

**Arbeitsanleitung
zur Bestimmung des Relaxationsverhaltens von Asphaltmastix im
Dynamischen Scherrheometer (DSR)**

AL RELAX

Datum: 14.01.2020

Autoren: J. Büchner, T. Hilmer, M. P. Wistuba

Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen

Inhaltsübersicht

Inhaltsübersicht	1
1 Einleitung	2
2 Abkürzungen und Definitionen	2
3 Prüfgrundsätze	2
4 Prüfeinrichtung	2
4.1 Dynamischen Scherrheometer (DSR)	2
4.2 Gussformen für Probekörper	3
4.3 Wärmekammer	3
5 Vorbereitung des Dynamischen Scherrheometers	3
6 Probenvorbereitung	3
6.1 Vorbereitung von Asphaltmastixproben	3
6.2 Lagerung der Probekörper	4
7 Durchführung	4
7.1 Platzierung der Probe im DSR	4
7.2 Prüfbedingungen	4
7.3 Messung	5
8 Angabe der Ergebnisse	5
9 Präzision	6
Literaturhinweise	6

1 Einleitung

Im Rahmen des D-A-CH Forschungsprojekts „Vereinfachung der prüftechnischen Ansprache des Gebrauchsverhaltens von Asphalt“ (VEGAS, FFG-Nr.: 863063) wurde eine neue Prüfsystematik zur Ansprache der Gebrauchseigenschaften von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln sowie von Asphaltmastix mit dem Dynamischen Scherrheometer (DSR) entwickelt. Als ergänzender Anhang zu dem Ergebnisbericht [1] sind in dieser Arbeitsanleitung detaillierte Informationen zu den Randbedingungen und zur Durchführung der Laborprüfung zur Ermittlung des Relaxationsverhaltens von Asphaltmastix zusammengestellt.

Anmerkung: Alle Angaben dieser Arbeitsanleitung beruhen auf den Erkenntnissen der Prüfungen im Rahmen des oben angegebenen Forschungsprojekts VEGAS und gelten vorbehaltlich neuer Erfahrungen mit anderen Bindemitteln und Bindemittel-Füller-Kombinationen.

2 Abkürzungen und Definitionen

Zu allgemein gültigen Definitionen siehe DIN EN 12597 [2].

Asphaltmastix – Gemisch aus Bindemittel und feinen Gesteinskörnungen < 0,063 mm (Füller).

Deformation (γ) – maximale Auslenkung der beweglichen Platte am äußeren Rand bezogen auf den Plattenabstand, angegeben in Prozent.

Relaxation – zeitabhängiger Spannungsabfall bei konstant gehaltener Dehnung

Äquimodultemperatur – Temperatur, bei dem ein Material einen definierten Schermodul (z. B. $G^* = 15 \text{ kPa}$) aufweist.

3 Prüfgrundsätze

Das Prüfverfahren dient der Beschreibung des Relaxationsverhaltens und der Bewertung des Widerstands gegen Kälterissbildung von Asphaltmastix.

Die Prüfung mit dem DSR ist im deformationsgesteuerten Kriechmodus bei einer konstanten Temperatur im Bereich zwischen -20 und -10°C durchzuführen.

Als Prüfgeometrie werden Platte-Platte-Messsysteme mit einem Plattendurchmesser von 4 mm und einem Plattenabstand zwischen 2 und 3 mm verwendet.

Während der Relaxationsprüfung wird eine Deformation von 0,1 % im Kriechmodus auf die Probe aufgebracht und über eine Zeitdauer von 60 Minuten konstant gehalten. Die Relaxation wird als Abfall der Scherspannung über die Zeit aufgezeichnet. Die erzielte Spannungsrelaxation ist der prozentuale Scherspannungsabfall innerhalb von 60 Minuten. Sie ist der interessierende Materialkennwert für das Relaxationsverhalten.

Als Prüfergebnis ist der Mittelwert der Spannungsrelaxation von mindestens zwei Einzelversuchen anzugeben.

4 Prüfeinrichtung

Übliche Laborgeräte und -ausstattung sowie:

4.1 Dynamisches Scherrheometer (DSR)

Benötigt wird ein handelsübliches Dynamisches Scherrheometer nach DIN EN 14770 [3] mit parallelen Platten mit einem Durchmesser von 4 mm und einer Einrichtung zur Temperaturregelung, die eine Temperierung während der gesamten Prüfdauer über einen Mindestbereich von -20 bis 100°C mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ermöglicht. Das Temperaturregelssystem muss beide Platten einschließen, um Temperaturgefälle zwischen den Platten zu minimieren.

Anmerkung: Prüfgeräte mit Systemen, bei denen die obere und untere Platte den gleichen Durchmesser aufweisen, erleichtern das Abnehmen der eingebrachten Probe.

4.2 Gussformen für Probekörper

Benötigt werden Gussformen aus Silikon oder einem ähnlichen Werkstoff mit einem Durchmesser von 4 mm gemäß Abbildung 1, an dem der Probekörper nicht kleben bleibt. Die Verwendung von Fetten oder ähnlichen Produkten ist nicht vorgesehen.

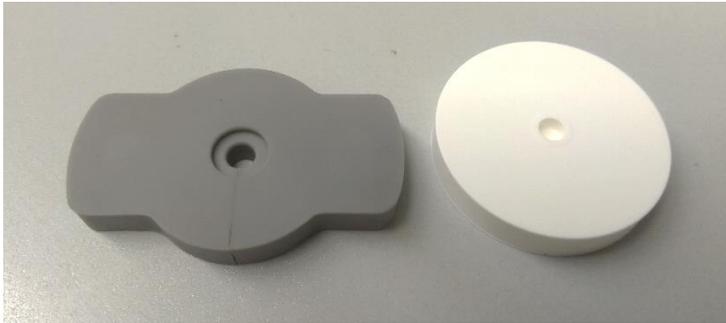


Abbildung 1: Silikongussformen für die Anwendung der „4 mm Top Trimming“ Methode (links; siehe Kapitel 7.1) oder für den konventionellen Probeneinbau mit radialem Trimmen (rechts).

4.3 Wärmekammer

Benötigt wird eine Wärmekammer, die auf Temperaturen zwischen 50 und 200°C auf $\pm 5^\circ\text{C}$ genau geregelt werden kann.

5 Vorbereitung des Dynamischen Scherrheometers

Das DSR ist entsprechend den Herstelleranweisungen einzurichten. Die Auswahl des Platte-Platte-Systems und der Spaltweite erfolgt nach dieser Arbeitsanleitung.

Die Platten sind durch Reinigen mit Hilfe eines geeigneten Lösemittels und eines weichen Reinigungstuches oder -papiers sorgfältig vorzubereiten.

6 Probenvorbereitung

ACHTUNG — Diese Arbeitsanleitung schließt den Umgang mit Geräten und Bindemitteln bei sehr hohen Temperaturen ein. Beim Umgang mit heißem Bindemittel sind stets Schutzhandschuhe und Schutzbrille zu tragen, und ein Kontakt mit ungeschützten Hautpartien ist zu vermeiden.

6.1 Vorbereitung von Asphaltmastixproben

Zur Vorbereitung der Probekörper ist zunächst die Asphaltmastix im Labor aus den Einzelkomponenten herzustellen.

Der für die Asphaltmastix zu verwendende Füller wird auf einem Sieb mit einer Maschenweite von 0,063 mm von Überkorn befreit. Anschließend wird der Füller in der Wärmekammer bei einer Temperatur von 160°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) für mindestens 3 Stunden erwärmt.

Das für die Asphaltmastix zu verwendende Bitumen oder bitumenhaltige Bindemittel ist entsprechend DIN EN 58 [5] zu entnehmen und entsprechend DIN EN 12594 [6] vorzubereiten. Die Untersuchungsprobe des Bindemittels wird in der Wärmekammer bei einer Temperatur von 160°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) für 30 Minuten (± 5 Minuten) erwärmt. Die erwärmte Untersuchungsprobe ist mit einem geeigneten Werkzeug, z. B. Glasstab oder Spatel, durch Rühren zu homogenisieren.

Anschließend wird der Füller unter kontinuierlichem Rühren nach und nach dem Bindemittel beigefügt bis das gewünschte Massenverhältnis erreicht ist. Abschließend ist das Gemisch bei

einer Temperatur von 160°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) für mindestens 5 Minuten mit einem geeigneten Werkzeug durch Rühren zu homogenisieren.

Variante 1: Für die „4 mm Top Trimming“-Methode nach Büchner et al. [6] sind kleine Teilproben mit einer Masse von ca. 5 g auf eine nicht haftende Oberfläche oder in 25 mm Silikonformen zu gießen.

Variante 2: Für den konventionellen Probeneinbau mit radialem Trimmen ist die Probe blasenfrei in die entsprechende Gussform (Abbildung 1, rechts) zu gießen.

Anmerkung: Es ist zweckmäßig, mehrere Probekörper gleichzeitig herzustellen.

6.2 Lagerung der Probekörper

Die gegossenen Probekörper sind in den Gussformen auf die Umgebungstemperatur abzukühlen und bis zur Prüfung für eine Mindestdauer von 30 Minuten abgedeckt zu lagern. Die Höchstlagerdauer beträgt 7 Tage.

7 Durchführung

7.1 Platzierung der Probe im DSR

Variante 1: „4 mm Top Trimming“-Methode nach Büchner et al. [6]

Zunächst wird die Silikonform (Abbildung 1, links) passgenau auf der unteren Rheometerplatte positioniert und mithilfe der Temperierhaube auf 100°C erwärmt. Mit einem ca. 130°C heißem Messer wird eine Teilprobe (vgl. Kapitel 6.1) der Asphaltmastix in die zylindrische Öffnung der Silikonform eingeschmolzen bis die Öffnung geringfügig überfüllt ist. Die Messerspitze kann dabei zur Steuerung des Materialflusses verwendet werden. Die Einbautemperatur von 100°C wird dann für eine weitere Minute konstant gehalten, bevor die Temperatur auf 10°C abgesenkt wird. Nach 5 Minuten bei 10°C wird das diesmal auf 90°C erhitze Messer zum Trimmen der Probe verwendet. Dafür wird überschüssiges Material auf der Oberseite der Silikonform entfernt und unmittelbar im Anschluss die obere Messgeometrie auf die heiße Probeoberfläche abgesenkt. Abschließend wird die Probe für weitere 2 Minuten bei 10°C temperiert, bevor die Silikonform mithilfe des einseitigen Schlitzes entfernt werden kann.

Bedingt durch die Gussform liegt der finale Plattenabstand bei 3,1 mm ($\pm 0,15$ mm). Der variable Plattenabstand hat keinen Einfluss auf das Messergebnis, da dieser bei der Berechnung von Materialkennwerten vom DSR automatisch berücksichtigt wird.

Variante 2: konventioneller Probeneinbau mit radialem Trimmen

Um einen Verbund des Probekörpers mit den Platten sicherzustellen, sind die Platten des DSR auf die Äquimodultemperatur $T(G^*=15\text{kPa})$ der Asphaltmastix (ca. 70°C) vorzuwärmen.

Sofort nach Erreichen der Einbautemperatur ist die Probe in das temperierte System einzubringen. Die Platten sind bei der Einbautemperatur auf eine Spaltweite von 2,1 mm ($\pm 0,001$ mm) zu bewegen und für 2 Minuten auf dieser Temperatur zu belassen. Anschließend ist jeglicher Materialüberschuss mit einem auf 120°C erwärmten geeigneten Werkzeug abzunehmen.

Anmerkung: Um Verunreinigungen der Probekörperoberfläche durch die Haut zu vermeiden, soll das Ausformen und Aufbringen des Probekörpers mit sauberen Handschuhen erfolgen.

Die Platten sind auf einen Abstand von 2,0 mm ($\pm 0,001$ mm) zu bewegen.

7.2 Prüfbedingungen

Die Probe ist während der gesamten Temperierdauer durch eine Spaltnachführung lastfrei zu halten, sodass keine temperaturinduzierten Spannungen im Material entstehen können.

Nach dem Erreichen der gewählten Prüftemperatur ist eine Gleichgewichts-Einstellungsdauer von 30 Minuten (± 1 Minute) einzuhalten. Anschließend wird die Spaltnachführung deaktiviert und der Plattenabstand bleibt konstant.

Anmerkung: Die Prüftemperatur kann im Bereich von -20 bis -10°C frei gewählt werden. Empfohlen wird eine Prüftemperatur von -20°C . Alternativ kann eine Äquimodultemperatur, z. B. von T bei $G^ = 400 \text{ MPa}$, verwendet werden.*

Es ist eine Deformation von 0,1 % innerhalb einer Zeitspanne von maximal 30 Sekunden auf den Probekörper aufzubringen und anschließend über eine Zeitdauer von 60 Minuten konstant zu halten.

7.3 Messung

Während der gesamten Prüfung sind Scherspannung und Deformation in Intervallen von $\Delta t \leq 10,0$ Sekunden aufzuzeichnen.

Anmerkung: Eine größere Dichte der Messwerteerfassung ermöglicht eine präzisere Auswertung zur Beschreibung von physikalischen Materialeigenschaften unter Anwendung rheologischer Modelle.

8 Angabe der Ergebnisse

Der Verlauf der Scherspannung ist in Abhängigkeit von der Zeit aufzutragen (Abbildung 2).

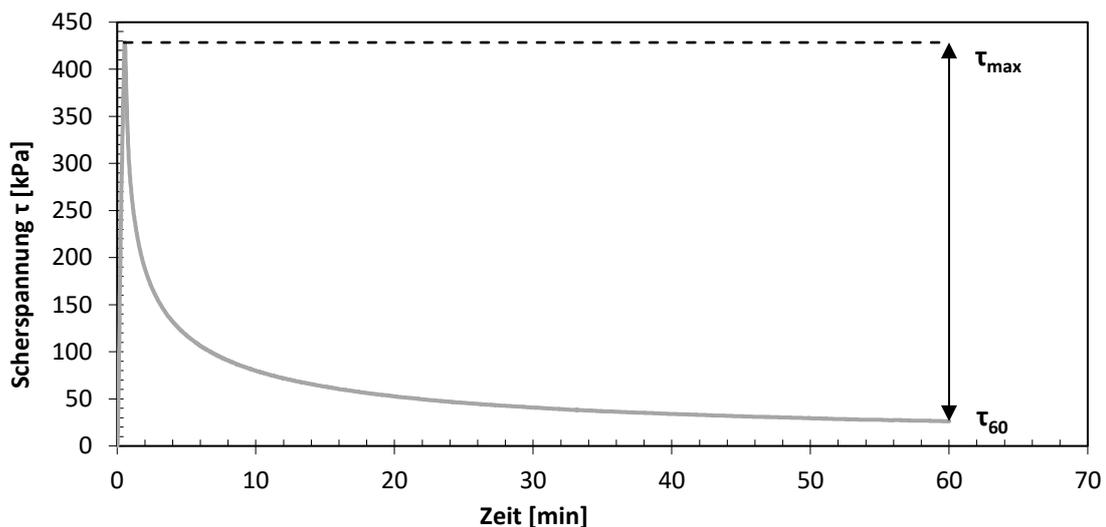


Abbildung 2: Beispiel zum typischen Verlauf der Scherspannung τ während einer Relaxationsprüfung für eine Asphaltmastix mit Straßenbaubitumen

Anschließend erfolgt die Ermittlung der Relaxationsfähigkeit des Materials. Dafür wird der Quotient aus der verbleibenden Scherspannung nach 60 Minuten τ_{60} und der maximalen Scherspannung τ_{max} nach Gl. 1 berechnet:

$$\text{Scherspannungsrelaxation nach 60 Minuten} = \frac{\tau_{60}}{\tau_{max}} * 100 \quad \text{Gl. 1}$$

mit:

τ_{60} maximale Scherspannung beim Start der Relaxationsprüfung [kPa],
 τ_{max} durch Materialrelaxation reduzierte Scherspannung nach 60 Minuten [kPa].

Für jedes Material sind zwei Einzelprüfungen durchzuführen.

Als Ergebnis der Prüfung ist der Mittelwert der Scherspannungsrelaxation der zwei Einzelprüfungen – in % auf 0,01 gerundet – anzugeben. Dieser stellt einen charakteristischen Kennwert für die Bewertung des Widerstands gegen Kälterisse der geprüften Asphaltmastix dar.

9 Präzision

Die Präzision dieses Prüfverfahrens ist noch nicht bekannt.

Literaturhinweise

1. Wistuba MP, Büchner J, Hilmer T, Steineder M, Eberhardsteiner L, Donev V, Hofko B, Arrigada M, Raab C (2019) Vereinfachung der prüftechnischen Ansprache des Gebrauchsverhaltens von Asphalt VEGAS - Ergebnisbericht zum Werkvertrag. FFG Projektnummer: 863063 FFG-Programm: D-A-CH Kooperation Verkehrsinfrastrukturforschung.
2. EN 12597 (2014) Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Terminologie. Europäisches Komitee für Normung, Brüssel.
3. EN 14770 (2012) Bitumen und Bitumenhaltige Bindemittel - Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels - Dynamisches Scherrheometer (DSR). Europäisches Komitee für Normung, Brüssel.
4. EN 58 (2012) Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Probenahme bitumenhaltiger Bindemittel. Europäisches Komitee für Normung, Brüssel.
5. EN 12594 (2012) Bitumen und Bitumenhaltige Bindemittel - Vorbereitung von Untersuchungsproben. Europäisches Komitee für Normung, Brüssel.
6. Büchner J, Wistuba MP, Remmler T, Wang D (2019) On low temperature binder testing using DSR 4 mm geometry. *Materials and Structures* 52(113), Springer. doi:10.1617/s11527-019-1412-3.

Arbeitsanleitung
zur Bestimmung des Ermüdungswiderstands von Asphaltmastix im
Dynamischen Scherrheometer (DSR) – Accelerated Fatigue Test (AFT)

AL AFT

Datum: 14.01.2020

Autoren: J. Büchner, M. P. Wistuba

Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen

Inhaltsübersicht

Inhaltsübersicht	1
1 Einleitung	2
2 Abkürzungen und Definitionen	2
3 Prüfgrundsätze	2
4 Prüfeinrichtung	2
4.1 Dynamischen Scherrheometer (DSR)	2
4.2 Gussformen für Probekörper	3
4.3 Wärmekammer	3
5 Vorbereitung des Dynamischen Scherrheometers	3
6 Probenvorbereitung	3
6.1 Vorbereitung von Asphaltmastixproben	3
6.2 Lagerung der Probekörper	3
7 Durchführung	4
7.1 Platzierung der Probe im Rheometer	4
7.2 Prüfbedingungen	4
7.3 Messung	4
8 Angabe der Ergebnisse	4
9 Präzision	5
Literaturhinweise	5

1 Einleitung

Im Rahmen des D-A-CH Forschungsprojekts „Vereinfachung der prüftechnischen Ansprache des Gebrauchsverhaltens von Asphalt“ (VEGAS, FFG-Nr.: 863063) wurde eine neue Prüfsystematik zur Ansprache der Gebrauchseigenschaften von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln sowie von Asphaltmastix mit dem Dynamischen Scherrheometer (DSR) entwickelt. Als ergänzender Anhang zu dem Ergebnisbericht [1] sind in dieser Arbeitsanleitung detaillierte Informationen zu den Randbedingungen und zur Durchführung der Laborprüfung zur Ermittlung des Ermüdungswiderstands von Asphaltmastix mit dem Accelerated Fatigue Test (AFT) zusammengestellt.

Anmerkung: Alle Angaben dieser Arbeitsanleitung beruhen auf den Erkenntnissen der Prüfungen im Rahmen des oben angegebenen Forschungsprojekts VEGAS und gelten vorbehaltlich neuer Erfahrungen mit anderen Bindemitteln und Bindemittel-Füller-Kombinationen.

2 Abkürzungen und Definitionen

Zu allgemein gültigen Definitionen siehe DIN EN 12597 [2].

Asphaltmastix – Gemisch aus Bindemittel und feinen Gesteinskörnungen < 0,063 mm (Füller).

Deformation (γ) – maximale Auslenkung der beweglichen Platte am äußeren Rand bezogen auf den Plattenabstand, angegeben in Prozent.

Ermüdungswiderstand – Widerstand gegen einen langsam voranschreitenden Schädigungsprozess.

Äquimodultemperatur – Temperatur, bei dem ein Material einen definierten Schermodul (z. B. $G^* = 15$ kPa) aufweist.

Komplexer Schermodul (G^*) – Quotient aus maximaler Scherspannung und maximaler Deformation bei harmonischer, sinusförmiger Beanspruchung in Oszillation, angegeben in der Einheit Pascal [Pa].

Energy Ratio (ER) – Verhältnis aus der zu Versuchsbeginn je Lastwechsel dissipierten Energie und der dissipierten Energie bis zu einem beliebig gewählten Lastwechsel.

3 Prüfgrundsätze

Das Prüfverfahren dient der Beschreibung des Ermüdungsverhaltens von Asphaltmastix und der Bewertung anhand des Ermüdungswiderstands.

Die Prüfung mit dem DSR ist im spannungsgesteuerten Oszillationsmodus bei einer konstanten Temperatur im Bereich zwischen 10 und 20°C durchzuführen.

Als Prüfgeometrie werden Platte-Platte-Messsysteme mit einem Plattendurchmesser von 8 mm und einem Plattenabstand von 2 mm verwendet.

Das zu prüfende Material wird mit einer stufenweise ansteigenden Scherspannung im Oszillationsmodus im Dauerschwingversuch bis zur Ermüdung belastet. Die Anzahl der Lastwechsel bis zu Ermüdung wird mit dem Ermüdungskriterium nach Rowe und Bouldin [7] ermittelt und als Zahl der Ermüdungslastwechsel N_{Rowe} bezeichnet.

Als Prüfergebnis ist der Mittelwert der Ermüdungslastwechsel von mindestens drei Einzelversuchen anzugeben.

4 Prüfeinrichtung

Übliche Laborgeräte und -ausstattung sowie:

4.1 Dynamischen Scherrheometer (DSR)

Benötigt wird ein handelsübliches Dynamisches Scherrheometer nach DIN EN 14770 [3] mit parallelen Platten mit einem Durchmesser von 8 mm und einer Einrichtung zur Temperaturregelung, die eine Temperierung während der gesamten Prüfdauer über einen Mindestbereich von 10 bis 100°C mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ermöglicht. Das Temperaturregelsystem muss beide Platten einschließen, um Temperaturgefälle zwischen den Platten zu minimieren.

Anmerkung: Prüfgeräte mit Systemen, bei denen die obere und untere Platte den gleichen Durchmesser aufweisen, erleichtern das Abnehmen der eingebrachten Probe.

4.2 Gussformen für Probekörper

Benötigt werden Gussformen gemäß AASHTO T 315 [4] aus Silikon oder einem ähnlichen Werkstoff mit einem Durchmesser von 8 mm, an dem der Probekörper nicht kleben bleibt. Die Verwendung von Fetten oder ähnlichen Produkten ist nicht vorgesehen.

4.3 Wärmekammer

Benötigt wird eine Wärmekammer, die auf Temperaturen zwischen 50 und 200°C auf $\pm 5^\circ\text{C}$ genau geregelt werden kann.

5 Vorbereitung des Dynamischen Scherrheometers

Das DSR ist entsprechend den Herstelleranweisungen einzurichten. Die Auswahl des Platte-Platte-Systems und der Spaltweite erfolgt nach dieser Arbeitsanleitung.

Die Platten sind durch Reinigen mit Hilfe eines geeigneten Lösemittels und eines weichen Reinigungstuches oder -papiers sorgfältig vorzubereiten.

6 Probenvorbereitung

ACHTUNG — Diese Arbeitsanleitung schließt den Umgang mit Geräten und Bindemitteln bei sehr hohen Temperaturen ein. Beim Umgang mit heißem Bindemittel sind stets Schutzhandschuhe und Schutzbrille zu tragen, und ein Kontakt mit ungeschützten Hautpartien ist zu vermeiden.

6.1 Vorbereitung von Asphaltmastixproben

Zur Vorbereitung der Probekörper ist zunächst die Asphaltmastix im Labor aus den Einzelkomponenten herzustellen.

Der für die Asphaltmastix zu verwendende Füller wird auf einem Sieb mit einer Maschenweite von 0,063 mm von Überkorn befreit. Anschließend wird der Füller in der Wärmekammer bei einer Temperatur von 160°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) für mindestens 3 Stunden erwärmt.

Das für die Asphaltmastix zu verwendende Bitumen oder bitumenhaltige Bindemittel ist entsprechend DIN EN 58 [5] zu entnehmen und entsprechend DIN EN 12594 [6] vorzubereiten. Die Untersuchungsprobe des Bindemittels wird in der Wärmekammer bei einer Temperatur von 160°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) für 30 Minuten (± 5 Minuten) erwärmt. Die erwärmte Untersuchungsprobe ist mit einem geeigneten Werkzeug, z. B. Glasstab oder Spatel, durch Rühren zu homogenisieren.

Anschließend wird der Füller unter kontinuierlichem Rühren nach und nach dem Bindemittel beigefügt bis das gewünschte Massenverhältnis erreicht ist. Abschließend ist das Gemisch bei einer Temperatur von 160°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) für mindestens 5 Minuten mit einem geeigneten Werkzeug durch Rühren zu homogenisieren.

Die Probe ist blasenfrei in die Gussformen zu gießen.

Anmerkung: Es ist zweckmäßig, mehrere Probekörper gleichzeitig herzustellen.

6.2 Lagerung der Probekörper

Die gegossenen Probekörper sind in den Gussformen auf die Umgebungstemperatur abzukühlen und bis zur Prüfung für eine Mindestdauer von 30 Minuten abgedeckt zu lagern. Die Höchstlagerdauer beträgt 7 Tage.

7 Durchführung

7.1 Platzierung der Probe im DSR

Um einen Verbund des Probekörpers mit den Platten sicherzustellen, sind die Platten des DSR auf 100°C vorzuwärmen.

Sofort nach Erreichen der Einbautemperatur ist die Probe in das temperierte System einzubringen. Die Platten sind bei der Einbautemperatur auf eine Spaltweite von 2,1 mm ($\pm 0,001$ mm) zu bewegen und für 2 Minuten auf dieser Temperatur zu belassen. Anschließend ist jeglicher Materialüberschuss mit einem nicht über 90°C erwärmten geeigneten Werkzeug abzunehmen.

Anmerkung: Um Verunreinigungen der Probekörperoberfläche durch die Haut zu vermeiden, soll das Ausformen und Aufbringen des Probekörpers mit sauberen Handschuhen erfolgen.

Die Platten sind auf einen Abstand von 2,0 mm ($\pm 0,001$ mm) zu bewegen.

7.2 Prüfbedingungen

Der Plattenabstand von 2,0 mm ($\pm 0,001$ mm) ist während der gesamten Prüfdauer konstant zu halten.

Nach dem Erreichen der gewählten Prüftemperatur ist eine Gleichgewichts-Einstellungsdauer von (45 ± 1) min einzuhalten.

Anmerkung: Die Prüftemperatur kann im Bereich von 10 bis 20°C frei gewählt werden. Alternativ kann eine Äquimodultemperatur, z. B. T bei $G^ = 15$ MPa, verwendet werden.*

Der Probekörper ist für 4000 Lastwechsel mit einer konstanten Scherspannung von 100 kPa im Oszillationsmodus zu belasten. Die Belastungsfrequenz beträgt 10 Hz. Die Scherspannung wird alle 4000 Lastwechsel um 50 kPa erhöht.

Die Prüfung wird abgebrochen, sobald der komplexe Schermodul G^* unter einen Grenzwert von 3000 kPa fällt.

7.3 Messung

Während der gesamten Prüfung ist der komplexe Schermodul G^* in Intervallen von $\Delta t \leq 1,0$ Sekunde aufzuzeichnen.

8 Angabe der Ergebnisse

Die Auswertung der Prüfung erfolgt mit dem Ermüdungskriterium nach Rowe und Bouldin [7]. Dafür wird für jeden ermittelten Messpunkt die Energy Ratio ER Rowe gemäß Gl. 1 bestimmt:

$$ER = N \cdot G^* \quad \text{Gl. 1}$$

mit:

ER	Energy Ratio [kPa],
N	Lastwechselzahl [-],
G^*	komplexer Schermodul [kPa].

Der Verlauf der Energy Ratio wird in Abhängigkeit von den Lastwechseln aufgetragen (Abbildung 1). Unter Anwendung einer polynomischen Regressionsfunktion 6. Grades wird das Maximum der Energy Ratio ermittelt. Dieses Maximum kennzeichnet nach Rowe und Bouldin [7] den Zeitpunkt der Ermüdung. Die korrespondierende Anzahl an Lastwechseln wird als Zahl der Ermüdungslastwechsel N_{Rowe} bezeichnet.

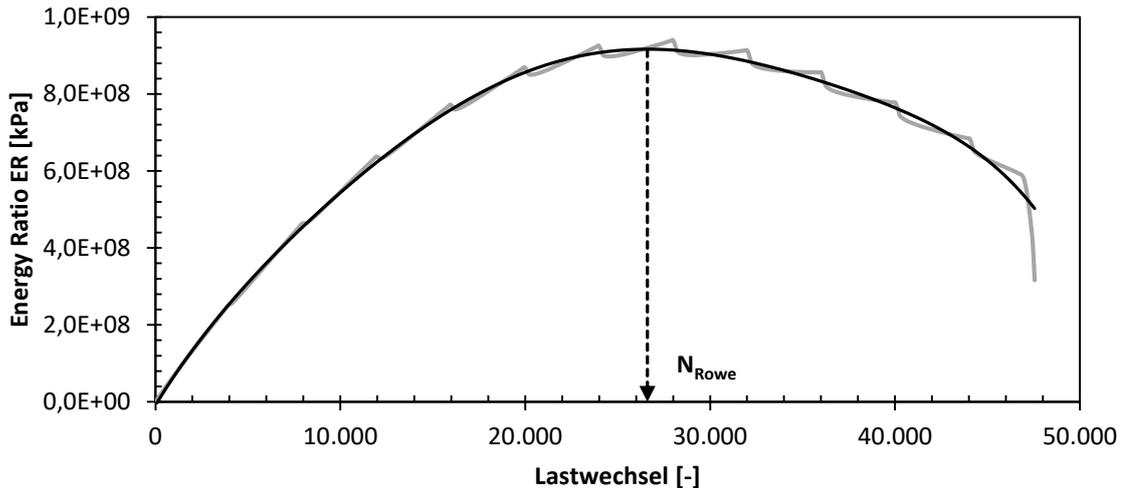


Abbildung 1: Typischer Verlauf der Energy Ratio (mit polynomischer Regressionsfunktion 6. Grades) und Auswertung anhand des Ermüdungskriteriums nach Rowe und Bouldin [7].

Als Ergebnis der Prüfung ist der Mittelwert der Ermüdungslastwechsel N_{Rowe} von drei verträglichen Einzelprüfungen – auf 1,0 gerundet – anzugeben. Dieser stellt einen charakteristischen Kennwert für die Bewertung des Ermüdungsverhaltens der geprüften Asphaltmastix dar.

Ergebnisse sind miteinander verträglich, wenn deren Abweichung vom Mittelwert der Ermüdungslastwechsel N_{Rowe} nicht mehr als 10 % beträgt.

9 Präzision

Die Präzision dieses Prüfverfahrens ist noch nicht bekannt.

Literaturhinweise

- [1] Wistuba, M. P., Büchner, J., Hilmer, T., Steineder, M., Eberhardsteiner, L., Donev, V. et al. 2019. Vereinfachung der prüftechnischen Ansprache des Gebrauchsverhaltens von Asphalt VEGAS - Ergebnisbericht zum Werkvertrag, FFG Projektnummer: 863063 FFG-Programm: D-A-CH Kooperation Verkehrsinfrastrukturforschung. Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig.
- [2] EN 12597, 2014. Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Terminologie. Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel.
- [3] EN 14770, 2012. Bitumen und Bitumenhaltige Bindemittel - Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels - Dynamisches Scherrheometer (DSR). Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel.
- [4] AAHSTO T 315-12, 2016. Standard Method for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR). American Association of State Highway and Transportation Officials (AAHSTO), Washington, DC.
- [5] EN 58, 2012. Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Probenahme bitumenhaltiger Bindemittel. Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel.
- [6] EN 12594, 2012. Bitumen und Bitumenhaltige Bindemittel - Vorbereitung von Untersuchungsproben. Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel.
- [7] Rowe, G. M. & Bouldin, M. G. 2000. Improved Techniques to Evaluate the Fatigue Resistance of Asphalt Mixtures. Proc., 2nd Eurasphalt & Eurobitume Congress, EAPA & Eurobitume, 20-22 September 2000, Barcelona.

Arbeitsanleitung
zur Bestimmung des Langzeitkriechverhaltens von Bitumen,
bitumenhaltigen Bindemitteln und Asphaltmastix im Dynamischen
Scherrheometer (DSR) – Single Stress Creep and Recovery Test (SSCRT)

AL SSCRT

Datum: 14.01.2020

Autoren: J. Büchner, T. Hilmer, M. P. Wistuba

Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen

Inhaltsübersicht

Inhaltsübersicht	1
1 Einleitung	2
2 Abkürzungen und Definitionen	2
3 Prüfgrundsätze	2
4 Prüfeinrichtung	2
4.1 Dynamischen Scherrheometer (DSR)	3
4.2 Gussformen für Probekörper	3
4.3 Wärmekammer	3
5 Vorbereitung des Dynamischen Scherrheometers	3
6 Probenvorbereitung	3
6.1 Vorbereitung von Bitumenproben	3
6.2 Vorbereitung von Asphaltmastixproben	3
6.3 Lagerung der Probekörper	4
7 Durchführung	4
7.1 Platzierung der Probe im DSR	4
7.2 Prüfbedingungen	4
7.3 Messung	4
8 Angabe der Ergebnisse	5
9 Präzision	5
Literaturhinweise	5

1 Einleitung

Im Rahmen des D-A-CH Forschungsprojekts „Vereinfachung der prüftechnischen Ansprache des Gebrauchsverhaltens von Asphalt“ (VEGAS, FFG-Nr.: 863063) wurde eine neue Prüfsystematik zur Ansprache der Gebrauchseigenschaften von Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln sowie Asphaltmastix mit dem Dynamischen Scherrheometer (DSR) entwickelt. Als ergänzender Anhang zu dem Ergebnisbericht [1] sind in dieser Arbeitsanleitung detaillierte Informationen zu den Randbedingungen und zur Durchführung der Laborprüfung zur Ermittlung des Verformungswiderstands von Bitumen, bitumenhaltigen Bindemitteln und Asphaltmastix mit dem Single Stress Creep and Recovery Tests (SSCRT) zusammengestellt.

Anmerkung: Alle Angaben dieser Arbeitsanleitung beruhen auf den Erkenntnissen der Prüfungen im Rahmen des oben angegebenen Forschungsprojekts VEGAS und gelten vorbehaltlich neuer Erfahrungen mit anderen Bindemitteln und Bindemittel-Füller-Kombinationen.

2 Abkürzungen und Definitionen

Zu allgemein gültigen Definitionen siehe DIN EN 12597 [2].

Asphaltmastix – Gemisch aus Bindemittel und feinen Gesteinskörnungen < 0,063 mm (Füller).

Deformation (γ) – maximale Auslenkung der beweglichen Platte am äußeren Rand bezogen auf den Plattenabstand, angegeben in Prozent.

Äquimodultemperatur – Temperatur, bei dem ein Material einen definierten Schermodul (z. B. $G^* = 15$ kPa) aufweist.

Stationäres Fließen – lineare Änderung der Deformation bei Belastung mit einer konstanten Scherspannung während einer Kriechprüfung

Kriechnachgiebigkeit (J) – Quotient aus Deformation und Scherspannung bei einer Kriechbeanspruchung als Materialkennwert für das Kriechverhalten.

Creep Compliance Rate (CCR) – gibt die Änderung der Kriechnachgiebigkeit über die Zeit an.

3 Prüfgrundsätze

Das Prüfverfahren dient der Beschreibung des Langzeitkriechverhaltens von Bitumen, bitumenhaltigen Bindemitteln und Asphaltmastix und der Bewertung anhand des Verformungswiderstands.

Die Prüfung mit dem DSR ist im spannungsgesteuerten Kriechmodus bei einer konstanten Temperatur im Bereich zwischen 50 und 70°C durchzuführen.

Als Prüfgeometrie werden Platte-Platte-Messsysteme mit Plattendurchmesser von 25 mm und einem Plattenabstand von 1 mm verwendet.

Es wird je Messung ein Kriech- und ein Erholungszyklus bei einer Scherspannung von $\tau = 0,1$ kPa durchgeführt. Die Prüfung erfolgt bei Bitumen und bitumenhaltigen Bindemitteln mit einer Kriechphase von 60 Sekunden und einer anschließenden Erholungsphase von 14 Minuten. Die Prüfdauer von Asphaltmastix erhöht sich auf eine Kriechphase von 5 Stunden und eine Erholungsphase von 5 Stunden.

Als Prüfergebnis ist der Mittelwert der ermittelten Kriechraten in der Kriechphase aus mindestens zwei Einzelversuchen anzugeben.

4 Prüfeinrichtung

Übliche Laborgeräte und -ausstattung sowie:

4.1 Dynamischen Scherrheometer (DSR)

Benötigt wird ein Dynamisches Scherrheometer nach DIN EN 14770 [3] mit parallelen Platten mit einem Durchmesser von 25 mm und einer Einrichtung zur Temperaturregelung, die eine Temperierung während der gesamten Prüfdauer über einen Mindestbereich von 50 bis 100°C mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1^\circ\text{C}$ ermöglicht. Das Temperaturregelsystem muss beide Platten einschließen, um Temperaturgefälle zwischen den Platten zu minimieren.

Anmerkung: Prüfgeräte mit Systemen, bei denen die obere und untere Platte den gleichen Durchmesser aufweisen, erleichtern das Abnehmen der eingebrachten Probe.

4.2 Gussformen für Probekörper

Benötigt werden Gussformen gemäß AASHTO T 315 [4] aus Silikon oder einem ähnlichen Werkstoff mit einem Durchmesser von 25 mm, an dem der Probekörper nicht kleben bleibt. Die Verwendung von Fetten oder ähnlichen Produkten ist nicht vorgesehen.

4.3 Wärmekammer

Benötigt wird eine Wärmekammer, die auf Temperaturen zwischen 50 und 200°C auf $\pm 5^\circ\text{C}$ genau geregelt werden kann.

5 Vorbereitung des Dynamischen Scherrheometers

Das DSR ist entsprechend den Herstelleranweisungen einzurichten. Die Auswahl des Platte-Platte-Systems und der Spaltweite erfolgt nach dieser Arbeitsanleitung.

Die Platten sind durch Reinigen mit Hilfe eines geeigneten Lösemittels und eines weichen Reinigungstuches oder -papiers sorgfältig vorzubereiten.

6 Probenvorbereitung

ACHTUNG — Diese Arbeitsanleitung schließt den Umgang mit Geräten und Bindemitteln bei sehr hohen Temperaturen ein. Beim Umgang mit heißem Bindemittel sind stets Schutzhandschuhe und Schutzbrille zu tragen, und ein Kontakt mit ungeschützten Hautpartien ist zu vermeiden.

6.1 Vorbereitung von Bitumenproben

Proben sind entsprechend DIN EN 58 [5] zu entnehmen und entsprechend DIN EN 12594 [6] vorzubereiten. Die erwärmte Untersuchungsprobe ist mit einem geeigneten Werkzeug, z. B. Glasstab oder Spatel, durch Rühren zu homogenisieren.

Die Probe ist blasenfrei in die Gussformen zu gießen.

Anmerkung: Es ist zweckmäßig, mehrere Probekörper gleichzeitig herzustellen.

6.2 Vorbereitung von Asphaltmastixproben

Zur Vorbereitung der Probekörper ist zunächst die Asphaltmastix im Labor aus den Einzelkomponenten herzustellen.

Der für die Asphaltmastix zu verwendende Füller wird auf einem Sieb mit einer Maschenweite von 0,063 mm von Überkorn befreit. Anschließend wird der Füller in der Wärmekammer bei einer Temperatur von 160°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) für mindestens 3 Stunden erwärmt.

Das für die Asphaltmastix zu verwendende Bitumen oder bitumenhaltige Bindemittel ist entsprechend DIN EN 58 [5] zu entnehmen und entsprechend DIN EN 12594 [6] vorzubereiten. Die Untersuchungsprobe des Bindemittels wird in der Wärmekammer bei einer Temperatur von 160°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) für 30 Minuten (± 5 Minuten) erwärmt. Die erwärmte Untersuchungsprobe ist mit einem geeigneten Werkzeug, z. B. Glasstab oder Spatel, durch Rühren zu homogenisieren.

Anschließend wird der Füller unter kontinuierlichem Rühren nach und nach dem Bindemittel beigefügt bis das gewünschte Massenverhältnis erreicht ist. Abschließend ist das Gemisch bei einer Temperatur von 160°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) für mindestens 5 Minuten mit einem geeigneten Werkzeug durch Rühren zu homogenisieren.

Die Probe ist blasenfrei in die Gussformen zu gießen.

Anmerkung: Es ist zweckmäßig, mehrere Probekörper gleichzeitig herzustellen.

6.3 Lagerung der Probekörper

Die gegossenen Probekörper sind in den Gussformen auf die Umgebungstemperatur abzukühlen und bis zur Prüfung für eine Mindstdauer von 30 Minuten abgedeckt zu lagern. Die Höchstlagerdauer beträgt 7 Tage.

7 Durchführung

7.1 Platzierung der Probe im DSR

Um einen Verbund des Probekörpers mit den Platten sicherzustellen, sind die Platten des DSR für die Prüfung von Straßenbaubitumen auf 80°C, für die Prüfung von Polymer- und anders modifizierten Bitumen auf 90°C und für die Prüfung von Asphaltmastix auf 100°C vorzuwärmen.

Sofort nach Erreichen der Einbautemperatur ist die Probe in das temperierte System einzubringen. Die Platten sind bei der Einbautemperatur auf eine Spaltweite von 1,050 mm zu bewegen und für 2 Minuten auf dieser Temperatur zu belassen. Anschließend ist jeglicher Materialüberschuss mit einem nicht über 90°C erwärmten geeigneten Werkzeug abzunehmen.

Anmerkung: Um Verunreinigungen der Probekörperoberfläche durch die Haut zu vermeiden, soll das Ausformen und Aufbringen des Probekörpers mit sauberen Handschuhen erfolgen.

Die Platten sind auf einen Abstand von 1,0 mm ($\pm 0,001$ mm) zu bewegen.

7.2 Prüfbedingungen

Der Plattenabstand von 1,0 mm ($\pm 0,001$ mm) ist während der gesamten Prüfdauer konstant zu halten.

Nach dem Erreichen der gewählten Prüftemperatur ist eine Gleichgewichts-Einstellungsdauer von 15 Minuten (± 1 Minute) einzuhalten.

Anmerkung: Die Prüftemperatur kann im Bereich von 50 bis 70°C frei gewählt werden. Empfohlen wird eine Prüftemperatur von 60°C, welche auch im Asphaltbereich Anwendung findet. Alternativ kann auch eine Äquimodultemperatur, z. B. T bei $G^ = 15$ kPa, verwendet werden.*

Prüfung von Bitumenproben:

Der Probekörper ist für 60 Sekunden mit einer konstanten Scherspannung von 0,1 kPa ($\pm 0,01$ kPa) im Kriechmodus zu belasten und anschließend 14 Minuten lastfrei zu belassen.

Prüfung von Asphaltmastixproben:

Der Probekörper ist für 5 Stunden mit einer konstanten Scherspannung von 0,1 kPa ($\pm 0,01$ kPa) im Kriechmodus zu belasten und anschließend 5 Stunden lastfrei zu belassen.

7.3 Messung

Während der gesamten Prüfung sind Scherspannung und Deformation in Intervallen von $\Delta t \leq 1,0$ Sekunde aufzuzeichnen. Bei der Prüfung von Asphaltmastix kann das Messintervall auf $\Delta t \leq 10,0$ Sekunden vergrößert werden.

Anmerkung: Eine größere Dichte der Messwerteerfassung ermöglicht eine präzisere Auswertung zur Beschreibung von physikalischen Materialeigenschaften unter Anwendung rheologischer Modelle.

8 Angabe der Ergebnisse

Der Verlauf der Deformation während der Kriechphase ist in Abhängigkeit von der Zeit aufzutragen (Abbildung 1). Der Bereich des stationären Fließens (lineare Änderung der Deformation) ist grafisch zu bestimmen (vgl. Abbildung 1).

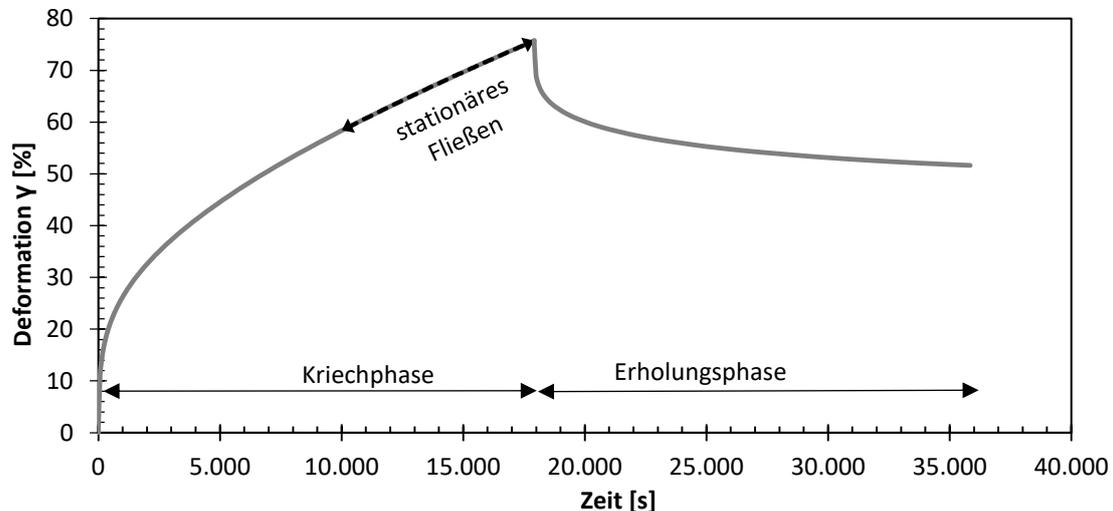


Abbildung 1: Beispiel für einen typischen Verlauf der Deformation während der Kriech- und Erholungsphase im Single Stress Creep and Recovery Test (SSCRT) für eine Asphaltmastix mit Polymermodifiziertem Bitumen

Abschließend erfolgt die Ermittlung der Kriechnachgiebigkeitsrate (Creep Compliance Rate CCR) nach Santagata et al. [7]. Dafür wird zunächst für jeden Messpunkt die Kriechnachgiebigkeit J als Quotient von Deformation γ und Scherspannung τ_0 berechnet. Anschließend wird die lineare Änderung der Kriechnachgiebigkeit im Bereich des stationären Fließens (vgl. Abbildung 1) nach Gl. 1 berechnet:

$$CCR = \frac{d\left(\frac{\gamma}{\tau_0}\right)}{dt} = \frac{dJ}{dt} \quad \text{Gl. 1}$$

mit:

CCR	Kriechnachgiebigkeitsrate (Creep Compliance Rate) [1/MPas],
γ	Deformation [-],
τ_0	Scherspannung [MPa],
J	Kriechnachgiebigkeit [1/MPa].

Für jedes Material sind zwei Einzelprüfungen durchzuführen.

Als Ergebnis der Prüfung ist der Mittelwert der Kriechnachgiebigkeitsraten (CCR) aus zwei Einzelprüfungen – in 1/MPas auf 0,01 gerundet – anzugeben. Dieser beschreibt das zeitunabhängige Kriechen als Kennwert für den Verformungswiderstand des Materials.

9 Präzision

Die Präzision dieses Prüfverfahrens ist noch nicht bekannt.

Literaturhinweise

- [1] Wistuba, M. P., Büchner, J., Hilmer, T., Steineder, M., Eberhardsteiner, L., Donev, V. et al. 2019. Vereinfachung der prüftechnischen Ansprache des Gebrauchsverhaltens von Asphalt VEGAS -

Ergebnisbericht zum Werkvertrag, FFG Projektnummer: 863063 FFG-Programm: D-A-CH Kooperation Verkehrsinfrastrukturforschung. Institut für Straßenwesen, Technische Universität Braunschweig.

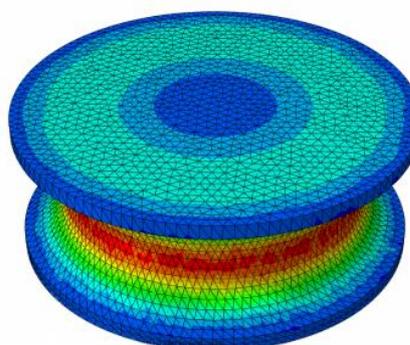
- [2] EN 12597, 2014. Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Terminologie. Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel.
- [3] EN 14770, 2012. Bitumen und Bitumenhaltige Bindemittel - Bestimmung des komplexen Schermoduls und des Phasenwinkels - Dynamisches Scherrheometer (DSR). Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel.
- [4] AAHSTO T 315-12, 2016. Standard Method for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR). American Association of State Highway and Transportation Officials (AAHSTO), Washington, DC.
- [5] EN 58, 2012. Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Probenahme bitumenhaltiger Bindemittel. Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel.
- [6] EN 12594, 2012. Bitumen und Bitumenhaltige Bindemittel - Vorbereitung von Untersuchungsproben. Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel.
- [7] Santagata, E., Baglieri, O., Alam, M. & Dalmazzo, D. 2014. A novel procedure for the evaluation of anti-rutting potential of asphalt binders. International Journal of Pavement Engineering, Vol. 16, Issue 4, 287–296, Taylor & Francis. DOI: 10.1080/10298436.2014.942859.

AA 314	GVO Asphaltprüfung Ermüdungsprüfung von Asphaltmastix	Ausgabe 01.04.2019
		Seite 1 von 6

AA 314 – GVO Asphaltprüfung Ermüdungsprüfung von Asphaltmastix

Inhalt

1	Beschreibung.....	2
1.1	Normative Grundlage.....	2
1.2	Kurzbeschreibung.....	2
1.3	Begriffe.....	2
1.4	Prüfgeräte und Hilfsmittel.....	3
2	Vorbereitung der Asphaltmastixprobe.....	3
3	Vorbereitung des Mastixprobekörpers.....	3
3.1	Interne Probenvorbereitung.....	4
3.2	Externe Probenvorbereitung.....	4
4	DSR Prüfparameter.....	5
5	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse.....	6
6	Mitgeltende Unterlagen und Normen.....	6



SB	AGL	QMB	LL	Ausgabe	01.04.2019
				Datum	01.04.2019

AA 314	GVO Asphaltprüfung Ermüdungsprüfung von Asphaltmastix	Ausgabe 01.08.2018
		Seite 2 von 6

1 BESCHREIBUNG

1.1 Normative Grundlage

Für diese Arbeitsanweisung ist noch keine normative Grundlage verfügbar.

1.2 Kurzbeschreibung

Das Prüfverfahren zur Bestimmung der Ermüdungsfestigkeit von Asphaltmastix umfasst folgende Arbeitsschritte:

- (1) Ggfs. Extraktion des Feinanteils durch Herauslösen mit heißem Lösungsmittel
- (2) Herstellen einer Mastixmischung
- (3) Durchführung der Ermüdungsprüfungen am DSR

1.3 Begriffe

Füller: Der Füller ist jener Teil der Gesteinskörnung, dessen überwiegender Teil durch ein 0,063 mm Sieb hindurchgeht und ist damit als Korngruppe definiert. Füller wird in „Fremdfüller“ und „Mischfüller“ unterschieden. Beide sind mineralischen Ursprungs und werden getrennt von den anderen Gesteinskörnungen hergestellt. Mischfüller wird zusätzlich Kalkhydrat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zur Verbesserung der Eigenschaften beigemischt.

Feinanteile: Als Feinanteile werden jene Bestandteile der groben und feinen Gesteinskörnung bezeichnet, die durch ein 0,125 mm Sieb hindurchgehen. Es handelt sich dabei einerseits um die Bestandteile der Korngruppe 0/2 und andererseits um die anhaftenden Feinanteile der gröberen Korngruppen (Unterkorn). Der Begriff „Eigenfüller“ ist eine nach wie vor gängige Bezeichnung, jedoch nicht mehr normgemäß.

Asphaltmastix: Als Asphaltmastix oder kurz „Mastix“, wird die Mischung aus Bitumen und Füller bzw. Feinanteile bezeichnet. Die Komponente Mastix wirkt als verbindendes Glied zwischen den groben Gesteinskörnern und ist daher maßgebend für den Zusammenhalt. Das Größtkorn ist für die Komponente Mastix nicht normativ festgelegt, hat jedoch einen maßgebenden Einfluss auf die Ermüdungsprüfung. Daher ist im Zuge dieser Arbeitsanweisung das Größtkorn mit 0,125 mm definiert.

AA 314	GVO Asphaltprüfung Ermüdungsprüfung von Asphaltmastix	Ausgabe 01.08.2018
		Seite 3 von 6

1.4 Prüfgeräte und Hilfsmittel

- (1) Maschensieb 0,125 mm oder Luftstrahlsieb 0,125 mm
- (2) Trockenschrank
- (3) Präzisionswaage
- (4) Probenbehälter 150 ml
- (5) Glas-/Metallstab
- (6) Dynamisches Scherrheometer
- (7) Silikonform

2 VORBEREITUNG DER ASPHALTMASTIXPROBE

Mittels Maschen- oder Luftstrahlsieb ausgesiebte Feinanteile können direkt, ohne weiteren Vorbereitungsschritt zur Mischung von Asphaltmastix verwendet werden. Füllerproben (Korngruppe!) sind zuvor auf ein Größtkorn von 0,125 mm auszusieben.

- (1) Der zu mischende Füller ist für 1 h im Trockenschrank auf 180 °C zu erwärmen. Um rasches Auskühlen zu verhindern, ist es empfehlenswert, die benötigte Füllermenge bereits im Mischbehälter einzuwiegen und zu erwärmen.
- (2) Bitumen auf 180 °C erhitzen (Trockenschrank oder Alternative). Vor Zugabe zum Füller durch Umrühren mit einem Glas-/Metallstab oder Thermometer homogenisieren.
- (3) Ohne weiterer Erwärmung das Bitumen mit Hilfe einer Waage dem Füller zudosieren (bzw. umgekehrt) und für $5 \pm 0,5$ min händisch einrühren (2 U/s).

3 VORBEREITUNG DES MASTIXPROBEKÖRPERS

Es sind 2 Arten der Probekörpervorbereitung möglich:

- (1) externe und
- (2) interne Probekörpervorbereitung.

Die externe Probekörpervorbereitung wurde nur im Zuge von Vorversuchen getestet und diese ergaben die Gefahr von Lufteinschlüssen im Probekörper. Empfohlen wird daher die interne Probekörpervorbereitung.

AA 314	GVO Asphaltprüfung Ermüdungsprüfung von Asphaltmastix	Ausgabe 01.08.2018
		Seite 4 von 6

3.1 Interne Probenvorbereitung

- (1) Die Silikonform ohne Versatz zusammenfügen, mit einem Gummiring sichern und in das Rheometer einlegen.
- (2) Die Messgeometrie (PP08) ist auf einen Spalt von 3 mm einzustellen. Die Temperierhaube ist abzusenken und das Rheometer für 10 min auf 130 °C vorzuwärmen.
- (3) Eine Mastixprobe von etwa 3 g ist aus dem erkalteten Probenbehälter zu entnehmen und für max. 10 min auf 180 °C zu erwärmen.
- (4) Die Mastixprobe ist zu homogenisieren und schmelzflüssig in die Silikonform einzubringen und dabei geringfügig zu überfüllen.
- (5) Die Messgeometrie ist auf einen Spalt von 3 mm einzustellen und die Temperierhaube abzusenken. Überschüssige Mastix kann entfernt werden (Trimmen), ist aber nicht zwingend notwendig, da der Überschuss keinen Einfluss auf die Ermüdungsprüfung hat. Dieser Schritt ist möglichst schnell nach dem Eingießen durchzuführen.
- (6) Rheometer für 10 min auf 10 °C temperieren (10 min ab dem Zeitpunkt, sobald das Rheometer 10 °C anzeigt).
- (7) Im Anschluss die Silikonform entnehmen. Aufgrund der durchschnittlichen Silikonform entsteht ein geringfügiger Grat am Probekörper. Dieser hat auf die Prüfung keinen Einfluss.
- (8) Wiederrum die Temperierhaube absenken und für 15 min auf 10 °C temperieren.
- (9) Prüfung starten

3.2 Externe Probenvorbereitung

- (1) Die Silikonform ohne Versatz zusammenfügen, mit einem Draht oder Silikongummiring sichern und den Bodenteil aufstecken.
- (2) Für das Einbringen der Mastixprobe sind zwei Varianten möglich:
 - a. Etwa 3 g sind aus dem erkalteten Probenbehälter zu entnehmen und für max. 15 min auf 180 °C zu erwärmen, homogenisieren und einzubringen,
oder
 - b. die benötigte Menge (vorläufig 0,15 g) ist aus dem erkalteten Probenbehälter zu entnehmen und kalt in die Silikonform einzubringen. Die Silikonform ist anschließend im Wärmeschrank bei 160 °C und für maximal 15 min zu temperieren. Wichtig: Der Mastixprobekörper muss luftblasenfrei hergestellt werden (kann durch vorsichtiges Klopfen beschleunigt werden)!

AA 314	GVO Asphaltprüfung	Ausgabe 01.08.2018
	Ermüdungsprüfung von Asphaltmastix	Seite 5 von 6

Für beide Varianten gilt: Die mit Mastix befüllten Silikonformen sind zunächst auf Raumtemperatur und anschließend im Kühlschrank bei etwa 5-7 °C bis zur Prüfung im DSR zu lagern (max. 72 h).

- (3) Das Bodenteil der Silikonformen ist zu entfernen und die Silikonform ist in das DSR bei Raumtemperatur einzulegen.
- (4) DSR auf 130 °C temperieren und den Rotor sorgfältig bis zur Berührung der Mastixoberfläche annähern. Der Rotor schmilzt dabei die Mastix an und dann ist in mehreren kleinen Schritten die Probenhöhe von 3 mm einzustellen und die Temperatur von 120 °C ist für weitere 30 s zu halten (sicherer Verbund mit den Platten).
- (5) Rheometer für 10 min auf 10 °C temperieren (10 min ab dem Zeitpunkt, sobald das Rheometer 10 °C anzeigt).
- (6) Im Anschluss die Silikonform entnehmen. Aufgrund der durchschnittlichen Silikonform entsteht ein geringfügiger Grat am Probekörper. Dieser hat auf die Prüfung keinen Einfluss.
- (7) Wiederrum die Temperierhaube absenken und für 15 min auf 10 °C temperieren.
- (8) Prüfung starten

4 DSR PRÜFPARAMETER

- (1) Messpunkt: alle 10 s (8640 Messpunkte für 24 h Messdauer)
- (2) Abbruchkriterium: empfohlen ($|G^*| < 1$ kPa oder Alternative falls nicht möglich)
- (3) Normalspannung: nicht vorgeben!
- (4) Frequenz: 30 Hz
- (5) Temperatur: 10 °C
- (6) Amplitude: 3 unterschiedliche Spannungen zur Erstellung einer Wöhlerkurve
- (7) Schubspannung: Die Schubspannung sollte im linear-viskoelastischen Bereich gewählt werden. Diese ist an einem Probekörper mittels Amplituden-Sweep mit dem Kriterium 95 % G' zu ermitteln.

5 AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Das Ergebnis einer einzigen Ermüdungsprüfung ist beispielhaft in Abbildung 1 links dargestellt. Das Kriterium der Ermüdung (Materialversagen) ist erreicht, sobald der Phasenwinkel sein Maximum erreicht. Mittels Durchführung der Ermüdungsprüfung bei mehreren Schubspannungsniveaus, kann aus den gemessenen Ermüdungsfestigkeiten eine Wöhlerkurve (siehe Abbildung 1 rechts) erstellt werden. Mit Hilfe der Wöhlerkurve können unterschiedliche Feinanteile bzw. Mastixproben verglichen werden.

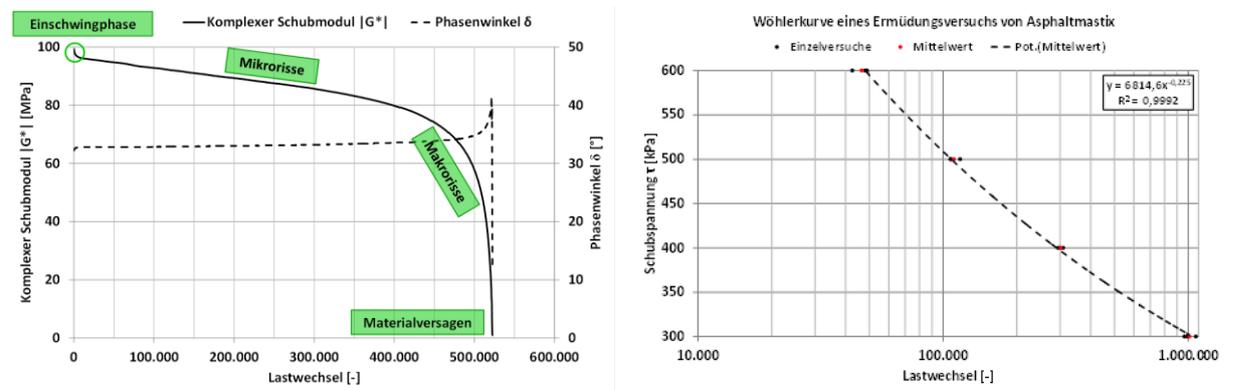


Abbildung 1: Ermüdungsprüfung links, Wöhlerkurve rechts

6 MITGELTENDE UNTERLAGEN UND NORMEN

Derzeit noch keine gültige Norm verfügbar.