

Ermittlung des Bindemittelgehalts von Asphalt mit Gummimodifiziertem Bindemittel

FA 7.247

Forschungsstelle: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Verkehrswegebau (Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg)

Bearbeiter: Manke, R. / Radenberg, M.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: November 2014

1 Problemstellung und Zielsetzung

Gummimodifizierte Asphalte können bei Einhaltung definierter Verarbeitungsbedingungen eine ressourcenschonende und aufgrund der steigenden Erdölpreise eine preisgünstige Alternative zu Polymermodifizierten Bitumen darstellen. Weiterhin wird durch die Gummimodifizierung von Bitumen eine positive Wirkung auf die Gebrauchseigenschaften von Asphalt erwartet.

Jedoch besteht in der Bestimmung des Bindemittelgehalts von Gummimodifizierten Asphalten durch Extraktion bei Kontrollprüfungen nach den [TP Asphalt-StB, Teil 1, 2007] ein noch nicht hinreichend gelöstes Problem dahingehend, dass aufgrund des nur teilweise gelösten Gummimehls im Bitumen der notwendige ungelöste Gummipartikelanteil mit den derzeit eingesetzten Extraktionsanlagen nicht präzise erfasst werden kann.

Das Ziel dieses Forschungsprojekts war es daher, Hinweise und Empfehlungen zur Verbesserung der Präzision bei der Bestimmung des Bindemittelgehalts von Gummimodifizierten Asphalten zu erarbeiten.

Der Bindemittelgehalt wurde im Rahmen des Forschungsprojekts durch die Extraktion des Mischguts mit einem automatisierten Extraktionsgerät nach den [E GmBA, 2012] bestimmt. Untersucht wurden dabei die zwei Asphaltarten Offenporiger Asphalt (PA 8) und Splittmastixasphalt (SMA 8 S), die sowohl im Nass- als auch Trockenverfahren unter Variation des Grundbitumens, des Gummimehlanteils und unter variierenden Mischtemperaturen, Misch- und Lagerungszeiten modifiziert wurden.

Des Weiteren wurde als alternative Methode die Veraschung solcher Asphalte eingesetzt und eine empfohlene Vorgehensweise entwickelt. Dieses Verfahren ist unabhängig von der bisherigen Extraktion mit dem Lösemittel Trichlorethylen und den damit verbundenen einzuhaltenden Arbeitssicherheitsbestimmungen.

Zudem wurden bestehende Strecken, bei denen Gummimodifizierte Bitumen und Asphalte eingesetzt wurden, hinzugezogen, um Erkenntnisse über die Genauigkeiten der Bindemittelgehaltsbestimmung zum aktuellen Zeitpunkt zu erlangen.

2 Untersuchungsprogramm

2.1 Laborversuche zur Ermittlung des Bindemittelgehalts

Die Gummimodifizierung des Asphalts wurde vergleichend im Nass- und Trockenverfahren gemäß den [E GmBA, 2012] durchgeführt, wobei der Schwerpunkt auf der Modifizierung mit dem Nassverfahren lag.

Als Grundbitumen wurden die Straßenbaubitumen der Sorte 50/70 und 70/100 ausgewählt. Die Gummimehlanteile variierten

mit 10, 20 und 30 M.-% bezogen auf den Bindemittelgehalt. Ein Bindemittelträger war in diesem Fall nicht relevant, da das Gummimehl diese Funktion übernimmt. Das Gummimehl wurde in der Körnung 0,2 bis 0,8 mm verwendet. Für die Modifizierung wurde zusätzlich ein Vernetzer (Polyoctenamer) mit einem Anteil von 4,5 M.-% bezogen auf das Gummimehl, eingesetzt.

Die Gummimodifizierung des Bitumens umfasste neben dem eigentlichen Rühr- und Modifizierungsvorgang einen zusätzlichen Reifevorgang beziehungsweise Quellprozess der Gummipartikel. Um den Einfluss dieser Bedingungen auf die Bestimmung des Bindemittelgehalts nachvollziehen zu können, wurden die Mischtemperatur sowie die Misch- und Lagerungszeit variiert.

Neben den unterschiedlich im Labor hergestellten Gummimodifizierten Bitumen wurde zusätzlich ein Gummimodifiziertes Fertigbindemittel ausgewählt. Die Herstellung des Asphaltmischguts erfolgte sowohl im Nass- als auch im Trockenverfahren unter Variation der Mischtemperatur und der Lagerungszeit.

Bild 1 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Untersuchungsvarianten.

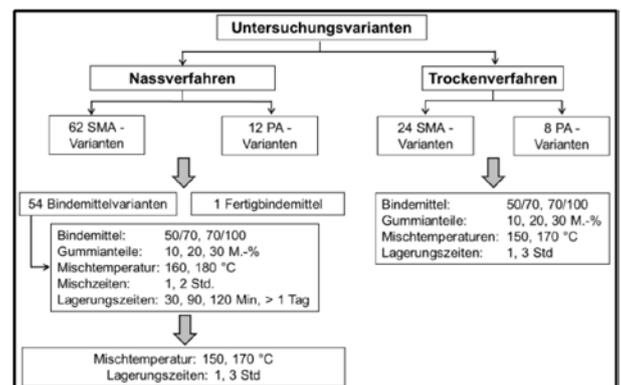


Bild 1: Untersuchungsvarianten

Um Einflüsse unterschiedlicher Gesteins- oder Bitumenqualitäten auf die Zielsetzung dieses Forschungsprojekts zu vermeiden, wurden zur Herstellung der Asphaltproben für die Laboruntersuchungen stets die gleichen Ausgangsmaterialien verwendet. Ebenso wurden sowohl der Bindemittelgehalt als auch die Gesteinskörnungszusammensetzung (Kornverteilungslinie) innerhalb einer Asphaltmischgutart konstant gehalten, um gezielt den Einfluss des Gummimehls im Bindemittel beziehungsweise Asphalt durch unterschiedliche Herstellungsbedingungen auf den Bindemittelgehalt zu untersuchen. Die Bindemittelgehalte von 7,0 M.-% bei dem SMA 8 S und 6,5 M.-% bei dem PA 8 verstehen sich somit inklusive dem Gummimehlanteil von 10, 20 oder 30 M.-%. Die Vorgehensweise zur Bestimmung des Bindemittelgehalts mit dem Extraktionsgerät orientierte sich an den [E GmBA, 2012].

Bei Tätigkeiten mit dem Lösemittel Trichlorethylen ist der Arbeitsschutz zu beachten, demnach fand sowohl die beschriebene, manuelle Probenvorbereitung als auch die anschließende Extraktion unter Abzug und Lüftung statt. Gegebenenfalls ist persönliche Schutzausstattung zu tragen (zum Beispiel Atemschutzmaske).

2.2 Untersuchungen am hergestellten Gummimodifizierten Bitumen

Zur Untersuchung des grundsätzlichen Einflusses verschiedener Heißlagerungszeiten, wurde neben den beschriebenen Asphaltextraktionen eine zusätzliche Untersuchungsreihe zur Extraktion von reinem Gummimodifizierten Bitumen durchgeführt. Dabei wurde ein Straßenbaubitumen 50/70 mit 20 M.-% Gummimehl (50/70+20GG) gemischt und anschließend bei einer Temperatur von 180 °C für unterschiedliche Zeiten (0,5, 2, 5, 16, 32, 48 und 72 Std.) gelagert.

Die so hergestellten Gummimodifizierten Bitumen wurden mit dem Dynamischen Scherrheometer (DSR) nach der [DIN EN 14770, 2006] auf ihr rheologisches Verhalten überprüft.

Weiterhin wurden die Gummimodifizierten Bitumen mit Trichlorethylen extrahiert, indem das Bindemittel-Lösemittel-Gemisch über ein 0,09-mm-Sieb dekantiert wurde und die ungelösten Gummipartikel erfasst wurden. Zur Untersuchung, inwiefern sich die Heißlagerungszeiten und die eventuell gelösten Gummipartikel auswirken, wurden an den extrahierten rückgewonnenen Gummimodifizierten Bindemitteln der Erweichungspunkt Ring und Kugel nach der [DIN EN 1427, 2007] und die Nadelpenetration nach der [DIN EN 1426, 2007] bestimmt. Ebenso wurde das rheologische Verhalten mit dem Dynamischen Scherrheometer (DSR) nach der [DIN EN 14770, 2006] analysiert.

2.3 Veraschung und Baumaßnahme

Um einen hinreichend genauen Bindemittelgehalt von Gummimodifizierten Asphalten unabhängig von der herkömmlichen Extraktion mit dem Lösemittel Trichlorethylen und den damit verbundenen einzuhaltenden Arbeitssicherheitsbestimmungen ermitteln zu können, wurde in einem separaten Schritt die Methode der Veraschung herangezogen. Bei der Veraschung wird das Material durch thermische Beanspruchung mithilfe eines Muffelofens verbrannt.

Das grundsätzliche Ziel der Veraschung ist es, bei der Kontrollprüfung das Gummimodifizierte Asphaltmischgut zu veraschen und den verbleibenden mineralischen Anteil zu bestimmen (Differenzverfahren). Die genaue Herangehensweise und die Bewertung der Erkenntnisse aus der Veraschung werden in Kapitel 3.3 beschrieben.

Als baubegleitende Abschlussbaumaßnahme wurde eine Strecke innerorts gewählt, bei der die Asphaltdeckschicht unter Verwendung von Gummimodifizierten Bindemitteln im Nassverfahren erneuert wurde.

Die Mischgutentnahme erfolgte jeweils direkt nach dem Mischen und einer anschließenden erforderlichen Heißsilierungszeit an der Mischanlage sowie zu Beginn und in der Mitte des Einbaus. Das Mischgut wurde ebenfalls zur Bestimmung des Bindemittelanteils und des ungelösten Gummipartikelanteils in Anlehnung an die [E GmBA, 2012] extrahiert. Weiterhin wurde die beschriebene Vorgehensweise zur Bestimmung des Bindemittelgehalts mittels Veraschung auf diese Baumaßnahme übertragen.

3 Untersuchungsergebnisse und -bewertung

3.1 Laborversuche zur Ermittlung des Bindemittelgehalts

Die insgesamt 133 durchgeführten Extraktionen wurden dahingehend ausgewertet, dass der Bindemittelgehalt ohne Gummipartikelanteil, der Bindemittelgehalt mit Gummipartikelanteil und der ungelöste Gummipartikelanteil ermittelt wurden. Der ungelöste Gummipartikelanteil in [M.-%] – zum Beispiel 15,0 M.-% – ist der Anteil, der sich nicht von dem zugegebenen Gummimehlanteil in [M.-%] – zum Beispiel 20,0 M.-% – gelöst hat. Um diesen Wert unabhängig von den unterschiedlichen Zugabemengen darzustellen, wurde der ungelöste Gummipartikelanteil im weiteren Schritt normiert und in [%] angegeben – zum Beispiel 75,0 % der Gummipartikel haben sich nicht im Bitumen gelöst.

Zunächst wurde der ungelöste Gummipartikelanteil in [M.-%] in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Mischzeiten, Heißlagerungszeiten und Mischtemperaturen sowohl bei der Herstellung des Gummimodifizierten Bitumens als auch des Asphalts durch die Methode der multiplen linearen Regression betrachtet. Dabei wurde die Berechnung, um eventuelle Zusammenhänge festzustellen, getrennt für die Herstellungsverfahren der Gummimodifizierten Asphalte, Trocken- und Nassverfahren, durchgeführt.

In Bild 2 sind alle ermittelten ungelösten Gummipartikelanteile in [M.-%] der im Trockenverfahren hergestellten Asphalte SMA 8 S und PA 8 gegenüber den mittels Regression berechneten ungelösten Gummipartikelanteilen in [M.-%] dargestellt. Die berechnete Annäherungsformel zeigt eine Tendenz dahingehend, dass der ungelöste Gummipartikelanteil in [M.-%] sowohl mit weicherem Bindemittel (NP) als auch mit steigender Mischtemperatur (MTA) und Lagerungszeit des Asphalts (LZA) sinkt.

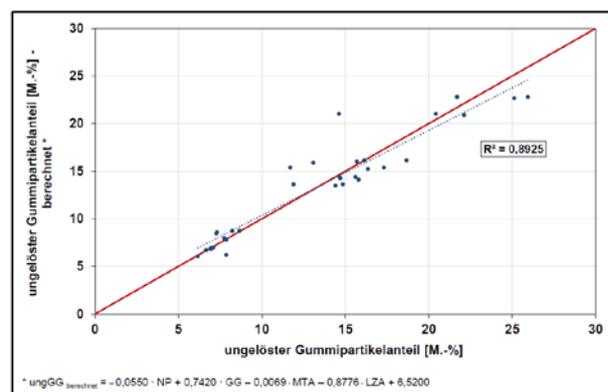


Bild 2: Regression – ungelöster Gummipartikelanteil – Trockenverfahren komplett

In Bild 3 sind alle ermittelten ungelösten Gummipartikelanteile in [M.-%] der im Nassverfahren hergestellten Asphalte SMA 8 S und PA 8 gegenüber den mittels Regression berechneten ungelösten Gummipartikelanteilen in [M.-%] dargestellt. Die Tendenz, die durch das Trockenverfahren ermittelt wurde, lässt sich in diesem Fall nicht bestätigen. Anhand der Formel lässt sich feststellen, dass der ungelöste Gummipartikelanteil in [M.-%] sowohl mit weicherem Bindemittel (NP) als auch mit höherer Mischtemperatur (MTB) und Mischzeit (MZB) des Bitumens steigt, wiederum mit steigender Mischtemperatur (MTA) und Lagerungszeit (LZA) des Asphalts sinkt. Die Lagerungszeit (LZB) des Bitumens geht mit einem minimalen Anteil in die Berechnung ein.

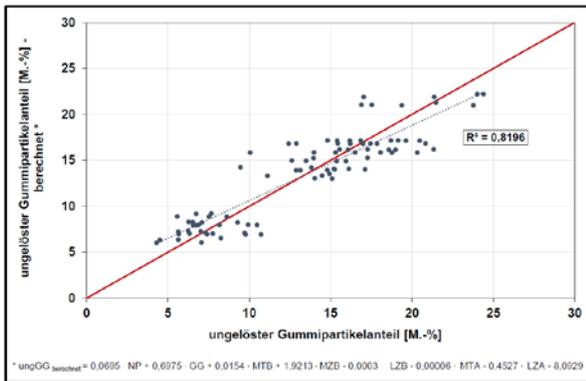


Bild 3: Regression – ungelöster Gummipartikelanteil – Nassverfahren komplett

Neben den generell ermittelten Zusammenhängen mit brauchbaren Bestimmtheitsmaßen von 0,8 bis 0,9, können anhand dieser dargestellten Abhängigkeiten die Bereiche der Zugabeanteile an Gummimehl entnommen werden. Es ist die erwartete Tendenz dahingehend zu erkennen, dass der Anteil an ungelösten Gummipartikeln in [M.-%] mit steigendem Gummimehlanteil von 10 M.-% über 20 M.-% bis 30 M.-% zunimmt. Jedoch treten innerhalb der erkennbaren Bereiche deutliche Schwankungen auf.

Grundsätzlich lässt sich anhand dieser Auswertung festhalten, dass die Herstellungsbedingungen keine eindeutigen Auswirkungen auf den extrahierbaren Bindemittelgehalt von Asphalten mit Gummimodifizierten Bitumen beziehungsweise auf die Bestimmung des ungelösten Gummipartikelanteils haben.

Weiterhin wurden, um die Schwankungen bei der Ermittlung des ungelösten Gummipartikelanteils und somit des Bindemittelgehalts aufzuzeigen, die Mittelwerte und die Spannweiten für den ungelösten Gummipartikelanteil, bezogen auf die Zugabemenge des Gummimehles in [%] und den Bindemittelgehalt ohne und mit Gummipartikelanteil in [M.-%] erfasst. Dabei wurden neben den Werten der gesamten Untersuchungsvarianten die Werte getrennt nach den Modifizierungsverfahren, Trocken- und Nassverfahren, und den hergestellten Asphalten, SMA 8 S und PA 8 betrachtet.

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte und die Spannweiten für die ungelösten Gummipartikel und die Bindemittelgehalte erfasst ohne Gummi- und mit Gummipartikel, zusammenfassend für die Modifizierungsverfahren Trocken- und Nassverfahren jeweils für die hergestellten SMA 8 S aufgeführt. Im Mittel entsprechen die Bindemittelgehalte mit Gummipartikel quasi dem zugegebenen Gehalt von 7,0 M.-%. Die große Abweichung in den Werten für den Bindemittelgehalt ohne Gummipartikel ergibt sich aus den vorher beschriebenen, in der Berechnung zu berücksichtigenden, zugegebenen unterschiedliche Gummimehlanteilen im Asphalt.

Das Bild 4 zeigt grafisch, wie häufig welche Gummipartikelanteile von 93 Extraktionen an SMA 8 S auftreten. Die Mittelwerte der ungelösten Gummipartikel liegen bei 72,7 % (SMA 8 S) und 80,1 % (PA 8). Jedoch lassen sich auch hier große Spannweiten ausmachen. So ergeben sich im Maximum ungelöste Gummipartikelanteile von über 100 % und im Minimum von unter 50 %. Dies weist einerseits daraufhin, dass sich in den ungelösten Gummipartikelanteilen Fülleranteile befinden, andererseits aber auch Gummipartikel in den Gesteinskörnungen. Die Bilder 6 und 7 zeigen Mikroskopaufnahmen, die dies belegen.

Tabelle 1: Ungelöster Gummipartikelanteil und Bindemittelgehalt – Nass- und Trockenverfahren SMA 8 S

	Nass- und Trockenverfahren SMA 8 S		
	ungelöste Gummipartikelanteil, bezogen auf die Zugabemenge des Gummimehles [%]	Bindemittelgehalt gesamt ohne Gummi [M.-%]	Bindemittelgehalt gesamt mit Gummi [M.-%]
Mittelwert	72,7	6,2	7,1
Maximum	107,4	7,1	7,7
Minimum	43,1	5,3	6,3

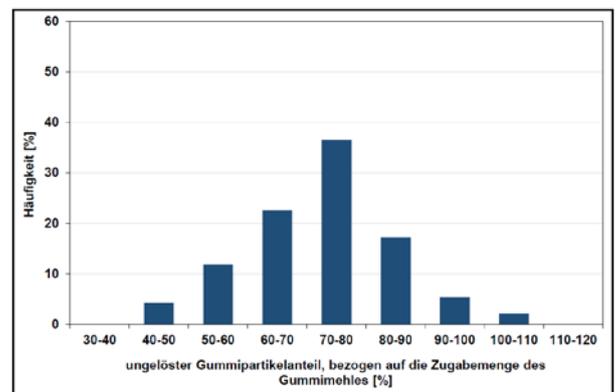


Bild 4: Häufigkeitsverteilung des ungelösten Gummipartikelanteils, bezogen auf die Zugabemenge des Gummimehles – Nass- und Trockenverfahren SMA 8 S, N = 93

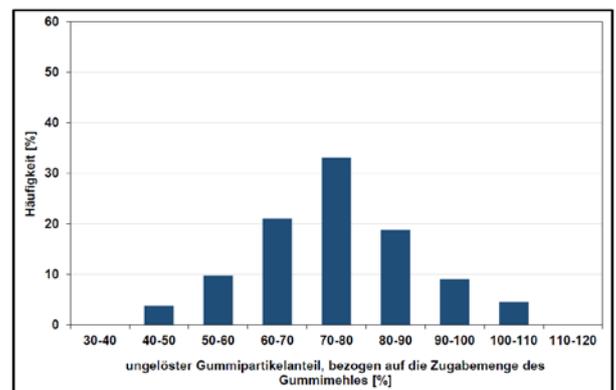


Bild 5: Häufigkeitsverteilung des ungelösten Gummipartikelanteils, bezogen auf die Zugabemenge des Gummimehles – Nass- und Trockenverfahren SMA 8 S und PA 8, N = 133

Um eine Verteilung der ungelösten Gummipartikelanteile aller 133 extrahierten Asphalte aufzuzeigen, wurden der Mittelwert und die zugehörigen Spannweiten bestimmt. Der Mittelwert der ungelösten Gummipartikel liegt bei 75,0 %, das heißt, dass anhand der Vielzahl der Ergebnisse zunächst grob als mittlere Tendenz festgehalten werden kann, dass sich 25,0 % der Gummipartikel im Bitumen lösen.

Bild 5 gibt einen Überblick über die Häufigkeiten der ungelösten Gummipartikel. Wie durch die vorherigen Bewertungen zu erwarten, gibt es eine große Spannweite, die sich von 43,1 bis 107 %

erstreckt. Dabei lässt sich der Bereich von 70 bis 80 % als Bereich der größten Häufigkeit ausmachen, welches auch die jeweiligen Mittelwerte der ungelösten Gummipartikelanteile, die bei der separaten Betrachtung nach den Modifizierungsverfahren, Trocken- und Nassverfahren und den hergestellten Asphalten, SMA 8 S und PA 8, ermittelt wurden, widerspiegeln.

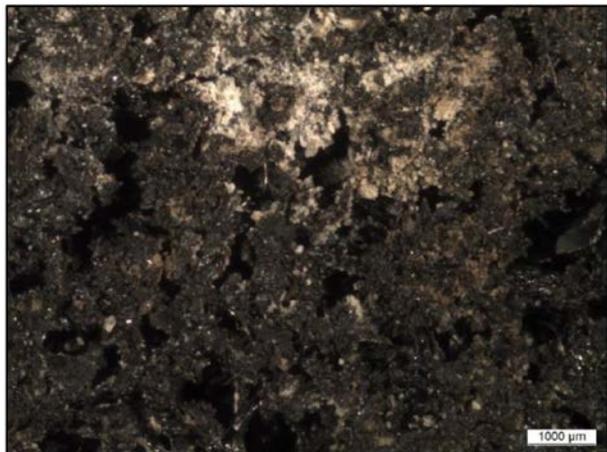


Bild 6: Fülleranteile in ungelösten Gummipartikeln



Bild 7: Gummipartikel in Gesteinskörnungen

3.2 Mikroskopie

Anhand von Mikroskopaufnahmen der einzelnen extrahierten Bestandteile konnten die Schwierigkeiten der Extraktion von Gummimodifizierten Asphalten dokumentiert werden. Es wurde festgestellt, dass sich auf der einen Seite Fülleranteile in den dekantierten ungelösten Gummipartikelanteilen (Bild 6) und sich auf der anderen Seite Gummipartikel im extrahierten Gesteinskörnungsgemisch (Bild 7) wiederfinden lassen. Mit dieser Erkenntnis lassen sich die Schwankungen hinsichtlich des ungelösten Gummipartikelanteils und des gesamten Bindemittelgehalts erklären. Der ungelöste Gummipartikelanteil wurde teilweise mit über 100 % ermittelt, da die Fülleranteile diesen Wert verfälschen. Umgekehrt kann der Anteil auch sehr gering sein, da die ungelösten Gummipartikel im Gesteinskörnungsgemisch zurückblieben, ohne dass sich diese granulometrisch trennen ließen.

3.3 Untersuchungen am hergestellten Gummimodifizierten Bitumen

3.3.1 Gummimodifiziertes Bitumen

Die rheologischen Eigenschaften der Gummimodifizierten Bitumen (50/70+20GG) und der Einfluss unterschiedlicher Heißlagerungszeiten auf diese wurden wie zuvor beschrieben mit dem Dynamischen Scherrheometer (DSR) im Temperaturbereich zwischen -10 und 90 °C bestimmt. Zur Analyse der Veränderungen der charakteristischen Bindemittleigenschaften in Abhängigkeit von der Temperatur werden die Prüfergebnisse jeweils in Form des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels abgebildet.

Bild 8 zeigt den komplexen Schermodul über den gesamten geprüften Temperaturverlauf. Der komplexe Schermodul beschreibt die Steifigkeit des Bindemittels und steigt demnach mit der Viskosität des Bindemittels an. Grundsätzlich ist eine deutliche Beeinflussung des komplexen Schermoduls durch die Gummimodifizierung zu erkennen. In Bezug auf das Grundbitumen wird die Steifigkeit im Temperaturbereich ab 10 bis 30 °C durch die Modifizierung erhöht. Mit Reduzierung der Temperatur auf -10 °C ist eine Abnahme der Steifigkeiten im Verhältnis zu dem Grundbitumen zu beobachten.

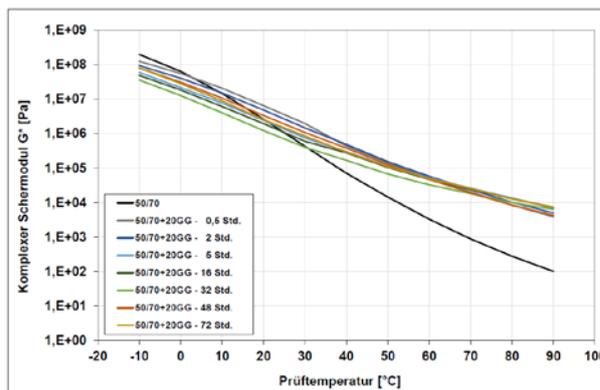


Bild 8: Komplexer Schermodul – Gummimodifiziertes Bitumen 50/70+20GG über den Temperaturbereich -10 °C bis 90 °C

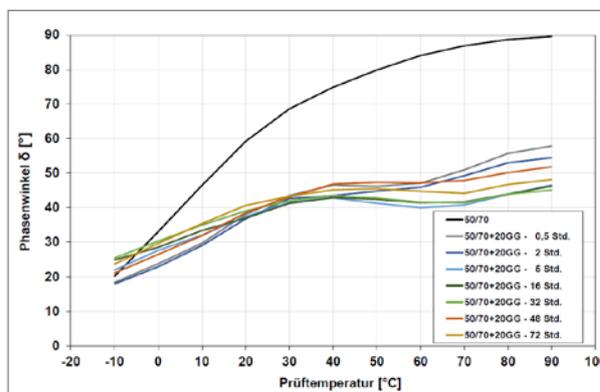


Bild 9: Phasenwinkel – Gummimodifiziertes Bitumen 50/70+20GG über den Temperaturbereich -10 °C bis 90 °C

Bild 9 zeigt den Verlauf des Phasenwinkels über den gesamten geprüften Temperaturverlauf. Analog zu dem komplexen Schermodul nehmen die elastischen Anteile, in Form eines verringerten Phasenwinkels, mit der Gummimodifizierung zu. Mit Reduzierung der Temperatur verkürzt sich der Abstand zwischen den Phasenwinkeln des Grundbitumens und der modifizierten Varianten.

Die rheologischen Untersuchungen haben gezeigt, dass bei allen Lagerungszeiten eine deutliche Erhöhung der elastischen Anteile zu Lasten der viskosen Anteile im Vergleich zum 50/70 zu verzeichnen ist. Ein Maximum der Elastifizierung ist bei einer Lagerungszeit von ca. 32 Stunden auszumachen.

3.3.2 Ungelöster Gummipartikelanteil:

Um den ungelösten Gummipartikelanteil unabhängig von den unterschiedlichen Zugabemengen zu machen, wurde der ungelöste Gummipartikelanteil im weiteren Schritt normiert und bezogen auf den Gesamtgummipartikelanteil betrachtet (zum Beispiel 78,0 % Gummipartikel haben sich nicht im Bitumen gelöst). In Tabelle 2 ist der ungelöste Gummipartikelanteil in Abhängigkeit von den Heißlagerungszeiten dargestellt. Nach 30 Minuten Heißlagerungszeit bei 180 °C liegt der Anteil an ungelösten Gummipartikeln bei 90 %. Nach 72 Stunden dagegen nur noch bei 77 %. Dieser Anteil spiegelt den ermittelten Mittelwert an ungelösten Gummipartikeln von 75 % (vgl. Kapitel 3.1) der Asphaltextraktionen wider.

Tabelle 2: Ungelöster Gummipartikelanteil in Abhängigkeit von den Heißlagerungszeiten

Heißlagerungszeit [h]	ungelöster Gummipartikelanteil [M.-%]	ungelöster Gummipartikelanteil [%]
0,5	18,1	90
2	17,0	85
5	17,4	87
16	15,6	78
32	16,4	82
48	14,8	74
72	15,4	77

3.3.3 Extrahiertes Gummimodifiziertes Bitumen

Die rheologischen Eigenschaften der extrahierten Gummimodifizierten Bitumen wurden mit dem Dynamischen Scherrheometer (DSR) im Temperaturbereich zwischen -10 und 150 °C bestimmt. Bild 10 zeigt den komplexen Schermodul über den gesamten geprüften Temperaturverlauf. Grundsätzlich ist zu erkennen, dass auch geringe Mengen gelöster Gummipartikel im Grundbitumen wirken und eine Veränderung des komplexen Schermoduls hervorrufen. In Bezug auf das Grundbitumen wird die Steifigkeit im Temperaturbereich ab 10 bis 30 °C durch die Modifizierung erhöht. Mit Reduzierung der Temperatur auf -10 °C ist eine Abnahme der Steifigkeiten im Verhältnis zu dem Grundbitumen zu

beobachten. Dieser "flache" Kurvenverlauf ist typisch für Elastomermodifizierte Bindemittel.

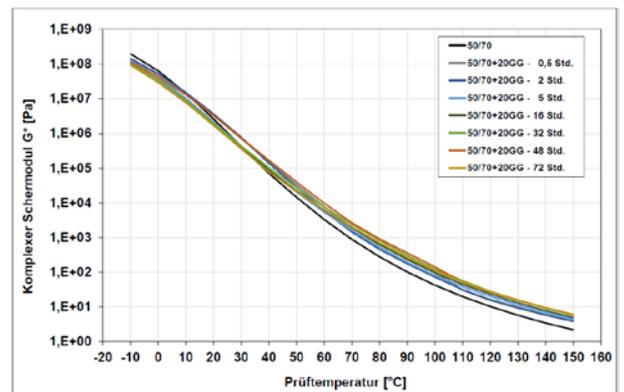


Bild 10: Komplexer Schermodul – extrahiertes Gummimodifiziertes Bitumen 50/70+20GG über den Temperaturbereich -10 °C bis 150 °C

Bei Betrachtung der Ergebnisse der extrahierten Bindemittel wird deutlich, dass sich messtechnisch zwar Unterschiede quantifizieren lassen, diese haben allerdings im Hinblick auf die Heißlagerungszeit größtenteils keine logische Reihenfolge beziehungsweise stehen im Widerspruch zur erwarteten Reihenfolge. Somit kann anhand dieser Untersuchungsreihe festgehalten werden, dass die Heißlagerungszeiten scheinbar keine Auswirkungen auf die ungelösten Gummipartikelanteile beziehungsweise auf das Materialverhalten des Bitumens haben.

3.4 Veraschung und Baumaßnahme

Da das Extraktionsverfahren nach den [E GmBA, 2012] prüftechnisch kein hinreichend genaues Ergebnis zur Ermittlung des Bindemittelgehalts von Gummimodifizierten Asphalten ergab, wurde die Veraschung als alternative Methode untersucht. Dieses Verfahren würde die Verwendung des Lösemittels Trichlorethylen ausschließen und hätte damit Vorteile bezüglich der Arbeitssicherheit. Bei der Veraschung wird der organische Anteil durch thermische Beanspruchung mithilfe eines Muffelofens verbrannt. Bekanntermaßen tritt bei der hier vorgesehenen thermischen Beanspruchung auch ein mehr oder minder stark ausgeprägter Gewichtsverlust der Gesteinskörnungen auf. Um Geruchsauffälligkeiten und einer starken Rauchentwicklung zu begegnen, sollte die Veraschung unter einem Abzug durchgeführt werden.

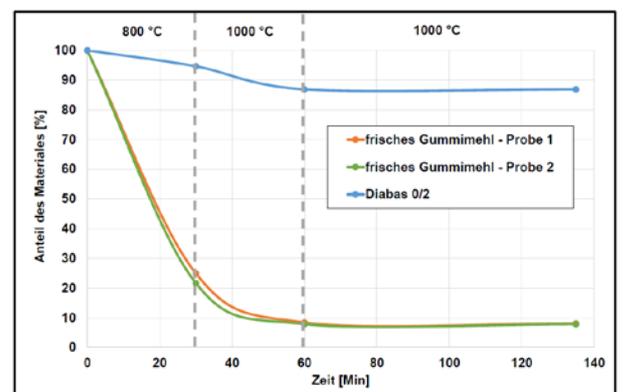


Bild 11: Veraschung der Ausgangsmaterialien bei verschiedenen Temperaturen

Bild 11 veranschaulicht grafisch den Veraschungsprozess der zwei wesentlichen Ausgangsmaterialien des Asphaltmischguts, das frische Gummimehl und die feine Gesteinskörnung "Diabas 0/2". Nach 60 Minuten, zu Beginn bei einer Temperatur von 800 °C und anschließend bei 1 000 °C, sind die thermisch bedingten Gewichtsverluste abgeschlossen. Somit wurde für das weitere Vorgehen als optimale Veraschungszeit 75 Minuten bei einer Temperatur von 1 000 °C festgelegt.

Die weiteren verwendeten Materialien wurden für 75 Minuten und 1 000 °C verascht. Die verbleibenden Anteile der jeweiligen Korngrößen sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Veraschung der verwendeten Materialien bei 1 000 °C

Material	Anteil des Materials vor der Veraschung [%]	Anteil des Materials nach der Veraschung [%]
Füller - Kalkstein	100,0	56,9
0/2 - Diabas	100,0	87,0
2/5 - Diabas	100,0	94,9
5/8 - Diabas	100,0	94,9
frisches Gummimehl	100,0	8,0
50/70	100,0	0,0
50/70+15GG	100,0	0,9

Die hier ermittelten Werte gelten nur für die verwendeten Materialien. Bei Nutzung von anderen Gesteinsarten oder differierenden Gummimehlen ist mit anderen Ergebnissen zu rechnen. Somit ist es zwingend erforderlich, die verwendeten Ausgangsmaterialien einzeln zu veraschen und die Kennwerte für das weitere Vorgehen anzugeben. Nach der Veraschung der Ausgangsmaterialien und Angabe der verbleibenden Anteile kann mit der Veraschung des Asphalts der Bindemittelgehalt ermittelt werden. Die Veraschung als Alternative zur Extraktion im Rahmen der Kontrollprüfung wurde für die Abschlussbaumaßnahme untersucht.

Als abschließende Baumaßnahme wurde eine Asphaltdeckschichtenerneuerung unter Verwendung von Gummimodifizierten Bindemitteln begleitet, bei der die Modifizierung im Nassverfahren stattfand. Eingesetzt wurde ein lärmindernder AC 5 D S LA mit einem gebrauchsfertigen Gummimodifizierten Bindemittel.

Nach der gestellten Vorgehensweise zur Veraschung muss zu Beginn das verwendete Ausgangsmaterial (Gesteinskörnung und Gummimehl) separat für 75 Minuten bei 1 000 °C im Muffelofen verascht werden. Da das verwendete Ausgangsmaterial dem zuvor veraschten Material entspricht, wurden diese Daten übernommen.

Anschließend erfolgte die Veraschung des Asphalts ebenfalls für 75 Minuten bei 1 000 °C im Muffelofen. Um den Einfluss unterschiedlicher Lagerungszeiten zu untersuchen, wurde für die Bindemittelgehaltsbestimmung Mischgut nach drei verschiedenen Zeitpunkten entnommen, sodass drei Veraschungen durchgeführt wurden. Die verbleibenden Anteile der Asphalte nach der Veraschung liegen bei allen drei Asphalten bei ca. 82,5 %.

Tabelle 4 gibt die Zugabeanteile der Gesteinskörnung und den Bindemittelgehalt der Erstprüfung auf 100 M.-% wieder. Nachfolgend sind in der Tabelle 4 die Anteile der einzelnen Ausgangsmaterialien nach der Veraschung angegeben. Aus diesen beiden Angaben wurde der verbleibende Anteil der Zugabemengen ermittelt und aufsummiert. Dieser theoretisch berechnete prozentuale Anteil von 82,2 % entspricht dem tatsächlichen Anteil nach der Veraschung der drei Asphaltproben (ca. 82,5 %). Bei Einhaltung der Vorgehensweise scheint die Methode der Veraschung eine sinnvolle Alternative zu der Extraktion nach den [E GmBA, 2012] darzustellen.

Tabelle 4: Veraschung der Einzelkomponenten des Asphalts – AC 5 D S LA

	Zugabemengen laut Erstprüfung		Anteil nach der Veraschung [%]	Anteil im Asphalt nach der Veraschung [M.-%]
	[M.-%]			
Anteil Füller (Kalkstein)	11,3	10,5	56,9	6,0
Anteil Feine Gesteinskörnung 0/2 mm (Diabas)	27,8	25,8	87,0	22,5
Anteil Grobe Gesteinskörnung 2/5 mm (Diabas)	60,9	56,6	94,9	53,7
Bindemittelgehalt		7,1	0,9	0,064
Summe	100,0	100,0		82,2

3.5 Vorgehensweise Veraschung

Um den Bindemittelgehalt von Gummimodifizierten Asphalten über die Veraschung bei der Kontrollprüfung gezielt erfassen zu können, wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

Erstprüfung:

- 1. Veraschung der verwendeten Ausgangsmaterialien (Gesteinskörnung und Gummimehl) für 75 Minuten bei 1 000 °C und Angabe des verbleibenden Anteils
- 2. Angabe der Zugabemengen der Gesteinskörnung und des Bindemittelanteils auf 100 M.-%
- 3. Ermittlung und Aufsummierung der verbleibenden Anteile der Zugabemengen über die in Punkt 1 bestimmten Anteile bei der Veraschung
- 4. Veraschung des Asphalts für 75 Minuten bei 1 000 °C und Angabe des verbleibenden Anteils zu Vergleichszwecken

Kontrollprüfung:

- 5. Einsicht in die Angaben der Erstprüfung
- 6. Veraschung des Asphalts für 75 Minuten bei 1 000 °C Asphalt und Angabe des verbleibenden Anteils
- 7. Vergleich des verbleibenden Anteils mit dem Wert aus der Erstprüfung (Punkt 4)

- 8. Bestimmung der Kornverteilungslinie von dem verbleibenden Anteil aus der Veraschung und Ermittlung der "veraschten" Zugabeanteile
- 9. Verrechnung der "wahren" Zugabeanteile über den verbleibenden Anteil des Asphalts (Punkt 6) und die angegebenen verbleibenden Anteile der verwendeten Gesteinskörnungen aus der Erstprüfung (Punkt 1)
- 10. Berechnung des Bindemittelgehalts über die Differenz

Nach den [E GmBA, 2012] sind für das extrahierte rückgewonnene Bindemittel keine expliziten Anforderungen für die Eigenschaften einzuhalten, sondern nur Angaben zur Erfahrungssammlung zu erarbeiten. Diese Kennwerte sind sowohl für die Kontrollprüfung nicht relevant als auch für eine Aussage über die Qualität des Gummimodifizierten Asphalts nicht aussagekräftig. Insofern wäre eine Rückgewinnung des Bindemittels entbehrlich.

4 Folgerungen für die Praxis

Eine der derzeitigen Schwierigkeiten bei dem Einsatz von Gummimodifizierten Asphalten (GmA) liegt in der nicht hinreichend genauen Bindemittelgehaltsbestimmung durch Extraktion bei der Kontrollprüfung nach den [TP Asphalt-StB, Teil 1, 2007] und den [E GmBA, 2012]. Bei der Extraktion von Gummimodifizierten Asphalten löst sich nur ein Teil des dem Bindemittel zugesetzten Gummimehls im Bindemittel, während die ungelösten Gummipartikel im Gesteinskörnungsgemisch verbleiben. Für eine hinreichend genaue Bindemittelgehaltsbestimmung müssen die ungelösten Gummipartikel möglichst präzise erfasst werden, jedoch stößt die angewendete Vorgehensweise mit der automatisierten Extraktionsanlage dabei an Grenzen. Nach bisherigen Erfahrungen ist das Verhältnis zwischen gelösten und ungelösten Gummipartikelanteilen nicht konstant. Dieser Anteil schwankt hauptsächlich in Abhängigkeit von dem eingebrachten Gummimehlanteil. Weitere Ursachen für die auftretenden Schwankungen sind die Gummimehlqualitäten, die sich durch das Recyclen von Altreifen und den dadurch entstehenden unterschiedlichen Zusammensetzungen ergeben. Weitere Unwägbarkeiten bei der Bindemittelgehaltsbestimmung entstehen durch den Einsatz von verschiedenen Gummimehlprodukten mit differierenden herstellerbedingten Zusätzen bei der Modifizierung von Asphalten. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass sich nach der Extraktion Fülleranteile in dem ungelösten Gummipartikelanteil und Gummipartikel im Gesteinskörnungsgemisch wiederfinden lassen, die sich nicht hinreichend abtrennen lassen. Dies ist wiederum eine Ursache für Schwankungen bei der Ermittlung des ungelösten Gummipartikelanteils.

Die Herstellungsbedingungen, unabhängig vom Trocken- oder Nassverfahren und den Mischtemperaturen und Heißlagerungszeiten, haben keine systematischen Auswirkungen auf die Erfassung des Bindemittelgehalts von Asphalten mit Gummimodifizierten Bitumen beziehungsweise dem ungelösten Gummipartikelanteil.

Das Ziel dieses Forschungsprojekts war es, Hinweise und Empfehlungen zur Verbesserung der Präzision bei der Bestimmung des Bindemittelgehalts von Gummimodifizierten Asphalten zu erarbeiten, um den Bindemittelgehalt bei einer Kontrollprüfung mit ausreichender Genauigkeit bestimmen zu können. Mit dem

Extraktionsverfahren nach den [E GmBA, 2012] scheint prüftechnisch kein hinreichend genaues Vorgehen zur Ermittlung des Bindemittelgehalts von Gummimodifizierten Asphalten und zum ungelösten Gummipartikelanteil zu erzielen zu sein.

Als alternative, vielversprechende Methode zu dem Extraktionsverfahren nach den [E GmBA, 2012] wurde die Veraschung solcher Asphalte eingesetzt. Dieses Verfahren ist unabhängig von der bisherigen Extraktion mit dem Lösemittel Trichlorethylen und den damit verbundenen einzuhaltenden Arbeitssicherheitsbestimmungen. Die empfohlene Vorgehensweise ist in Kapitel 3.5 beschrieben. Erste Versuche im Rahmen dieses Forschungsprojekts zeigen plausible und vielversprechende Ergebnisse, die durch weitere Untersuchungsreihen zur Optimierung und zur Validierung des Verfahrens ergänzt werden müssen.

5 Literatur

- DIN EN 1426: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung der Nadelpenetration, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin, Ausgabe 2007
- DIN EN 1427: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel- Bestimmung des Erweichungspunktes – Ring- und Kugel-Verfahren, Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag, Berlin, Ausgabe 2007
- DIN EN 14770: Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels – Dynamisches Scherrheometer (DSR), Beuth Verlag, Berlin, 2006
- E GmBA: "Empfehlungen zu Gummimodifizierten Bitumen und Asphalten", Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), Köln, 2012
- TP Asphalt-StB, Teil 1: Technische Prüfvorschriften für Asphalt – TP Asphalt-StB, Teil 1: Bindemittelgehalt, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln, Ausgabe 2007