



Technische
Universität
Braunschweig



Prüfung von Bitumen und Mastix im DSR

Dr.-Ing. Johannes Büchner

Einleitung & Grundlagen

DSR für Bitumen und Mastixprüfungen geeignet...

- DSR ist ein vielseitig einsetzbares Messgerät
- Ermittlung von aussagekräftigen rheologischen/physikalischen Materialkenngrößen
- unter Variation der Probekörper-abmessungen im gesamten Bereich der Gebrauchstemperatur anwendbar (-40 bis +90°C)
- sehr geringe Probenmengen notwendig (ca. 0,5 g)
- einfache und schnelle Durchführung
- vielfältige Möglichkeiten der rheologischen Ansprache
 - bisher hauptsächlich zur Materialspezifikation
 - grundsätzlich auch für Analyse des Gebrauchsverhaltens geeignet (z. B. Kriechverhalten/Ermüdungsverhalten/Relaxationsverhalten)
- Zunehmende Verbreitung in Straßenbaulaboren



Einleitung & Grundlagen

Standardisierte Prüfverfahren für Bitumen im DSR

Temperatur-Frequenz-Sweep (T-f-Sweep) bzw. Temperatur-Sweep

- Seit 2006 als Europäische Norm, Seit 2014 als FGSV Arbeitsanleitung

Bitumen-Typisierungs-Schnell-Verfahren (BTSV)

- Seit 2017 als FGSV Arbeitsanleitung, deutsch und englisch, seit 2018 als Deutsche Norm, deutsch und englisch, seit 2022 als Europäische Norm

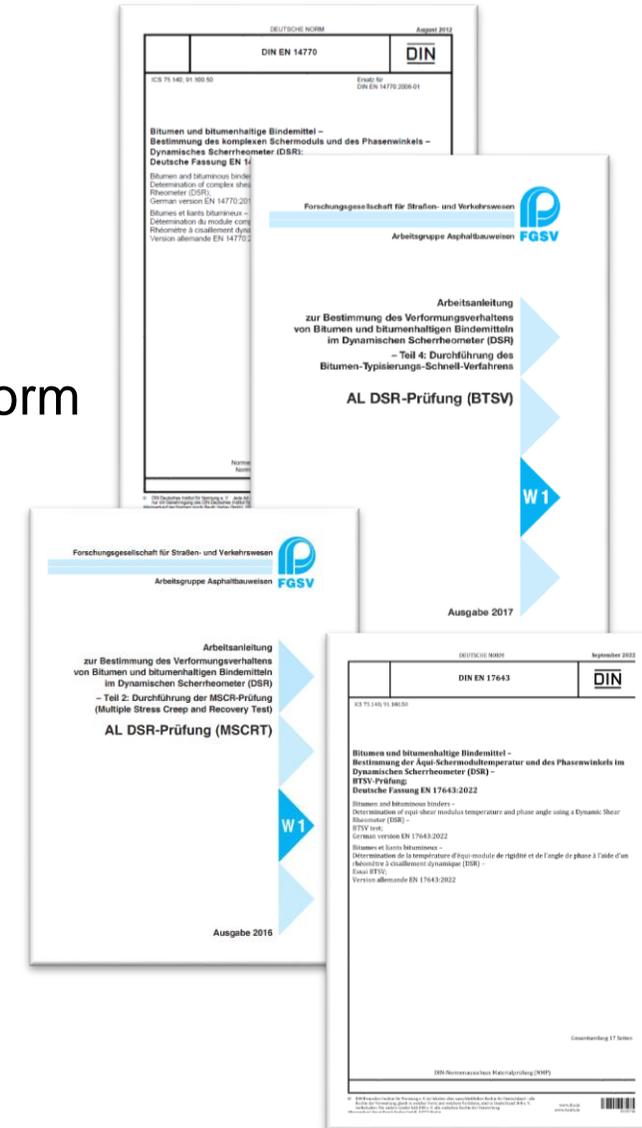
Multiple Stress Creep and Recovery Test (MSCRT)

- Seit 2015 als Europäische Norm, seit 2016 als FGSV Arbeitsanleitung

Bestimmung Phasenübergangstemperatur (konstante Scherrate)

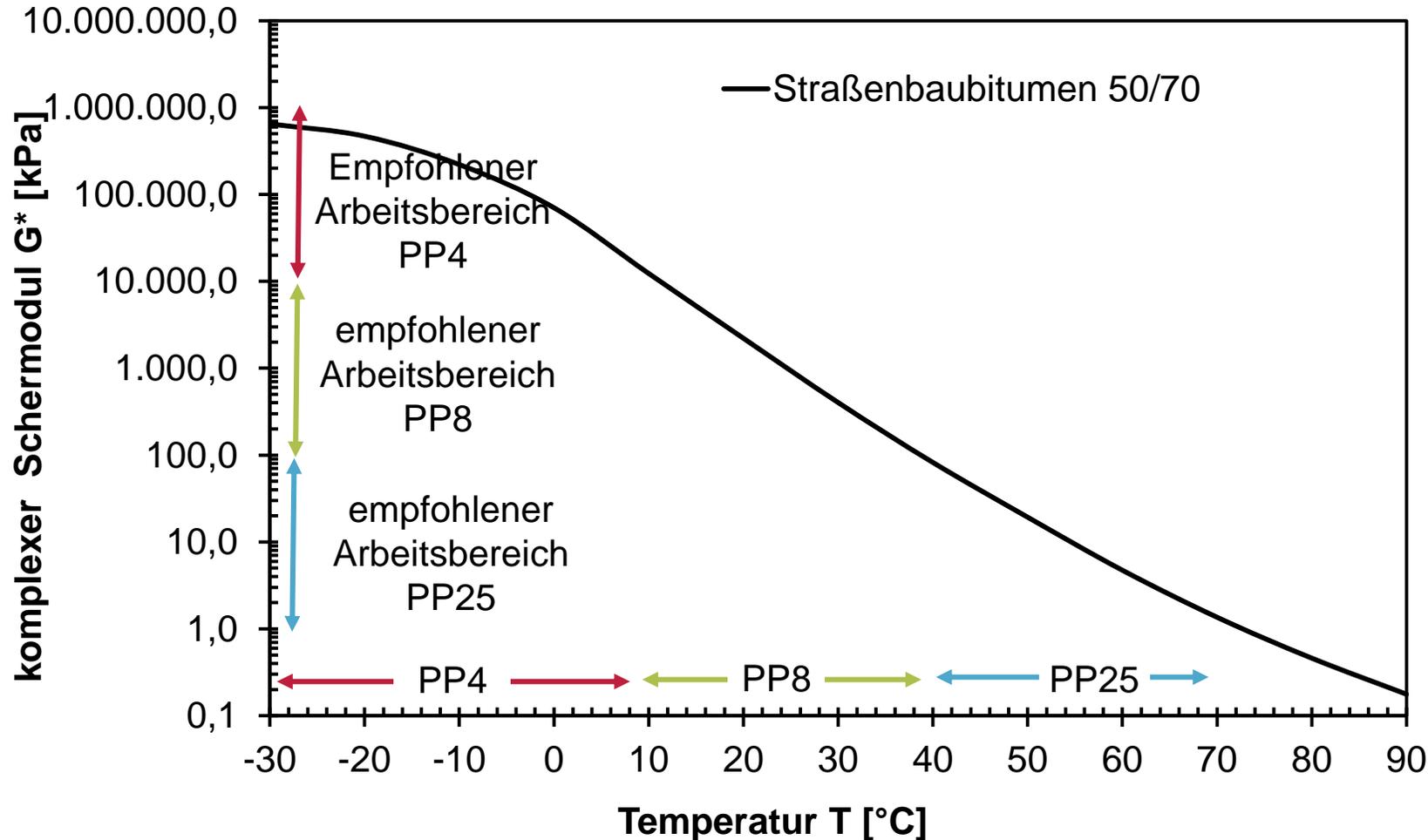
- Seit 2016 als FGSV Arbeitsanleitung

Aktuell: Überführung der FGSV Arbeitsanleitungen in eine TP Bitumen-StB



Einleitung & Grundlagen

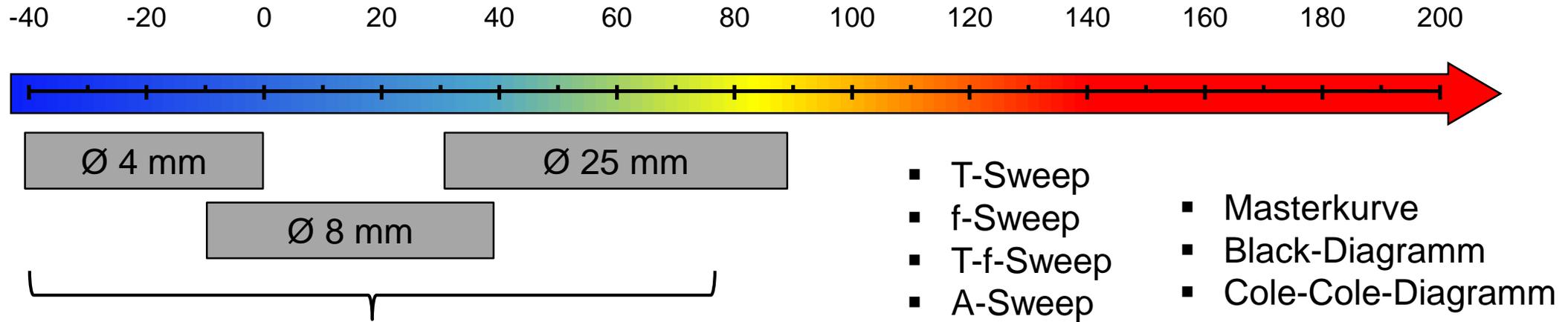
Empfohlene Arbeitsbereiche gemäß prEN 14770 - Messgeometrien



- Höhere Scherspannungen bei gleicher Motorkraft
- Möglichkeit zur Messung von sehr steifen Proben
- Reduzierter Einfluss der Nachgiebigkeit der Messgeometrie

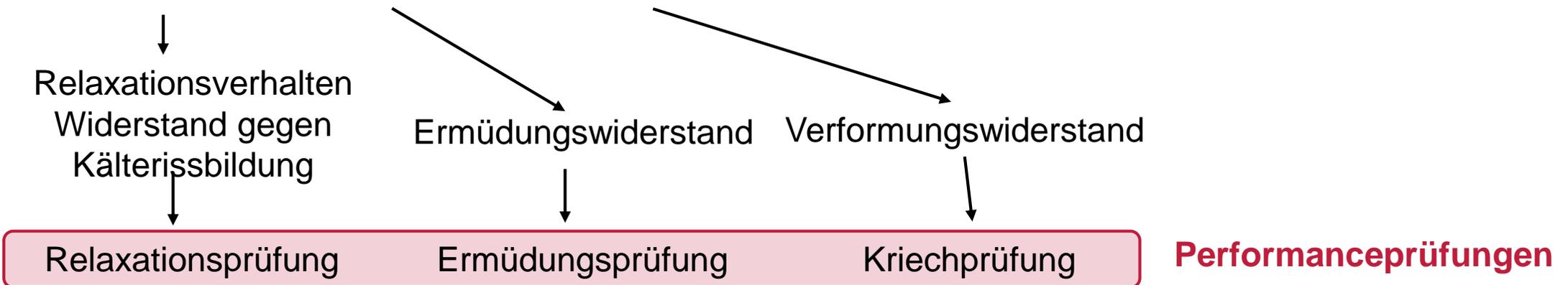
Einleitung & Grundlagen

Temperaturabhängige Wahl von Messgeometrien im DSR



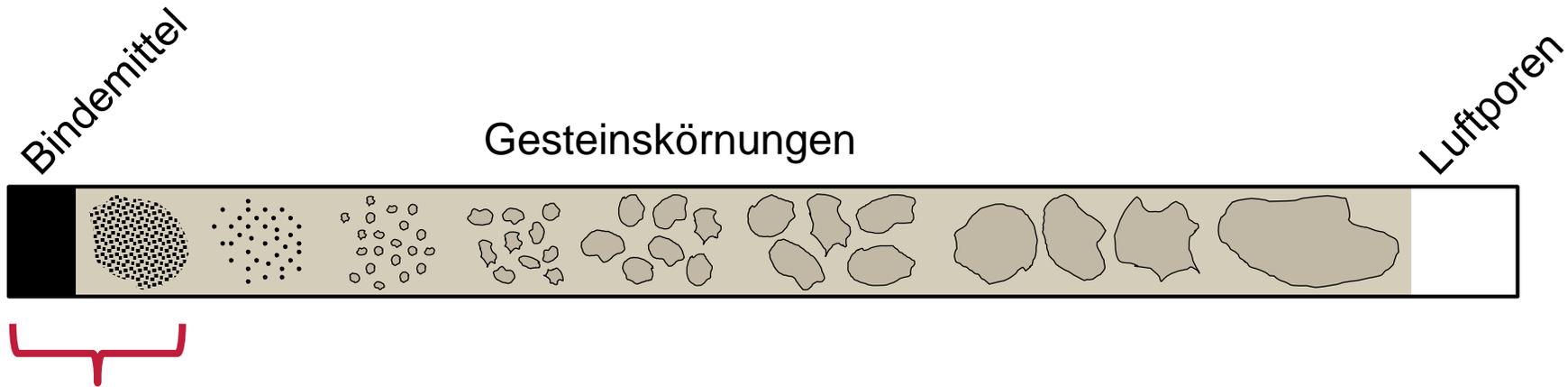
1. Messungen/Darstellungsformen über den gesamten Messbereich (Steifigkeitsmessung)

2. Temperaturspezifische Messverfahren im DSR



Einleitung & Grundlagen

Mastix



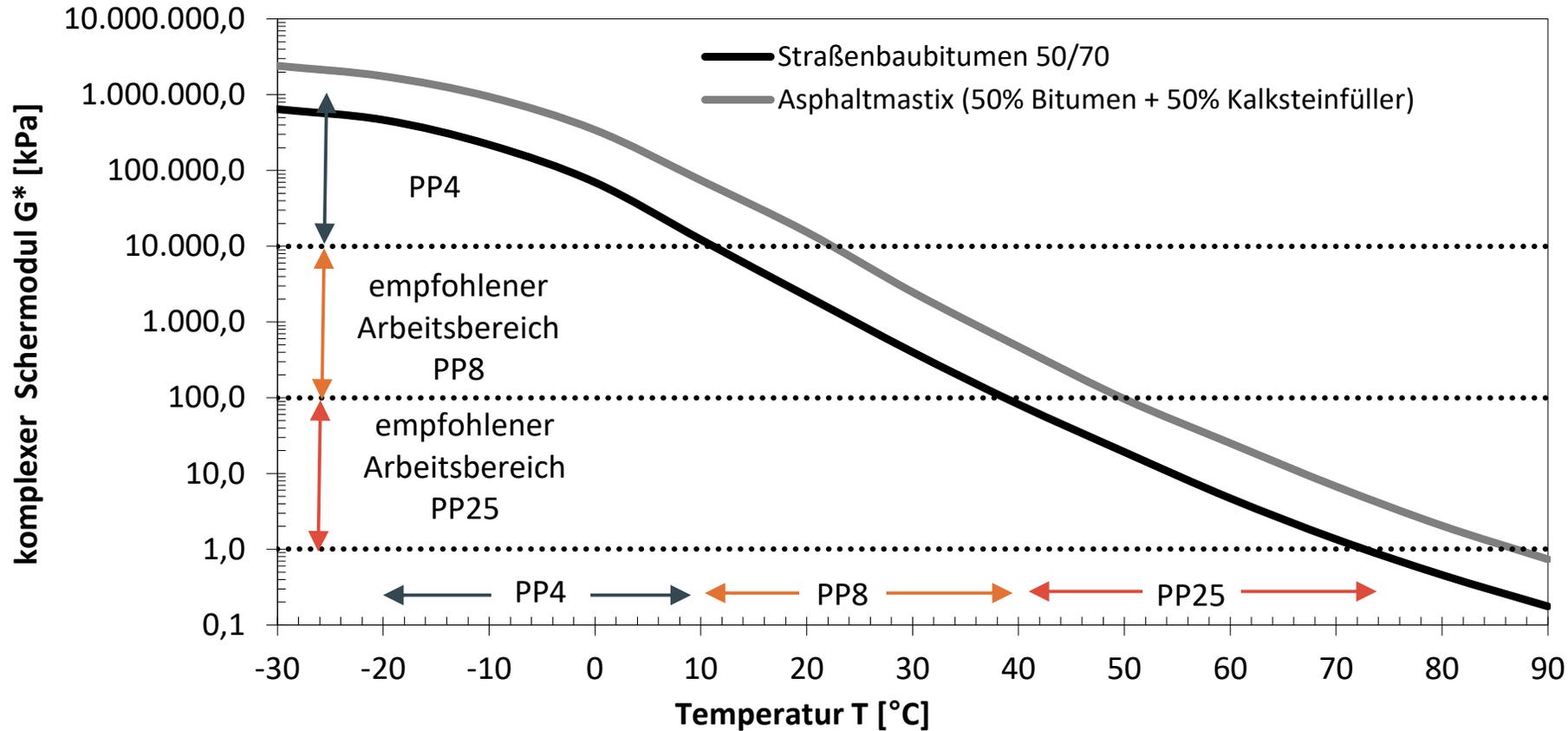
Mastix = Bindemittel + Füller (Gesteinskörnung $\leq 0,063$ mm)

- Physikalisch-chemische Interaktion der Komponenten
- Homogenes Gemisch wirkt als Klebstoff im Asphalt
- Volumetrische Zusammensetzung und Interaktion maßgeblich für Gebrauchseigenschaft und Dauerhaftigkeit des Asphalts
- Keine etablierten Prüfverfahren

Einleitung & Grundlagen

Temperaturabhängige Steifigkeit Mastix

Unterschiedliche Durchmesser des Platte-Platte-Messsystems (PP)



Büchner, J. 2019. Ansprache der Gebrauchseigenschaften von Asphaltmastix im Dynamischen Scherrheometer (DSR). 6. Dresdner Asphalttage.
 Büchner, J. 2021. Prüfung von Asphaltmastix im Dynamischen Scherrheometer. Dissertation, Schriftenreihe Straßenwesen, Heft 38, Braunschweig.

Forschungsfrage

Können die maßgeblichen Gebrauchseigenschaften von Mastix im DSR zuverlässig bestimmt werden?

Ziel

Praxistaugliche Prüfsystematik im DSR zur prüftechnischen Ansprache maßgebender Materialeigenschaften von Mastix

- Orientiert am Gebrauchsverhalten des Asphalts
- Berücksichtigung des gesamten relevanten Temperaturbereichs
- Aussagekräftige und leicht interpretierbare Materialkennwerte
- Schnelle und qualitative Materialbewertung und –spezifikation

Korrelation Performance Mastix und Asphalt

- Vereinfachung/Ersatz der Performance-Prüfung von Asphalt
- Prognose der Asphalteeigenschaften

Grundlage

Forschungsprojekt VEGAS

Titel: Vereinfachung der prüftechnischen Ansprache des Gebrauchsverhaltens von Asphalt

Laufzeit: 01.10.2017 bis 30.11.2019

Online verfügbar: <https://projekte.ffg.at/projekt/2846204>

Forschungsprojekt Bit-Q

Titel: Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der Bindemittel- und Mastix Eigenschaften im Asphaltstraßenbau

Laufzeit: 01.07.2019 bis 31.12.2021

Dissertation Johannes Büchner

Titel: Prüfung von Asphaltmastix im Dynamischen Scherrheometer

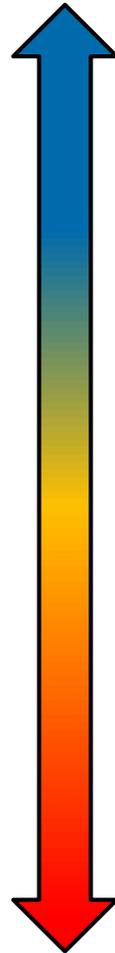
Disputation: 19.02.2021

Online verfügbar: <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202107151007-0>

Methodik

Mastixprüfungen zur Ansprache der Gebrauchseigenschaften

Versagensarten Asphalt



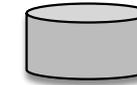
Gebrauchseigenschaft

Widerstand gegen Kälterisse
 Prüfung: **Relaxationsprüfung**

Ermüdungswiderstand
 Prüfung: **Ermüdungsprüfung**

Verformungswiderstand
 Prüfung: **Kriechprüfung**

Dynamisches Scherrheometer



Ø 4 mm
 h = 2 mm

-20 °C
-15 °C



Ø 8 mm
 h = 2 mm

+10 °C
+20 °C



Ø 25 mm
 h = 1 mm

+60 °C

Vorgehensweise

Performance-Prüfungen Mastix im DSR

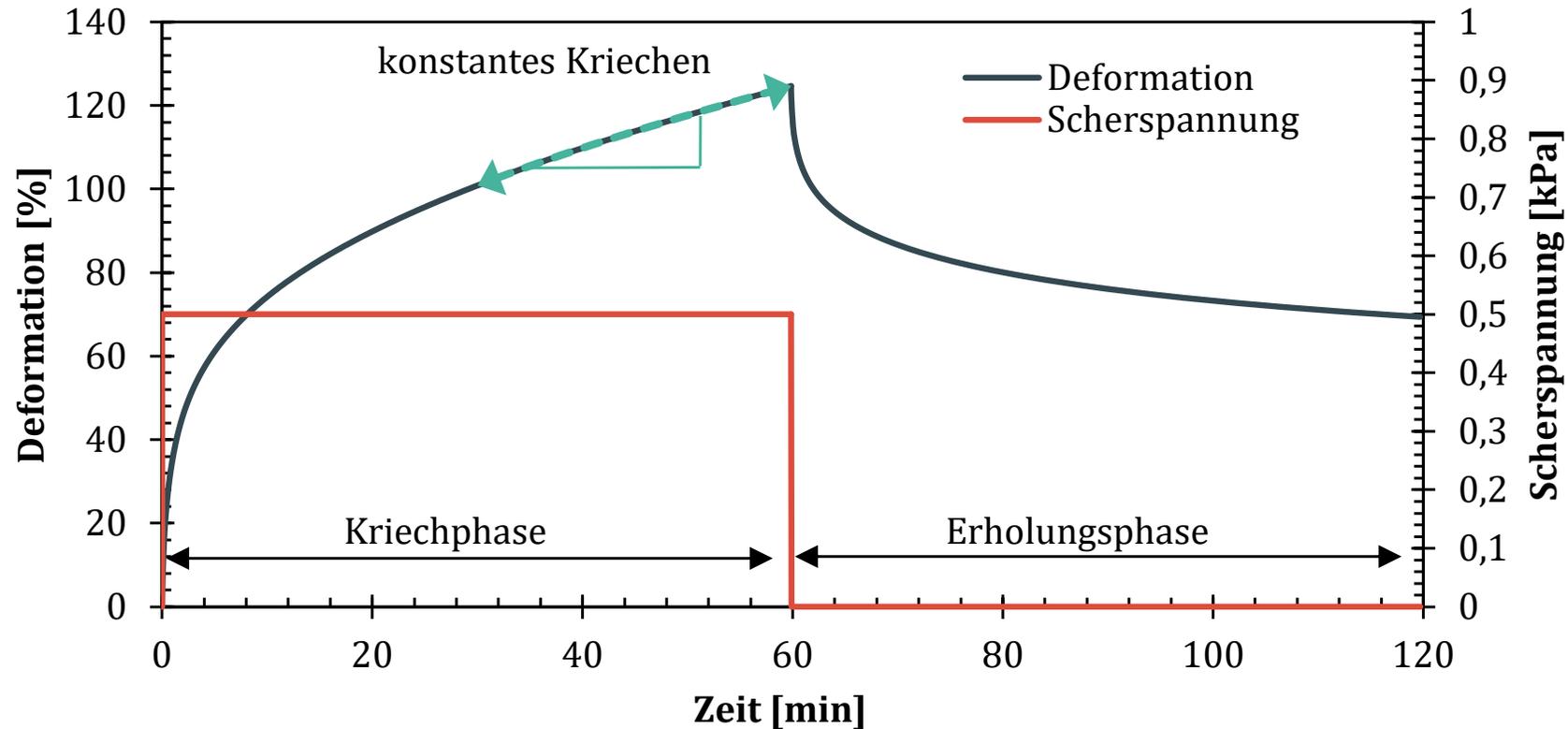
	Relaxationsprüfung	Ermüdungsprüfung	Kriechprüfung
Probekörper	zylindrisch Ø 4 mm, h = 2 mm	zylindrisch Ø 8 mm, h = 2 mm	zylindrisch Ø 25 mm, h = 1 mm
Prüftemperatur			
Beanspruchung	Kriechmodus, konstante Scherdeformation 0,1 %	Oszillation (10 Hz), ansteigende Scherspannung 100 kPa (+50 kPa/4000)	Kriechmodus, konstante Scherspannung 0,5 kPa
Prüfdauer	60 min +45 min Temperierzeit	ca. 120 min (je nach Material) +30 min Temperierzeit	120 min + 15 min Temperierzeit
Prüfergebnis	prozentuale Spannungsrelaxation nach 60 min [%]	Ermüdungslastwechsel N_{Rowe} [-]	Kriechrate [%/s]

Büchner, J. & Wistuba, M. P. 2020. Relating Asphalt Mixture Performance to Asphalt Mastic Rheology. Proc., 8th MAIREPAV conference, Zurich.
 Büchner, J. 2021. Prüfung von Asphaltmastix im Dynamischen Scherrheometer. Disputation. Technische Universität Braunschweig, 17.02.2021.

Vorgehensweise

Kriechprüfung im DSR

- Ergebnis: Kriechrate im Bereich konstanten Kriechens
 → Indikator für den Verformungswiderstand

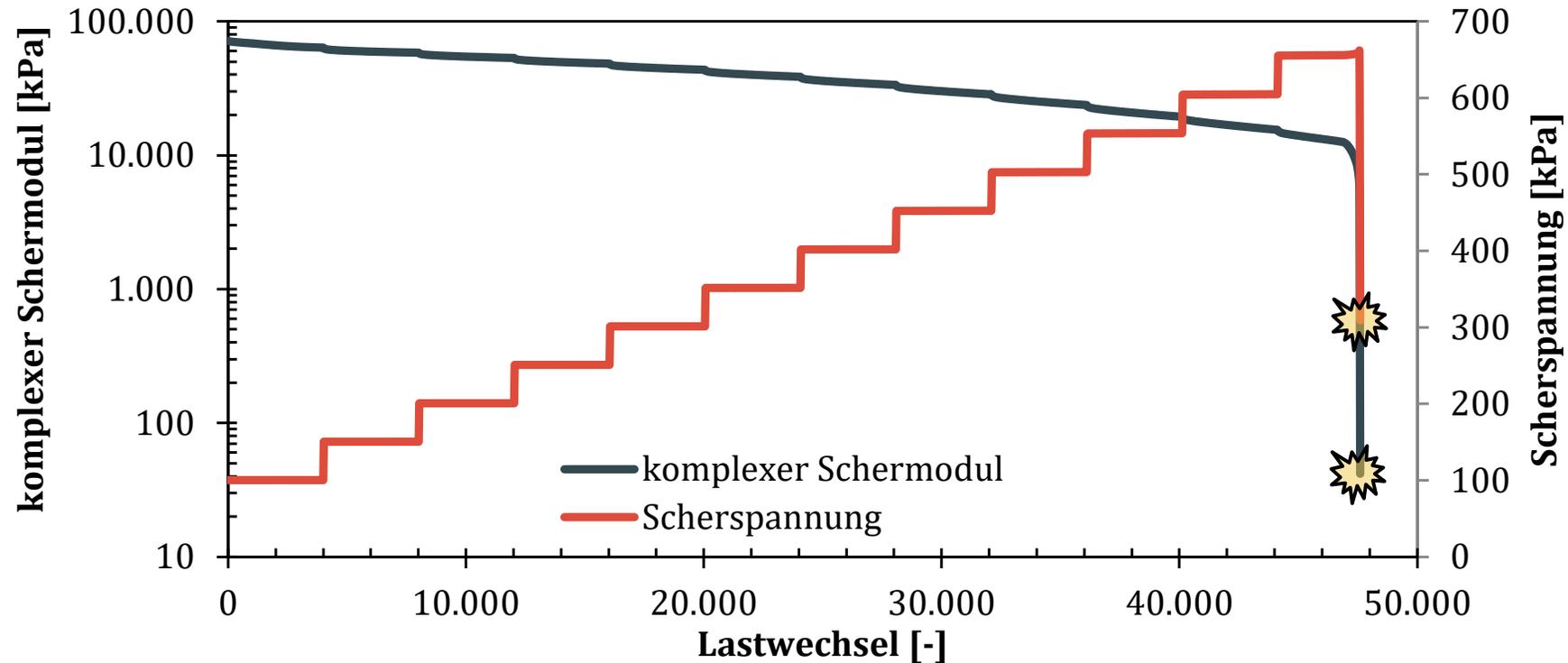


Büchner, J., Wistuba, M. P. & Hilmer, T. 2020. Creep Properties of Asphalt Binder, Asphalt Mastic and Asphalt Mixture. Proc., RILEM ISBM, Lyon.
 Büchner, J. 2021. Prüfung von Asphaltmastix im Dynamischen Scherrheometer. Dissertation, Schriftenreihe Straßenwesen, Heft 38, Braunschweig.

Vorgehensweise

Ermüdungsprüfung im DSR

- Verlauf von Scherspannung und Schermodul

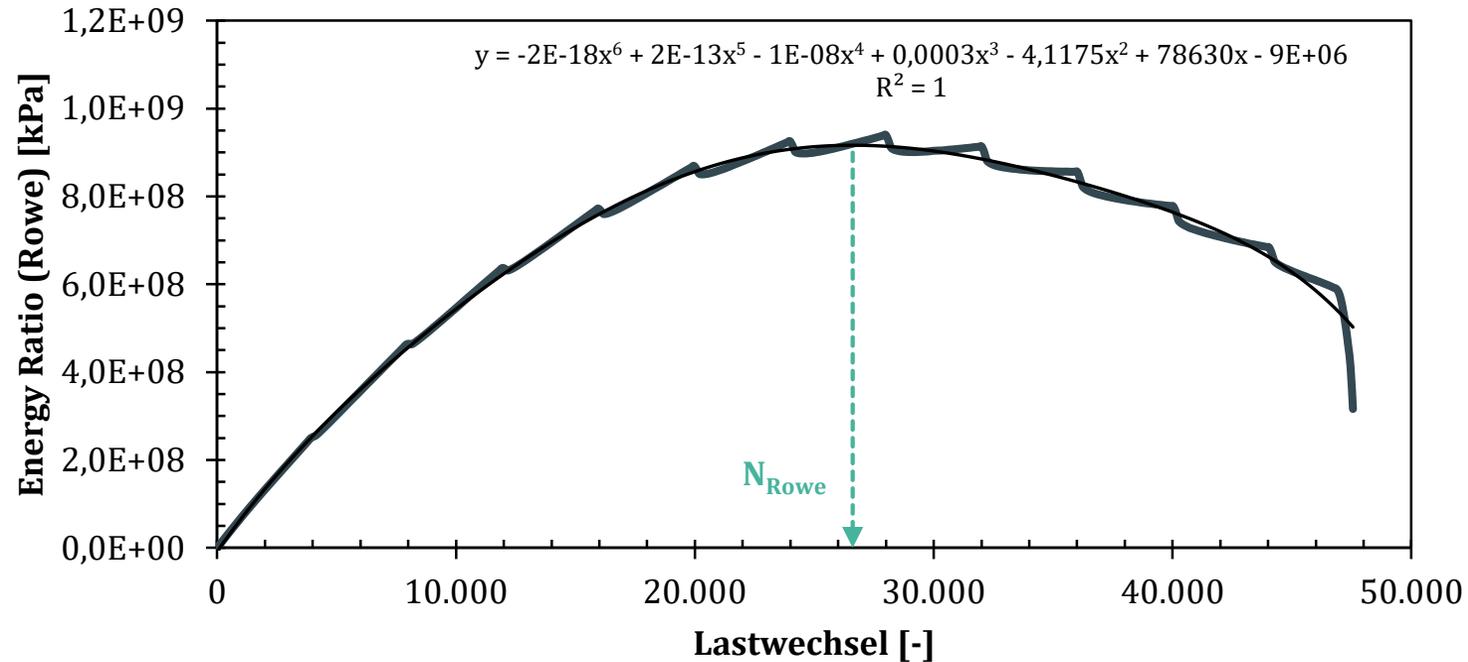


- Auswertung mit dem Ermüdungskriterium nach Rowe

Vorgehensweise

Ermüdungsprüfung im DSR

Ermüdungskriterium nach Rowe

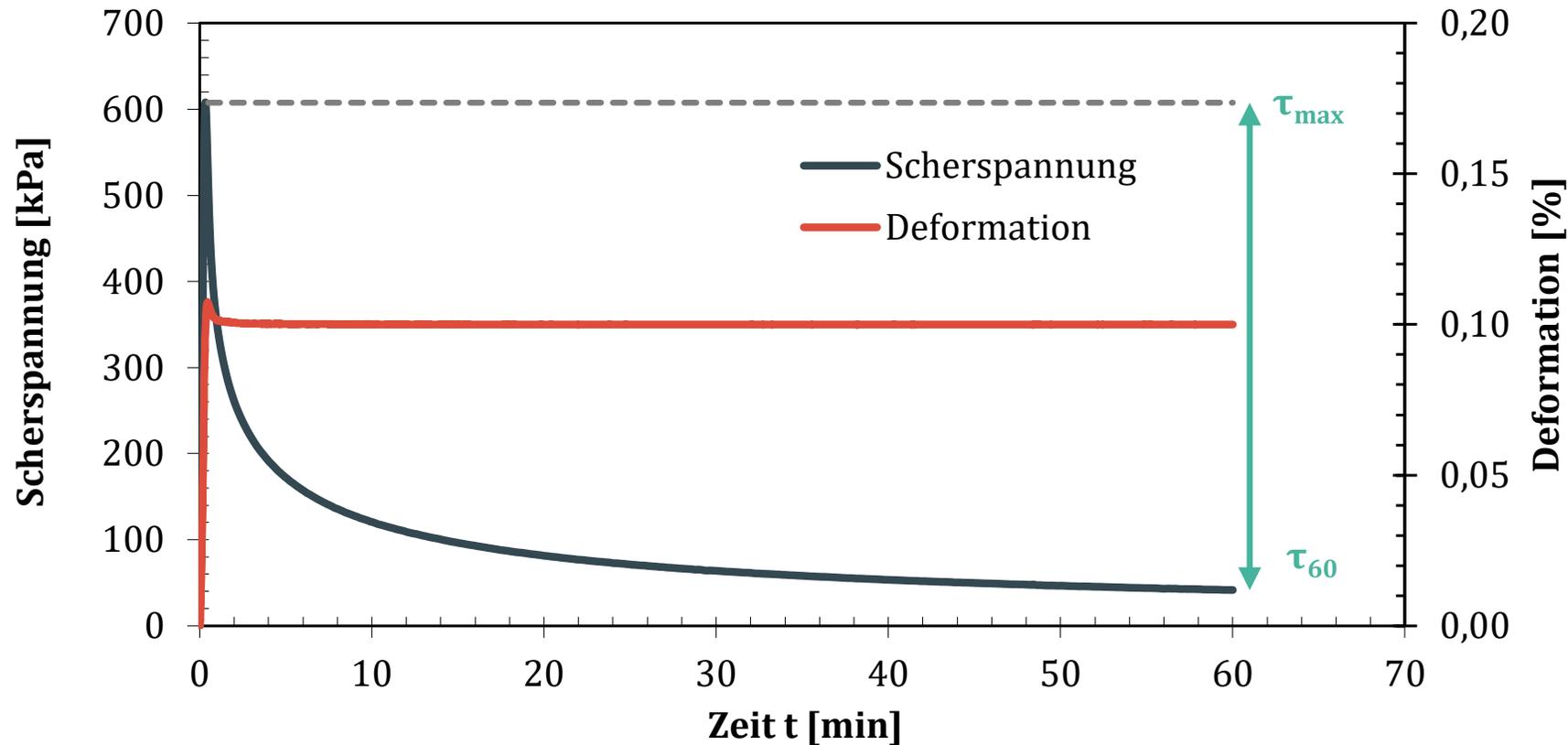


- Ergebnis: Ermüdungslastwechsel N_{Rowe}
→ Indikator des Ermüdungswiderstands

Vorgehensweise

Relaxationsprüfung im DSR

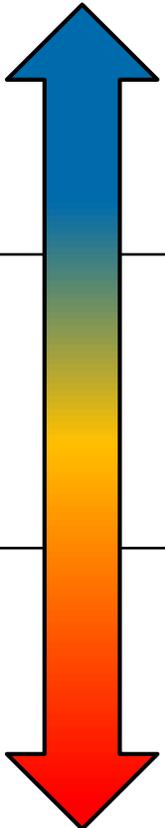
- Ergebnis: prozentuale Spannungsrelaxation nach 60 Minuten
 → Indikator des Widerstands gegen Kälterissbildung



Büchner, J. 2021. Prüfung von Asphaltmastix im Dynamischen Scherrheometer. Dissertation, Schriftenreihe Straßenwesen, Heft 38, Braunschweig.

Vorgehensweise

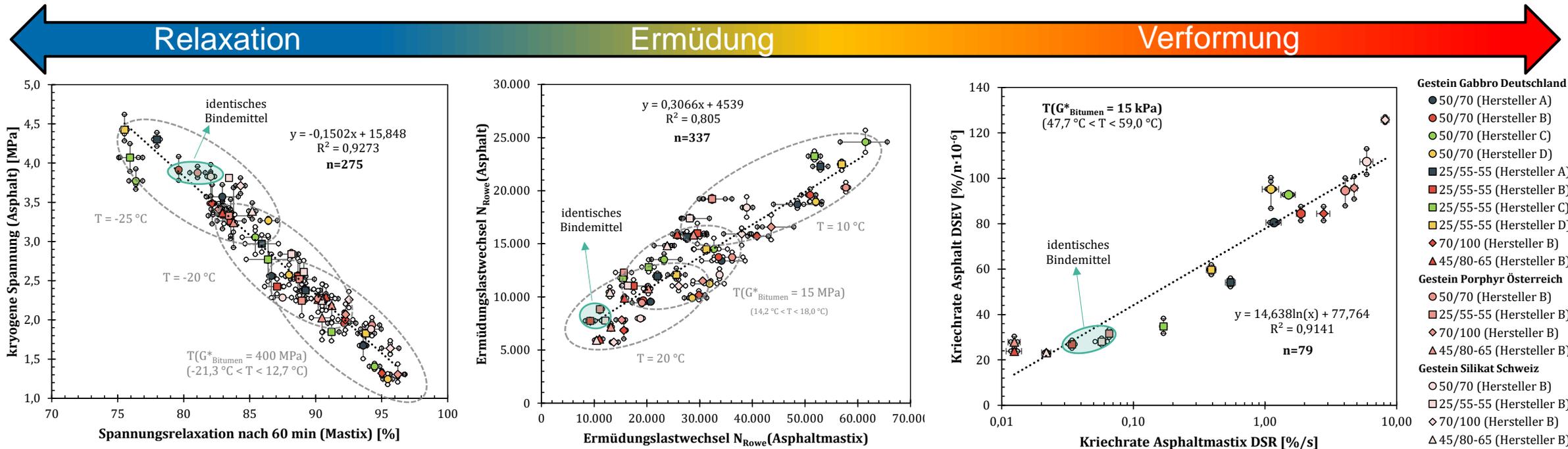
Parameterübersicht

Eigenschaft	Temperatur	Asphaltmastix	Asphalt
Relaxationsverhalten	 -25 °C -20 °C $T(G^*=400 \text{ MPa})$	Prozentuale Spannungsrelaxation	Kryogene Spannung
Ermüdungsverhalten	10 °C $T(G^*=15 \text{ MPa})$ 20 °C	Ermüdungslastwechsel N_{Rowe}	Ermüdungslastwechsel N_{Rowe}
Verformungsverhalten	$T(G^*=15 \text{ kPa})$	Kriechrate	Kriechrate

Forschungsprojekt VEGAS

Vergleich der Mastixigenschaften mit Asphalteigenschaften

- 18 im Labor hergestellte Mastixvarianten (Variation der Zusammensetzung)
- Herstellung von 18 korrespondierenden Mischgutvarianten AC 11 D S
 - Durchführung von Performance-Prüfungen



Büchner, J. 2021. Prüfung von Asphaltmastix im Dynamischen Scherrheometer. Dissertation, Schriftenreihe Straßenwesen, Heft 38, Braunschweig.

Forschungsprojekt VEGAS

Erkenntnisse

Differenzierung/Charakterisierung von Mastix

- Schnelle und plausible Prüfung zur qualitativen Materialbewertung und –spezifikation
- einfach interpretierbare Materialkennwerte, gut geeignet für Praxisanwendung, innovative Bewertungsmöglichkeit

Korrelation Materialverhalten Mastix & Asphalt

- Gewählte Prüfverfahren und Beanspruchungen gezielt aufeinander abgestimmt
- temperaturübergreifender materialtechnologischer Zusammenhang

Prognose der Asphalteigenschaften

- Schnelle und kostengünstige Prüfung mit einem Prüfgerät

Forschungsprojekt Bit-Q

Materialübersicht

6 großtechnische hergestellte Asphaltmischgutvarianten

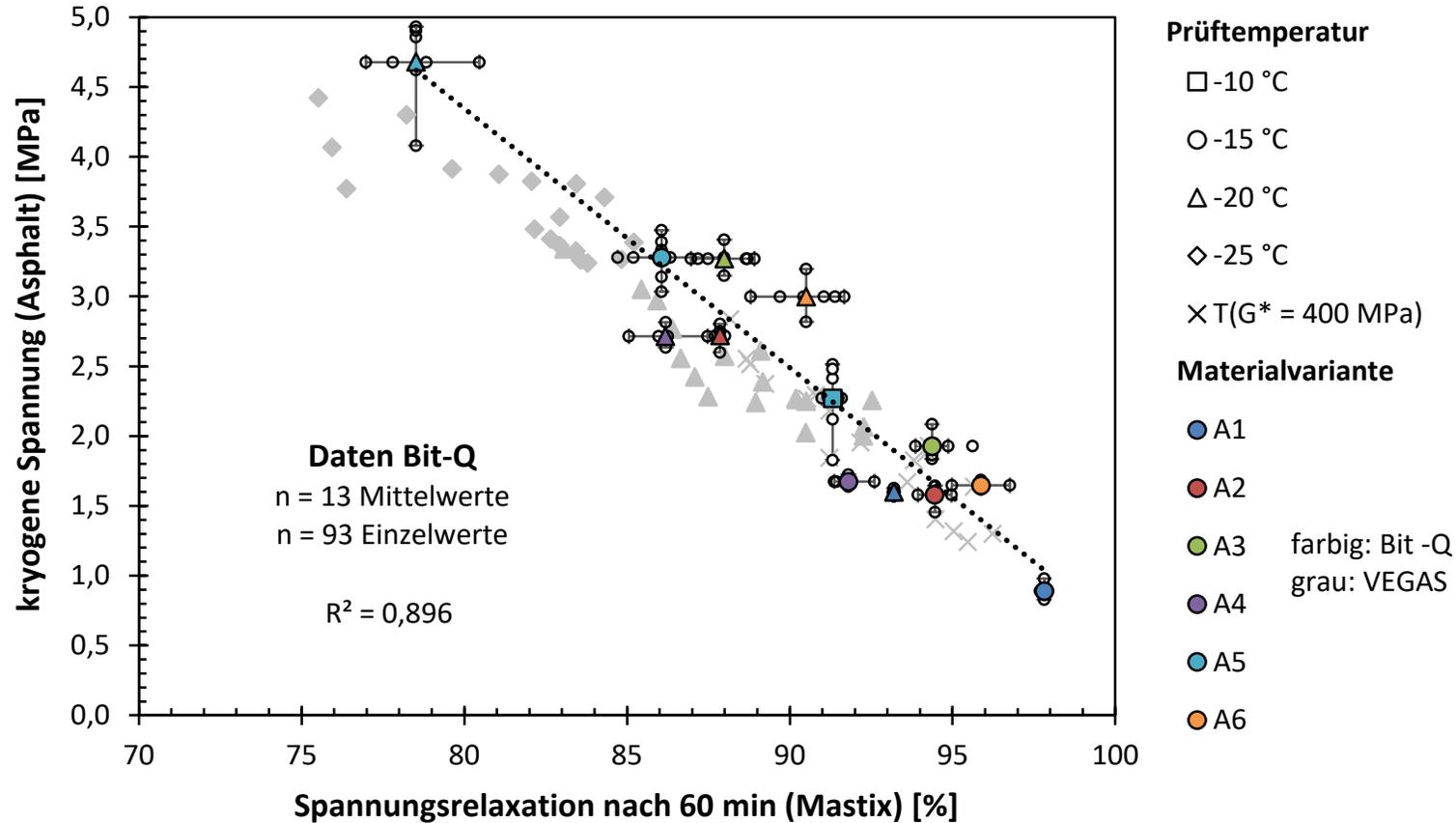
- Mischgut wurde zur Verfügung gestellt
- Einzelkomponenten wurden zur Verfügung gestellt
 - Frischbitumen, Eigenfüller, Rückgewinnungsfüller, Asphaltgranulat, Zusätze

Asphalt-variante	Asphalt-mischgut-sorte	Bitumen-variante	Bitumen-sorte	Asphalt-granulat	Zusatz
A1	AC 8 D N	B1	70/100	-	-
A2	SMA 8 S	B2	25/55-55A	-	Faserstoff
A3	AC 8 D N	B3	70/100	30 %	-
A4	SMA 8 S	B4	25/55-55A	-	Faserstoff
A5	AC 16 B S	B5	25/55-55A	30 %	-
A6	AC 8 D S	B6	50/70	15 %	Haftmittel

Mastixherstellung aus Einzelkomponenten gemäß Mischgutrezeptur

Forschungsprojekt Bit-Q

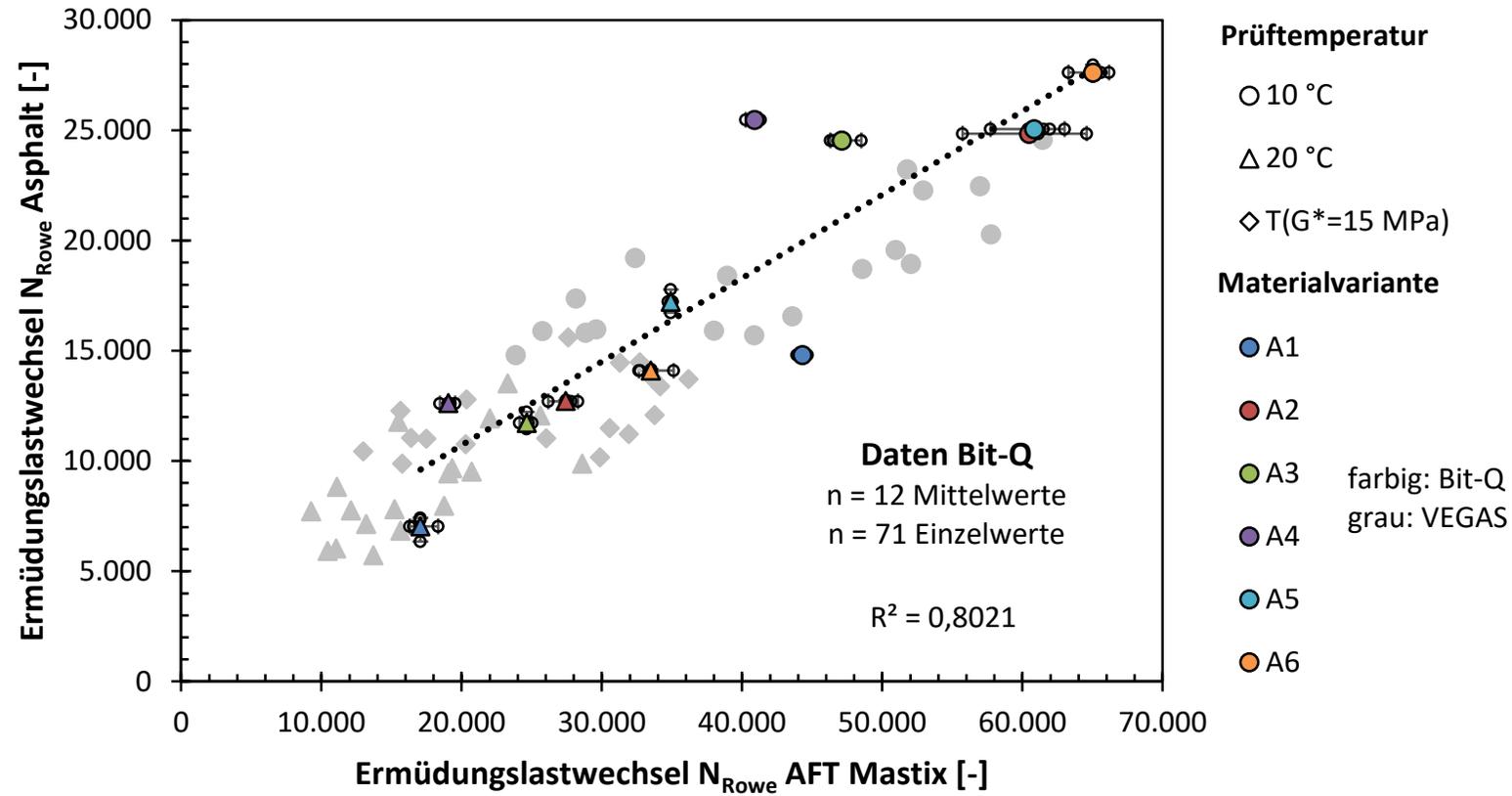
Korrelation Relaxationsverhalten



Büchner, J. & Wistuba, M. P. 2021. Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der Bindemittel- und Mastixeigenschaften im Asphaltstraßenbau, Schlussbericht zum Forschungsprojekt Bit-Q, finanziert durch die Arbeitsgemeinschaft „ARGE Bit-Q“ bestehend aus Eiffage Infra-Südwest, Kemna, Leonhard Weiß, Matthäi, TPA/Strabag, Winkler. Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen.

Forschungsprojekt Bit-Q

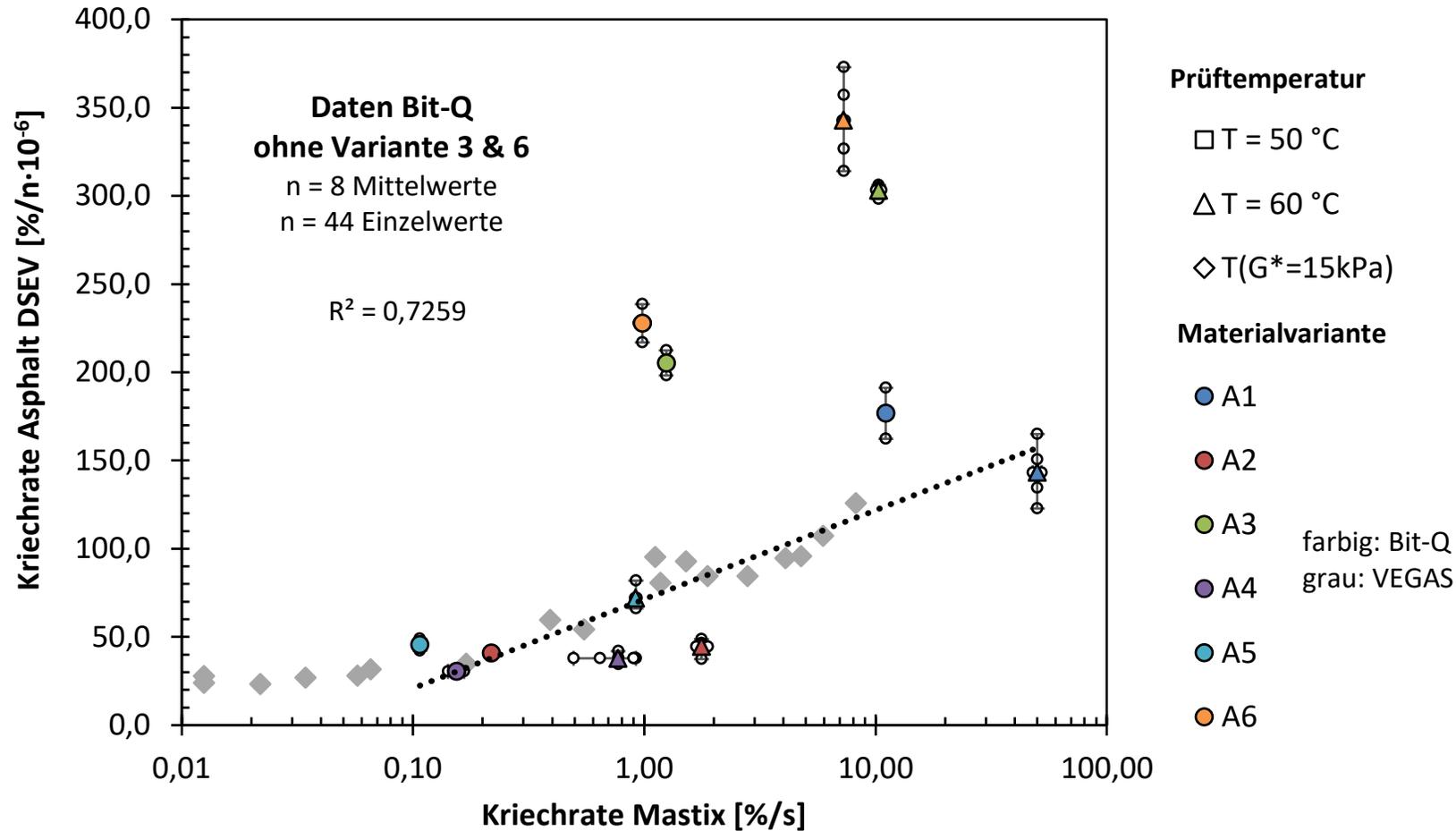
Korrelation Ermüdungswiderstand



Büchner, J. & Wistuba, M. P. 2021. Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der Bindemittel- und Mastix Eigenschaften im Asphaltstraßenbau, Schlussbericht zum Forschungsprojekt Bit-Q, finanziert durch die Arbeitsgemeinschaft „ARGE Bit-Q“ bestehend aus Eiffage Infra-Südwest, Kemna, Leonhard Weiß, Matthäi, TPA/Strabag, Winkler. Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen.

Forschungsprojekt Bit-Q

Korrelation Kriechverhalten



A3 und A6 hoher Anteil Natursand

Büchner, J. & Wistuba, M. P. 2021. Entwicklung einer Methodik zur Bewertung der Bindemittel- und Mastixseigenschaften im Asphaltstraßenbau, Schlussbericht zum Forschungsprojekt Bit-Q, finanziert durch die Arbeitsgemeinschaft „ARGE Bit-Q“ bestehend aus Eiffage Infra-Südwest, Kemna, Leonhard Weiß, Matthäi, TPA/Strabag, Winkler. Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen.

Zusammenfassung & Ausblick

Fazit

- Mastix lässt sich schnell und plausibel im DSR prüfen (1-3 h)
- Eindeutiger Zusammenhang zwischen Materialverhalten von Mastix & Asphalt im tiefen und mittleren Temperaturbereich
 - Gebrauchseigenschaften von Asphalt werden also dominant durch die Mastix gesteuert
 - Bitumen im Vergleich zum Gestein übergeordneter Einfluss auf Ergebnisse
- Im oberen Temperaturbereich wird Verformungsverhalten von Asphalt durch die Art und die Eigenschaften des Sandes wesentlich beeinflusst
 - Kriechverhalten von Asphalt wird trotzdem dominant durch die Mastix (Bitumen-Füller-Interaktion) gesteuert
- Ermittelte Materialkennwerte sind einfach interpretierbar und eignen sich für Differenzierung und Charakterisierung von Mastix (Innovative Bewertungsmöglichkeit)
- Prognose der Asphalteeigenschaften mit schnellen und kostengünstigen DSR-Prüfungen möglich
- kostengünstige Beurteilung von Bindemittel- und Mastix-Qualitäten anhand von physikalischen Kennziffern (keine „Vielfalt“ an Prüfgeräten)

Zusammenfassung & Ausblick

Anwendungsmöglichkeiten

Schnelle und aussagekräftige Qualitätssicherung

- Wareneingangskontrolle
- Qualitätsverbesserung
- Routineprüfung

Entwicklung und Optimierung von Asphaltrezepturen

- Verbesserung der Dauerhaftigkeit
- Langfristig wirtschaftliche und ökologische Vorteile

Ersatz komplexer Performance-Prüfungen von Asphalt

**besseres
 Verständnis
 auftretender
 Schadensbilder**

Prüfung	Prüfdauer
Kriechprüfung im DSR	2 h
Ermüdungsprüfung im DSR	ca. 1,5 h
Relaxationsprüfung im DSR	1 h
Summe	ca. 6 h (mit Probenvorbereitung und Temperierung)

Zusammenfassung & Ausblick

Performance-Prüfungen Bitumen im DSR

	Relaxationsprüfung	Ermüdungsprüfung	Kriechprüfung
Probekörper	zylindrisch Ø 4 mm, h = 2 mm	zylindrisch Ø 8 mm, h = 2 mm	zylindrisch Ø 25 mm, h = 1 mm
Prüftemperatur			
Beanspruchung	Kriechmodus, konstante Scherdeformation 0,1 %	Oszillation (10 Hz), Ansteigende Scherspannung 100 kPa (+50 kPa/4000) 50 kPa (+10/1000)	Kriechmodus, Konstante Scherspannung 0,5 0,1 kPa
Prüfdauer	60 min +45 min Temperierzeit	ca. 120 min (je nach Material) +30 min Temperierzeit	420 10 min + 15 min Temperierzeit
Prüfergebnis	Prozentuale Spannungsrelaxation nach 60 min [%]	Ermüdungslast-wechsel N_{Rowe} [-]	Kriechrate [%/s]

Wistuba, M. P. & Büchner, J. 2021. Prüfung von Rejuvenatoren mit dem Dynamischen Scherrheometer. Straße und Autobahn, Jahrgang 72, Heft 8, 621–631, Kirschbaum Verlag, Bonn.

Büchner, J. & Wistuba, M. P. 2022. Assessing Creep Properties of Asphalt Binder, Asphalt Mastic and Asphalt Mixture. Road Materials and Pavement Design, Vol. 23, Issue sup 1: InfraStructure and Bituminous Materials (ISBM): on invitation only, 116-130, Taylor & Francis. DOI: 10.1080/14680629.2021.2020153.

Büchner, J. & Wistuba, M. P. 2022. Analysis of low temperature relaxation properties of asphalt binder and asphalt mastic using a dynamic shear rheometer, June 28-30, 2022, Trondheim, Norway. In: Eleventh International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, Vol. 2 (Eds.: I. Hoff et al.), Vol. 2, 508–516, CRC Press. DOI: 10.1201/9781003222897-47.

Zusammenfassung & Ausblick

Weiterentwicklung im Rahmen von zwei Bast-Projekten

FA BEZIBIT

Projektnummer: FE 07.0313/2021/ERB

Titel: Untersuchungen zur Charakterisierung von Bitumen

Laufzeit: 01.02.2022 bis 31.01.2024

Inhalt bezogen auf DSR-Prüfungen:

- Viskoelastische Eigenschaften (25 mm BTSV & 8 mm T-Sweep)
- 25 mm Kriechprüfungen
- 8 mm Ermüdungsprüfungen
- 4 mm Kälteprüfungen

→ **Identifikation von Bewertungsparametern und Zielbereichen**

Zusammenfassung & Ausblick

Weiterentwicklung im Rahmen von zwei Bast-Projekten

FA RHEMAS

Projektnummer: FE 07.0317/2021/AGB

Titel: Optimierung von Verfahren zur Prüfung von Füller-Bitumen-Gemischen (Asphaltmörtel) mit dem Dynamischen Scherrheometer (eigentlich: Mastix)

Laufzeit: 01.04.2022 bis 31.03.2024

Inhalt bezogen auf DSR-Prüfungen

- vollständige viskoelastische Charakterisierung (4 mm, 8 mm, 25 mm T-f-Sweep)
- 25 mm Kriechprüfungen
- 8 mm Ermüdungsprüfungen + Festkörpereinspannung (zylindrisch)
- 4 mm Kälteprüfungen

→ Schaffung eines Bewertungshintergrunds für Füller-Bitumen-Interaktion