

Praxiserfahrungen mit temperaturabgesenkten Asphalten

Stephan Ninnig



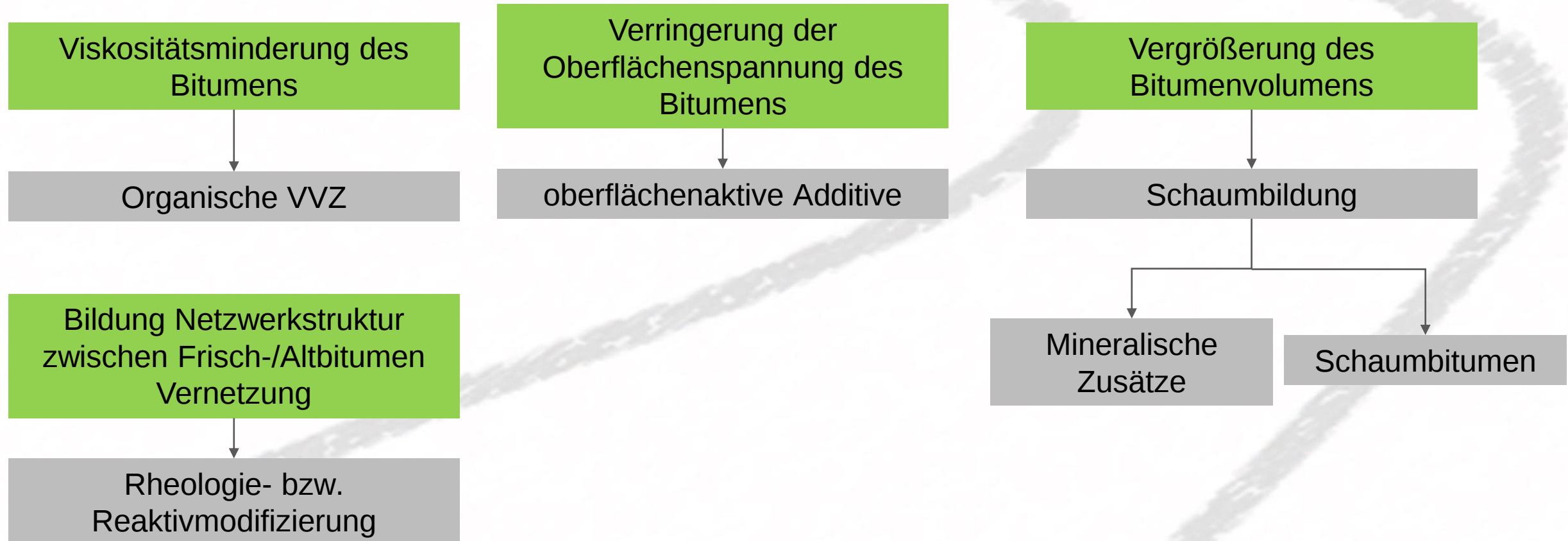
Niedrigtemperatur- Asphalt

Dipl.-Ing. Stephan Ninnig

- Begriffsbestimmung
 - Aufgabenstellung
 - Lösungen

- Weniger Dämpfe und Aerosole beim Einbau
 - weniger Emissionen an der Mischanlage
 - geringerer Energieverbrauch
 - Reduzierung der CO₂-Produktion
 - geringerer Anlagenverschleiß
- kaum Alterung des Bindemittels bei Produktion und Einbau
 - Verbesserung der Gebrauchseigenschaften

Verfahren zur Herstellung von temperaturabgesenktem Asphalt

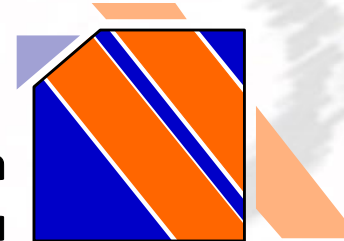


B270 Waldfischbach - B2Last – August 2020

Asphaltemischwerk Landau Juchem KG



**Gerst & Juchem
Asphaltbau**



B270 Waldfischbach - B2Last – August 2020

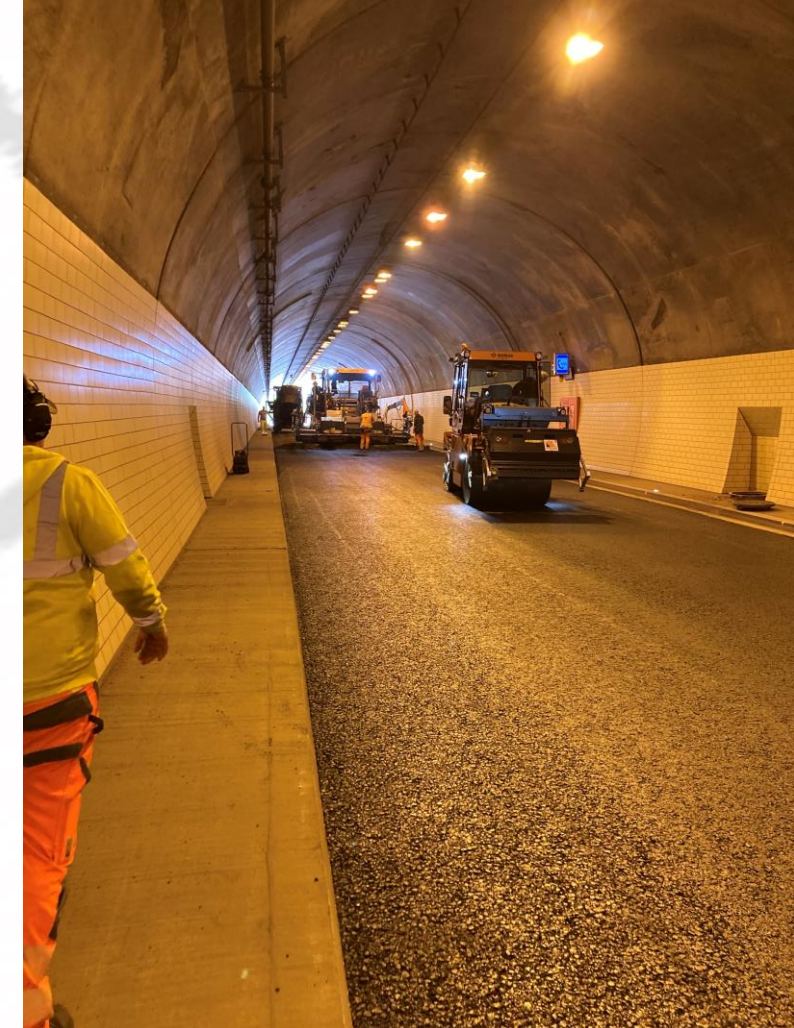
- Sondervorschlag
- ca. 2700t AC 16 BS 50/70 + B2Last
- ca. 1100t AC 11 DS 50/70 + B2Last
- messtechnische Begleitung durch BG Bau und Eurofins

➔ Vortrag Waldemar Schatz



B10 Staufer- und Kostenfelstunnel – Schaum 08/2021

- Tunnelbaustelle
- Gesamtfläche 10000 m²
- 2200t SMA 22 BS 10/40-65 Schaum
- 800t SMA 8 S 25/55-55 Schaum



B427 Busenberg – BUTONAL®5126 – 10/2021

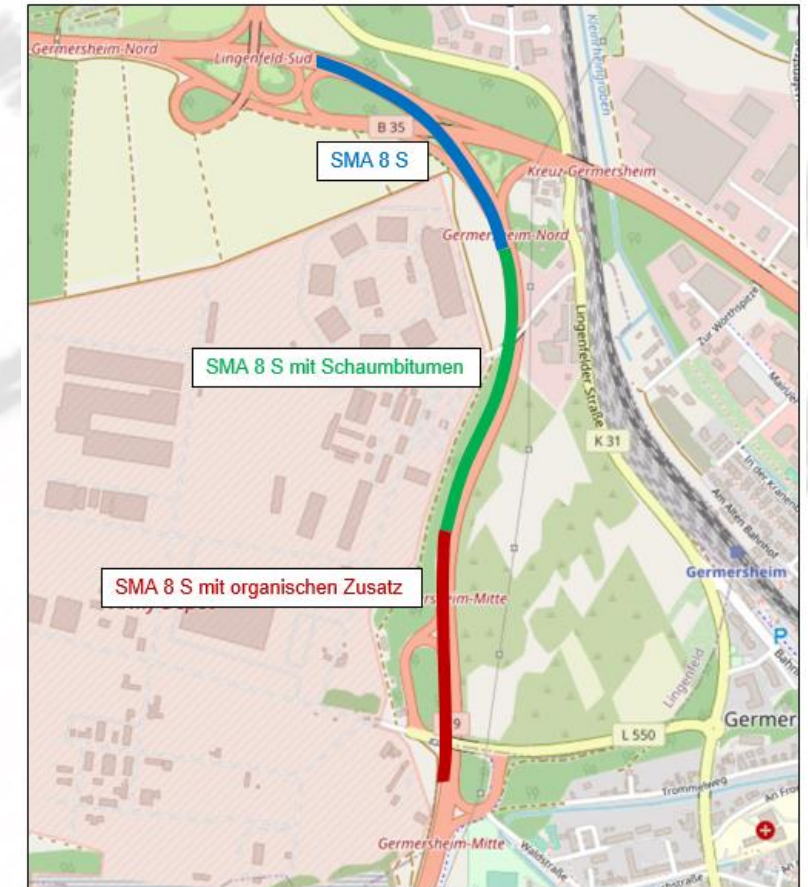


Quelle: BASF Asphalt Performance

- Sondervorschlag
- Deckschicht AC 8 DS PmB
- 570t AC 8 DS 25/55-55 konventionell
- 251t AC 8 DS 50/70 1,5% BUTONAL
- 244t AC 8 DS 50/70 3% BUTONAL
- 175t AC 8 DS 50/70 4,5% BUTONAL
- Aufnahme BUTONAL in Pilotproduktliste der BAST

B9 Germersheim – Schaumbitumen 05/2022

- Splittmastixasphalt SMA 8 S ca. 600t
 - Standardrezeptur 25/55-55A
 - Mischguttemperatur 170°C
- Splittmastixasphalt SMA 8 S ca. 600t
 - 25/55-55A und Fisher-Tropsch-Paraffin
 - Mischguttemperatur 145°C
- Splittmastixasphalt SMA 8 S ca. 600t
 - 25/55-55A als Schaumbitumen
 - Mischguttemperatur 145°C

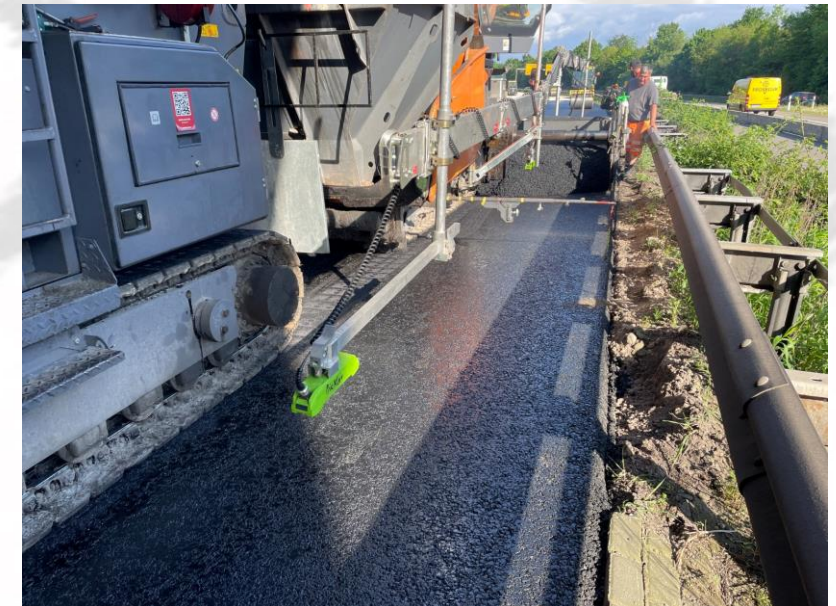
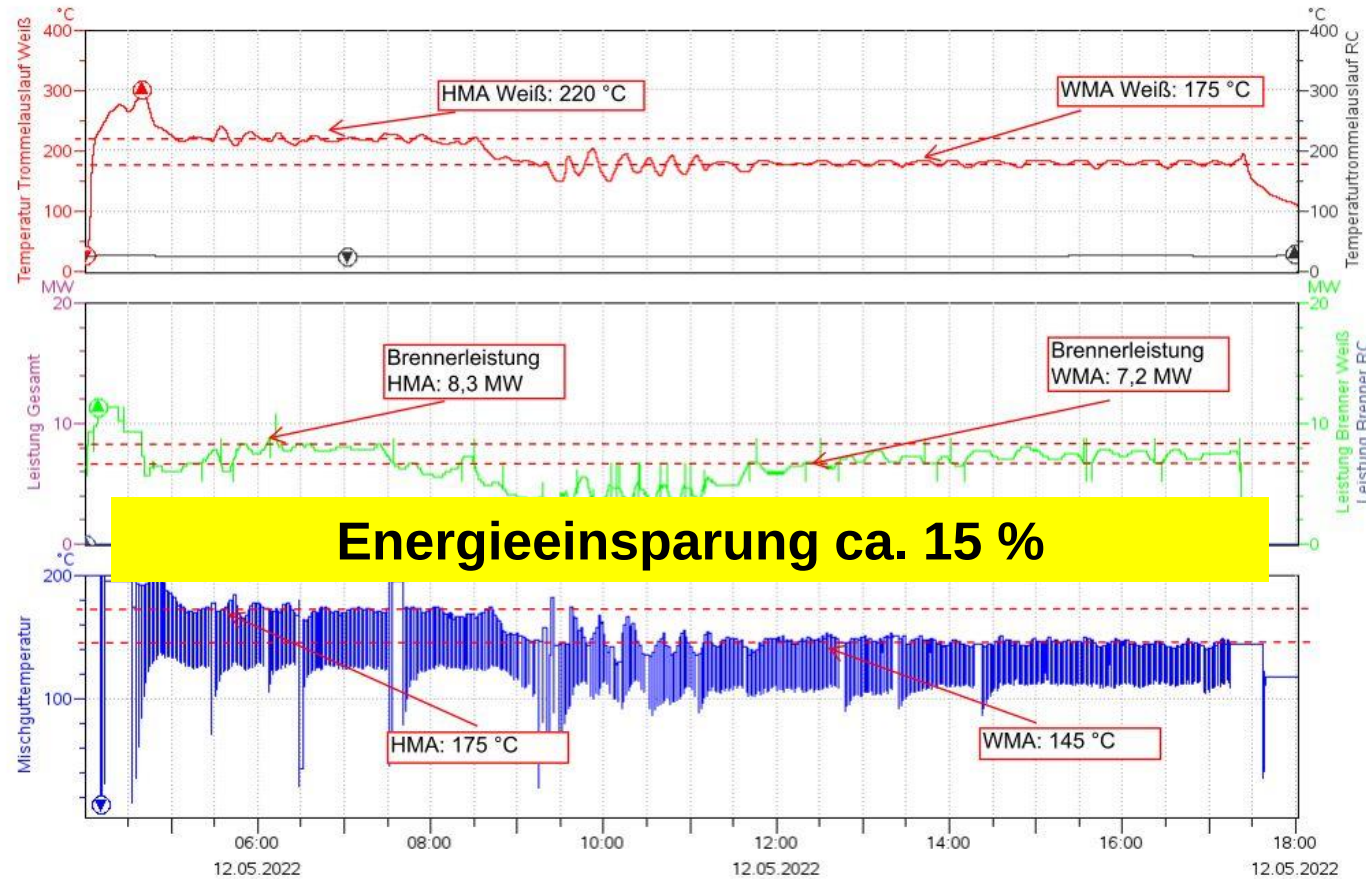


Bildrechte: Justine Schork

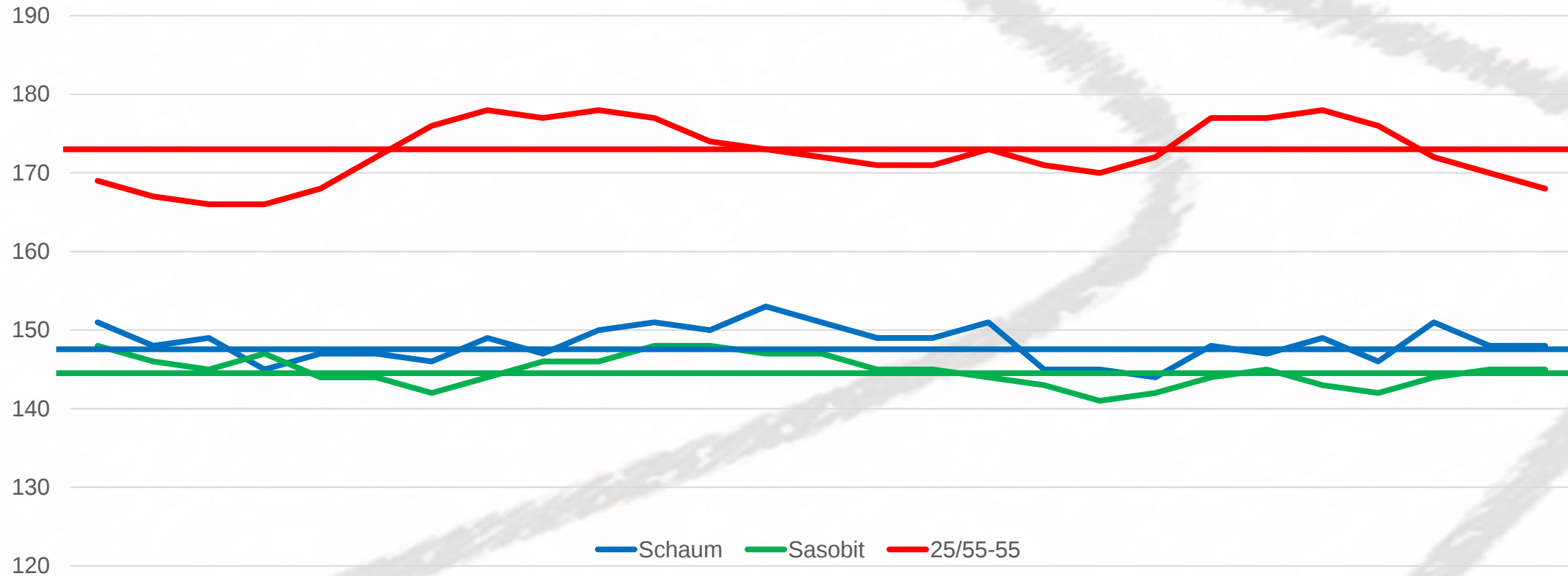
B9 Germersheim – Schaumbitumen 05/2022

12.05.2022
04:00:32

12.05.2022
18:01:13



B9 Germersheim – Schaumbitumen 05/2022



Daten: Justine Schork

B10 Pirmasens – Haseneck – Schaum/TL Vbit 08-09/2022

- nach Vergabe als ARS 09/2021
- Gesamtfläche 67500 m²
- 7740t SMA 22 BS 10/40-65 Schaum
- 4670t SMA 16 BS 10/40-65 Schaum
- 1650t SMA 16 BS PmB 10/25 VL
- 4800t SMA 8 S 25/55-55 Schaum
- messtechnische Begleitung durch IBQ



L 548 Minderslachen – Winden – Schaumbitumen 11/2022

- Sondervorschlag für Forschungsvorhaben
- AC 11 DS 25/55-55 mit 30% RC ca. 550t
- AC 11 DS 25/55-55 mit 50%RC ca. 1000t
- SMA 16 BS 25/55-55 mit 40%RC ca. 700t
- SMA 16 BS 25/55-55 mit 60%RC ca. 2100t
- baubegleitende Messungen durch IBQ
- PID-Messungen durch FH Münster



L 548 Minderslachen – Winden – Schaumbitumen 11/2022

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM
LS für Verkehrswegebau



RUB

Verfahrenstechnische, bautechnische und energietechnische Eignung der Schaumbitumenteknologie zur Herstellung von Warmasphalt unter Mitverwendung von Asphaltgranulat (Nr. 21769 N/1)

Beschreibung:

Im Mai 2020 erschien eine neue Fassung der „Technischen Regeln für Gefahrstoffe“ (TRGS 900), in der ein Arbeitsplatzgrenzwert von 1,5 mg/m³ für Dämpfe und Aerosole bei der Heißverarbeitung von Destillations- und Air-Rectified-Bitumen eingeführt wurde. Dieser Grenzwert ist so niedrig, dass er mit den aktuellen Technologien bisher nicht eingehalten werden kann und daher bis Ende 2024 ausgesetzt wurde. Bis dahin müssen technologische Lösungen zur Einhaltung des Grenzwertes gefunden werden.

Eine wesentliche Komponente zur Reduktion von Dämpfen und Aerosolen ist die Absenkung der Verarbeitungstemperatur von Asphalt, die mit der Schaumbitumenteknologie nachweislich erreicht wird. Hiermit haben sich grundlegend neue Randbedingungen für Technologien zur Reduzierung der Asphalttemperatur bei Herstellung und Einbau und damit auch für den Einsatz von Schaumbitumen ergeben. Die Asphaltgranulatzugabe ist im technischen Regelwerk für den Straßenbau in Deutschland unter anderem zur Ressourcenschonung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes verankert und findet in den Bauverträgen regelmäßig und auf hohem technischem Niveau breite Anwendung. Die Mitverwendung von Asphaltgranulat ist daher unumgänglich und muss unter allen Umständen berücksichtigt werden, da nur so die ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile des Schaumbitumen-Warmasphaltes voll zum Tragen kommen können.

Das Ziel dieses Forschungsprojektes ist das Erbringen des Nachweises, dass ein hinreichender Absenkungseffekt der Misch- und Verdichtungstemperatur durch den Einsatz von Schaumbitumen auch bei Zugabe von Asphaltgranulat in zulässigem und praxisüblichem Umfang wirksam ist. Darüber hinaus soll der Nachweis erbracht werden, dass der mit Schaumbitumen hergestellte Warmasphalt dem konventionellen Heißasphalt material- und bautechnisch gleichwertig ist. Die Untersuchungen erfolgen am Asphalttragschichtmischgut AC 22 T S, Asphaltbinderschichtmischgut SMA 16 B S und Asphaltdeckschichtmischgut AC 11 D S. Die Warmasphaltmischgüter werden zunächst labortechnisch unter Verwendung einer Laborschaumbitumenanlage hergestellt und performance-orientiert geprüft. Im weiteren Verlauf soll mit den im Labormaßstab gewonnenen Erkenntnissen die verfahrenstechnische Eignung der Schaumbitumenteknologie an zwei Asphaltmischanlagen erprobt und ausgewählte Warmasphaltmischgüter an einer Erprobungsstrecke mehrschichtig eingebaut und validiert werden. Die mit der Absenkung der Verarbeitungstemperatur einhergehende CO₂-Reduktion soll durch eine Energie- und Emissionsbilanzierung quantifiziert werden. Die Erkenntnisse des Forschungsprojektes sollen letztendlich in ein künftiges FGSV-Regelwerk einfließen.

Projektpartner: Hohenloher Asphalt-Mischwerke GmbH & Co. KG,
Asphaltmischwerk Landau Juchem KG

KONTAKT/BETREUUNG:

Lehrstuhl für Verkehrswegebau
Prof. Dr.-Ing. Martin Radenberger
Georg Bus, M.Sc.
Phone +49 234 32 25178
Email verkehrswegebau@lvw.rub.de

Auftraggeber:
Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), AiF/IGF-Vorhaben Nr. 21769 N/1



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Schlussbericht vom 31.10.23

zu IGF-Vorhaben Nr. 21769 N

Thema

Verfahrenstechnische, bautechnische und energetische Eignung der Schaumbitumenteknologie zur Herstellung von Warmasphalt unter Mitverwendung von Asphaltgranulat

Berichtszeitraum

01.05.2021 bis 30.04.2023

Forschungsvereinigung

Deutsches Asphaltinstitut e.V. – DAI e.V.

Ennemoserstraße 10

53119 Bonn

Forschungseinrichtung(en)

Forschungseinrichtung 1

Ruhr-Universität Bochum

Lehrstuhl für Verkehrswegebau

Universitätsstraße 150

44780 Bochum

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Vortrag Dr. Hermann
Heppenheimer –
Berchtesgaden 2023



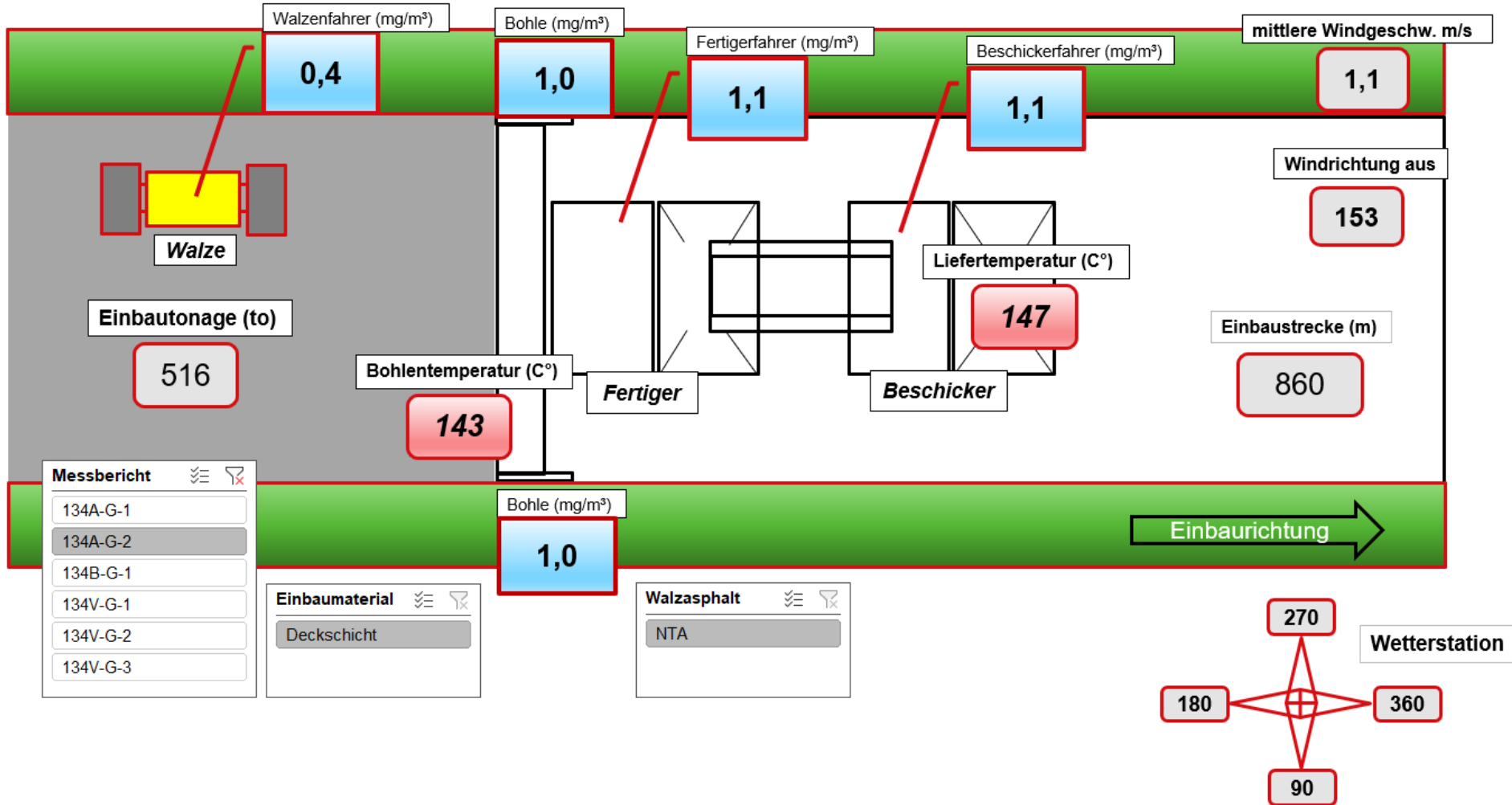
Vortrag Georg Bus –
Willingen 2023

B268 Losheim – TL VBit – 05-06/2023



- Baumaßnahme ARS 09/2021
- 2 Bauabschnitte
- 3000t SMA 16 BS PmB 25/45 VL
- 1400t AC 11 DS PmB 25/45 VL
- messtechnische Begleitung durch BG Bau
- Einsatz eines modifizierten Fertigers

B268 Losheim – TL VBit – 05-06/2023



Autobahn GmbH NL West – oberflächenaktiv 04-05/2024

- **BAB 62 – Kusel – Glan-Münchweiler FR Landstuhl**
- 5500t AC 16 BS 25/55-55 RC 60%RC EVOTHERM P35
- 2200t SMA 8 S 45/80-65 15%RC EVOTHERM P35
- **BAB 6 – AS Bruchmühlbach-Miesau**
- 1600t SMA 16 BS 10/40-65 RC 60%RC EVOTHERM P35
- 700t SMA 8 S 25/55-55 EVOTHERM P35



LBM Rheinland-Pfalz – oberflächenaktiv 05/2024

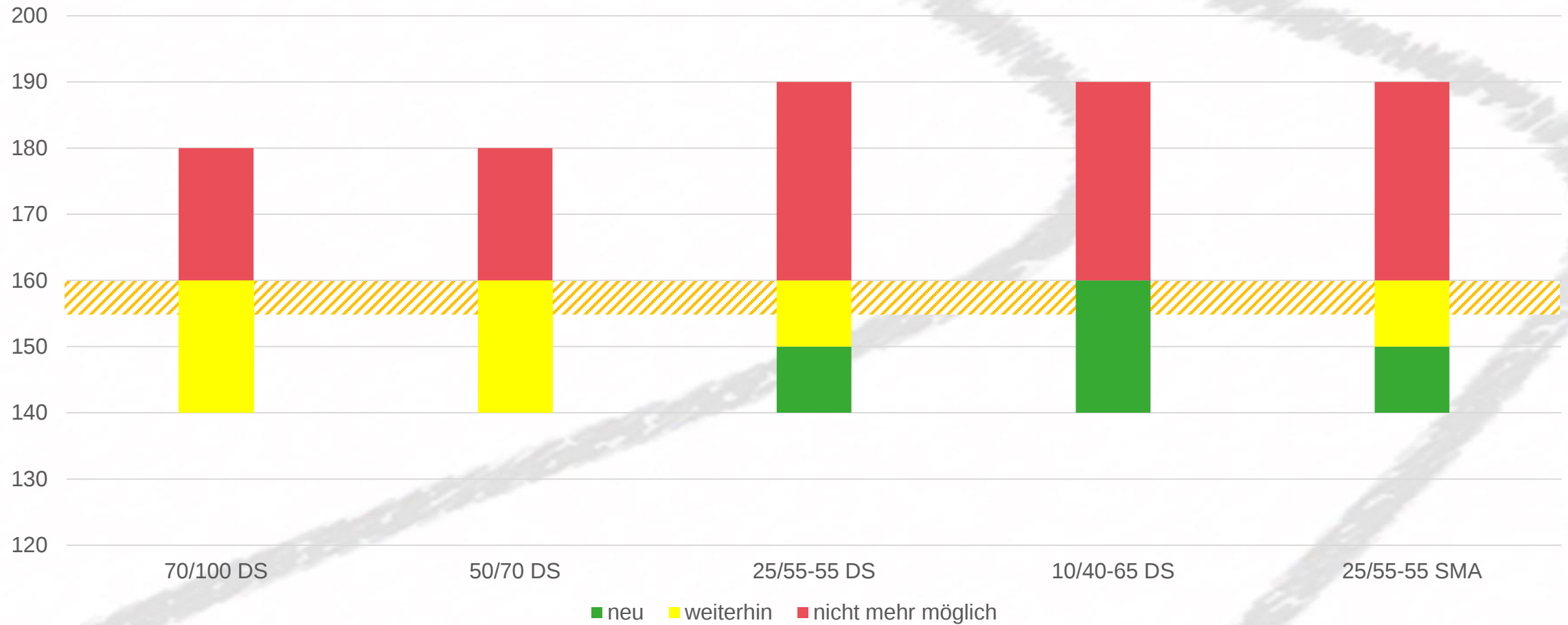
- **B50 Sohren – Niederkostenz (LBM Bad Kreuznach)**
- Baumaßnahme ARS 09/2021
- 2000t SMA 16 BS 10/40-65 EVOTHERM P35
- 870t SMA 8 S 25/55-55 EVOTHERM P35
- messtechnische Begleitung durch BG Bau



51.000t temperaturabgesenkter Asphalt



Deckschichten (Asphaltbeton / Splittmastixasphalt)



Asphaltbinder- und Asphalttragschichten

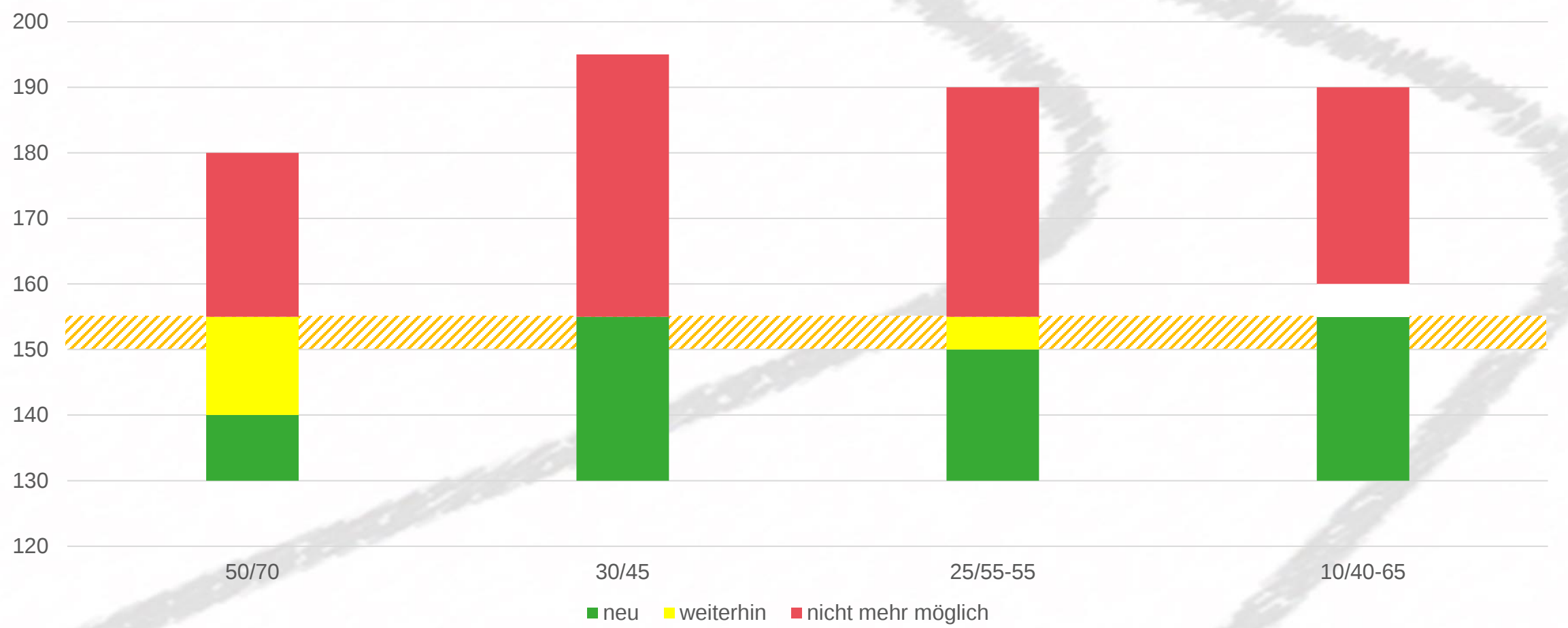








Tabelle 2: Zweckmäßige resultierende Bindemittelart und Bindemittelsorte in Abhängigkeit von der zu erwartenden Beanspruchung

Belastungs- -klasse/ Flächenart	Asphalt- tragschicht	Asphalt- binder- schicht	Asphalt- tragdeck- schicht	Asphaltdeckschicht aus					Dünne Asphaltdeckschicht in Heißbauweise auf Versiegelung
				Asphaltbeton	Splittmastixasphalt	lärmetechnisch optimierter Splittmastix- asphalt	Gussasphalt	Offenporigem Asphalt	
Bk100	[30/45 // 35/50 VL]	[10/40-65 A // PmB 10/25 VL]	-	-	[25/55-55 A // PmB 25/45 VL]	45/80-65 A ⁴⁾	15/25 VH/VL PmB 10/25 VH/VL	65/105-70 A	[45/80-50 A // PmB 45/80 VL]
Bk32				[25/55-55 A // PmB 25/45 VL] [10/40-65 A // PmB 10/25 VL] ³⁾			15/25 VH/VL 25/35 VH/VL (PmB 10/25 VH/VL)		
Bk10				[25/55-55 A // PmB 25/45 VL] [10/40-65 A // PmB 10/25 VL] ³⁾			15/25 VH/VL 25/35 VH/VL (PmB 25/45 VH/VL)		
Bk3,2				[50/70 // 50/80 VL] ([25/55-55 A // (PmB 25/45 VL)] ¹⁾			25/35 VH/VL (PmB 25/45 VH/VL)		
Bk1,8	[50/70 // 50/80 VL]	-	[50/70 // 50/80 VL]	[50/70 // 50/80 VL] ([70/100 // 50/80 VL])	-	-	25/35 VH/VL	-	-
Bk1,0				[50/70 // 50/80 VL] ([70/100 // 50/80 VL])					
Bk0,3				[50/70 // 50/80 VL] [70/100 // 50/80 VL]					
Rad und Gehwege				[70/100 // 50/80 VL] [70/100 // 50/80 VL]					

- Einsatz nicht vorgesehen

() nur in Ausnahmefällen

[...] Bindemittelpaar

1) nur für AC 11 D S und AC 8 D S

2) nur für SMA 5 D S oder bei Kompakten Asphaltbefestigungen

3) nur für AC 11 D SP

4) Sofern gefordert unter Zugabe viskositätsverändernder Zusätze

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen

FGSV

ZTV Asphalt-StB 2X

Zusätzliche Technische
Vertragsbedingungen und Richtlinien
für den Bau
von Verkehrsflächen aus Asphalt

Teil 1: Neubau und Bau von Schichten
in gleichmäßiger Dicke

Ausgabe 202X
Stand 15.12.2023

R 1

Validierung Labor

Drucken der Rezeptur für Probekörper

Zahl der Probekörper: 7

Art der Probekörper: Marshallkörper 100 mm

Prüfungen

Rohdichte Wasser, Raumdichte (abtupfen)

Gesamtmasse (Vorschlag) (in g)

Mischgut 1200

Mineralstoff+Granulat 1176

Vorschlag für die Gesamtmasse rechnen

aus Raumdichte 2,29

aus Hohlraumgehalt 8,7

Anteile Mineralstoffe und Granulat (in g)

Nr	Gew. in g	Baustoffgemisch	Körnung	Material
1	35	Füller	0/0,063	Andesit
2	59	feine Gesteinsk...	0/2	Andesit
3	59	feine Gesteinsk...	0/2	Quarzit
4	106	grobe Gesteinsk...	2/5	Andesit
5	24	grobe Gesteinsk...	5/8	Andesit
6	35	grobe Gesteinsk...	8/11	Andesit
7	35	grobe Gesteinsk...	11/16	Quarzit
8	82	grobe Gesteinsk...	16/22	Andesit
9	153	grobe Gesteinsk...	22/32	Andesit
10	588	32 RA 0/16		

A

B

C

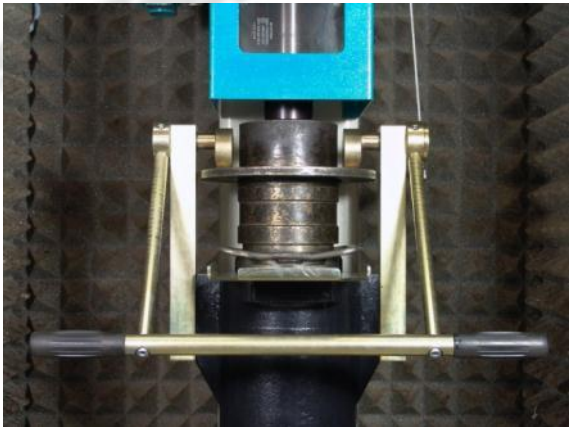
Gesamtmasse (in g) 1200

Bindemittel1 (in g) 24,0

Bindemittel2 (in g) 0,0

Zusatz1 (in g) 0,0

Zusatz2 (in g) 0,0



Validierung Mischanlage



Validierung Labor

Drucken der Rezeptur für Probekörper

Zahl der Probekörper: 7

Art der Probekörper: Marshallkörper 100 mm

Prüfungen

Rohdichte Wasser, Raumdichte (abtupfen)

Gesamtmasse (Vorschlag) (in g)

Mischgut 1200

Mineralstoff+Granulat 1176

Vorschlag für die Gesamtmasse rechnen

aus Raumdichte 2,29

aus Hohlraumgehalt 8,7

Anteile Mineralstoffe und Granulat (in g)

Nr	Gew. in g	Baustoffgemisch	Körnung	Material
1	35	Füller	0/0,063	Andesit
2	59	feine Gesteinsk...	0/2	Andesit
3	59	feine Gesteinsk...	0/2	Quarzit
4	106	grobe Gesteinsk...	2/5	Andesit
5	24	grobe Gesteinsk...	5/8	Andesit
6	35	grobe Gesteinsk...	8/11	Andesit
7	35	grobe Gesteinsk...	11/16	Quarzit
8	82	grobe Gesteinsk...	16/22	Andesit
9	153	grobe Gesteinsk...	22/32	Andesit
10	588	32 RA 0/16		

A

B

C

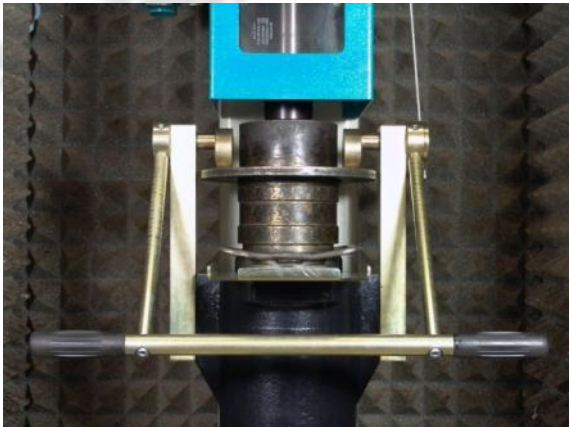
Gesamtmasse (in g) 1200

Bindemittel1 (in g) 24,0

Bindemittel2 (in g) 0,0

Zusatz1 (in g) 0,0

Zusatz2 (in g) 0,0



Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen



TL Asphalt-StB 2X

Technische Lieferbedingungen
für Asphaltmischgut für den Bau
von Verkehrsflächenbefestigungen

Ausgabe 202X

Stand 15.12.2023

R 1





Quelle: <https://www.facebook.com/nuernberger/photos/a.541701799215986/5997384080314370/?type=3>



Quelle: <https://www.vbs-hobby.com/vbs-schubladenbox-mit-4-schubladen-a228972/>

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen

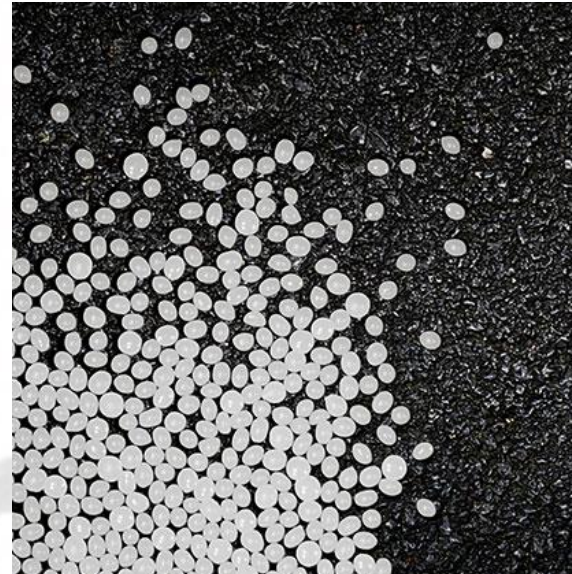


TL VBit-StB 22

Technische Lieferbedingungen
für gebrauchsfertige
Viskositätsveränderte Bitumen

Ausgabe 2022

R 1



Quelle: Sasol



Quelle: JRS



Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen

FGSV

**Zusätzliche Technische
Vertragsbedingungen und Richtlinien
für den Bau
von Verkehrsflächenbefestigungen
aus Asphalt**

R 1

ZTV Asphalt-StB 07/13

Ausgabe 2007/Fassung 2013

Eignungsnachweis für Asphaltmischgut

gemäß ZTV Asphalt-StB

Der Auftragnehmer: (Name und Anschrift des Auftragnehmers (Stempel))

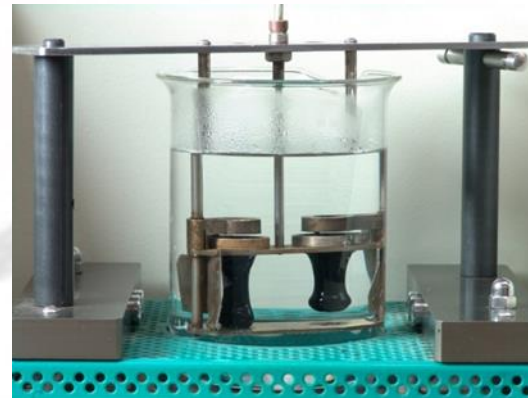
Juchem Asphaltbau GmbH & Co. KG

Straßen- und Tiefbau

Im Wiesengrund 10

55758 Niederwörresbach

erklärt hiermit dem Auftraggeber: (Name und Anschrift des Auftraggebers)



$$T_{R\&Bmix} = a \cdot T_{R\&B1} + b \cdot T_{R\&B2}$$

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen



TL VBit-StB 22

Technische Lieferbedingungen
für gebrauchsfertige
Viskositätsveränderte Bitumen

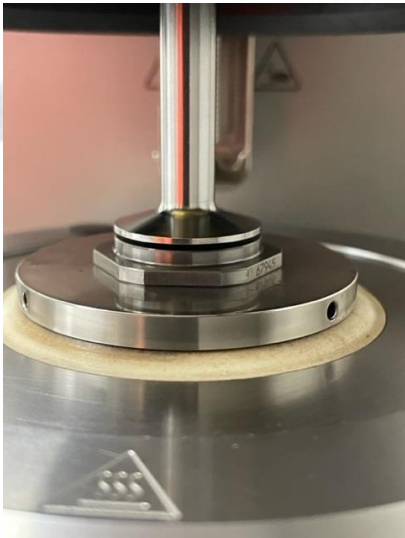
Ausgabe 2022

R 1



Tabelle 2: Anforderungen an gebrauchsfertige Viskositätsveränderte Polymermodifizierte Bitumen

Merkmal oder Eigenschaft	Einheit	Prüfmethode	PmB 10/25 VL	PmB 10/25 VH	PmB 25/45 VL	PmB 25/45 VH	PmB 45/80 VL	PmB 45/80 VH
Penetration bei 25 °C	0,1 mm	DIN EN 1426	10 bis 25		25 bis 45		45 bis 80	
Äqui-Schermodultemperatur T(G*=15 kPa)	°C	AL DSR-Prüfung (BTSV) oder	60 bis 80		55 bis 75		50 bis 70	
Phasenwinkel δ(G*=15 kPa)	°	AL DSR-Prüfung (T-Sweep)	< 70		< 70		< 70	
Phasenübergangstemperatur T _{PT}	°C	AL DSR-Prüfung (konstante Scherrate)	75 ≤ T _{PT} < 100	100 ≤ T _{PT} ≤ 120	75 ≤ T _{PT} < 100	100 ≤ T _{PT} ≤ 120	75 ≤ T _{PT} < 100	100 ≤ T _{PT} ≤ 120
Flammpunkt	°C	EN ISO 2592	≥ 235		≥ 235		≥ 235	
Elastische Rückstellung bei 25 °C	%	DIN EN 13398	≥ 40		≥ 40		≥ 40	



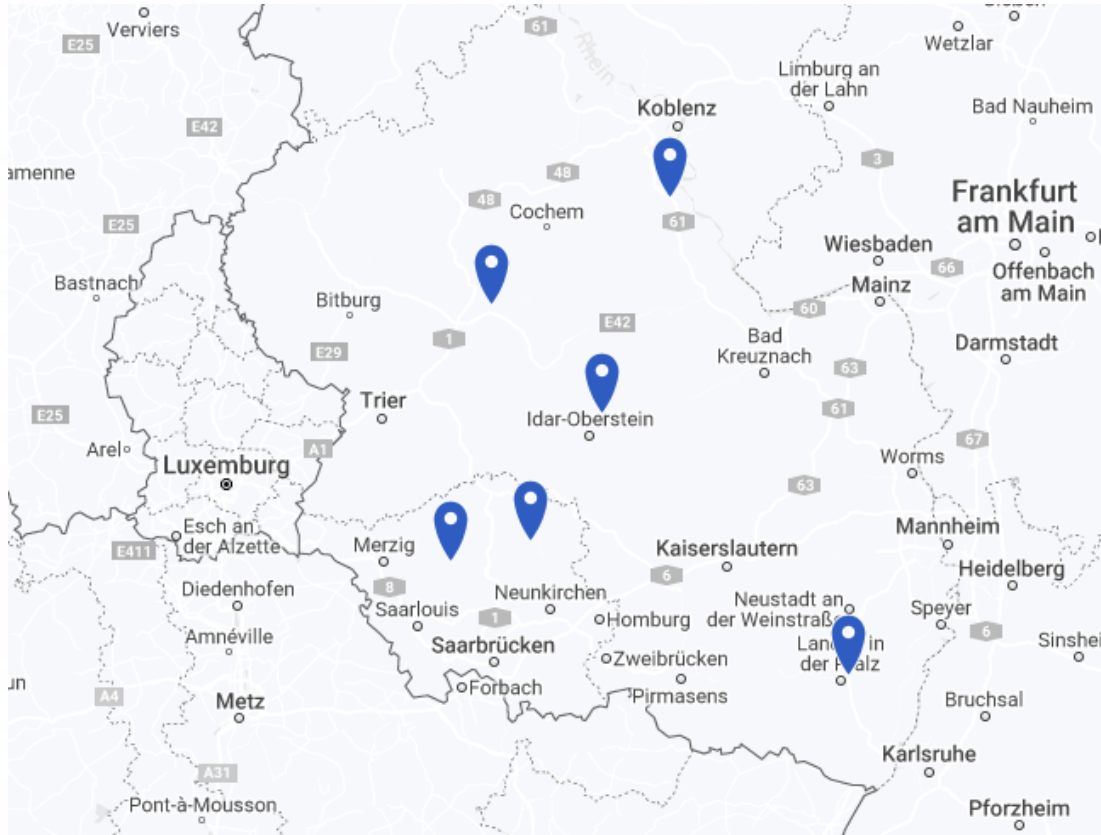
- Warum soll im Eignungsnachweis ein EP RuK des rückgewonnenen Bindemittels angegeben werden, wenn das anzuwendende Regelwerk diesen nicht mehr vorsieht?
- Diskussionen mit dem AG sind vorprogrammiert

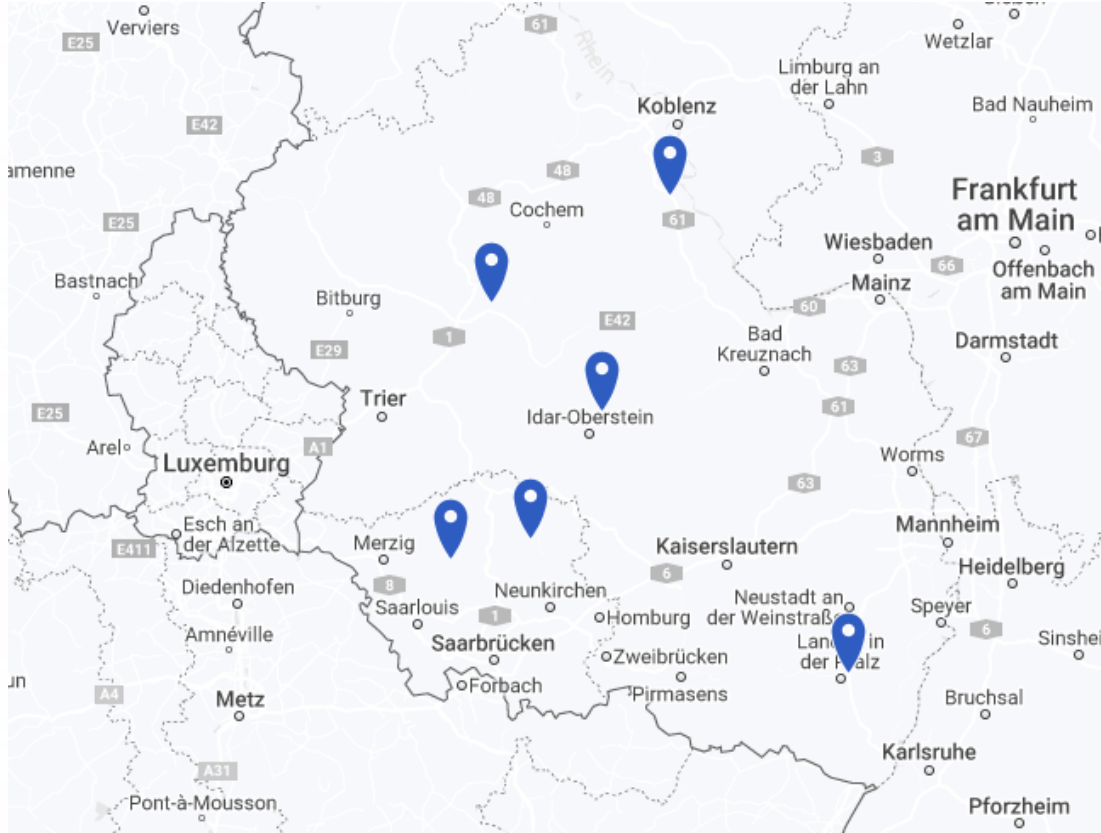


- EP RuK zur Beurteilung des Gebrauchsverhaltens ungeeignet
- Extraktionszeiten?
 - Standard: ca. 30min
 - organische VVZ: 90 min
- Bei Verwendung von Pellets nur eine großtechnische Validierung auf der Mischanlage zielführend



Quelle: JRS

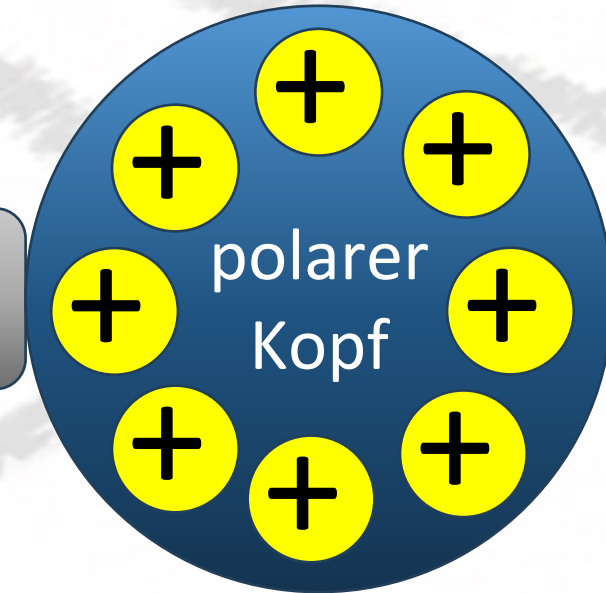




unpolare Kohlenstoffkette

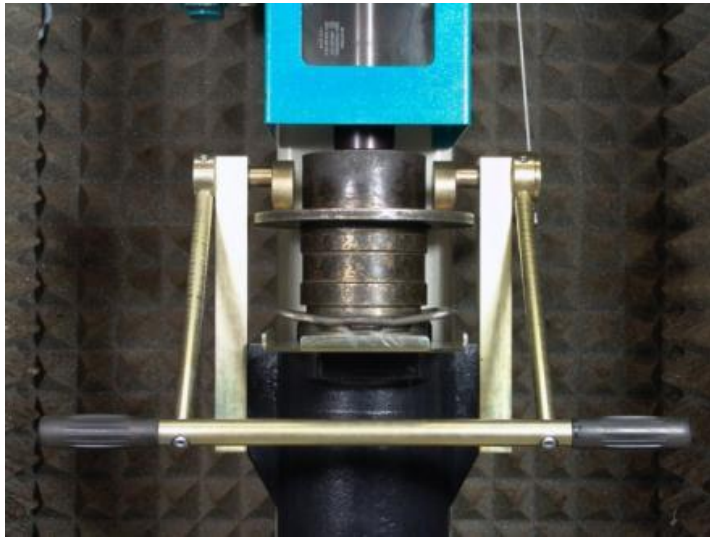
Quelle: Ingevity

Affinität zu Bitumen

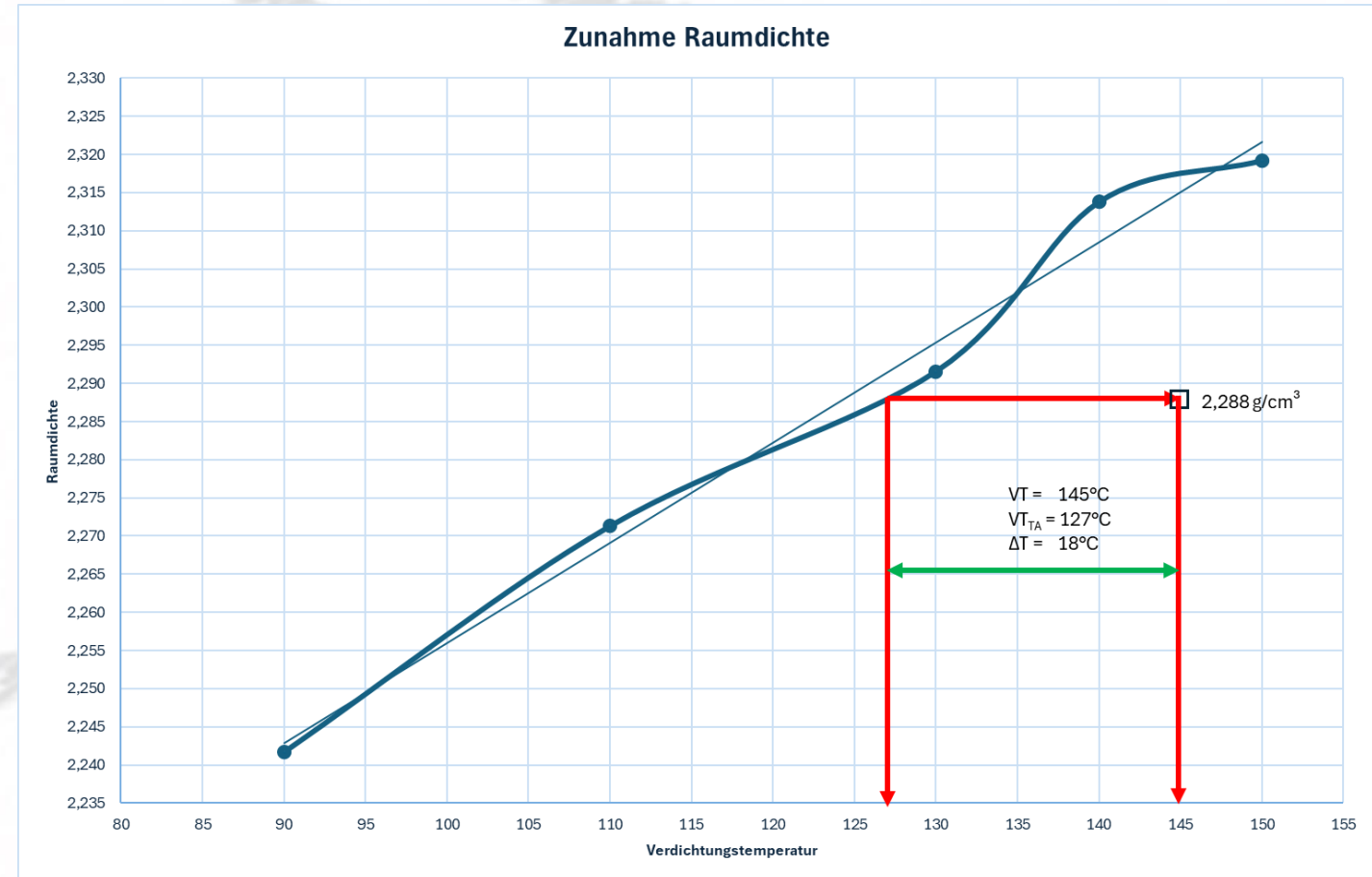


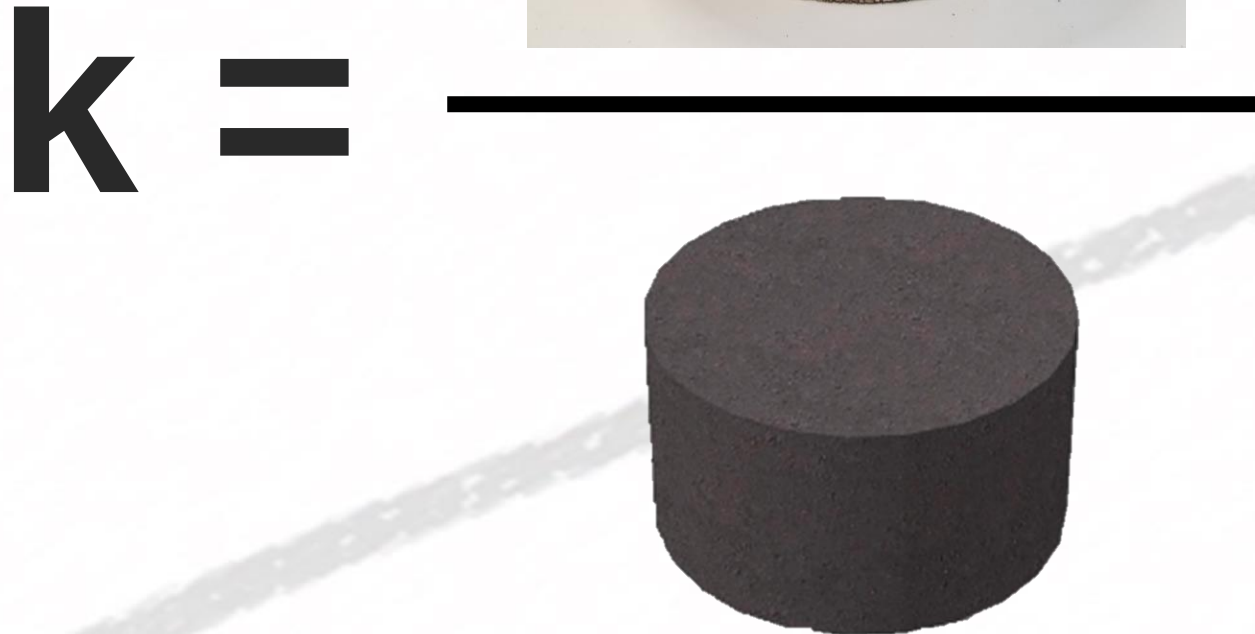
Affinität zu Gestein
und Wasser

wir sind gerade dabei



- $(135 \pm 5) ^\circ\text{C}$??
- $(145 \pm 5) ^\circ\text{C}$??
- $(125 \pm 5) ^\circ\text{C}$??
- $(138,5 \pm 2) ^\circ\text{C}$??





$$k = \frac{\text{[Image of compacted asphalt cylinder]}}{\text{[Image of loose asphalt cylinder]}} \cdot 100$$

Verdichtungsgrad

$$V = \frac{\text{[Image of two bottles with aggregate]}}{\text{[Image of two bottles with aggregate]}} \cdot 100$$

Hohlraumgehalt



Schichteigenschaften	AC 32 T S, AC 32 T N	AC 22 T S, AC 22 T N	AC 16 T N
Mindest-Einbaudicke [cm]	8,0	8,0	7,0
Mindest-Einbaumenge [kg/m²]	185	185	165
Verdichtungsgrad [%]	≥ 98,0 ¹⁾	≥ 98,0 ¹⁾	≥ 95,0
Hohlraumgehalt [Vol.-%]	≤ 8,0 ¹⁾	≤ 8,0 ¹⁾	≤ 10,0

Überschreitung des Hohlraumgehaltes

Überschreitet der Hohlraumgehalt die im Bauvertrag vereinbarte Obergrenze für die jeweilige Asphalt-schicht, so wird ein Abzug nach folgender Formel berechnet:

$$A = \frac{p^2}{100} * c * EP * F$$

Liegt zusätzlich zur Überschreitung des Hohlraumgehalts ein Abzug für die Unterschreitung des Verdichtungsgrades vor, ist der sich ergebende höhere Wert maßgebend.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen

FGSV

ZTV Asphalt-StB 2X

Zusätzliche Technische
Vertragsbedingungen und Richtlinien
für den Bau
von Verkehrsflächen aus Asphalt

Teil 1: Neubau und Bau von Schichten
in gleichmäßiger Dicke

Ausgabe 202X
Stand 15.12.2023

R 1

- Was ist, wenn die Bezugsraumdicke am MPK falsch ist??
 - z.B. SMA 16 BS, SMA 22 BS
- Kontrollprüfung Asphaltmischgut aus Bohrkernsammelprobe
 - wie stellen wir die MPK her – trocknen, aufkrümeln, Mikrowelle?
 - Verdichtungstemperaturen?



Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen



Technische Prüfvorschriften
für Asphalt

TP Asphalt-StB

Teil 30
Herstellung von
Marshall-Probekörpern mit dem
Marshall-Verdichtungsgerät

R 1

Personalisiert für: Juchem Vertrieb OHG, Niederröresbach am 08.03.2024 © 2024 FGSV, Köln

Ausgabe 202X Stand: Februar 2024

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen



Technische Prüfvorschriften
für Asphalt

TP Asphalt-StB

Teil 28
Vorbereitung von Proben

R 1

Personalisiert für: Juchem Vertrieb OHG, Niederröresbach am 15.03.2024 © 2024 FGSV, Köln

Ausgabe 202X Stand: Februar 2024

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Arbeitsgruppe Asphaltbauweisen



AP A Schaum

Arbeitspapier
für die Planung und Ausführung von
Asphaltschichten unter Verwendung des
Schaumbitumenverfahrens zur Reduzie-
rung der Herstell- und Einbautemperatur

Ausgabe 2024 - Entwurf Stand 09/2023

W 2

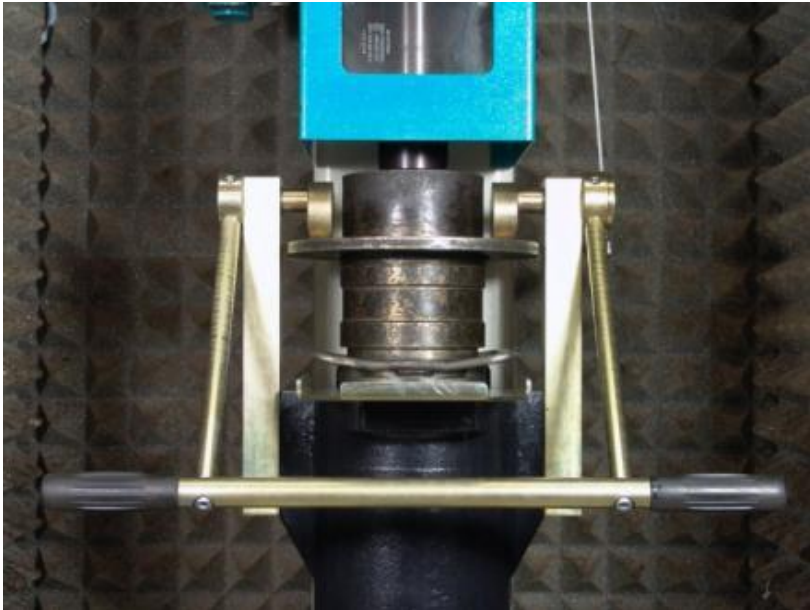
Asphalt-Seminar 2024, Willingen

41



- Daten sammeln für
 - Äqui-Schermodultemperatur
 - Ausbauasphalt
 - angelieferte Frischbindemittel
 - Frischbindemittel mit oberflächenaktiven Zusätzen
 - resultierendes Bindemittel Asphaltmischgut
- Rheometer anschaffen, falls noch nicht geschehen

- Daten sammeln für
 - Raumdichte MPK bei TA-Asphalt
 - verschiedene Temperaturen
 - Variation der Abkühlzeiten
 - nochmaliges Wiedererwärmen von MPK und erneute Probekörperherstellung
 - resultierendes Bindemittel Asphaltmischgut



Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit!



JUCHEM-GRUPPE



dittgen®

sis

trans

