

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

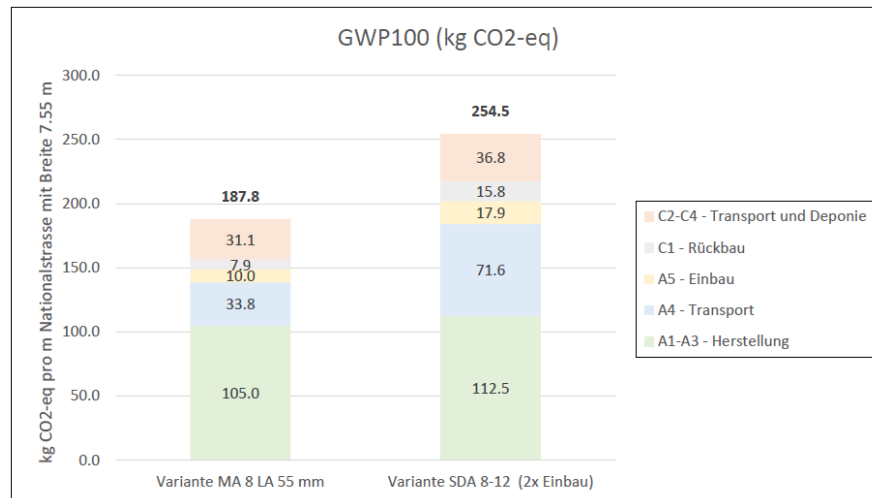
Dr. Nicolas Bueche | Co-CEO | IMP Bautest AG | Schweiz



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 | | | | |
|--|---|------------|---|---|
| Mischgutsorten | Mischguttypen | | | |
| | L | N | S | H |
| Ein höherer Anteil | 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 der
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 | | Trassee | | 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 | | Trassee | | 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-resolution photograph of dark asphalt pavement. The texture is granular and uneven, with many small, light-colored aggregate particles visible against the darker binder. A white rectangular box is positioned in the upper third of the frame, containing the title text in a blue, sans-serif font.

Auswirkungen von verschiedenen Zusatzstoffen – GoS Projekt –

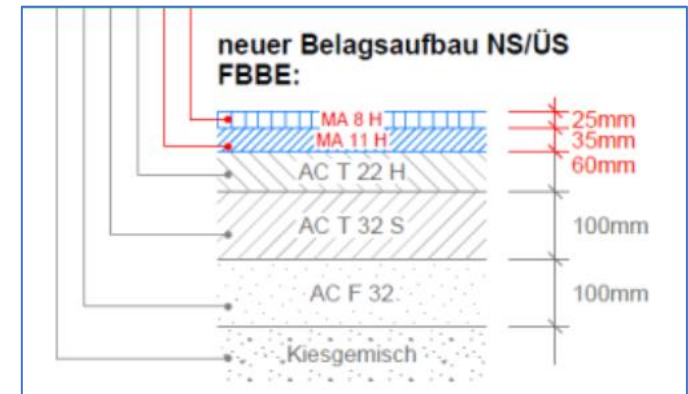
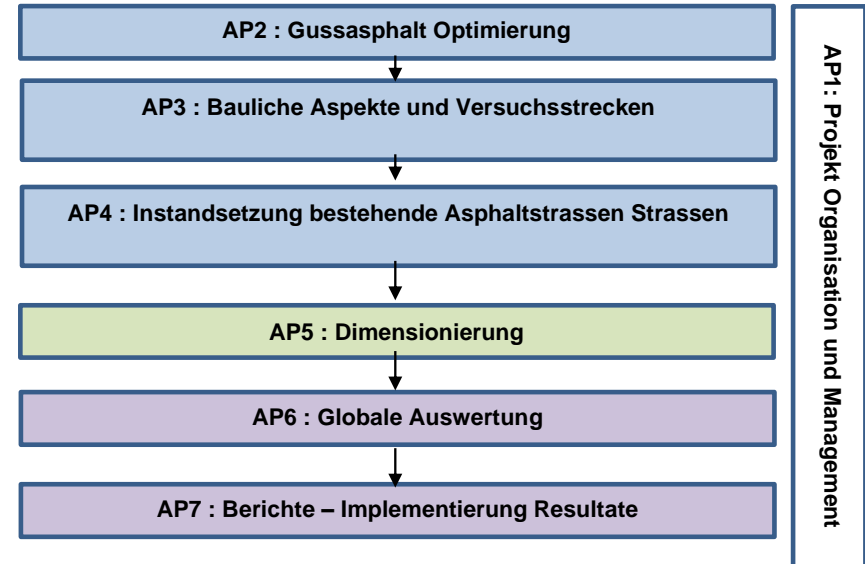
GoS Projekt: Gussasphalt auf offenen Strecken

- 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

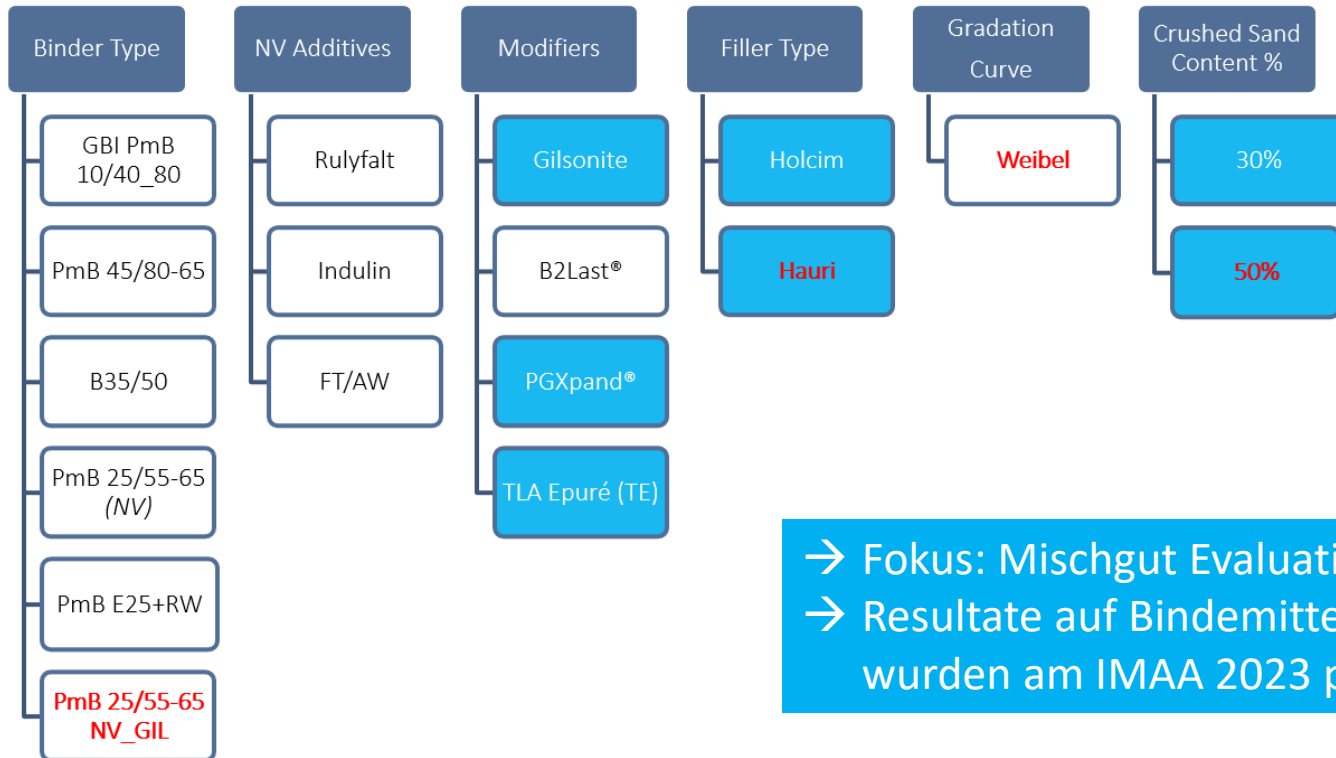
- Unterschiedlichen Studien – Forschungen auf national Ebene
 - Kerzers Viadukt: Lärmarme Gussasphalt Projekt
 - GoS Projekt: AP2, AP3 and AP4
 - Verschiedene Teststrecke (2024: N01 Aarau Ost – Aarau West)
 - TRU_20_010_01 “GoS: Arbeitspakete Globale Auswertung und Synthese” (2024-2028)
 - TRU_20_01L_01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



Quelle: F. Traber / ASTRA

Gos Project: Einige spezifische Ergebnisse

- Übersicht Prüfplan

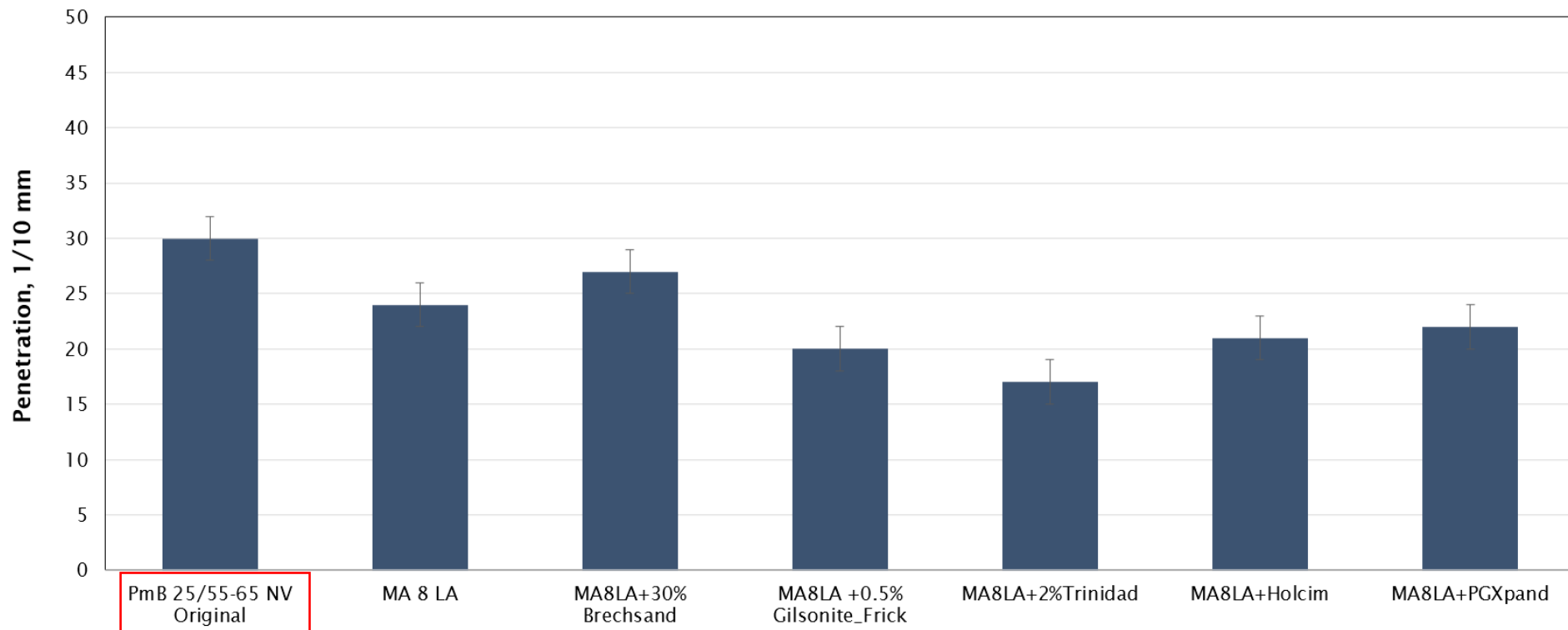


→ Fokus: Mischgut Evaluation
→ Resultate auf Bindemittellebene wurden am IMAA 2023 präsentiert



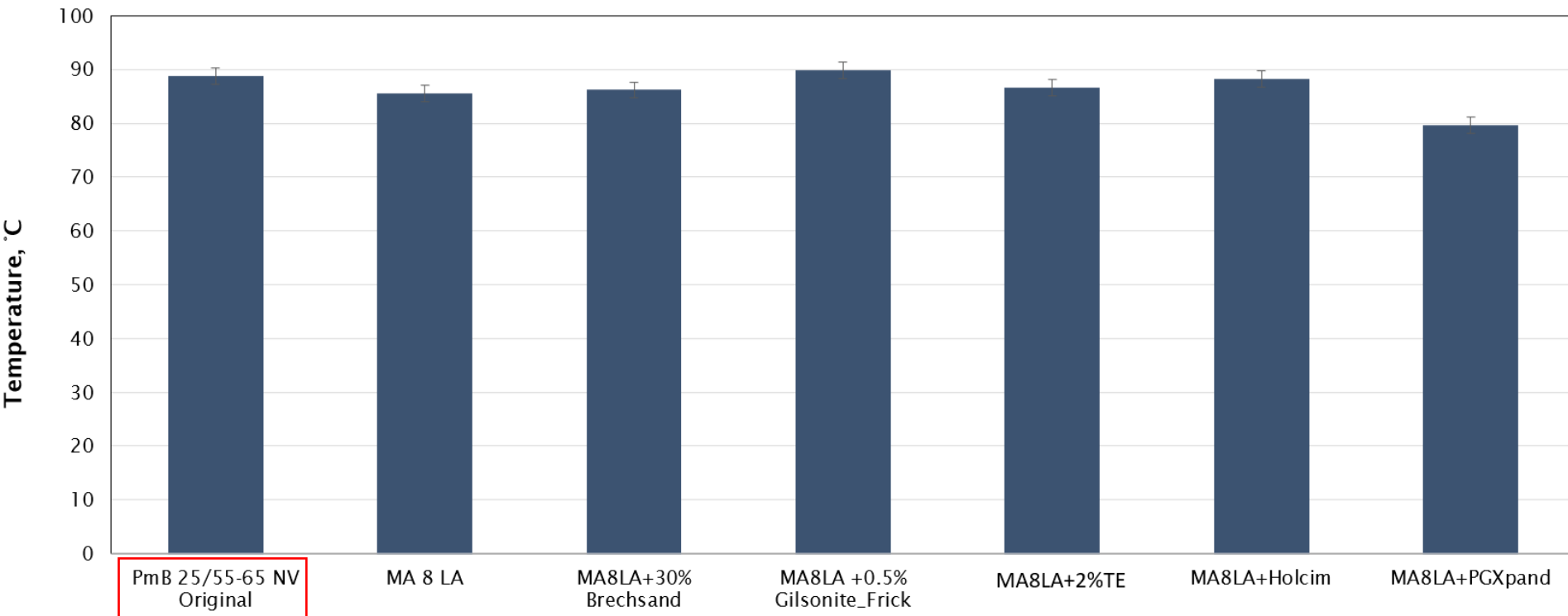
Prüfresultate: Bindemittel

- Penetration (SN EN 1426)



Prüfresultate: Bindemittel

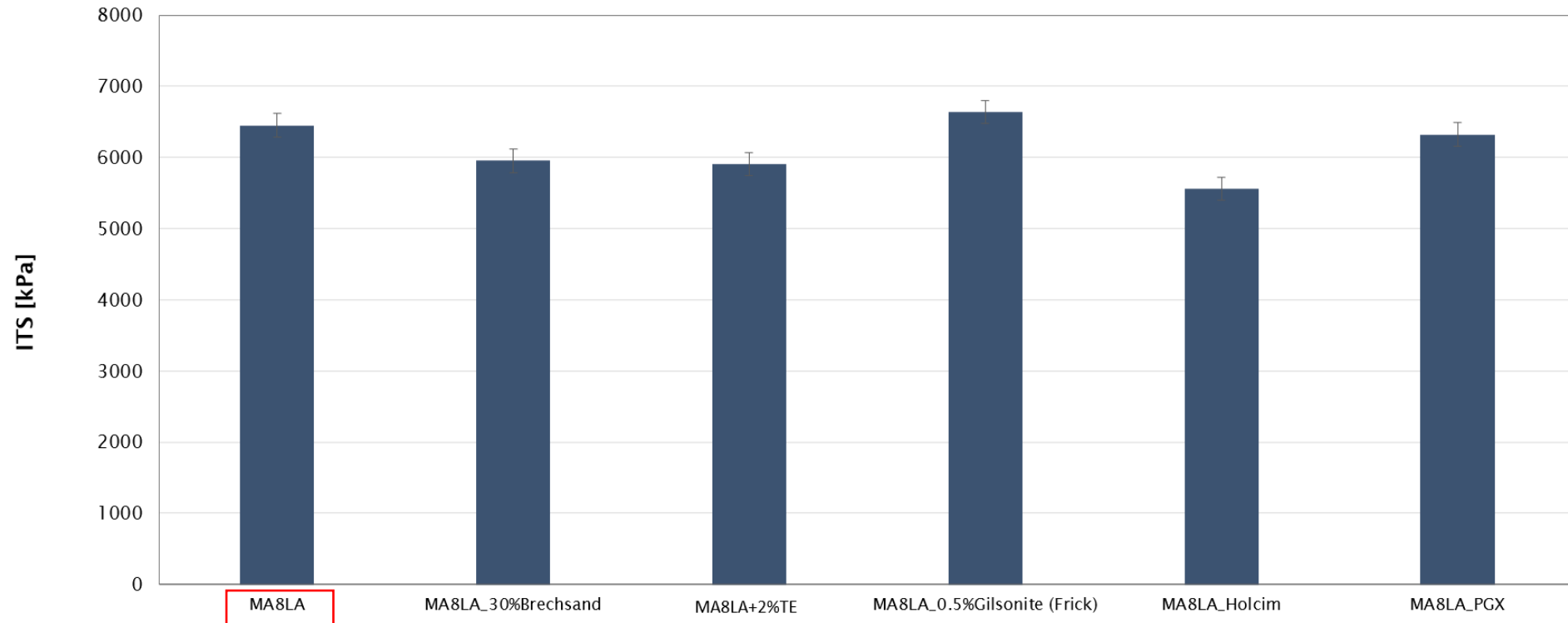
- Erweichungspunkt Ring & Kugel (SN EN 1427)



Prüfresultate: mastic asphalt

- Indirekt Zugversuch ITS (SN EN 12697-23)

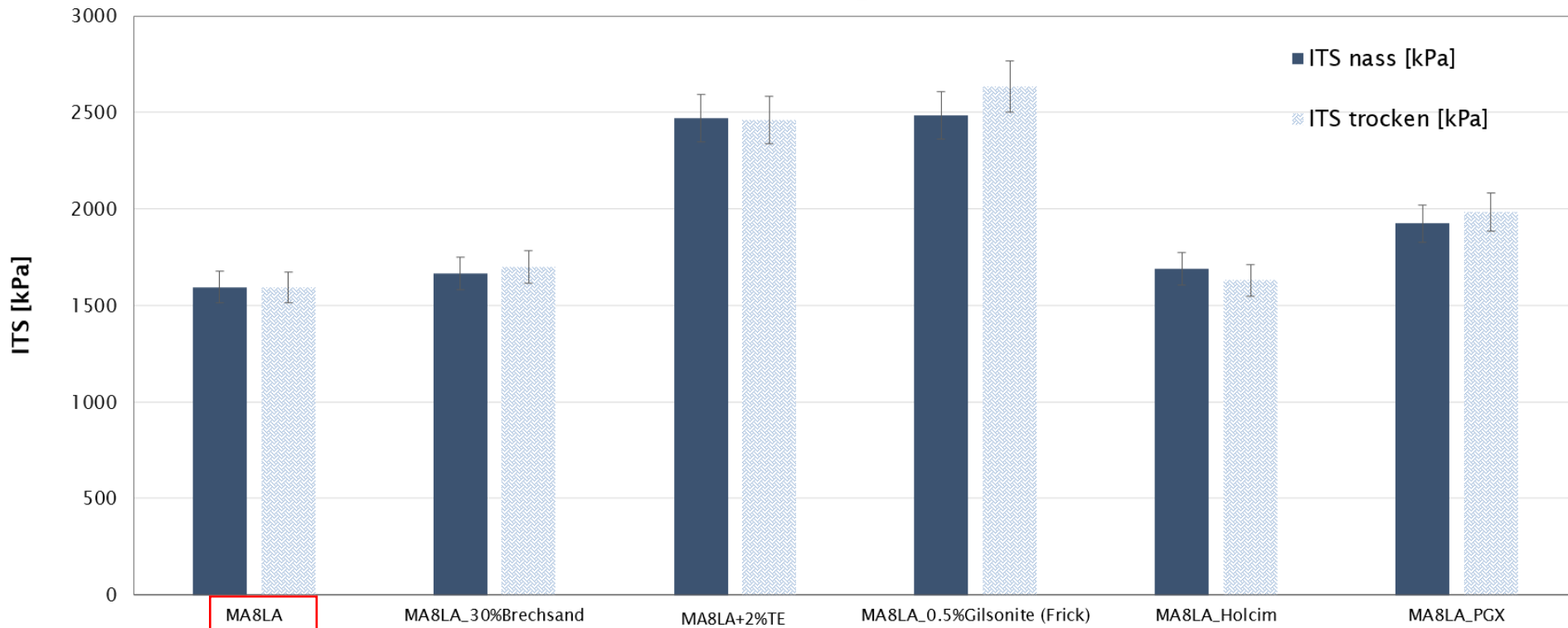
Indirect Tensile Strength at -5°C



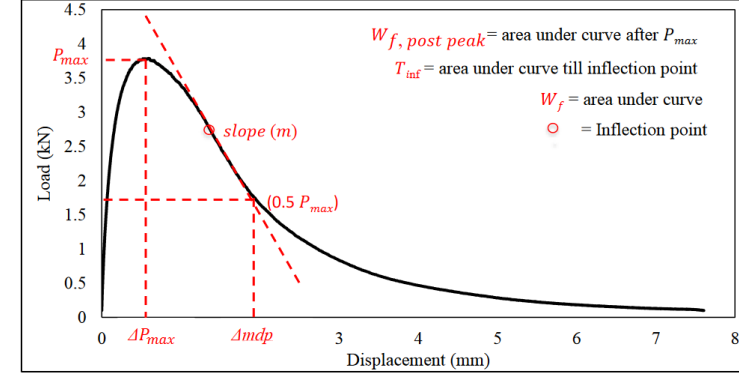
Prüfresultate: mastic asphalt

- 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

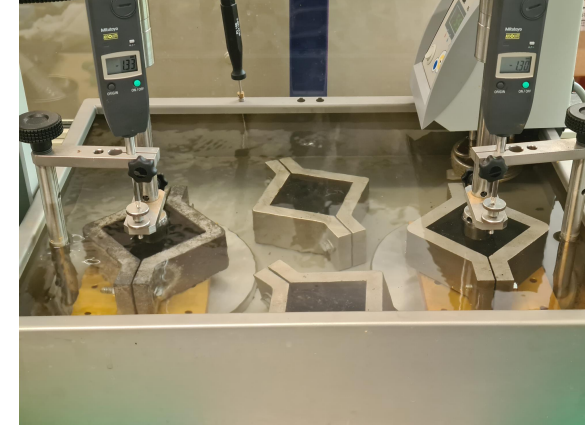
- Halbzylinder-Biegeversuch SCB (AASHTO TP 394-21) – Tieftemperatur

Toughness Index at -5°C

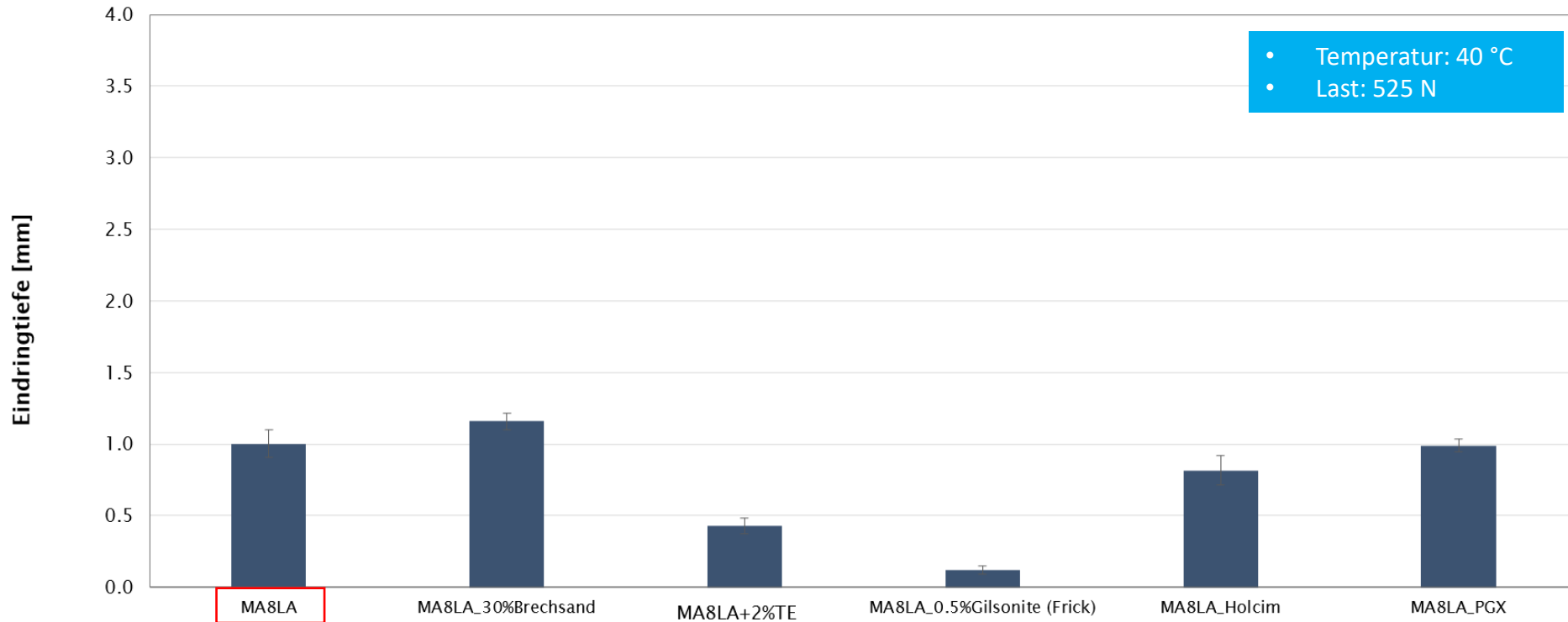


Prüfresultate: mastic asphalt

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



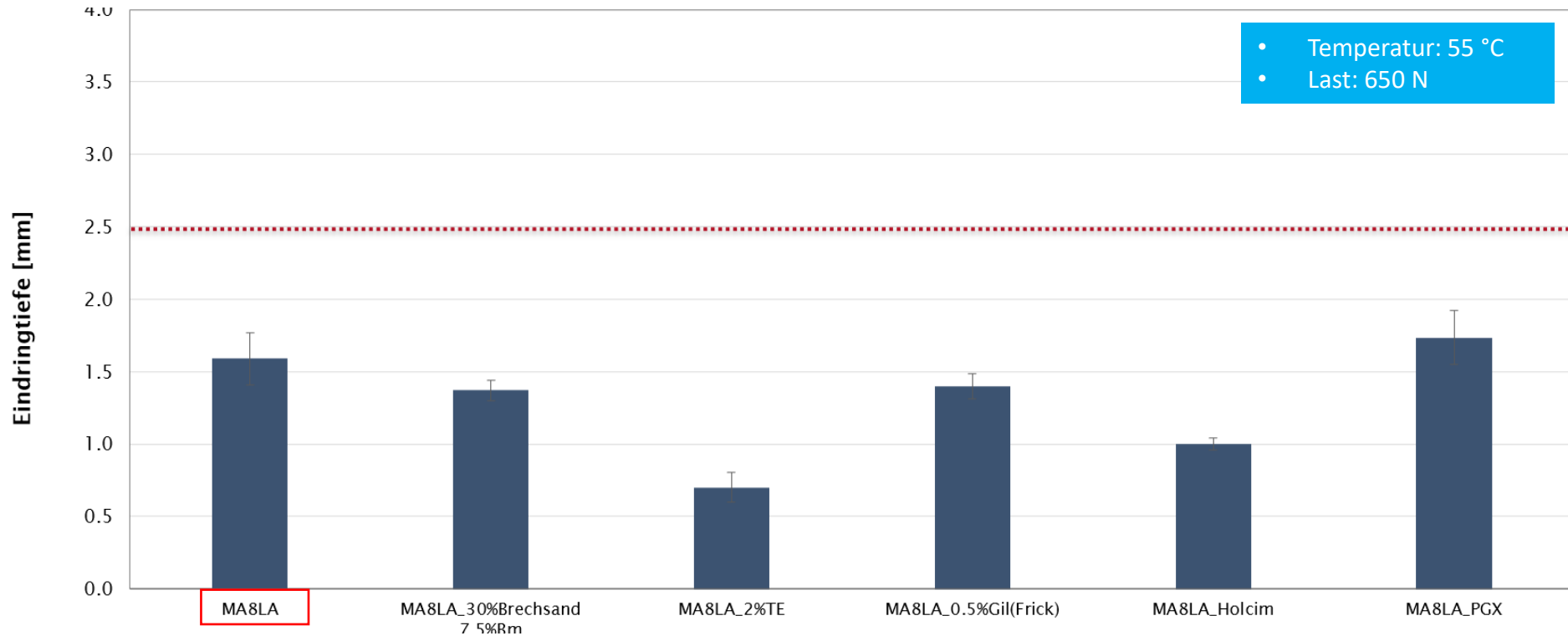
Quelle: BFH



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 Gussasphaltenwendungen 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

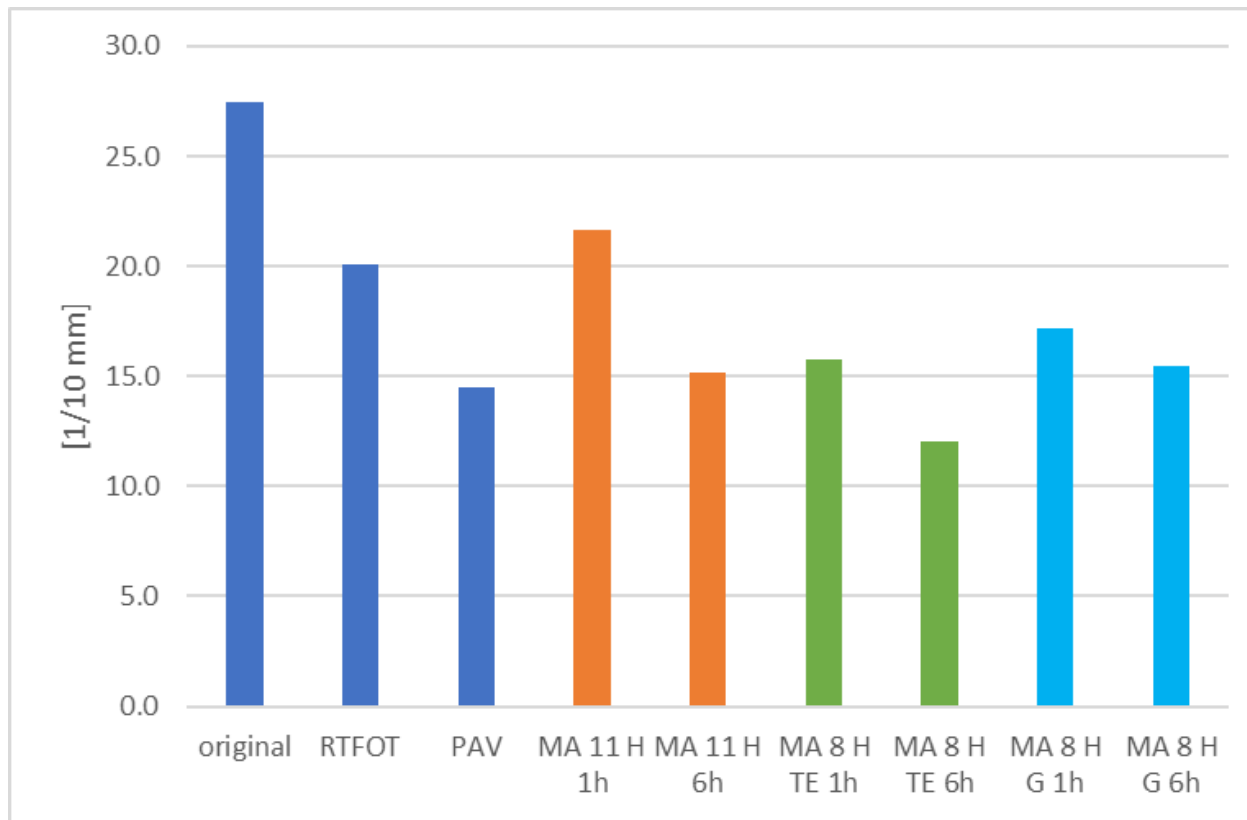
| | | |
|--|---|---|
| Statische Eindringtiefe | X | X |
| Dynamische Eindringtiefe | X | X |
| Modifizierte statische Eindringtiefe | X | X |
| Bucket Test (im Labor) | X | X |
| Resistance to Thermal Cycles -20 / 0 / +20°C | X | X |
| Zug-Retardationsversuch ReVis | X | X |

i.m.p

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

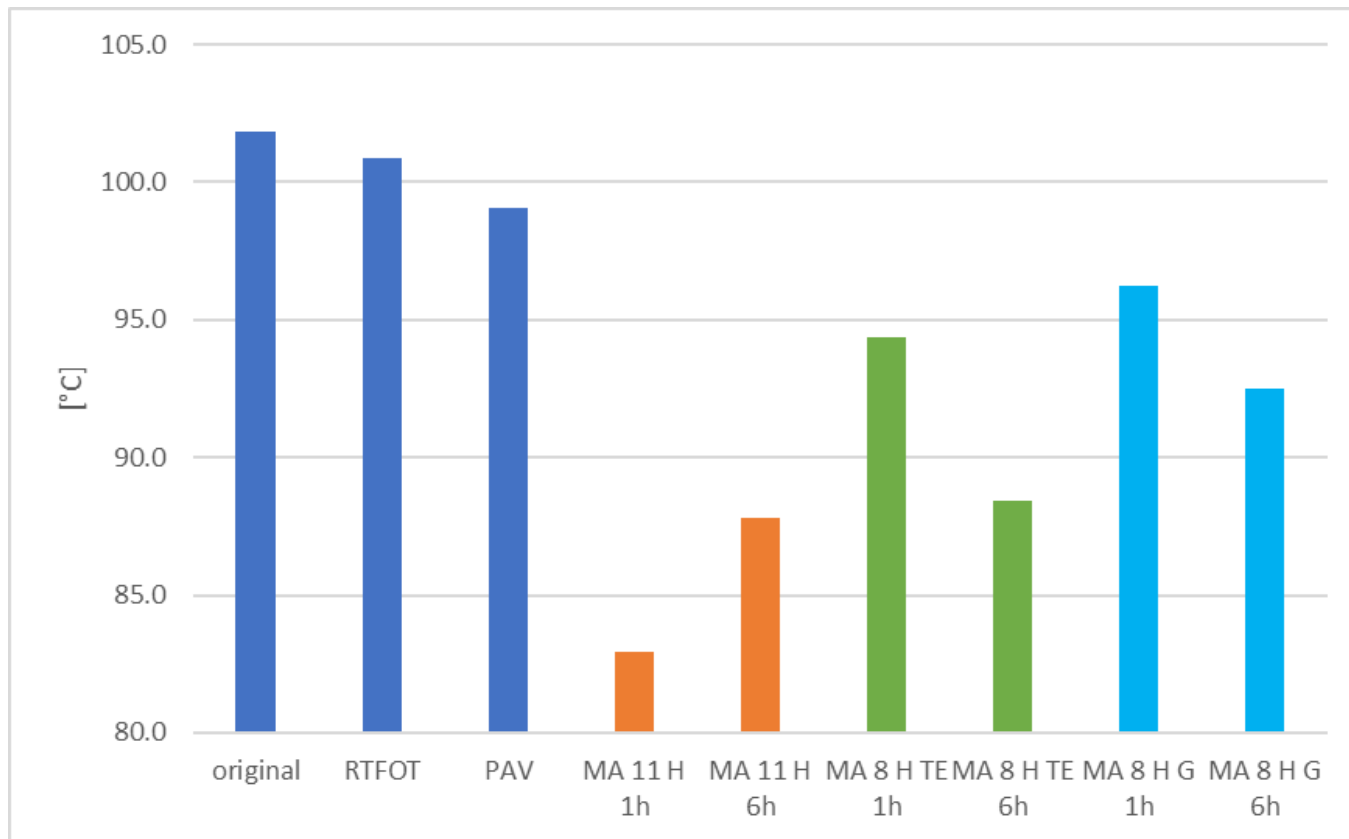
Prüfresultate: Bindemittel

- Penetration (SN EN 1426)



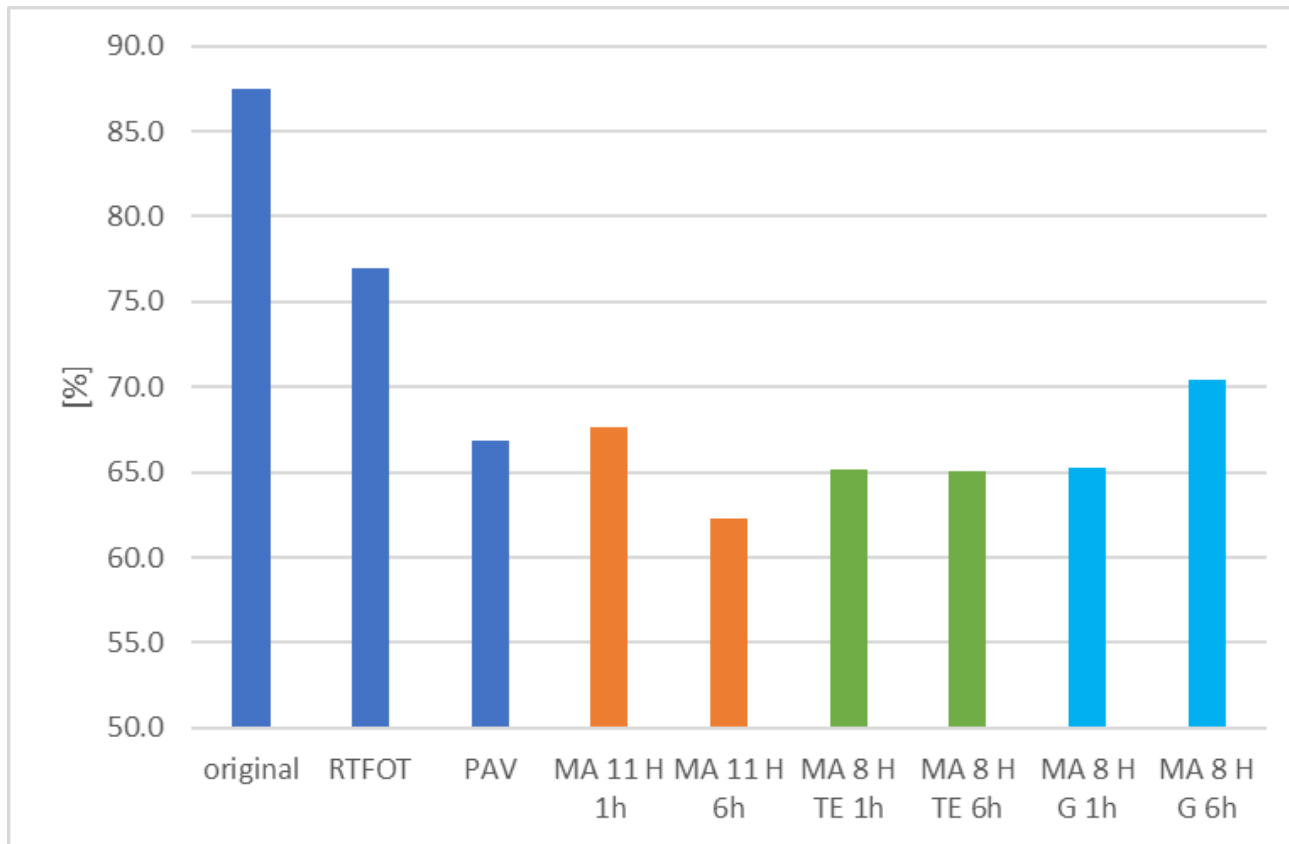
Prüfresultate: Bindemittel

- Erweichungspunkt Ring & Kugel (SN EN 1427)



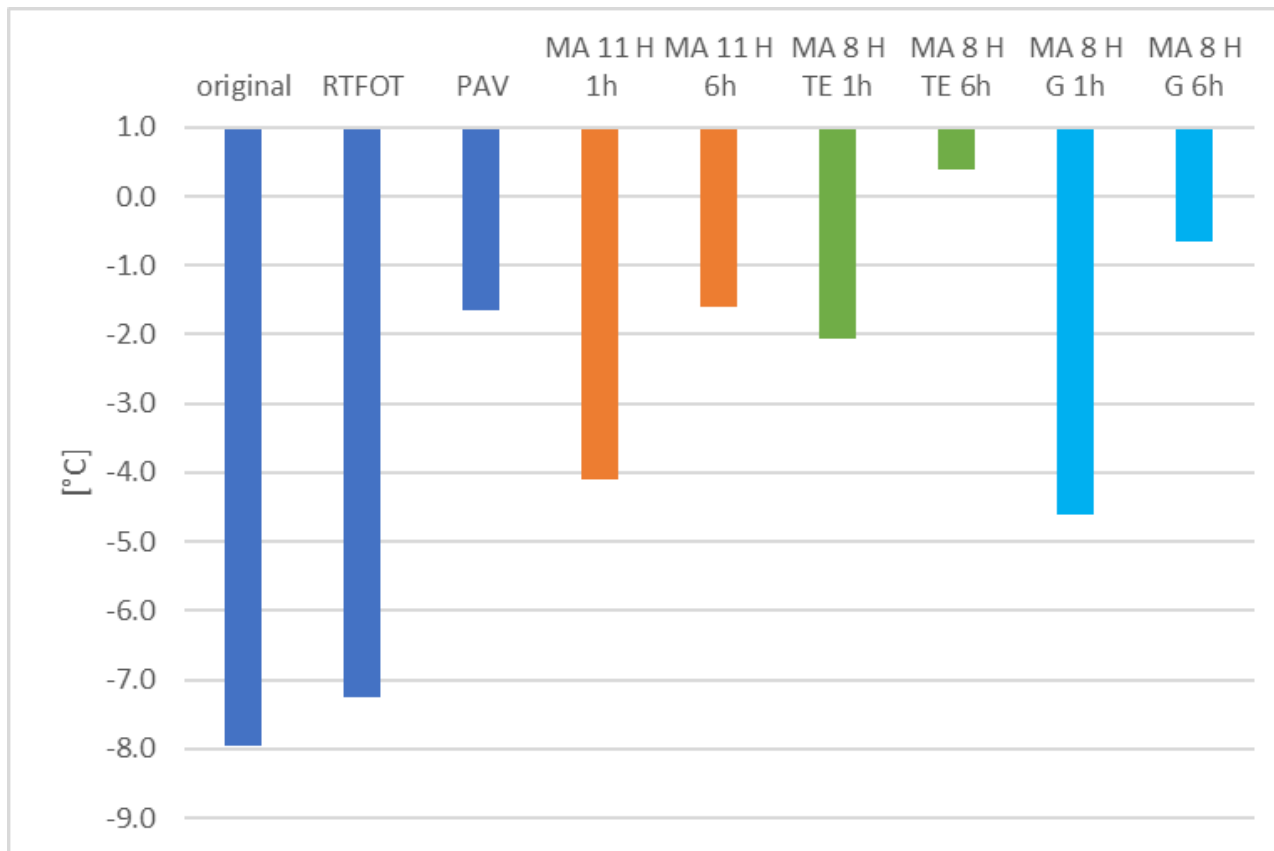
Prüfresultate: Bindemittel

- Elastische Rückstellung (SN EN 13398)



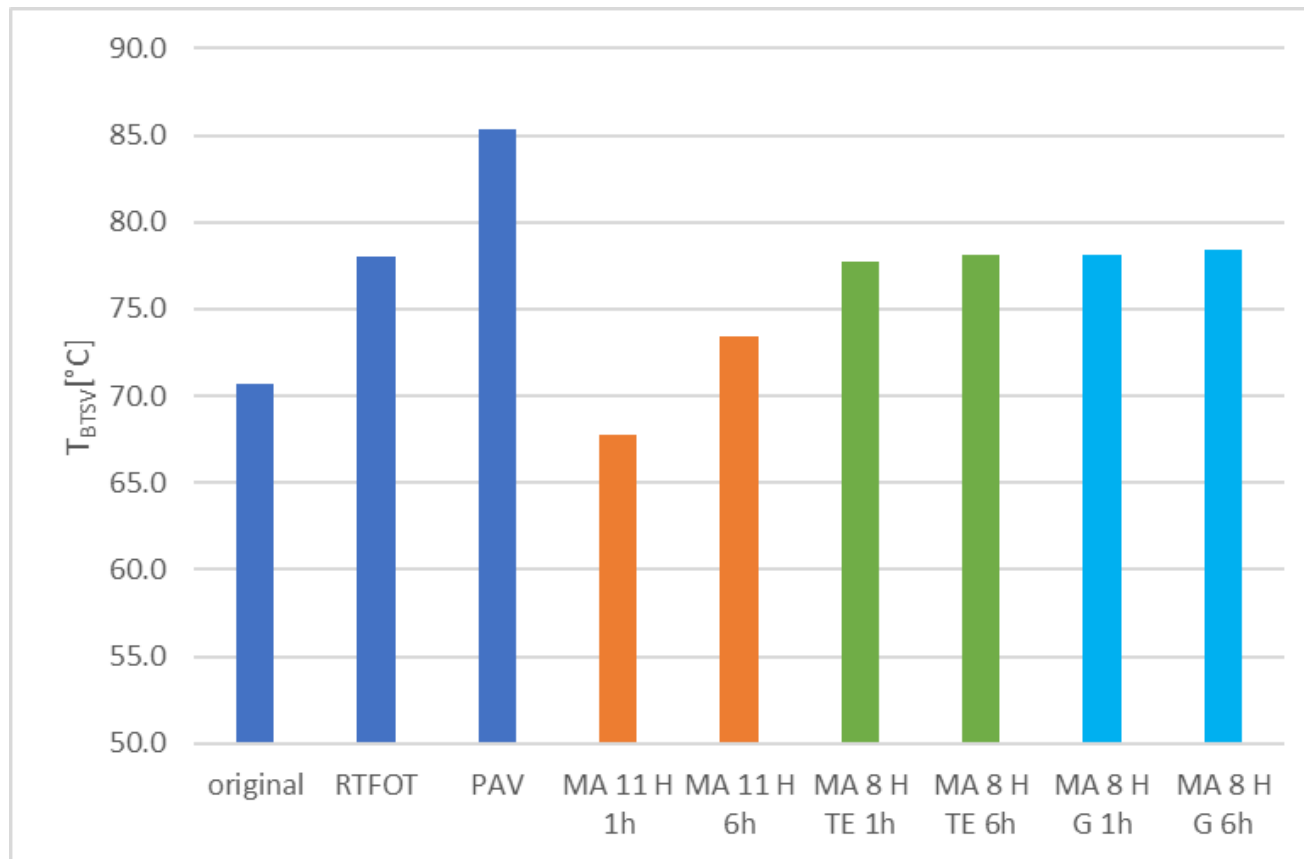
Prüfresultate: Bindemittel

- Brechpunkt Fraass (SN EN 12593)



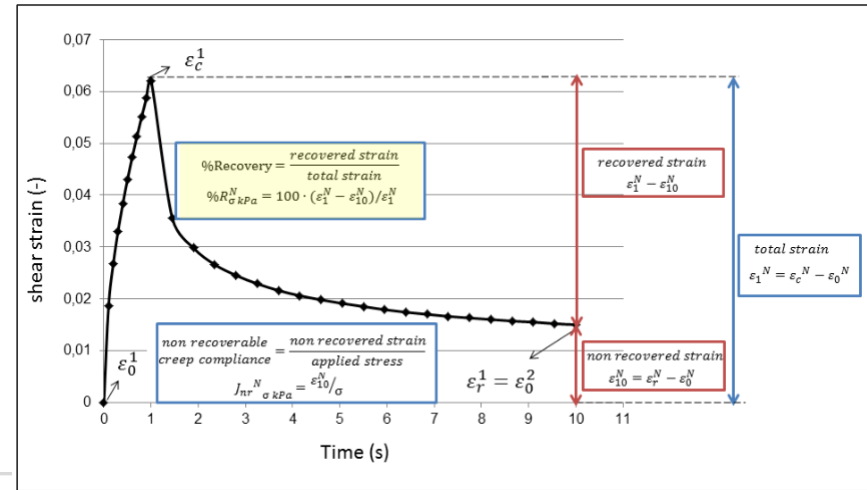
Prüfresultate: Bindemittel

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

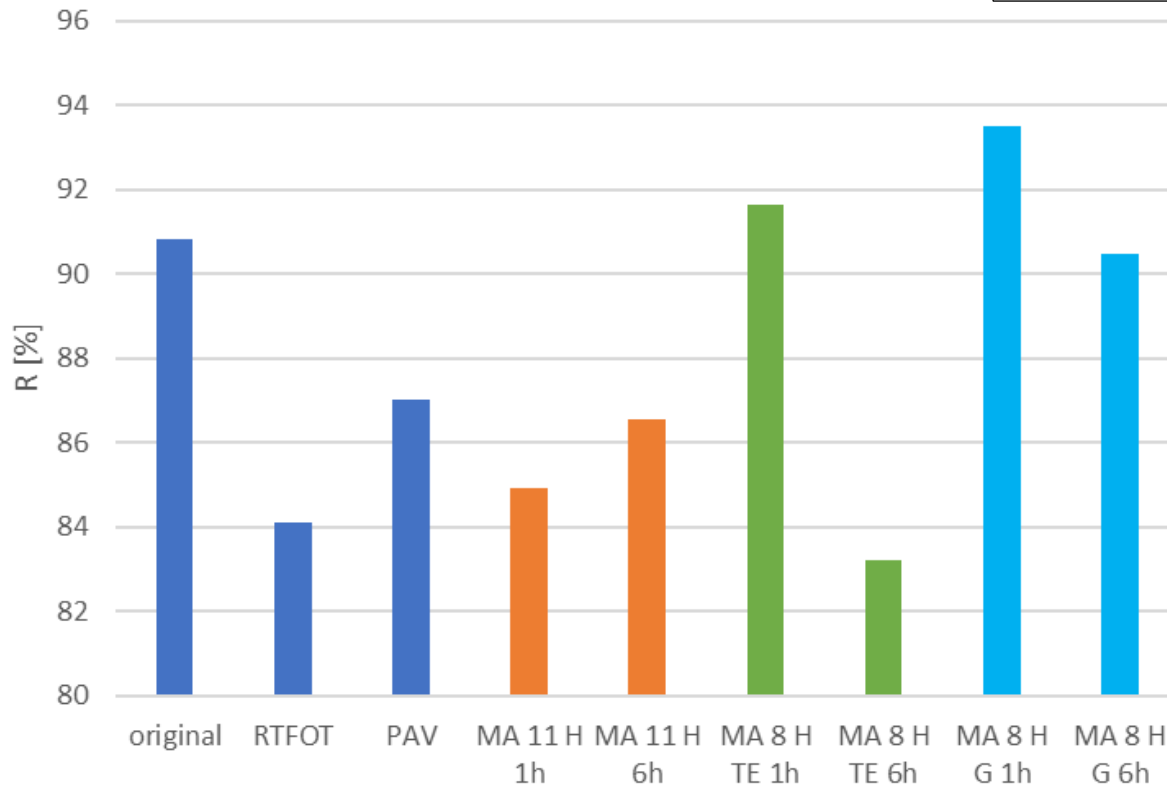


Prüfresultate: Bindemittel

- MSCR recovery (SN EN 16659)

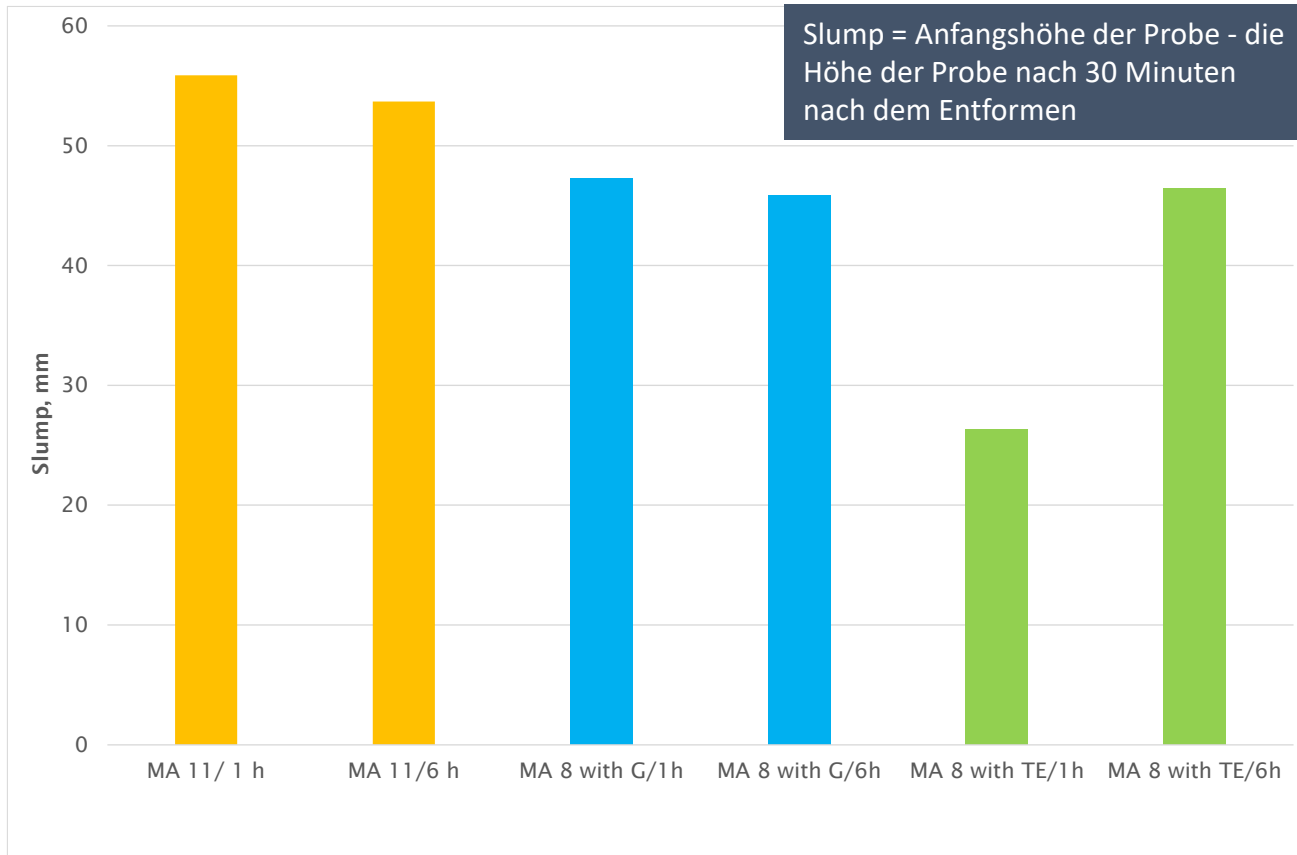


Quelle: De Visscher et al, E&E 2016



Prüfresultate: mastic asphalt

- 'Bucket test'

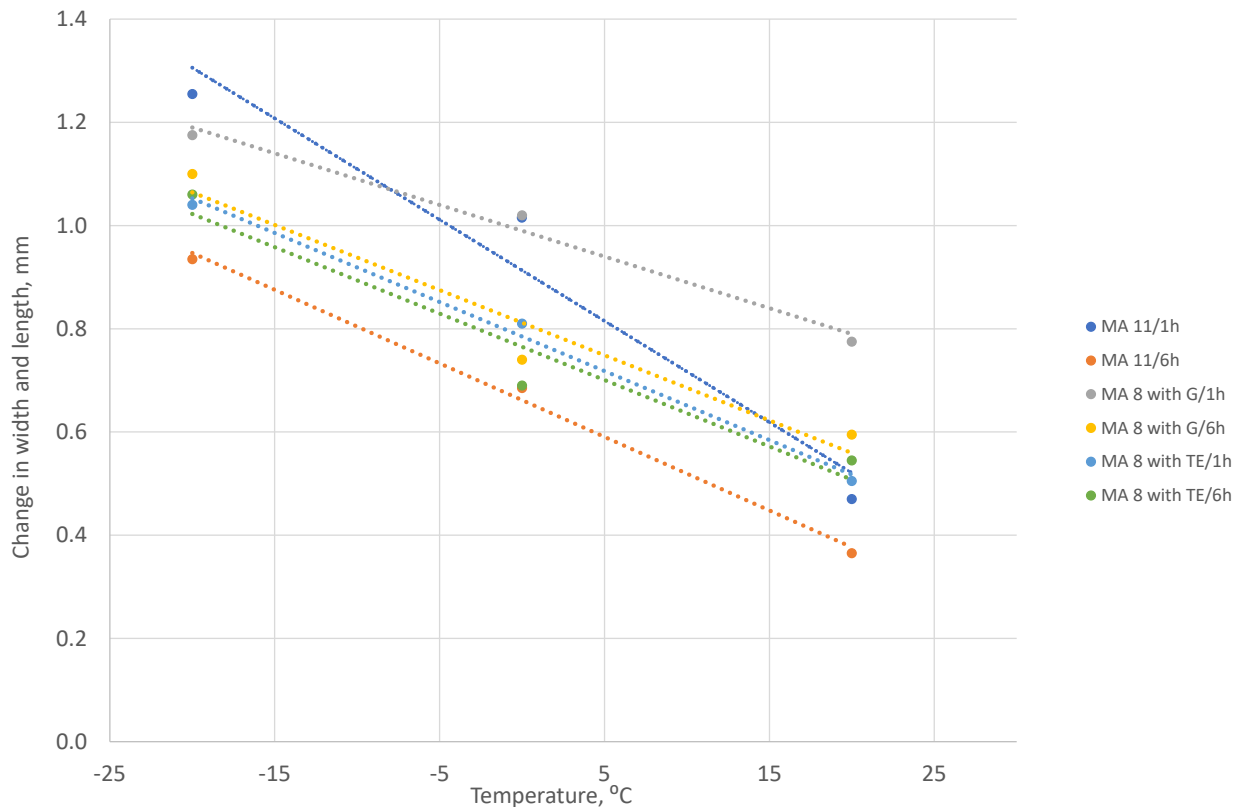


Quelle: BFH

Prüfresultate: mastic asphalt

- Widerstandsfähigkeit gegen thermische Zyklen

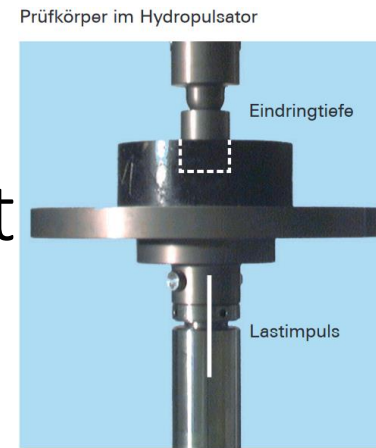
- Form: 20 cm * 10 cm * 2.5 cm
- Messtemperaturen: 20 °C, 0 °C, and -20 °C
- Asphaltgiesstemperatur aufgezeichnet
- Konditionierungszeit: 21 Std
- Steigung der Kurve= Schwindungsanfälligkeit



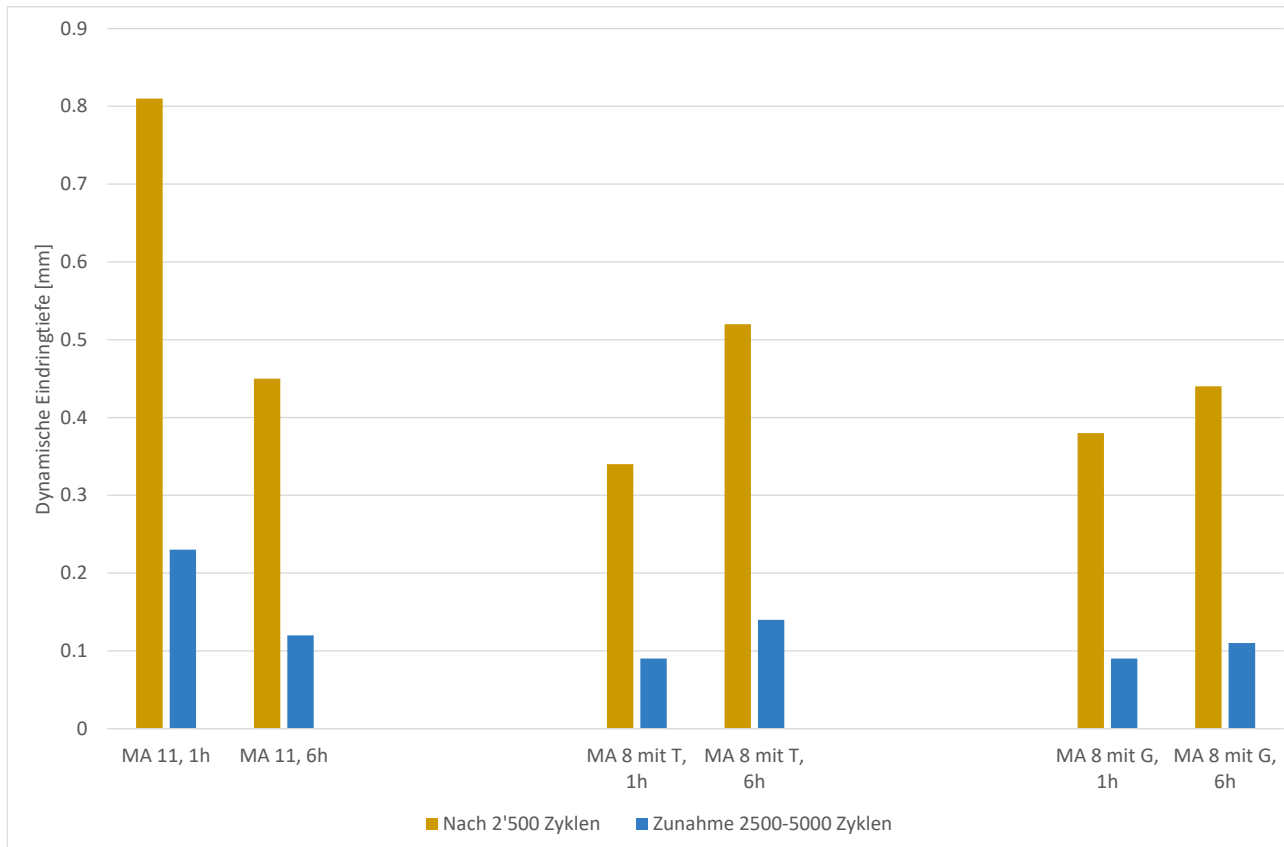
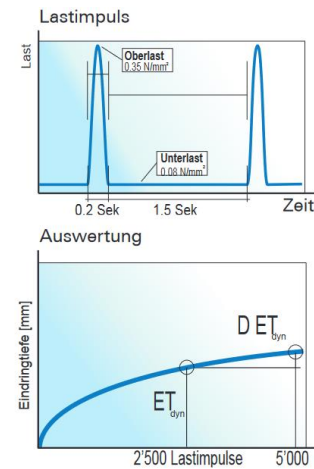
Quelle: BFH

Prüfresultate: mastic asphalt

- Dynamische Eindringtiefe (SN EN 12697-25)



Quelle: IMP



Wichtigste Erkenntnisse

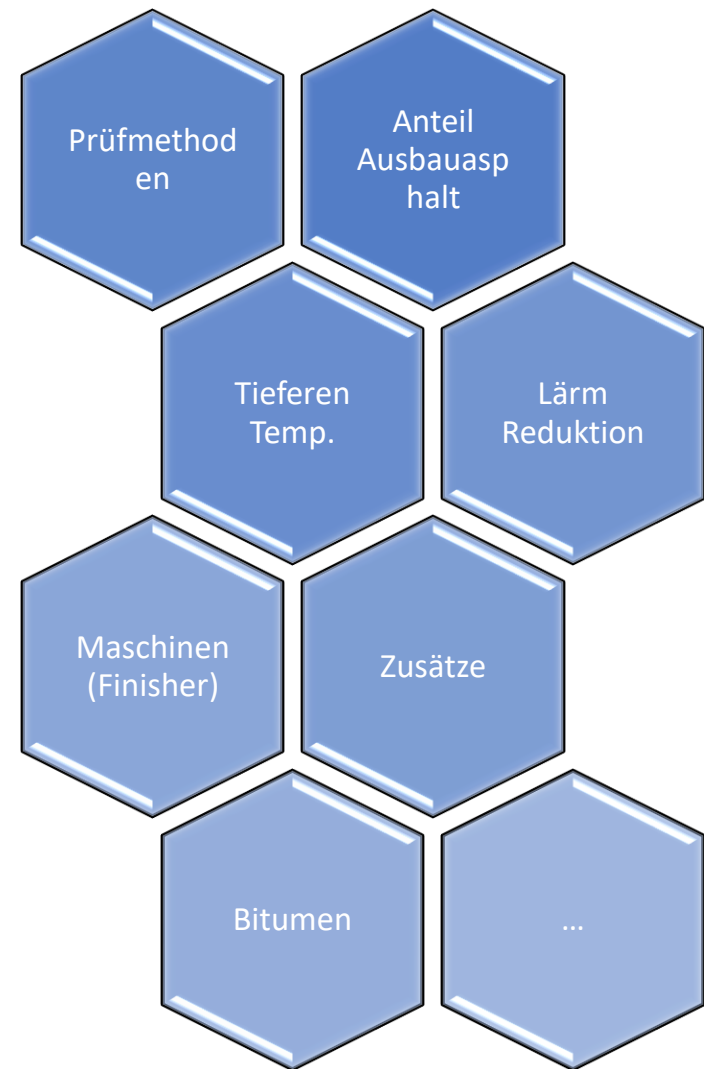
- Spezifische Studie für ein Bitumen, das speziell für die Anwendung in Gussasphalt entwickelt wurde.
- Gilsonite und Trinidad-Epuré (TE) haben einen Einfluss auf einige Eigenschaften und Leistungen auf Bindemittel- und Gussasphalt-Ebene.
- TE wirkt sich stärker auf die elastischen Eigenschaften des 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 Gussasphalteigenschaften; 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