

Konzeption von Gussasphalt – Betrachtungen zur quantitativen Bindemitteldosierung

Das asphalttechnologische Konzept des Gussasphaltes ermöglicht die Herstellung sehr dauerhafter Fahrbahnbeläge. Die Gründe hierfür werden erläutert und beispielhaft verdeutlicht. Die Zusammensetzung von Gussasphalten erfolgt in Deutschland auf Grundlage der TL Asphalt-StB 07/13. Neben Anforderungen an die statische Stempelpenetrationstiefe stehen keine weiteren genau definierten Bewertungsmaßstäbe für die Qualitätsbestimmung des Gussasphaltes zur Verfügung. Es ist dennoch bekannt, dass die Einbeziehung einer Anforderung zum Bindemittelüberschuss die konzeptionelle Bewertung der Gussasphaltrezeptur unterstützen kann. Die dargestellten und erläuterten Untersuchungen von Gussasphalten mit variierenden Bindemittelüberschüssen belegen, dass sich dessen Gebrauchsverhalten maßgeblich am Bindemittelüberschuss orientiert. Neben Untersuchungen und daraus resultierenden Empfehlungen zur Festlegung des Bindemittelgehaltes über die Kenntnis des Bindemittelüberschusses kommt es auch zu Betrachtungen eines Verfahrens zur notwendigen Ermittlung der Rütteldichte an den Gesteinskörnungen. Es werden weiterhin die physikalischen Eigenschaften der verwendeten Bitumen für dauerhafte Gussasphaltbeläge in die Gesamtbetrachtungen einbezogen. Der Einfluss des Bindemittels auf die Gebrauchseigenschaften von Gussasphalt wird unter Berücksichtigung der Verarbeitbarkeit, der Verformungsbeständigkeit und der Kälteresistenz erläutert.

The technical concept of mastic asphalt offers the conditions for very durable road surfaces. The reasons are explained and exemplified. The mix design of mastic asphalt in Germany is based on the TL Asphalt-StB 07/13. Beside the requirements for the static penetration, no further exactly defined criteria are available to determine the quality of the mastic asphalt mixture. Nevertheless, it is known that the excess binder content can support the quality of the mastic asphalt composition. In a study, the amount of excess bitumen has been changed in various tests and it has been proven that the excess of bitumen does support the performance of mastic asphalt mixtures. Beside recommendations for the total binder content, there are also ideas for a method to determine the tap density of the aggregates. In addition, the physical properties of the bitumen have been taken into account to achieve sustainable mastic asphalt pavements. The influence of the bitumen on the properties of mastic asphalt is explained under consideration of the workability, the resistance to deformation and the resistance to cracking.

1 Einleitung

Die Gussasphaltbauweise gewinnt seit einigen Jahren besonders als Deckschicht im Bereich der Bundesautobahnen wieder an zunehmender Bedeutung. Als Gründe dafür können neben der Dauerhaftigkeit von Gussasphaltbelägen auch die jüngsten technologischen Entwicklungen im Hinblick auf die lärmtechnischen Verbesserungen der Gussasphaltdeckschicht angeführt werden. In vielen Regionen Deutschlands gibt es aufgrund wechselhafter Erfahrungen mit anderen Bauweisen gegenwärtig Überle-

gungen, Gussasphalt wieder standardmäßig als Deckschicht für Autobahnen vorzusehen, trotz der etwas höheren Herstellungskosten. Neben der Verwendung als Deckschichtbelag auf Autobahnen wird Gussasphalt insbesondere im Brückenbau eingesetzt und erfüllt hier u. a. eine wichtige Funktion als Bestandteil der Abdichtung. Die Vorteile dieser Asphaltbauweise werden zudem für die Herstellung von Parkhausflächen genutzt. Seit einiger Zeit findet Gussasphalt Anwendung als Dichtungsschicht unter Deckschichten aus offenporigem Asphalt. Im Hochbau ist Gussasphalt ein beliebter Baustoff für die Herstellung von Estrichbelägen.

Die Vielseitigkeit dieser Asphalttechnologie lässt sich anhand folgender Eigenschaften erklären: Gussasphalt ist wasserundurchlässig, verformungs-, alterungs- und ermüdungsbeständig. Er ist einfach und ohne Verdichtungsaufwand zu verarbeiten. Neben dem maschinellen Einbau werden im Straßen- und Hochbau große Mengen Gussasphalt auch von Hand qualitativ hochwertig „verspachtelt“.

Aktuelle Veröffentlichungen (z. B. Jannicke, Rode et al. 2016) befassen sich auf Grundlage vorliegender Erfahrungen mit der beispiellosen Langlebigkeit und den guten Gebrauchseigenschaften dieser Asphaltbauweise, auch unter Einbeziehung der vorteilhaften wirtschaftlichen Aspekte.

Eine Analyse stark beanspruchter Fahrbahnabschnitte aus Gussasphalt auf Bundesautobahnen ermittelte Nutzungszeiträume dieser Deckschichtvariante von 30 Jahren und mehr (Lubach 2016).

1.1 Langlebige Deckschichten aus Gussasphalt an den Beispielen A 100 und A 7

Der älteste Abschnitt der Berliner Stadtautobahn A 100 wurde 1958 zwischen Rathenautunnel und Hohenzollerndamm eröffnet. Bis zum Zeitpunkt der erstmaligen Erneuerung im Jahre 2015 mussten auf diesem hochbeanspruchten Fahrbahnabschnitt ausschließlich Instandhaltungsmaßnahmen sowie eine partielle Instandsetzungsmaßnahme mittels DSK durchgeführt werden. Der entnommene Bohrkern aus diesem

■ Verfasser

Dipl.-Ing. Marco Müller,
marco.mueller@ungewitter.de,

Carl Ungewitter,
Bgm.-Smidt-Straße 56,
28195 Bremen

Sandra Duscha, B. Eng.,
sandra.duscha@outlook.de,

Heinrich-Böll-Straße 44,
13156 Berlin

Abschnitt (Bild 1) zeigt den über 55 Jahre genutzten Fahrbahnaufbau, bestehend aus hydraulischer Verfestigung, Asphalttragschicht sowie der Asphaltbinderschicht. Dieser Fahrbahnaufbau konnte über den gesamten Lebenszyklus durch eine 4,0 cm dicke, wasserundurchlässige Deckschicht aus Gussasphalt geschützt werden, wodurch die lange Nutzungsdauer ermöglicht werden konnte.

Bild 2 dokumentiert den sehr hohen Schwerverkehrsanteil auf der A 7 zwischen der AS Cuxhagen und dem AD Kassel-Süd. Dieser Abschnitt mit Südhanglage und langsam fahrendem LKW-Verkehr wurde 1975 für den Verkehr freigegeben und weist damit einen bisherigen Nutzungszeitraum von 42 Jahren auf. Die noch immer vorhandene ursprüngliche Deckschicht der Fahrbahn besteht aus einem Gussasphalt 0/11 S (4,0 cm, heute MA 11 S) mit der Bindemittelkombination aus B 45 (heute 30/45) und 2,0 M.-% Trinidad Epuré. Im Gegensatz zur Gussasphaltdeckschicht der Hauptfahrbahn musste der Walzasphalt im Standstreifen (Bild 3) im Laufe der Nutzungszeit erneuert werden.



Bild 1: Bohrkern A 100, Fahrbahnaufbau mit Gussasphaltdeckschicht, Bj. 1958 (Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin)



Bild 2: A 7 AS Cuxhagen, Deckschicht aus Gussasphalt, Bj. 1975 (Quelle: A. Lubach)



Bild 3: A 7 AS Cuxhagen, Gussasphaltdeckschicht und erneuerter Standstreifen aus SMA (Quelle: A. Lubach)

2 Stoffmodell Gussasphalt

Gussasphalt erfüllt offenkundig alle Eigenschaften an einen abdichtenden und langlebigen Fahrbahnbelag und kann diese über Zeiträume von über 30 Jahren erhalten.

Die technologische Erklärung hierfür lässt sich aus der Zusammensetzung des Gussasphaltes ableiten.

Seine spezifische Eigenschaft ist die Wasserundurchlässigkeit. Hohlraumangebote wie bei Walzasphalten sind beim Konzept des Gussasphaltes nicht gegeben. Den praktisch hohlraumfreien Zustand erhält dieses Mischgut durch ein Zusammenwirken der beteiligten Komponenten, das durch gegenseitiges „berührungsloses Schwimmen“ der groben Gesteinskörnungen in der Mörtelphase gekennzeichnet ist. Charakteristisch für dieses Stoffmodell ist der Überschuss an Bitumen, d. h. ein Zustand, bei dem die Hohlräume des Gesteinskörnungsgemisches in dichtester Lagerung nicht nur vollkommen ausgefüllt sind, sondern darüber hinaus mit einem Überschuss an Bindemittel versehen sind.

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Menge des Bindemittelüberschusses maßgeblich auf die Eigenschaften des Gussasphaltes auswirkt.

3 Entwicklungen im Regelwerk

Mit Erscheinen der TL und der ZTV Asphalt-StB 07 erfolgten fundamentale Anpassungen der bis dahin gültigen Grundlagen der Gussasphaltbauweise. Die maximal zulässige Herstellungs- und Einbautemperatur wurde von 250 °C auf 230 °C mit dem Ziel reduziert, den Ausstoß an Dämpfen und Aerosolen zu minimieren. Vordergründig zur Sicherstellung dieser Temperaturreduzierung wird seitdem die obligatorische Verwendung viskositätsverändernder Zusätze empfohlen, um auch bei geringeren Einbautemperaturen die Verarbeitbarkeit zu gewährleisten. Zusätzlich empfohlen die ZTV Asphalt-StB 07 für Gussasphalt mit hohen Beanspruchungen die ausschließliche Verwendung von Bitumen 20/30.

Diese parallel greifenden Maßnahmen führten zu einer tendenziellen „Verhärtung“ der Gussasphaltrezepturen, weshalb mit Korrek-

tur der ZTV Asphalt-StB 07, Fassung 2013 nun neben Bitumen 20/30 auch wieder Bitumen 30/45 als Regelempfehlung für das zu verwendende Bindemittel aufgenommen wurde.

Insbesondere bei hohen Verkehrsbeanspruchungen wird häufig der Zusatz von Trinidad Naturasphalt zur Verbesserung der Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften vorgesehen.

Ebenfalls seit Veröffentlichung der TL Asphalt-StB 07 ist Gussasphalt mit lärmtechnisch optimierten Eigenschaften fester Regelwerksbestandteil. Die Herstellung lärmoptimierter Gussasphaltdeckschichten (MA 5 S und MA 8 S, Oberflächenbearbeitung gemäß Verfahren B der ZTV Asphalt-StB) entwickelt sich derzeit zu einer Regelbauweise. Auch die Temperaturreduzierung während der Gussasphalt Herstellung und -verarbeitung hat sich in der Praxis bewährt, ebenso die Wiederaufnahme für eine Empfehlung von Bitumen 30/45.

4 Bindemitteldosierung gemäß TL Asphalt-StB

Die rechnerische Festlegung des Bindemittelgehaltes erfolgt gemäß den TL Asphalt-StB 07/13 auf Basis der resultierenden Rohdichte des Gesteinskörnungsgemisches. Als maßgebender Kennwert zur Ermittlung des notwendigen Bindemittelgehaltes steht für Walzasphalt der anzustrebende Hohlraumgehalt am Marshall-Probekörper zur Verfügung. Zusätzlich kann der Hohlraumausfüllungsgrad als weiterer Parameter für die Bewertung des Bindemittelgehaltes herangezogen werden. Diese Werkzeuge stehen für die Ermittlung einer geeigneten Gussasphaltrezeptur aufgrund der konzeptionellen Unterschiede zum Walzasphalt nicht zur Verfügung. Da Gussasphalt im Gegensatz zum 3-Phasen-System Walzasphalt (Bindemittel, Gestein, Luft) nur über 2-Phasen verfügt (Bindemittel und Gestein), dient hier als einziger Maßstab für einen optimierten Bindemittelgehalt der gemessene Widerstand gegen bleibende Verformungen, ausgedrückt über die Ergebnisse des statischen Eindringversuches (TP Asphalt-StB, Teil 20). Anforderungen an die dynamische Eindringtiefe sind bisher kein Bestandteil der TL Asphalt-StB 07/13.

Die optimale Bindemittelmenge erfüllt auch bei Gussasphalt eine elementar wichtige Funktion, u. a. im Hinblick auf dessen Gebrauchseigenschaften.

Verarbeitbarkeit und Mörtelkonsistenz, die eine gleichmäßige und dauerhafte Einbindung des Abstreumaterials in die heiße Gussasphaltoberfläche ermöglichen soll, stehen ebenfalls in direktem Zusammenhang mit der gewählten Bindemittelmenge und sind deshalb Voraussetzung für ebene

Deckschichten mit den gewünschten Oberflächenmerkmalen, insbesondere bei Gussasphalt mit lärmtechnisch optimierten Eigenschaften.

5 Praktische Auswirkungen der Regelwerksvorgaben

Tabelle 1 dokumentiert, dass der rechnerisch ermittelte Mindest-Bindemittelgehalt von Gussasphalt in der Regel keinen kausalen Einfluss auf die individuell erforderliche Bindemittelmenge besitzt und höchstens als grobe Orientierungshilfe für den festzulegenden Bindemittelgehalt zur Verfügung steht. Innerhalb der vorgestellten, willkürlich ausgewählten Erstprüfungen sind hohe Schwankungen des festgelegten Bindemittelbedarfes festzustellen.

Die rechnerisch ermittelten Bindemittelgehalte liegen zwischen 6,1 und 6,6 M.-%. Die gewählten Bindemittelgehalte weisen Abweichungen von diesen Werten zwischen 0,3 und 1,3 M.-% (absolut 6,7–7,9 M.-%) auf. Tendenzielle Zusammenhänge zwischen Füllermenge, dem Anteil feiner gebrochener Gesteinskörnung sowie der Bindemittelmenge lassen sich auf Grundlage der Werte erahnen, konkrete Ursachen für die Wahl der festgelegten Bindemittelgehalte sind aber nicht erkennbar. Die gewählten Bindemittelgehalte bieten offensichtlich für die jeweiligen Gussasphalte eine individuelle Ausgewogenheit zwischen Verformungsbeständigkeit und Verarbeitbarkeit. Ein optimierender Einfluss auf die Verformungsbeständigkeit über die Bindemittelmenge scheint jedoch weitestgehend unberücksichtigt. Voraussetzungen könnten aber durch nachhaltigere Anforderungen des Regelwerkes an die

Bindemittelmenge des Gussasphaltes alternative Maßnahmen zum Erreichen der gewünschten Gebrauchseigenschaften an Bedeutung verlieren, wie z. B. die Verwendung hoher Brechsandgehalte. Es wäre ebenfalls zu prüfen, ob im Einzelfall weitere maßvolle Reduzierungen der Einbautemperatur durch quantitative Bindemitteloptimierungen realisierbar sein könnten.

Insofern scheint es sinnvoll, zur Verfügung stehende Möglichkeiten der Bindemitteloptimierung über volumetrische Betrachtungen bei der Erstellung der Gussasphaltzusammensetzung mit heranzuziehen.

6 Einbeziehung des Bindemittelüberschusses in die Gussasphaltkonzeption

Dass die rechnerische Ermittlung des unteren Bindemittelgrenzwertes, analog zur bewährten Methode beim Walzasphalt, für den Gussasphalt offensichtlich nicht ausreichend ist und allenfalls eine formale Funktion erfüllt, lässt sich auch durch folgende Überlegungen verständlich machen:

Eine freie Gesteinsoberfläche, die von einem gleichmäßigen Bindemittelfilm umhüllt wird, existiert beim Gussasphalt im Gegensatz zum Walzasphalt praktisch nicht. Grund dafür ist der hohe Füllergehalt, welcher die Oberfläche der feinen und groben Gesteinskörnungen benetzt. Bindemittelfilme werden an den unzähligen Berührungspunkten der Füllerkörner verdrängt.

Anders als beim Walzasphalt setzt sich das Bitumen in die verbleibenden Zwickel und Poren, eine vollständige Umhüllung findet nicht statt. Je mehr Poren mit Füller ausgefüllt sind, umso geringer wird der Bindemittel-

Tabelle 1: Vergleichende Auszüge ausgewählter Erstprüfungen (MA 11 S) verschiedener Mischgutlieferanten

	1	2	3	4
Bindemittelsorte	30/45 mit TE und VvZ	30/45 mit TE und VvZ	30/45 mit TE und VvZ	30/45 mit TE und VvZ
rechnerischer Mindest-Bindemittelgehalt gem. TL Asphalt [M.-%]	6,3	6,4	6,1	6,6
gewählter Bindemittelgehalt [M.-%]	7,5	6,7	6,9	7,9
Anteil Korngruppe 0/2 mit E _{CS} 35	51 %	61 %	60 %	67 %
Verhältnis Füller/Bitumen	3,5	3,5	3,7	3,1
statische Eindringtiefe nach 30 min [mm]	1,6	1,5	1,5	1,7

telbedarf (Schulze 1964). In dieser Erläuterung liegt auch die Erklärung für das im Vergleich zum Walzasphalt deutlich größere Verhältnis von Füller und Bitumen.

Die Wechselwirkung zwischen vorhandenen Hohlräumen innerhalb der Gesteinskörnungen und dem Füllergehalt hat demzufolge einen wesentlich größeren Einfluss auf den Bindemittelbedarf als die quantitative Oberfläche des Gesteinsgemisches. Deshalb sind die derzeitig praktizierten Vorgaben zu B_{\min} in der Tabelle 9 (Gussasphalt) der TL Asphalt-StB 07/13 nicht hinreichend.

Alternativ oder ergänzend zu diesem Mindestbindemittelgehalt sollte deshalb im Regelwerk eine volumetrische Anforderung installiert werden, wodurch die strukturellen Unterschiede des Gussasphaltes zum Walzasphalt berücksichtigt und die Auswirkungen der volumetrischen Verhältnisse auf die Verarbeitbarkeit und die Gebrauchseigenschaften des Gussasphaltes direkt erfasst werden könnten.

Die Definition für Gussasphalt bietet hierfür einen geeigneten Ansatz:

„Eine Asphaltdeckschicht aus Gussasphalt ist eine dichte Schicht [...]. Das Gesteinskörnungsgemisch ist hohlraumarm zusammengesetzt. Der Bindemittelgehalt ist auf die Hohlräume des Gesteinskörnungsgemisches so abgestimmt, dass diese im Einbauzustand voll ausgefüllt sind oder ein geringer Überschuss an Bindemittel vorhanden ist“ (ZTV Asphalt StB-07/13).

Im Gegensatz zum Walzasphalt ist der Bindemittelüberschuss bei Einbautemperatur von elementarer Bedeutung für die praktische Anwendung des Gussasphaltkonzeptes. Die Verarbeitbarkeit der Gussasphaltmasse wird, anders als vereinzelt vermutet, im Wesentlichen durch das zur Verfügung stehende Bindemittelvolumen und nicht vorrangig durch die Viskosität des Bitumens gesteuert. Verdeutlicht werden kann dieser Sachverhalt, indem man sich den Viskositätsverlauf von Bitumen in Abhängigkeit von seiner Temperatur vor Augen führt. Bitumen 30/45 besitzt beispielsweise bei einer Temperatur von 250 °C eine kinematische Viskosität von ca. 20 mm²/s und bei 230 °C eine Viskosität von ca. 30 mm²/s.

Dass diese Viskositätsunterschiede für die Praxis nicht von überragender Bedeutung sind, lässt sich vermuten, wenn man berücksichtigt, dass die Viskosität des gleichen Bitumens bei ca. 135 °C ca. 1.000 mm²/s beträgt und bei 100 °C ca. 10⁴ mm²/s.

Es ist demzufolge hauptsächlich die Erhöhung des Bindemittelvolumens als Folge des deutlich höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten von Bitumen im Vergleich zu dem des Gesteins, das den notwendigen Bindemittelüberschuss bei Einbautemperatur produziert und dadurch eine praxisgerechte Verarbeitbarkeit der Gussasphaltmasse ermöglicht.

Neben dem Bindemittelgehalt kommt der Viskosität des Bindemittels aber dennoch eine wichtige Rolle zu, insbesondere bei sehr hohen und sehr niedrigen Gebrauchstemperaturen.

Aber auch für das gebrauchorientierte Verhalten bilden optimale volumetrische Verhältnisse aller beteiligten Stoffkomponenten eine wichtige Voraussetzung.

Der Bindemittelgehalt muss zur Gewährleistung der Verformungsbeständigkeit insgesamt so gering wie möglich und gleichzeitig gerade so hoch sein, dass im Gebrauchszustand ein nur geringer Überschuss an Bitumen vorhanden ist.

Es ist in diesem Zusammenhang demnach geboten, den Hohlraumgehalt am Gesteins-

gemisch so gering wie möglich zu halten und dennoch einen ausreichend dicken Bindemittelfilm für gute Kälte- und Ermüdungseigenschaften zur Verfügung zu stellen. Bei sehr verformungsbeständigen Gussasphalten sollte dieser Wert 16 Vol.-% nicht überschreiten (Schellenberg, Schellenberg 2001).

Überlegungen zu Anforderungswerten des Bindemittelüberschusses gab es bereits in der Vergangenheit. In älteren Regelwerken (z. B. TV bit 6/60) wurde der Grenzwert für den Bindemittelüberschuss bereits bei max. 4 Vol.-% festgeschrieben. Voraussetzung zur Ermittlung des notwendigen Bindemittelvolumens war und ist allerdings die Kenntnis des Hohlraumgehaltes am Gesteinskörnungsgemisch bei dessen dichtester Lagerung, ermittelt über den Wert der Rütteldichte. Als hinderlich bei der Ermittlung der Rütteldichte erwiesen sich in der Vergangenheit aber insbesondere der hohe Aufwand und die ungenügende Reproduzierbarkeit von Ergebnissen der hierfür zur Verfügung stehenden labortechnischen Verfahren (Rubbach 1995). Dieser unbefriedigende Umstand hat wohl maßgeblich dazu beigetra-

8079

Smartes Handling mit der S.KI Control App: Mehr Komfort und Sicherheit für Fahrer und Fahrzeug.



Hitze.Stabil.

Die Sattelkipper S.KI 7.2 LIGHT mit Thermo-Vollisolierung für Stahl-Rundmulde oder für Aluminium-Kastenmulde.

Mehr Info: www.cargobull.com

SCHMITZ CARGOBULL 
The Trailer Company.

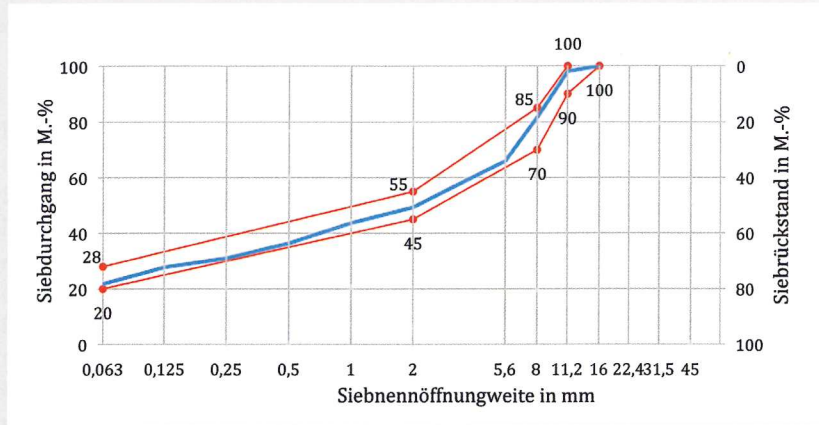


Bild 4: Konstante Gesteinszusammensetzung MA 11 S



Bild 5: Fallhammer mit Fallgewicht (2,5 kg)

Probe Nr.	Rütteldichte [g/cm ³]	Hohlraumgehalt [Vol.-%]
1	2,224	16,20
2	2,203	16,97
3	2,204	16,93
4	2,208	16,80
5	2,201	17,05
6	2,208	16,80
7	2,222	16,26
8	2,222	16,26
9	2,201	17,06
10	2,224	16,18
Mittelwert	2,212	16,65
Spannweite	0,023	0,88

Tabelle 2: Ergebnisse Rütteldichte und Hohlraumgehalt

gen, dass jüngere Asphaltregelwerke auf die Aufnahme von Anforderungen zum Bindemittelüberschuss verzichteten. Mit einem von Rubach vorgestellten Verfahren (Rubach 1995) zur Ermittlung der Rütteldichte kann diese aber für Gesteinskörnungsgemische von Gussasphalten mit ausreichend hoher Genauigkeit ermittelt werden.

7 Untersuchungen zur Ermittlung des Bitumenüberschusses und dessen Auswirkungen

Mithilfe des genannten Verfahrens wurde an der Beuth Hochschule Berlin eine Bachelorarbeit (Duscha 2016) angefertigt, deren Zielsetzung es war, die Auswirkungen vari-

ierender Bindemittelüberschüsse auf die maßgebenden Eigenschaften von Gussasphalten zu ermitteln und daraus Vorschläge für quantitative Angaben des Bindemittelüberschusses in Abhängigkeit vom Anwendungszweck abzuleiten.

Es sollten die Auswirkungen unterschiedlicher Bindemittelüberschüsse auf die Verarbeitbarkeit, die Verformungsbeständigkeit und das Kälteverhalten von Gussasphalten untersucht und analysiert werden.

Alle durchgeführten Prüfungen erfolgten auf Basis einer über alle Versuchsreihen konstant gehaltenen Korngrößenverteilung (Bild 4) mit Bindemittelüberschüssen von 0 Vol.-%, 1 und 2 Vol.-% bei jeweils 25 °C. Um auch die Auswirkungen der Bindemittel-

viskosität zu berücksichtigen, erfolgten alle Untersuchungen an Gussasphaltrezepturen unter Verwendung von Bitumen 70/100 und Bitumen 20/30 zur Erfassung eines breiten Viskositätsspektrums.

Weiterhin wurde der Anteil feiner Gesteinskörnungen mit einem Fließkoeffizienten von ECS35 mit einem Anteil von 35 M.-% berücksichtigt.

Vor der Ergebnisauswertung soll darauf hingewiesen werden, dass andere kompositionelle Einflüsse, z. B. aus der Verwendung versteifender Füller oder variierender Anteile gebrochener feiner Gesteinskörnungen, aufgrund der hier im Vordergrund stehenden Betrachtungen der Bindemittelkomponente bewusst vernachlässigt wurden.

Bild 6: Werkzeuge zur Ermittlung der Rütteldichte nach Rubach, Proctortopf, Abdeckplatte, Filterpapier, Magnet, Tiefenlehre und Spachtel



Bild 7: Ermittlung des Volumens der verdichteten Gesteinsprobe

7.1 Rütteldichte und Hohlraumgehalt des Gesteinskörnungsgemisches

Die Ermittlung der Rütteldichte des Gesteinskörnungsgemisches nach Rubach erfolgt mit einem leicht modifizierten Proctorverdichtungsgerät (Bilder 5 bis 7).

Das vorbereitete Gesteinsgemisch wird hierbei in einen Proctortopf mit einem Durchmesser von 10 cm nach definierten Vorgaben gefüllt und mithilfe eines Fallgewichtes (2,5 kg) aus einer Fallhöhe von 45 cm mit 42 Schlägen verdichtet. Das Fallgewicht wird dabei nach jedem Schlag rotierend versetzt. Die Verdichtung erfolgt in 3 gleichmäßigen Lagen. Danach wird durch Messen des Abstandes von der Oberkante des Proctortopfes zur Abdeckplatte das Volumen der verdichteten Gesteinsmenge ermittelt.

Dieser Versuch wurde im vorliegenden Fall in gleichbleibender Gesteinszusammensetzung 10-fach wiederholt.

Die Rütteldichte ρ_{AM} beschreibt die Dichte bei dichtester Lagerung des Gesteinsgemisches und wird ermittelt durch:

$$\rho_{AM} = \frac{m_{GK}}{V_{\text{verdichtete Probe}}} \left[\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right] \quad (1)$$

Mithilfe der Rütteldichte lässt sich im Anschluss der Hohlraumgehalt des Gemisches rechnerisch feststellen:

$$H_M = 100 \cdot \left(1 - \frac{\rho_{AM}}{\rho_p} \right) [\text{Vol.-%}] \quad (2)$$

ρ_p = Gesteinsrohndichte

70/100		
B-Überschuss [Vol.-%]	Volumen Bindemittel [Vol.-%]	Masse Bindemittel [M.-%]
0	16,65	7,20
1	17,48	7,60
2	18,28	8,00

Tabelle 3: Ermittelte Bindemittelgehalte unter Verwendung von Bitumen 70/100

20/30		
B-Überschuss [Vol.-%]	Volumen Bindemittel [Vol.-%]	Masse Bindemittel [M.-%]
0	16,65	7,34
1	17,48	7,75
2	18,28	8,15

Tabelle 4: Ermittelte Bindemittelgehalte unter Verwendung von Bitumen 20/30

Probe	rechnerisches Bindemittelvolumen [Vol.-%]	ermitteltes Bindemittelvolumen [Vol.-%]	Ermittelte Raumdichte [g/cm ³]
20/30			
0 Vol.-% B-Überschuss	16,65	16,59	2,379
1 Vol.-% B-Überschuss	17,48	17,45	2,371
2 Vol.-% B-Überschuss	18,28	18,35	2,363
70/100			
0 Vol.-% B-Überschuss	16,65	16,63	2,381
1 Vol.-% B-Überschuss	17,48	17,52	2,376
2 Vol.-% B-Überschuss	18,28	18,40	2,372

Tabelle 5: Auswertung rechnerischer und tatsächlicher Kenndaten



Ihr Weg aus der Budget-Krise!



Der VSI - Dünnschichtasphalt.
Günstig. Schnell. Nachhaltig.



VSI Sanierungs- und Baugesellschaft mbH
 Zschockestraße 1 · 67657 Kaiserslautern
 Telefon +49(0)631 310698-0 · E-Mail: info@vsi-gmbh.de
www.vsi-gmbh.de

Bindemittelsorte	Nadelpenetration [1/10 mm]	Erweichungspunkt Ring u. Kugel [°C]
20/30	29,0	60,2
70/100	80,0	47,2

Tabelle 6: Eigenschaften der eingesetzten Bitumen

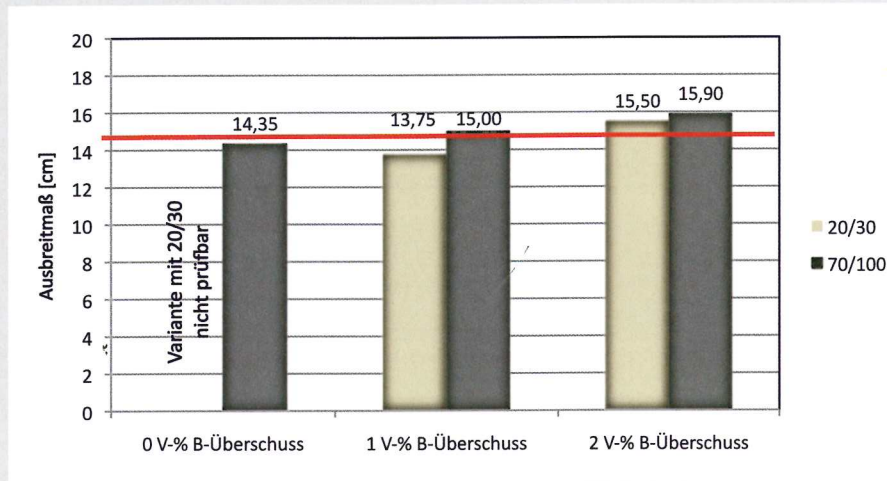


Bild 8: Verarbeitbarkeit der Gussasphalte bei 230 °C

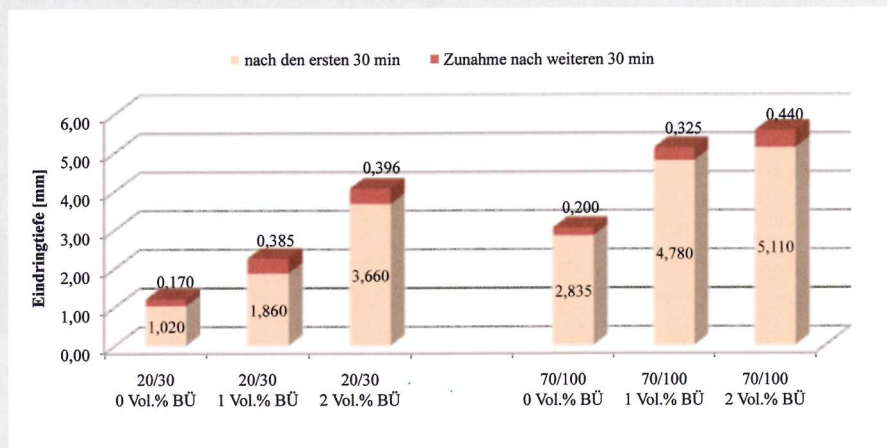


Bild 9: Ergebnisse zur Prüfung der statischen Stempleindringtiefe

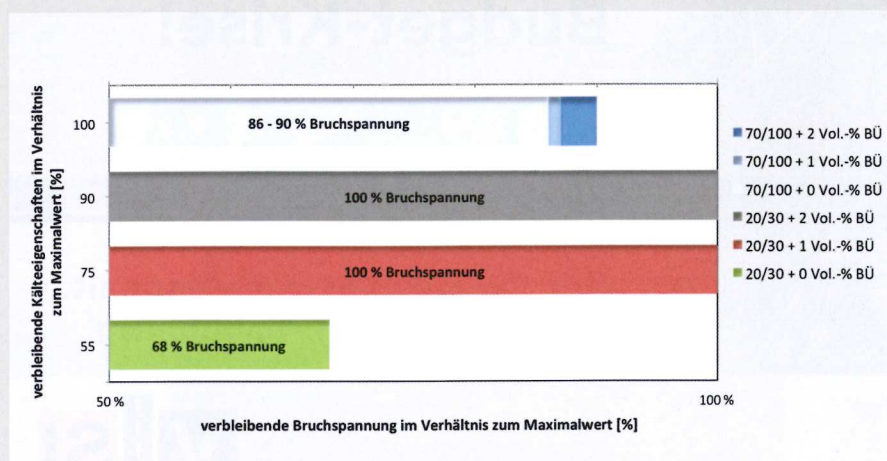


Bild 10: Auswertung der Abkühlversuche

Tabelle 2 fasst die Ergebnisse der ermittelten Rütteldichten und der zugehörigen Hohlraumgehalte zusammen. Die für die weiteren Betrachtungen zugrunde liegende Rütteldichte ergibt sich aus dem Mittelwert aller Einzelwerte.

7.2 Ermittlung der Bindemittelgehalte

Der Bindemittelüberschuss steht in folgendem rechnerischen Zusammenhang mit dem Hohlraumgehalt am Mineralstoffgerüst in dichtester Lagerung:

$$B_{\bar{v}} = 100 \cdot \frac{B_v - H_M}{100 - B_v} \quad [\text{Vol.-%}] \quad (3)$$

Mit bekanntem bzw. festgelegtem Bindemittelüberschuss lässt sich das erforderliche Bindemittelvolumen berechnen mit:

$$B_v = 100 \cdot \frac{B_{\bar{v}} + H_M}{100 + B_{\bar{v}}} \quad [\text{Vol.-%}] \quad (4)$$

Durch Umrechnung der volumetrischen Anteile nach Einbeziehung der Rohdichten der einzelnen Gussasphaltbestandteile kann über die gravimetrischen Verhältnisse leicht der erforderliche Bindemittelgehalt ermittelt werden.

Unter der theoretischen und leicht idealisierten Annahme, dass die Raumdichte des Gussasphaltes aufgrund nicht vorhandener Hohlräume seiner Rohdichte entsprechen muss, können durch Ermittlung dieser aus den Rohdichten der Einzelkomponenten die ermittelten Werte überschlägig geprüft werden mit:

$$B_v = B \cdot \frac{\rho_p}{\rho_B} \quad [\text{Vol.-%}] \quad (5)$$

ρ_b = Raumdichte Asphalt (Annahme: Rohdichte entspricht der Raumdichte)

B = Bindemittelgehalt

Die Ergebnisse, gegliedert nach jeweiliger Bindemittelsorte und gewähltem Bindemittelüberschuss, sind in den Tabellen 3 und 4 dargestellt.

An den in diesen Zusammensetzungen hergestellten Probekörpern wurden vor Durchführung von Performanceuntersuchungen volumetrische Kenndaten überprüft. Dafür wurden die Raumdichten durch Tauchwägung ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5 dargestellt.

Die Differenz der ermittelten Raumdichten weist einen Maximalwert von 0,003 g/cm³ zu den rechnerisch ermittelten jeweiligen Rohdichten auf. Die Abnahme der Raumdichten mit Anstieg des Bindemittelgehaltes ist eben-

falls Beleg für den zunehmenden Überschuss an Bitumen, der mittels Verfahren nach Rubach quantifiziert werden konnte.

8 Auswirkungen der Variationen des Bindemittelüberschusses auf die Performanceigenschaften des Gussasphaltes

Es sei darauf hingewiesen, dass Einflüsse auf die Verarbeitbarkeit, die Verformungsbeständigkeit sowie die Kälteeigenschaften durch Verwendung viskositätsverändernder Zusätze im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen nicht berücksichtigt wurden.

Die Kenndaten der verwendeten Bitumen sind in Tabelle 6 angegeben.

8.1 Verarbeitbarkeit

Die Verarbeitbarkeit der hergestellten Gussasphalte wurde durch ein Laborverfahren mithilfe des Hägermannsches (Sikinger, Simmleit et al. 2001) geprüft. Vorab wurde an einem subjektiv gut zu verarbeitenden Gussasphalt das Ausbreitmaß ermittelt, um einen Referenzwert zur Einordnung der Verarbeitbarkeit zu erhalten. In dieser Untersuchungsreihe konnten demnach alle Gussasphalte mit einem Ausbreitmaß ab 15 cm als gut verarbeitbar klassifiziert werden.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Herstellung aller Mischungen im Labormischer erfolgte. Aus der Praxis ist bekannt, dass Gussasphaltgemische erst durch das Rühren im Gussasphaltdocher den abschließenden Homogenisierungsprozess vollziehen und dann ihre optimale Verarbeitbarkeit erreichen. Es kann demnach davon ausgegangen werden, dass die Auswirkungen aus unterschiedlichen Bindemittelüberschüssen auf die Verarbeitbarkeit in der Praxis noch deutlicher sichtbar werden, als die im Labor ermittelten Werte es vermuten lassen.

Die dargestellten Werte belegen, dass Gussasphalte mit steigendem Bindemittelüberschuss bei gleichbleibender Temperatur erwartungsgemäß besser zu verarbeiten sind (Bild 8). Während die Gussasphaltgemische mit nicht vorhandenem Bindemittelüberschuss kaum oder gar nicht mehr verarbeitet werden können, wirkt sich bei einem 1-prozentigen Überschuss die geringere Viskosität positiv aus.

Das Mischgut mit einem Überschuss von 1 Vol.-% Bindemittel unter Verwendung von Bitumen 70/100 bewegt sich an der Grenze der Verarbeitbarkeit, während die mit Bitu-

men 20/30 hergestellte Probemischung eine ungenügende Verarbeitbarkeit aufweist. Anders stellt sich die Situation bei den Gemischen mit einem 2-prozentigen Bindemittelüberschuss dar. Beide Proben sind, unabhängig von der verwendeten Bindemittelsorte, fast identisch gut zu verarbeiten, die Ausbreitmaße steigen und nähern sich an. Es bestätigt sich, dass der Bindemittelüberschuss ab einer gewissen Größenordnung den überwiegenden Einfluss auf die Verarbeitbarkeit ausübt.

8.2 Widerstand gegen bleibende Verformungen

Dieser Teil der Untersuchungen bestätigt die Erwartung, dass auch die Verformungsbeständigkeit stark in Abhängigkeit vom Bindemittelüberschuss variiert und dass zudem die Bindemittelviskosität einen erheblichen Einfluss auf diese Eigenschaft ausübt.

Die Verformungsbeständigkeit nimmt mit steigendem Bindemittelüberschuss erwar-

tungsgemäß ab (Bild 9). Die Viskosität des Bindemittels wirkt sich, wie bekannt, bei Gebrauchstemperaturen nachhaltig auf die Verformungsbeständigkeit aus. Allerdings zeigen die Untersuchungen auch, dass mit weicheren Bitumen, wie in diesem Fall mit einem 70/100, nur ganz ohne Bindemittelüberschuss relativ gute Ergebnisse erreichbar wären. Allerdings würde die Verarbeitbarkeit in diesem Fall nicht mehr gegeben sein. Auf der anderen Seite bestätigte sich die gängige Praxis, dass mit höherviskosen Bindemitteln auch höhere Widerstände gegen bleibende Verformungen erreicht werden können. Dennoch belegen die Ergebnisse, dass auch unter Verwendung hochviskoser Bitumenkonstellationen Bindemittelüberschüsse von unter 2 Vol.-% angestrebt werden sollten, um eine sichere Verformungsbeständigkeit zu garantieren.

In diesem Zusammenhang sei noch einmal darauf verwiesen, dass die Optimierung der Verformungsbeständigkeit natürlich über die Eigenschaften der verwendeten Füller, aber auch durch die Zusammensetzung der fei-



Ihre Trauminsel

Verkehrsleitsysteme aus einer Hand

Inseln gibt es nicht nur im Wasser. Sie dienen im modernen Straßenbau sowohl als funktionales als auch als gestalterisches Instrument der Verkehrsführung.

Bei uns erhalten Sie die Komplettlösung für Ihr Projekt:

- ◆ Flachbordsteine
- ◆ Hoch- und Rundbordsteine
- ◆ Bordabsenkungen
- ◆ Sonderborde
- ◆ Inselköpfe
- ◆ getrennte Querungen
- ◆ barrierefreie Lösungen
- ◆ Bordstein-Klebetchnik

Hermann Meudt Betonsteinwerk GmbH
 Frankfurter Str. 38 · 56414 Wallmerod/Ww.
 Tel.: 06435 5092-0 · Fax: 06435 5092-25
 info@meudt-betonsteinwerk.de
 www.meudt-betonsteinwerk.de

MEUDT
 Hermann Meudt
 Betonsteinwerk GmbH

nen Gesteinskörnung beeinflusst wird. Inwieweit sich der Grenzbereich des Bindemittelüberschusses zwischen vorhandener und nicht vorhandener Verformungsbeständigkeit dann verschieben würde, müsste untersucht werden.

8.3 Verhalten bei tiefen Temperaturen

Die Resistenz gegen Rissbildungen als Folge thermisch induzierter Zugspannungen wurde über den Abkühlversuch (FGSV 2012) an zylindrischen Probekörpern geprüft. Da die hier zur Anwendung gekommenen Bindemittelvarianten nicht die gängige Praxis widerspiegeln, sondern ausschließlich die Auswirkungen der Bindemittelviskosität verdeutlichen sollen, wird die Auswertung der Ergebnisse auf die Angaben der prozentualen Differenzen innerhalb der einzelnen Mischgutzusammensetzungen beschränkt. Die geringste während der Untersuchungen aufgetretene Bruchtemperatur aller Proben wurde mit einer Kältebeständigkeit von 100 % bewertet.

Erwartungsgemäß weisen die Gussasphaltgemische mit dem niedrigviskosen Bitumen 70/100 auch die niedrigsten Bruchtemperaturen auf, aus denen eine sehr hohe Kältebeständigkeit abgeleitet werden kann (Bild 10). In Bezug auf die Bindemittelüberschüsse ist aber auffallend, dass sich diese kaum auf die Prüfergebnisse auswirken. Alle Werte dieser Bitumenreihe sind unabhängig vom vorhandenen Bindemittelüberschuss fast identisch. Es können keine Zusammenhänge aus dem Bindemittelüberschuss und der Bruchtemperatur abgeleitet werden.

Anders verhält es sich bei der Verwendung des hochviskosen Bitumens. Bei einem Bitumenüberschuss von 2 Vol.-% stellen sich Bruchtemperaturen ein, die zwar über den Varianten mit Bitumen 70/100 liegen, aber dennoch als ausreichend beständig gegen Kälte eingestuft werden können. Mit abnehmendem Bindemittelüberschuss ist aber eine deutliche Reduzierung der Kältebeständigkeit verbunden. Während die Variante mit 1 Vol.-% Bindemittelüberschuss nur noch eine Bruchtemperatur von 75 % der Variante mit 2 Vol.-% erreicht, verliert die Variante mit 0 Vol.-% Bindemittelüberschuss 45 % der Kältebeständigkeit auf das günstigste Gemisch.

9 Empfehlungen zur Festlegung des Bindemittelüberschusses

Die bei den Laboruntersuchungen ermittelten Ergebnisse lassen Empfehlungen für das Maß eines optimalen Bindemittelüberschusses in Abhängigkeit von den zu erwartenden Beanspruchungen zu. Zur Gewährleistung guter Verarbeitbarkeit und ausreichender Kälteeigenschaften ist für höherviskose Bitumen ein Bindemittelüberschuss von etwa 1,0 Vol.-% bei 25 °C erforderlich. Bei Bindemittelüberschüssen mit Werten über 1,5 Vol.-% sind die Kälte- und Verarbeitungseigenschaften nochmals verbessert, der Widerstand gegen bleibende Verformungen nimmt aber stark ab. Für Verkehrsflächen mit geringerer Beanspruchung könnte demnach ein Bindemittelüberschuss bis max. 2 Vol.-% bei 25 °C angestrebt werden.

10 Zusammenfassung

Die Vorgaben zur Bindemittelgehaltsbestimmung von Gussasphalt über B_{min} in den TL Asphalt-StB 07/13 zur Konzeption dieses Mischgutes sollten diskutiert werden. In der Praxis zeigt sich, dass es i. d. R. eines signifikant abweichenden Bindemittelgehaltes bedarf, da der minimal notwendige Bindemittelgehalt über die Verarbeitbarkeit des Gussasphaltes festgelegt werden muss. Hieraus ergibt sich ein notwendiger Bindemittelüberschuss im Gussasphaltgemisch, der auch das Verformungsverhalten und die Kälteeigenschaften beeinflusst. Ziel einer jeden Gussasphaltkonzeption sollte es demzufolge sein, den notwendigen Bindemittelgehalt über Anforderungen an den Bindemittelüberschuss festzulegen. Zur Bestimmung des Bindemittelüberschusses muss der jeweilige Hohlraumgehalt des Gesteinskörnungsgemisches bei dessen dichtester Lagerung bekannt sein. Dieser lässt sich z. B. über das Verfahren nach Rubach in praxisorientierter Schnelligkeit und guter Genauigkeit ermitteln. Im Sinne einer hohen Verformungsbeständigkeit sollte der Hohlraumgehalt des Gesteinskörnungsgemisches bei dichtester Lagerung möglichst klein sein.

Abhängig von den prognostizierten Beanspruchungen könnten auch Anforderungswerte an den Bindemittelüberschuss festgelegt werden.

Der daraus resultierende notwendige Bindemittelgehalt gilt für diesen Fall als Bopt und sollte als Ausgangspunkt zur endgültigen

Bindemittelgehaltsbestimmung im Rahmen der Erstprüfung dienen. Aspekte, die sich aus den Eigenschaften der Füller sowie den feinen und groben Gesteinskörnungen ergeben, sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Literaturverzeichnis

Duscha, S. (2016): Auswirkungen unterschiedlicher Bindemittelvolumen und Bindemittelsorten auf die Gebrauchseigenschaften von Gussasphalt, Bachelorarbeit, Beuth Hochschule für Technik Berlin

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2014): Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen (TL Asphalt-StB 07/13), Ausgabe 2007/Fassung 2013, FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2014): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB 07/13), Ausgabe 2007/Fassung 2013, FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2008): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB 07), Ausgabe 2007, FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2008): Technische Prüfvorschriften für Asphalt (TP Asphalt-StB) – Teil 20: Eindringtiefe an Gussasphaltwürfeln, Ausgabe 2007, FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2012): Arbeitspapier Tieftemperaturverhalten von Asphalt, Teil 1: Zug- und Abkühlversuche, FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2016): Empfehlungen zur Klassifikation von viskositätsveränderten Bindemitteln (E KvB), FGSV Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V. (1960): Technische Vorschriften und Richtlinien für den Bau bituminöser Fahrbahndecken (TV bit 6/60), Teil 6: Gußdecken, Ausgabe 1960, Köln

Jannicke, B.; Rode, P.; Sikinger, T.; Müller, M. (2016): Deckschichten aus Gussasphalt – Ein Beitrag zur Stauvermeidung und Kostenreduzierung, Straße und Autobahn 9/2016, S. 763–764. Kirschbaum Verlag, Bonn

Lubach, A. (2016): Studie zur Nachhaltigkeit von hochbelasteten Gussasphaltdeckschichten auf Bundesfernstraßen, Masterarbeit, Beuth Hochschule für Technik Berlin

Rubach, K. (1994): Hohlraumgehalt von Mineralstoffgemischen für Gussasphalt, asphalt 1/95, S. 43–44

Schellenberg, K.; Schellenberg, P. (2001): Optimierung der Zusammensetzung und der Eigenschaften von Gussasphalt an einem Beispiel, Bitumen 2/2001, S. 56–60

Schulze, K. (1964): Technologische Besonderheiten der Gussasphalt-Estriche, Bitumen 8/1964

Sikinger, T.; Simmleit, N.; Mertens, N.; Hoscheid, R. (2001): Einfaches Verfahren zur Bestimmung der Verarbeitbarkeit von Gussasphalt, Bitumen 4/2001, S. 144–146