowie die Dosierung nach einer empirischen Methodik ist laut der Norm SN 640 431-1-NA / EN 13108-1 [11] (Anhang A) möglich. Dies gilt jedoch nur für Recyclingmischgüter, die aus Ausbauasphalt bestehen, in dem Strassenbaubitumen verwendet wurden und für die das zugegebene Bindemittel Strassenbaubitumen ist.

Wenn es sich um eine Deckschicht handelt, bei der mehr als 10 % des Massenanteils des Mischguts aus Ausbauasphalt besteht, muss die untenstehende Äquivalenzrelation am Erweichungspunkt erfüllt sein. Für die Binder- oder die Tragschichten liegt der Grenzwert bei 20% des Massenanteils.

$$T_{R\&Bmix} = a \times T_{R\&B1} + b \times T_{R\&B2}$$

Dabei ist

- $T_{R\&Bmix}$ der berechnete Erweichungspunkt des Bindemittels im resultierenden Mischgut.
- $T_{R\&B1}$ der Erweichungspunkt des aus dem Ausbauasphalt rückgewonnenen Bindemittels.
- $T_{R\&B2}$ der Erweichungspunkt des zugegebenen Bindemittels.
- a und b sind die Massenanteile des Bindemittels aus dem Ausbauasphalt (a) und dem zugegebenen Bindemittel im Mischgut (b). Daher gilt: $a + b = 1$.

Wie schon erwähnt, ist diese Methode nur für Strassenbaubitumen geeignet. Diese ist für die PmB nicht adäquat.

5.3.2 Andere Fälle, die nicht von der empirischen Festlegung abgedeckt sind (betrifft Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte)

Die Eigenschaften des finalen (gemischten) Bindemittels der Asphaltmischgüter müssen durch Untersuchungen am Bindemittel nachgewiesen werden und es müssen bestimmte Anforderungen erfüllt werden. Diese Anforderungen betreffen die folgenden Parameter: die Nadelpenetration (SN 670 511/EN 1426 [37]), der Erweichungspunkt Ring und Kugel (SN 670 512/EN 1427 [38]) sowie die elastische Rückstellung (SN EN 13 398 [29]). Diese Untersuchungen werden häufig als Produktionskontrolle (auf der Mischanlage) und der Lieferung (auf der Baustelle) durchgeführt. Sie gelten als Standardprüfung für das Bindemittel.

Heutzutage stehen bereits mehrere Quellen für Anforderungen an das Bindemittel zur Verfügung, sowohl für das originale Bindemittel, das bei der Herstellung von Asphaltmischgütern verwendet wird, als auch für das rückgewonnene Bindemittel aus hergestellten Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten. Unter rückgewonnenem Bindemittel versteht man beispielsweise Bindemittel, das an Proben aus löslichem Asphaltmischgut oder an Bohrerkerne rückgewonnen wird. Dazu gehören insbesondere die folgenden Anforderungen:

- Die Anforderungen der VSS-Normen

Diese Anforderungen sind für originale und nach RTFOT-Methode (Rolling Thin Film Oven Test) künstlich gealterte Bindemittel gültig. Die RTFOT-Methode entspricht einer Simulation im Labor der Alterung des Bindemittels bei der Herstellung in der Mischanlage.

Die Anforderungen sind je nach Bindemittelsorten in den folgenden VSS-Normen vorhanden:

- SN 670 202-NA/EN 12591 [18] (Strassenbaubitumen)
- SN 670 210b-NA/EN 14023 [19] (polymermodifizierten Bitumen Pmb)
- SN 670 204-1-NA/EN13924-1 [20] (harte Strassenbaubitumen, d.h. die Bitumen 5/15, 10/20 und 15/25)

In diesen Normen sind die Eigenschaften für das rückgewonnene, nach RTFOT-Methode gealterte Bindemittel als «Beständigkeit gegen Verhärtung bei 163°C» gekennzeichnet.

- Die Anforderung des ASTRA (Bundesamt für Strassen) [40]

Diese Anforderungen sind für die aus den Mischgütern rückgewonnenen Bindemittel gültig, z.B. im Rahmen der Einbaukontrollen. Sie wurden von dem ASTRA entwickelt.

- Die Anforderung der Baudirektion des Kantons Zürich [41]

Diese Anforderungen sind für die aus den Mischgütern rückgewonnenen Bindemittel gültig.

Wichtig ist es zu erwähnen, dass des Tiefbauamts der Stadt Zürich ähnliche Anforderungen hat [42]. Jedoch gibt es keinen Unterschied zwischen den Anforderungen an das Bindemittel, das aus der Deckschicht rückgewonnen wird, und jenen an Bindemittel, welches aus den anderen Schichten rückgewonnen wird. In dem Fall des Tiefbauamts der Stadt Zürich müssen alle rückgewonnenen Bindemittel (schichtunabhängig) die gleichen Anforderungen erfüllen. Diese entsprechen jenen der Baudirektion des Kantons Zürich für die Deckschicht. Das Tiefbauamt der Stadt Zürich erlaubt aber weniger strenge Anforderungen bei der Verwendung von Ausbauasphalt. Das heisst, dass das rückgewonnene Bindemittel steifer sein kann (kleinerer Penetrations- und elastische Rückstellungswert sowie höherer Erweichungspunkt).

Hier werden nur die Anforderungen des Tiefbauamts des Kantons Zürich berücksichtigt.

Die Informationen, die aus diesen drei Quellen stammen, sind in der Tabelle 23 dargestellt.

			B50/70	B70/100	PmB 10/40-70 (CH-E)	PmB 25/55-65 (CH-E)	PmB 45/80-65 (CH-E)	PmB 65/105-60 (CH-E)	B10/20	B15/25	
VSS-Normen	Penetration (EN 1426)	originales	50...70	70...100	10...40	25...55	45...80	65...105	10...20	15...25	
		RTFOT Alterung <i>berechnet nach Hinweisen der Norm über die verbleibende Penetration</i>	≥ 50% d.h. 25...70	≥ 46% d.h. 32...100	≥ 60% d.h. 6...40	≥ 60% d.h. 15...55	≥ 60% d.h. 27...80	≥ 60% d.h. 39...105	≥ 55% d.h. 6...20	≥ 55% d.h. 8...25	
	Erweichungs- punkt RuK (EN 1427)	originales	46...54	43...51	≥ 70	≥ 65	≥ 65	≥ 60	58...78	55...71	
		RTFOT Alterung <i>berechnet nach Hinweisen der Norm über den zulässigen Anstieg und Abfall des Erweichungspunktes</i>	≤9°C An- stieg 46...63	≤9°C An- stieg d.h. 43...60	≤8°C Anstieg ≤5°C Abfall d.h. 65...78	8°C Anstieg ≤5°C Abfall d.h. 60...73	8°C Anstieg ≤5°C Abfall d.h. 60...73	8°C Anstieg ≤5°C Abfall d.h. 55...68	≤10°C Anstieg ≤2°C Abfall d.h. 56...88	≤10°C Anstieg ≤2°C Abfall d.h. 53...81	
	Elastische Rückstellung 25°C (EN 13398)	originales			≥ 80	≥ 80	≥ 80	≥ 80			
		RTFOT Alterung			≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60			
ASTRA	Penetration (EN1426)	originales	30...55	40...75	10...35	15...50	30...70	40...90	6...16	8...21	
	Erwei- chungs- punkt RuK (EN 1427)	rückgewonnenes	48...65	45...62	≥ 65	≥ 60	≥ 60	≥ 55	≥ 60	≥ 57	
	Elastische Rückstellung 25°C (EN 13398)										
Kanton Zürich	Penetration (EN1426)	rückgewonnenes	AC	30...55	40...75						
			AC B				20...50	35...70	45...90		
			AC T AC F	25...55	35...75	15...35				6...16	15...35
	Erwei- chungs- punkt RuK (EN 1427)	rückgewonnenes	AC	48...65	45...62						
			AC B				60...80	60...80	55...75		
			AC T AC F	50...55	47...62	65...87				60...85	65...80
Elastische Rückstellung 25°C (EN 13398)	rückgewonnenes	AC				≥ 60	≥ 60	≥ 60			
		AC B									
		AC T AC F			≥ 50	≥ 50	≥ 50	≥ 50			

Tabelle 23: zusammenfassende Tabelle über die vorhandenen Anforderungen an das Bindemittel

Im Folgenden sind einige zusätzliche Informationen aufgelistet. Diese gelten als Ergänzungen für das Verständnis.

- Bindemittelsorten

Die Bitumen 50/70 und 70/100 sind Strassenbaubitumen (Norm SN 670 202-NA /EN 12591 [18]). Diese Bitumen werden in der Schweiz sehr häufig verwendet.

Die PmB 10/40-70, 25/55-65, 45/80-65 und 65/105-60 sind polymermodifizierte Bitumen (Norm SN 670 202-NA/ EN 14023 [19]). Die PmB, die in der Schweiz am meisten verwendet werden, sind die PmB 25/55-65 und 45/80-65. Sie sind in der Regel für stark beanspruchte Schichten (Verkehr, Klima) gut geeignet.

Die Bitumen 10/20 und 15/25 sind harte Strassenbaubitumen (Norm SN 670 204-1-NA / EN 13924-1 [20]). Sie werden in der Regel für die Herstellung von AC EME (10/20 für AC EME C2 und 15/25 für AC EME C1) verwendet.

- Parameter «elastische Rückstellung»

Der Parameter «elastische Rückstellung» wird nur für die PmB, die mit Elastomeren modifiziert wurden, berücksichtigt. Dieser Parameter ermöglicht die Charakterisierung der elastischen Eigenschaften eines Bindemittels, das mit Polymeren modifiziert wurde. Wenn die Verwendung eines polymermodifizierten Bindemittels vorgeschrieben ist oder wenn die Eigenschaften des Zielbindemittels jenen eines PmB gleichen, muss daher die elastische Rückstellung des rückgewonnenen Bindemittels berücksichtigt werden. Entsprechende Anforderungen sind von Kanton Zürich und dem VSS definiert. Von der Seite des ASTRA gibt es keine Information über diesen Parameter, auch was die PmB generell betrifft. Wichtig ist der Hinweis, dass die Anforderungen an die PmB bezüglich der elastischen Rückstellung für Asphaltmischgüter mit hohen Ausbauasphaltanteilen generell schwierig zu erreichen sind.

- Parameter «Erweichungspunkt Ring und Kugel (RuK)»

Was die Anforderungen an den Erweichungspunkt RuK betrifft, muss im Allgemeinen ein minimaler Wert eingehalten werden. Dies stellt sicher, dass das Bindemittel nicht zu weich ist, was bei hohen Gebrauchstemperaturen zu bleibenden Verformungen (Spurrinnen) im Belag führen kann. Es ist jedoch auch wichtig, den maximalen Wert zu berücksichtigen, insbesondere im Fall von Recyclingmischgütern. Die Verwendung von Ausbauasphalt kann nämlich zu einer Verhärtung des Bindemittels (ausser für AC EME) führen. Es ist daher wichtig zu beachten, dass das finale Bindemittel nicht zu steif wird. Dies kann z.B. zu Rissbildungsproblemen im Belag führen. Die Anforderungen des Kantons Zürich sind diesbezüglich relevant, denn sie stellen einen minimalen und einen maximalen Wert für jede Bindemittelsorte dar.

- Unterschiede zwischen der Deckschicht und den anderen Schichten

Im Fall der Anforderungen der Baudirektion des Kantons Zürich besteht ein Unterschied zwischen den Anforderungen der Deckschicht und denen der anderen Schichten (AC B, AC T, AC F). Das (finale) Bindemittel der AC B, AC T, AC F kann effektiv ein wenig härter oder steifer als das Bindemittel einer Deckschicht sein, insbesondere weil für diese Schichten ein kleineres Risiko besteht. So liegen diese Schichten nicht an der Oberfläche und sind daher weniger beansprucht und Umwelteinflüssen ausgesetzt (z.B. den Klimabedingungen und den UV-Strahlen). Diese Differenzierung ist besonders interessant bei der Verwendung von Ausbauasphalt, was, wie schon erwähnt, zu einer Verhärtung des finalen Bindemittels führen kann.

Als Fazit all dieser hier obenstehenden Feststellungen wird empfohlen, die Anforderungen der Baudirektion des Kantons Zürich anzuwenden. Diese Grundlagen sind vollständig und für die Recyclingmischgüter und die Niedertemperaturasphalte am besten geeignet.

5.4 Zusätzliche Untersuchungen und Anforderungen an das Bindemittel im Fall von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten

Im Kapitel 5.3 wurden die traditionellen Untersuchungen und Versuche an dem Bindemittel sowie deren Anforderungen vorgestellt. In diesem Kapitel werden zusätzliche Untersuchungen vorgeschlagen, die im Fall von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten auch relevant sein können.

5.4.1 Bestimmung des Brechpunkts nach Frass

Aus Gründen, die in der Guideline schon mehrmals erwähnt wurden, ist es sinnvoll, das Kälteverhalten der Mischgüter zu untersuchen. Diese Eigenschaft kann anhand verschiedener Laborprüfungen am Bindemittel (z.B. Bending Beam Rheometer BBR, Dynamic Shear Rheometer DSR) oder am Mischgut (z.B. indirekte Zugfestigkeit, einachsiger Zugversuch) geprüft werden. Einige dieser Versuche werden in den nächsten Kapiteln (5.4.2 und 5.5.2) erwähnt.

In diesem Kapitel handelt es sich um die Bestimmung des Brechpunkts nach Fraass des Bindemittels. Dieser Versuch ermöglicht ebenfalls, einige aussagekräftige Informationen über das Kälteverhalten des Asphaltmischguts zu erhalten. Dies ist von Bedeutung, da ein Zusammenhang zwischen den Eigenschaften des Bindemittels und dem Kälteverhalten des Asphaltmischguts besteht.

In der Schweiz findet dieser Versuch leider noch wenig Anwendung. Es wäre jedoch relativ einfach, diesen in grösserem Umfang zu entwickeln, auch im Rahmen von üblichen Kontrollen am originalen und rückgewonnenen Bindemittel. Die Prüfung ist in der Norm SN 670 507/EN 12593 [43] beschrieben und einige Schweizer Labors sind bereits mit dem Fraass-Gerät ausgerüstet. Das Ziel dieses Versuchs ist es, die Temperatur zu bestimmen, bei der eine dünne Bitumenschicht bei einer gegebenen Abkühlung und festgelegten Biegebbeanspruchung bricht oder Risse bekommt.

Was diesen Versuch betrifft, sind Anforderungen an das Bindemittel in den folgenden Normen vorhanden: SN 670 202-NA/EN 12591 [18], SN 670 210b-NA/EN 14023 [19] und SN 670 204-1-NA/EN 13924-1 [20]. Diese sind in der untenstehenden Tabelle 24 dargestellt.

	B50/70	B70/100	PmB 10/40-70 (CH-E)	PmB 25/55-65 (CH-E)	PmB 45/80-65 (CH-E)	PmB 65/105-60 (CH-E)	B10/20	B15/25
Brechpunkt nach Fraass [°C]	-8	-10	≤-5	≤-10	≤-15	≤-18	≤0	≤0

Tabelle 24: Anforderungen an dem Bindemittel je nach Bindemittelsorten, was den Brechpunkt nach Fraass betrifft

Logischerweise sind die harten Strassenbaubitumen (B10/20 und B15/25) die empfindlichsten bei einer Tieftemperatur. Man kann auch feststellen, dass die Verwendung von PmB die Empfindlichkeit in dem Falle einer Tieftemperatur, im Vergleich zu Strassenbaubitumen mit einer ähnlichen Steifigkeit, reduziert. Die PmB wurden hauptsächlich aus diesen Gründen entwickelt.

5.4.2 «Advanced Tests» an dem Bindemittel

Die traditionellen Methoden und Prüfungen am Bindemittel (z.B. Nadelpenetration oder Erweichungspunkt RuK) haben ihre Grenzen aufgezeigt, insbesondere wenn es sich bei den untersuchten Mischgütern um Recyclingmischgüter oder Niedertemperaturasphalte handelt. So können diese Produkte mit den traditionellen Methoden aufgrund ihrer Komplexität nicht mehr vollumfänglich charakterisiert werden. Die traditionellen Methoden wurden zudem für Strassenbaubitumen entwickelt und sind heutzutage für die PmB sowie bei der Verwendung von Recycling- und Niedertemperaturtechnologien weniger geeignet.

Die in diesem Abschnitt vorgeschlagenen «Advanced Tests» sind an die Problematik der Recyclingmischgüter und der Niedertemperaturasphalte angepasst, insbesondere was die Eigenschaften des finalen Bindemittels betrifft. Sie sind in den USA (Strategic Highway

Research Program SHRP und SUPERPAVE Asphalt Mix Design Method) sowie in einigen EU-Ländern für die Untersuchungen an Bindemitteln schon implementiert. In der Schweiz können diese Versuche bereits heute schon durchgeführt werden, jedoch ist die Verwendung selten und entsprechend besteht ein Mangel an Erfahrungen.

Im Folgenden werden diese «Advanced Tests» sowie das dazugehörige Verfahren genannt. Einige Anforderungen, die dazu bereits definiert wurden, sind auch aufgeführt. Wie schon erwähnt, hat man jedoch in der Schweiz noch wenig Erfahrung mit diesem Verfahren und es besteht hierfür Nachholbedarf. Das Sammeln von zusätzlichen Erfahrungen muss insbesondere dazu beitragen, Datenbanken mit Ergebnissen je nach Bindemittelsorte und Konditionierungsmethode zu entwickeln und entsprechend geeignetere und präzisere Anforderungen an die Bindemittel (originales und rückgewonnenes) festzulegen.

Untersuchter Parameter	Versuch	Temperaturbereich
Empfindlichkeit gegen Kälterisse (Kälteverhalten)	Bestimmung der Biegekriechsteifigkeit (Biegebalkenrheometer / Bending Beam Rheometer BBR) oder Verformungsverhalten im Dynamischen Scherrheometer (DSR)	Tiefer Gebrauchstemperaturbereich ca. -30°C - 0°C
Empfindlichkeit gegen Ermüdung (Ermüdungsrisse)	Verformungsverhalten im Dynamischen Scherrheometer (DSR)	Normaler Gebrauchstemperaturbereich ca. 5°C – 30°C
Empfindlichkeit gegen bleibende Verformungen	Verformungsverhalten im Dynamischen Scherrheometer (DSR)	Hohe Gebrauchstemperaturbereich ca. 40°C – 60°C
Optimale Mischtemperatur bei der Herstellung und Verarbeitbarkeit beim Einbau	Bestimmung der dynamischen Viskosität (auch Rotationsviskosität Brookfield genannt)	Hochtemperaturbereich, der für die optimale Umhüllung und Verarbeitbarkeit des Bindemittels geeignet ist. Keine Gebrauchstemperatur. ca. 100°C – 180°C

Tabelle 25: vorgeschlagene Advanced Tests an den Bindemitteln

Im Folgenden finden Sie weitere Informationen über die in der Tabelle 25 aufgelisteten Versuche an den Bindemitteln. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist lediglich, eine Einführung zu diesen «Advanced Tests» zu geben. Das Thema wird daher hier nicht vollständig behandelt.

Wichtig ist es zu betonen, dass die «Advanced Tests» derzeit eher für die Entwicklung und die Überprüfung einer Asphaltmischgutzusammensetzung (d.h. im Rahmen der Durchführung einer Typprüfung) oder für Expertisen geeignet sind. Sie sind für regelmässige Kontrolluntersuchungen im Rahmen der Durchführung einer Baustelle aufgrund der Zeit und Kosten weniger geeignet. Es ist jedoch denkbar, diese zu bestimmten Zeitpunkten als Kontrolle durchzuführen.

- Bestimmung der Biegekriechsteifigkeit (Biegebalkenrheometer / Bending Beam Rheometer BBR)

Die Prüfmethode ist in der Norm SN 670 560/EN 14771 [44] beschrieben. Sie dient zur Bestimmung der Biegekriechsteifigkeit von bitumenhaltigen Bindemitteln mit dem Biegebalkenrheometer BBR. Mit dieser Prüfmethode können die Kälteeigenschaften von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln gemessen werden.

Der Versuch wird im Allgemeinen an durch PAV (Pressure Ageing Vessel) gealtertem Bindemittel durchgeführt. Das PAV-Verfahren ist ein Konditionierungsverfahren, das der

Langzeitalterung eines Bindemittels entsprechen soll. Die Durchführung des Versuchs an einem durch PAV gealterten Bindemittel entspricht dem «worst-case»-Szenario. Gealterte Bindemittel sind tatsächlich empfindlicher gegen Tieftemperaturen (und führen daher zu Kälterissen) im Vergleich zu neu hergestellten und eingebauten Bindemittel.

In der amerikanischen Methode (Superpave-Methode) wurde ein maximaler Biege-
kriechsteifigkeitswert von 300 MPa vorgeschrieben.

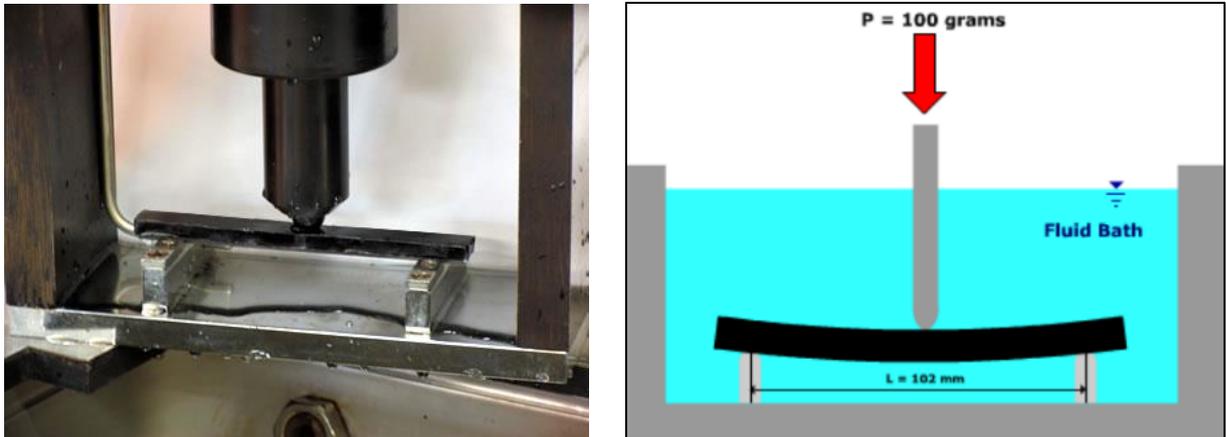


Abbildung 6: Prinzip und Durchführung eines BBR-Versuchs (Bildquelle: pavementinteractive.org und bitumequebec.eu)

- Bestimmung der dynamischen Viskosität / Rotationsviskosität (Brookfield)

Das Verfahren zur Bestimmung der dynamischen Viskosität (auch Rotationsviskosität Brookfield genannt) von bitumenhaltigen Bindemitteln ist in der Norm SN EN 13302 [45] beschrieben.

Dieser Versuch ermöglicht die Bestimmung der optimalen Mischtemperatur sowie der optimalen Verdichtungstemperatur für ein gegebenes Bindemittel. Die optimalen Verdichtungs- und Mischtemperaturen entsprechen tatsächlich einer bestimmten spezifischen Viskosität des Bindemittels.

Laut der Norm SN EN 12697-35 [46] (Ziffer 6.1) entspricht die Zieltemperatur für das Mischen im Labor im Allgemeinen der Temperatur, bei der das Bindemittel eine dynamische Viskosität von 0,17 Pa.s aufweist. Um eine gute Umhüllung zu erreichen, muss die dynamische Viskosität kleiner als 0,3 Pa.s bleiben [24]. Nach der amerikanischen Methode entspricht die Zieltemperatur für die Verdichtung der Temperatur, bei der das Bindemittel eine dynamische Viskosität von 0.7 Pa.s aufweist. Andere Quellen [24] empfehlen eher eine dynamische Viskosität des Bindemittels zwischen 1 Pa.s (Anfang des Einbaus) und 5 Pa.s (Ende der Verdichtung).

	Mischung	Einbau / Verdichtung
dynamische Viskosität des Bindemittels	0,17 - 0,3 Pa.s	Anfang des Einbaus: 0,7 - 1 Pa.s Ende der Verdichtung: < 5 Pa.s

Tabelle 26: Bestimmung der optimalen Misch- und Verdichtungstemperaturen anhand der Viskosität des Bindemittels

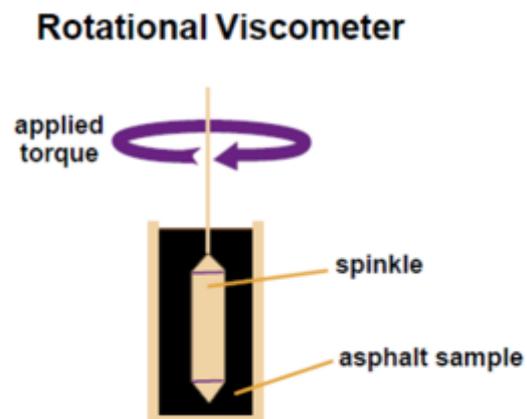


Abbildung 7: Prinzip und Durchführung eines Versuchs für die Bestimmung der kinematischen Viskosität (Bildquelle: BFH und bitumequebec.eu)

- Verformungsverhalten im Dynamischen Scherrheometer (DSR)

Die Untersuchungen des Verformungsverhaltens im Dynamischen Scherrheometer (DSR) gehören zum Bereich der Rheologie. Unter Rheologie wird die Untersuchung der Fließ- und Verformungseigenschaften eines Materials unter gewissen Beanspruchungen verstanden. Die Rheologie ist für die Untersuchungen eines viskoelastischen Materials (u.a. bitumenhaltiges Bindemittel) gut geeignet. Die rheologischen Eigenschaften eines Bindemittels entsprechen seinen Fließ- und Verformungseigenschaften und diese können das Verhalten des Asphaltmischguts voraussagen.

- Viskoelastisches Verhalten eines bitumenhaltigen Bindemittels und Zusammenhang mit dem Verhalten des Asphaltmischguts (Hintergrundinformationen)

Bitumenhaltige Bindemittel haben viskoelastische Eigenschaften. Das bedeutet, dass das Bindemittel teilweise ein elastisches Verhalten (elastischer Körper) und teilweise ein viskoses Verhalten (viskoses Fluid) hat.

Elastische Materialien verformen sich, wenn sie belastet werden, und gehen schnell wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurück, wenn die Belastung aufgehoben wird. Viskose Materialien sind gegen Scherfließen widerstandsfähig und weisen eine Verformung auf, die linear mit der Zeit zunimmt, wenn eine Spannung

angelegt wird. Die Elastizität eines Materials entspricht seiner Fähigkeit, Energie nach einer Verformung zu halten und wiederherzustellen, die Viskosität eines Materials seiner Fähigkeit, Energie zu dissipieren.

Es besteht tatsächlich ein Zusammenhang zwischen dem Bitumenverhalten und dem Gebrauchsverhalten des Asphaltmischguts. Asphaltmischgüter, die sich zu schnell verformen und fließen, können daher empfindlich gegen Spurrinnen sein. Mischgüter, die zu steif sind, können zu Ermüdungs- und Rissbildungsprobleme führen. Die Steifigkeit des Bindemittels hat auch einen Einfluss auf die Steifigkeit des Asphaltmischguts.

Das Verhalten eines viskoelastischen Bindemittels hängt zudem von der Geschwindigkeit (d.h. der Frequenz) der Beanspruchung (z.B. des Verkehrs) sowie der Temperatur ab. Je niedriger die Geschwindigkeit und/oder höherer die Temperatur, desto geringer ist die «scheinbare» Steifigkeit des Bindemittels und des Asphaltmischguts. Deshalb können Spurrinnen an Bushaltestellen (geringe Geschwindigkeit) sowie auch an Oberflächen, die von starker Sonneneinstrahlung betroffen sind, entstehen. In solchen Fällen ist das Verhalten des Asphaltmischguts eher viskos und das Material verformt sich bleibend. Auf weniger stark besonnten Strecken oder auf Strecken mit höheren Fahrgeschwindigkeiten ist das Verhalten des Asphaltmischguts eher elastisch und im Allgemeinen sind keine Verformungen sichtbar.

Die rheologischen Eigenschaften eines Bindemittels sind stark von der chemischen Zusammensetzung des Bindemittels abhängig. Deshalb ermöglichen rheologische Untersuchungen am Bindemittel den Erhalt von Informationen zu den chemischen Eigenschaften (z.B. Alterungsgrad, Modifizierungsgrad) und zur Homogenität des (gemischten) finalen Bindemittels.

Die rheologischen Untersuchungen müssen in einem breiten Temperaturbereich durchgeführt werden, was den Kalt-, Normal- und Warmtemperaturbereich auf einer Strasse entspricht. Ähnliche Untersuchungen können für unterschiedliche Belastungsfrequenzen durchgeführt werden, was den unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten entspricht.

Um mehr darüber zu erfahren, vgl. die Quellen [47] und [48].

- Durchführung der rheologischen Versuche mit dem Dynamischen Scherrheometer

Die rheologischen Eigenschaften von Bitumen werden in den meisten Fällen anhand eines oszillierenden Prüfgeräts (Dynamischer Scherrheometer, auch DSR genannt) bestimmt. Der DSR wird zur Bestimmung der elastischen, viskoelastischen und viskosen Eigenschaften von Bitumen über einen breiten Temperatur- und Frequenzbereich verwendet.



Abbildung 8: Illustration eines DSR (Bildquelle: TA)

Bei einer DSR-Prüfung wird eine dünne Bindemittelprobe zwischen zwei kreisförmigen Platten eingefügt. Die untere Platte ist fix. Die obere Platte oszilliert mit einer bestimmten Frequenz über der Probe hin und her, um eine Scherbeanspruchung zu erzeugen.

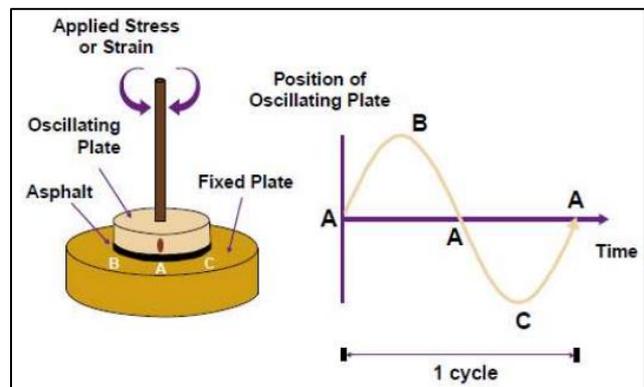
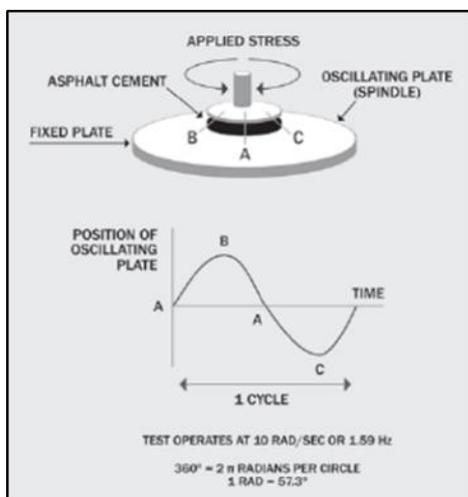


Abbildung 9: Darstellung des Prinzips einer DSR-Prüfung (Bildquelle: CTA, Carter 2018)

Die Ergebnisse einer Durchführung des DSR-Versuchs an einem Bindemittel bestehen aus der Bestimmung des komplexen Schermoduls G^* und des Phasenwinkels δ des Bindemittels über einen Bereich von Prüffrequenzen und Prüftemperaturen.

Der komplexe Schermodul G^* ist der Quotient aus maximaler Spannung τ und maximaler Verformung γ unter sinusförmig oszillierender Belastung. Er entspricht dem Gesamtwiderstand der Probe gegen Verformung bei wiederholter Scherung.

Der Phasenwinkel δ ist die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Verformung im Prüfverlauf. Je grösser der Phasenwinkel (δ) ist, desto viskoser ist das Material. Wenn $\delta = 0$ Grad entspricht dies einem rein elastischen Material. Wenn $\delta = 90$ Grad entspricht dies einem rein viskosen Material.

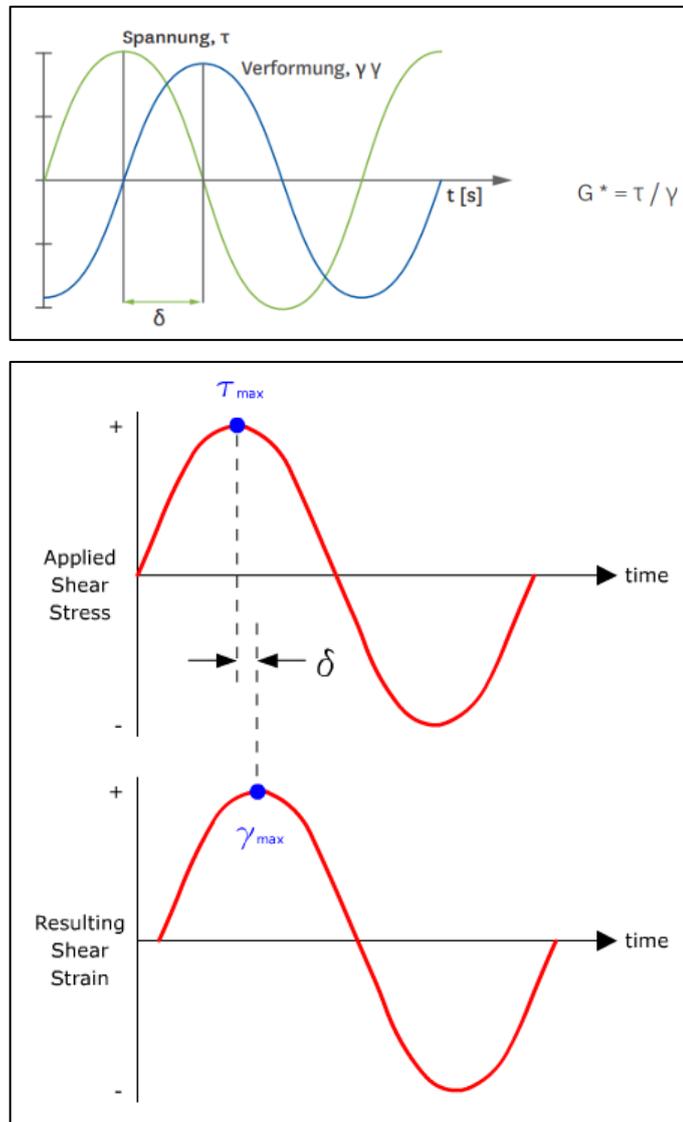


Abbildung 10: Darstellung der Spannung, der Verformung und des Phasenwinkels bei einem DSR-Versuch an dem Bindemittel (Bildquellen: Eurobitume und pavementinteractive.org)

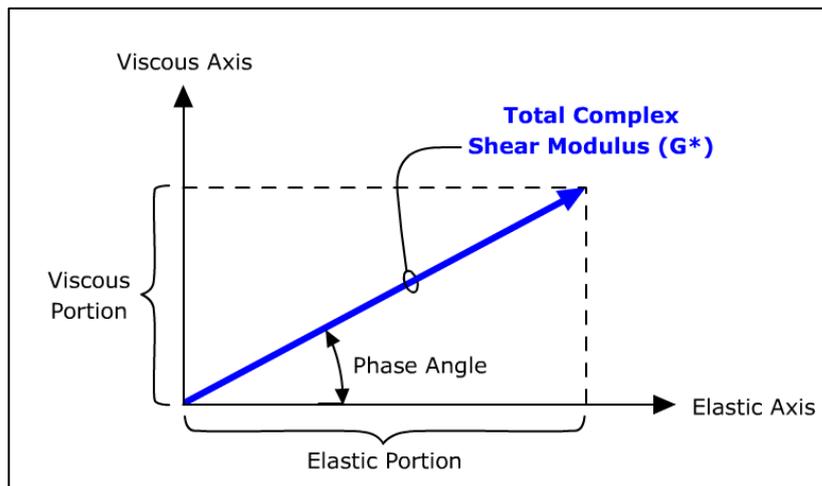


Abbildung 11: Darstellung des komplexen Schermoduls G^* , mit seiner reellen Komponente (elastisch) und seiner imaginären Komponente (viskos), und des Phasenwinkels δ (Bildquelle: pavementinteractive.org)

- Untersuchungsmethoden und Anforderungen

Das Prüfverfahren ist in der Norm SN 670 559/EN 14770 [49] beschrieben.

Die rheologischen Untersuchungen am Bindemittel werden noch selten in der Schweiz berücksichtigt. Einige Projekte mit Anwendung dieser Prüfung wurden jedoch bereits durchgeführt und Informationen dazu sind vorhanden (z.B. Referenzen ASTRA, Stadt Uster, Kanton Zürich im Kapitel 4.2).

Die Untersuchungen anhand des DSR werden im Rahmen der deutschen Methodik öfter berücksichtigt. Anleitungen über verschiedene Prüfmethode mit dem DSR wurden hierfür erstellt. Im Folgenden finden Sie eine Liste mit einigen dieser Methoden:

- Durchführung im Temperatursweep [50]
- Durchführung des Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahrens (BTSV) [51]
- Durchführung mit konstanter Scherrate [52]
- Durchführung der MSCR-Prüfung (Multiple Stress Creep and Recovery Test) [53]

Die am häufigsten verwendeten Methoden sind die Durchführung im Temperatursweep und das Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahrens (BTSV).

Das allgemeine Prinzip der genannten Methoden ist im Folgenden beschrieben.

Das komplexe Schermodul G^* und der Phasenwinkel δ werden als Indikatoren für die Empfindlichkeit für Spurrinnen und Ermüdungsrisse eines Asphaltmischguts verwendet. Die Größenordnung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels finden Sie in der folgenden Tabelle.

komplexes Schermodul G^*	Phasenwinkel δ
500 bis 6000 MPa	50 bis 90°

Tabelle 27: Größenordnung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels eines bitumenhaltigen Bindemittels

Im Allgemeinen haben die PmB im Vergleich zu den «standard» Bitumen ein höheres komplexes Schermodul G^* und einen niedrigeren Phasenwinkel δ . Das heisst, dass sie steifer und elastischer im Vergleich zu nicht-modifizierten Bindemitteln (z.B. Strassenbaubitumen) sind.

Um die Empfindlichkeit gegen Ermüdung und bleibende Verformung zu begrenzen, müssen die untenstehenden Anforderungen erfüllt werden.

Was die Empfindlichkeit gegen Ermüdung angeht, betrifft dies im Allgemeinen gealtertes Bindemittel («worst-case»-Szenario). Deshalb werden in diesem Fall die rheologischen Versuche an einer Bindemittelprobe, die nach der PAV-Methode (Langzeitalterung) konditioniert wurde, durchgeführt. Um die Empfindlichkeit gegen Ermüdung zu reduzieren, muss das Bindemittel eine hohe Elastizität behalten.

Was die Empfindlichkeit gegen bleibende Verformung angeht, betrifft dies im Allgemeinen Bindemittel im jungen Alter («worst-case»-Szenario). Deshalb werden in diesem Fall die rheologischen Versuche an einer Bindemittelprobe durchgeführt, die nach der RTFOT-Methode (Alterung bei der Herstellung) konditioniert wurde. Um die Empfindlichkeit gegen bleibende Verformung zu reduzieren, muss das Bindemittel eine hohe Steifigkeit und Elastizität haben. Das heisst, dass der Quotient $G^*/\sin \delta$ möglichst gross sein muss.

Anwendungsbereich/ untersuchter Parameter	Vorkonditionierung des Bindemittels	Anforderungen
Empfindlichkeit gegen Ermüdung (Ermüdungsrisse)	PAV	$G^* \times \sin \delta \leq 5 \text{ MPa}$
Empfindlichkeit gegen bleibende Verformungen	Keine	$G^*/\sin \delta \geq 1.0 \text{ kPa}$
	RTFOT	$G^*/\sin \delta \geq 2.2 \text{ kPa}$

Tabelle 28: Anforderungen im Rahmen rheologischer Versuche an dem Bindemittel je nach untersuchtem Parameter

Die Anforderungen der Tabelle 28 stammen aus der amerikanischen Methode (Superpave Mix Design System, MP 1 Performance-Graded Asphalt Binder) [54].

In der deutschen Methodik sind ebenfalls auch Anforderungen in Entwicklung, um die verschiedenen Bindemittelsorten nach den rheologischen Versuchen zu charakterisieren. Diese finden Sie im Folgenden.

Tabelle 1: Verformungseigenschaften von Straßenbaubitumen

Merkmal oder Eigenschaft	Einheit	Prüfmethode	Sorten			
			30/45	50/70	70/100	160/220
Äquisteifigkeitstemperatur T (G* = 15 kPa) bei 1,59 Hz	°C	in Anlehnung an AL DSR-Prüfung (T-Sweep <u>oder</u> BTSV)	52 bis 58	47 bis 53	42 bis 48	35 bis 41
Phasenwinkel δ (G* = 15 kPa) bei 1,59 Hz	°		≥ 75	≥ 75	≥ 75	≥ 75

Tabelle 2: Verformungseigenschaften von Elastomermodifizierten Bitumen

Merkmal oder Eigenschaft	Einheit	Prüfmethode	Sorten		
			25/55-55 A	10/40-65 A	40/100-65 A
Äquisteifigkeitstemperatur T (G* = 15 kPa) bei 1,59 Hz	°C	in Anlehnung an AL DSR-Prüfung (T-Sweep <u>oder</u> BTSV)	48 bis 62	56 bis 68	48 bis 58
Phasenwinkel δ (G* = 15 kPa) bei 1,59 Hz	°		≤ 75	≤ 75	≤ 75
Phasenwinkel δ (G* = 1 kPa) bei 1,59 Hz	°		≤ 85	≤ 85	≤ 85

Abbildung 12: Anforderungen an das Bindemittel im Rahmen rheologischer Versuche je nach Bindemittelsorte (Bildquelle: asphalt.de).

5.5 Anforderungen an das Asphaltmischgut in puncto Entwicklung und Überprüfung der Zusammensetzung

Die Bewertung und die Überprüfung der Leistungsbeständigkeit von Asphaltmischgütern werden im Rahmen einer Typprüfung durchgeführt. Das Verfahren zur Typprüfung ist im Rahmen der Norm SN EN 13108-20 [16] beschrieben. Dies gilt auch im Fall von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten.

Für jedes Asphaltmischgutprodukt, das im Katalog einer Mischanlage angeboten wird, muss ein Bericht über die Typprüfung vorhanden sein. Dieser ist nur für eine bestimmte Asphaltmischgutzusammensetzung gültig. Er gewährleistet die Konformität des Produkts (Asphaltmischgut) und seiner Bestandteile.

Die Schwerpunkte, die der Bericht umfassen muss, sind die folgenden:

- Nachweis, dass alle für die Herstellung des Asphaltmischguts verwendeten Bestandteile die für sie geltenden Anforderungen erfüllen (sehen Sie hierzu das Kapitel 5.5.1 und die Tabelle 29);
- Bezeichnung der Asphaltmischanlage und der Asphaltmischgutart;
- Soll-Zusammensetzung des Asphaltmischguts (d.h. die verwendeten Bestandteile und ihre Dosierung);
- Temperatur des Asphaltmischguts;
- Prüfergebnisse am Asphaltmischgut. Die durchzuführenden Prüfungen sind in der Tabelle 30 zusammengefasst.

Diese genannten Elemente sind entscheidend, um die Eigenschaften, die Qualität und die Dauerhaftigkeit eines Produkts während der gesamten Gebrauchsdauer sicherzustellen.

Asphaltmischgutzusammensetzungen ohne Änderungen sind mindestens alle 5 Jahre anhand einer angepassten Typprüfung erneut zu validieren. Unter den folgenden Umständen muss jedoch eine erneute Typprüfung vor Ablauf der 5-Jahres-Frist durchgeführt werden:

- Änderungen in den Gesteinskörnungen.
- Änderung des Bitumens: Änderung der Bitumensorte oder des Bitumentyps.
- Änderung des Asphaltgranulats. Ein neuer Bericht über die Typprüfung ist erforderlich, wenn Änderungen der Eigenschaften des Asphaltgranulats zu Änderungen der Leistung des Recyclingmischguts führen. Dies kann das Ergebnis von Änderungen in den Asphaltgranulatdepots gegenüber dem ursprünglich vorgesehenen Asphaltgranulat sein.
- Änderung der Zusätze.

Parallel dazu werden ebenfalls regelmässige Produktions- und Qualitätskontrollen bei der Herstellung von Asphaltmischgut durchgeführt, um die Konformität der Asphaltmischgüter und ihrer Bestandteile zu überprüfen. Im Rahmen dieser Kontrolle wäre es nicht sinnvoll, das gesamte Typprüfungsprogramm durchzuführen. Deshalb wird nur ein reduziertes Prüfprogramm am Asphaltmischgut (Zusammensetzung inklusive Korngrößenverteilung und Bindemittelgehalt) und seinen Bestandteilen (insbesondere die Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels) durchgeführt. Die erzielten Ergebnisse im Rahmen dieser Kontrolle werden mit denen der Typprüfung verglichen, was es ermöglicht die Anforderungen und das Gebrauchsverhalten der Asphaltmischgüter zu gewährleisten. Die Ergebnisse dieser Kontrolle werden auf einer Deklaration angegeben. [Hier](#) finden Sie ein Beispiel einer Walzasphaltdeklaration. Mehr Informationen dazu sind in der Norm SN EN 13108-21[21] verfügbar. Diese legt die Anforderungen sowohl an die Qualitätskontrolle als auch an die werkseigene Produktionskontrolle fest, die bei der Produktion von Asphaltmischgut gelten.

5.5.1 Anforderungen an die Bestandteile des Asphaltmischguts

Die Gewährleistung der Eigenschaften der verwendeten Bestandteile ist wesentlich, um die Eigenschaften des Asphaltmischguts sicherzustellen.

Eine Zusammenfassung über die Parameter, die für jeden Bestandteil untersucht werden müssen, und die dazugehörigen Anforderungen sind in der Tabelle 29 enthalten.

Für die Recyclingmischgüter sind die Parameter zum Bindemittel (Zugabebindemittel) sowie zum Asphaltgranulat wesentlich. Für die Niedertemperaturasphalte sind insbesondere die Parameter zum Bindemittel und zu den Zusätzen wichtig.

Bestandteile	Geltende Norm	Zu berücksichtigende Eigenschaften für die Konformitätsbewertung	Referenz zu den Anforderungen
Gesteinskörnungen und Füller	SN 670 103b/EN 13043	Korngrößenverteilung	SN 670 103b/EN 13043 Tab. 1, 2 und 3
		Gehalt an Feinanteilen	SN 670 103b/EN 13043 Tab. 3
		Qualität der Feinanteile falls der Gehalt an Feinanteilen > 10 [Masse-%]	
		Kornform von groben Gesteinskörnungen Plattigkeitskennzahl FI	
		Anteil gebrochener Oberflächen in groben Gesteinskörnungen	SN 670 103b/EN 13043 Tab. 4
		Widerstand gegen Zertrümmerung von groben Gesteinskörnungen	SN 670 103b/EN 13043 Tab. 5
		Widerstand gegen Polieren von groben Gesteinskörnungen für Deckschichten	
		Rohdichte und Wasseraufnahme	zu deklarieren
		Affinität von groben Gesteinskörnungen zu bitumenhaltigen Bindemitteln	
		Gehalt an groben organischen Verunreinigungen	SN 670 103b/EN 13043 Tab. 5
		Zusätzliche spezifische Eigenschaften an dem Füller	Vgl. hierzu Kapitel G bis K der Norm SN 670 103b/EN 13043
Bindemittel	Strassenbaubitumen SN 670 202-NA/EN 12591	SN 670 202-NA/EN 12591 Tab. 11	
	PmB SN 670 210b-NA/EN 14023	SN 670 210b-NA/EN 14023 Tab. 1 und 2	
	harte Strassenbaubitumen SN 670 204-1-NA/EN13924-1	SN 670 204-1-NA/EN13924-1 Tab. 1	
Zusätze	In der europäischen Asphaltindustrie ist es allgemein üblich, Zusatzmittel z.B. anorganische oder organische Fasern, Farbstoffe, Wachse, usw. zu verwenden, die nicht von einer europäischen Norm oder Europäischen Technischen Zulassung behandelt werden. Die Norm EN 13108-1 erlaubt die Verwendung derartiger Materialien.	Art	
Asphaltgranulat	SN EN 13108-8	Vgl. hierzu die Tabelle 5 im Kapitel 1.5. der Guideline	

Tabelle 29: Eigenschaften die je nach Bestandteil des Asphaltmischguts im Rahmen einer Typprüfung nachgewiesen werden müssen.

5.5.2 Konventionelle Untersuchungen am Asphaltmischgut

Untersuchungen müssen auch am Asphaltmischgut durchgeführt werden. Die Prüfergebnisse am Asphaltmischgut müssen den Eigenschaften der geltenden Produktnorm entsprechen. Hierbei wird nur die Produktnorm SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 [11] berücksichtigt. Die Prüfungen, die am Asphaltmischgut im Rahmen einer Typprüfung durchgeführt werden sollen, sind in der Tabelle 30 dargestellt.

Eigenschaften	Zusammenhang mit der Produktnorm SN 640 431-1-NA/ EN 13108-1	Wichtig zu berücksichtigende Eigenschaften, im Fall von...		Zusätzliche Kommentare
		Recycling	Niedertemperatur	
Bindemittelgehalt	Ziffer 15 / Tabelle 8	X <i>ist mit der Homogenität des Ausbausphalts verbunden</i>		
Module de richesse	Ziffer 16 / Tabelle 9			Betrifft nur AC EME
Korngrößen- verteilung	Ziffer 14/ Tabelle 7	X <i>ist mit der Homogenität des Ausbausphalts verbunden</i>		
Hohlraumgehalt	Ziffer 11/ Tabelle 4	X <i>ist mit der Verdichtbarkeit verbunden</i>	X	
Hohlraumausfüllungsgrad	Ziffer 18/ Tabelle 11			Betrifft nur die Mischguttypen L und N.
Wasserempfindlichkeit	Ziffer 12/ Tabelle 5	X <i>Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass eine besondere Empfindlichkeit gegen bleibende Verformung für Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte bestehen kann.</i>	X	
Beständigkeit gegen bleibende Verformung	Ziffer 19/ Tabelle 12	X <i>Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass eine besondere Wasserempfindlichkeit für Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte bestehen kann.</i>	X	Betrifft nur die Mischguttypen S und H sowie AC MR und AC EME.
Marshall-Werte d.h. die Stabilität S und das Fließen F	Ziffer 17/ Tabelle 10	X <i>Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass eine besondere Empfindlichkeit gegen bleibende Verformung für Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte bestehen kann.</i>	X	<ul style="list-style-type: none"> • Betrifft nur die Mischguttypen L und N sowie AC F. • Charakterisiert die Beständigkeit gegen bleibende Verformung.
Steifigkeit	Ziffer 20/ Tabelle 13			Betrifft nur AC EME
Ermüdung	Ziffer 20/ Tabelle 13			Betrifft nur AC EME

Tabelle 30: Eigenschaften des Asphaltmischguts, die im Rahmen einer Typprüfung zu überprüfen sind.

5.5.3 Zusätzliche Untersuchungen zu den Recyclingmischgütern und den Niedertemperaturasphalten

Für die Recyclingmischgüter und die Niedertemperaturasphalte ist es relevant, die Liste der Tabelle 31 mit einigen zusätzlichen Untersuchungen zu ergänzen. Diese sind in der untenstehenden Tabelle 31 aufgelistet und berücksichtigen die besonderen Eigenschaften der Recyclingmischgüter und der Niedertemperaturasphalte, die im Rahmen von bisherigen Erfahrungen festgestellt wurden.

	Recyclingmischgüter	Niedertemperaturasphalte
Hohlraumgehalt von mit dem Gyrator verdichteten Probekörpern <i>SN EN 12697-10 (Methode B)</i> [55]	x	x
Verarbeitbarkeit (Kohäsion) <i>SN EN 12697-53</i> [56]		x
Kälteverhalten und Widerstand gegen Kälterisse (am Mischgut) <i>SN EN 12697-46 (TSRST – Methode)</i> [57]	x	

Tabelle 31: Vorschlag von zusätzlichen Versuchen für Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte

Die Verdichtung des Asphaltmischguts im Labor mit dem Gyrator simuliert die effektive Verdichtung auf einer Baustelle besser als eine Verdichtung mit dem Marshall-Verdichter. Die Verwendung des Gyrator-Geräts bei der Verdichtung im Labor ermöglicht zudem, die Entwicklung der Verdichtung in Abhängigkeit der Umdrehungsanzahl zu überwachen. Dies ist nicht nur wichtig, um die Verdichtbarkeit eines Asphaltmischguts zu bestimmen, sondern auch, um die Zusammensetzung zu optimieren. Die Verwendung des Gyrator-Geräts kann je nach Prüfung auch als Ersatz der Marshall-Verdichter für die Herstellung von Probekörpern im Labor verwendet werden.

Die Messung der Verarbeitbarkeitseigenschaften eines Asphaltmischguts mit dem Maniabilitätmeter ermöglichen u.a. die Bestimmung der Zeitspanne zwischen der Herstellung und dem Einbau und der Verdichtung auf der Baustelle. Dieser Versuch kann zur Bestimmung der Verarbeitbarkeitseigenschaften einer Asphaltmischgutzusammensetzung dienen, aber auch zur Optimierung der Zusammensetzung. Das Prinzip der Prüfung bezieht sich auf den gemessenen Widerstand gegen Scherung infolge der Bewegung eines Kolbens in einer mit dem zu prüfenden Asphaltmischgut gefüllten Form. Die Verarbeitbarkeit des Asphaltmischguts nimmt ab, wenn die Scherkraft zunimmt. Schwellenwerte für die Verarbeitbarkeit eines Niedertemperaturasphalts anhand dieses Versuchs müssen noch definiert werden. Im ersten Ansatz scheint eine Maximalkraft von 80 N geeignet zu sein. Die Verwendung des Maniabilität-Geräts ist auch vor Ort möglich, um die Verarbeitbarkeit direkt auf der Baustelle zu überprüfen.

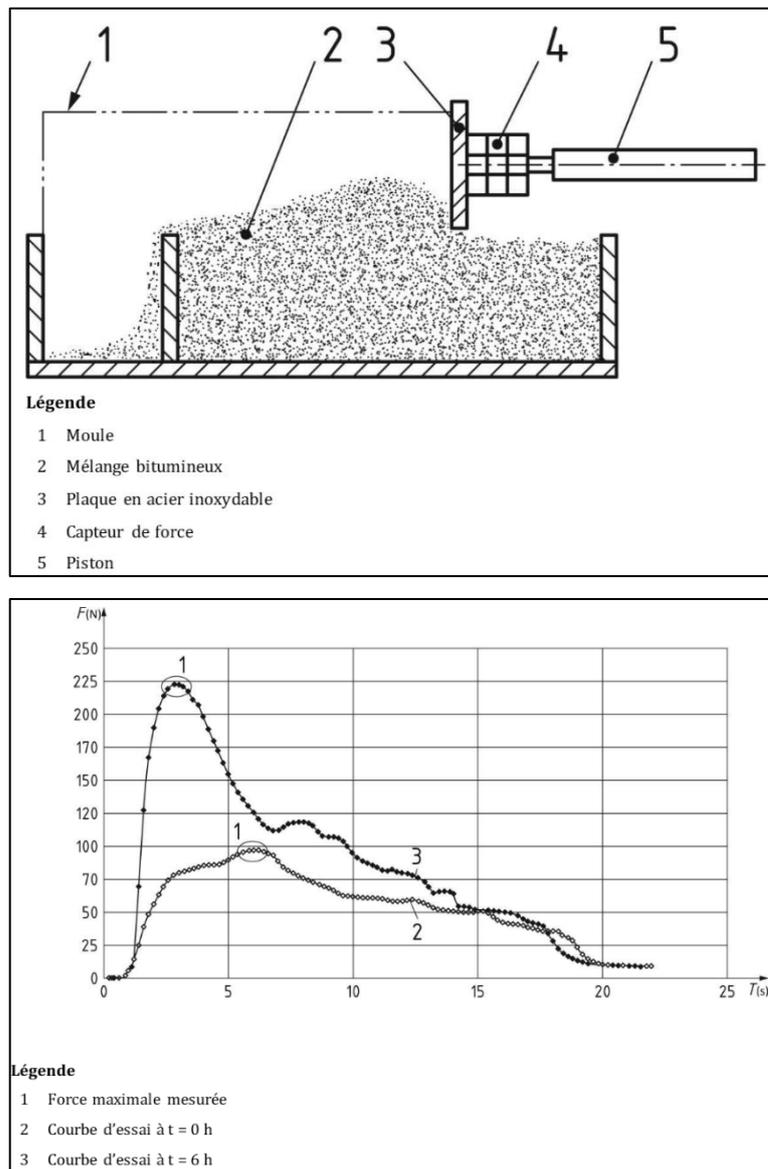


Abbildung 13: Darstellung des Prinzips der Messung der Verarbeitbarkeitseigenschaften und der gemessenen Daten (Bildquelle: SN EN 12697-53)

Die Norm SN EN 12697-46 [56] legt einachsige Zugversuche zur Bestimmung des Widerstandes eines Asphaltmischguts gegen Kälterisse fest. Wir schlagen vor, insbesondere den Abkühlversuch (Thermal Stress Restrained Specimen Test, TSRST) anzuwenden. Dieser ermöglicht es, die Tiefsttemperatur, bis zu der das Asphaltmischgut dem Bruch widerstehen kann, zu bestimmen. Erfahrungswerte der Baudirektion des Kantons Zürich [41] stehen zudem für diesen Versuch zur Verfügung.

		B50/70	B70/100	PmB 10/40-70 (CH-E)	PmB 25/55-65 (CH-E)	PmB 45/80-65 (CH-E)	PmB 65/105-60 (CH-E)	B10/20	B15/25
Kälteverhalten und Widerstand gegen Kälterisse (TSRST)	AC				≤ -22°C	≤ -25°C	≤ -25°C		
	AC B								
	AC T	≤ -20°C	≤ -22°C	≤ -18°C	≤ -20°C	≤ -22°C	≤ -22°C	≤ -18°C	≤ -18°C
	AC F								

Tabelle 32: Erfahrungswerte des Kantons Zürich, was das Kälteverhalten und den Widerstand gegen Kälterisse der Asphaltmischgüter betrifft (TSRST / Abkühlversuch)

Dieser Versuch wird eher im Rahmen der Durchführung einer Typprüfung empfohlen oder im Rahmen von Expertisen.

Bei den Niedertemperaturasphalten ist es relevant, die Temperatur bei der Konditionierung und der Durchführung des Versuchs im Labor anzupassen. Die Prüfbedingungen (insbesondere die Temperaturen) wurden nämlich für Heissmischgüter, die immer noch als Referenz gelten, entwickelt und definiert. Dafür könnten die optimalen Misch-, Einbau- und Verdichtungstemperaturen für Niedertemperaturasphalte durch den Viskositäts-Versuch bestimmt werden. Dieser Punkt wurde bereits im Kapitel 5.4 erwähnt. Für die Recyclingmischgüter müssen die Prüfbedingungen (Temperaturen), die für die Eigenschaften des finalen Bindemittels vorgeschrieben sind, berücksichtigt werden. Vgl. hierzu auch den Punkt 6.1 der Norm SN EN 12697-35 [46].

5.6 Lieferung- und Einbaukontrolle auf der Baustelle

Die im Kapitel 5.5 erwähnten Versuche und Prüfungen ermöglichen es, die Rezeptur des Asphaltmischguts zu optimieren und sicherzustellen, dass sie zu erwünschten Eigenschaften für die Asphaltmischgüter führt.

Um die Anforderungen, die Qualität und die Dauerhaftigkeit eines Asphaltmischguts zu gewährleisten, ist es aber nicht nur wichtig die Produktion und Lieferung eines Asphaltmischguts zu betrachten, sondern auch die Einbaubedingungen. Dieser letzten Punkt wird in diesem Kapitel erwähnt.

In diesem Rahmen weist die Norm VSS 40 434 [15] ein Prüfprogramm für den Einbau von Asphaltmischgütern auf. Die Verantwortung für die Durchführung der Prüfungen ist zwischen der Baufirma und dem Bauherrn aufgeteilt. Jeder Beteiligte finanziert die Versuche, für die er verantwortlich ist. (vgl. hierzu Tabelle 2 der Norm VSS 40 434 [15]). In dieser Tabelle wird auch eine Anzahl Prüfungen empfohlen. Die vorgesehenen Prüfungen müssen durch ein akkreditiertes Labor durchgeführt werden.

Die Prüfungen und Kontrollen, die nach der Norm durchzuführen sind, sind in der untenstehenden Tabelle 33 zusammengefasst.

Dabei ist es wichtig, die folgenden Erfolgsfaktoren zu berücksichtigen:

- Der maschinelle Einbau ist im Fall von Niedertemperaturasphalten zu berücksichtigen;
- Der Einbau von Niedertemperaturasphalten erfordert Erfahrung seitens der Baufirma;
- Die Temperatur und die Viskosität, die die Verarbeitbarkeit und die Verdichtbarkeit des Asphaltmischguts gewährleisten, sind im Fall von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten grundlegende Parameter von grosser Bedeutung.

	Prüfungen	Anforderungen
Mischgut (lösliches)	Hohlraumgehalt Marshall	SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 Tab. 4 /Ziffer 11
	Korngrössenverteilung	SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 Tab. 7 /Ziffer 14
	Löslicher Bindemittelgehalt	SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 Tab. 8 /Ziffer 15
Bindemittel, aus Mischgut rückgewonnen	Erweichungspunkt RuK	Sehen Sie dazu die Kapitel 5.3 und 5.4 der Guideline
	Penetration	
	Elastische Rückstellung (PmB)	
	Fraass	
	DSR (in Sonderfällen)	
Bohrkerne	Schichtdicke	VSS 40 430 Tab. 1
	Hohlraumgehalt	VSS 40 430 Tab. 6
	Verdichtungsgrad	VSS 40 430 Tab. 5
	Schichtenverbund nach Leutner	VSS 40 430 Ziffer 45
Einbauprotokoll	Die Auskünfte, die im Einbauprotokoll aufgelistet werden sollen, sind in der Norm VSS 40 430 Zif.39 angegeben. Beim Einbau von Recyclingmischgütern und von Niedertemperaturasphalten sind die Witterungsverhältnisse sowie die Mischguttemperatur vor der Verdichtung wesentliche Informationen. Laut der Norm VSS 40 434 muss diese Aufgabe von der Baufirma durchgeführt werden. Es ist jedoch empfohlen, dass die Bauleitung von ihrer Seite auch einen Einbauprotokoll dokumentiert.	
Beim Einbau	Beim Einbau von Recyclingmischgütern und von Niedertemperaturasphalten kann die Überwachung der Verdichtung während des Einbaus mit einem Nukleodensimeter (Troxler) relevant sein. Dies ermöglicht, im Zusammenhang mit den Resultaten der entnommenen Bohrkerne, den Verdichtungsgrad und den Hohlraumgehalt der eingebauten Schichten zu bestimmen.	

Tabelle 33: Liste der Einbaukontrolle

Bei Grossprojekten und insbesondere beim Einbau von Mischgut für Hochleistungstrassen und stark belastete Strassen ist die Messung der Ebenheit und der Griffigkeit ebenfalls wichtig.

Zusätzliche Informationen hierzu finden Sie auch im Kapitel 6.4.

Als Beispiel finden Sie hier einen [Link](#) zum Einbauprotokollmuster der Baudirektion des Kantons Zürich.

6 Berücksichtigung und Förderung von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten in Strassenbauprojekten.

Das Ziel dieses Kapitels ist es, Empfehlungen und Hilfestellungen für die Berücksichtigung und die Förderung der Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte in Strassenbauprojekten zur Verfügung zu stellen. Verschiedene Projektphasen werden hier berücksichtigt.

6.1 Planungsphase

6.1.1 Durchführung von Voruntersuchungen und Erstellung einer entsprechenden Dokumentation

Wie schon mehrmals in der Guideline erwähnt, ist die Homogenität des Ausbausphalts von grosser Bedeutung beim Thema des Recyclings in Asphaltmischgütern. Eine gute Homogenität des Ausbausphalts ermöglicht insbesondere, den Ausbausphaltanteil in den Recyclingmischgütern zu erhöhen sowie auch eine Verwertung auf dem höchstmöglichen Niveau des Ausbausphalts zu erreichen.

Voruntersuchungen an dem Strassenabschnitt, an dem die Bauarbeiten geplant sind, können dazu beitragen, die Homogenität des Ausbausphalts zu verbessern, insbesondere durch eine bessere Kenntnis und Kennzeichnung der bestehenden Materialien und ihrer Strukturen.

Zu den geeigneten Voruntersuchungen gehören insbesondere die Entnahme von Bohrkernen und die Durchführung von Sondierungen. Diese ermöglichen, die bestehende Materialart sowie den Zustand, die Qualität und die Dicke dieser Materialien zu bestimmen. Die Analyse des Zustands des Schichtverbundes ist ebenfalls wichtig. Zusätzliche Prüfungen können in einer zweiten Phase an den entnommenen Materialien im Labor durchgeführt werden. Dies betrifft insbesondere die Bestimmung eines genaueren PAK-Gehaltes der bestehenden bituminösen Materialien im Rahmen einer chemischen Analyse. Vgl. hierzu auch das Kapitel 1.2.3.

Weitere Untersuchungen, beispielsweise die Durchführung einer Zustandserfassung oder von Tragfähigkeitsmessungen, können auch relevant sein. Diese ermöglichen u.a. die Zonen mit homogenem Zustand und Verhalten zu identifizieren und die Art der durchzuführenden Massnahmen resp. Bauarbeiten durch eine entsprechende Dimensionierung zu optimieren. Es ist daher sinnvoll, sich daran zu erinnern, dass die Nutzung des Restpotenzials eines bestehenden Belags die Umweltbelastung der Bauarbeiten reduziert sowie die Kosten und die Arbeitsplanung günstig beeinflussen (u.a. weniger Rückbaumaterial und weniger Material einzubauen).

Nach der Durchführung der Voruntersuchung ist es empfohlen, eine entsprechende Dokumentation der gesammelten Informationen und Daten zu erstellen. Diese Dokumentation kann verschiedene Arten von Unterlagen enthalten: Pläne, Datenblätter und Beschreibungen,

Fotos, Prüfberichte, usw. Diese Dokumentation ist für die Projektvorbereitungsphase nützlich und kann zudem auch der Baufirma und den anderen Akteuren, die auf der Baustelle arbeiten werden, zur Verfügung gestellt werden.

6.1.2 Vorbereitung des Asphaltrückbaus

Die durchgeführten Voruntersuchungen sollen dazu beitragen, die Rückbauarbeiten besser vorzubereiten.

Eine gute Kenntnis der bestehenden Struktur und Materialien ermöglicht u.a. eine bessere Abschätzung der Mengen an rückzubauenden Materialien. Dies ermöglicht ebenfalls eine genaue Festlegung der Entsorgungs- und Verwertungswege, insbesondere was den Ausbauasphalt und seinen PAK-Gehalt betrifft. Dazu muss auf der Baustelle ausreichend Platz für die Trennung und Sortierung der verschiedenen Materialien eingeplant werden.

Wenn möglich und soweit es machbar und sinnvoll ist, kann ebenfalls eine geeignete Rückbaumethode entwickelt und in den Ausschreibungsbedingungen vorgeschrieben werden. Darunter versteht man eine Methode, die es ermöglicht, die auf der Baustelle erwarteten verschiedenen Ausbauasphalttypen zu trennen, um diese in einer weiteren Etappe einzeln bewerten zu können. Das Fräsen Schicht um Schicht und/oder je nach Strukturtyp ist eine Lösungsmöglichkeit, welche eine Verwertung auf höchstmöglichem Niveau ermöglicht. Man muss sich jedoch bewusst sein, dass diese Rückbauart eine gute Organisation auf der Baustelle und für den Transport der Materialien erfordert. Dies kann auch zu höheren Kosten und zu längerer Rückbauzeit führen. Der Umweltnutzen ist dennoch bedeutend. Autobahn- und sogar kantonale Baustellen eignen sich gut für diese Methodik. Wegen einer grösseren Heterogenität in den bestehenden Strukturen sowie bei Baustellen mit kleineren Mengen kann die Umsetzung im Rahmen von städtischen Baustellen schwieriger sein.

6.1.3 Auswahl der zu verwendenden Asphaltmischguttypen und -sorten

In der Planungsphase eines Projekts werden die zu verwendenden Produkte, insbesondere die Recyclingmischgüter und die Niedertemperaturasphalte, ausgewählt. Somit stellt sich die Frage nach der Verwendung von Recyclingmischgütern und/oder Niedertemperaturasphalten. Recyclingmischgüter sind, wo immer möglich, vorzusehen. Dies muss schon bei der Ausschreibung (in den Ausschreibungsunterlagen) berücksichtigt werden.

Im Wesentlichen sind die Recyclingmischgüter gegenüber den Heissmischgütern ohne Ausbauasphaltanteil zu bevorzugen. Der Hauptgrund dafür ist der Beitrag dieses Produktes zur Nachhaltigkeit. In der Guideline wurde bereits erwähnt, dass die Recyclingmischgüter für einen breiten Anwendungsbereich geeignet sind, auch bei starkem und schwerem Verkehr.

Bei der Verwendung von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten sind jedoch die folgenden Punkte besonders zu beachten:

- Befindet sich die Baustelle innerorts? Gibt es im Rahmen des Projektes viele Flächen, die manuell eingebaut werden müssen?
- Handelt es sich um Nacht- oder Nebensaisonarbeiten?
- Was ist die Höhenlage des Standorts der Baustelle?

Die erwähnten Punkte betreffen die Schwerpunkte der Recycling- und Niedertemperaturtechnologien: die Verarbeitbarkeit, die optimale Einbautemperatur und das Kälteverhalten. Dies bedeutet zwar nicht unbedingt, dass Recyclingmischgut oder Niedertemperaturasphalt

in diesen Fällen nicht verwendet werden sollte. Diese Punkte müssen jedoch mit der nötigen Sorgfalt untersucht werden. Es kann dazu notwendig sein, sich an einen Experten zu wenden oder dies mit dem Asphalthersteller und der Baufirma zu besprechen. Bei der Bauausführung müssen die Einbaubedingungen sorgfältig überwacht und anhand eines Einbauprotokolls dokumentiert werden.

6.1.4 Dimensionierung

Wie schon im Kapitel 6.1.1 erwähnt, ist es wichtig, die Restlebensdauer eines bestehenden Belags zu bewerten, um die Dimensionierung und die Bauarbeiten optimieren zu können. Dafür ist die Durchführung von Untersuchungen an der bestehenden Struktur erforderlich.

Wichtig ist auch, dass die Verwendung von Recyclingmischgütern und/oder Niedertemperaturasphalten in der Regel keinen Einfluss auf die Dimensionierung hat. Die eingebaute Struktur wird daher die gleiche sein wie bei der Verwendung von Heissmischgütern ohne Ausbauasphaltanteil. Grund dafür ist, dass die Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte die gleichen Leistungen und Dauerhaftigkeit wie die Standardprodukte aufweisen.

6.1.5 Finanzielle Aspekte

Die Verwendung von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten im Rahmen eines Projektes kann, je nach Situation, zu zusätzlichen Kosten führen.

Bei Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten ist der Preis für die Lieferung im Allgemeinen ähnlich wie bei Standardasphaltmischgütern.

Aus folgenden Gründen muss jedoch ein zusätzliches Budget vorgesehen werden:

- Die Offerte, die aus Sicht der nachhaltigen Entwicklung am vorteilhaftesten ist, ist nicht unbedingt diejenige, die aus ökonomischer Sicht am vorteilhaftesten ist. Die Förderung von Offerten, die den Anforderungen der Bauherren an die Asphaltmischgüter entsprechen, kann in der Tat dazu führen, das beste Angebot (Bestbieter) anstatt des preisgünstigsten Angebots (Billigstbieter) auszuwählen. Gemäss Vergaberecht muss bekanntlich das beste Angebot den Zuschlag erhalten. Wenn man Nachhaltigkeit fördern will, so muss man die entsprechenden Zuschlagskriterien vorsehen und entsprechend gewichten (vgl. Kapitel 6.3).
- Die Durchführung von Voruntersuchungen und Optimierung der Rückbaumethodik aus ökologischer Sicht (vgl. Kapitel 6.1.1).
- Die Verwendung von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten wird, zumindest zu Beginn eines Projekts, etwas mehr Arbeit und zusätzliche Leistungen erfordern, insbesondere für die Entwicklung der geeigneten Methodik.

6.2 Ausschreibungsunterlagen

In diesem Kapitel geht es um die Elemente, die in den Ausschreibungsunterlagen zu integrieren sind, insbesondere im Fall der Verwendung von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten.

6.2.1 Rahmenbedingungen der Submissionen und der Ausschreibungen

Zur Ergänzung und Festigung der Submissions- und Ausschreibungsunterlagen kann es sinnvoll sein, auf die folgenden Elemente zu verweisen:

- Gesetzliche und normative Grundlagen in Bezug auf die Themen Ressourcenschonung, Wiederverwendung und Verwertung, Emissionen und Asphaltmischgutprodukte. Die Referenzen, die im Kapitel Gesetzlicher und normativer Rahmen aufgelistet sind, können dafür verwendet werden. Darunter zählt man u.a. die VVEA [4] und einige VSS-Normen.
- Falls zutreffend, die internen Richtlinien die vorhanden sind (z.B. kantonale Richtlinien). Vgl. hierzu auch das Kapitel 4.3.
- Die minimalen und maximalen Ausbuaasphaltanteile, die die offerierten Recyclingmischgüter, erfüllen müssen. Prioritäre Zielsetzung ist es ist es, Recyclingmischgüter mit einem optimalen Ausbuaasphaltanteil zu fördern.
- Begriffsdefinition, was unter Niedertemperaturasphalt zu verstehen ist. Es ist wichtig, diesen Begriff zu präzisieren, damit er nicht falsch interpretiert werden kann. Vgl. hierzu die vorgeschlagene Definition in der Einführung.
- Die Anforderungen, die Leistungen und die Dauerhaftigkeit der Recyclingmischgüter und der Niedertemperaturasphalte müssen denen der Normen für Standardprodukte entsprechen. Hier sind die Asphaltproduktnormen (SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 [11] für «Standard» Asphaltbeton AC und AC EME) und die Normen über die Konzeptions- und die Einbauaspekte (VSS 40 430 [14] für AC und AC EME) zu nennen.
- Die Werte, die im Rahmen der Einbaukontrolle für die Konformitätsanalyse der Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels berücksichtigt werden, müssen angegeben werden. In den VSS-Normen gibt es in der Tat keine Anforderung, was das rückgewonnene Bindemittel betrifft. Vgl. dazu das Kapitel 5.3 und die Tabelle 23. Für die Recyclingmischgüter und die Niedertemperaturasphalte ist die Berücksichtigung der Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels wesentlich.

6.2.2 Genaue Beschreibung der Produkte

In den Submissions- und Ausschreibungsunterlagen ist es wesentlich, eine ausführliche Beschreibung der gewünschten Asphaltmischgüter zu geben. Dadurch wird sichergestellt, dass das in der Offerte angebotene Produkt dem gewünschten Asphaltmischgut entspricht.

Im Fall von Recyclingmischgütern müssen insbesondere die angestrebten Ausbuaasphaltanteile klar angegeben werden. Bei Niedertemperaturasphalten muss die Herstellungstemperatur oder zumindest die Definition von Niedertemperaturasphalten angegeben werden (Vgl. hierzu auch 6.2.1 dazu).

Im Folgenden finden Sie ein Beispiel für die Beschreibung eines AC T 22 S mit mindestens 60% [M.-%] Ausbuaasphaltanteil. Diese Beschreibung ist in der Mustervorlage für Submissionen des Kantons Aargau enthalten. Die empfohlenen Ausbuaasphaltanteile in Asphaltmischgut sind im Kapitel 5.1 enthalten.

Die Beläge für die Trag- und die Binderschichten wurden im Leistungsverzeichnis wie folgt ausgeschrieben (Auszug aus dem LV):

451.701 AC T 22 S

Mischgut

Anteil Recycling - Material
mindestens 60 %.

Bindemittelart, -sorte
PmB 45/80-65 (CH-E).

d mm 70

Ausmass: Masse

LE = t

:RW

820

LE

.....

Abbildung 14: Beschreibung des gewünschten Asphaltmischgutprodukts in der Submission (Bildquelle: Kanton Aargau)

Die Beschreibungen der Produkte müssen ebenfalls auf den Bauplänen vorhanden sein (Pläne der Ausschreibungs- und der Ausführungsphase).

Eine Referenz zu der entsprechenden Produktnorm (im Fall der Abbildung 14 handelt es sich um die SN 640 431-1-NA/EN 13108-1 [11]) ist ebenfalls wichtig, damit die entsprechenden Leistungen der Asphaltmischgüter erreicht werden können.

Falls die angebotenen Produkte nicht den vom Auftraggeber resp. Bauherr in der Ausschreibung festgelegten Kenngrössen entsprechen, kann dies ein Ausschlusskriterium sein (vgl. 6.3.1).

6.2.3 Zusätzlich anzufordernde Elemente

Bei der Analyse der Offerte muss der Auftraggeber resp. Bauherr sicher sein können, dass das angebotene Produkt den Anforderungen entspricht. Er muss auch sicher sein können, dass die Baufirmen sowie ihre Lieferanten (insbesondere die Asphaltproduzenten) in der Lage sind, die angebotenen Produkte zu produzieren, zu liefern und einzubauen, dies unter Gewährung einer üblichen Garantie. Um das zu gewährleisten, können folgende Elemente in den Ausschreibungsunterlagen aufgelistet werden, damit sie anschliessend mit der Offerte vorgelegt werden und entsprechend eine vollständige Analyse der Offerte möglich ist.

Die nachfolgend vorgeschlagenen Elemente gelten für alle Asphaltmischgutarten. Sie sind jedoch noch wichtiger, wenn es sich bei ihnen um Recyclingmischgüter und/oder Niedertemperaturasphalte handelt.

- Technischer Bericht

Für die Asphaltmischgüter soll dieser insbesondere die folgenden Informationen beinhalten.

- Angabe der Mischanlage (Lieferant), die die Asphaltmischgüter liefern wird.
- Kurzbeschreibung des Verfahrens zur Herstellung des Asphaltmischguts.
- Herstellungstemperatur an der Mischanlage.
- Temperaturbereich für den Einbau und die Verdichtung.

Die Informationen, die über diese Punkte gesammelt werden, können mit den Elementen, die im Kapitel 2 vorgestellt wurden, in Zusammenhang gestellt werden.

Für die Recyclingmischgüter sind beispielsweise die Informationen über die Ausrüstung der Mischanlage besonders wichtig, um sicherzustellen, dass Recyclingmischgüter mit hohen Recyclinganteilen hergestellt werden können.

Bei den Niedertemperaturasphalten ist die Angabe der Herstellungstemperatur im Mischer sowie die verwendete Niedertemperaturtechnologie (z.B. Schaumbitumen oder Verwendung von Additiven) wichtig.

Im Fall einer Kombination der beiden Technologien (Recycling- und Niedertemperaturtechnologie) ist es wichtig, sicherzustellen, dass es sich um eine Warmzugabe des Ausbauasphalts handelt, damit es wirklich Niedertemperaturasphalt ist. Durch die Kaltzugabe von Ausbauasphalt kann die Herstellungstemperatur (Temperatur im Mischer) indirekt gesenkt werden, aber es handelt sich nicht um eine Niedertemperaturtechnologie per se.

- Kopie der Erstprüfungen (Bericht der Typprüfung) der Asphaltmischgüter, die im Rahmen des Projekts geliefert und eingebaut werden sowie die neueste Version der Asphaltmischgutdeklaration und der Zertifikate für die Bestandteile der Mischgüter (dies gilt insbesondere für den Ausbauasphalt).

Wie schon im Kapitel 5.5 erwähnt, muss die Erstprüfung die folgenden Informationen zu einem Asphaltmischgutprodukt umfassen:

- Nachweis, dass alle für die Herstellung des Asphaltmischguts verwendeten Bestandteile, die für sie geltenden Anforderungen erfüllen (Zertifikate zu den Bestandteilen);
- Bezeichnung der Asphaltmischanlage und der Asphaltmischgutart. Diese Informationen müssen der Mischanlage und der Asphaltmischgutart, die im technischen Bericht erwähnt sind, entsprechen.
- Soll-Zusammensetzung/Rezeptur des Asphaltmischguts (d.h. die verwendeten Bestandteile und ihre Dosierung);
- Temperatur des Asphaltmischguts;
- Prüfergebnisse des Asphaltmischguts. Diese müssen die Anforderungen der Produktnormen erfüllen.

Eine Erstprüfung ist nur für eine bestimmte Asphaltmischgutart gültig. Wenn die Verwendung von verschiedenen Asphaltmischgütern im Rahmen eines Projektes vorgesehen ist, muss eine Erstprüfung pro Produkt verlangt (und daher auch vorgelegt) werden.

Die Erstprüfung dient zur Sicherstellung, dass die gelieferten Produkte den gewünschten Asphaltmischgütern entsprechen. Sie bietet zudem Gewähr, dass diese Produkte die üblichen Anforderungen (der Produktnormen) erfüllen. Die Erstprüfungen werden auch im Rahmen von Einbaukontrollen verwendet, um die Konformität der Produkte zu bewerten.

In der Offerte fehlende Erstprüfungen können ein Ausschlusskriterium sein (vgl. 6.3.1).

Falls es keine wesentliche Änderung an der Asphaltmischgutzusammensetzung gibt, ist ein gegebenes Asphaltmischgut mindestens alle 5 Jahre anhand einer angepassten Typprüfung erneut zu validieren. Deshalb ist es wichtig, zusätzlich zu der Erstprüfung, die neueste Version der Asphaltmischgutdeklaration und der Zertifikate für die Bestandteile der Mischgüter zu verlangen. Diese Unterlagen entsprechen der Produktions- und Qualitätskontrolle, die an der Mischanlage regelmässig durchgeführt werden.

- Referenzen der Baufirma für vergleichbare Arbeiten innerhalb der letzten 5 Jahre

Für die Recyclingmischgüter (bzw. die Niedertemperaturasphalte) müssen zwei Referenzobjekte ausgewiesen werden, die den Einbau von Recyclingmischgütern vergleichbarer Art und mit ähnlichen Ausbauasphaltanteilen (bzw. Niedertemperaturasphalte mit ähnlicher Herstellungstechnologie) dokumentieren. Diese Referenzen sind wichtig, um sicherzustellen, dass die Baufirma über die Erfahrung verfügt, Recyclingmischgüter mit hohen Ausbauasphaltanteilen (bzw. Niedertemperaturasphalten) einzubauen. In der Guideline wurde bereits mehrmals erwähnt, dass die Einbaubedingungen, zum Beispiel die Beherrschung der Einbau- und Verdichtungstemperatur sowie die Verarbeitbarkeit, ausschlaggebend sind für die gute Verarbeitungsqualität der Recyclingmischgüter (bzw. der Niedertemperaturasphalte).

Falls das Unternehmen keine entsprechenden Referenzen vorweisen kann, so kann ein Probeeinbau vor oder im ersten Einbau auf der Baustelle durchgeführt werden. In diesem Fall werden die Kosten vom Unternehmen getragen.

6.3 Eignungs- und Zuschlagskriterien

Dieses Kapitel behandelt das Thema Eignungs- und Zuschlagskriterien, mit denen die von den Baufirmen eingereichten Offerten bewertet werden. Die Eignungs- und Zuschlagskriterien müssen in den Ausschreibungsunterlagen explizit beschrieben und erklärt werden.

In einer ersten Phase ist es wesentlich, sicherzustellen, dass die Eignung der Anbieter dem vorgesehenen Projekt entspricht. Dies wird mittels der Bewertung anhand der Eignungskriterien durchgeführt. Die Baufirmen, die eine Offerte eingereicht haben, welche die Anforderungen des Auftraggebers nicht erfüllt, werden ausgeschlossen. Entsprechend müssen die Eignungskriterien festgelegt werden.

Im nächsten Schritt geht es um die Festlegung der Zuschlagskriterien. Diese sollen sicherstellen, dass der Auftrag an das beste Angebot (Bestbieter) und nicht zwingend an das preisgünstigste Angebot (Billigstbieter) vergeben wird. Die Wahl der Zuschlagskriterien, die für die Analyse der Offerte verwendet werden, ermöglicht die Definition dessen, was aus Sicht des Auftraggebers unter dem «besten Angebot» zu verstehen ist. In manchen Fällen kann das Kriterium des Preises oder der technischen Qualität in den Vordergrund gestellt werden, in anderen Fällen dasjenige der Nachhaltigkeit.

Meist ist das Gewicht des Preises in der Berechnung der Gesamtnote massgebend (>50% der Gesamtnote). Im Gegensatz dazu werden die Umweltaspekte (insbesondere Recycling- und Niedertemperaturasphalt) mit max. 15% der Gesamtnote gewichtet. Sowohl das neue Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB) [58] wie auch die Interkantonale Vereinbarung über das öffentliche Beschaffungswesen (IVöB)² [59] fordern, dass die öffentlichen Mittel explizit auch für den ökologischen Einsatz genutzt werden und die Nachhaltigkeit als ein mögliches Zuschlagskriterium zu betrachten ist. Die Bauherren sollten daher diese Faktoren in zukünftigen Ausschreibungen stärker gewichten.

² Während das BöB, welches für die Bundesstellen gilt, am 1.1.2021 in Kraft tritt, tritt die IVöB erst in Kraft, wenn mindestens zwei Kantone beigetreten sind. Dies ist momentan noch nicht der Fall. Per 21.12.2020 haben aber 7 Kantone das Beitrittsverfahren eingeleitet.

Die Verwendung von Produkten, die einen wesentlichen Einfluss auf die Umweltbilanz haben, hängt hauptsächlich vom Bauherrn ab. Er kann am meisten Einfluss auf die Förderung und damit auch auf die Forderung von Recyclingmischgütern und/oder Niedertemperaturasphalten nehmen.

In den zwei folgenden Abschnitten finden sich Informationen und Empfehlungen zu den Eignungs- und Zuschlagskriterien im Rahmen von Projekten, bei denen der Bauherr die Recyclingmischgüter und/oder die Niedertemperaturasphalte (und daher auch die Nachhaltigkeit) fördern will.

Wie bereits erwähnt, haben die Auftraggeber eine gewisse Freiheit bei der Definition dieser Kriterien. Die Eignungs- und die Zuschlagskriterien müssen jedoch in den Ausschreibungsunterlagen präzise beschrieben werden. Für die Zuschlagskriterien müssen die dazugehörigen Gewichtungen angegeben werden.

6.3.1 Eignungskriterien

Die Nichteinhaltung eines oder mehrerer der folgenden Punkte kann ein Ausschlusskriterium sein.

- Die in der Ausschreibung geforderten Produkte müssen in der Offerte angeboten werden.
 - Im Fall der Recyclingmischgüter handelt es sich insbesondere um die Einhaltung des minimalen vom Auftraggeber vorgeschriebenen Ausbausphaltanteils.
 - Bei den Niedertemperaturasphalten muss eine reduzierte Herstellungstemperatur (im Vergleich zu den Heissmischgütern) eingehalten werden. Dies entspricht im Allgemeinen einer Reduktion um mindestens ca. 30°C. Der Herstellungstemperaturbereich eines Niedertemperaturasphaltes liegt daher zwischen 120 und 140°C.
- Eine Kopie der Erstprüfungen ist in der Offerte enthalten (1 Erstprüfung pro Asphaltmischgutart) sowie die neueste Version der entsprechenden Asphaltmischgutdeklaration und der Bestandteilezertifikate. Alternativen dazu existieren. Im Fall des Kantons Zürich gibt es beispielsweise eine Liste der VIWZ mit den zugelassenen Mischungen. Das Ziel ist es, das Vorgehen zu vereinfachen und zu harmonisieren. Damit muss bei einem neuen Projekt nicht jedes Mal alles von vorne wieder erarbeitet werden.

Diese Unterlagen ermöglichen es, die Einhaltung der Anforderung an die Asphaltmischgüter zu validieren, die in der Offerte von den Baufirmen angeboten werden. Sie ermöglichen ebenfalls, dass die angebotenen Produkte vorhanden sind und auf die Baustelle geliefert werden können (u.a. was den angeforderten Ausbausphaltanteil für die Recyclingmischgüter betrifft).

Hier finden Sie ein Beispiel einer Walzasphaltdeklaration.

Es ist wichtig, nochmals darauf hinzuweisen, dass die angebotenen Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte die gleiche Garantie wie bei üblichen Produkten aufweisen müssen.

6.3.2 Zuschlagskriterien

Wie bereits erwähnt, ist, nach dem Gesetz (neues BöB) [58] und interkantonalen Vereinbarung (IVöB) [59], die Nachhaltigkeit im Rahmen der öffentlichen Aufträge als ein mögliches

Zuschlagskriterium zu betrachten. Die Bauherren sollten daher diese Faktoren in zukünftigen Ausschreibungen stärker gewichten. Bei einer Mehrheit der kantonalen Ämter ist die entsprechende Anwendung jedoch noch im Prozess.

Im Folgenden sind einige relevante Zuschlagskriterien aufgeführt, deren Beurteilung sich im Rahmen der Offertstellung für die Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte positiv auswirken kann:

- Technisches Kriterium (technische Qualität der Offerte)

Hier handelt es sich u.a. um den technischen Bericht, den zugegebenen Ausbausphalanteilen in den Recyclingmischgütern, die Ökobilanz der Niedertemperaturasphalte. Die zwei letzten Punkte werden manchmal auch im Rahmen der nachfolgenden Zuschlagskriterien bewertet.

- Umweltkriterium

Zu diesem Kriterium gehören die Themen «Wiederverwendung von Materialien» und «integrale Ökobilanz».

- Kompetenzen, Referenzen

Hier handelt es sich um die Erfahrungen der Baufirmen bezüglich des Einbaus von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten. Dieses Kriterium ermöglicht die Gewähr, dass die jeweilige Baufirma den entsprechenden Prozess beherrscht und, dass sie mit erfahrenen Teams arbeitet.

Im Folgenden finden Sie zwei Beispiele. Eines von dem Kanton Waadt, ein anderes von dem Kanton Aargau. Beide Kantone haben die Berücksichtigung und die positive Bewertung der Recyclingmischgüter bereits in ihre Ausschreibungsunterlagen integriert. Es handelt sich indes um Beispiele, die von jedem Bauherrn resp. Auftraggeber je nach seinen eigenen Anforderungen und Wünschen angepasst werden können.

- Beispiel des Kantons Waadt

- Im Rahmen des Kriteriums technische Qualität der Offerte gibt es ein Teilkriterium Ausbausphalanteil in Asphaltmischgut. Die Gewichtung dieses Teilkriteriums entspricht 8% der Gesamtnote.

Ein Koeffizient wird dem Ausbausphalanteil je nach Asphaltmischgutsorte und gemäss der folgenden Tabelle zugewiesen.

	AC N AC B AC EME	AC T	AC F
Koeffizient	5/30*	5/60*	5/70*

Tabelle 34: Koeffizient je nach Asphaltmischgutsorte (Ausschreibung des Kantons Waadt)

* die Koeffizienten entsprechen den zulässigen Zugabemengen an Ausbausphalt der Norm [11]. Diese müssen ggf. an die in der Guideline empfohlenen Werte angepasst werden.

Gibt es mehr als ein Produkt, so entspricht die Gesamtnote der Anzahl der Tonnen von jedem Produkt, multipliziert mit der Einzelnote von jedem Produkt und schlussendlich dividiert mit der Gesamtanzahl der Tonnen.

Die Berechnung der Einzelnote jedes Asphaltmischguts ist wie folgt:

$$\text{Koeffizient} \times \text{Prozentsatz des Ausbausphalanteils}$$

In dem Fall einer AC F Foundationsschicht mit 60% Ausbausphalanteil sieht die Berechnung folgendermassen aus:

$$5/70 \times 60 = 4,29$$

Die dem Kriterium zugewiesene Punktzahl ist daher 4,29.

Im Fall einer AC F Foundationsschicht mit 60% Ausbausphalanteil (1200 Tonnen) und einer AC T Tragschicht mit 50% Ausbausphalanteil (1500 Tonnen) sieht die Berechnung folgendermassen aus:

$$5/70 \times 60 \times \frac{1200}{1200 + 1500} + 5/60 \times 50 \times \frac{1500}{1200 + 1500} = 4,22$$

Die dem Kriterium zugewiesene Punktzahl ist daher 4,22.

- Im Rahmen des Kriteriums Referenzen wird u.a. die Beherrschung des Einbaus der Recyclingmischgüter und der Niedertemperaturasphalte bewertet. Die Gewichtung dieses Teilkriteriums entspricht 6% der Gesamtnote.
- Beispiel des Kantons Aargau
- Im Rahmen des Kriteriums Umwelt gibt es ein Teilkriterium Wiederwendung von Materialien. Die Gewichtung dieses Teilkriteriums entspricht 7.5% der Gesamtnote.

Die Punkte für die Gesamtnote werden anhand der folgenden Tabelle zugewiesen.

	Anteil zugemischter Ausbausphal	Anzahl Punkte
Bei der Binderschicht	≥ 50%	100
	≥ 40% und < 50%	75
	≥ 30% und < 40%	50
	< 30%	1
Bei der Tragschicht	≥ 50%	100
	≥ 40% und < 50%	75
	≥ 30% und < 40%	50
	< 30%	1
Bei der Foundationsschicht	≥ 60%	100
	≥ 40% und < 60%	75
	≥ 30% und < 40%	50
	< 30%	1

Tabelle 35: Punkte je nach Asphaltmischgutsorte und Anteil Ausbausphal (Ausschreibung des Kantons Aargau)

- Im Rahmen des Kriteriums Kompetenz gibt es ein Teilkriterium Referenzen der Unternehmung.

Die Gewichtung dieses Teilkriteriums entspricht 12% der Gesamtnote.

Es werden in der Regel 2 (maximal 4) Referenzobjekte pro Arbeitsgattung (z. B. Kunstbauten, Strassenbau, Lärmschutzwände) verlangt. Pro Referenzobjekt werden 50 Punkte (bzw. 25 Punkte bei 4 Referenzobjekten) gutgeschrieben. 2 (bzw. 4, z. B. 2 für Strassenbau und 2 für Kunstbauten) voll bewertete Referenzen ergeben 100 Punkte.

Beim Thema Strassenbau kann beispielsweise der Einbau von Recyclingmischgütern und/oder Niedertemperaturasphalten berücksichtigt und als «Referenz» betrachtet werden.

[Link](#) zum Submissionswesen des Kantons Aargau (Abteilung Tiefbau) (Sehen Sie dazu u.a. die Seiten 15 und 17).

6.4 Ausführungsphase (Lieferung und Einbau der Asphaltmischgüter)

6.4.1 Bei der Belagslieferung

Bei den Belagslieferungen erfolgt die Überprüfung der Rezepturen der Asphaltmischgüter anhand der Lieferscheine. Es wird empfohlen, diese bei der Lieferung der Asphaltmischgüter auf der Baustelle (d.h. vor dem Einbau) zu überprüfen. Dadurch wird sichergestellt, dass die eingebauten Produkte den bestellten Mischguttypen entsprechen.

Im Fall von Recyclingmischgütern muss daher der effektive Ausbauasphaltanteil, der bei der Herstellung des Asphaltmischguts verwendet wurde, angegeben werden. Dies gilt auch für Niedertemperaturasphalte, für die eine entsprechende Kennzeichnung auf dem Lieferschein oder die entsprechende Herstellungstemperatur angegeben werden muss.

Im Kanton Zürich wird jede Rezeptur durch einen Code bezeichnet, welcher auf dem Lieferschein angegeben wird.

Es kann zweckmässig sein, in den Ausschreibungsunterlagen zu erwähnen, dass die genannten Informationen auf den Lieferscheinen, die während der Baustelle erstellt werden, erwartet werden.

6.4.2 Beim Belagseinbau

Beim Belagseinbau muss die Einbautemperatur der Asphaltmischgüter kontrolliert werden. Im Fall von Recyclingmischgütern und Niedertemperaturasphalten ist dieser Parameter wesentlich, für die Sicherstellung einer gleichbleibenden Einbauqualität.

Die Homogenität (keine Klumpen, keine Entmischung) und die gute Umhüllung der einzelnen Komponenten muss auch visuell überprüft werden.

Die Überwachung der Verdichtung der eingebauten Beläge während des Einbaus ist wichtig, insbesondere bei den Recyclingmischgütern und den Niedertemperaturasphalte. Dies kann z.B. mit einem Nukleodensimeter (Troxler) durchgeführt werden, es existieren daneben aber auch noch andere Prüfmethode. Dieses Gerät ist ein Hilfsmittel für die Baufirma bei der Verdichtung. Durch die «kontinuierliche» Überwachung dieses Parameters während des Einbaus können die Einbaubedingungen, u.a. die Geschwindigkeit des Einbaus und die Verdichtungsenergie überwacht und bei Bedarf ggf. korrigiert werden.

Die Entnahme von Asphaltmischgutproben ist ebenfalls wichtig, insbesondere um die Konformität der Produktrezeptur und die verwendeten Bestandteile (Bindemittelgehalt, Korngrossverteilung, Eigenschaften der Gesteinskörnungen und des Bindemittels, ...) zu überprüfen.

Es ist zudem wichtig, den Einbau anhand eines Einbauprotokolls genau zu dokumentieren.

Mehr Informationen hierzu sind im Kapitel 5.6 enthalten.

6.4.3 Nach dem Belagseinbau

Nach dem Belagseinbau können Bohrkern entnommen. Diese werden dann auf folgende Eigenschaften hin überprüft.

- Der Hohlraumgehalt und entsprechend der Verdichtungsgrad der Schichten
- Die Schichtdicken
- Der Schichtverbund

In manchen Fällen kann gemäss der Norm die Messung der Griffigkeit und/oder der Ebenheit ebenfalls wichtig sein.

Informationen hierzu sind im Kapitel 5.6 (Tabelle 33) enthalten.

6.4.4 Fazit

Mit der Kontrolle und den Prüfungen beim und nach dem Belagseinbau soll ein externes, vom Bauunternehmer unabhängiges, akkreditiertes Labor beauftragt werden. Dadurch kann der Bauherr (sowie auch die Baufirma) von einem direkten Zugang zu den Ergebnissen und einer Unterstützung zu diesen technischen Themen profitieren.

Die Durchführung von Einbaukontrollen ist wichtig. Sie gewährleisten die Konformität des gelieferten und eingebauten Produkts, insbesondere was die mechanischen und ökologischen Eigenschaften betrifft. Die Datenbank, die aus den Prüfergebnissen sowie allen anderen Informationen, die während der Baustelle gesammelt wurden (Lieferscheine, Temperaturmessungen, Einbauprotokoll, ...) besteht, dient auch zur Inanspruchnahme der Garantie im Fall eines Mangels. Sie gewährleistet daher auch, dass die öffentlichen Gelder richtig genutzt wurden.

Das Prüfprogramm und die Massnahmen für die Qualitätskontrolle (Umfang, Anz. Prüfungen) müssen projektspezifisch festgelegt werden. Es ist wichtig zu betonen, dass eine wesentliche Anzahl von Kontrollen und Prüfungen von der Bauleitung ohne grossen finanziellen Aufwand durchgeführt werden kann. Dazu gehört zum Beispiel die Überprüfung der Lieferscheine, die Kontrolle der Temperaturen (Laser-Thermometer) und die Dokumentierung des Einbaus (Einbauprotokoll, Fotos). Im Fall von begrenzten Budgets können in einer ersten Phase einige Rückstellproben des Asphaltmischguts entnommen werden. Diese werden jedoch nur bei Bedarf geprüft (Verdacht auf einen Mangel, frühe Schadensbildung).

Anhänge

7 Anhang 1

Präsentationsbroschüre (Flyer)

8 Anhang 2

Fragebogen

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der verschiedenen Asphaltmischgutttypen je nach Herstellungstemperatur	11
Abbildung 2: Etappen vom Ausbauasphalt zum Asphaltgranulat	24
Abbildung 3: Beispiel zur Ermittlung der maximal möglichen Zugabemenge an Asphaltgranulat in Abhängigkeit der Homogenität der Merkmale des Asphaltgranulates – Anwendungsbeispiel einer Tragschicht (Quelle M WA [23])	29
Abbildung 4: Prozess zur Gewinnung von Sekundärsplitt (Quelle BHZ Baustoff Holding Zürich AG)	30
Abbildung 5: aus dem Ausbauasphalt mittels des Sekundärsplittprozesses rückgewonnene Materialien (Quelle BHZ Baustoff Holding Zürich AG)	31
Abbildung 6: Prinzip und Durchführung eines BBR-Versuchs (Bildquelle: pavementinteractive.org und bitumequebec.eu)	87
Abbildung 7: Prinzip und Durchführung eines Versuchs für die Bestimmung der kinematischen Viskosität (Bildquelle: BFH und bitumequebec.eu)	88
Abbildung 8: Illustration eines DSR (Bildquelle: TA)	90
Abbildung 9: Darstellung des Prinzips einer DSR-Prüfung (Bildquelle: CTAA, Carter 2018)	90
Abbildung 10: Darstellung der Spannung, der Verformung und des Phasenwinkels bei einem DSR-Versuch an dem Bindemittel (Bildquellen: Eurobitume und pavementinteractive.org)	91
Abbildung 11: Darstellung des komplexen Schermoduls G^* , mit seiner reellen Komponente (elastisch) und seiner imaginären Komponente (viskos), und des Phasenwinkels δ (Bildquelle: pavementinteractive.org)	92
Abbildung 12: Anforderungen an das Bindemittel im Rahmen rheologischer Versuche je nach Bindemittelsorte (Bildquelle: asphalt.de).	94
Abbildung 13: Darstellung des Prinzips der Messung der Verarbeitbarkeitseigenschaften und der gemessenen Daten (Bildquelle: SN EN 12697-53)	99
Abbildung 14: Beschreibung des gewünschten Asphaltmischgutprodukts in der Submission (Bildquelle: Kanton Aargau)	106

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen den gesetzlichen Aspekten und der Guideline	15
Tabelle 2: Liste der wesentlichen Normen im Bereich Recyclingmischgut und Niedertemperaturasphalt	17
Tabelle 3: Art und Einteilung der Fremdstoffe sowie maximal zulässige Anteile (Quelle: SN EN 13108-8 [8])	21
Tabelle 4: Verwertungswege für Ausbauasphalt in Abhängigkeit des PAK-Gehaltes gemäss VVEA	23
Tabelle 5: Hauptelemente, die laut der Norm SN EN 13108-8 berücksichtigen werden müssen	27
Tabelle 6: Hauptvorteile der Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte	34
Tabelle 7: zu berücksichtigende Schwerpunkte und Besonderheiten für die Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte	36
Tabelle 8: Beschreibung der verschiedenen Mischanlagentypen und der dazugehörigen möglichen prozentualen Recyclingmenge (Situation in der Schweiz)	38
Tabelle 9: Vergleichstabelle der Verfahren für die Herstellung von Niedertemperaturasphalt	40
Tabelle 10: Asphaltbeton, zulässige Zugabemengen (Warmzugabe)	53
Tabelle 11: zulässige Temperaturen für Strassenbaubitumen in alle Phasen der Aufbereitung (Bildquelle VSS-Norm SN 640 431-1-NA [11])	54
Tabelle 12: Referenzen Recyclingmischgüter mit hohen Ausbauasphaltanteilen	58
Tabelle 13: zusätzliche Referenzen für Recyclingmischgüter mit hohen Ausbauasphaltanteilen	59
Tabelle 14: Referenzen für Niedertemperaturasphalte	64
Tabelle 15: Beispiel der Stadt Bern von zulässigen Ausbauasphaltmengen auf der kommunalen Ebene	66
Tabelle 16: Beispiele von zulässigen Ausbauasphaltmengen auf der kantonalen Ebene	67
Tabelle 17: Beispiele von zulässigen Ausbauasphaltmengen auf der nationalen Ebene	68
Tabelle 18: empfohlener Ausbauasphaltanteil für die AC F-, AC T- und AC B – Schicht	76
Tabelle 19: empfohlener Ausbauasphaltanteil für den AC EME und die Deckschicht	77
Tabelle 20: zusätzliche Anforderungen an die Ausbauasphaltgranulate, was die AC S und AC H betrifft	77
Tabelle 21: Asphaltbeton, Empfehlungen zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Schichten, Mischgutsorten und Mischguttypen (Bildquelle: SN 640 431-1-NA / EN 13108-1 [11])	78

Tabelle 22: Hochmodul-Asphaltbeton AC EME, Empfehlungen zur Wahl der Bindemittel in Abhängigkeit der Klasse und der angestrebten Eigenschaften (Bildquelle: SN 640 431-1-NA / EN 13108-1 [11])	79
Tabelle 23: zusammenfassende Tabelle über die vorhandenen Anforderungen an das Bindemittel	82
Tabelle 24: Anforderungen an dem Bindemittel je nach Bindemittelsorten, was den Brechpunkt nach Fraass betrifft	84
Tabelle 25: vorgeschlagene Advanced Tests an den Bindemitteln	86
Tabelle 26: Bestimmung der optimalen Misch- und Verdichtungstemperaturen anhand der Viskosität des Bindemittels	88
Tabelle 27: Grössenordnung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels eines bitumenhaltigen Bindemittels	92
Tabelle 28: Anforderungen im Rahmen rheologischer Versuche an dem Bindemittel je nach untersuchtem Parameter	93
Tabelle 29: Eigenschaften die je nach Bestandteil des Asphaltmischguts im Rahmen einer Typprüfung nachgewiesen werden müssen.	96
Tabelle 30: Eigenschaften des Asphaltmischguts, die im Rahmen einer Typprüfung zu überprüfen sind.	97
Tabelle 31: Vorschlag von zusätzlichen Versuchen für Recyclingmischgüter und Niedertemperaturasphalte	98
Tabelle 32: Erfahrungswerte des Kantons Zürich, was das Kälteverhalten und den Widerstand gegen Kälterisse der Asphaltmischgüter betrifft (TSRST / Abkühlversuch)	100
Tabelle 33: Liste der Einbaukontrolle	101
Tabelle 34: Koeffizient je nach Asphaltmischgutsorte (Ausschreibung des Kantons Waadt)	110
Tabelle 35: Punkte je nach Asphaltmischgutsorte und Anteil Ausbauasphalt (Ausschreibung des Kantons Aargau)	111

11 Glossar

Additiven (Zusätze)

Bestandteil, der dem Mischgut in geringen Mengen zugegeben werden kann, um die mechanischen Eigenschaften, die Verarbeitbarkeit oder die Farbe des Mischgutes zu beeinflussen (Definition EN 13108-1).

Asphaltbeton

Asphalt, entweder mit stetiger Korngrößenverteilung der Gesteinskörnung oder mit Ausfallkörnung, um ein verzahntes Korngerüst zu formen (Definition EN 13108-1).

Asphaltgranulat

Der wiederverwertete, auf der Baustelle gewonnene Asphalt, der nach dem Prüfen, der Beurteilung und der Klassifizierung als Bestandteil von Asphalt geeignet und gebrauchsfertig ist. Die Verarbeitung kann unter anderem das Mahlen, Brechen, Sieben, Mischen usw. umfassen (Definition EN 13108-8).

Asphaltmischgutprodukte (Asphalt)

Mischung von Körnung mit einem bitumenhaltigen Bindemittel (Definition EN 12597).

Ausbauasphalt

Beim Ausbauasphalt (Reclaimed Asphalt RA) handelt es sich um Asphalt, der durch Fräsen von Schichten aus Fahrbahnen, durch Zerkleinern von Schollen, die aus Fahrbahnen herausgebrochen wurden, sowie von aus Schollen stammenden Klumpen und überschüssigem Asphalt rückgewonnen wurde (Definition SN EN 13108-8).

Bindemittel

Material, das zum Kleben an Körnungen dient und die Kohäsion des Mischgutes sicherstellt (Definition EN 12597).

Binderschichten (AC B)

Schicht, welche zwischen Deckschicht und Tragschicht liegt und die beiden verbindet (Definition SN 640 420).

Bitumen

nahezu nicht flüchtiges, klebriges und abdichtendes erdölstämmiges Produkt, das auch in Naturasphalt vorkommt und das in Toluol vollständig oder nahezu vollständig löslich ist, bei Umgebungstemperatur ist es hochviskos oder nahezu fest. Einige Bitumensorten werden sowohl im Strassenbau als auch bei industriellen Anwendungen eingesetzt; so werden z.B. bestimmte Bitumensorten für industrielle Zwecke zur Herstellung von Dach- und anderen Dichtungsbahnen verwendet (Definition EN 12597).

Bitumenhaltiges Bindemittel

Bindemittel, das Bitumen enthält. Ein bitumenhaltiges Bindemittel darf in folgenden Formen vorliegen: rein; modifiziert; oxidiert; verschnitten; geflucht; emulgiert (Definition EN 12597).

Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahren (BTSV)

Das Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahren (BTSV), welches das rheologische Verhalten mithilfe des Dynamischen Scherrheometers während einer Temperaturrampe ermittelt, bietet

sich hier als Alternative gegenüber dem Ring und Kugel Test an. (Definition Strasse und Autobahn und www.anton-paar.com).

Brechpunkts nach Frass

Die Prüfung nach EN 12593 beschreibt den Übergang des Bindemittels vom zähplastischen in den spröden Zustand und gibt die Temperatur an, bei der eine dünne Bitumenschicht bei gleichmässiger Abkühlung bricht oder Risse bekommt, wenn sie unter festgelegten Bedingungen gebogen wird. Die Prüfung kennzeichnet das Verhalten des Bitumens bei niedrigen Gebrauchstemperaturen (Definition www.eurobitume.eu).

chemischen Zusätzen

Sehen Sie Additiven.

Deckschicht

Bitumenhaltige Schicht, die in direktem Kontakt mit den Fahrzeugstreifen steht (Definition SN 640 420).

Deponierung (Bauabfälle)

Rückstände aus der Abfallverbrennung oder Abfälle, die sich nicht für eine stoffliche oder energetische Verwertung eignen, werden in bewilligten Deponien abgelagert. Erfüllen die Abfälle die Anforderungen an die Ablagerung nicht, müssen sie entsprechend behandelt werden (Definition www.bafu.admin.ch).

Dynamic Shear Rheometer (DSR)

Das Dynamische Scherrheometer (DSR) ist ein Prüfgerät, mit dem die Eigenschaften von Bitumen unter einer Vielzahl von Prüfbedingungen bestimmt werden können. Das DSR kann eine Probe mit definierter Spannung belasten und die Reaktion des Prüfmaterials messen; aus den Messdaten können Materialeigenschaften wie der komplexe Schermodul G^* und der Phasenwinkel berechnet werden. Das Prüfverfahren wird in der Norm EN 14770 beschrieben. Üblicherweise wird über einen weiten Temperatur- bzw. Frequenzbereich geprüft, im so genannten Temperatur- bzw. Frequenzsweep. Aus den Messdaten werden der komplexe Schermodul G^* und der Phasenwinkel δ bei festgelegten Temperaturen bzw. Frequenzen errechnet (Definition www.eurobitume.eu).

Elastische Rückstellung

Diese Prüfung ist anwendbar auf mit Elastomeren modifizierte Bindemittel und dient dem Nachweis der Modifizierung. Die Probe wird bei einer festgelegten Temperatur und Ziehgeschwindigkeit auf maximal 20 cm gedehnt und anschliessend durchtrennt. Nach vorgegebener Zeit wird das Mass der Rückstellung der Fadenenden bestimmt und auf die Ursprungslänge bezogen (Definition www.eurobitume.eu).

Emissionen

Freisetzung von Schadstoffen in die Umwelt (Definition www.bafu.admin.ch).

Energieverbrauch (Energienutzung)

Verwendung von brennbaren Abfällen zur Energieerzeugung durch direkte Verbrennung mit Rückgewinnung der Wärme (Definition www.bafu.admin.ch).

Erweichungspunkt Ring und Kugel

Dieses Verfahren nach EN 1427 dient der Prüfung des Verhaltens von Bitumen bei erhöhten Gebrauchstemperaturen. Ermittelt wird die Temperatur, bei der eine in einem Messring befindliche Bitumenschicht unter dem Gewicht einer Stahlkugel eine bestimmte Verformung

erfährt. Dieses Prüfverfahren wird seit über einhundert Jahren angewendet (Definition www.eurobitume.eu).

Fliesskoeffizient

Der Fliesskoeffizient einer Gesteinskörnung ist die Zeit, in Sekunden, die ein festgelegtes Volumen einer Gesteinskörnung benötigt, um unter festgelegten Bedingungen bei Verwendung einer genormten Prüfeinrichtung durch eine definierte Öffnung zu fließen (Definition EN 933-6).

Füller

Füller ist die Bezeichnung für Gesteinskörnung, deren überwiegender Teil durch das 0,063 mm-Sieb hindurchgeht und den Baustoffen zur Erreichung bestimmter Eigenschaften zugegeben werden kann (Definition SN 670 050).

Fräsen

Die Entfernung von Oberflächenmaterial in festgelegter Dicke unter Verwendung von Schneidwerkzeugen, die auf Trommeln, die sich um die horizontale Achse drehen, montiert sind. Dies kann bei kaltem Material ausgeführt werden oder nachdem es erhitzt wurde (Definition PIARC – World Road Association).

Fremdstoffe

Materialien, die nicht zur natürlichen Gesteinskörnungen gehören und nicht aus dem Asphalt stammen (Definition EN 13108-8).

Fundationsschichten (AC F)

Schicht unter der Tragschicht, welche die Last auf dem Unterbau verteilt (Definition SN 640 420).

Gesteinskörnung

Gesteinskörnung ist die Bezeichnung für körniges Material für die Verwendung im Bauwesen. Gesteinskörnungen können natürlich, industriell hergestellt oder recycelt sein (Definition SN 670 050).

Hochmodul-Asphaltbeton AC EME

Besteht aus einem Mineralstoffgemisch mit kontinuierlicher Korngrößenverteilung, harten Strassenbaubitumen und allfälligen Zusätzen. AC EME kann für die Herstellung von Tag-schichten verwendet werden (Definition VSS 40 430).

Korngrößenverteilung

Korngrössenzusammensetzung (SN 670 050), Anteil der Körner verschiedener Grösse im Korngemisch (Definition PIARC – World Road Association).

Marshall-Versuch

Marshall-Probekörper werden nach EN 12697-30 verdichtet. Danach werden festgelegten Verfahren die Marshall-Stabilität, der Fliesswert und der Marshall-Quotient dieser Probekörper bestimmt und zusammen mit ihrer Raumdichte im Prüfbericht angegeben (Definition EN 12697-34).

Nadelpenetration

Ein seit Jahrzehnten verwendetes Prüfverfahren, das heute in der EN 1426 beschrieben wird. Die Nadelpenetration wird bestimmt durch die in 1/10 mm gemessene Eindringtiefe, um die eine mit 100 g belastete Nadel bei einer Temperatur von 25 °C innerhalb von 5 Sekunden in

das Bitumen eindringt. Sie dient der Prüfung des Verhaltens von Bitumen bei mittleren Gebrauchstemperaturen und eignet sich für alle Bitumenarten (Definition www.eurobitume.eu).

Nukleodensimeter (Troxler)

Zerstörungsfreie Verdichtungskontrolle des eingebauten Belages; punktuelle Messung (Definition www.impbautest.ch).

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

PAK entstehen bei unvollständigen Verbrennungsprozessen von Kohle, Heizöl, Treibstoff, Holz oder Tabak. Einige PAK können das Erbgut schädigen, Krebs erzeugen oder die Fortpflanzung und die Entwicklung des Ungeborenen beeinträchtigen. Benzo(a)pyren gilt als der giftigste PAK, bei dem alle diese Eigenschaften vereint sind (Definition www.bag.admin.ch).

Performance-orientierten Normen

Herangehensweise für die Festlegung von Asphaltbeton, in Form von leistungsbezogenen Anforderungen in Verbindung mit begrenzten Vorschriften zur Zusammensetzung und den Bestandteilen, wodurch sich ein grösserer Freiheitsgrad ergibt (Definition EN 13 108-1).

Polymermodifizierte Bitumen PmB

Bitumenhaltiges Bindemittel, dessen rheologische Eigenschaften bei der Herstellung durch Verwendung eines oder mehrerer organischen Polymeren modifiziert worden ist (Definition EN 12597).

RA (reclaimed asphalt)/ RAP (reclaimed asphalt pavement)

Sehen Sie Ausbauasphalt.

Recyclingmischgut

Asphaltmischgut, welches einen bestimmten Anteil an Ausbauasphalt enthält (Definition SN 640 420).

RTFOT-Methode/RTFOT-Verfahren (RTFOT: Rolling Thin Film Oven Test)

Ist kein Prüfverfahren, sondern ein Konditionierungsprozess und wird in der Norm EN 12607-1 beschrieben. Im RTFOT werden die kombinierten Effekte von Wärme und Luft auf einen dünnen Bitumenfilm angesprochen. Ziel ist es, die Alterungsprozesse des Bitumens während Mischen und Transport von Asphalten zu simulieren. Während für Straßenbaubitumen eine zufriedenstellende Korrelation mit der Alterung während der Asphaltmischgutproduktion festgestellt werden konnte, sind die üblichen Konditionierungsparameter nicht ohne Weiteres auf modifizierte Bitumen übertragbar: ihre Viskosität könnte zu hoch sein, um den Bitumenfilm adäquat zu bewegen (Definition: www.eurobitume.eu).

Schaumbitumen

Ein Kohlenwasserstoffgemisch, das durch Injektion kleiner Dampfmenngen in heisses Bitumen gewonnen wird und als Bindemittel für Beschichtungen und Oberflächenbehandlungen verwendet wird (Definition PIARC – World Road Association).

Sekundärbaustoff (Rohstoff)

Werden aus Abfällen oder Produkten von primären Rohstoffen durch Verwendung, Wieder- oder Weiterverwendung oder Verwertung gewonnen und können die Nutzung von primären Rohstoffen ersetzen (Definition www.bafu.admin.ch).

Tragschicht AC T

Schicht unter der Binder- oder Deckschicht, welche zur Lastverteilung bestimmt ist (Definition SN 640 420).

Verjüngungsmittel (Rejuvenatoren)

Spezielle Öle, die das alte Bindemittel weniger zähflüssig machen, also seine Viskosität senken (Definition www.baustoffwissen.de). Ein Verjüngungsmittel dient dazu, die Eigenschaften des vorhandenen bituminösen Bindemittels mehr oder weniger auf das Originalniveau zurückzubringen (Definition PIARC – World Road Association).

Verkehrslastklasse

Klasse, die nach der täglichen Anzahl der Fahrzeuge und dem prozentualen Anteil des Schwerverkehrs auf der schwersten Spur der Fahrbahn definiert ist (Definition PIARC – World Road Association).

Zugabebindemittel

Bindemittel, das bei der Herstellung des Recyclingmischguts zugegeben wird (Definition EN 13 108-1).

Weitere Definitionen können anhand folgenden Quellen erhalten werden:

- [Abfallglossar A-Z \(admin.ch\)](#)
- [Translation or definition of a term | AIPCR \(piarc.org\)](#)
- [Normen](#)

12 Literaturverzeichnis

[1] Bundesgesetz über Bauprodukte – Bauproduktengesetz, BauPG [Link](#)
Vom 21. März 2014, Version vom 1. Oktober 2014

[2] Verordnung über Bauprodukte – Bauprodukteverordnung, BauPv [Link](#)
Vom 27. August 2014, Version vom 9. Dezember 2014

[3] Bundesgesetz über den Umweltschutz – Umweltschutzgesetz, USG [Link](#)
Vom 7. Oktober 1983, Version vom 1. Januar 2021

[4] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen – Abfallverordnung, VVEA [Link](#)
Vom 4. Dezember 2015, Version vom 1. Januar 2021

[5] Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle [Link](#)
Bundesamt für Umwelt BAFU, 2006, 2. Auflage

[6] SN 670 071: Recycling - Grundnorm
Ausgabe 2011-02

[7] SN 670 050: Gesteinskörnungen - Grundnorm
Ausgabe 2010-02

[8] SN EN 13108-8: Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen – Teil 8: Ausbausphalt
Ausgabe 2019-11

[9] SN 670 103b / EN 13043: Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen für Strassen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen
Ausgabe 2006-02

[10] SN 640 420: Asphalt - Grundnorm
Ausgabe 2015-09

[11] SN 640 431-1-NA / EN 13108-1: Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen – Teil 1: Asphaltbeton
Ausgabe 2015-09

[12] SN 640 431-7a-NA / EN 13108-7: Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen – Teil 7: Offenporiger Asphalt
Ausgabe 2008-02

[13] VSS 40 436: Semidichtes Mischgut und Deckschichten – Festlegungen, Anforderungen, Konzeption und Ausführung
Ausgabe 2019-03

- [14] VSS 40 430: Walzasphalt – Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten
Ausgabe 2019-03
-
- [15] VSS 40 434: Prüfplan für Walzasphalt – Festlegung der durchzuführenden Prüfungen
Ausgabe 2019-03
-
- [16] SN EN 13 108-20: Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen – Teil 20: Typprüfung
Ausgabe 2019-04
-
- [17] SN 670 061: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - Grundnorm
Ausgabe 2017-03
-
- [18] SN 670 202-NA/EN 12591: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Anforderung an Strassenbaubitumen
Ausgabe 2010-02
-
- [19] Norm SN 670 210b-NA/EN 14023: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Rahmenwerk für die Spezifikation von polymermodifizierten Bitumen
Ausgabe 2011-20
-
- [20] Norm SN 670 204-1-NA/EN 13924-1: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Anforderungsrahmenwerk für spezielle Strassenbaubitumen – Teil 1: Harte Strassenbaubitumen
Ausgabe 2016-12
-
- [21] SN EN 13108-21: Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen – Teil 21: werkseigene Produktionskontrolle
Ausgabe 2019-04
-
- [22] Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) [Link](#)
Bundesamt für Gesundheit BAG, Oktober 2020
-
- [23] Merkblatt für die Wiederverwendung von Asphalt M WA
Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2009/Fassung 2013
-
- [24] Verkehrswege
Dumont André-Gilles, Tille Micaël, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2019
-
- [25] Initial Projekt – Asphaltmischgut mit geringer energetischer und ökologischer Belastung
[Link](#)
Dumont André-Gilles, Bueche Nicolas, Angst Christian, Forschungsbericht VSS 2008/502, 2009
-
- [26] Handbuch – Planen und Bauen im öffentlichen Raum – Normalien – Strassenbau – Recycling-Baustoffe [Link](#)
Stadt Bern, Juli 2019
-

[27] TAZ-Standard 2012 – Dimensionierung Strassenoberbau [Link](#)
Stadt Zürich, Tiefbauamt, 04. Mai 2012

[28] Norm - Belagsaufbau - Konzeption und Anforderungen [Link](#)
Kanton Aargau, Tiefbauamt, Dezember 2020

[29] Newsletter der Abteilung Tiefbau - Aktualisierung bei den ungebundenen Gemischen und den Strassenbelägen [Link](#)
Kanton Aargau, Tiefbauamt, März 2020

[30] Schreiben – Erhöhung Anteile Ausbauasphalt für Warmzugaben in Asphaltbetone um 20%
Kanton Bern, Tiefbauamt, 25. November 2019

[31] Handbuch Strassenbau [Link](#)
Kanton Basel-Stadt, Bau- und Verkehrsdepartement, Tiefbauamt, Version 1.5, 01. Mai 2020

[32] Fachhandbuch T/U – Typischer Schichtaufbau 21 001-10201 [Link](#)
Bundesamt für Strassen ASTRA, Seite 21 001-10201, 03. Februar 2021

[33] Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: Synthesebericht [Link](#)
Dr. Markus Caprez, Dr. Carlo Rabaiotti, Forschungsprojekt VSS 2005/450, Februar 2017

[34] Forschungspaket PLANET: Steuerung, Koordination und Synthese [Link](#)
Dr. Thomas Arn, Forschungsprojekt VSS 2010/540, November 2017

[35] Position Paper: The use of secondary materials, by-products and waste in asphalt mixtures [Link](#)
European Asphalt Pavement Association, September 2020

[36] Position Paper: The use of Warm Mix Asphalt [Link](#)
European Asphalt Pavement Association, Oktober 2014

[37] SN 670 511/EN 1426: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Nadelpenetration
Ausgabe 2016-03

[38] SN 670 512/EN 1427: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Erweichungspunktes – Ring- und Kugelverfahren
Ausgabe 2016-03

[39] SN EN 13 398: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der elastischen Rückstellung von modifiziertem Bitumen
Ausgabe 2018-06

[40] Weisungen – Qualitätsanforderung Bitumenhaltiger Schichten - Massnahmen bei Abweichungen Ausgabe 2010 V1.21 ASTRA 71005 [Link](#)

ASTRA, 71005, Ausgabe 2010 v1.21, 16.08.2019

[41] Anforderung an das rückgewonnene Bindemittel [Link](#)

Kanton Zürich Baudirektion, Submissionsdokumente, Teil C2: Qualitätslenkung der Unternehmung, Register Nr. 315 Walzasphalt, August 2020

[42] Bindemittel aus Rückgewinnung, Anforderungen [Link](#)

Stadt Zürich Tiefbauamt, Qualitätskontrolle Walzasphalt, Anhang 6, Februar 2013

[43] SN 670 507 / EN 12593: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des Brechpunktes von Fraass

Ausgabe 2016-03

[44] SN 670 560/EN 14771: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Biegekriechsteifigkeit – Biegebalkenrheometer (BBR)

Ausgabe 2013-09

[45] SN EN 13302: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der dynamischen Viskosität von bitumenhaltigem Bindemittel mit einem Viskosimeter mit rotierender Spindel

Ausgabe 2019-04

[46] SN EN 12697-35: Asphalt – Prüfverfahren – Teil 35: Labormischung

Ausgabe 2018-06

[47] What you need to know about bitumen rheology

En. Nur Izzi bin Md. Yusoff, Prof. Dr Mohd Rosli bin Hainin, Prof. Gordon D. Airey, Jurutera-Zeitschrift, 09.2011

[48] Internet Website: pavement interactive [Link](#)

pavementinteractive.org/reference-desk/testing/binder-tests/dynamic-shear-rheometer/

[49] SN 670 559/EN 14770: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels – Dynamisches Scherrheometer (DSR)

Ausgabe 2013-09

[50] FGSV 722: Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln im Dynamischen Scherrheometer (DSR) - Durchführung im Temperatursweep

Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Technisches Regelwerk, 2014

[51] FGSV 720: Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln im Dynamischen Scherrheometer (DSR) - Durchführung des Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahrens (BTSV)

Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Technisches Regelwerk, 2017

[52] FGSV 721: Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln im Dynamischen Scherrheometer (DSR) - Durchführung mit konstanter Scherrate

Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Technisches Regelwerk, 2016

[53] FGSV 723: Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Verformungsverhaltens von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln im Dynamischen Scherrheometer (DSR) - Durchführung der MSCR-Prüfung (Multiple Stress Creep and Recovery Test)

Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Technisches Regelwerk, 2016

[54] The Superpave Mix Design System - Manual of Specifications, Test Methods and Practices

Strategic Highway Research Programm, SHRP-A-379, 1994

[55] SN EN 12697-10: Asphalt-Prüfverfahren – Teil 10: Verdichtbarkeit

Ausgabe 2019-04

[56] SN EN 12697-53: Asphalt-Prüfverfahren – Teil 53: Kohäsionszunahmemessung durch Ausbreitmassmethode

Ausgabe 2020-04

[57] SN EN 12697-46: Asphalt-Prüfverfahren – Teil 46: Widerstand gegen Kälterisse und Tieftemperaturverhalten bei einachsigen Zugversuchen

Ausgabe 2020-04

[58] Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB) [Link](#)

Vom 16. Dezember 1994, Version vom 1. Januar 2020

[59] Interkantonale Vereinbarung über das öffentliche Beschaffungswesen (IVÖB) [Link](#)

15.03.2001

Kies für Generationen KFG

c/o arv Baustoffrecycling Schweiz
Bahnhofstrasse 6
8952 Schlieren
+41 44 813 76 56

info@kiesfuergenerationen.ch
www.kiesfuergenerationen.ch

