

Einfluss von Wachsen auf den Schichtenverbund und die Haftung des Abstreusplittes bei Gussasphalt

Teil 1: Mechanische Laboruntersuchungen

Schlussbericht zum AP 01 351

Dipl.-Ing. F. Bommert

**Bundesanstalt für Straßenwesen
Bergisch Gladbach, im Dezember 2002**

1 Einleitung und Problemstellung.....	1
2 Besonderheiten bei der Herstellung und Verarbeitung von Gussasphalt.....	3
3 Vorgehen.....	4
4 Konventioneller Gussasphalt 0/11 S.....	5
4.1 Mineralstoffe.....	5
4.2 Bindemittel.....	8
5 Modifikation der Grundrezeptur durch Additive und Fertigbindemittel	8
5.1 Additive.....	8
5.2 Fertigbindemittel.....	10
5.3 Mischen des Gussasphaltes	11
5.4 Herstellen der Probekörper.....	13
5.5 Vorbereiten der Probekörper.....	14
6 Prüfungen.....	14
6.1 Statische Eindringtiefe.....	15
6.2 Spurbildungsversuch.....	15
6.3 Schichtenverbund.....	16
6.4 Biegezugversuch.....	16
6.5 Prüfung der Splitthaftung.....	17
7 Darstellung der Ergebnisse.....	18
7.1 Statische Eindringtiefe	18
7.2 Spurbildungsversuche.....	19
7.3 Abscherversuche.....	21
7.4 Biegezugfestigkeiten.....	23
8 Zusammenfassung.....	25
9 Ausblick.....	26
10 Literatur.....	27

1 Einleitung und Problemstellung

Die Bauweise Gussasphalt hat sich besonders hinsichtlich der Anforderungen an die Standfestigkeit und Griffigkeit von Deckschichten im Straßenbau bewährt. Auch wenn die Anwendung dieser Bauweise in den letzten Jahren zurück gegangen ist, so ist sie dennoch für hochbeanspruchte Verkehrsflächen und Brückenbeläge unverzichtbar.

Aufgrund einer neuen Bewertung der Emissionen, die bei der Heißverarbeitung von Bitumen entstehen, wird die Gussasphaltbauweise aus Sicht des Arbeitsschutzes sehr kritisch bewertet.

Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung hat im Oktober 2000 ein Grenzwert für Dämpfe und Aerosole, die bei der Heißverarbeitung von Bitumen entstehen, festgelegt. Dabei soll ein Wert von 10 mg/m^3 nicht überschritten werden. Den Aufsichtsbehörden wird empfohlen unter Berücksichtigung des Standes der Technik und den Randbedingungen des Messverfahrens, in Einzelfällen Konzentrationen bis zu 12 mg/m^3 zu tolerieren. Die vielfach durchgeführten Arbeitsbereichsmessungen zeigen, dass bei der Verarbeitung von Walzasphalten der Grenzwert in der Regel eingehalten wird.

Bei der Verarbeitung von Gussasphalt im Straßenbau, die üblicherweise bei Temperaturen von 200°C bis 250°C erfolgt, wurden erst vereinzelt die auftretenden Emissionen gemessen. Dabei zeigte sich, dass der Grenzwert von 10 mg/m^3 für Dämpfe und Aerosole in der Regel deutlich überschritten wird. Der Versuch, die Exposition der Arbeiter durch Atemschutzmasken zu verringern, wurde wegen der hohen Temperaturen bei der Verarbeitung von Gussasphalt und der damit verbundenen Wärmebelastung der Arbeiter unter den Masken verworfen.

Für Gussasphalt wurde der Grenzwert zunächst bis zum Herbst 2002 mit dem Ziel ausgesetzt, bei der Verarbeitung von Gussasphalt weitere Arbeitsbereichsmessungen durchzuführen und erste Schritte der Emissionsabsenkung zu erproben.

Aufgrund des akuten Handlungsbedarfes hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen die BAST beauftragt, Möglichkeiten der Emissionsminderung bei der Verarbeitung von Gussasphalt im Straßenbau zu prüfen.

Der Deutsche Asphaltverband hat den Arbeitskreis Temperaturabsenkung initiiert, der jetzt bei der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (AK 7.6.9) angesiedelt ist. Dieser Arbeitskreis, hat sich in den letzten Jahren mit der Untersuchung dieser Problematik unter anderem an Gussasphaltestrichen für den Hochbau beschäftigt. Dabei zeigte sich, dass es möglich ist, durch Zugabe von Additiven die Viskosität des Bindemittels bei Verarbeitungstemperatur herabzusetzen. Dadurch wird erreicht, dass eine gute Verarbeitung auch bei abgesenkter Temperatur und gleichzeitig verringerter Emissionsbildung möglich ist.

Durch die laufende Diskussion hinsichtlich der Emissionsgrenzwerte bei Gussasphalten und auch die Suche nach Problemlösung zur CO₂-Reduktion und Energieeinsparung bei der Herstellung von Walzasphalten werden zunehmend Additive und modifizierte Bindemittel angeboten, die viskositätsabsenkend wirken sollen. Mit den hier beprobten Additiven und Fertigbindemitteln sind nur ein Teil der marktgängigen Produkte erfasst.

In dem hier vorliegenden Forschungsprojekt wurden die Wirksamkeit von Additiven auf die Verarbeitungseigenschaften und die Auswirkungen auf wesentliche Merkmale der Gebrauchseigenschaften von Gussasphalt wie:

- Verformungsbeständigkeit
- Schichtenverbund
- Rissicherheit
- Griffigkeit (Splitthftung)

anhand von Laborverfahren untersucht.

2 Besonderheiten bei der Herstellung und Verarbeitung von Gussasphalt

Gussasphalt ist eine dichte Masse aus Splitt, Sand, Füller und Straßenbaubitumen. Das Mineralstoffgemisch ist hohlraumarm zusammengesetzt und der Bindemittelgehalt ist auf die Hohlräume so abgestimmt, dass im Einbauzustand ein geringer Bindemittelüberschuss vorhanden ist, der den Gussasphalt fließfähig macht.

Im Straßenbau wird Gussasphalt für hochbeanspruchte Flächen und für Brückenbeläge benötigt. Zur Erzielung der notwendigen Standfestigkeit bei hohen Temperaturen und der Rissbeständigkeit bei tiefen Temperaturen ist die Bindemittelmenge auf ein notwendiges Minimum zu beschränken. Um bei den geringen Bindemittelmengen dennoch eine gute Verarbeitbarkeit zu gewährleisten, liegen die üblichen Temperaturen bei der Verarbeitung von Gussasphalt am oberen Grenzwert, des nach ZTV Asphalt zulässigen Temperaturbereiches von 200°C bis 250°C.

Die hohen Verarbeitungstemperaturen verursachen eine starke Emissionsbildung. Bei konventionellen Gussasphalten mit ausreichender Standfestigkeit schliessen sich die Merkmale „gute Verarbeitbarkeit“ und „geringe Emissionsbildung“ gegenseitig aus.

3 Vorgehen

Um die Auswirkungen von Additiven und modifizierten Bindemitteln auf die Gussasphalte zu ermitteln, wurde mit verschiedenen Prüfverfahren, die die Gebrauchseigenschaften ansprechen, ein konventioneller Gussasphalt 0/11 S und modifizierte Gussasphalte, die bei abgesenkten Temperaturen hergestellt wurden, miteinander verglichen.

Nach Herstellerangaben kann durch den Einsatz von Additiven und modifizierten Bindemitteln bei der Herstellung und Verarbeitung von Gussasphalt eine Temperaturabsenkung von 20°C bis 30°C erreicht werden.

Für den konventionellen Gussasphalt wurde die Herstellungstemperatur auf 250°C festgelegt. Die modifizierten Gussasphalte wurden bei Temperaturen von 220°C und 240° C hergestellt.

Der konventionelle Gussasphalt und die modifizierten Varianten wurden mit den folgenden Prüfverfahren untersucht.

Zur Beurteilung der Gebrauchseigenschaft Standfestigkeit bei Wärme:

- Statische Eindringtiefe nach DIN 1996-13
- Spurbildungstest

Zur Beurteilung der Gebrauchseigenschaft Schichtenverbund:

- Prüfung des Schichtenverbundes nach Leutner

Zur Beurteilung der Gebrauchseigenschaft Rissbeständigkeit:

- Biegezugversuch

Zur Beurteilung der Gebrauchseigenschaft Griffigkeit (Splitthaftung):

- Prüfung von abgestreuten Platten im Rundlauf

Die Ergebnisse dieser Prüfungen wurden vergleichend gegenüberstellt mit dem Ziel, Aussagen zur grundsätzlichen Eignung der beprobten Additive und Fertigbindemittel bei der Herstellung von gebrauchstauglichem Gussasphalt mit abgesenkten Temperaturen machen zu können.

4 Konventioneller Gussasphalt 0/11 S

Die Bezugsgröße zur Beurteilung der modifizierten Gussasphalte ist ein konventioneller Gussasphalt 0/11 S nach ZTV Asphalt-StB 01. Im Rahmen einer Eignungsprüfung wurde die Zusammensetzung der Grundrezeptur des GA 0/11 S dahingehend optimiert, dass eine statische Eindringtiefe nach 30 Minuten von 2,5 mm nicht überschritten wird und die Zunahme der Eindringtiefe nach weiteren 30 Minuten kleiner 0,4 mm ist.

4.1 Mineralstoffe

Folgende Mineralstoffe wurden verwendet: Diabas-Edelsplitt und Diabas-Edelbrechsand (Blasbach), Natursand (gewaschener Mainsand) und Kalksteinmehl (Medenbach). Von den Lieferkörnungen wurden die Korngrößenverteilung und die Rohdichte bestimmt. Um ein möglichst hohlraumarmes Mineralstoffgemisch zu erhalten, wurde die resultierende Sieblinie aus den Lieferkörnungen derart zusammengesetzt, dass sie im Splittbereich dicht an der Hohlraum-Minimum-Kurve liegt (Abb.1). Das Brechsand-Natursand-Verhältnis wurde auf 1:1,5 festgelegt.

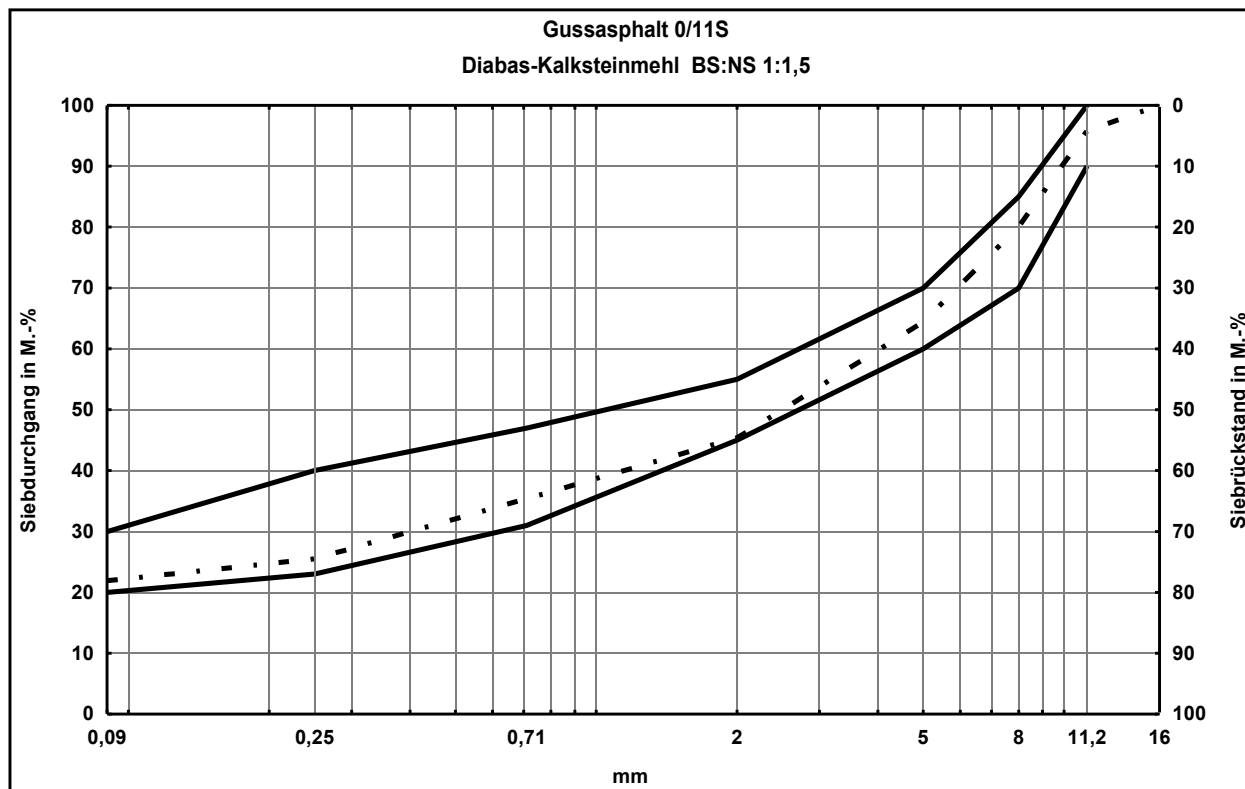


Abb. 1: Resultierende Sieblinie

Über die Empfehlungen des Merkblattes für Eignungsprüfungen hinaus wurde die Raumdichte im Mineralstoffgemisch bei dichtester Lagerung mit dem Gyratorverfahren ermittelt. Dazu wurden je drei Proben des Mineralstoffgemisches mit dem Gyrator bei folgenden Parametern verdichtet.

Formdurchmesser	[mm]	150	100
Einwaage	[g]	4500	2000
Vertikale Spannung	[kPa]	300	
Auslenkung	[°]	3,0	
Umdrehungsgeschwindigkeit	[Umin ⁻¹]	30	
Anzahl der Gyrationen	[-]	150	

Tab.1: Parameter Gyratorverdichtung

Während der Verdichtung wird kontinuierlich die Höhe der verdichteten Probe aufgezeichnet. Der Verlauf der Höhenabnahme zeigt, dass nach ca. 150 Umdrehungen ein Zustand dichtester Lagerung erreicht ist (Abb.2). Aus den Abmessungen der Gyratorform, der Höhe nach Gyratorverdichtung und der Einwaage des Mineralstoffgemisches lässt sich eine Raumdichte unter definierten Bedingungen errechnen.

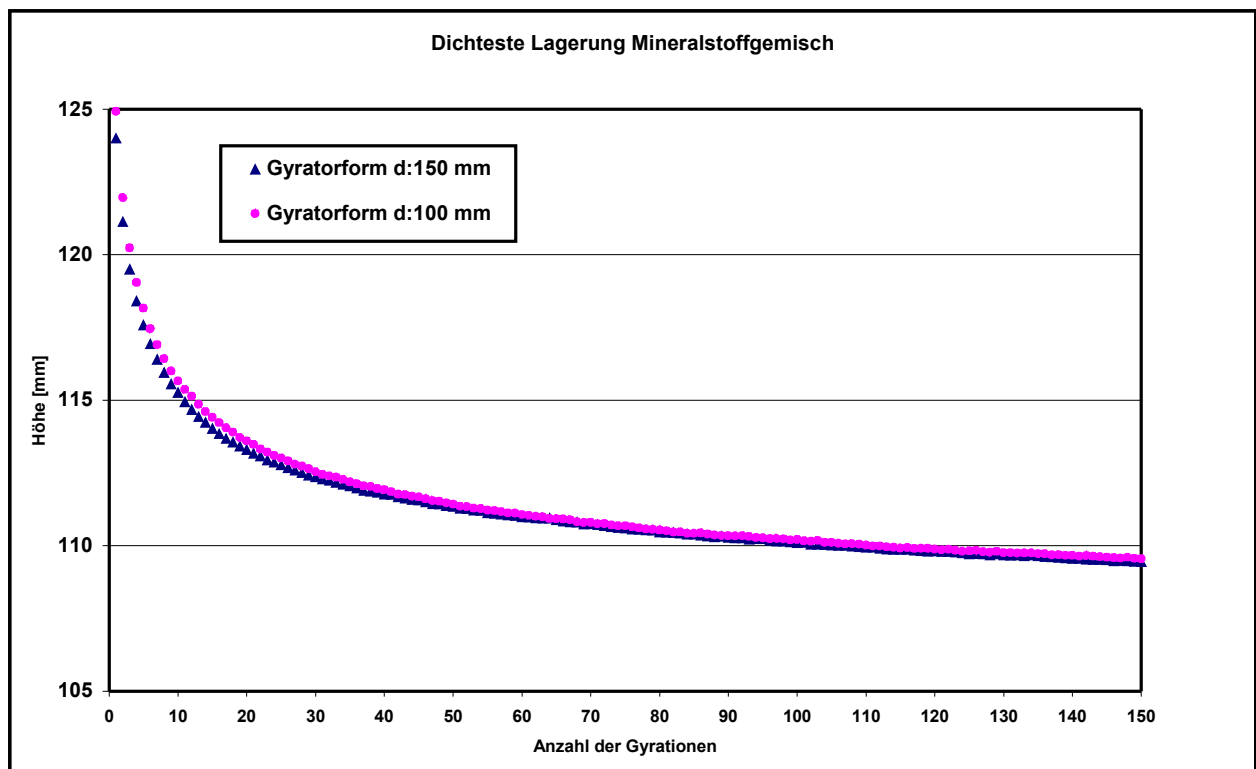


Abb. 2: Gyratorverdichtung Mineralstoffgemisch

Eine anschließende Bestimmung der Korngrößenverteilung zeigte, dass die Gyratorverdichtung nur zu einem sehr geringen Teil eine Kornverfeinerung im Mineralstoffgemisch verursachte. Die errechneten Raumdichten des Mineralstoffgemisches können somit als zutreffend angenommen werden. Aus der Raumdichte und der Rohdichte des Mineralstoffgemisches kann der Hohlraumgehalt im Mineralstoffgemisch errechnet werden. Der errechnete Hohlraumgehalt gibt einen Anhaltswert für das notwendige Bindemittelvolumen. Das notwendige Bindemittelvolumen bei Verarbeitungstemperatur liegt ca. 1 Vol.-% über dem Hohlraumgehalt im Mineralstoffgemisch. Dieser geringfügige Bindemittelüberschuss gibt dem Gussasphalt die typischen Eigenschaften.

Splittanteil	[M.-%]	54,6
Sandanteil	[M.-%]	23,5
Fülleranteil	[M.-%]	21,9
Rohdichte	[g/cm ³]	2,774
Raumdichte	[g/cm ³]	2,321
Hohlraumgehalt	[Vol.-%]	16,3

Tab. 2: Kennwerte Mineralstoffgemisch

4.2 Bindemittel

Als Bindemittel für den konventionellen Gussasphalt wurde ein Straßenbaubitumen 30/45 der Firma Elf mit folgenden Kennwerten verwendet.

		Elf 30/45
Penetration	[1/10 mm]	44
Erweichungspunkt RuK	[°C]	55,4
Brechpunkt nach Fraaß	[°C]	-23,1
Dichte bei 25°C	[g/cm ³]	1,022

Tab. 3: Kennwerte Bindemittel 30/45

5 Modifikation der Grundrezeptur durch Additive und Fertigbindemittel

In diesem Forschungsprojekt werden zwei Möglichkeiten der Modifikation von Gussasphalt berücksichtigt. Die Zugabe von Additiven während des Mischvorgangs in den Labormischer zu einer Grundrezeptur und die Verwendung von modifizierten Bindemitteln. Bei beiden Wegen der Modifikation wurde das Mineralstoffgemisch aus der

Eignungsprüfung nicht verändert. Auch wurde die Masse des zugegebenen Bitumen-Additiv-Gemisches bzw. der Fertigbindemittel nicht geändert. Aufgrund der ähnlichen Dichten der Bitumen-Additiv-Gemische und der modifizierten Bindemittel zu dem Bitumen 30/45 ergibt sich bei gleicher Masse ein nahezu gleiches Bindemittelvolumen. Die volumetrischen Verhältnisse aller Gussasphaltvarianten sind somit vergleichbar.

Die Wirkungsweise der Additive und modifizierten Bindemittel liegt darin, dass sie bei Verarbeitungstemperatur die Viskosität des Bindemittels herabsetzen. Dies ermöglicht eine gute Verarbeitbarkeit bei reduzierten Temperaturen.

5.1 Additive

Die hier beprobten Additive weisen einen Schmelzpunkt auf, der im Bereich von 80°C bis ca. 145°C liegt. Oberhalb des Schmelzpunktes gehen die Additive vom festen in den flüssigen Zustand über und bewirken im Bitumen bei Verarbeitungstemperatur eine deutliche Herabsetzung der Viskosität. Unterhalb des Schmelzpunktes kristallisieren die Additive aus und verursachen so eine Versteifung des Bindemittels. Dies bewirkt eine erhöhte Standfestigkeit im Bereich der Gebrauchstemperaturen von Asphalt.

Bei der Untersuchung der Bitumen-Additiv-Gemische zeigte sich bei geringfügig kleineren Penetrationen eine deutliche Erhöhung des Erweichungspunktes gegenüber dem Ausgangsbitumen.

Die Hersteller empfehlen eine Additivzugabe von 2,0-3,5 % bezogen auf den Bindemittelgehalt. Alle Additive können nach Angaben der Hersteller direkt in den Mischer an der Mischanlage dazugegeben werden. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen wurde für alle Additive eine Zugabemenge von 2,5 % bezogen auf den Bindemittelgehalt festgelegt. Die Zugabe der Additive erfolgt im Austausch mit Bindemittel, d.h. die Bindemittelmenge wurde um die Zugabemenge des Additivs reduziert, so dass die modifizierten Gussasphalte mit einem Gehalt an Bindemittel-Additiv-Gemisch von 6,5 M.-% hergestellt wurden.

Folgende Additive wurden beprobt. Die Charakterisierung beruht auf Angaben der Hersteller.

Romonta N

Hersteller: ROMONTA GmbH, 06317 Amsdorf

Charakterisierung: Rohmontanwachs (*Esterwachs*)

Schmelzpunkt: 80°C, Formulierung: fließendes, feinkörniges Granulat

Asphaltan A

Hersteller: ROMONTA GmbH, 06317 Amsdorf

Charakterisierung: Montanwachs

Schmelzpunkt: 125°C, Formulierung: pastillenförmiges Granulat

Sasobit

Hersteller: SCHÜMANN SASOL GmbH, 20457 Hamburg

Charakterisierung: Synthetische gesättigte, langkettige Kohlenwasserstoffe

Schmelzpunkt: 100°C, Formulierung: pastillenförmiges Granulat

Hollybit

Hersteller: BAERLOCHER GmbH, 85716 Unterschleissheim

Charakterisierung: Amidwachs

Schmelzpunkt: 140-145°C, Formulierung: Pulver

	30/45 + Romonta N	30/45 + Asphaltan A	30/45 + Sasobit	30/45 + Hollybit	Elf 30/45
Penetration [1/10 mm]	40	39	31	38	44
Erweichungspunkt RuK [°C]	57,6	64,4	80,4	89,4	55,4
Brechpunkt nach Fraaß [°C]	-13,6	-15,1	-16,1	-16,6	-23,1
Dichte bei 25°C [g/cm ³]	1,021	1,023	1,020	1,020	1,022

Tab. 4: Kennwerte der Bindemittel-Additiv-Gemische

5.2 Fertigbindemittel

Sowohl modifizierte Straßenbaubitumen als auch mit sogenannten „Co-Modifier“ versetzte polymermodifizierte Bitumen werden als Fertigbindemittel zur Herstellung von Gussasphalten mit abgesenkten Temperaturen angeboten. Die Härte der Fertigbindemittel entspricht einem Bitumen 30/45. Ausgenommen das Bindemittel Nytemp. Dieses ist nach der Nadelpenetration einem Bitumen 20/30 zuzuordnen.

Für alle Fertigbindemittel wurde die Zugabe auf 6,5 M.-% festgelegt.

Folgende Fertigbindemittel wurden beprobt. Die Charakterisierung beruht auf Angaben der Hersteller.

Sübit VR 35

Hersteller: GKG MINERALOELHANDEL GmbH & Co. KG, 70565 Stuttgart

Charakterisierung: Bitumen und niedermolekulares Modifiziermittel

Olexobit NV 45

Hersteller: Deutsche BP AG, 22297 Hamburg

Charakterisierung: Polymermodifiziertes Bitumen mit dem „Co-Modifizier“ Sasobit

Caribit 45 S

Hersteller: Shell & DEA Oil GmbH, 22284 Hamburg

Charakterisierung: Polymermodifiziertes Bitumen mit „Co-Modifizier“

Nytemp GA

Hersteller: SA NYNAS NV, B-1930 Zaventem

Charakterisierung: Polymermodifiziertes Bitumen mit „Co-Modifizier“

	Sübit VR 35	Olexobit NV 45	Caribit 45 S	Nytemp GA	Elf 30/45
Penetration [1/10 mm]	34	41	33	23	44
Erweichungspunkt RuK [°C]	88,0	70,2	64,0	85,6	55,4
Brechpunkt nach Fraaß [°C]	-16,2	-15,1	-15,1	-5,6	-23,1
Dichte bei 25°C [g/cm³]	1,031	1,021	1,027	1,031	1,022

Tab. 5: Kennwerte der Fertigbindemittel

5.3 Mischen des Gussasphaltes

Das Mischen des Gussasphaltes erfolgte in einem Labormischer mit einer Kapazität von 35 Litern. Die getrockneten Mineralstoffe wurden nach Lieferkörnungen eingewogen und auf eine Temperatur von 5°C über die angestrebte Herstelltemperatur erhitzt. Der Labormischer wurde auf Herstelltemperatur erhitzt. Die einzelnen Korngruppen wurden von grob nach fein in den Labormischer überführt und 5 Minuten trocken gemischt.

Das Bindemittel wurde in Gebinden von 3 Litern in abgedeckten Eimern auf 190°C erhitzt. Vor der Zugabe des Bindemittels in den Mischer wurden die Bindemittel aufgerührt.

Die Zugabe erfolgte portionsweise. Nach jeder Zugabe wurde über Differenzwägung die zugegebene Menge ermittelt. Ab Beginn der Bindemittelzugabe wurde der Gussasphalt für 10 Minuten gemischt. Die Gesamtmischzeit für den unmodifizierten Gussasphalt und die mit Fertigbindemitteln modifizierten Gussasphalte betrug 10 Minuten.

Bei der Herstellung der Gussasphaltemischungen mit Additiven wurde nach Zugabe des Bitumens 5 Minuten gemischt. Dann wurde das Additiv in den Mischer gegeben. Anschließend wurde für weitere 10 Minuten gemischt. Die Gesamtmischzeit für die mit Additiven modifizierten Gussasphalte betrug somit 15 Minuten. Mit diesen Mischzeiten war gewährleistet, dass der Gussasphalt gleichmäßig und vollständig durchmischt ist, die zugegebenen Additive vollständig in den Gussasphalt eingemischt wurden und eine Verhärtung des Bindemittels durch den Mischprozess vermieden wurde. Die Bestimmung des Erweichungspunktes am rückgewonnenem Bindemittel der konventionellen Gussasphaltemischung ergab einen Wert von 64,0°C.

Nach dem Mischen wurden aus einer Charge Gussasphalt die Probekörper für die nach folgenden Prüfungen hergestellt. Darüber hinaus wurden Proben entnommen und granuliert. Die granulierten Proben dienen zur Bestimmung der Rohdichte und zur Überprüfung der Zusammensetzung des Gussasphaltes hinsichtlich Bindemittelgehalt, Korngrößenverteilung sowie der Erweichungspunktes RuK am zurückgewonnenem Bindemittel.

		30/45	30/45 + Romonta N	30/45 + Sasobit	30/45 + Asphaltan A	30/45 + Hollybit	Sübit VR 35	Olexobit NV 45	Carbit 45 S	Nytemp GA
Bindemittelgehalt [M.-%]		6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Raumdichte [g/cm ³]		2,480	2,488	2,477	2,485	2,468	2,479	2,464	2,478	2,478
Bindemitteldichte 25°C [g/cm ³]		1,022	1,021	1,020	1,023	1,020	1,031	1,021	1,027	1,031
Bindemittelvolumen 220°C [Vol.-%]		—	17,7	17,7	17,7	17,6	17,5	17,6	17,5	17,5
Bindemittelvolumen 250°C [Vol.-%]		17,9	—	—	—	—	—	—	—	—
Bindemittelüberschuss [Vol.-%]		1,6	1,5	1,8	1,7	1,7	1,4	1,7	1,5	1,5
Erweichungspunkt nach Extraktion		64,0	61,0	75,4	63,4	76,6	74,4	72,0	68,0	75,4

Tab. 6: Kennwerte Gussasphalte 220°C

		30/45	30/45 + Romonta N	30/45 + Sasobit	30/45 + Asphaltan A	30/45 + Hollybit	Sübit VR 35	Olexobit NV 45	Caribit 45 S	Nytemp GA
Bindemittelgehalt [M.-%]		6,5	6,5	6,5	6,7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Raumdichte [g/cm ³]		2,480	2,489	2,486	2,481	2,477	2,463	2,459	2,487	2,480
Bindemitteldichte 25°C [g/cm ³]		1,022	1,021	1,020	1,023	1,020	1,031	1,021	1,027	1,031
Bindemittelvolumen 240°C [Vol.-%]		—	17,9	17,9	18,4	17,9	17,6	17,7	17,8	17,7
Bindemittelvolumen 250°C [Vol.-%]		17,9	—	—	—	—	—	—	—	—
Bindemittelüberschuss [Vol.-%]		1,6	1,9	1,8	2,4	2,0	1,7	2,0	1,8	1,6
Erweichungspunkt nach Extraktion		64,0	67,2	74,0	64,0	76,0	70,8	73,8	62,8	76,2

Tab. 7: Kennwerte Gussasphalte 240°C

5.4 Herstellen der Probekörper

Unmittelbar nach dem Mischen wurden aus einer Charge Gussasphalt die folgenden Probekörper hergestellt:

- Vier Würfel für die statische Eindringtiefe nach DIN 1996.
- Je zwei Platten mit den Abmessungen 26 x 32 cm² für den Spurbildungstest und den Abscherversuch. Bei diesen Platten wurden ca. 3,5 cm Gussasphalt auf eine 7,5 cm dicke Platte Asphaltbinder 0/22 S aufgebracht.
- Zwei Platten mit den Abmessungen 20 x 40 x 4 cm³. Aus diesen Platten wurden die Prismen für den Biegezugversuch gesägt.
- Zwei Platten mit den Abmessungen 20 x 40 x 4,5 cm³. Diese Platten wurden für die Prüfung der Splithaftung in der Rundlaufprüfanlage verwendet. Unmittelbar nach Einfüllen des Gussasphaltes in die Probenform wurde ca. 12 kg/m² leicht umhüllter Abstreusplitt aufgebracht und mit einem Spatel gleichmäßig verstrichen.

5.5 Vorbereiten der Probekörper

An den hergestellten Würfeln wurde durch Tauchwägung die Raumdichte bestimmt. Größere Abweichungen in der Raumdichte geben einen Hinweis auf Lufteinschlüsse oder Entmischung des Gussasphaltes. Für die weitere Untersuchung mit der statischen Eindringtiefe wurden nur Würfel mit vergleichbarer Raumdichte verwendet.

Die Höhen der Platten Gussasphalt auf Asphaltbinder für den Spurbildungstest wurden jeweils in der Mitte der vier Seiten gemessen. Aus dem Mittelwert dieser vier Höhen und dessen Differenz zur Höhe der Asphaltbinderplatte wurde die tatsächliche Dicke der Gussasphaltschicht berechnet. Mit der tatsächlichen Dicke der Gussasphaltschicht wird die proportionale Spurtiefe [mm Spurtiefe / cm Schichtdicke] errechnet.

Die Probekörper zur Prüfung des Schichtenverbundes wurden aus den Platten Gussasphalt auf Asphaltbinder ausgebohrt. Aus einer Platte konnten diagonale versetzt zwei Bohrkerne mit einem Durchmesser von 150 mm ausgebohrt werden.

Aus den zwei Platten zur Herstellung der Probekörper für die Biegezugprüfung wurden Prismen mit den Abmessungen 40 x 40 x 160 mm³ derart ausgesägt, dass die Randbereiche der Platten verworfen werden konnten. An den Prismen wurde die Raumdichte durch Tauchwägung bestimmt.

An den Platten für die Prüfung der Splitthaftung in der Rundlaufprüfanlage wurde nicht anhaftender Abstreusplitt durch Abbürsten entfernt.

6 Prüfungen

Mit den hier eingesetzten Prüfverfahren sollen wesentliche Gebrauchseigenschaften der Gussasphalte angesprochen werden. Neben den Auswirkungen auf die Standfestigkeit soll zum einen der Frage nachgegangen werden, ob die zugesetzten Additive bzw. die eingesetzten Fertigbindemittel sich bei der Verarbeitung der Gussasphalte separieren, an der Oberfläche und / oder der Schichtgrenze anreichern und so die Splitthaftung und den Schichtenverbund nachteilig beeinflussen. Zum anderen soll untersucht werden, ob die Modifikationen eine „Versprödung“ des Gussasphaltes bewirken.

6.1 Statische Eindringtiefe

Die Bestimmung der statischen Eindringtiefe am Würfel ist das Standardverfahren zur Beurteilung der Verformungsresistenz bei Wärme [1]. Auch wenn dieses Verfahren wegen der geringen Differenzierung besonders im Bereich kleiner Eindringtiefen von 1 bis 3 mm zunehmend kritisch beurteilt wird, liegt dennoch aufgrund der langjährigen Anwendung ein großer Erfahrungshintergrund zur Beurteilung der mit diesem Prüfverfahren ermittelten Ergebnisse vor. Nach wie vor ist dieses Prüfverfahren im Rahmen einer konventionellen Eignungsprüfung anzuwenden.

6.2 Spurbildungsversuch

Mit dem Spurbildungsversuch soll ebenfalls eine Aussage zur Verformungsresistenz bei Wärme gemacht werden. Üblicherweise wird dieses Prüfverfahren im Rahmen der erweiterten Eignungsprüfungen von Asphaltbinder eingesetzt [2]. Für den Spurbildungstest an Gussasphalten ist noch keine Prüfvorschrift vorhanden. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen wurden folgende Prüfbedingungen gewählt:

- 3,5 bis 4 cm Gussasphalt auf 7,5 cm Asphaltbinder 0/22 S
- Prüftemperatur 40°C
- Temperierung im Luftbad
- Prüfrad Gummi

Das Ergebnis der Prüfung mit dem Spurbildungsgerät wird unmittelbar von der Dicke der geprüften Schicht beeinflusst. Große Schichtdicken führen zu hohen Verformungswerten, geringe Schichtdicken führen zu kleinen Verformungswerten. Neben der geprüften Schichtdicke hat auch die Steifigkeit der Unterlage einen großen Einfluss auf das Prüfergebnis. Bei den hier durchgeführten Spurbildungsversuchen erfolgte die Prüfung der Gussasphalte am Gesamtsystem Gussasphalt auf Asphaltbinderschicht, so dass Schichtdicke und Steifigkeit der Unterlage den Verhältnissen in situ möglichst nahe kommen. Die Prüftemperatur wurde analog zum Stempeleindringversuch gewählt. Da der Gussasphalt wasserundurchlässig ist, ist der Einfluss der Art der Temperierung hinsichtlich einer Aussage zur Verformungsbeständigkeit vernachlässigbar. Die hier gewählte Lufttemperierung, mit einer Vortemperierungszeit von 3 Stunden, ist mit dem geringeren Aufwand bei der Versuchsdurchführung begründet. Das Prüfrad mit Gummi entspricht den zukünftigen Vorgaben der Europäischen Prüfnorm für den Spurbildungsversuch.

6.3 Schichtenverbund

Zur quantitativen Bestimmung des Schichtenverbundes dient der direkte Abscherversuch nach Leutner [3]. Bei diesem Versuch kennzeichnet das Maximum der Scherkraft den Bruchzustand bei dem der Verbund zwischen den abgescherten Schichten gestört ist. Großen Einfluss auf den Schichtenverbund hat die Verzahnung und die Verklebung der Schichten miteinander, die neben der Art und Beschaffenheit der Oberfläche der Unterlage auch von der Zusammensetzung der Asphalte beeinflusst wird. Nach Untersuchungen der TU Darmstadt wird für den Schichtenverbund von Deckschicht und Binderschicht aus Walzasphalten ein Anforderungswert von 25 kN formuliert. Für den Scherweg wird ein Bereich von 2,0 bis 4,0 mm empfohlen [4]. Bisher vorliegende Erfahrungen zeigen, dass der Schichtenverbund bei der Bauweise Gussasphalt den Wert von 25 kN deutlich übertrifft.

6.4 Biegezugversuch

Der Biegezugversuch ist eine versuchstechnisch einfach zu realisierende Alternative zu den sehr aufwendigen Prüfverfahren zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften insbesondere zur Beurteilung der Rissbeständigkeit von Gussasphalten. Der Biegezugversuch wurde in Anlehnung an das vorläufige Merkblatt für die Bestimmung der Biegezugfestigkeit bituminöser Massen durchgeführt [5]. Abweichend zum Merkblatt wurden die Prüfkörper aus einer Platte ausgesägt. Die Temperierung der Prüfkörper erfolgte in einer Klimakammer über einen Zeitraum von 16 Stunden für die Prüfung bei 22°C und 40 Stunden für die Prüfung bei 0°C. Die Biegebeanspruchung erfolgte senkrecht zur Einfüllrichtung. Somit ist gewährleistet, dass die Prismen mit einer ebenen Schnittfläche auf den Widerlagern aufliegen und die Belastung ebenfalls auf einer ebenen Fläche aufgebracht wird. Nach erfolgter Belastung wurden die Höhe und die Breite der Bruchebene gemessen. Diese Abmessungen der Bruchebene wurden der Berechnung der Biegezugfestigkeit zugrunde gelegt. Als Ergebnis erhält man Biegezugfestigkeiten, die in der Regel bei 0°C und 22°C ermittelt werden. Diese Biegezugfestigkeiten können absolut oder als Verhältniswert der Biegezugfestigkeit 22°C/0°C beurteilt werden. Aufgrund umfangreicher Erfahrungen, die in Berlin und Bayern im Rahmen von Eignungs- und Kontrollprüfungen gemacht wurden, sind für die Biegezugfestigkeiten sowie dem Verhältniswert Bewertungshintergründe geschaffen. Eine Biegezugfestigkeit bei 22°C von 3 bis 7 N/mm² sowie ein Verhältniswert $\leq 0,6$

kennzeichnen einen standfesten und rissbeständigen Gussasphalt [6]. Ein Verhältniswert der Biegezugfestigkeiten $> 0,6$ bis $1,0$ weist auf eine Tendenz zur Rissbildung hin.

6.5 Prüfung der Splitthaftung

Die Prüfung der Splitthaftung erfolgte in einer Rundlaufprüfanlage, die üblicherweise zur Eignungsprüfung von Markierungsmaterialien eingesetzt wird. Die Rundlaufprüfanlage besteht aus einer horizontalen Drehscheibe mit einem wirksamen Durchmesser von 6 m. Der Prüfraum ist klimatisiert. Die Umfangsgeschwindigkeit ist zwischen 5 und 120 km/h regulierbar. Mittig zum wirksamen Durchmesser werden die Probekörper radial angeordnet. Die Belastung der Probekörper wird durch 4 stationär angebrachte Prüfräder erzeugt, bei denen die Auflast und die Geometrie der Lasteinleitung regulierbar sind. Die Prüfung der Splitthaftung erfolgte in Anlehnung an die Prüfbedingungen, die bei Markierungsmaterialien angewendet werden [7]. Bei der Prüfung der Splitthaftung am konventionellen Gussasphalt und den mit Asphaltan A, Romonta N und Sübit VR 35 modifizierten Gussasphalten waren nach 870.000 Überrollungen in der Rundlaufprüfanlage keine Splittverluste erkennbar. Darüber hinaus war bei keiner der geprüften Gussasphaltvarianten eine Verformung in der Spur der Prüfräder zu erkennen. Diese Prüfergebnisse lassen vermuten, dass entweder die geprüften Modifikationen keinen Einfluss auf die Splitthaftung haben, oder das Prüfverfahren nicht geeignet ist, diesen Einfluss erkennbar zu machen. Die Prüfung der Splitthaftung mit der Rundlaufprüfanlage wurde mit den übrigen modifizierten Gussasphalten nicht durchgeführt.

7 Darstellung der Ergebnisse

7.1 Statische Eindringtiefe

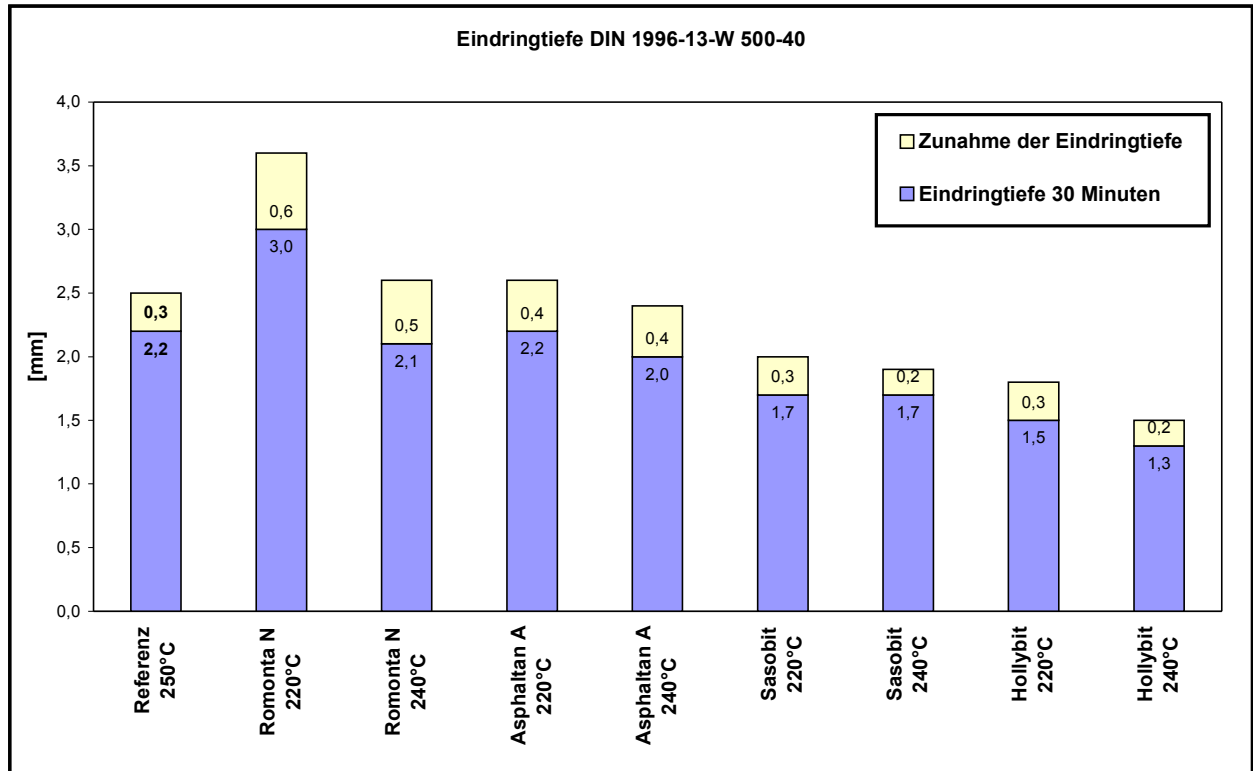


Abb. 3: Statische Eindringtiefe – Modifikation durch Zugabe von Additiven, Herstellungs- und Verarbeitungstemperaturen 220°C und 240°C

Alle geprüften Additive, ausgenommen die Variante Romonta N - 220°C, erzielten im Vergleich zum konventionellen Gussasphalt gleichwertige oder bessere Eindringtiefen (Abb.3). Die modifizierten Gussasphalte, die bei 240°C hergestellt wurden weisen eine geringere Eindringtiefe auf, als die bei 220°C hergestellten Gussasphalte. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Variante Asphaltan A 240°C mit einem Bindemittelgehalt von 6,7 M.-% hergestellt wurde. Bei den modifizierten Gussasphalten ist ein direkter Zusammenhang von Erweichungspunkt RuK des Bindemittel-Additiv-Gemisches und ermittelter Eindringtiefe erkennbar.

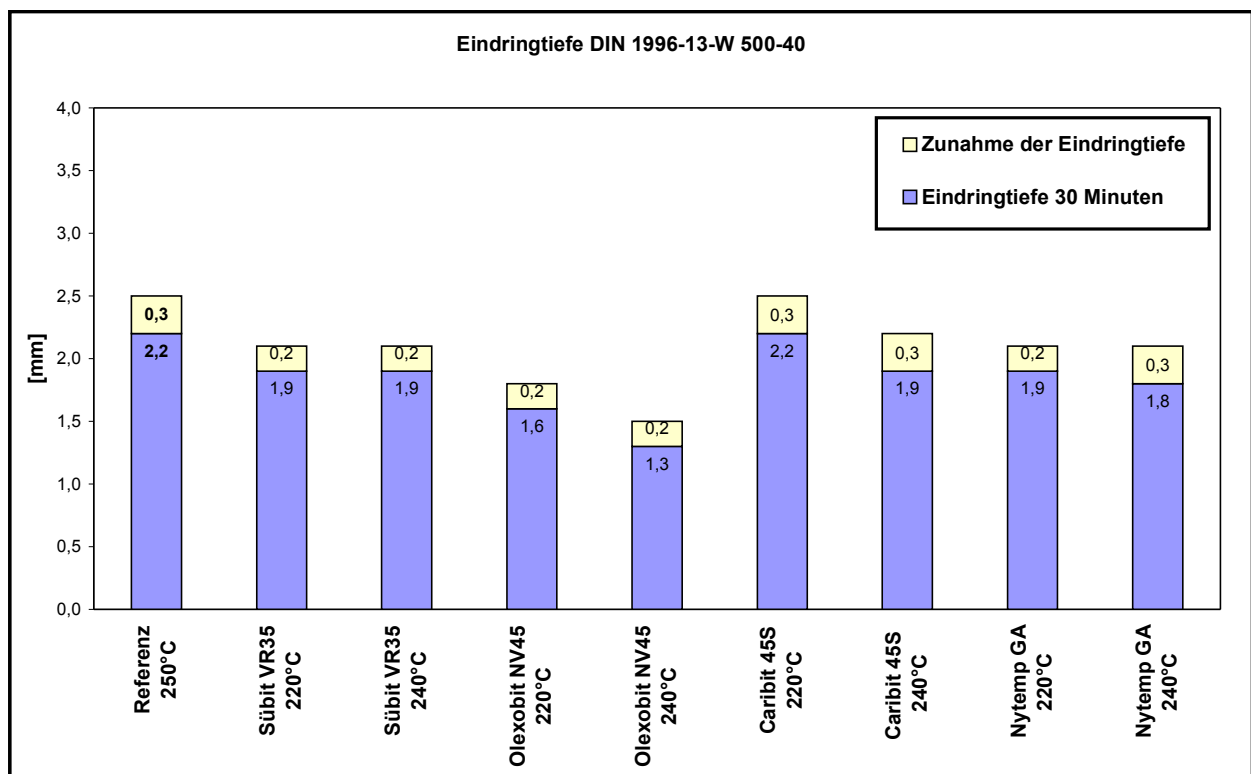


Abb. 4: Statische Eindringtiefe – Modifikation durch Fertigbindemittel, Herstellungs- und Verarbeitungstemperaturen 220°C und 240°C

Im Vergleich zum konventionellen Gussasphalt erzielen alle geprüften Fertigbindemittel gleichwertige oder bessere Eindringtiefen (Abb.4). Bei den Produkten Olexobit NV 45 und Caribit 45 S weisen die Varianten mit 240°C geringere Eindringtiefen auf als die Varianten mit einer Herstelltemperatur von 220°C. Ein direkter Zusammenhang von Erweichungspunkt RuK am Originalbindemittel und den Eindringtiefen ist nicht zu erkennen.

7.2 Spurbildungsversuche

Die Ergebnisse der Spurbildungsversuche werden als absolute [mm Spurtiefe] und proportionale Spurtiefe [mm Spurtiefe / cm Gussasphaltschicht] dargestellt (Abb.5). Die proportionale Spurtiefe berücksichtigt die unterschiedlichen Dicken der Gussasphaltschichten, die sich bei der Herstellung der Probekörper nicht vermeiden lassen.

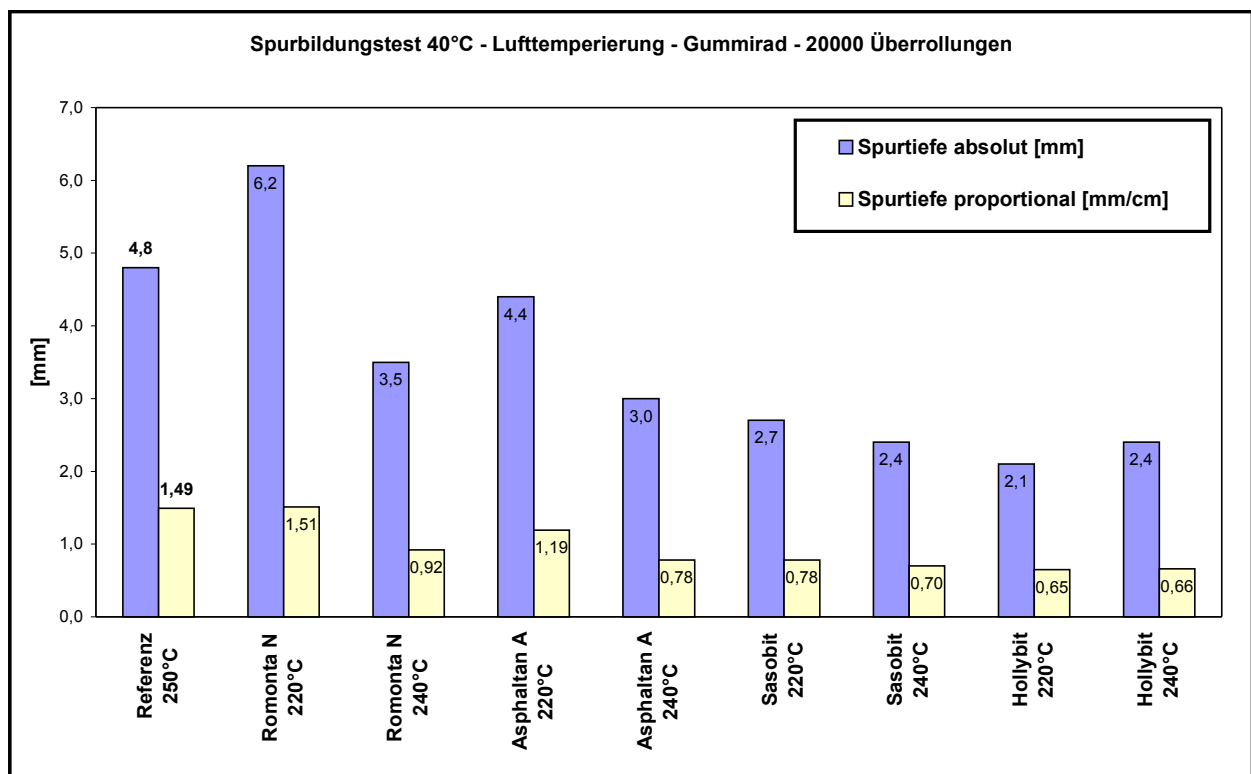


Abb. 5: Spurbildungsversuch – Modifikation durch Zugabe von Additiven, Herstellungs- und Verarbeitungstemperaturen 220°C und 240°C

Bei der Darstellung der proportionalen Spurtiefen ist zu erkennen, dass die Zugabe von Additiven bei allen geprüften Varianten, ausgenommen Romonta N – 220°C, im Vergleich zum konventionellen Gussasphalt zu geringeren Spurtiefen führt. Die größere absolute Spurtiefe bei der Variante Romonta N – 220 ist vermutlich auf die größere Dicke der Gussasphaltschicht zurückzuführen. Bei Betrachtung der proportionalen Spurtiefe ist die Verformungsresistenz gleichwertig dem konventionellen Gussasphalt zu bewerten. Die proportionalen Spurtiefen stimmen teilweise gut mit den ermittelten statischen Eindringtiefen überein.

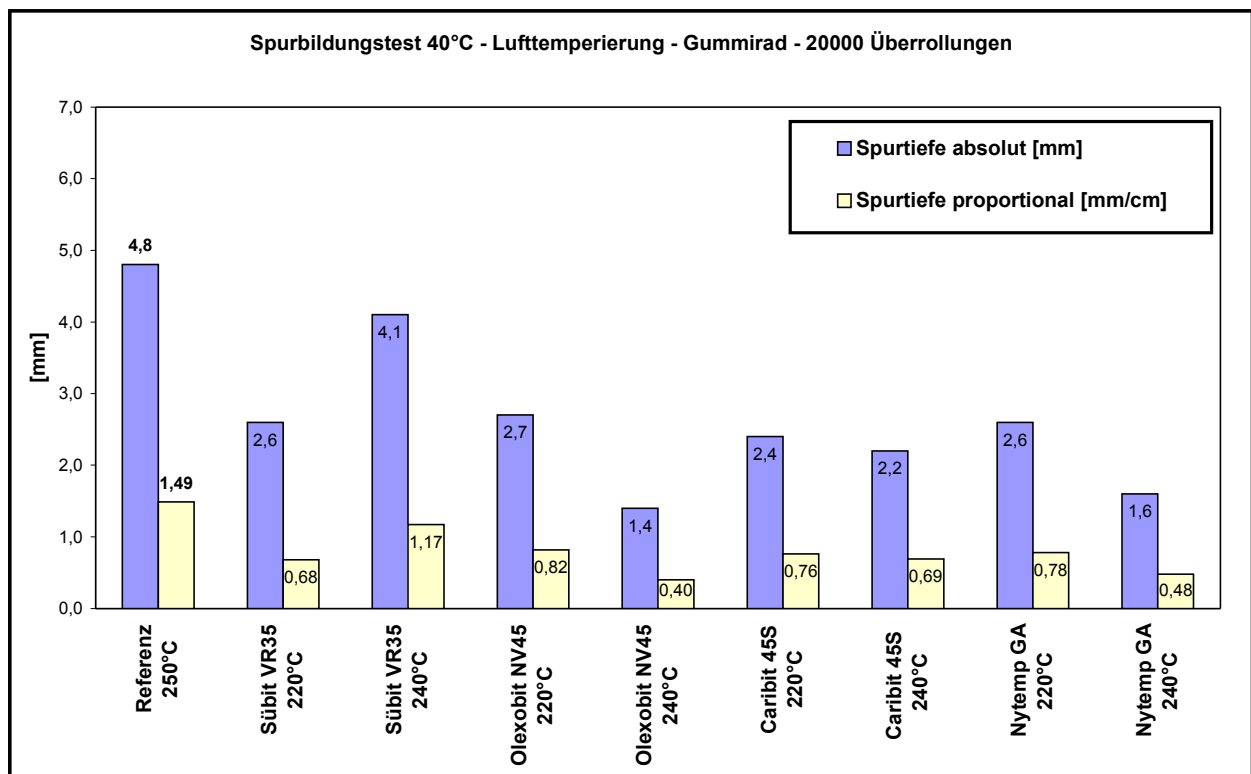


Abb. 6: Spurbildungsversuch – Modifikation durch Fertigbindmittel, Herstellungs- und Verarbeitungstemperaturen 220°C und 240°C

Alle mit Fertigbindemittel modifizierten Gussasphalte weisen eine geringere Spurtiefe auf, als der konventionelle Gussasphalt (Abb.6). Auch hier zeigen die Varianten, die bei 240°C hergestellt wurden eine geringere Spurtiefe. Bei den polymermodifizierten Bindemitteln ist eine deutlich geringere Spurtiefe zu erkennen.

7.3 Abscherversuche

Die mit den Additiven Romonta N, Asphaltan A und Sasobit modifizierten Gussasphalte weisen bei einer Herstellungstemperatur von 220°C eine deutlich geringere Scherfestigkeit auf, als die entsprechenden Varianten bei einer Herstelltemperatur von 240°C (Abb.7). Bei einer Temperatur von 220°C ist die Fließfähigkeit deutlicher geringer, so dass die Grobtextur der Asphaltbinderschicht nicht im gleichen Maße von der Gussasphaltmasse ausgefüllt wird, wie bei den Varianten 240°C. Dies führt zu einer geringeren Verzahnung von Gussasphalt- und Asphaltbinderschicht. In der geringeren Verzahnung liegt die Ursache der geringeren Scherfestigkeiten. Die ermittelten Scherfestigkeiten liegen bei allen Modifikationen über dem Wert von 25 kN. Die

Scherwege liegen im Bereich von 3,2 bis 4,2 mm und geben keinen Hinweis auf sprödes oder duktiler Bruchverhalten. Eine visuelle Beurteilung der Scherflächen ergab keine Hinweise auf eine Anreicherung der Additive an der Schichtgrenze.

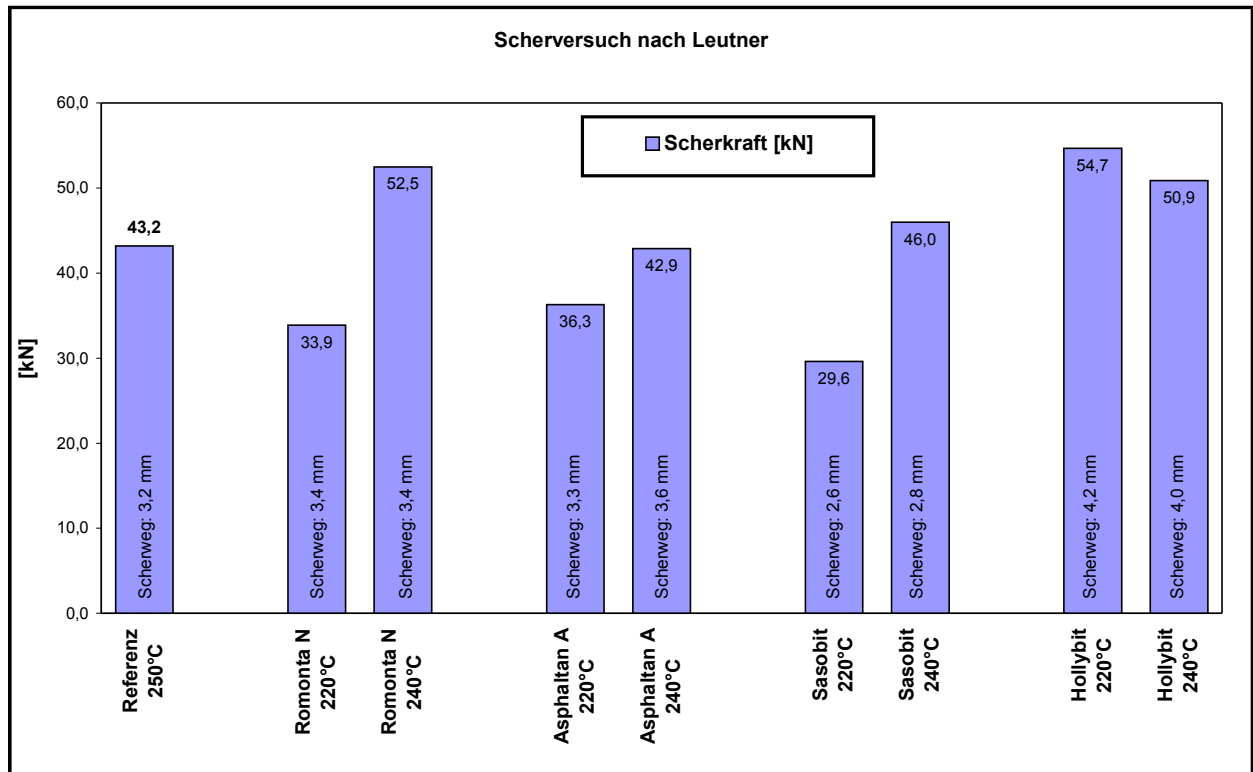


Abb. 7: Schichtenverbund – Modifikation durch Zugabe von Additiven, Herstellungs- und Verarbeitungstemperaturen 220°C und 240°C

Der Vergleich der zwei Herstellungstemperaturen ergibt bei den mit Fertigbindemittel modifizierten Gussasphalten nur geringe Unterschiede in den ermittelten Scherfestigkeiten (Abb.8). Im Vergleich zum konventionellen Gussasphalt ist nur bei Olexobit NV 45 eine Abnahme der Scherfestigkeit zu erkennen. Auch bei den Modifikationen mit Fertigbindemittel sind alle ermittelten Scherwiderstände größer als der vorläufige Anforderungswert von 25 kN.

Die großen Scherwege bei den Varianten Olexobit NV 45 und Caribit 45 S können auf das polymermodifizierte Bindemittel zurückgeführt werden. Zusammen mit den großen Scherfestigkeiten sind diese Scherwege nicht als kritisch zu bewerten.

Eine visuelle Beurteilung der Scherflächen ergab keine Hinweise auf eine Anreicherung der Additive an der Schichtgrenze.



Abb. 8: Schichtenverbund – Modifikation durch Fertigbindemittel, Herstellungs- und Verarbeitungstemperaturen 220°C und 240°C

7.4 Biegezugfestigkeiten

Die Gegenüberstellung der Biegezugfestigkeiten zeigt, dass die durch Zugabe von Additiven modifizierte Gussasphalte bei der Prüftemperatur 22°C durchweg größere Festigkeiten aufweisen als der konventionelle Gussasphalt (Abb.9). Bei dem Additiv Romonta N zeigt die Variante 240°C eine größere Biegezugfestigkeit als die Variante 220°C. Bei den übrigen Additiven sind die ermittelten Festigkeiten der zwei Temperaturvarianten als gleich zu bewerten. Die hier ermittelten Biegezugfestigkeiten bei 22°C und 0°C und die daraus errechneten Verhältniszahlen Q lassen darauf schließen, dass alle geprüften Gussasphalte standfest und ausreichend rissbeständig sind. Eine Versprödung der modifizierten Gussasphalte durch Zugabe von Additiven ist nicht zu erkennen.

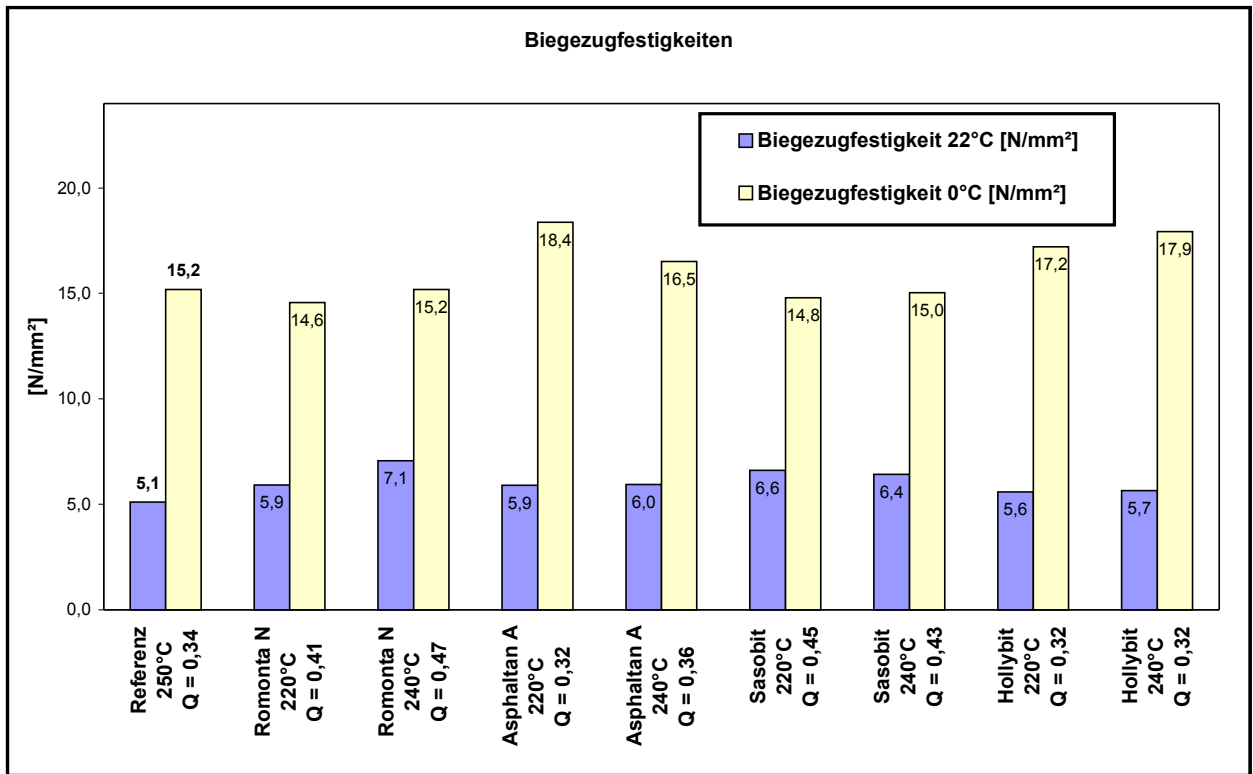


Abb. 9: Biegezugfestigkeiten – Modifikation durch Zugabe von Additiven, Herstellung- und Verarbeitungstemperaturen 220°C und 240°C

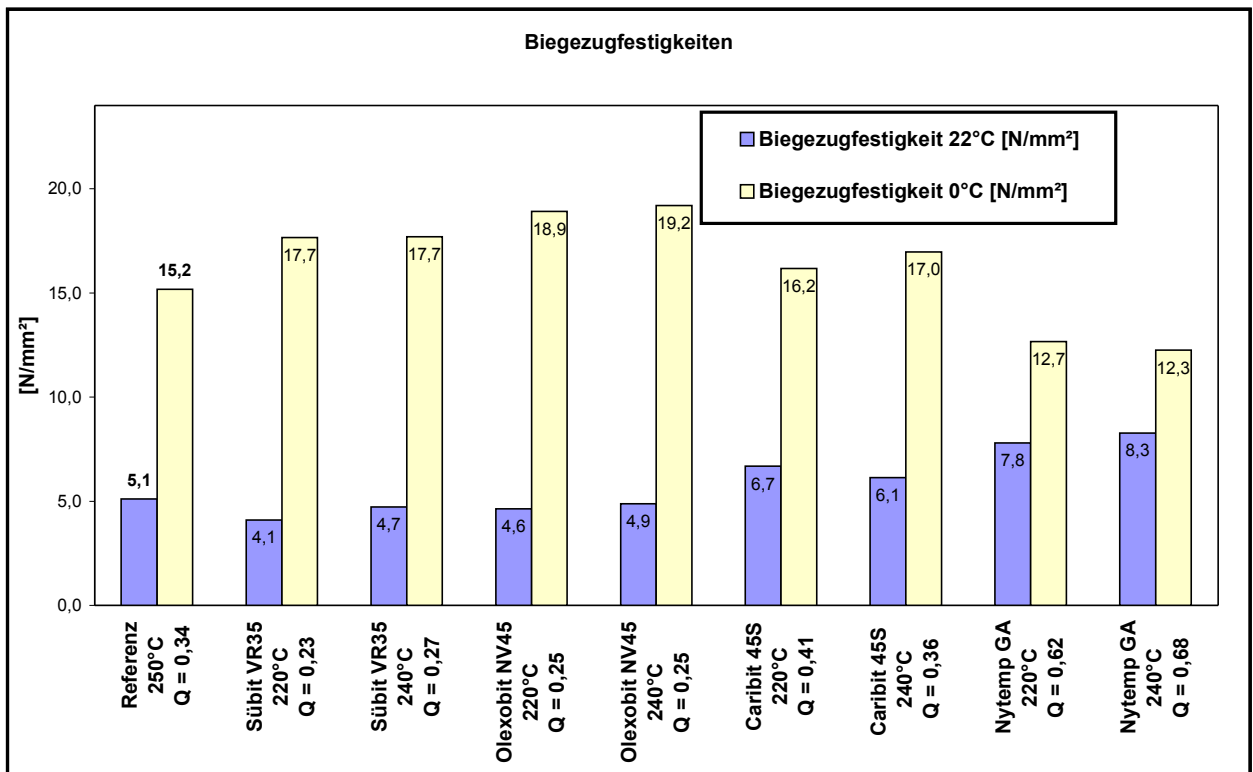


Abb. 10: Biegezugfestigkeiten – Modifikation durch Fertigbindemittel, Herstellung- und Verarbeitungstemperaturen 220°C und 240°C

Die mit den Fertigbindemitteln Sübit VR 35 und Olexobit NV 45 modifizierten Gussasphalte weisen im Vergleich zum konventionellen Gussasphalt geringere Biegezugfestigkeiten bei 22°C aber größere Biegezugfestigkeiten bei 0°C auf (Abb.10). Insbesondere bei dem Bindemittel Olexobit NV 45 sind deutlich größere Biegezugfestigkeiten bei 0°C ermittelt worden. Dies kann ein Hinweis auf die Polymermodifizierung des Bindemittels sein. Alle geprüften Fertigbindemittel, ausgenommen Nytemp GA erweisen sich nach den Kriterien des Biegezugversuches als ausreichend standfest und rissbeständig. Die mit dem Bindemittel Nytemp GA modifizierten Gussasphalte erzielten bei der Prüftemperatur 22°C die größten, aber bei der Prüftemperatur 0°C die geringsten Festigkeiten.

Bei der Bewertung der Prüfergebnisse der mit Nytemp GA modifizierten Gussasphalte ist zu berücksichtigen, dass dieses Bindemittel nach Prüfung der Nadelpenetration am Originalbindemittel der Bitumenhärte 20/30 zuzuordnen ist. Die hier gewählte Vorgehensweise der Modifikation des Gussasphaltes, bei gleichbleibender Bindemittelmenge das Bitumen 30/45 durch das Fertigbindemittel Nytemp GA auszutauschen, berücksichtigt nicht ausreichend die größere Bindemittelhärte des Fertigbindemittels. Für eine optimierte Mischgutrezeptur sind die Bindemittelleigenschaften im Rahmen einer individuellen Eignungsprüfung zu berücksichtigen. Zur Erzielung ausreichender Biegezugfestigkeiten ist in diesem Fall der Bindemittelgehalt anzuheben. Die Auswirkungen eines höheren Bindemittelgehaltes auf die übrigen Gebrauchseigenschaften des Gussasphaltes sind zu überprüfen.

8 Zusammenfassung

Mit den hier durchgeführten Untersuchungen wurde die grundsätzliche Eignung der Additive und Fertigbindemittel zur Herstellung von Gussasphalt bei abgesenkten Temperaturen nachgewiesen, ohne dass dabei die Gebrauchseigenschaften beeinträchtigt werden. Alle beprobten Produkte ermöglichen die Herstellung und Verarbeitung von Gussasphalt mit einer bis auf 220°C abgesenkten Temperatur. Die modifizierten Gussasphalte zeigen zum Teil verbesserte Verformungsbeständigkeit bei Wärme. Eine Versprödung der modifizierten Gussasphalte ist nicht nachweisbar. Eine Anreicherung der Additive und Fertigbindemittel an der Schichtgrenze zur Unterlage und an der Oberfläche war nicht festzustellen. Der Schichtenverbund wird nicht in einem Maße beeinflusst, dass von der Verwendung von Additiven und Fertigbindemitteln

abzuraten ist. Die Prüfung einiger modifizierter Gussasphalte in der Rundlaufprüfanlage ergab, dass die Verwendung von Additiven und Fertigbindemittel das Splitthaltevermögen der Gussasphalte nicht beeinflusst.

9 Ausblick

Nach der erfolgreichen Erprobung unter Laborbedingungen ist die Eignung der Additive und Fertigbindemittel unter den Bedingungen der Straßenbaupraxis durch Anlage von Versuchsstrecken nachzuweisen. Bei Anlage der Versuchsstrecken erfolgt die Optimierung der Zusammensetzung der modifizierten Gussasphalte hinsichtlich der geforderten Gebrauchseigenschaften in einer Eignungsprüfung, die sich in Art und Umfang an den hier durchgeführten Laborverfahren orientieren soll. Darüber hinaus ist eine Aussage zur Verarbeitbarkeit bei der angestrebten Verarbeitungstemperatur zu treffen. Bei Anlage von Versuchsstrecken sind die Einbautemperaturen zu erfassen und Emissionsmessungen durchzuführen. Die Auswirkung der abgesenkten Verarbeitungstemperatur auf die Emissionsbildung soll so überprüft werden. Es sind Messprofile anzulegen, um das Querprofil und die Schichtdicke der modifizierten Gussasphalte über mehrere Jahre beobachten zu können.

Im Oktober 2002 wurde auf der BAB 1, bei Euskirchen eine erste Versuchsstrecke mit modifizierten Gussasphalten erfolgreich angelegt. Dabei kamen die Additive Asphaltan A, Sasobit und das Fertigbindemittel Sübit VR 35 zum Einsatz.

Weitere Maßnahmen, bei denen der Einsatz von modifizierten Gussasphalten mit abgesenkten Verarbeitungstemperaturen erprobt wird, sind für das Jahr 2003 geplant.

10 Literatur

- [1] DIN 1996-13: Prüfung von Asphalt, Eindringversuch mit dem ebenen Stempel, Juli 1984, Beuth Verlag, Berlin
- [2] Technische Prüfvorschrift für Asphalt im Straßenbau, Teil: Spurbildungsversuch – Bestimmung der Spurrinntiefe im Wasserbad, Ausgabe 1997, FGSV Verlag, Köln
- [3] Arbeitsanleitung zur Prüfung von Asphalt, Teil 4: Prüfung des Schichtenverbundes nach Leutner, Ausgabe 1999, FGSV Verlag, Köln
- [4] Grätz, B.; Stöckert, U.
Grundlagen zur Festlegung von Grenzwerten für den Schichtenverbund
Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 07.182/1998/CGB des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
Hrsg: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
- [5] Vorläufiges Merkblatt für die Bestimmung der Biegezugfestigkeit bituminöser Massen, August 1959, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld
- [6] Höher, K.; Lehné, R.
Erweiterte mechanische Prüfungen zur Optimierung und Bewertung von Gussasphalten; Bitumen 1/93, Seite 15-18
- [7] Technische Lieferbedingungen für weiße Markierungsmaterialien, Ausgabe 1997, FGSV Verlag, Köln