

Temperaturabsenkung verformungsbeständiger Gussasphalte Konzeptionelle Möglichkeiten und Grenzen



Dipl.-Ing. Marco Müller

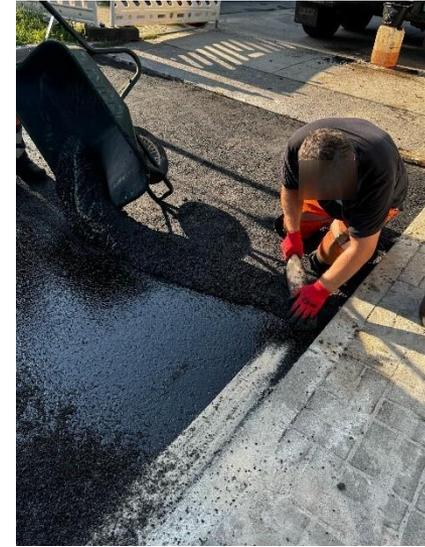
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für „Asphaltbauweisen im Straßenbau“



Carl Ungewitter

Trinidad Lake Asphalt GmbH & Co. KG





Gussasphalt sollte auch zukünftig prozesssicher und unter Wahrung seiner herausragenden Qualitätsmerkmale hergestellt und eingebaut werden können und darf nicht zu einer „Schönwetterbauweise“ degradiert werden!

- Gussasphalt muss im Einbauzustand eine fließfähige Beschaffenheit aufweisen, wodurch eine gute Verarbeitbarkeit ermöglicht wird (auch unter schwierigen Randbedingungen).
- Konzeptionelle Merkmale und **Einbautemperatur** des Mischgutes sind in Abhängigkeit der Verarbeitbarkeit (...und weiterer Anforderungen) so zu wählen, dass immer...



... anforderungsgerechte und gleichmäßig gute Oberflächeneigenschaften des Gussasphaltes durch den Einbau sichergestellt werden können.

- Die deutschen Regelwerke (TL und ZTV Asphalt-StB 07/13), wie auch deren Nachfolgeregelwerke (TL und ZTV Asphalt-StB 25) berücksichtigten diese Notwendigkeit NICHT.

- Die thermoviskosen Eigenschaften von Bitumen werden während der Herstellung, während des Einbaus und während der anschließenden Verkehrsbeanspruchungen gezielt eingesetzt!

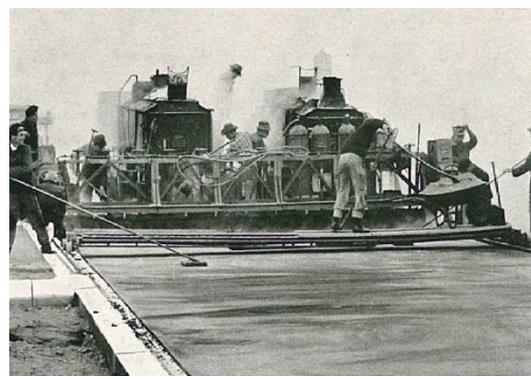


Hohe Viskosität der Mörtelphase während der Nutzungsdauer (Verwendung hochviskoser Bitumen für Gussasphalt „S“).

Möglichst geringe Viskosität der Mörtelphase während des Einbaus (Hochviskose Bitumen müssen in fließfähigem Zustand sein).

„Heißes“ Thema: Temperaturabsenkung MA – Warum?

1. Arbeitsschutz: Reduktion von Dämpfen und Aerosolen



- bis 2008: Einbautemperatur MA max. 250 °C
- seit 2009 MA bei max. 230 °C

Wissenschaftlich bestätigt:

(Ratten Inhalationsstudie, Mäusehaut- Pinselungsstudie, Humanstudie, arbeitsmed. Studien,...):

- Bitumendämpfe verursachen keine Gesundheitsschäden
- Aber: Mögliche Atemwegsreizungen können durch eine reduzierte Aufnahme von Dämpfen und Aerosolen verringert werden.

1. Arbeitsschutz:

- Stärkere Fokussierung auf **Immissionen**, weniger auf **Emissionen** !
- unterschiedliche Dampf-
ausbreitung in Abhängigkeit
der jeweiligen Arbeitsplatz-
position



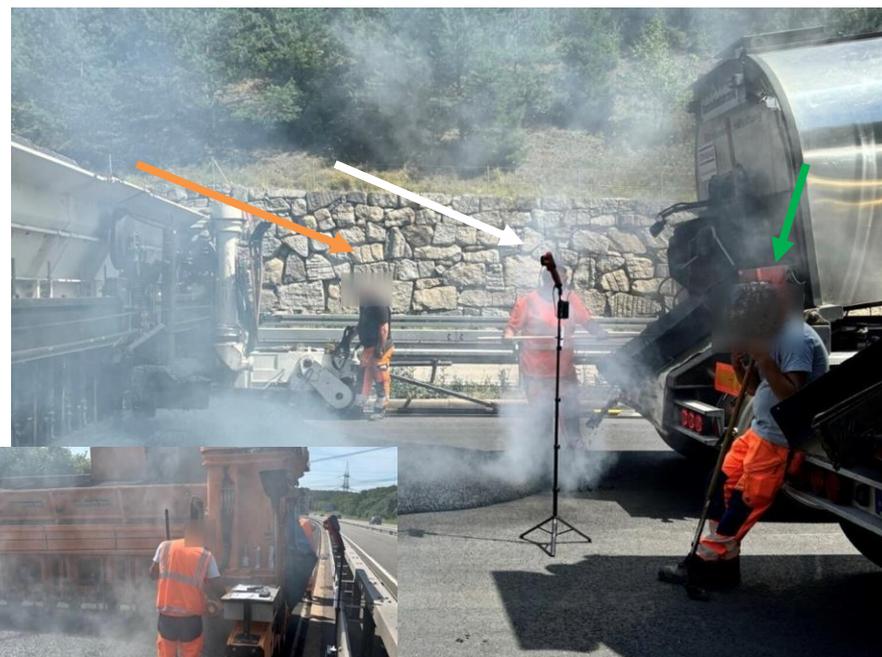
Bohle
FR rechts



Zapfer



Bohle
FR links

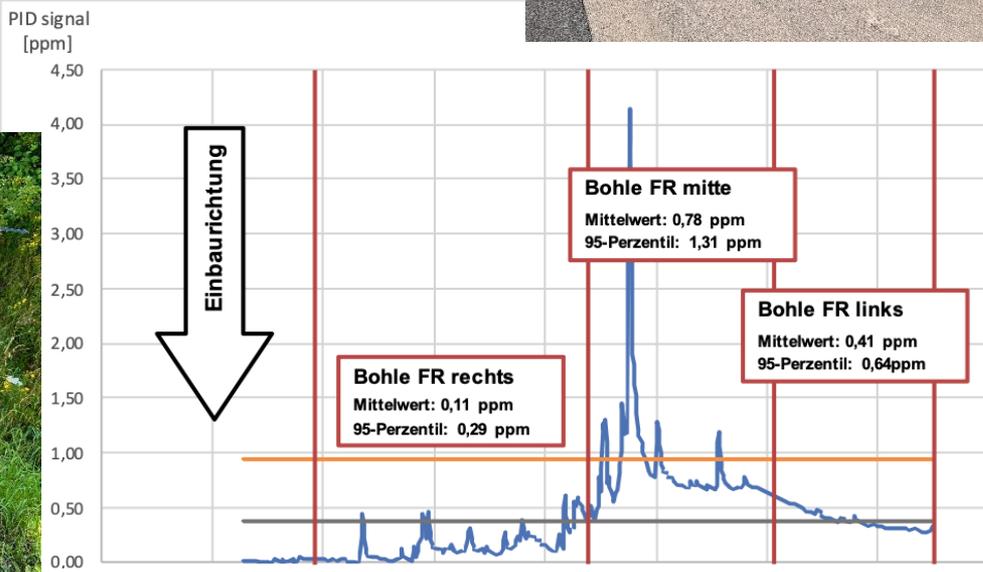


Tendenzielle
Windrichtung

Messung Dämpfe (PID/Wind)



Anzahl Messungen	1082
Maximalwert [ppm]	4,14
Minimalwert [ppm]	0,00
Mittelwert [ppm]	0,37
95-Perzentil [ppm]	0,94



— Messdaten PID — Mittelwert — 95-Perzentil

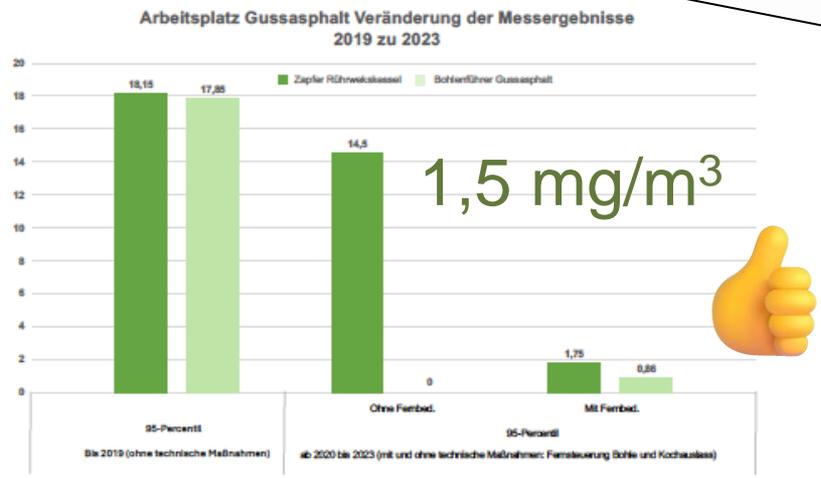
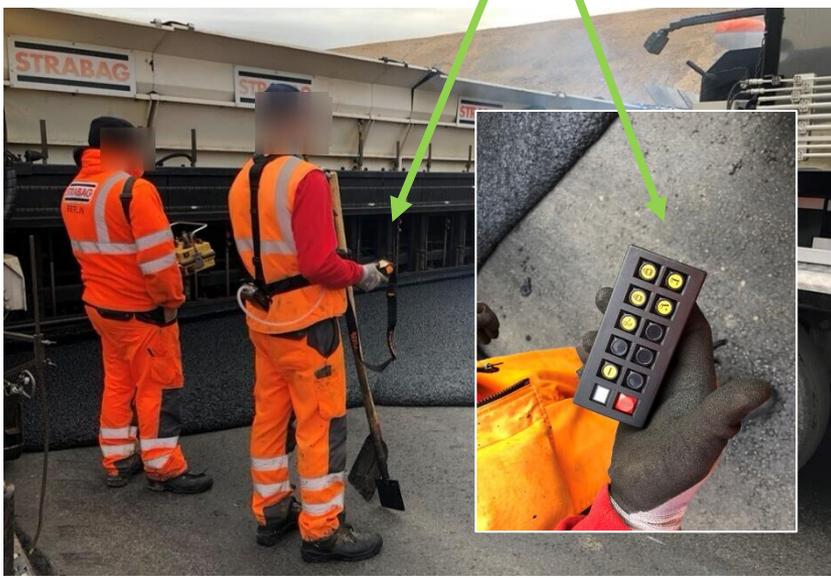
Windrichtung: Süd Südwest
Mittelwert: 4,27 km/h



Quelle: Eigene Messungen, 2024

1. Arbeitsschutz: Klärung mit den ZTV Asphalt-StB 25

- Zur Einhaltung der Arbeitsschutzbestimmungen müssen alle Rührwerkskessel mit einem fernbedienbaren Auslass und alle Einbaubohlen mit einer Fernsteuerung ausgerüstet sein.



Quelle: Wählen, Bauindustrieverband NRW

- Zusätzliche Arbeitsplatzrotation sinnvoll (Windverhältnisse)



2. Umweltschutz: Freisetzung von CO₂-Äquivalenten

- Energieeinsparpotenzial bei ca. 30 K TA:
ca. 0,9 l Heizöl (Quelle DAV) bei ca. 8 l Energiebedarf/t Asphalt
- CO₂e Ausstoß-Anteil Asphaltproduktion (A 3) am gesamten Asphaltherstellungsprozess (A 1 – A 5):
ca. 33 % (Quelle S. Gohl, Makadam Labor Schwaben)
- CO₂e-Einsparpotenzial bei 30 K TA insgesamt:
ca. 4 %



Deutlich effizienter als eine weitere Temperaturreduzierung:

- konsequente Wiederverwertung von (Guss)Asphaltgranulat
- alternative Energieträger
- Trockenlagerung Gesteinskörnung/RC
- kürzere Transportwege
- Einsatz langlebiger Asphaltdeckschichten aus...



...Gussasphalt – langlebige Deckschichten



Berlin
A 100



Worringen (NRW)
A 57



Quelle: Lubach, Masterarbeit, BHT Berlin

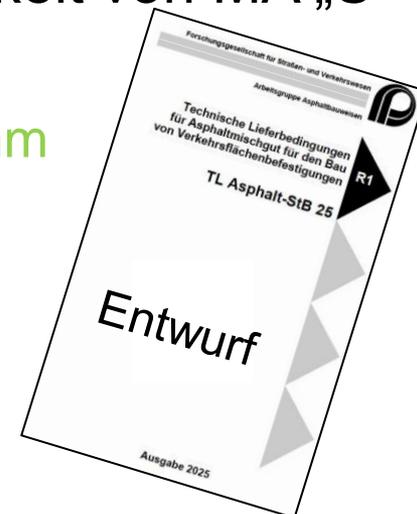


Quelle: Senatsverwaltung Berlin



Nutzungszeit
jeweils > 50 Jahre !!

- Die Bauweise Gussasphalt hat sich seit 2009 verändert
- Mit Einführung der TL/ZTV Asphalt-StB 25 werden in Deutschland weitere Anpassungen an die Verformungsbeständigkeit von MA „S“ erfolgen:
 - stat. Eindringtiefe (40 °C) TL Asphalt von 3,0 auf 2,0 mm
 - Eignungsnachweis: stat. Eindringtiefe bei 60 °C (ohne Anforderung)



Verfahren B
ZTV Asphalt StB 25:
 $d_{\max} = 3,0 \text{ cm}$
Kein Walzeneinsatz

Anhebung
Verformungsbeständigkeit

- härtere Bitumen
- weniger Bitumen
- mehr Brechsand, ...

Temperaturreduzierung
Herstellung/Einbau
von 250 auf 230 °C
...und zukünftig ?????

- Erhöhte Anforderungen an den Einbau
- Qualitätsrisiken steigen

- Hohlraumreiche Unterlagen, Feuchtigkeit, schlechte Witterung und geringe Schichtdicken ohne Walzeneinsatz sind Herausforderungen für den Gussasphalteinbau.
 - Insbesondere bei kritischen Randbedingungen müssen die Viskosität des Gussasphaltes (Mörtels) sowie die „gespeicherte“ thermodynamische Energie „kompensierend“ wirken können.

Eine angemessenen „hohe“ Gussasphalttemperatur ist deshalb essenziell für:

- Oberflächeneigenschaften („Glatzenbildung“, „Lochfraß“)
- Vermeidung von Blasen- und Kanülenbildungen
- flächendeckend vorhandenen Schichtenverbund
- das Einbauverhalten (Verarbeitbarkeit, Ebenheit)



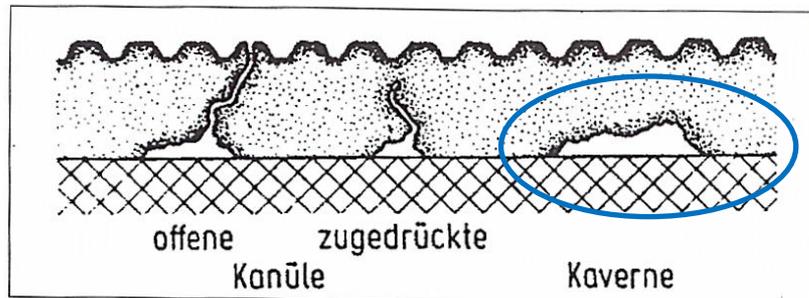
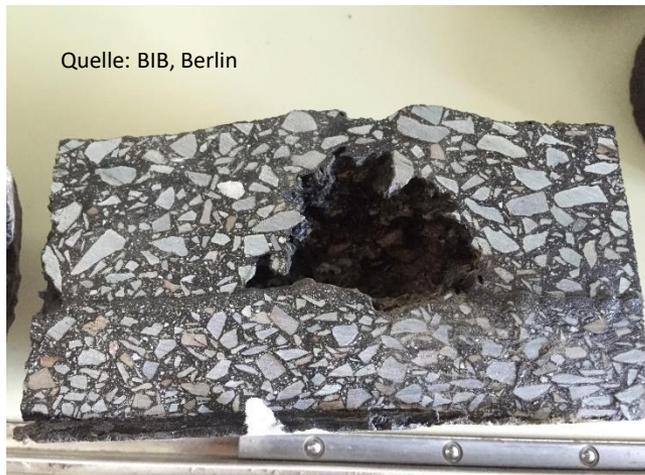
Oberflächeneigenschaften – nur ein optischer Makel??



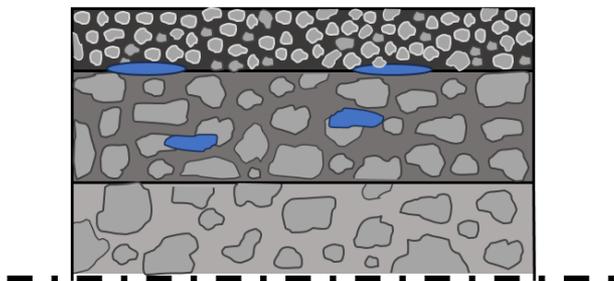
Oberflächeneigenschaften – nur ein optischer Makel??



Blasen- und Kanülenbildung



Quelle Darstellung: Grätz et al., asphalt 02/2011



Ursache: Wasser auf der Unterlage!



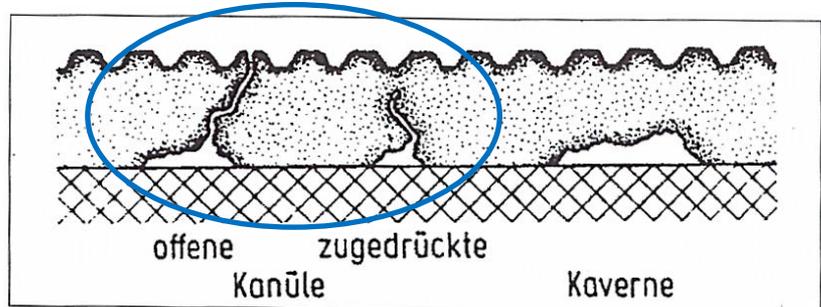
Blasen- und Kanülenbildung



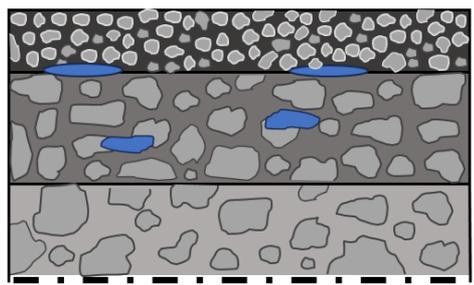
Quelle: ASPHALTA, Berlin



Quelle: ASPHALTA, Berlin



Quelle Darstellung: Grätz et al., asphalt 02/2011



Ursache: Wasser auf oder in der Unterlage!

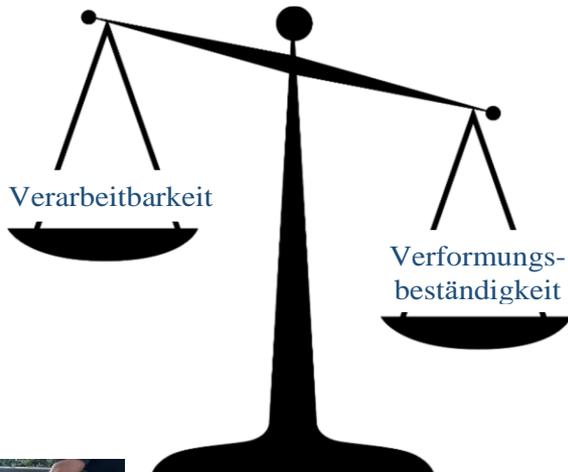
Probleme beim Schichtenverbund, ein bisher unbekanntes Gussasphaltphänomen.

Ursachen:

- Feuchtigkeit
- geringe Schichtdicken
- Temperatur Gussasphalt/Unterlage
- fehlender Walzeneinsatz



Konzeptioneller Konflikt



Quelle: <http://ostfriesisches-klinik-journal.org>

- Temperaturen runter!?
- Verformungsbeständigkeit rauf!?

Für den Einbau verfügbares Bindemittelvolumen

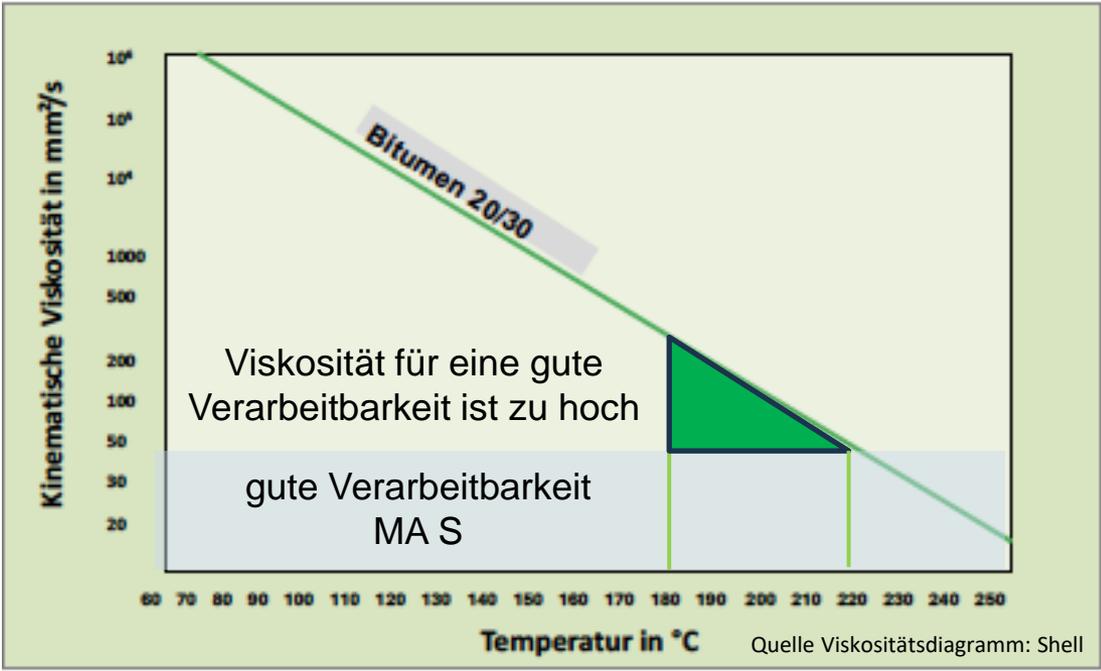
$$B_V = \frac{B * \rho_b}{\rho_B}$$

Die Dichte des Bitumens sinkt mit zunehmender Temperatur

MA 8 S von 230 °C auf 180 °C:
Verlust (für den Einbau) von
≈ 0,7 Vol.- % Bitumen



Bindemittel (Mörtel)-Viskosität



Quelle Viskositätsdiagramm: Shell

Prüfung und Bewertung der Verarbeitbarkeit in situ



Temperatur der Kocher	Verweildauer					
	1h	3h	6h	8h	10h	12h
200 °C	6	6	6	6	6	6
230 °C	2	2	2	3	3	3
260 °C	1	1	1	1	1	1

3

Anforderung an das Ausbreitmaß
(Festlegung eines erfahrenen Spachtlers)

Verarbeitbarkeit = 40 cm, gemessen nach 1 min

Quelle: Bachelorarbeit Galimzanow
BHT Berlin

Zielstellung:

Ermittlung des tendenziellen Einflusses der gewählten Additive auf die Verarbeitbarkeit und das Temperaturabsenkungspotenzial einer bewährten verformungsbeständigen Gussasphaltrezeptur.

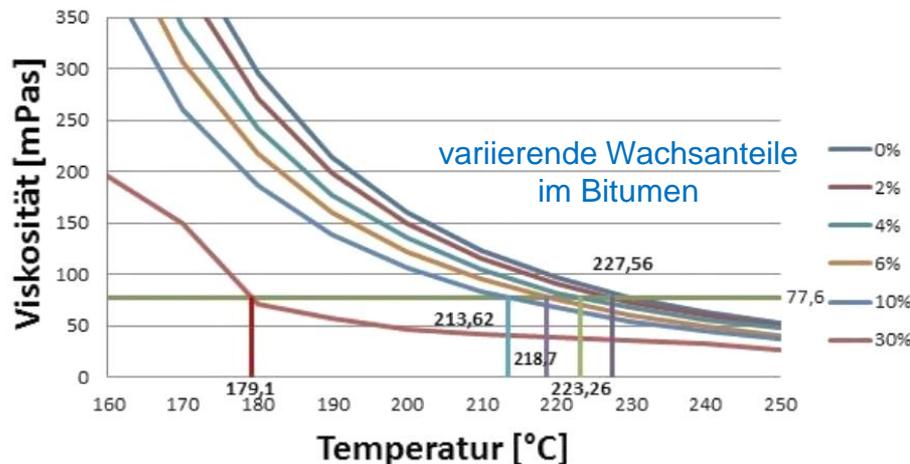
- 1) Referenz: MA 8 S Bitumen 15/25 VL (wachsmodifiziert)
- 2) MA 8 S 15/25 VL + TE (Kombi bewährt für MA S seit 2009)
- 3) MA 8 S 15/25 VL + TE + chemischer Zusatz
- 4) MA 8 S 15/25 VL + TE + mineralischer Zusatz (Zeolith)
- 5) und weitere) ...



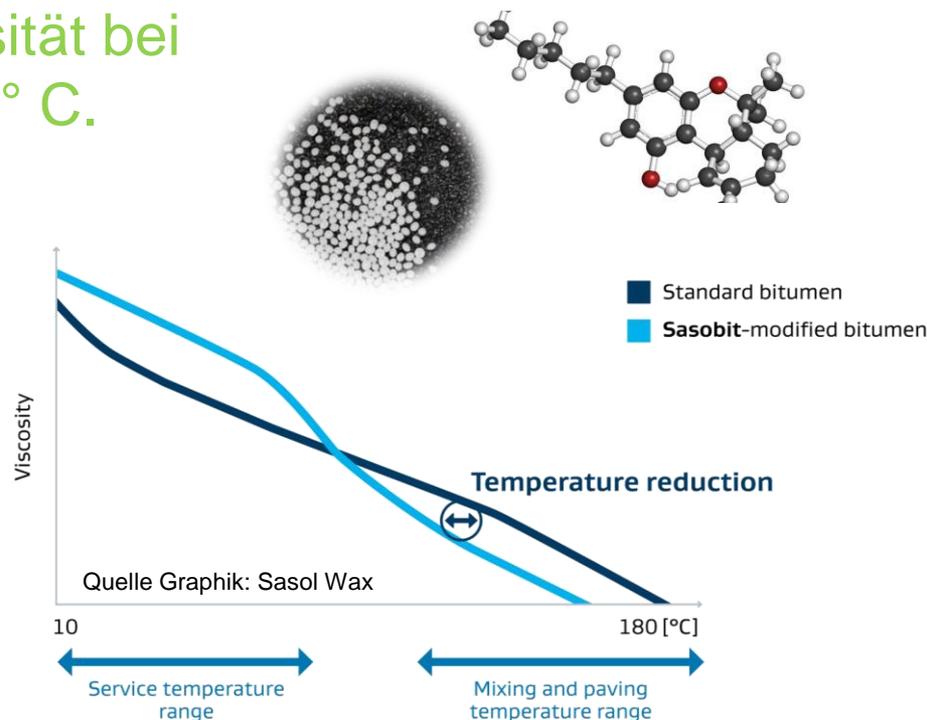
Organische Zusätze:

Reduzieren nachhaltig die Viskosität bei Mischguttemperaturen ab ca. 80 ° C.

- FT-Wachse
- Montanwachse
- Fettsäureamide
- PE-Wachse

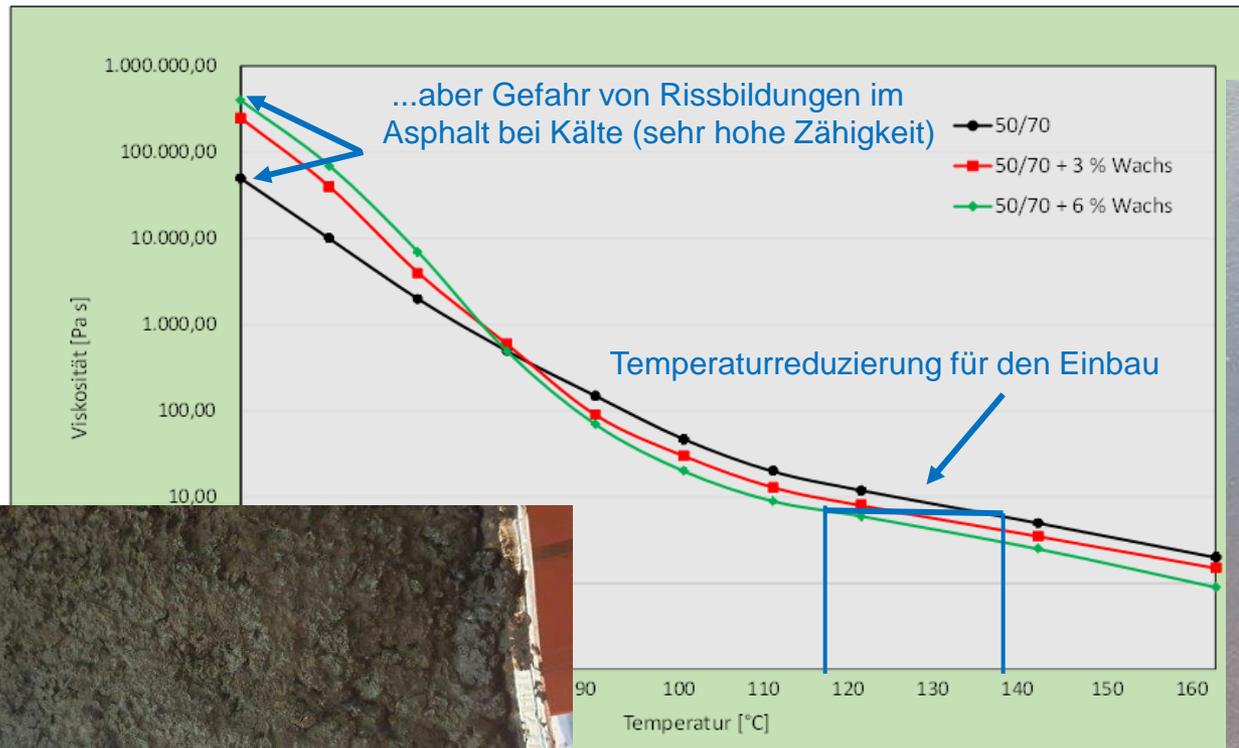


Quelle: Diplomarbeit Stoyanov, TU Wien 2016, <https://repositum.tuwien.at/>



Hohe Menge an organischen Zusätzen (ca. 30 M.-%) erforderlich, um eine Einbautemperatur von ca. 180 °C zu erreichen.

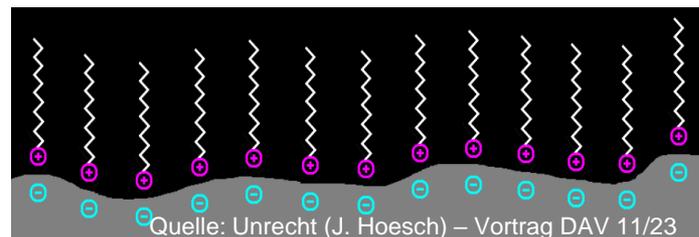
- Eine ausgeprägte Übermodifizierung mit organischen Zusätzen führt zur nachteiligen Versteifung des Gussasphaltmörtels bei Gebrauchstemperaturen. Die elastischen Verformungsanteile/Rissanfälligkeit nehmen zu.



Quelle Werte Graphik: Wistuba, TU Braunschweig

Chemische Zusätze:

- ...reduzieren die Grenzflächenspannungen zwischen der Gesteinsoberfläche und dem Bindemittel.

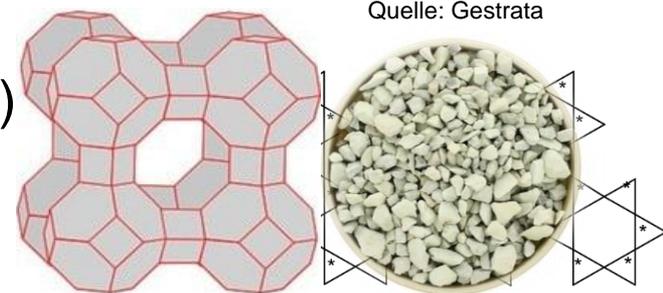


Die Verarbeitungswiderstände werden herabgesetzt.

- Keine Veränderungen der rheologischen Bitumeneigenschaften

Mineralische Zusätze (Zeolithe):

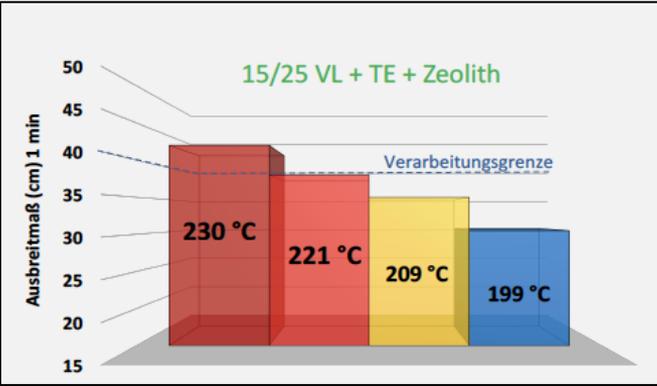
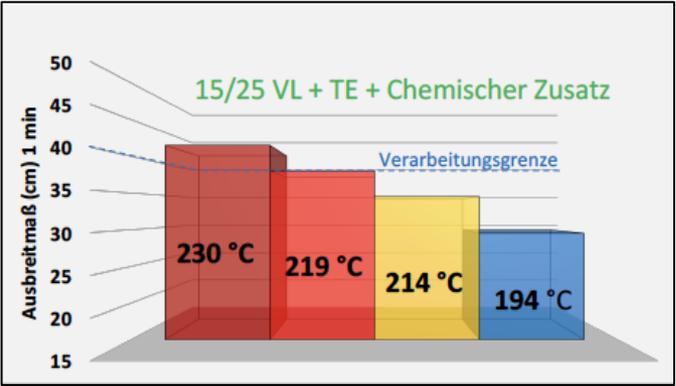
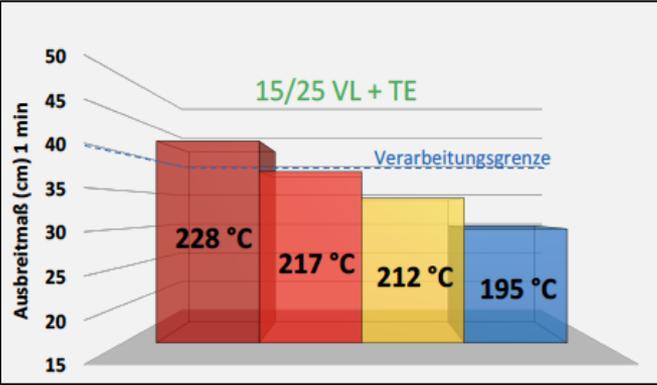
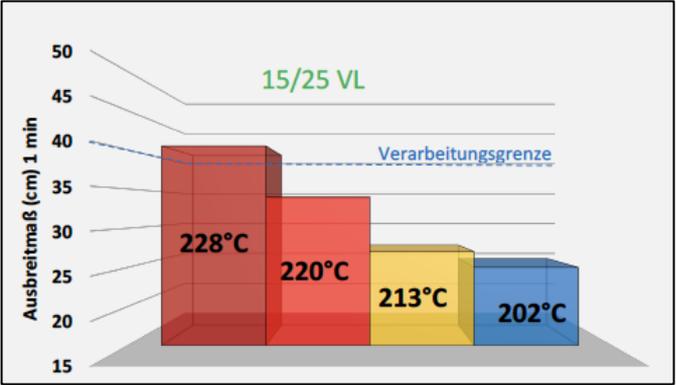
- Natrium-Aluminium-Silikate geben bei Temperaturen über 100 °C kontinuierlich Wasser ab (Schaumbildner, auch Schaumbitumen möglich?)
Das Bindemittelvolumen wird dadurch temporär erhöht.



- Keine Veränderungen der rheologischen Bitumeneigenschaften

- Im Trinidad-Epuré-Füller befinden sich ebenfalls natürliche zeolithähnliche Bestandteile. Auch bei dessen Verarbeitung (ab 130 °C) wird Kristallwasser freigesetzt.

MA 8 S: 8,1 M.- % 15/25 VL
 Stat. EDT 40 °C: 1,5 mm
 (Zunahme 0,2 mm)



Rührzeit im Kocher: ca. 60 min je Variante

Erkenntnisse aus dem Feldversuch

- Alle untersuchten Gussasphaltvarianten waren bei 230 °C gut verarbeitbar.
- Die gewählten Additive haben sich positiv auf die Verarbeitbarkeit ausgewirkt.
- Doppelmodifizierungen können sich zusätzlich positiv auf die Verarbeitbarkeit auswirken.
- Die Verarbeitbarkeit bleibt aber stark von der Temperatur abhängig.
- Die Dampfentwicklung reduziert sich mit abnehmender MA - Temperatur



- Allerdings konnte keine der erprobten Gussasphaltrezepturen bei Temperaturen unter 200 °C eine gute Verarbeitbarkeit aufweisen!

- Bei Zunahme der Mörtelviskosität des Gussasphaltes (z. B. durch Temperaturverlust) erhöht sich die Bedeutung des Bindemittelgehaltes (Bindemittelvolumens)!

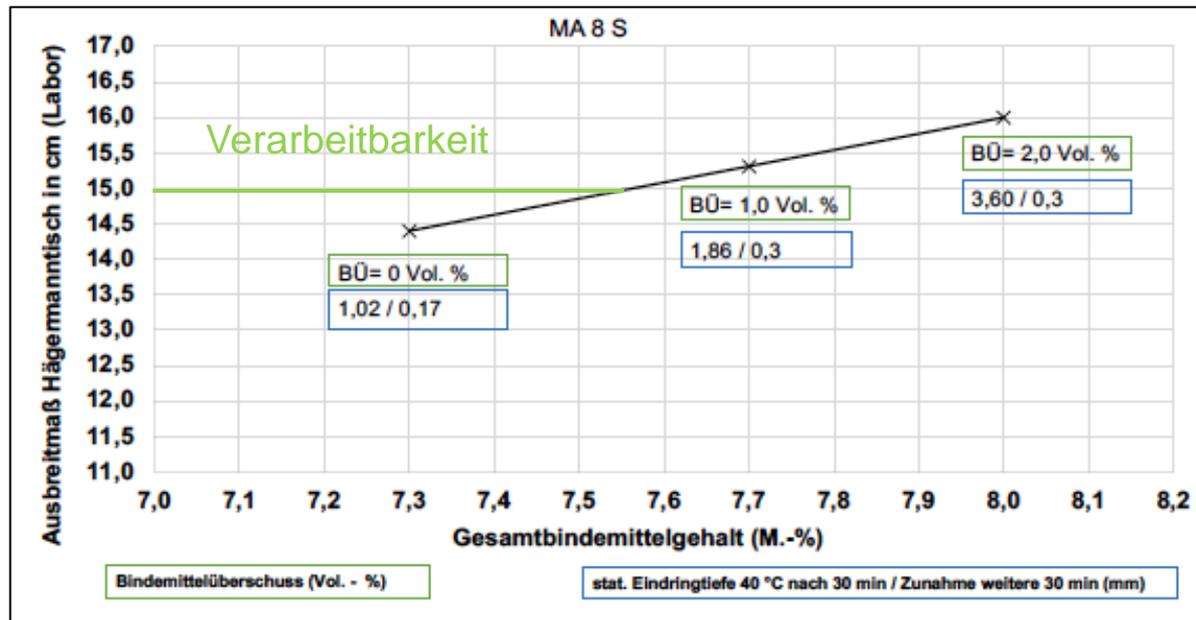
$$B_{\ddot{U}} = 100 * \frac{B_V - H_M}{100 - B_V} \quad [Vol. -\%]$$

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

Ermittlung der Rütteldichte ρ_{AM} mit einem modifizierten Proctorhammer (nach Rubach)



- Verarbeitbarkeit und Verformungsbeständigkeit des Gussasphaltes werden bereits in der Konzeptionsphase (Erstprüfung) durch genaue Kenntnis der Werte $B_{\ddot{U}}$ + H_M besser bewertbar.



Quelle: Bachelorarbeit Üzum, BHT Berlin

Gute Verarbeitbarkeit
ab $B_{\ddot{U}} \approx 0,5 \text{ Vol. - \%}$

H_M optimal
(für verformungsbest. MA)
 $16,0 - \text{max. } 18,0 \text{ Vol. - \%}$

Auszug Erstprüfung MA 8 S

Mischung:		Bk3,2 – BK100	Soll
Bindemittelanteil gesamt	M.-%	7,40	mind. 6,9
Bindemittelanteil gesamt	M.-Teile	7,99	
Mischguteigenschaften			
Rohdichte	g/cm ³	2,394	
Raumdichte	g/cm ³	2,379	
Hohlraumgehalt	MPK V Vol.-%	0,6	
Mineralstoffanteil	Vol.-%	82,2	
Bindemittelanteil	Vol.-%	17,1	
TP Asphalt-StB, Teil 20; 500/40			
Statische Eindringtiefe nach 30 min in mm		1,4	1 – 3
Statische Eindringtiefe nach 60 min in mm		1,6	
Zunahme der Stempeleindringtiefe in mm		0,2	max. 0,4
Dynamische Stempeleindringtiefe in mm		0,9	
Rohdichte Gesteinskörnungsgemisch	g/cm	2,679	
Dichte des Bindemittels DIN 52004	g/cm ³	1,030	
Erweichungspunkt RuK am zugegebenen BM	°C	71,6	
Erweichungspunkt am rückgewonnenen Bindemittel	°C	77,8	

Auszug Erstprüfung MA 8 S

Mischung:		Bk3,2 – BK100	Soll
Bindemittelanteil gesamt	M.-%	7,40	mind. 6,9
Bindemittelanteil gesamt	M.-Teile	7,99	
Mischguteigenschaften			
Rohdichte	g/cm ³	2,394	
Raumdichte	g/cm ³	2,379	
Hohlraumgehalt	MPK V Vol.-%	0,6	
Mineralstoffanteil	Vol.-%	82,2	
Bindemittelanteil	Vol.-%	17,1	
TP Asphalt-StB, Teil 20; 500/40			
Statische Eindringtiefe nach 30 min in mm		1,4	1 – 3
Statische Eindringtiefe nach 60 min in mm		1,6	
Zunahme der Stempeleindringtiefe in mm		0,2	max. 0,4
Dynamische Stempeleindringtiefe in mm		0,9	
Rohdichte Gesteinskörnungsgemisch	g/cm	2,679	
Dichte des Bindemittels DIN 52004	g/cm ³	1,030	
Erweichungspunkt RuK am zugegebenen BM	°C	71,6	
Erweichungspunkt am rückgewonnenen Bindemittel	°C	77,8	

$$B_{\ddot{U}} = 100 * \frac{B_V - H_M}{100 - B_V} \quad [Vol. -\%]$$

negativer
Bindemittelüberschuss

Tatsächlicher $B_{\ddot{U}}$:
- 0,6 Vol.-%!

Die Rütteldichte (Verfahren Rubach) wurde als Mittelwert aus 10 Einzelversuchen mit 2,206 g/cm³ bei einem zugehörigen Hohlraumgehalt am Mineralstoffgemisch von 17,6 Vol.-% bestimmt.

- Der Arbeitsplatzgrenzwert ($1,5 \text{ mg/m}^3$) kann für Gussasphalt bei Einbautemperaturen von $200 - 230 \text{ °C}$ unter Berücksichtigung der Anforderungen ZTV Asphalt-StB 25 (Fernsteuerung Bohle und Kocherauslass) eingehalten werden.
- Das CO_2e -Einsparpotenzial durch eine weitere Temperaturreduzierung ist im Vergleich zu alternativen (nachhaltigeren) Maßnahmen eher gering.
- Reduzierte Gussasphalt-Einbautemperaturen erhöhen die Gefahr von Qualitätsverlusten (Oberflächenbeschaffenheit, Blasen, Schichtenverbund).
- Geeignete Zusätze unterstützen die Verarbeitbarkeit von Gussasphalt und erhöhen den Spielraum der Temperaturreduzierung.

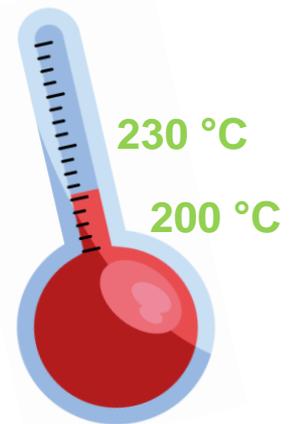


- Einbautemperaturen $MA < 200 \text{ °C}$ sind mit dem Ziel einer hohen Prozesssicherheit schwer zu vereinbaren.
- Das „Ausbreitmaß mit dem Trichter“ ermöglicht eine objektive Aussage über die Verarbeitbarkeit von Gussasphalt auf der Baustelle.
- Die Verarbeitbarkeit von Gussasphalt wird unzureichend im Zuge der Konzeption (Erstprüfung, Regelwerksanforderung) betrachtet.
- Volumetrische Betrachtungen (Bindemittelüberschuss, Hohlraum am Gesteinsgerüst) ermöglichen die Optimierung der Gussasphaltrezeptur und eine bessere Einschätzung der Gussasphalt – Gebrauchseigenschaften (besonders bei MA S).

Prämisse ??

Gussasphalt sollte auch zukünftig prozesssicher und unter Wahrung seiner herausragenden Qualitätsmerkmale hergestellt und eingebaut werden....

- keine Forderung MA S: Einbautemperatur < 200 °C
- Einsatz einer kleinen Tandemwalze prüfen – bei jeder Witterung
- weitere Anpassungen Abstreumaterial (FI/SI₅; Gk 1/3)
- Konzeptionelle volumetr. Regelwerksanforderungen
- Gussasphalt 2-lagig ?
- Anforderungen an das Ausbreitmaß auf der Baustelle



Quelle Graphik:
de.freepik.com



Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!

Sehr gern beantworte ich Ihre Fragen!
marco.mueller@ungewitter.de