

Wiederverwendung von Ausbaupasphalt mit viskositätsmindernden Zusätzen in Walzasphalt

FA 7.237

Forschungsstelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen (ISBS) (Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing. M. P. Wistuba)

Bearbeiter Renken, P. / Wistuba, M. P.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: April 2015

1 Ziel des Forschungsprojekts

Die Wiederverwendung von Asphaltgranulat im Heiasphalt auf hohem Niveau der Wertschöpfung, also im Deckenbereich von Asphaltbefestigungen, ist in Deutschland Stand der Technik.

Unbeantwortet ist aber die Frage, ob Asphaltgranulat aus sogenannten "temperaturabgesenkten" Asphalt-schichten bei der Verwendung unschädlich für die Performance im Heiasphalt untergebracht werden kann. Dabei interessiert auch die Frage, ob mehrfaches Wiedererhitzen die physikalischen Eigenschaften beeinträchtigen.

Das vorgelegte Forschungsprojekt sollte einen entscheidenden Beitrag zur Beantwortung dieser Fragen leisten. Unter "temperaturabgesenktem" Ausbaupasphalt sind Asphalte zu verstehen, die mit viskosittsverndernden, organischen Zusätzen (kurz: Wachse) hergestellt wurden und aus der Verkehrsflchenbefestigung herausgefräst und zu Asphaltgranulat aufbereitet wurden.

Für die experimentellen Arbeiten wurden die in Deutschland markt-gängigen, organischen Zusätze FT-Wachs, Montanwachs und Amidwachs eingesetzt.

2 Untersuchungssystematik

Die Untersuchungen dieser Arbeit lassen sich in mehrere Untersuchungsblcke aufschlüsseln.

Im ersten Untersuchungsblock wurden auf der sogenannten Bitumenebene grundlegende Untersuchungen zu frischen und mit den drei Wachsen verschnittenen Straßenbaubitumen und PmB durchgeführt. Die Bitumen wurden im Regelfall mit 3 % der oben genannten Wachse vermischt und RTFOT- und RTFOT-PAV-gealtert. Für alle drei Stufen wurde eine umfangreiche Bitumenanalytik mit EP RuK, KD-Analytik, BBR-Analytik, DSR-Analytik und Untersuchungen zur Dynamischen Viskosität im Abkühlungs- und im Wiedererwrmungstrend durchgeführt. Zusätzlich wurde das Amidwachs in Mengenanteilen von 2 % und 1 % eingemischt und das so erhaltene viskosittsvernderte Bitumen analysiert.

Sodann wurden frische und gealterte Bindemittel bei hierarchischer Variation der Bitumenart/Wachskombinationen zu gleichen Teilen vermischt, RTFOT-gealtert und ebenfalls der oben genannten Bitumenanalytik unterzogen. Mit diesem Arbeitsschritt sollte der Einfluss der mehrfachen Alterung auf die physikalischen Eigenschaften der Bitumen angesprochen werden.

Auch im folgenden Untersuchungsblock wurden Untersuchungen auf der Bitumenebene durchgeführt. Der Schwerpunkt lag auf den Eigenschaften des aus einem Splittmastixasphalt

rückgewonnenen Bitumens. Dieser Splittmastixasphalt wurde im Laboratorium nach einer bewährten ISBS-Rezeptur mit Bindemittelgemischen hergestellt, die gemäß dem vorangegangenen Untersuchungsblock gealtert und mit unterschiedlichen Wachsen vermischt waren. Die so hergestellten Splittmastixasphalte wurden in zwei Stufen einer Alterung nach dem Braunschweiger-Alterungsverfahren (BSA) unterworfen. Aus allen Alterungszuständen wurde für jede Variationsstufe das Bindemittel zurückgewonnen und der oben genannten Bitumenanalytik unterzogen.

Im nächsten Untersuchungsblock wurde Ausbaupasphalt aus drei unterschiedlichen Baumaßnahmen beschafft. Alle Ausbaupasphalte enthalten Wachse und völlig unterschiedliche Bitumenviskositten, ausgedrückt durch Erweichungspunkte RuK von 68, 77 und 86 °C. Der Ausbaupasphalt, in diesen Fällen Frsasphalt, wurde zu Asphaltgranulat aufbereitet (AG 1, AG 2 und AG 3) und die Zusammensetzung und die Eigenschaften des rückgewonnenen Bindemittels analysiert.

Schließlich wurde mit diesen drei Asphaltgranulaten Splittmastixasphalt (SMA 11 S) und Asphaltbeton für Asphaltdeckschichten (AC 11 D) bei systematischer Variation der Zugabeanteile an Asphaltgranulat in den Stufen 0, 20 und 40 % und der Art des Zugabemittels, nämlich Originalbitumen (also ohne Wachs), und den mit 3 % FT-Wachs und 3 % Amidwachs verschnittenen Originalbitumen hergestellt. Die Variationsmatrix und die Nummerierung der Asphaltvarianten zeigen die Tabellen 1 und 2.

Tabelle 1: Variationsmatrix für SMA 11 S

Zugabemittel	Zugabemenge	AG 1 Fin-kenwerder EP 68,3 °C	AG 2 KAM Hamburg EP 84,5 °C	AG 3 Ros-tock-Laage EP 76,9 °C
25/55-55 A ohne Wachs	0%	411	511	611
	20%	412	512	612
	40%	413	513	613
25/55-55 A plus FT-Wachs	0%	421	421	421
	20%	422	522	622
	40%	423	523	623
25/55-55 A plus Amidwachs	0%	431	431	431
	20%	432	532	632
	40%	433	533	633

Tabelle 2: Variationsmatrix für AC 11 D

Zugabemittel	Zugabemenge	AG 1 Fin-kenwerder EP 68,3 °C	AG 2 KAM Hamburg EP 84,5 °C	AG 3 Ros-tock-Laage EP 76,9 °C
70/100 ohne Wachs	0%	711	811	911
	20%	712	812	912
	40%	713	813	913
70/100 plus FT-Wachs	0%	721	721	721
	20%	722	822	922
	40%	723	823	923
70/100 plus Amidwachs	0%	731	731	731
	20%	732	832	932
	40%	733	833	933

Aus diesen Asphalten wurden Asphalt-Probekörper hergestellt und Untersuchungen zur Performance angestellt. Folgende Asphaltmischgut- beziehungsweise Asphalteigenschaften wurden angesprochen:

- Mischwiderstand bei der Asphaltherstellung mithilfe der Mischarbeit, die über Drehmomentenmessungen festgestellt wurde,
- Verdichtungseigenschaften mittels Verdichtungswiderstand T,
- Verformungseigenschaften mittels modifiziertem Triaxialversuch (Dynamischer Stempelversuch),
- Beständigkeit gegenüber Kälteangriff mittels Zugversuchen bei vier Temperaturen und Abkühlversuchen und
- Beständigkeit gegenüber Ermüdungsbeanspruchung mittels Zug-Schwellversuchen bei -10 und +5 °C.

Im letzten Untersuchungsblock wurden drei Deckenasphalte, nämlich ein AC 16 B S, ein AC 11 D und ein SMA 11 S mit dem Asphaltgranulat AG 3 in eine Versuchsfläche auf dem Gelände des ISBS eingebaut. Das resultierende Asphaltmischgut und das rückgewonnene Bitumen wurden umfangreich analysiert und an Bohrkernproben die Performance der drei Schichten angesprochen. Dieser Untersuchungsabschnitt dient insbesondere der Gewinnung von Initialwerten zur Beurteilung der möglichen Veränderung nach längerer Liegedauer.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Straßenbaubitumen 50/70, frisch und gealtert

Für die Abmischungen des Bitumens 50/70 mit den Wachsen, frisch und gealtert, kann zusammengefasst werden:

- Der EP RuK ist zur Ansprache wachsmodifizierter Produkte und ihres Alterungsverhaltens nicht geeignet (Bild 1).
- Der Komplexe Schermodul G^* spricht die Wachsmodifizierung und das Alterungsverhalten wachsmodifizierter Straßenbaubitumen in plausibler Weise an (Bild 2).
- Durch die Wachsmodifizierung wird die Dynamische Viskosität bei 120 °C geringer (Bild 3).
- Die bei nicht gealtertem Bindemittel ausgeprägte Hysterese wird durch die Alterung abgeschwächt.
- Die Kälteflexibilität, ausgedrückt durch die Temperatur bei einer Biegebiegezugfestigkeit von 300 MPa der BBR-Analytik, wird durch die Wachsaditivierung und die Alterung nachteilig beeinflusst.

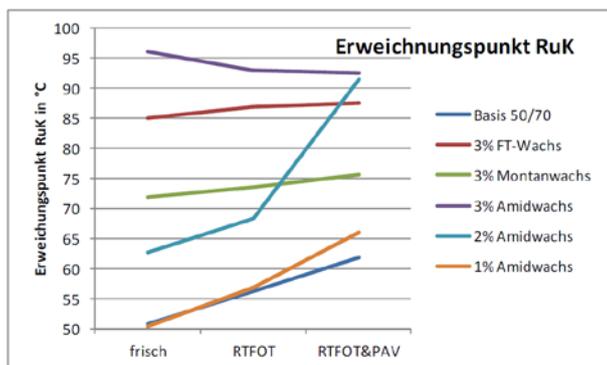


Bild 1: Änderung des EP RuK infolge Alterung

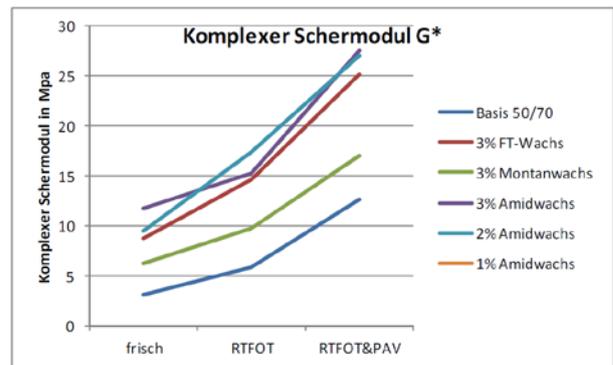


Bild 2: Änderung des Komplexen Schermoduls G^* infolge der Alterung

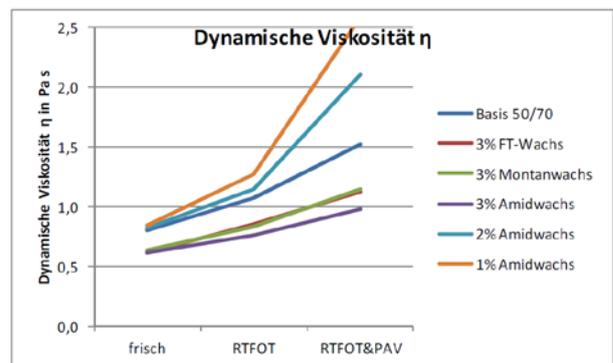


Bild 3: Änderung der Dynamischen Viskosität η bei 120 °C infolge der Alterung

3.2 Polymermodifiziertes Bitumen 25/55-55 A, frisch und gealtert

Für die Abmischungen des Bitumens 25/55-55 A mit den Wachsen, frisch und gealtert, kann zusammengefasst werden:

- Der Komplexe Schermodul G^* ist eine aussagefähige Kenngröße, um eine Wachsmodifizierung und die Veränderung infolge Alterungsangriff anzuzeigen (Bild 5).
- Die Dynamische Viskosität wird unabhängig von dem Alterungszustand im Temperaturbereich von 120 °C durch die Bindemittelart (hier 25/55-55 A und 50/70) erheblich stärker beeinflusst als durch die Wachsmodifizierung (Bilder 5 und 6).
- Der Hystereseeffekt verliert durch die Alterung an Ausprägung.
- Die Kälteflexibilität des Bindemittels wird durch die Wachsmodifizierung und durch die Alterung nachteilig beeinflusst.
- Es bestehen offensichtlich Wechselwirkungen zwischen den polymeren Inhaltsstoffen des PmB und den Wachsen. Chemische Analysen könnten näheren Aufschluss geben.
- Die KD-Analytik ist geeignet, die Veränderung der duktilen Eigenschaften durch die Wachsmodifizierung und die Alterung zu bewerten.

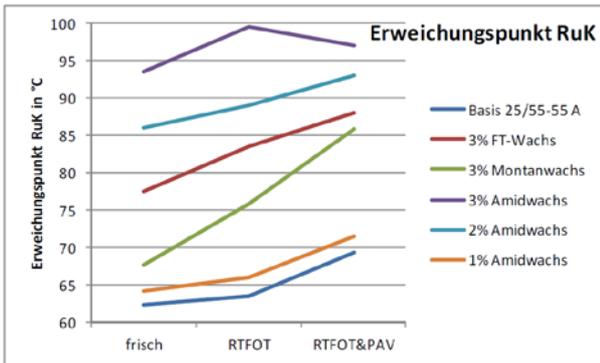


Bild 4: Änderung des EP RuK infolge Alterung

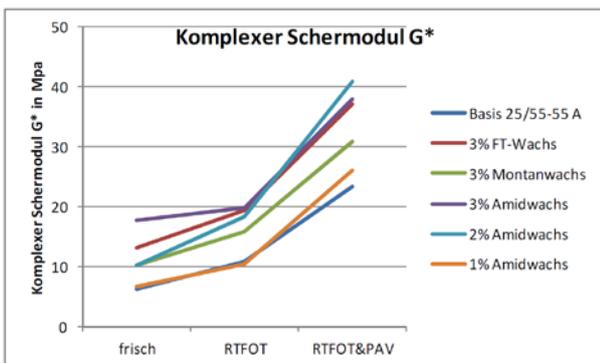


Bild 5: Änderung des Komplexen Schermoduls G* infolge der Alterung

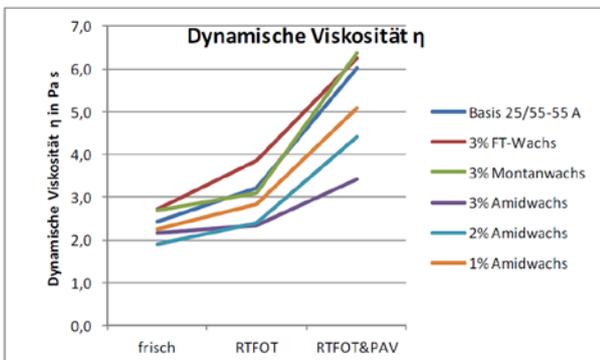


Bild 6: Änderung der Dynamischen Viskosität bei 120 °C infolge der Alterung

3.3 Einfluss der Vermischung von Bindemitteln mit unterschiedlichen Wachsen

Für die Auswirkung der Vermischung unterschiedlich wachsmodifizierter und unterschiedlich gealterter Bindemittel kann zusammengefasst werden:

- Indizien konnten nicht gefunden werden, dass die Vermischung von Bitumen mit unterschiedlichen Arten der Wachsmodifizierung und unterschiedlichen Alterungszuständen die Bindemittelleigenschaften in unerwarteter Art beziehungsweise Größenordnung verändern.
- Restriktionen für die Wiederverwendung können aus diesen Ergebnissen nicht abgeleitet werden.

3.4 Einfluss der Mehrfachalterung von wachsmodifiziertem Asphalt

Für den Einfluss der Mehrfachalterung eines 25/55-55 A in einem SMA, festgestellt nach Rückgewinnung, kann zusammengefasst werden:

- Unerwartete Einflüsse durch die Vermischung unterschiedlicher wachsmodifizierter Bindemittel in unterschiedlichen Alterungszuständen auf die Eigenschaften des rückgewonnenen Bitumens konnten nicht festgestellt werden, sodass keine Restriktionen für die Wiederverwendung aus den Ergebnissen abgeleitet werden können.
- Durch die Wiedergewinnung der wachsmodifizierten Bindemittelprodukte gehen die Informationen, die an nicht rück-gewonnenen Bindemitteln festgestellt werden, nicht verloren.
- Der Festlegung von Grenzwerten an rückgewonnenen Bindemitteln stehen zumindest für die hier untersuchten viskositätsverändernden Zusätze FT-Wachs, Montanwachs und Amidwachs nichts entgegen.
- Bei der Verwendung von Polymermodifizierten Bitumen ist die KD-Analytik zur Ansprache der duktilen Eigenschaften geeignet und liefert für die maximale Kraftaufnahme und die Duktilität interpretierbare Ergebnisse. Hieraus können Grenzwerte abgeleitet werden.
- Der aus der DSR-Analytik erhobene Komplexe Schermodul G^* bei 60 °C differenziert die unterschiedlichen Varianten plausibel und ist geeignet, als Grenzwert festgelegt zu werden.
- Der gleichzeitig gemessene Phasenverschiebungswinkel ist zuverlässig bestimmbar und ebenfalls als beschreibende Kenngröße für das Gebrauchsverhalten von Bitumen geeignet.
- Die BBR-Analytik hat gezeigt, dass die Kälteflexibilität des Bitumens durch die Wachsmodifizierung – unabhängig von der Art des Waxes – nachteilig beeinflusst wird, sodass aus den erhobenen Temperaturen bei einer Biegebruchsteifigkeit von 300 MPa Grenzwerte für eine Spezifikation abgeleitet werden können.

3.5 Wiederverwendung von wachsmodifiziertem Asphaltgranulat in einem SMA 11 S auf die Performance

Für den Einfluss der Wiederverwendung von wachsmodifiziertem Asphaltgranulat auf die mit wachsmodifizierten Bitumen hergestellten SMA-Varianten auf die Performance kann zusammengefasst werden:

- Durch die Wachssadditivierung ist keine signifikante Verringerung der Hohlraumgehalte am Marshall-Probekörper erkennbar.
- Durch die Zugabe von wachsmodifiziertem Asphaltgranulat wird die Verdichtbarkeit der SMA-Varianten begünstigt (Bild 7).

- Die Mischarbeit wird durch die Wachsadditivierung nicht beeinflusst. Die Zugabe von wachsenditiviertem Asphaltgranulat erschwert die Mischarbeit (Bild 8).

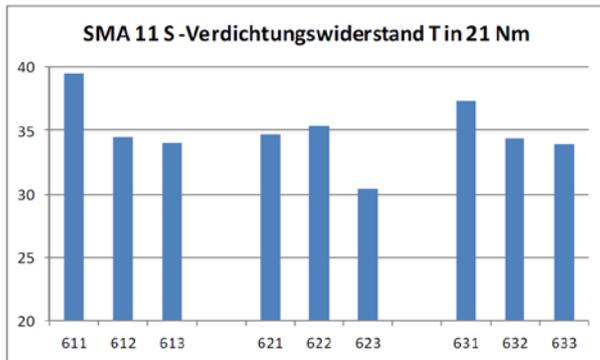


Bild 7: Verdichtungswiderstand T der SMA-Varianten (Beispiel)

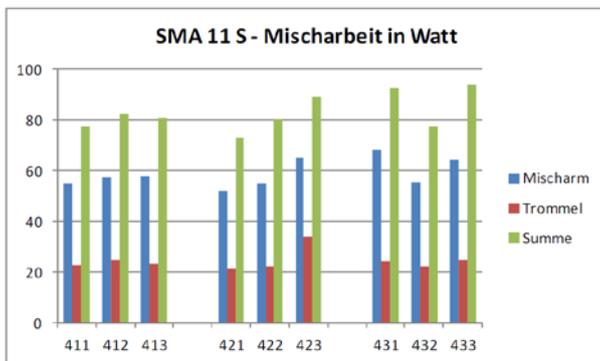


Bild 8: Mischarbeiten der SMA-Varianten (Beispiel)

- Die Verformungseigenschaften werden teilweise ungünstig beeinflusst. In einigen Fällen ist der Einfluss indifferent. Einzelfallstudien sind erforderlich (Bild 9).
- Die Rissempfindlichkeit gegenüber Kälteangriff steigt bei den hier überprüften SMA-Varianten mit Polymer-modifiziertem Bitumen als Zugabebindemittel (Bild 11).
- Für die Ermüdungseigenschaften ergibt sich für beide Prüftemperaturen kein einheitliches Bild. Diese werden je nach Art der Wachsadditivierung positiv, negativ oder indifferent beeinflusst. Auch hier sind Einzelfallentscheidungen unerlässlich (Bild 12 und Bild 13).

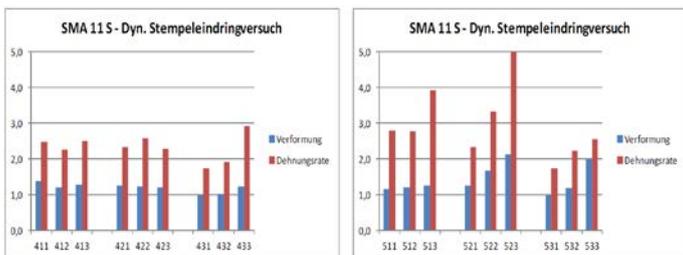


Bild 9: Dynamische Stempelpenetrationsversuche der SMA-Varianten (Beispiele)

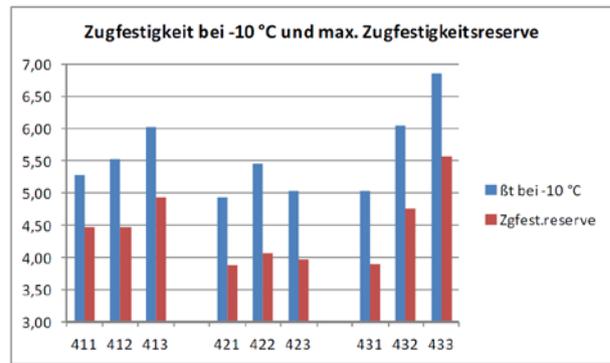


Bild 10: Zugfestigkeiten bei einer Temperatur von -10 °C sowie maximale Zugfestigkeitsreserve in MPa der SMA-Varianten (Beispiel)

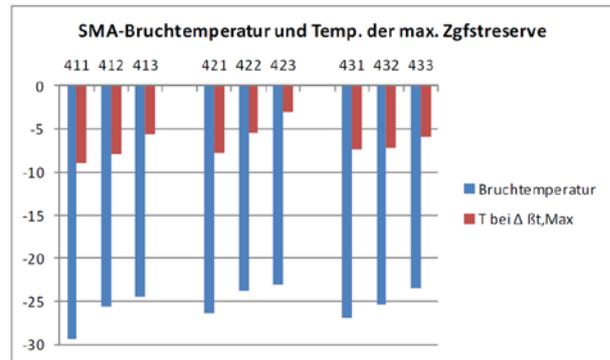


Bild 11: Bruchtemperatur aus dem Abkühlversuch sowie Temperatur bei der maximalen Zugfestigkeitsreserve in °C der SMA-Varianten (Beispiel)

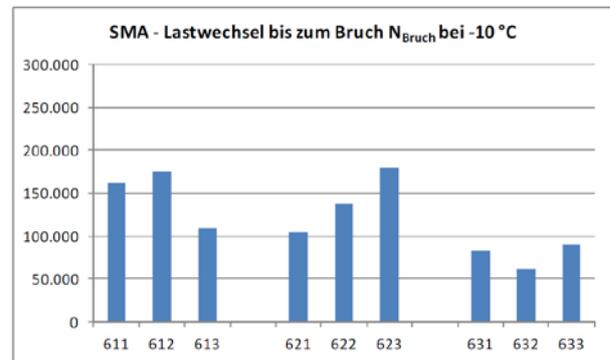


Bild 12: Anzahl der Lastwechsel bis zum Bruch bei einer Temperatur von -10 °C der SMA-Varianten (Beispiel)

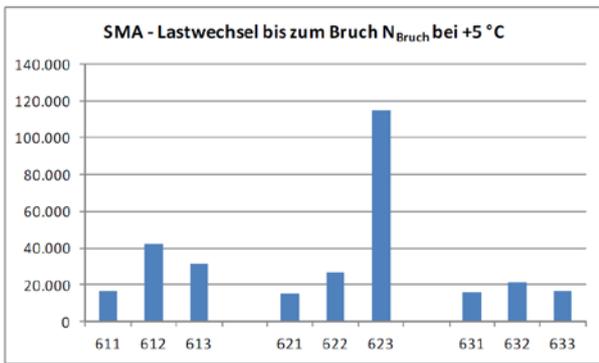


Bild 13: Anzahl der Lastwechsel bis zum Bruch bei einer Temperatur von +5 °C der SMA-Varianten (Beispiel)

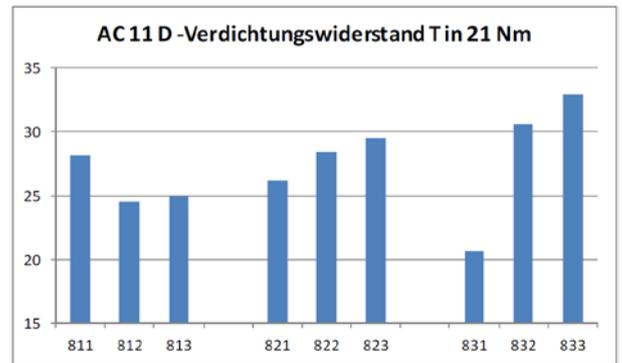


Bild 14: Verdichtungswiderstand T der AC 11 D-Varianten (Beispiel)

3.6 Wiederverwendung von wachsmodifiziertem Asphaltgranulat in einem AC 11 D auf die Performance

Für den Einfluss der Wiederverwendung von wachsmodifiziertem Asphaltgranulat auf die mit wachsmodifizierten Bitumen hergestellten AC 11 D-Varianten auf die Performance kann zusammengefasst werden:

- Ein Einfluss der Wachsadditivierung auf die Größe des Hohlraumgehalts kann nicht nachgewiesen werden.
- Die Wachsadditivierung verbessert die Verdichtbarkeit. Die Zugabe von wachsadditivierten Asphaltgranulaten verschlechtert aber die Verdichtbarkeit oder wirkt in wenigen Fällen indifferent (Bild 14).
- Ein Einfluss der Variation von Wachsart und wachsmodifiziertem Asphaltgranulat auf die Mischarbeit kann nicht nachgewiesen werden (Bild 15).
- Die Wachsadditivierung und die Zugabe von wachsadditiviertem Asphaltgranulat verbessern die Verformungsbeständigkeit (Bild 16 und Bild 17).
- Die Beständigkeit gegenüber Kälteangriff wird bei einem Zugabeanteil von 20 % nicht nachteilig verändert. Bei Zugabeanteilen von 40 % ist mit Nachteilen zu rechnen (Bild 19).
- Die Rissempfindlichkeit gegenüber Ermüdungsbeanspruchung ist je nach Temperaturbelastung unterschiedlich zu bewerten. Bei einer Temperatur von -10 °C werden je nach Art des Asphaltgranulats und der Wachsadditivierung Vor- aber auch Nachteile festgestellt. Bei einer Temperatur von +5 °C ist der Einfluss aus der Wachsadditivierung und der Zugabe wachsmodifizierter Asphaltgranulate vorteilhaft, bei einigen Fällen indifferent (Bild 21).

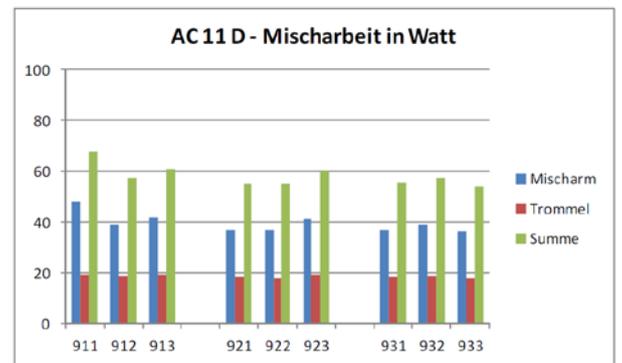


Bild 15: Mischarbeiten der AC 11 D-Varianten (Beispiel)

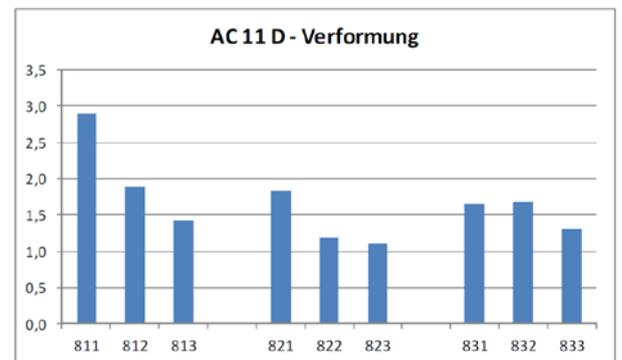


Bild 16: Dynamische Stempelleindringtiefe – Verformung der AC 11 D-Varianten (Beispiel)

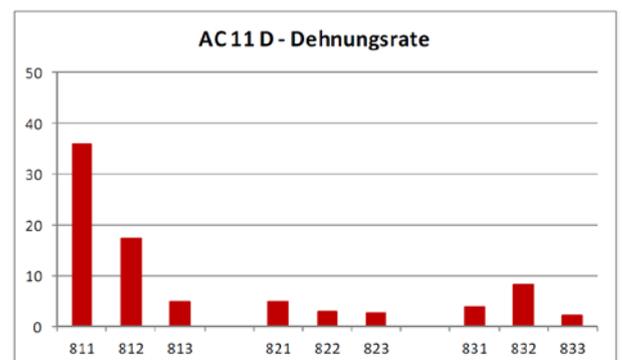


Bild 17: Dynamische Stempelleindringtiefe – Dehnungsrate der AC 11 D-Varianten (Beispiel)

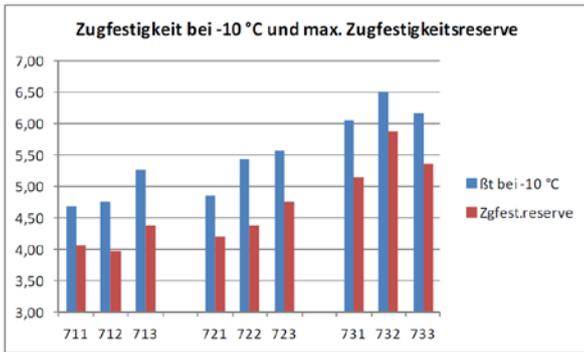


Bild 18: Zugfestigkeiten bei einer Temperatur von -10 °C sowie maximale Zugfestigkeitsreserve in MPa der AC 11 D-Varianten (Beispiel)

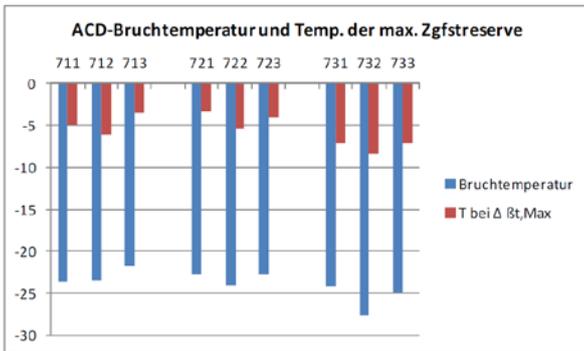


Bild 19: Bruchtemperatur aus dem Abkühlversuch sowie Temperatur bei der maximalen Zugfestigkeitsreserve in °C der AC 11 D-Varianten (Beispiel)

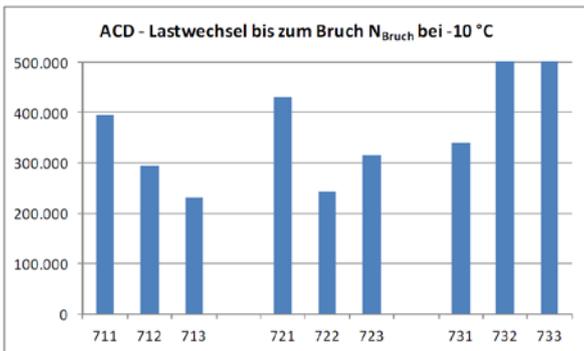


Bild 20: Anzahl der Lastwechsel bis zum Bruch bei einer Temperatur von -10 °C der AC 11 D-Varianten

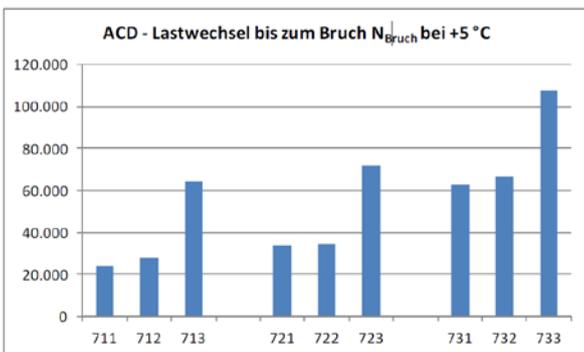


Bild 21: Anzahl der Lastwechsel bis zum Bruch bei einer Temperatur von +5 °C der AC 11 D-Varianten

4 Zusammenfassung

Zunächst ist festzustellen, dass der Erweichungspunkt RuK weniger gut geeignet ist, das wachsmodifizierte Bitumen zu charakterisieren, der Komplexe Schermodul G^* ist deutlich besser geeignet.

Die Kälteeigenschaften der Bitumen werden durch die Wachsaditivierung nachteilig beeinflusst.

Die Dynamische Viskosität im Abkühlungstrend zeigt die typischen Hystereseeffekte bei wachsmodifiziertem Bitumen auch nach der Rückgewinnung. Die im Wiedererwärmungstrend gemessenen Dynamischen Viskositäten zeigen diese Hysteresis nicht.

Ein Vorteil durch die Additivierung von Wachsen unter dem Aspekt der Mischarbeit und der Verdichtbarkeit, also der Erhöhung der erzielbaren Raumdichte, ist nicht erkannt worden.

Mithilfe des Black-Diagramms der DSR-Analytik lässt sich die Anwesenheit von Wachsen ohne chemische Analytik erkennen (Bild 22).

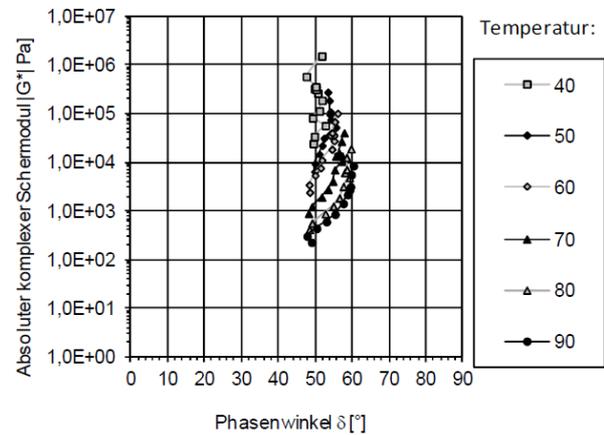


Bild 22: Black-Diagramm PmB mit Amidwachs extrahiert (Beispiel)

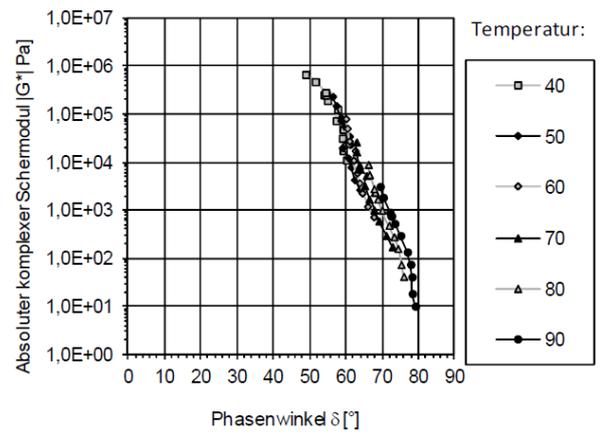


Bild 23: Black-Diagramm PmB mit FT Wachs extrahiert (Beispiel)

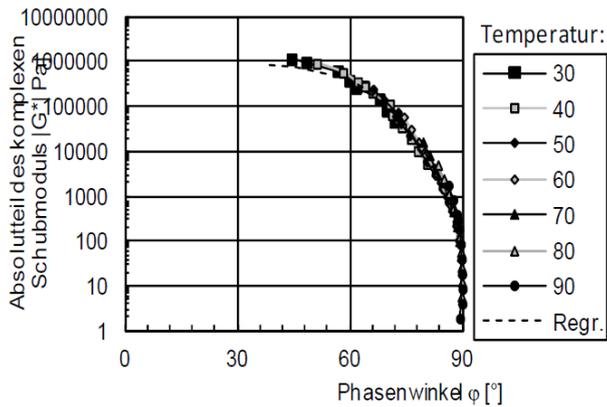


Bild 24: Black-Diagramm 50/70 ohne Wachs RTFOT- & PAV-gealtert (Beispiel)

Die Wiederverwendung von wachsmodifiziertem Asphaltgranulat ist ohne nachteiligen Einfluss auf die Performance der damit hergestellten Heiasphalte möglich. Da je nach Wachsart, "Härte" des Asphaltgranulats und Mengenanteil sowie Art des resultierenden Asphaltgemischs unterschiedlich starke Einflüsse auf die Performance nachgewiesen wurden, ist die Eignung des Asphaltgranulats auch in Verbindung mit der Art des Zugabebindemittels gemäß TL Bitumen-StB oder wachsmodifiziertem Bitumen aber für jeden Einzelfall nachzuweisen.

Es gibt Kombinationen, bei denen mit Nachteilen für die Kälteflexibilität und die Ermdungsbestndigkeit, insbesondere bei tiefen Temperaturen, zu rechnen ist.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass mithilfe der hier angewendeten physikalischen Prüfverfahren einzelne Einflüsse nicht ausreichend begründet werden konnten. Es wird empfohlen, chemische Analysen an den Bitumenvariationen durchzuführen.

Des Weiteren wird vorgeschlagen, Spezifikationswerte, sowohl für die Bitumenebene als auch für die Asphaltebene zu erarbeiten. Teilweise kann dieses aus dem hier vorgelegten Datenmaterial abgeleitet werden. Teilweise sind dazu neue Studien notwendig. Kennwerte der Bitumenanalytik und auch der Performanceprfung sind als charakteristische Spezifikationsgren sehr gut geeignet.