

i.m.p

Institut für
Materialprüfung,
Bauberatung
und Analytik.

Institut d'essai
de matériaux,
conseils techniques
et analyse chimique.

AIA
IMAA
IGV



ASSOCIATION INTERNATIONALE DE L'ASPHALTE AIA
INTERNATIONAL MASTIC ASPHALT ASSOCIATION IMAA
INTERNATIONALE GUSSASPHALT-VEREINIGUNG IGV
SEILERSTR. 22 BOX 5853 CH 3001 BERN
PHONE +41 (0)31 310 20 32 FAX +41 (0)31 310 20 35
INFO@MASTIC-ASPHALT.EU WWW.MASTIC-ASPHALT.EU

Optimierung von Gussasphalt mit speziellen Bindemitteln und Zusätzen – Erhöhung von Standfestigkeit und Nutzungsdauer

IMAA Annual Meeting 2024 | San Sebastian (Spanien) | 03-04 Oktober 2024

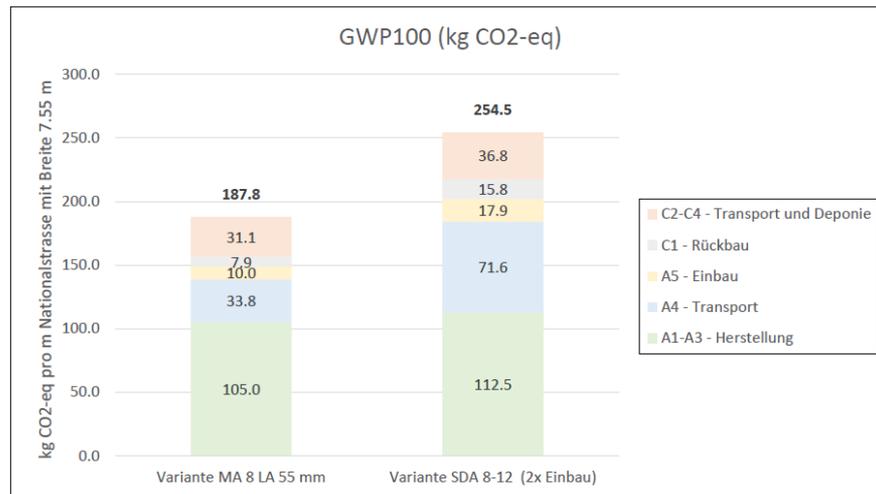
Dr. Nicolas Bueche | Co-CEO | IMP Bautest AG | Schweiz



Kontext und Ziele

Kontext: was sind die Bedürfnisse?

- Weniger **Wartungs- und Sanierungsbedarf**
- Längere **Nutzungsdauer**
- Längerer Erhalt der **Geräuscheigenschaften** als bei Walzasphalt
- **Umwelt-** und Kostenvorteile (Lebenszyklus)
- Anwendungsbereich: Hochbeanspruchte Fläche



Quelle: J. Lenk, BFH, 2023



Quelle: ASTRA

Kontext: Normierung und Grenzwerte

- Schweiz: Mastic Asphalt wird für hochbeanspruchte Fläche verwendet
- Normen wurden überarbeitet bzw. sind in Überarbeitung, dies, um hohe Leistungen zu garantieren
- VSS 40 440 (**Vernehmlassung bis 08.09.24**)
 - Konzeption
 - Einbau
 - Qualitätskontrolle (Schichtenverbund, Ebenheit, Schichtdicke, rückgewonnenes Bindemittel ...)

Gussasphalt MA, Anforderungen an den Schichtenverbund zwischen Schichten	
Eigenschaft	Minimale Haftzugfestigkeit in Anlehnung an die SIA 281/3 [14] [N · mm ⁻²]
Schichtenverbund zwischen zwei Gussasphaltschichten	0,6
Schichtenverbund zwischen einer Gussasphaltschicht und einer Asphaltunterlage	0,6

Tab. 4
Gussasphalt MA, Anforderungen an den Schichtenverbund zwischen Schichten

Anforderungen an das rückgewonnene Bindemittel			
Bindemittelsorte	Penetration bei 25 °C	Erweichungspunkt Ring und Kugel [°C]	Elastische Rückstellung [%]
20/30	10...30	56...75	–
35/50	20...45	52...70	–
50/70	30...55	48...65	–
PmB 10/40-70 (CH-E)	10...35	≥ 65	≥ 30
PmB 25/55-65 (CH-E)	15...50	≥ 60	≥ 30

Kontext: Normierung und Grenzwerte

- SN EN 13108-6 (05.2024)

Gussasphalt MA, maximal empfohlene Zugabemengen von Ausbauasphalt (Guss- und/oder Walzasphalt)		
Schichten	Anteil aus reinem Gussasphalt	Anteil aus Walzasphalt

Gussasphalt MA, zulässiger Bereich der statischen Eindringtiefen an Würfeln					
Deckschichten Binder-, Schutzschichten Ein höherer Ante	Mischgutsorten	Mischguttypen			
		L	N	S	H
		Zulässige Bereiche der statischen Eindringtiefen [mm]			
	MA 4	3,0...10,0	3,0...10,0		

Gussasphalt MA, Anforderungen an die dynamischen Eindringtiefen sowie an deren Zunahme zwischen 2500 und 5000 Zyklen		
Beanspruchungsklassen	Mischguttypen	
	S	H
Maximale dynamische Eindringtiefen ET_{dyn} [mm]		
ET_{dyn}	$\leq 2,0$	$\leq 1,8$
ΔET_{dyn}	$\leq 0,9$	$\leq 0,7$

1) Mit de werde

Kontext: Normierung und Grenzwerte

- VSS 40 444: Prüfplan Gussasphalt (**Vernehmlassung bis 08.09.24**)

Einbau, Anzahl Prüfungen und Entnahme von Rückstellproben pro Schicht							
Gegenstand	Prüfungen	Anforderungen gemäss	Kunstbauten		Trasse		Bemerkungen
			Bauherr	Unternehmer	Bauherr	Unternehmer	
Mischgut	Loslicher Bindemittelgehalt (SN EN 12697-1 [9])	SN EN 13108-21 [22] SN EN 13108-6 [20] SN EN 12970 [15]	A	A	A	A	Für jede Sorte und jeden Typ Bei Typen L und N Bei Typen S und H
	Korngrössenverteilung (SN EN 12697-2 [10])		A	A	A	A	
	Eindringversuch an Würfeln (SN EN 12697-20 [11])		A	A	A	A	
	Dynamische Eindringtiefe (SN EN 12697-25 [12])		A	A	A	A	
Bindemittel aus Mischgut zurückgewonnen	Erweichungspunkt R und K (SN EN 1427 [7])	VSS 40 440 [2], Tabelle 5	B	B	B	B	Für jede Bindemittelsorte und jeden Mischguttyp
	Penetration (SN EN 1426 [6])						
	Elastische Rückstellung ¹⁾ (SN EN 13398 [23])	Keine Anforderung					
	Kraft-Duktilität ²⁾ (SN EN 13589 [24])	Keine Anforderung					
	Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahren (BTSV) (SN EN 14770 [26], SN EN 17643 [27])	Keine Anforderung					
Griffigkeit Deckschicht	Dynamisches Messsystem (VSS 40 512 [3])	VSS 40 525 [5]	-	-	1	-	Pro Baumassnahme Pro Fahrspur
	Kombinierte Griffigkeits- und Texturmessungen (SN EN 13036-1 [16], SN EN 13036-3 [17], SN EN 13036-4 [18])	VSS 40 525 [5]	E	-	-	-	Pro Baumassnahme
Ebenheit Deckschicht	Längsebenheit (VSS 40 517 [4])	VSS 40 525 [5]	1	-	1	-	Pro Baumassnahme Pro Fahrspur
	Einzelunebenheiten (SN EN 13036-7 [19])	VSS 40 525 [5]	C	-	C	-	Pro Fahrspur

Fortsetzung Tabelle 3: Seite 11

- ¹⁾ Nur für elastomermodifizierte PmB
²⁾ Nur für plastomermodifizierte PmB

- A 1 pro 200 t (mindestens 2 pro Einbauetappe)
 zusätzlich 1 Rückstellprobe pro 200 t (mindestens 2 pro Einbauetappe)
 B 1 pro 200 t und mindestens 1 pro Einbauetappe
 C Alle 100 m, mindestens 4 pro Einbauetappe

Einbau, Anzahl Prüfungen und Entnahme von Rückstellproben pro Schicht							
Gegenstand	Prüfungen	Anforderungen gemäss	Kunstbauten		Trasse		Bemerkungen
			Bauherr	Unternehmer	Bauherr	Unternehmer	
Schichtenverbund	Schichtenverbund (SN EN 12697-48 [14])	≥ 15 kN	-	-	D	-	Repräsentative Entnahmestellen
	Haftzugfestigkeit (in Anlehnung an die SIA 281/3 [28])	VSS 40 440 [2]	E	-	-	-	Serien à 3 Einzelprüfungen
Oberflächenbearbeitung Deckschicht	Visuell, Abstreumenge, Splittanforderungen	Gemäss Vertrag	-	1	-	1	
Einbauprotokoll		VSS 40 440 [2]	-	1	-	1	Pro Einbauetappe

- D 4 Bohrkerne pro 2500 m² und mindestens 4 pro Einbauetappe
 E Im Zweifel, stichprobenartig

Tab. 3

Einbau, Anzahl Prüfungen und Entnahme von Rückstellproben pro Schicht

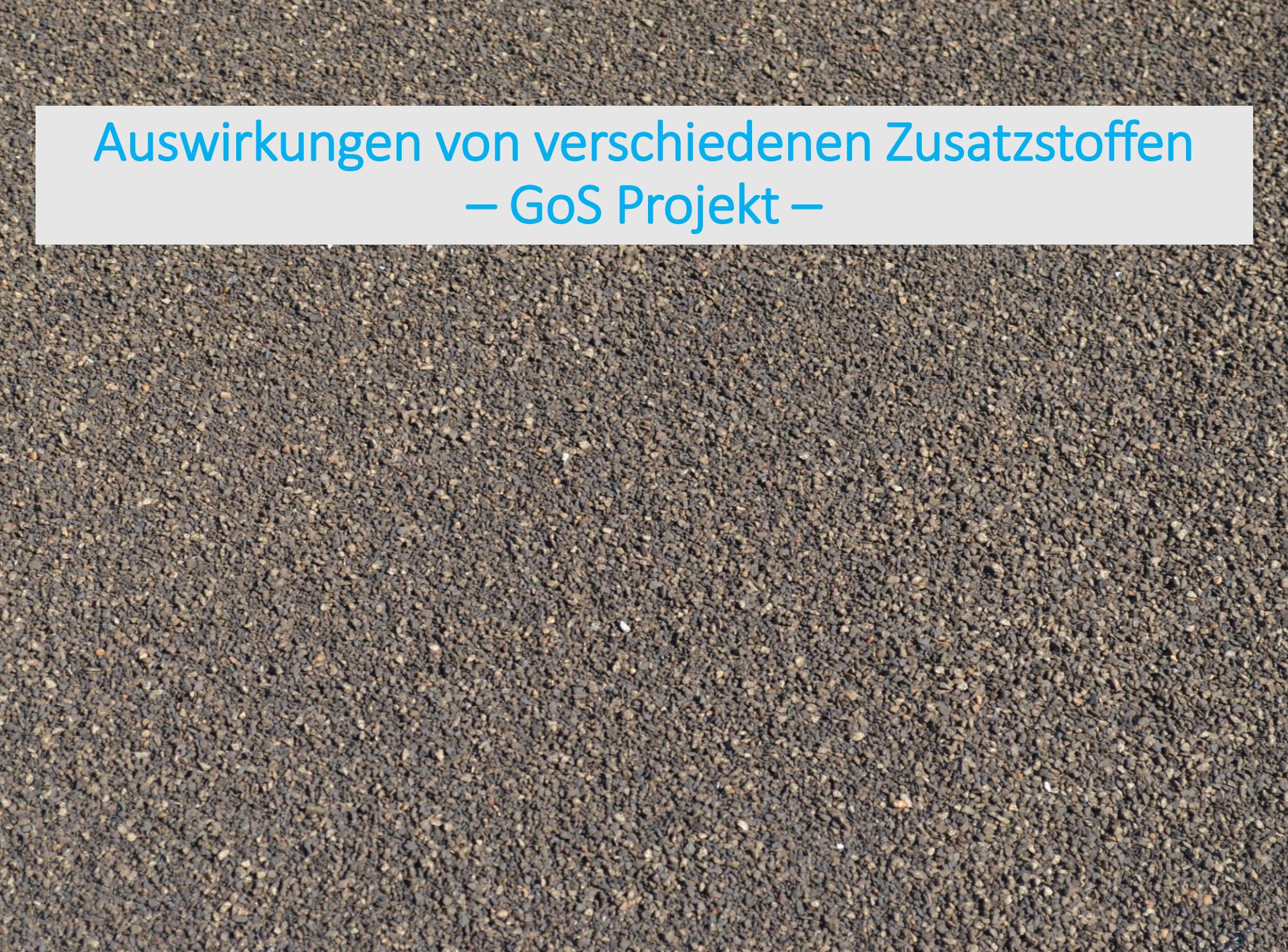
Kontext – Ziele Präsentation

‘Challenges’

- Sehr hohe Beanspruchungen (Klima, Verkehr)
- Erwartete Lebensdauer (mind. 30 Jahre)
- Normen (national) müssen (warden) überarbeitet werden (e.g. kleinere Eindringtiefe, ...)

Heutige Situation

- Auf dem Markt sind mehrere Produkte zu finden....
- Rezepturen muss man weiterentwickeln / verbessern
- Einige innovative Prüfmethoden sind erforderlich (oder die Überarbeitung der derzeitigen Methoden)

The background of the slide is a close-up, high-angle photograph of dark asphalt pavement. The surface is composed of numerous small, dark, irregularly shaped aggregate particles, likely crushed stone or gravel, which are densely packed together. The lighting is even, highlighting the texture and granular nature of the material. A white rectangular box is superimposed on the upper portion of the image, containing the title text in a blue, sans-serif font.

Auswirkungen von verschiedenen Zusatzstoffen – GoS Projekt –

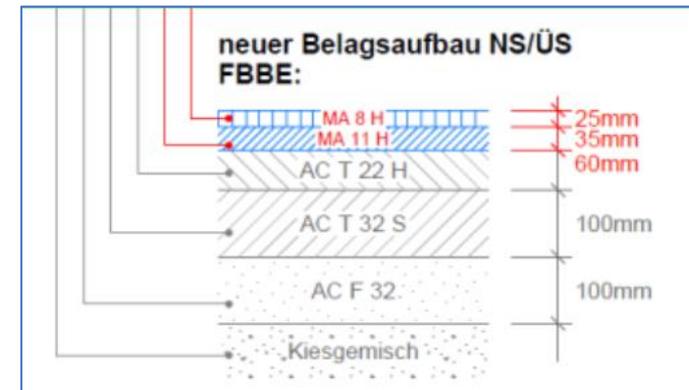
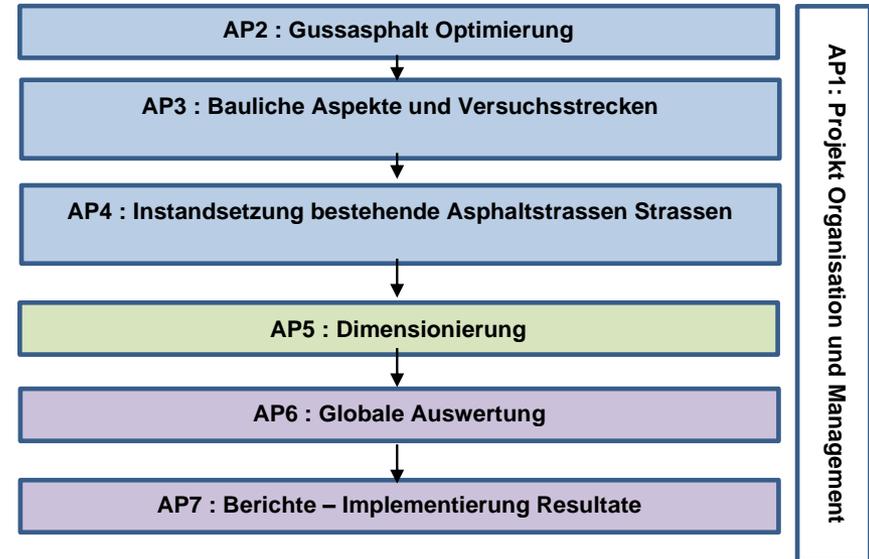
GoS Projekt: Gussasphalt auf offenen Strecken

- Angewandtes Forschungsprojekt auf der Basis von Vorabklärungen und unter Berücksichtigung der Bedürfnisse des Bundesamtes für Strassen (FEDRO/ASTRA)
 - Verbessertes MA-Mischgutdesign (Leistungen, Temperatur, Lärm, Prüfung)
 - Bauvorschriften für MA-Beläge
- Kommentar: Gussasphalt für hochbelastete Flächen wird in diesem Projekt berücksichtigt (GA \neq MA)



Gussasphalt auf offenen Strecken (GoS): Ziele und Partner

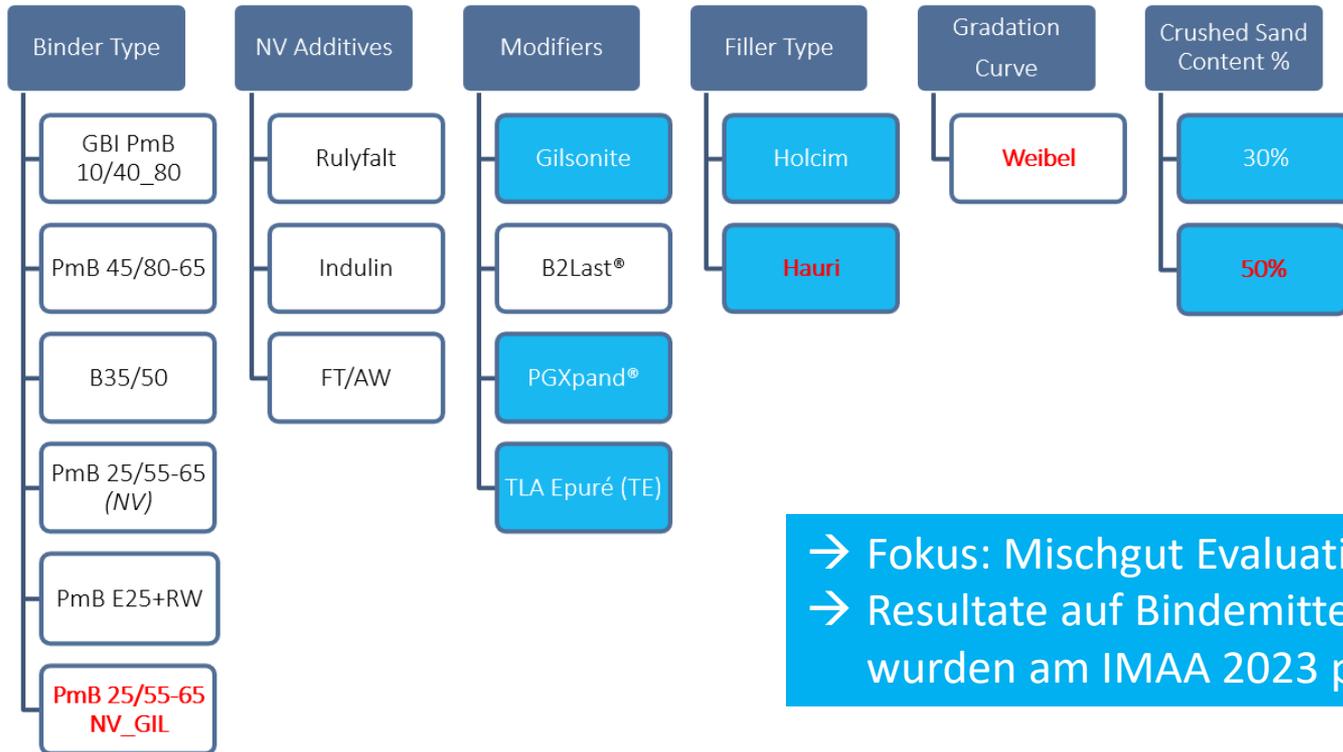
- Unterschiedlichen Studien – Forschungen auf national Ebene
 - Kerzers Viadukt: Lärmarme Gussasphalt Projekt
 - GoS Projekt: AP2, AP3 and AP4
 - Verschiedene Teststrecke (2024: N01 Aarau Ost – Aarau West)
 - TRU_20_010_01 “GoS: Arbeitspakete Globale Auswertung und Synthese” (2024-2028)
 - TRU_20_01L_01 “Mastic asphalt with low environmental impacts” (2024-2027)
 - ...



Quelle: F. Traber / ASTRA

Gos Project: Einige spezifische Ergebnisse

- Übersicht Prüfplan



→ Fokus: Mischgut Evaluation
→ Resultate auf Bindemittellebene wurden am IMAA 2023 präsentiert

Bitumen Characterization

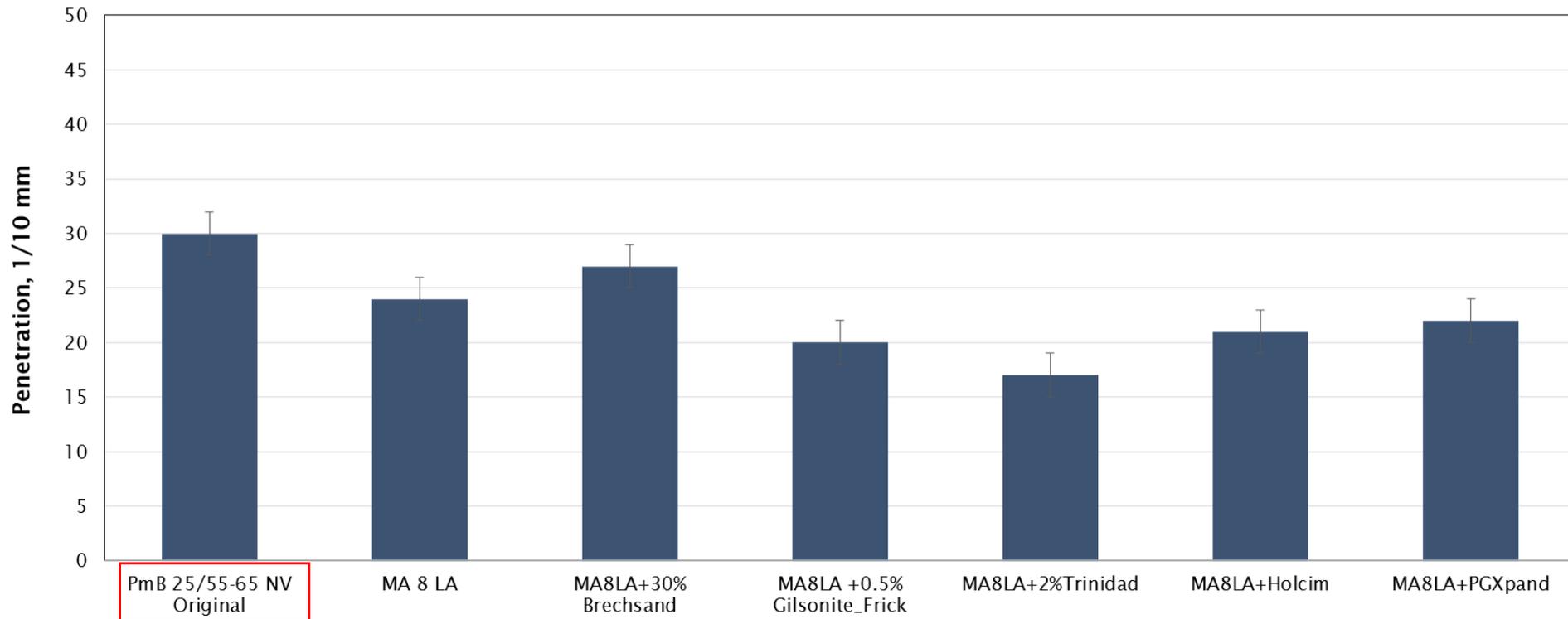
Additive Evaluation

Mastic Characterization

Mix Characterization

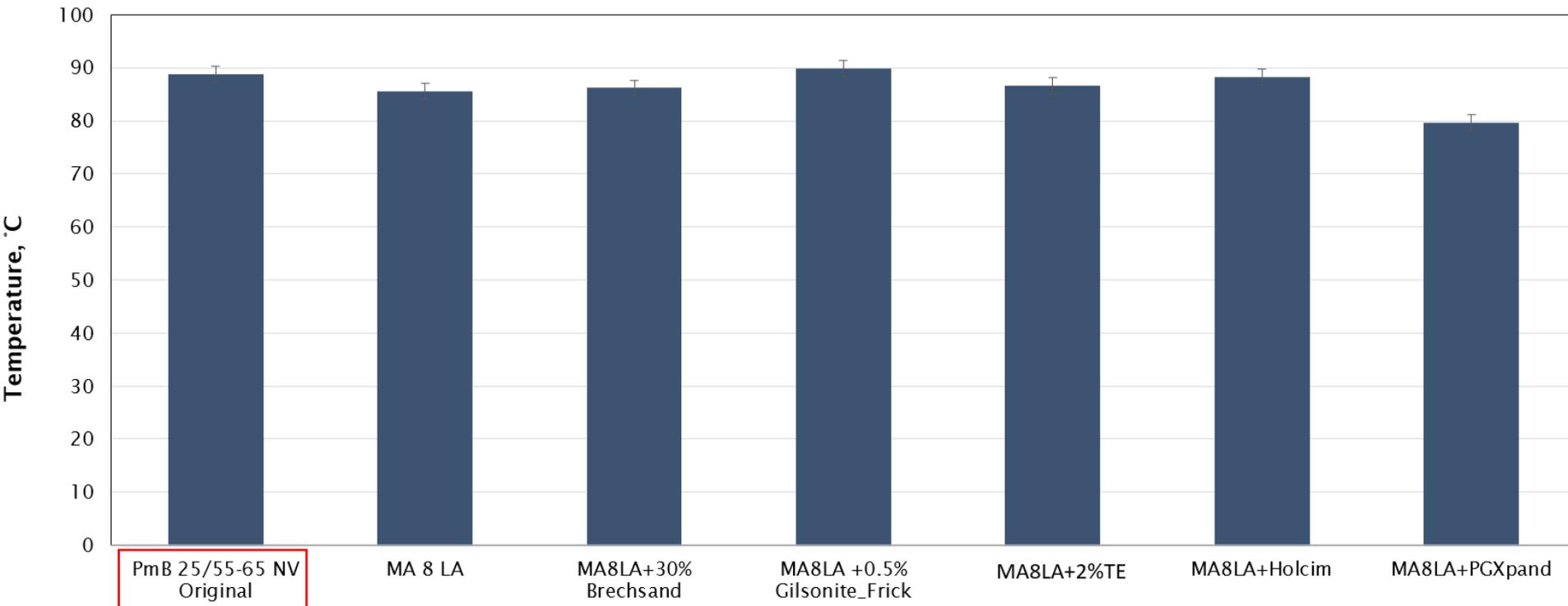
Prüfresultate: Bindemittel

- Penetration (SN EN 1426)



Prüfresultate: Bindemittel

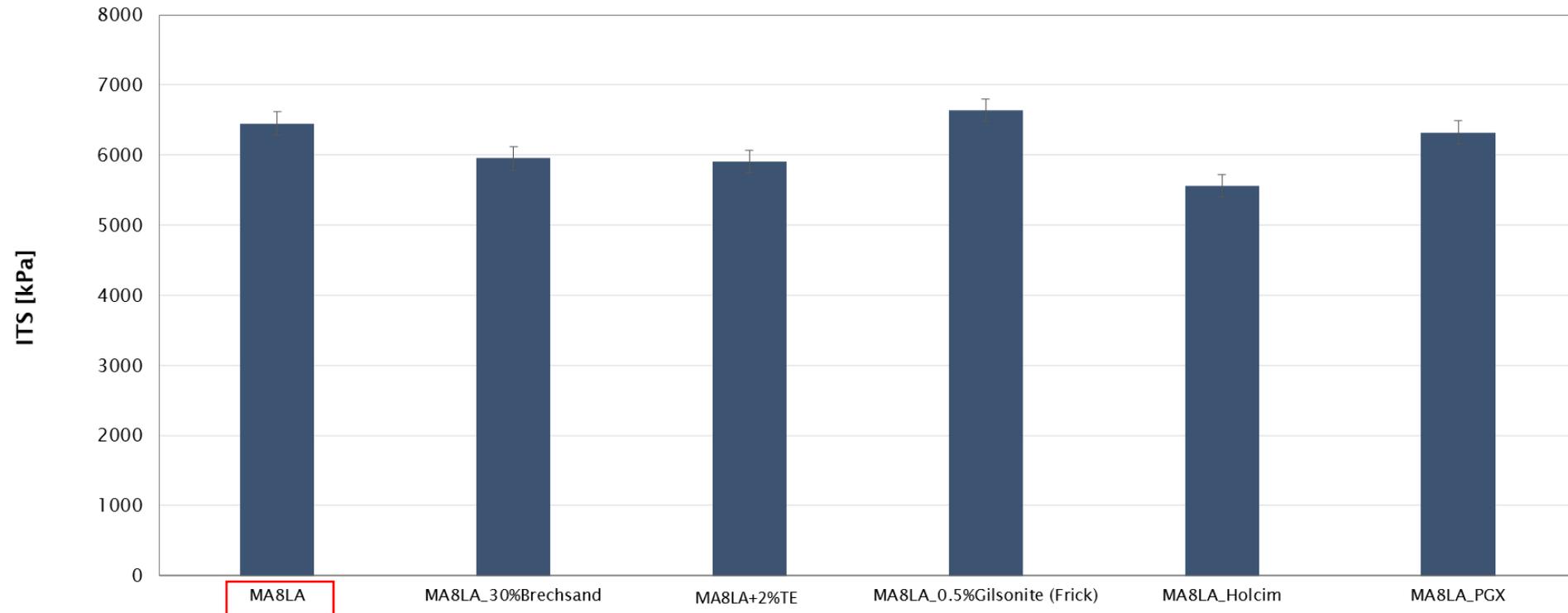
- Erweichungspunkt Ring & Kugel (SN EN 1427)



Prüfresultate: mastic asphalt

- Indirekt Zugversuch ITS (SN EN 12697-23)

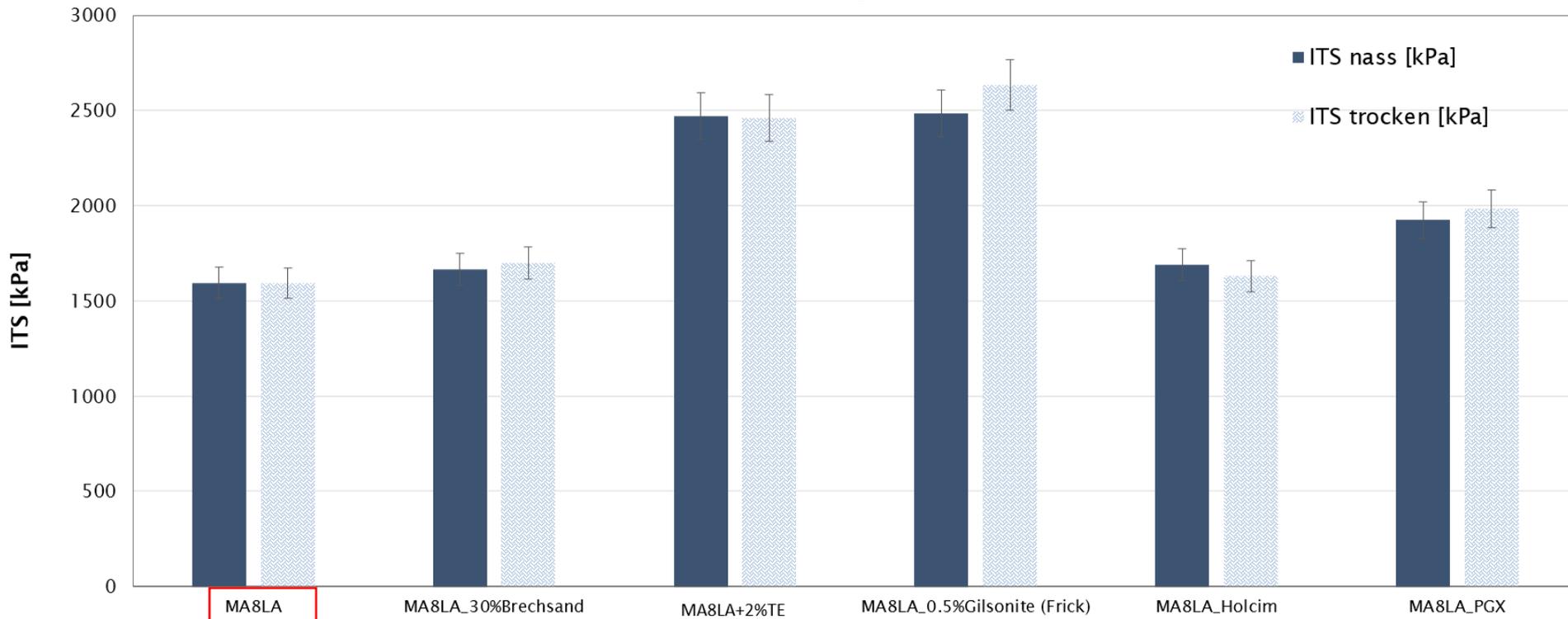
Indirect Tensile Strength at -5°C



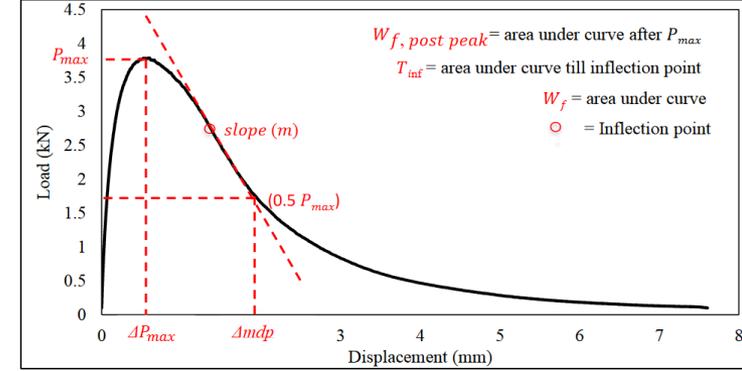
Prüfresultate: mastic asphalt

- Indirekt Zugversuch ITS mit Frost-Tau Zyklen (ASTM D4867/D4867M-09)

Indirect Tensile Strength at +22°C



Prüfresultate: mastic asphalt



Source: Thesis Katie Haslett, 2018

- Halbzylinder-Biegeversuch SCB (AASHTO TP 394-21) – Tieftemperatur

Toughness Index at -5°C



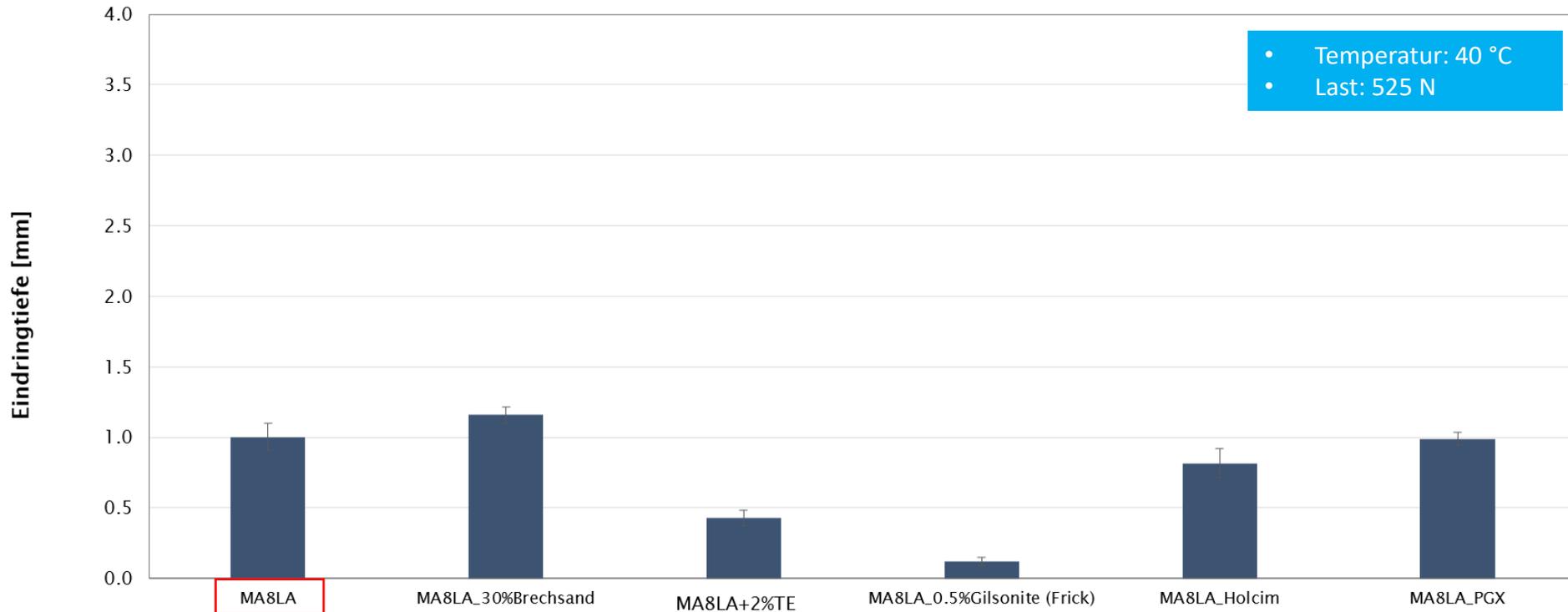
Quelle: BFH

Prüfresultate: mastic asphalt

- Statische Eindringtiefe (Würfel) (SN EN 12697-20)



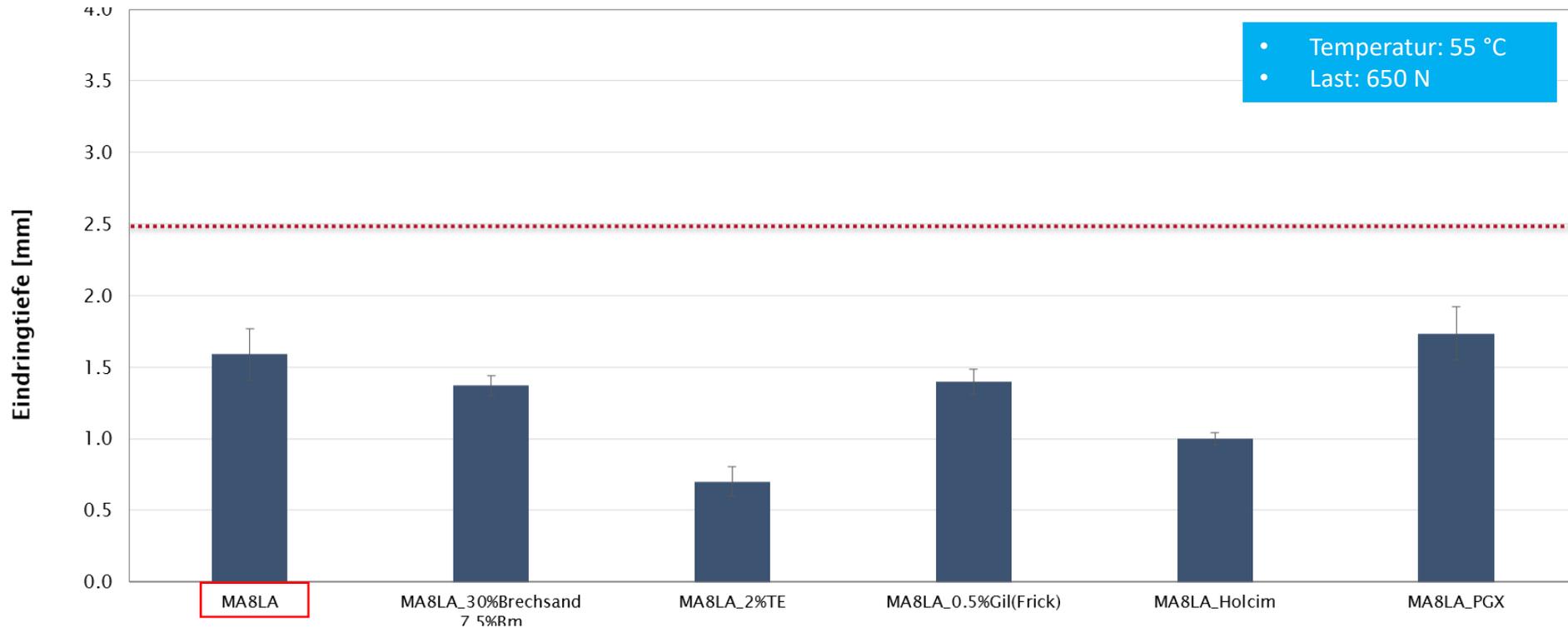
Quelle: BFH



Prüfresultate: mastic asphalt



- Modifizierte statische Eindringtiefe (Dosen)



Wichtigste Erkenntnisse

- GoS-Projekt läuft, verschiedene Tests im Labor- und In-situ-Massstab
- Zusatzstoffe:
 - Der Zusatz von TE hat die Penetration deutlich verringert, während PGXpand® den Erweichungspunkt senkte.
 - Keines der Additive verbessert das ITS bei niedrigen Temperaturen.
 - PGXpand® kann die Rissbeständigkeit verbessern, ist aber weniger wirksam bei der Verbesserung der Stabilität.
 - Die Additive TE und Gilsonite® können die Stabilität verbessern. Die Wirkungen sind temperaturabhängig.
 - TE und Gilsonite® verbessern die ITS bei mittleren Temperaturen erheblich.)
- Füller:
 - Beeinflussen die mechanische Festigkeit (z. B. ITS-Werte).
 - Holcim-Füller kann die Stabilität im Vergleich zu Hauri-Füllstoff ebenfalls verbessern.

Auswirkungen von Zusätzen auf einen bestimmten Gussasphaltbindemittel





Projektskizze und Ziele

- **Produkt:** Speziell für Gussasphaltnwendungen entwickeltes Bitumen (Typ PmB 10/40-80)
- **Ziel:** die Auswirkungen häufig verwendeter Zusatzstoffe auf einen mit dem jeweiligen Bitumen PmB 10/40-80 hergestellten Bindemittel / Gussasphalt zu bewerten
- **Step 1:** Untersuchungen am Bindemittel
 - Alterung
 - Tief- und Hochtemperatur Verhalten
 - Chemische Analyse
- **Step 2:** Untersuchungen am MA
 - Mischwerk Produktion
 - Kurze / Lange Zeit im Kocher
 - Bindemittel Analyse (dito Step 1)
 - Mastic asphalt Analyse

MA-Sorte	Kocher 1 h	Kocher 6 h
MA 11 H	X	X
MA 8 H TE	X	X
MA 8 H G	X	X

Prüfplan

STEP 1: Untersuchungen am Bindemittel

	Anlieferung	Nach Alterung	Nach Alterung
		Kurzzeit (PAV)	Langzeit (RTFOT)
FTIR	X	X	X
lastroscan (SARA Analyse)	X	X	X
Erweichungspunkt R&K	X	X	X
Penetration	X	X	X
Brechpunkt Fraass	X	X	X
Elastische Rückstellung	X	X	X
Brookfield Viscosimeter	X	X	X
Kraft-Duktilität	X	X	X
DSR: BTSV	X	X	X
DSR: Schermodul -10 / 40° und 30 bis 90°C	X	X	X
DSR: MSCR bei 60°C (FGSV /EN16659) und 58/64	X	X	X
Zug-Retardationsversuch ReVis	X		X
BBR: Temp. bei S = 300 Mpa und m=0.3	X		X

STEP 2: Untersuchungen am MA

Untersuchungen am Bindemittel aus 3 versch. MA

	1 h im Kocher	6 h im Kocher
Extraktion - Siebanalyse	X	
Bindemittel Rückgewinnung	X	X
FTIR	X	X
lastroscan (SARA Analyse)	X	X
Erweichungspunkt R&K	X	X
Penetration	X	X
Brechpunkt Fraass	X	X
Elastische Rückstellung	X	X
DSR BTSV	X	X
DSR; Schermodul -10 / 40° und 30 bis 90°C	X	X
DSR MSCR bei 60°C (FGSV /EN16659) und 58/64	X	X

Untersuchungen am MA

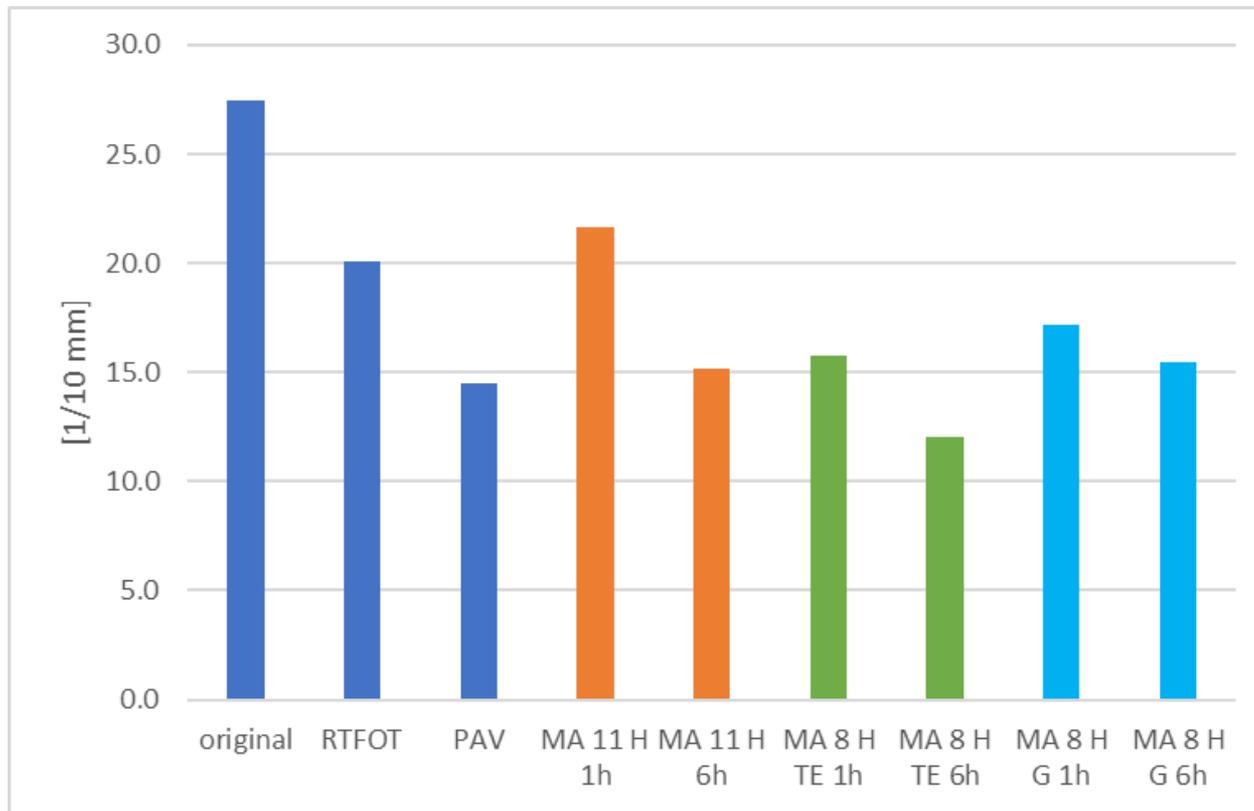
Statische Eindringtiefe	X	X
Dynamische Eindringtiefe	X	X
Modifizierte statische Eindringtiefe	X	X
Bucket Test (im Labor)	X	X
Resistance to Thermal Cycles -20 / 0 / +20°C	X	X
Zug-Retardationsversuch ReVis	X	X

i.m.p

B
H
Bernier Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

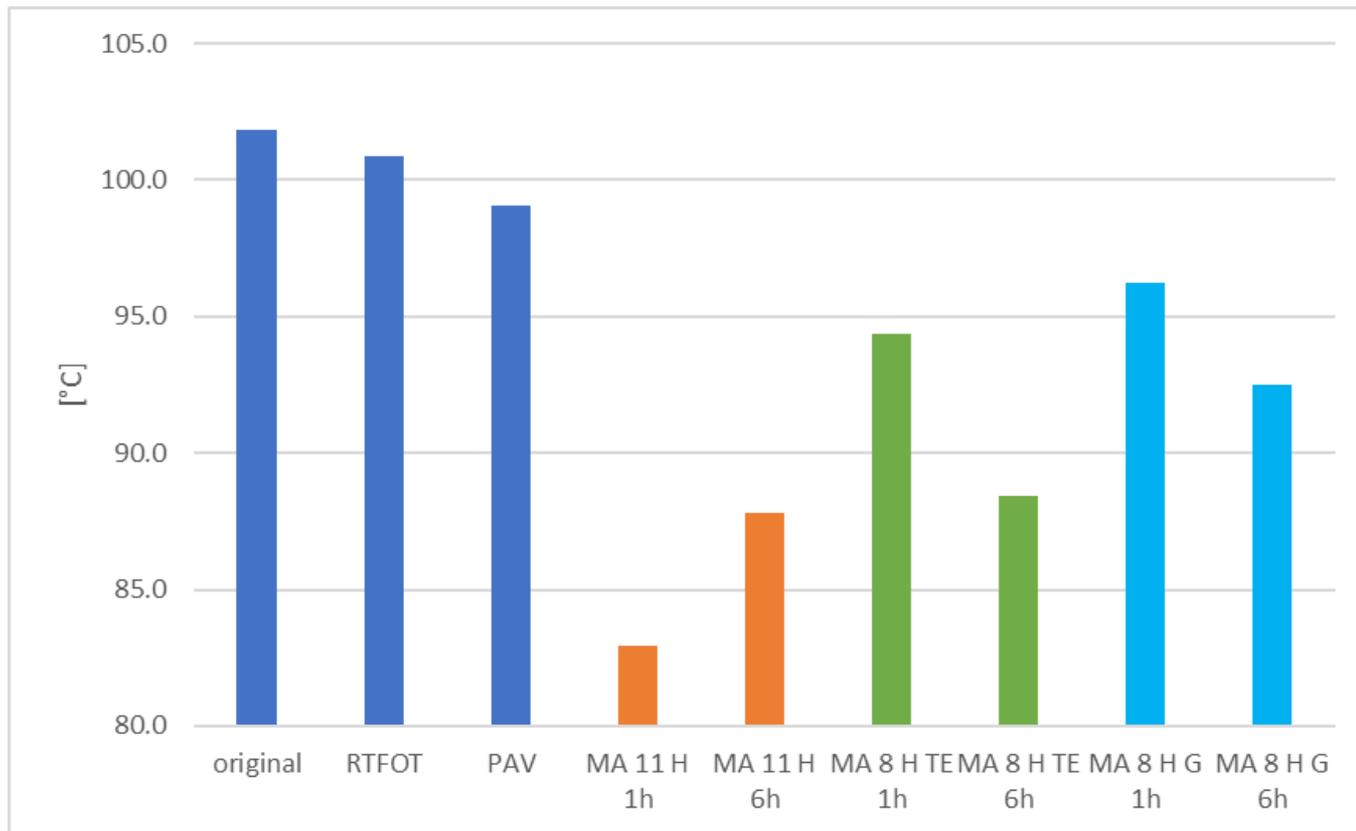
Prüfresultate: Bindemittel

- Penetration (SN EN 1426)



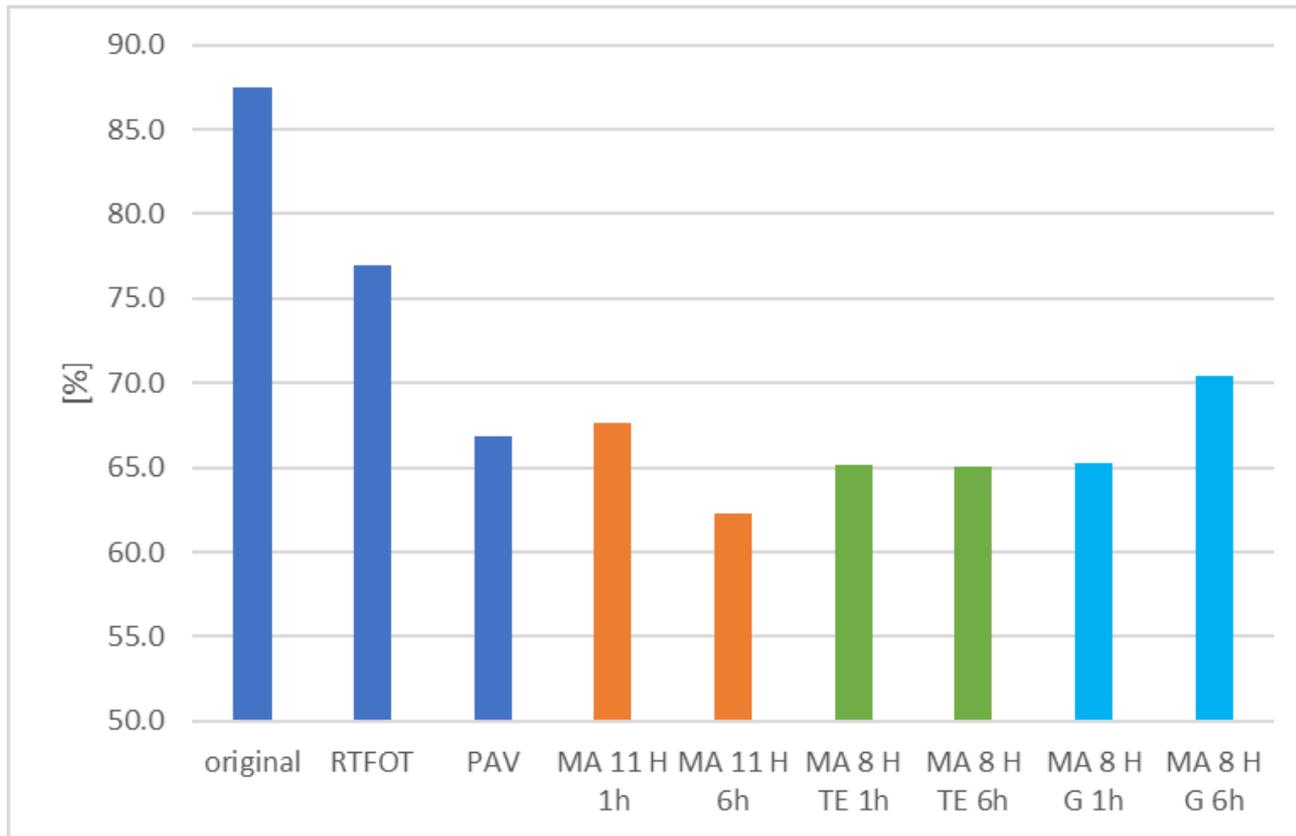
Prüfresultate: Bindemittel

- Erweichungspunkt Ring & Kugel (SN EN 1427)



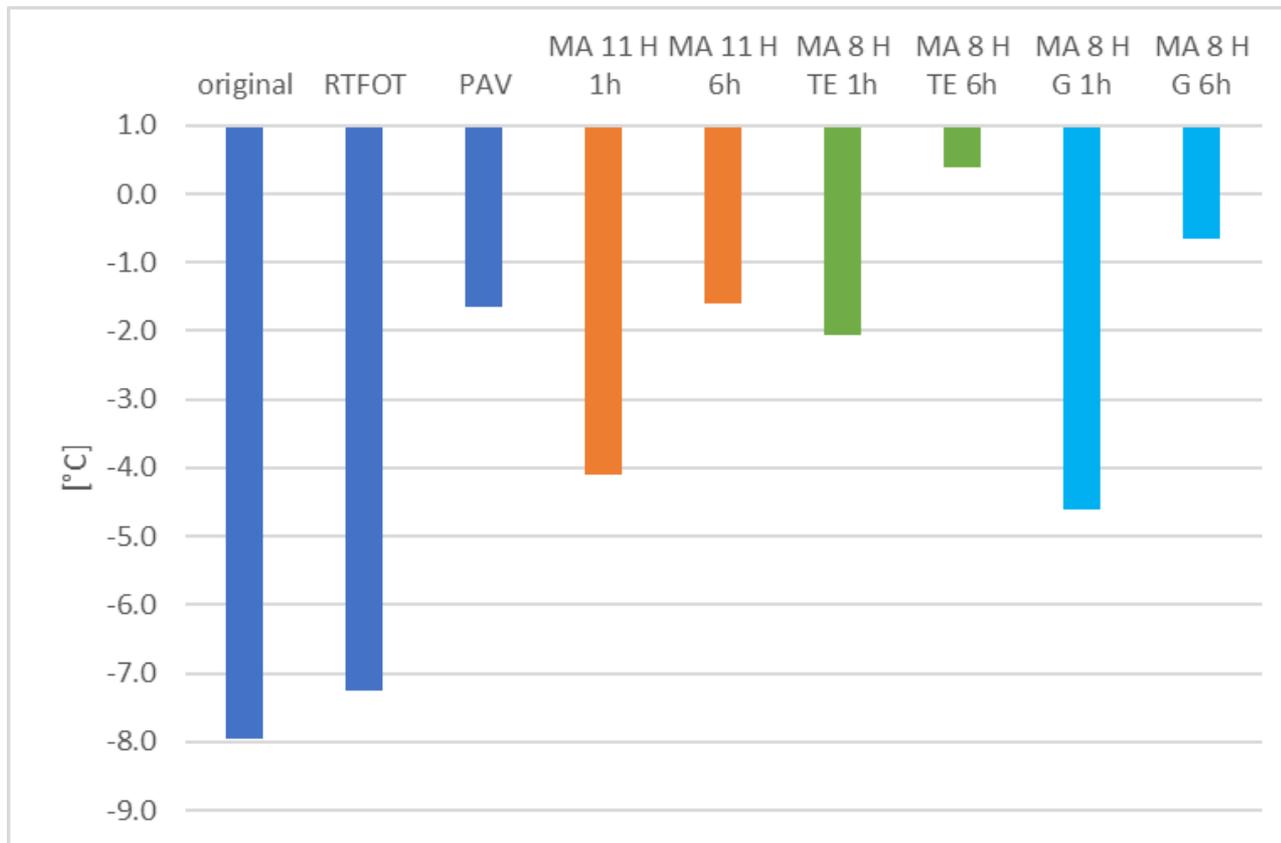
Prüfresultate: Bindemittel

- Elastische Rückstellung (SN EN 13398)



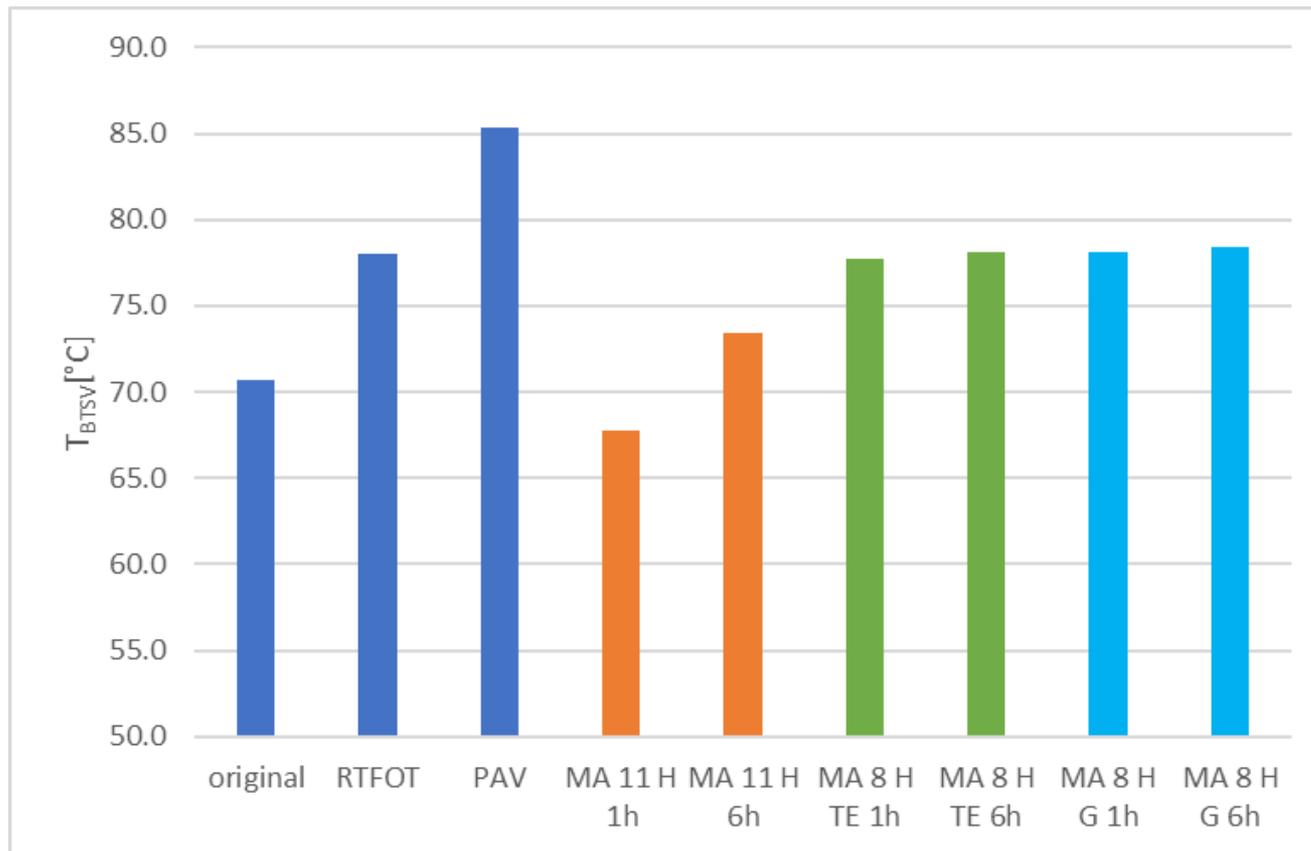
Prüfresultate: Bindemittel

- Brechpunkt Fraass (SN EN 12593)



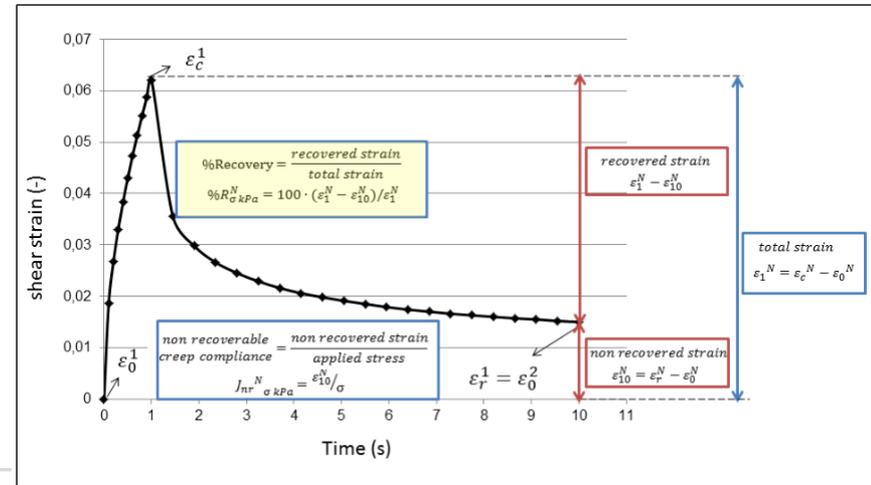
Prüfresultate: Bindemittel

- DSR: T_{BTSV} Resultate (SN EN 17643)

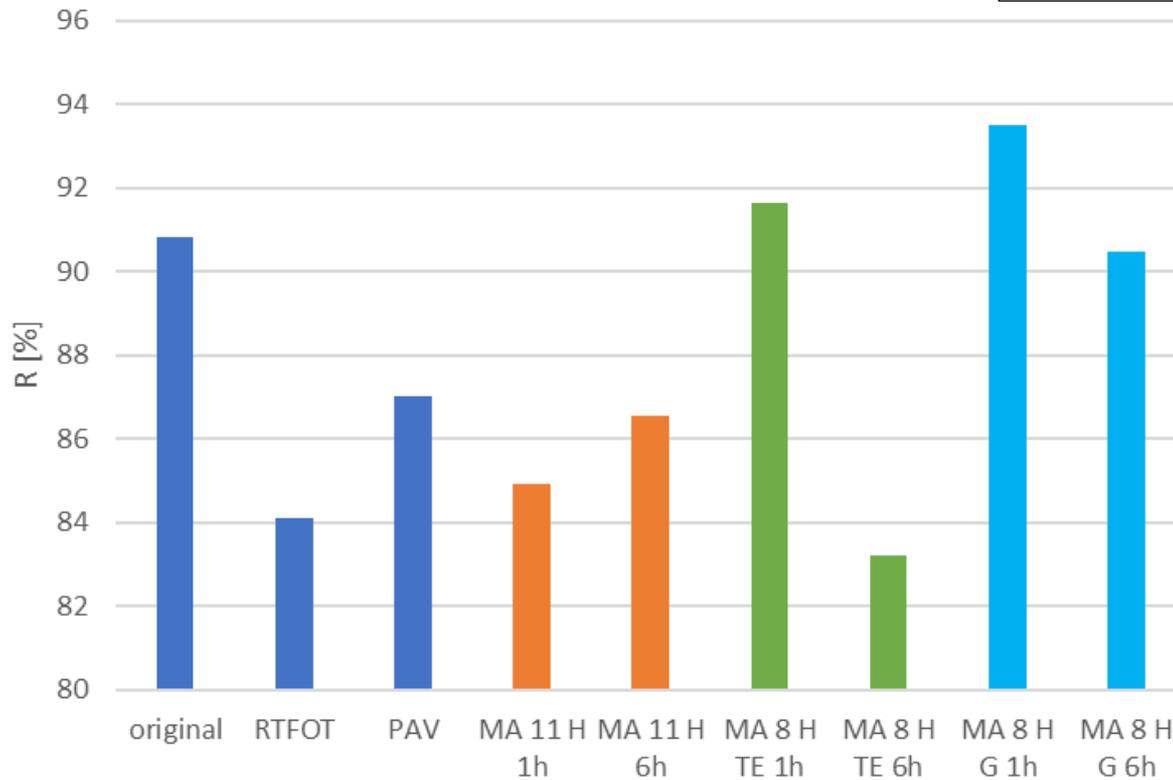


Prüfresultate: Bindemittel

- MSCR recovery (SN EN 16659)

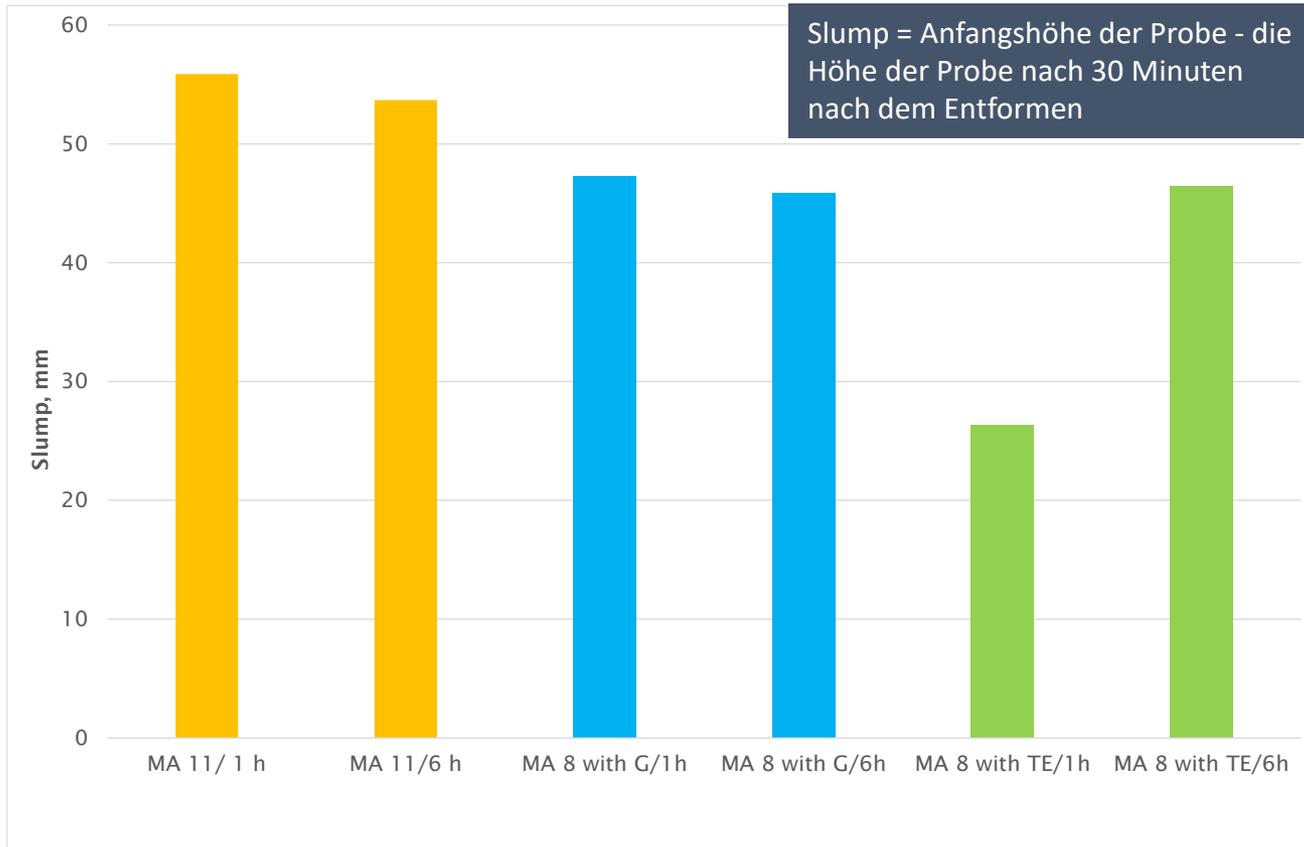


Quelle: De Visscher et al, E&E 2016



Prüfresultate: mastic asphalt

- 'Bucket test'

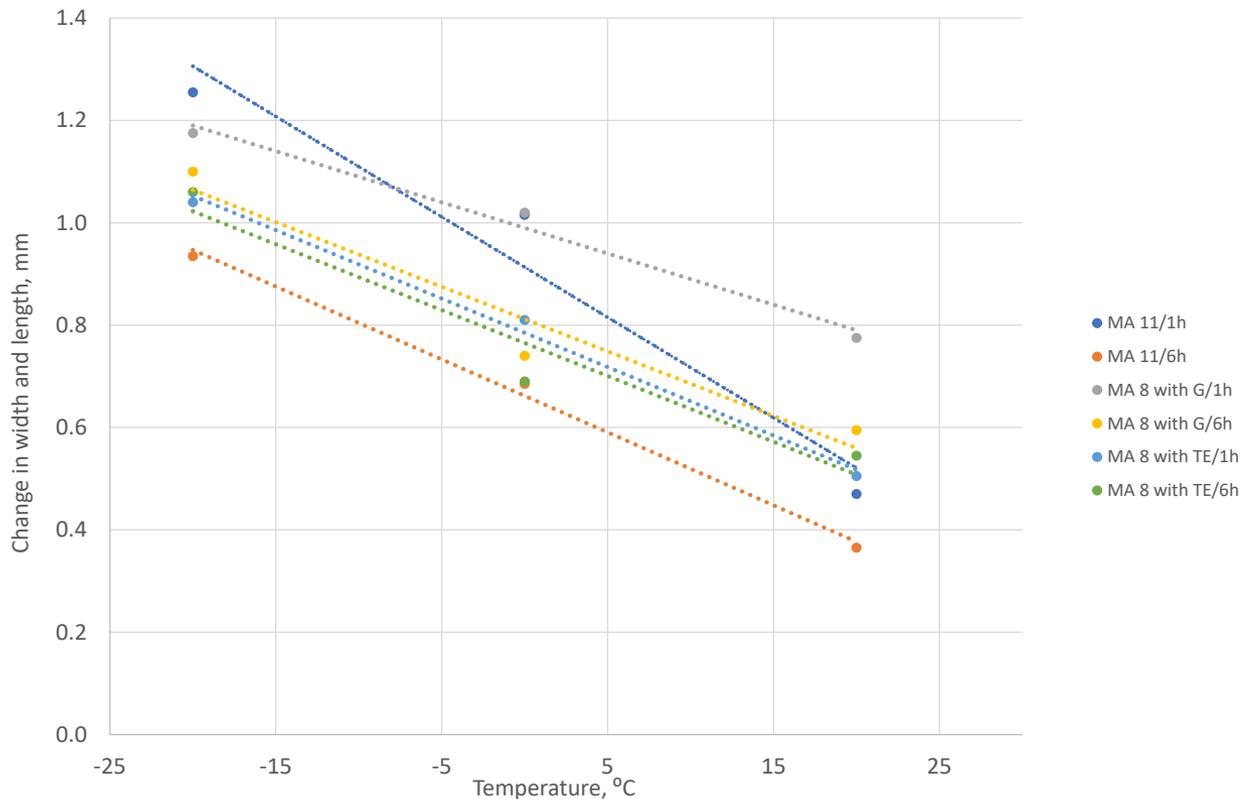


Quelle: BFH

Prüfresultate: mastic asphalt

- Widerstandsfähigkeit gegen thermische Zyklen

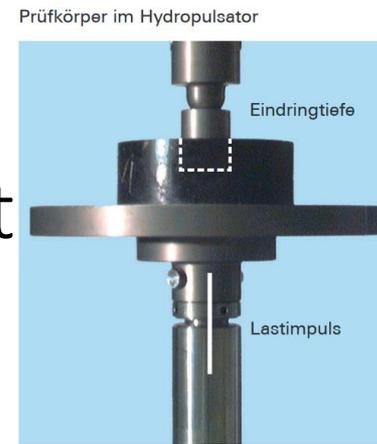
- Form: 20 cm * 10 cm * 2.5 cm
- Messtemperaturen: 20 °C, 0 °C, and -20 °C
- Asphaltgiesstemperatur aufgezeichnet
- Konditionierungszeit: 21 Std
- Steigung der Kurve= Schwindungsanfälligkeit



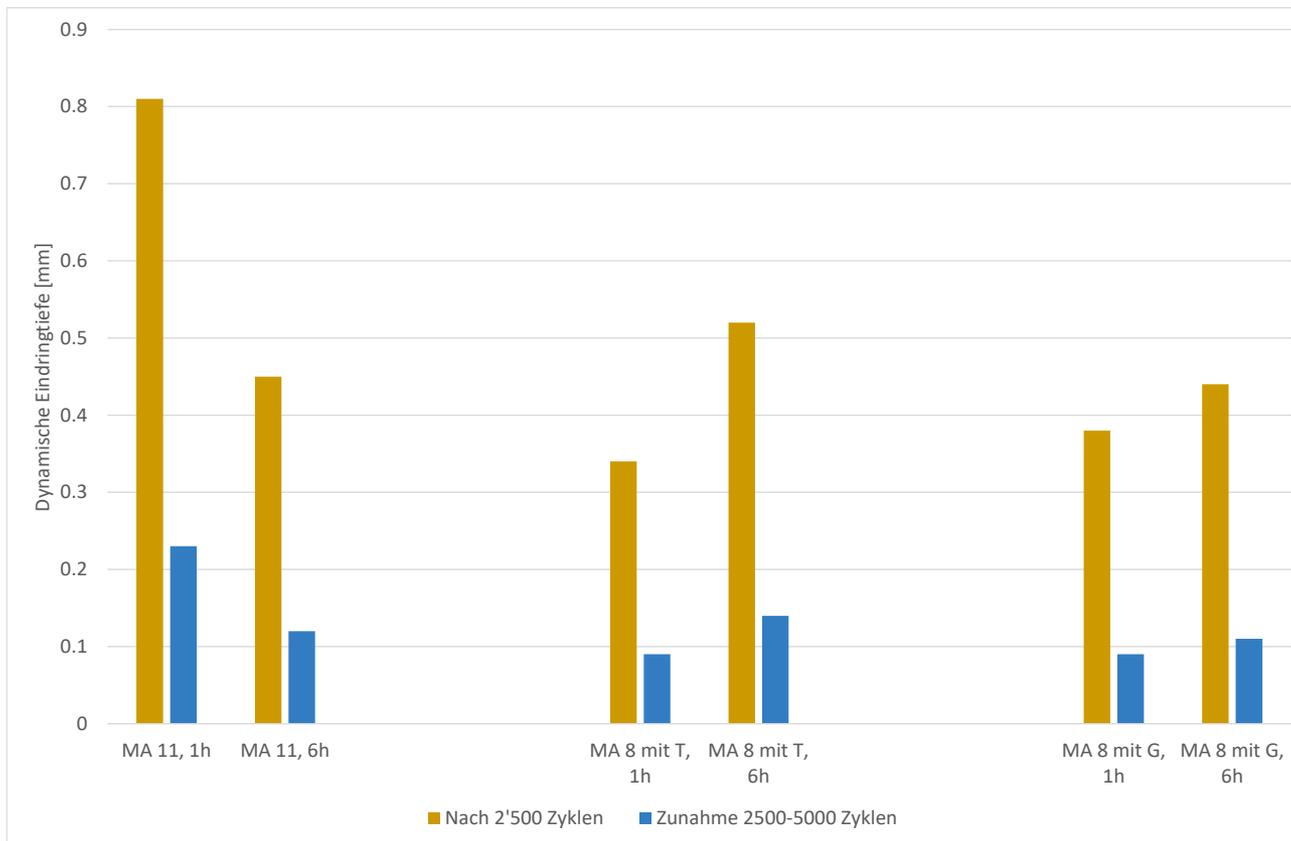
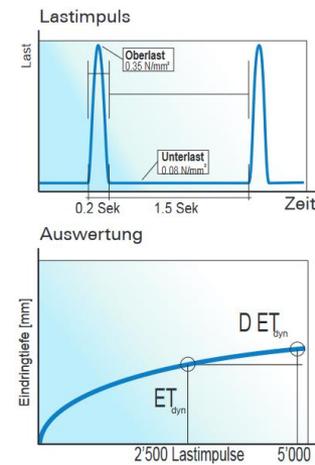
Quelle: BFH

Prüfresultate: mastic asphalt

- Dynamische Eindringtiefe (SN EN 12697-25)



Quelle: IMP



Wichtigste Erkenntnisse

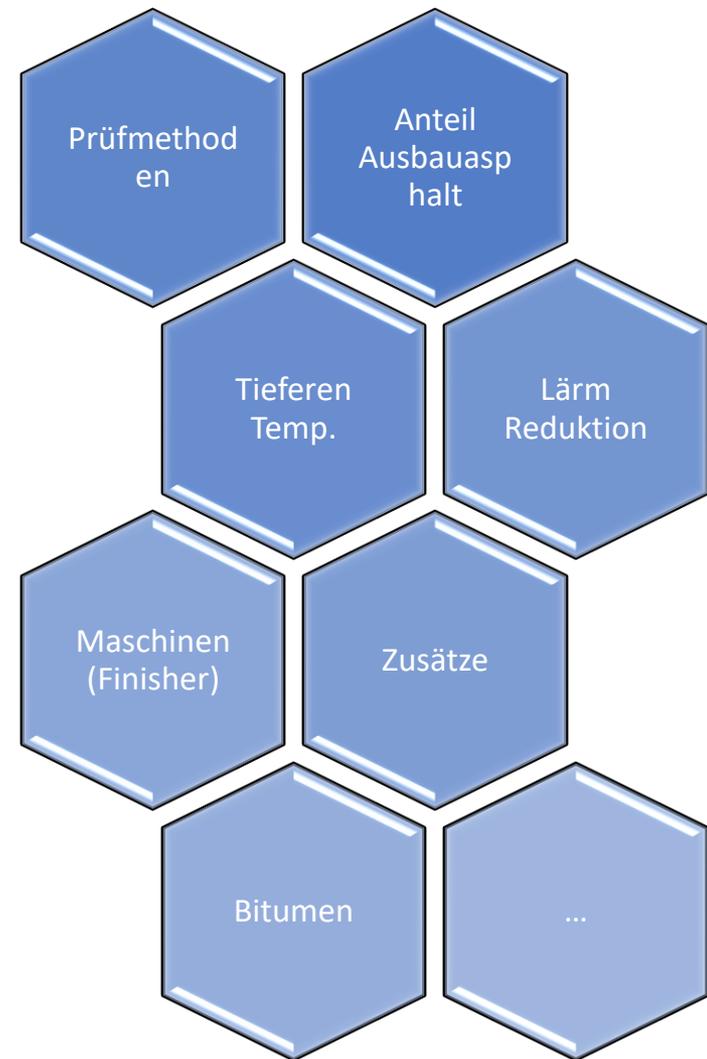
- Spezifische Studie für ein Bitumen, das speziell für die Anwendung in Gussasphalt entwickelt wurde.
- Gilsonite und Trinidad-Epuré (TE) haben einen Einfluss auf einige Eigenschaften und Leistungen auf Bindemittel- und Gussasphalt-Ebene.
- TE wirkt sich stärker auf die elastischen Eigenschaften des Bitumens aus als Gilsonite.
- Zusätze: Die Homogenität des Zusatzes könnte manchmal ein Problem darstellen.
- Insgesamt: Hochleistungsbitumen.
- Das getestete Bitumen ist ein hochwertiges“ Bitumen, dessen Verhalten bzw. einige Leistungen durch den Zusatz von Gilsonite oder TE verbessert werden könnten (z. B. dynamische Eindringtiefe).
- Die Kochzeit hat einen Einfluss auf die Bindemittel- und Gussasphalteeigenschaften; dies muss berücksichtigt werden.
- Die Analyse der Ergebnisse ist noch nicht abgeschlossen und weitere Tests stehen noch aus.

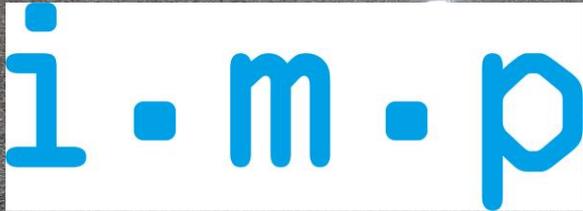
Schlussfolgerungen und Perspektiven



Schlussfolgerungen und Perspektiven

- Bitumen: Die Entwicklung von speziellem Bitumen für den Gussasphaltbereich ist erforderlich.
- Zusätze:
 - Gilsonite® und Trinidad-Epuré® sind recht bekannt und leistungsfähig; jedes Produkt hat seine eigenen Merkmale
 - Einige spezifische Zusatzstoffe haben das Potenzial, die mechanischen Eigenschaften zu verbessern und/oder die Produktions- und Verlegetemperaturen zu senken.
- Es gibt noch viele Herausforderungen, die angewandte Forschung (z.B. GoS-Projekt in der Schweiz) sowie kontinuierliche Weiterbildung in diesem Bereich erfordern





AIA
IMAA
IGV



ASSOCIATION INTERNATIONALE DE L'ASPHALTE AIA
INTERNATIONAL MASTIC ASPHALT ASSOCIATION IMAA
INTERNATIONALE GUSSASPHALT-VEREINIGUNG IGV
SEILERSTR. 22 BOX 5853 CH 3001 BERN
PHONE +41 (0)31 310 20 32 FAX +41 (0)31 310 20 35
INFO@MASTIC-ASPHALT.EU WWW.MASTIC-ASPHALT.EU

Many thanks for your attention!

Email: n.bueche@impbautest.ch
www.impbautest.ch

Tel: +41 79 602 16 32