

DIN EN 12697-26

ICS 93.080.20

Einsprüche bis 2016-02-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12697-26:2012-06

Entwurf

**Asphalt –
Prüfverfahren –
Teil 26: Steifigkeit;
Deutsche und Englische Fassung prEN 12697-26:2015**

Bituminous mixtures –
Test methods –
Part 26: Stiffness;
German and English version prEN 12697-26:2015

Mélanges bitumineux –
Méthodes d'essai pour enrobés à chaud –
Partie 26: Rigidité;
Version allemande et anglaise prEN 12697-26:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-12-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 109 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12697-26:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Der NA 005-10-10 AA „Asphalt (SpA zu CEN/TC 227/WG 1) Gemeinschaftsausschuss mit FGSV“ ist der im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) zuständige Spiegelausschuss.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 12697-26 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12697-26:2012-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Implementierung einer realen halbsinusförmigen Last in Anhang C;
- b) Implementierung mehrerer technischer Korrekturen in allen Anhängen;
- c) Anpassung der Verfahren für alle Prüfungen;
- d) Verwendung einer einheitlichen Terminologie für alle Prüfverfahren.

Asphalt — Prüfverfahren — Teil 26: Steifigkeit

Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour enrobés à chaud — Partie 26 : Rigidité

Bituminous mixtures — Test methods — Part 26: Stiffness

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.7g

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Symbole	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole	10
4 Kurzbeschreibung	11
5 Probenvorbereitung	11
5.1 Alter der Probekörper	11
5.2 Trocknen der Probekörper	11
5.3 Maße und Raumdichte der Probekörper	11
5.4 Anzahl der Probekörper	11
6 Überprüfung der Prüfeinrichtung	11
7 Prüfverfahren	12
7.1 Allgemeines	12
7.2 Prüfungen mit sinusförmiger oder impulsförmiger Belastung	12
7.2.1 Biegeprüfungen	12
7.2.2 Indirekte Zugprüfung	12
7.2.3 Direkte einachsige Prüfungen	12
7.2.4 Belastungsbedingungen	12
7.2.5 Lastamplituden	13
7.2.6 Belastungsfrequenzen	13
7.3 Belastung mit geregelter Dehnungsgeschwindigkeit	13
7.3.1 Prüfverfahren	13
7.3.2 Belastungsbedingungen	14
7.3.3 Dehnungsamplituden	14
8 Temperaturen	14
9 Auswertung	15
10 Prüfbericht	17
10.1 Allgemeines	17
10.2 Angaben zum Probekörper	17
10.3 Angaben zum Prüfverfahren	17
10.4 Angaben zur Prüfung und zu den Ergebnissen	18
10.5 Wahlweise Angaben	18
11 Präzision	18
Anhang A (normativ) Zweipunkt-Biegeprüfung an trapezförmigen Probekörpern (2PB-TR) oder an prismatischen Probekörpern (2PB-PR)	19
A.1 Kurzbeschreibung	19
A.2 Prüfeinrichtung	19
A.3 Probekörperherstellung	21
A.4 Durchführung	22

Anhang B (normativ) Dreipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (3PB-PR) und Vierpunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (4PB-PR)	23
B.1 Kurzbeschreibung	23
B.2 Prüfeinrichtung	24
B.3 Probekörperherstellung	25
B.3.1 Maße	25
B.3.2 Probenherstellung	25
B.4 Durchführung	26
Anhang C (normativ) Indirekte Zugprüfung an zylindrischen Probekörpern (IT-CY)	27
C.1 Kurzbeschreibung	27
C.2 Prüfeinrichtung	27
C.2.1 Allgemeine Geräte	27
C.2.2 Prüfeinrichtung	27
C.3 Probekörperherstellung	32
C.4 Betriebsart	33
C.4.1 Einbau des Probekörpers	33
C.4.2 Steifigkeitsmessung	33
Anhang D (normativ) Direkte Zug- und Druckprüfung an zylindrischen Probekörpern (DTC-CY)	35
D.1 Kurzbeschreibung	35
D.2 Prüfeinrichtung	35
D.3 Probekörperherstellung	35
D.4 Betriebsart	37
D.4.1 Stabilisierung des Probekörpers	37
D.4.2 Durchführung	37
Anhang E (normativ) Direkte Zugprüfung an zylindrischen Probekörpern (DT-CY) oder an prismatischen Probekörpern (DT-PR)	38
E.1 Kurzbeschreibung	38
E.2 Prüfeinrichtung	38
E.3 Probekörperherstellung	38
E.3.1 Zylindrischer Probekörper	38
E.3.2 Prismatischer Probekörper	39
E.4 Betriebsart	39
E.4.1 Stabilisierung des Probekörpers	39
E.4.2 Durchführung	40
E.5 Ableitung der Hauptkurve	41
E.5.1 Isothermen	41
E.5.2 Hauptkurve bei einer festgelegten Temperatur	42
E.6 Bestimmung des Steifigkeitsmoduls für die festgelegte Belastungszeit	42
Anhang F (normativ) Prüfung mit indirekter zyklischer Zugbelastung an zylindrischen Probekörpern (CIT-CY)	44
F.1 Kurzbeschreibung	44
F.2 Prüfeinrichtung	44
F.2.1 Prüfmaschine	44
F.2.2 Belastung	44
F.2.3 Verschiebung	44
F.2.4 Thermostatisch geregelte Prüfkammer	46
F.2.5 Aufzeichnungs- und Messsystem	46
F.2.6 Druckstreifen	46
F.3 Probekörperherstellung	46
F.3.1 Probekörper	46
F.3.2 Probekörpermaße	47
F.4 Betriebsart	47
F.4.1 Prüftemperatur	47
F.4.2 Einbau des Probekörpers	47

F.4.3	Durchführung.....	48
F.4.4	Überprüfung der Qualitätsminderung des Probekörpers.....	48
Anhang G (informativ) Ableitung der Hauptkurve		49
G.1	Kurzbeschreibung	49
G.2	Theoretischer Hintergrund	50
G.3	Versuchsdaten	51
G.4	Prüfbericht.....	52

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12697-26:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12697-26:2012 ersetzen.

Dieses Dokument gehört zu der nachfolgend aufgelisteten Normenreihe.

- EN 12697-1, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 1: Löslicher Bindemittelgehalt*
- EN 12697-2, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 2: Korngrößenverteilung*
- EN 12697-3, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 3: Rückgewinnung des Bindemittels: Rotationsverdampfer*
- EN 12697-4, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 4: Rückgewinnung des Bindemittels: Fraktionierkolonne*
- EN 12697-5, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 5: Bestimmung der Rohdichte*
- EN 12697-6, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 6: Bestimmung der Raumdichte von Asphalt-Probekörpern*
- EN 12697-7, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 7: Bestimmung der Raumdichte von Asphalt-Probekörpern mit Gamma-Strahlen*
- EN 12697-8, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 8: Bestimmung von volumetrischen Charakteristiken von Asphalt-Probekörpern*
- EN 12697-10, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 10: Verdichtbarkeit*
- EN 12697-11, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 11: Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen*
- EN 12697-12, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 12: Bestimmung der Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Probekörpern*
- EN 12697-13, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 13: Temperaturmessung*
- EN 12697-14, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 14: Wassergehalt*
- EN 12697-15, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 15: Bestimmung der Entmischungsneigung*
- EN 12697-16, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 16: Abrieb durch Spikereifen*
- EN 12697-17, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 17: Kornverlust von Probekörpern aus offenporigem Asphalt*

- EN 12697-18, Asphalt — Prüfverfahren — Teil 18: Bestimmung des Ablaufens¹⁾
- EN 12697-19, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 19: Durchlässigkeit der Probekörper
- EN 12697-20, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 20: Eindringversuch an Würfeln oder zylindrischen Probekörpern
- EN 12697-21, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 21: Eindringversuch an Platten
- EN 12697-22, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 22: Spurbildungstest
- EN 12697-23, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 23: Bestimmung der indirekten Zugfestigkeit von Asphalt-Probekörpern
- EN 12697-24, Asphalt — Prüfverfahren — Teil 24: Beständigkeit gegen Ermüdung¹⁾
- EN 12697-25, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 25: Druckschwellversuch
- EN 12697-26, Asphalt — Prüfverfahren — Teil 26: Steifigkeit¹⁾
- EN 12697-27, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 27: Probenahme
- EN 12697-28, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 28: Vorbereitung von Proben zur Bestimmung des Bindemittelgehaltes, des Wassergehaltes und zur Korngrößenbestimmung
- EN 12697-29, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 29: Bestimmung der Maße von Asphalt-Probekörpern
- EN 12697-30, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 30: Probenvorbereitung, Marshall-Verdichtungsgerät
- EN 12697-31, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 31: Herstellung von Probekörpern mit dem Gyrator-Verdichter
- EN 12697-32, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 32: Laborverdichtung von Asphaltproben mit einem Vibrationsverdichter
- EN 12697-33, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 33: Probestückvorbereitung mit einem Rollenverdichtungsgerät
- EN 12697-34, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 34: Marshall-Prüfung
- EN 12697-35, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 35: Labormischung
- EN 12697-36, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 36: Bestimmung der Dicke von Fahrbahn-befestigungen aus Asphalt
- EN 12697-37, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 37: Prüfung des Haftvermögens eines Bindemittels auf vorumhülltem Splitt für Hot-Rolled-Asphalt mittels heißem Sand
- EN 12697-38, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 38: Prüfeinrichtung und Kalibrierung

¹⁾ In Vorbereitung.

- EN 12697-39, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 39: Bindemittelgehalt durch Thermoanalyse
- EN 12697-40, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 40: In-situ-Durchlässigkeit
- EN 12697-41, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 41: Widerstand gegen chemische Aufbaumittel
- EN 12697-42, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 42: Fremdstoffgehalt in Ausbauasphalt
- EN 12697-43, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 43: Treibstoffbeständigkeit
- EN 12697-44, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 44: Bestimmung der Rissausbreitung mittels Halbzylinder-Biegeversuch
- EN 12697-45, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 45: Alterungsprüfung an gesättigten Asphalt-Probekörpern (SATS-Prüfung)
- EN 12697-46, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 46: Widerstand gegen Kälterisse und Tieftemperaturverhalten bei einachsigen Zugversuchen
- EN 12697-47, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 47: Bestimmung des Aschegehaltes von Naturasphalt
- EN 12697-48, Asphalt — Prüfverfahren — Teil 48: Schichtenverbund¹⁾
- EN 12697-49, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 49: Messung der Griffigkeit nach Polierung
- CEN/TS 12697-50, Asphalt — Prüfverfahren — Teil 50: Bestimmung des Kornverlusts¹⁾
- EN 12697-51, Asphalt — Prüfverfahren — Teil 51: Bestimmung der Oberflächen-Scherfestigkeit¹⁾
- CEN/TS 12697-52, Asphalt — Prüfverfahren — Teil 52: Konditionierung, um der oxidativen Alterung Rechnung zu tragen¹⁾
- EN 12697-53, Asphalt — Prüfverfahren — Teil 53: Kohäsionszunahmemessung durch Ausbreitmaßmethode¹⁾

Gegenüber EN 12697-26:2012 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Implementierung einer realen halbsinusförmigen Last in Anhang C;
- b) Implementierung mehrerer technischer Korrekturen in allen Anhängen;
- c) Anpassung der Verfahren für alle Prüfungen;
- d) Verwendung einer einheitlichen Terminologie für alle Prüfverfahren.

¹⁾ In Vorbereitung.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Verfahren zur Charakterisierung der Steifigkeit von Asphalt durch verschiedene Prüfungen, einschließlich Biegeprüfungen und Prüfungen der direkten sowie der indirekten Zugfestigkeit, fest. Die Prüfungen werden an verdichtetem Asphalt unter sinusförmiger oder einer anderen kontrollierten Belastung unter Verwendung verschiedener Probekörpertypen und Auflagerungen vorgenommen.

Das Verfahren dient zur Einstufung von Asphalt auf der Grundlage seiner Steifigkeit als Hinweis auf sein relatives Leistungsvermögen in der Fahrbahnbefestigung, um Daten zur Abschätzung des Tragverhaltens in der Straße zu erhalten und um die Prüfdaten nach den für Asphalt geltenden Festlegungen zu beurteilen.

Da diese Norm keinen bestimmten Prüfgerätetyp vorschreibt, hängt die genaue Auswahl der Prüfbedingungen von den Möglichkeiten und dem Arbeitsbereich des im betreffenden Fall verwendeten Prüfgeräts ab.

Bei der Auswahl der jeweiligen Prüfbedingungen sollten die Anforderungen der Produktnormen für Asphalt berücksichtigt werden.

Die Anwendbarkeit dieses Dokumentes ist in den Produktnormen für Asphalt beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12697-6, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 6: Bestimmung der Raumdichte von Asphalt-Probekörpern*

EN 12697-7, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 7: Bestimmung der Raumdichte von Asphalt-Probekörpern mit Gamma-Strahlen*

EN 12697-27, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 27: Probenahme*

EN 12697-29, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 29: Bestimmung der Maße von Asphalt-Probekörpern*

EN 12697-31, *Asphalt — Prüfverfahren — Teil 31: Herstellung von Probekörpern mit dem Gyrator-Verdichter*

EN 12697-33, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 33: Probestückvorbereitung mit einem Rollenverdichtungsgerät*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Steifigkeitsmodul

Beziehung zwischen der aufgetragten Höchstspannung und der gemessenen elastischen Höchstdehnung und wird angegeben als

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

3.1.2

komplexer Modul

Zusammenhang zwischen der Spannung und der Dehnung für einen linear viskoelastischen Baustoff, der zur Zeit t einer Belastung mit sinusförmiger Wellenform unterzogen wird, bei der die Beanspruchung durch eine Spannung $\sigma \times \sin(\omega \times t)$ zu einer Dehnung $\varepsilon \times \sin(\omega \times t - \Phi)$ führt, die in Bezug auf die Spannung eine Phasenverschiebung Φ aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Amplitude der Dehnung und der Phasenwinkel sind Funktionen der Frequenz f und der Prüftemperatur θ .

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Spannungs-Dehnungs-Verhältnis definiert den komplexen Modul E^* wie folgt:

$$E^* = |E^*| \times (\cos(\Phi) + i \times \sin(\Phi)) \quad (1)$$

Der komplexe Modul ist durch ein Komponentenpaar gekennzeichnet. Dieses Paar kann in zwei Arten angegeben werden: durch die reelle Komponente E_1 und die imaginäre Komponente E_2 :

$$E_1 = |E^*| \times \cos(\Phi) \quad (2)$$

$$E_2 = |E^*| \times \sin(\Phi) \quad (3)$$

durch den absoluten Wert des komplexen Moduls $|E^*|$ und den Phasenwinkel Φ :

$$|E^*| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \quad (4)$$

$$\Phi = \arctan\left(\frac{E_2}{E_1}\right) \quad (5)$$

Anmerkung 3 zum Begriff: Diese zweite Darstellung wird in der Praxis häufiger verwendet. Bei linear elastischen Mehrschichtenberechnungen wird z. B. üblicherweise der E^* -Modul als Eingangswert für den Youngschen Elastizitätsmodul verwendet.

Anmerkung 4 zum Begriff: Für rein elastische Baustoffe ist der Phasenwinkel gleich null, und damit reduziert sich der komplexe Modul auf den Youngschen Elastizitätsmodul. Das tritt auf, wenn bitumenhaltige Baustoffe sehr niedrige Temperaturen angenommen haben. Dann erreicht der komplexe Modul seinen höchstmöglichen Wert, bezeichnet mit E_∞ .

3.1.3

Sekantenmodul

Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Belastungszeit t für einen Baustoff, der einer Belastung mit geregelter Dehnungsgeschwindigkeit ausgesetzt ist:

$$E(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon(t)} \quad (6)$$

mit der Spannung $\sigma(t)$ und der Dehnung $\varepsilon(t)$ zur Zeit t

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Dehnungsgesetz lautet:

$$\varepsilon(t) = \alpha_i \times t \quad (7)$$

wobei α_i und n Konstanten sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es können mehrere aufeinanderfolgende Prüfungen an demselben Probekörper für verschiedene Werte α_i durchgeführt werden. Bei linear viskoelastischen Baustoffen hängt der für unterschiedliche Werte von α_i bei derselben Temperatur erhaltene Sekantenmodul nur von der Belastungszeit t ab.

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die folgenden Symbole:

- a_i Konstante;
- E der Steifigkeitsmodul, in Megapascal (MPa);
- E^* der komplexe Modul, in Megapascal (MPa);
- E_1 die reelle Komponente des komplexen Moduls, in Megapascal (MPa);
- E_2 die imaginäre Komponente des komplexen Moduls, in Megapascal (MPa);
- E_∞ der höchstmögliche Wert des komplexen Moduls, in Megapascal (MPa);
- F die Belastungskraft, in Newton (N);
- h die mittlere Probekörperdicke, in Millimeter (mm);
- H die Höhe eines zylindrischen Probekörpers, in Millimeter (mm);
- l_0 die ursprüngliche Länge der Messfläche, in Millimeter (mm);
- Δl die Dehnung der Messfläche, in Mikrometer (μm);
- L die Spannweite zwischen den äußeren Auflagerungen bei der Biegeprüfung, in Millimeter (mm);
- n Konstante;
- t die Belastungszeit, in Sekunden (s);
- θ die Prüftemperatur, in Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$);
- z die Verschiebung, in Millimeter (mm);
- f die Prüffrequenz, in Hertz (Hz);
- σ die angewandte Beanspruchung, in Megapascal (MPa);
- ε die angewandte Belastung, in Mikrometer je Meter oder in Mikrostrain ($\mu\text{m}/\text{m}$);
- ω die Winkelgeschwindigkeit, in Radian je Sekunde (rad/s);
- Φ der Phasenwinkel, in Grad ($^{\circ}$);
- γ der Formfaktor, eine Funktion der Probekörpergröße und -form ($1/\text{mm}$ oder mm^{-1});
- μ der Massefaktor, eine Funktion der Masse des Probekörpers und der Masse der beweglichen Teile, die aufgrund ihrer Trägheitseffekte Einfluss auf die resultierende Kraft haben, (in g);
- ν die Poissonzahl;
- $\emptyset$ der Durchmesser eines zylindrischen Probekörpers, in Millimeter (mm).

4 Kurzbeschreibung

Geeignet geformte Probekörper werden unter wiederholten Belastungen oder unter Belastungen mit geregelter Dehnungsgeschwindigkeit in ihrem linearen Bereich verformt. Die Amplituden der Spannung und der Dehnung werden zusammen mit der Phasenverschiebung zwischen Spannung und Dehnung gemessen. Auf Grundlage der gemessenen Spannung und Dehnung können die erforderlichen Moduln berechnet werden.

5 Probenvorbereitung

5.1 Alter der Probekörper

Vor Beginn der Prüfung müssen die Probekörper für 14 d bis 42 d nach dem Zeitpunkt der Herstellung auf einer ebenen Fläche bei einer Temperatur von maximal 20 °C gelagert werden. Proben, die geschnitten und/oder geklebt werden müssen, müssen spätestens 8 d nach dem Verdichten des Asphalts geschnitten und dürfen frühestens 2 Wochen nach dem Schneiden geklebt werden. Für diese Proben entspricht der Zeitpunkt der Herstellung dem Zeitpunkt des Schneidens.

5.2 Trocknen der Probekörper

Nach dem Sägen und vor dem Kleben und/oder Prüfen müssen die Probekörper an der Luft bei einer relativen Luftfeuchte von weniger als 80 % bei einer Temperatur von maximal 20 °C bis zur Massenkonzanz getrocknet werden. Ein Probekörper gilt als trocken, wenn die Trocknungszeit mindestens 8 h betrug und wenn die Differenz zwischen zwei Wägungen im Abstand von mindestens 4 h weniger als 0,1 % beträgt.

5.3 Maße und Raumdichte der Probekörper

Die Probekörpermaße müssen nach EN 12697-29 bestimmt werden.

Die Raumdichte muss nach EN 12697-6 oder EN 12697-7 bestimmt werden. Die Raumdichte jedes Probekörpers darf um nicht mehr als 1 % von der durchschnittlichen Schüttdichte des Loses abweichen. Probekörper, die diese Anforderung nicht erfüllen, müssen verworfen werden.

5.4 Anzahl der Probekörper

Für alle aufgeführten Prüfungen sind mindestens 4 Probekörper erforderlich, um ein Prüfergebnis zu erzielen. Der Mittelwert dieser Ergebnisse bestimmt den Steifigkeitsmodul für die geprüfte Mischung oder den geprüften Abschnitt.

6 Überprüfung der Prüfeinrichtung

Die gesamte Prüfeinrichtung muss regelmäßig mit mindestens einem Bezugsprobekörper überprüft werden, dessen Steifigkeitsmodul (Modul und Phasenverzögerung) bekannt ist. Zur Überprüfung der Prüfeinrichtung für die in den Anhängen A, B, C und D beschriebenen Prüfungen muss das Biegemoment ($E \cdot I$) des (der) Probekörper(s) so gewählt werden, dass es dem Biegemoment eines Probekörpers aus üblichem Asphalt entspricht (Auswahl eines Steifigkeitsmoduls für den Asphalt im Bereich von 3 GPa bis 14 GPa); für die Prüfungen nach Anhang E und Anhang F muss ein für die Überprüfung geeigneter Probekörper mit einer bekannten Steifigkeit zwischen 3 GPa und 14 GPa verwendet werden. Der Bezugsprobekörper muss bei mindestens 6 Frequenzen und 2 Auslenkungsstufen geprüft werden. Die umgerechneten Steifigkeitsmoduln müssen innerhalb von 2 % in Bezug auf den bekannten Modul und innerhalb von 1,0° für die bekannte Phasenverzögerung liegen. Für den Fall, dass durch elektronische Bauteile oder mechanische Teile der Ausrüstung verursachte systematische Abweichungen (oder größere Abweichungen):

- des Steifigkeitsmoduls beobachtet werden, müssen alle elektronischen Bauteile und mechanischen Ausrüstungsteile auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden, und es ist nicht gestattet, die Ergebnisse der Umrechnungssoftware einer Korrektur zu unterziehen;
- des Phasenwinkels beobachtet werden, ist es gestattet, die Ergebnisse der Umrechnungssoftware einer Korrektur zu unterziehen.

ANMERKUNG Die Geometrie des Bezugsprobekörpers sollte so gewählt werden, dass dessen Masse mit der Masse eines Asphaltprobekörpers vergleichbar ist. Der Bezugsprobekörper sollte nach dem gleichen Verfahren eingespannt werden wie ein Asphaltprobekörper. Ein Bezugsmaterial mit einer Phasenverzögerung ungleich null ist zu bevorzugen, Materialien wie z. B. Aluminium (E etwa 70 GPa, Phasenverzögerung gleich null) sind jedoch ebenfalls gestattet.

7 Prüfverfahren

7.1 Allgemeines

Die nachfolgenden Prüfverfahren können durch Verwendung des relativen Form- und Massefaktors übernommen werden (siehe Abschnitt 9). Die zu befolgenden Prüfverfahren sind in den Anhängen A, B, C, D, E und F beschrieben. Falls zur Charakterisierung der Steifigkeitseigenschaften von Asphalt andere Prüfverfahren angewendet werden, muss zunächst deren Gleichwertigkeit durch Vergleich mit einem dieser Prüfverfahren nachgewiesen und eine entsprechende Aussage in den Prüfbericht aufgenommen werden.

ANMERKUNG Ringversuche haben gezeigt, dass die im Folgenden aufgeführten Biegeprüfungen zu einer guten Übereinstimmung führen, sofern die Prüfeinrichtung sorgfältig kalibriert wird und einige grundsätzliche Leitlinien strikt befolgt werden.

7.2 Prüfungen mit sinusförmiger oder impulsförmiger Belastung

7.2.1 Biegeprüfungen

Die Optionen für die Biegeprüfung sind:

- 2PB-TR: Zweipunkt-Biegung an trapezförmigen Probekörpern, siehe Anhang A;
- 2PB-PR: Zweipunkt-Biegung an prismatischen Probekörpern, siehe Anhang A;
- 3PB-PR: Dreipunkt-Biegung an prismatischen Probekörpern, siehe Anhang B;
- 4PB-PR: Vierpunkt-Biegung an prismatischen Probekörpern, siehe Anhang B.

7.2.2 Indirekte Zugprüfung

Die Optionen für die indirekte Zugprüfung sind:

- IT-CY: indirekte Zugprüfung an zylindrischen Probekörpern, siehe Anhang C;
- CIT-CY: Prüfung mit indirekter zyklischer Zugbelastung der zylindrischen Probekörper, siehe Anhang F.

7.2.3 Direkte einachsige Prüfungen

Die Optionen für die direkte einachsige Prüfung sind:

- DTC-CY: direkte Zug-Druck-Prüfung an zylindrischen Probekörpern, siehe Anhang D;
- DT-CY: direkte Zugprüfung an zylindrischen Probekörpern, siehe Anhang E;
- DT-PR: direkte Zugprüfung an prismatischen Probekörpern, siehe Anhang E.

7.2.4 Belastungsbedingungen

Die spezifischen Parameter des Belastungssignals (Amplitude, Frequenz, Belastung und/oder Restzeit) müssen mit einer Regelung überwacht werden, die entweder auf der Kraft oder auf der Verschiebung basiert.

Die Wellenform sollte harmonisch sein. Jede Signalverzerrung ist ein Zeichen für eine nicht bestimmungsgemäße Einstellung oder eine Resonanzerscheinung, die die Messung beeinflussen kann.

7.2.5 Lastamplituden

Die Amplitude der Last muss so eingestellt werden, dass während der Zeit, die zur Durchführung der Messungen erforderlich ist, keine Schäden hervorgerufen werden können.

Die Erfahrungen mit einer Reihe verschiedener Prüfverfahren haben gezeigt, dass zur Vermeidung von Ermüdungsschäden die Dehnungen bei den meisten Asphalten auf einem Wert gehalten werden sollten, der kleiner als 50 Mikrostrain ($= 50 \times 10^{-6} \text{ m/m}$) ist.

ANMERKUNG 1 Es ist bekannt, dass der Baustoff jenseits bestimmter Dehnungsstufen ein nichtlineares Verhalten (z. B. eine Spannungsabhängigkeit) zeigen kann. In solchen Fällen wird die Proportionalität zwischen Spannung und Dehnung nicht mehr eingehalten, und das vorstehend definierte Konzept des komplexen Moduls ist nicht mehr richtig. Dieser Grenzwert hängt vom Baustoff ab, er ist aber auch für einen gegebenen Baustoff temperaturabhängig.

Besondere Beachtung sollte dem höchsten Temperaturbereich entgegengebracht werden. Es wird daher empfohlen, Linearitätsprüfungen bei der höchsten Temperatur auszuführen, die im Prüfprogramm aufgenommen ist. Diese Prüfung besteht in der Messung des komplexen Moduls bei einer festgelegten Frequenz für einen ansteigenden Bereich der Dehnungen (oder Spannungen) und der Bestimmung des Wertes der Dehnung, bei dem der Modul nicht mehr konstant ist (d. h. bei dem er beginnt zu sinken).

Während der Prüfung sollte der Gefahr von Ermüdungsschäden besondere Beachtung gewidmet werden, indem die Anzahl der Zyklen oder die Belastungsdauer bei jeder angewendeten Spannungsstufe und/oder die Anzahl der Spannungsstufen auf einen Mindestwert gesenkt wird (werden). Es wird empfohlen, die Spannungsstufen außerdem in umgekehrter Reihenfolge aufzubringen, um festzustellen, ob irgendwelche Ermüdungsschäden eingetreten sind (siehe auch ANMERKUNG 1).

ANMERKUNG 2 Die zulässige Verformungsstufe wird für die direkte Zugprüfung durch eine Vorprüfung bei 10 °C, 50 Mikrostrain und Belastungszeiten von 3 s und 300 s bestimmt.

7.2.6 Belastungsfrequenzen

Der Frequenzbereich hängt von der verwendeten Prüfeinrichtung ab.

ANMERKUNG Die meisten Ausrüstungen können einen Bereich zwischen 0,1 Hz und 50 Hz abdecken. Es ist jedoch von Vorteil, diesen Bereich möglichst breit auszulegen, um eine logarithmische Darstellung der Isothermen zu ermöglichen. Eine übliche Frequenzgruppe könnte sein: 0,1 Hz, 0,2 Hz, 0,5 Hz, 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz, 50 Hz und erneut die Startfrequenz von 0,1 Hz. Diese letzte Messung dient der Feststellung, ob der Probekörper während der Belastung mit verschiedenen Frequenzen beschädigt wurde. Ist die Differenz zwischen den Steifigkeitswerten des Probekörpers bei der ersten und der letzten Messung bei gleicher Frequenz und gleicher Temperatur größer als 3 %, so kann gefolgert werden, dass der Probekörper beschädigt ist und daher nicht für weitere Prüfungen (z. B. bei unterschiedlichen Temperaturen) verwendet werden kann.

Es sollte darauf geachtet werden, Resonanzerscheinungen, besonders bei hohen Frequenzen, zu vermeiden.

7.3 Belastung mit geregelter Dehnungsgeschwindigkeit

7.3.1 Prüfverfahren

Hier kann die einachsige direkte Zugprüfung an zylindrischen oder prismatischen Probekörpern (DT-CY und DT-PR, siehe Anhang E) angewendet werden.

ANMERKUNG Das Prüfverfahren ergibt für Belastungszeiten unter 1 s Prüfergebnisse, die denen der sinusförmigen Belastung vergleichbar sind, sofern die Moduln bei der Belastungszeit t , in Sekunden, mit dem komplexen Modul bei einer Frequenz, in Hertz (Hz), verglichen werden:

$$f = \frac{1}{2\pi \times t} \quad (8)$$

7.3.2 Belastungsbedingungen

Auf einen Probekörper muss in direktem Zug eine Verschiebung mit geregelter Geschwindigkeit so auf einen Probekörper ausgeübt werden, dass sich mit $n = 1$ eine konstante Dehnungsgeschwindigkeit ergibt und das Dehnungsgesetz wie folgt gilt:

$$\varepsilon(t) = \alpha_i \times t \quad (9)$$

7.3.3 Dehnungsamplituden

7.3.3.1 Vorprüfung

Bei direkten Zugprüfungen muss mindestens eine Einzelprüfung nach Anhang E durchgeführt werden, um die Steifigkeitsstufe der Asphaltmischung zu bestimmen. Folgende Bedingungen müssen eingehalten werden: Temperatur: 10 °C, Dehnungsamplitude: 50 Mikrostrain, Belastungskraft $F > 200$ N und Belastungszeiten: 3 s und 300 s.

7.3.3.2 Dehnungsamplituden im Verlauf der Prüfung

Die größte im Verlauf der Prüfung erreichte Dehnung muss kleiner sein als die in Tabelle 1 angegebenen Werte.

Tabelle 1 — Dehnung, in Mikrostrain, die im Verlauf einer Prüfung mit geregelter Dehnungsgeschwindigkeit entsprechend der durch eine Vorprüfung mit 50 Mikrostrain bestimmten Steifigkeit anzuwenden ist

Prüftemperatur θ °C	Steifigkeit, 10 °C, 3 s		Steifigkeit, 10 °C, 300 s	
	< 7,5 GPa	≥ 7,5 GPa	< 1 GPa	≥ 1 GPa
	Dehnungsamplitude Mikrostrain			
≤ 10	100	50	–	–
10 ≤ θ < 20	–	–	200	100
20 ≤ θ ≤ 40	–	–	300	200

7.3.3.3 Prüfbelastungszeiten

An demselben Probekörper muss eine Reihe von Prüfungen mit verschiedenen Belastungszeiten und derselben größten Dehnung nach Tabelle 1 durchgeführt werden. Für mindestens eine Prüftemperatur müssen vier Belastungszeiten und für die anderen Prüftemperaturen jeweils mindestens zwei Belastungszeiten angewendet werden.

8 Temperaturen

Die Temperatur der Klimaprüfkammer in der Nähe der Probekörper muss der festgelegten Temperatur mit einer Grenzabweichung von $\pm 0,5$ °C entsprechen. Außerdem kann zur Temperaturkontrolle eine Blindprobe mit einem innenliegenden Thermofühler in der Nähe der geprüften Probekörper verwendet werden. Für jede Prüftemperatur müssen die Probekörper vor der Prüfung für mindestens 4 h in der Klimaprüfkammer gelagert werden.

ANMERKUNG 1 Die Anforderungen an die Prüftemperaturen können aus den Produktnormen für Asphalt entnommen werden.

ANMERKUNG 2 Im Falle der direkten Zugprüfungen ist ein engerer Toleranzbereich notwendig, weil die Hauptkurven aus den Ergebnissen abgeleitet werden müssen.

Um die Realität nachzubilden, sollten die Temperaturen die Extremwerte der klimatischen Bedingungen unter tatsächlichen Normalbedingungen abdecken. Sie sollten eng genug beisammen liegen, um eine präzise Bestimmung der Hauptkurve durch Verschiebung der Isothermen zu ermöglichen. Die Produktspezifikationen legen jedoch im Allgemeinen eine Temperatur und eine Frequenz fest.

Die Differenz zwischen zwei Isothermen sollte nicht größer als 10 °C sein. Eine typische Temperaturgruppe könnte sein: -30 °C, -20 °C, -10 °C, 0 °C, +10 °C, +15 °C, +20 °C, +30 °C, +40 °C. Die Temperatur von +40 °C sollte mit Sorgfalt angewendet werden, besonders bei möglichen Problemen mit der Nichtlinearität und auch bei möglichem Kriechverhalten der Probekörper (besonders im Fall der Biegeprüfungen).

9 Auswertung

9.1 Die bei der Prüfung zu ermittelnden Messgrößen sind die aufgebrachte Kraft F , in Newton (N), die Verschiebung z , in Millimeter (mm), und ihr Phasenwinkel Φ , in Grad (°). Die Punkte, an denen sie gemessen werden, hängen vom verwendeten Prüfgerät ab (siehe Tabelle 2).

9.2 Die beiden Komponenten des komplexen Moduls sind, falls gefordert, für die reelle Komponente E_1 nach Gleichung (10) und für die imaginäre Komponente E_2 nach Gleichung (11), in Megapascal (MPa), zu berechnen:

$$E_1 = \gamma \times \left(\frac{F}{z} \times \cos(\Phi) + 10^{-6} \times \mu \times \omega^2 \right) \quad (10)$$

$$E_2 = \gamma \times \frac{F}{z} \times \sin(\Phi) \quad (11)$$

Die mechanischen Eigenschaften des Baustoffs müssen mit Hilfe der in Tabelle 2 angegebenen speziellen Faktoren von diesen Messgrößen abgeleitet werden; dabei ist:

γ der Formfaktor als eine Funktion der Größe und Form des Probekörpers (1/mm);

μ der Massefaktor als Funktion der Masse M des Probekörpers, in Gramm, und der Masse m der beweglichen Teile, die aufgrund ihrer Trägheitseffekte Einfluss auf die resultierende Kraft haben, in Gramm.

ANMERKUNG Die Genauigkeit des experimentell bestimmten komplexen Moduls hängt von der richtigen Wahl des Formfaktors und des Massenterms ab. Dies erfordert sowohl eine korrekte Bewertung der Belastungsbedingungen als auch eine präzise Kalibrierung des Prüfaufbaus.

9.3 Der Steifigkeitsmodul (der Absolutwert des komplexen Moduls $|E^*|$) und der Phasenwinkel Φ , ein äquivalenter Ausdruck für den komplexen Modul, müssen mit Hilfe der Gleichungen (4) und (5) abgeleitet werden.

ANMERKUNG Bei Durchführung von Verschiebungsmessungen wird die Last nur beim Verfahren der indirekten Zugprüfung anders aufgebracht. Bei diesem Verfahren wird die Verformung an dem Durchmesser gemessen, der im rechten Winkel zu dem Durchmesser steht, auf den die Last aufgebracht wird (siehe Bild C.1 und Bild C.5).

Tabelle 2 — Form- und Massefaktoren für verschiedene Probekörper und Belastungsbedingungen

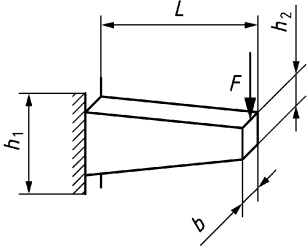
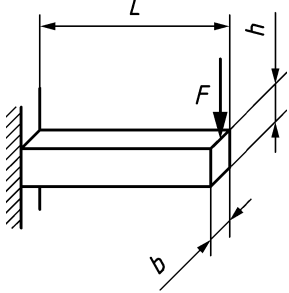
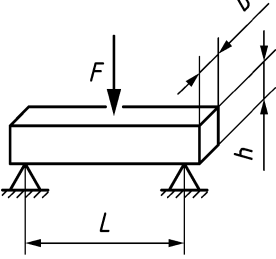
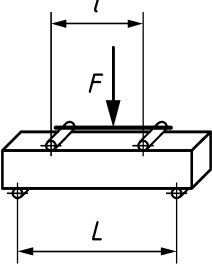
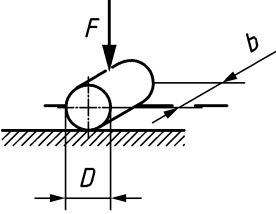
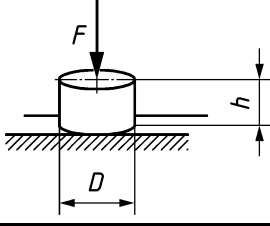
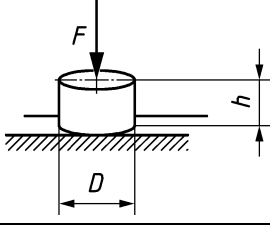
Belastungsart	Formfaktor γ mm^{-1}	Massefaktor μ g
2PB-TR 	$\frac{12L^3}{b(h_1 - h_2)^3} \left[\left(2 - \frac{h_2}{2h_1} \right) \frac{h_2}{h_1} - \frac{3}{2} - \ln \frac{h_2}{h_1} \right]$	$0,135M + m^a$
2PB-PR 	$\frac{4L^3}{bh^3}$	$\frac{M}{4} + m$
3PB-PR 	$\frac{24L^3}{\pi^4 bh^3} \approx \frac{L^3}{4bh^3}$	$\frac{M + m}{2}$
4PB-PR 	$\frac{L^2 A}{bh^3} \left(\frac{3}{4} - \frac{A^2}{L^2} \right) b$	$R(X) \left(\frac{M}{\pi^4} + \frac{m}{R(A)} \right)$
IT-CY und CIT-CY 	$\frac{1}{b} \times (v + 0,27)$	—

Tabelle 2 (fortgesetzt)

DTC-CY		$\frac{4h}{\pi D^2}$	$\frac{M}{2} + m$
DT-CY DT-PR		1	0
^a Für übliche Probekörpermaße. ^b $R(X) = \frac{12L}{A} \times \left[\frac{1}{(3X/L - 3X^2/L^2 - A^2/L^2)} \right]$, $A = \frac{L-l}{2}$, X = Koordinate, bei der die Auslenkung gemessen wird.			
ANMERKUNG Alle Maße in Millimeter (mm); alle Massen in Gramm (g).			

10 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

10.1 Allgemeines

- Name und Anschrift des Prüflaboratoriums;
- eine eindeutige Seriennummer des Prüfberichts;
- Name des Auftraggebers;
- Nummer und Ausgabedatum dieser Norm;
- Unterschrift der Person, die die technische Verantwortung für den Prüfbericht übernimmt;
- Erstellungsdatum und Alter der Probekörper zum Zeitpunkt der Prüfung (in Tagen).

10.2 Angaben zum Probekörper

- Art und Ursprung des Asphalts;
- bei der Herstellung des Asphalts angewendetes Verfahren;
- Verdichtungsverfahren.

10.3 Angaben zum Prüfverfahren

- Prüfverfahren mit Verweisung auf den entsprechenden Anhang dieses Dokuments;
- Prüfeinrichtung.

10.4 Angaben zur Prüfung und zu den Ergebnissen

- a) Probenkennung;
- b) Raumdichte des Probekörpers vor der Prüfung und das zu deren Bestimmung angewendete Verfahren;
- c) Temperatur, bei der die Prüfung durchgeführt wurde;
- d) Frequenz (oder Belastungszeit);
- e) Dehnung oder Verschiebung;
- f) Steifigkeitsmodul.

10.5 Wahlweise Angaben

- a) komplexer Modul und Phasenwinkel oder E_1 und E_2 (reelle und imaginäre Komponenten des komplexen Moduls);
- b) graphische Darstellung der Messwerte und der erhaltenen Kurven.

11 Präzision

Sowohl die Wiederhol- als auch die Vergleichpräzision des Zweipunkt-Biegeprüfverfahrens an gleichschenkligen Probekörpern (siehe Anhang A) wurden unter Beteiligung von 10 Laboratorien und unter Verwendung unterschiedlicher Prüfeinrichtungen nach ISO 5725-2 ermittelt. Der Versuch wurde im Jahr 2000 an Asphaltbeton AC10 bei 15 °C und 10 Hz durchgeführt.¹⁾

Ergebnisse mit Bezug auf E^* : (9 Laboratorien, 1 durch statistische Prüfungen ausgeschlossen):

- | | |
|---|--------------------------------|
| — Mittelwert bei 15 °C, 10 Hz: | $E^* = 15\,233 \text{ MPa}$; |
| — Wiederholpräzision, Standardabweichung: | $\sigma_r = 118 \text{ MPa}$; |
| — Wiederholpräzision, Wahrscheinlichkeitsgrenze 95 %: | $r = 335 \text{ MPa}$; |
| — Vergleichpräzision, Standardabweichung: | $\sigma_R = 969 \text{ MPa}$; |
| — Vergleichpräzision, Wahrscheinlichkeitsgrenze 95 %: | $R = 2\,740 \text{ MPa}$. |

1) DELORME, J.-L., J.-F. CORTE and J.-L. GOURDON, *Exactitude experiments in tests relative to pavements*, Revue Générale des Routes No. 713 2001/03.

Anhang A (normativ)

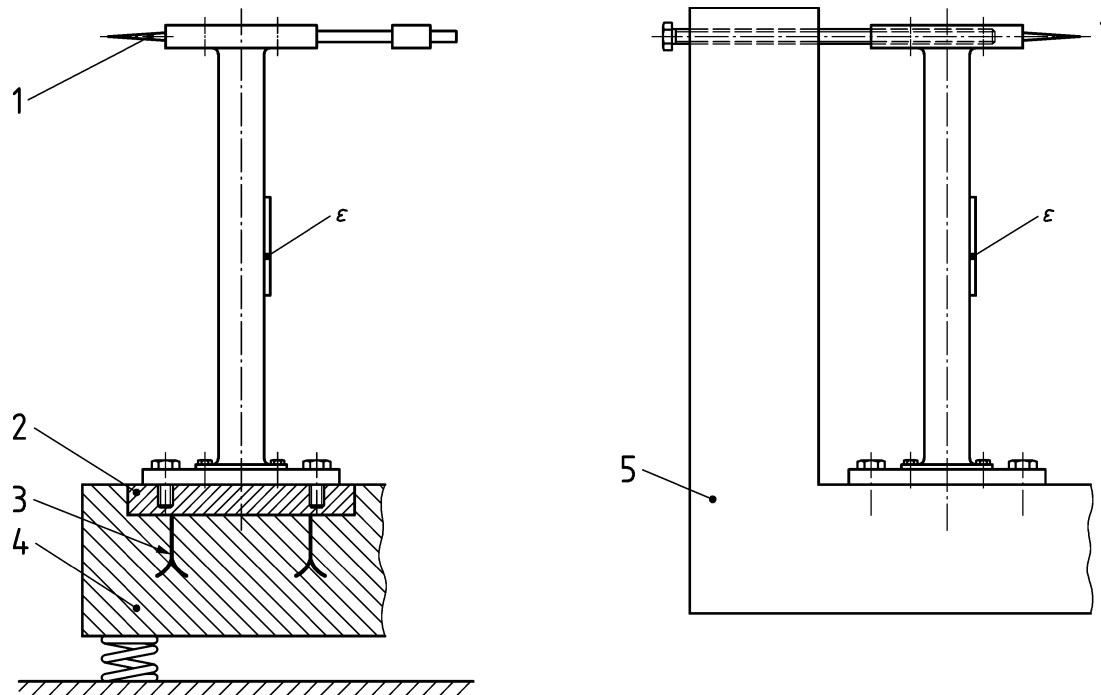
Zweipunkt-Biegeprüfung an trapezförmigen Probekörpern (2PB-TR) oder an prismatischen Probekörpern (2PB-PR)

A.1 Kurzbeschreibung

Dieser Anhang beschreibt ein Verfahren zur Messung des Steifigkeitsmoduls von Asphalt mit Hilfe einer Kragarm-Biegeprüfung. Es wird eine sinusförmige Kraft, $F = F_0 \times \sin(\omega \times t)$, oder eine sinusförmige Auslenkung, $z = z_0 \times \sin(\omega \times t)$, auf die Prüffläche eines Probekörpers ausgeübt, dessen Grundfläche mit dem Sockel eines starren Gestells verklebt ist. Die Kraft F_0 oder die Auslenkung z_0 sollte so eingestellt werden, dass sie in dem am stärksten durch Spannung beanspruchten Teil des Probekörpers eine Dehnung, $\varepsilon \leq 50 \times 10^{-6}$, verursacht; dieser Wert gilt als dem linearen Bereich des Asphalts entsprechend. Auf der Grundlage von F_0 , z_0 und dem Phasenwinkel Φ wird der komplexe Modul bei verschiedenen Temperaturen und Frequenzen berechnet.

A.2 Prüfeinrichtung

A.2.1 Prüfmaschine, die die Ausübung einer sinusförmigen dynamischen Auslenkung auf die Oberseite des Probekörpers ermöglicht, die mindestens in einem Frequenzbereich von 3 Hz bis 30 Hz liegt. Der Sockel muss im starren Gestell so eingebettet werden, dass die auf der Prüfmaschine gemessene Dehnung ε eines Probekörpers aus Metall für eine gegebene Auslenkung unter einer Kraft von etwa 50 N nicht mehr als 5 % kleiner sein darf als die auf einem L-förmigen Rahmen aus Stahl mit einer Mindestdicke von 80 mm gemessene Dehnung ε (siehe Bild A.1).



Legende

- 1 Auslenkung an der Prüffläche
- 2 Auflagerungsplatte der metallischen Grundfläche der Einbettung
- 3 nachzuweisende Einbettung
- 4 Prüfmaschine
- 5 L-förmiger Stahlrahmen

Bild A.1 — Nachweis der Einbettung

Der Probekörper aus Metall sollte annähernd den gleichen Wellenwiderstand wie der Probekörper haben, z. B. $F/z = (350 \pm 50) \text{ N/mm}$.

ANMERKUNG Zur Messung dieser Einbettung ist beispielsweise ein metallischer parallelfacher Probekörper mit den Maßen $(13,5 \pm 1) \text{ mm} \times (30 \pm 1) \text{ mm} \times (250 \pm 10) \text{ mm}$ mit Grundplatte geeignet, der einen Youngschen Elastizitätsmodul von etwa 70 GPa hat.

A.2.2 Belüftete thermostatisch geregelte Prüfkammer, in der die Durchschnittstemperatur des Luftstroms in der Nähe der Probekörper während der gesamten Prüfung bei der festgelegten Prüftemperatur auf $\pm 0,3 \text{ °C}$ gehalten werden kann. Falls die Prüfmaschine nicht in der thermostatisch geregelten Prüfkammer angeordnet ist, muss die Temperatur der Grundplatte des Probekörpers die für den Luftstrom geltenden Anforderungen erfüllen.

A.2.3 Messeinrichtung, bestehend aus:

A.2.3.1 Messfühlern, mit deren Hilfe die dynamische Kraft mit einer Fehlergrenze von $\pm 3 \%$ gemessen werden kann.

A.2.3.2 Messfühlern, mit deren Hilfe die Auslenkung im Bereich bis 0,2 mm mit einer Fehlergrenze von $1 \text{ }\mu\text{m}$ gemessen werden kann.

A.2.3.3 Phasenwinkel-Messgerät mit einer Fehlergrenze von $\pm 1^\circ$.

Der vom elektronischen Messgerät verursachte Phasenwinkel sollte von dem gemessenen Phasenwinkel subtrahiert werden, um den tatsächlichen Phasenwinkel ϕ zu erhalten. Der vom elektronischen Messgerät verursachte Phasenwinkel wird bei jeder Prüffrequenz an einem Probekörper aus Metall, wie er in A.2.1 beschrieben ist, gemessen.

A.3 Probekörperherstellung

A.3.1 Die Probekörper müssen eine trapezförmige (siehe Bild A.2) oder prismatische Form haben, eine konstante Dicke und die in Tabelle A.1 angegebenen Maße haben.

Tabelle A.1 — Mindestmaße der Probekörper

Maße der Probekörper mm	Prismatische Probekörper mm		Trapezförmige Probekörper mm		
	$D \leq 20 \text{ mm}$	$D > 20 \text{ mm}$	$D \leq 14 \text{ mm}$	$14 < D \leq 20 \text{ mm}$	$20 < D \leq 40 \text{ mm}$
B			56 ± 1	70 ± 1	70 ± 1
b	40 ± 1	80 ± 1	25 ± 1	25 ± 1	25 ± 1
e	40 ± 1	80 ± 1	25 ± 1	25 ± 1	50 ± 1
h	160 ± 1	320 ± 1	250 ± 1	250 ± 1	250 ± 1
ANMERKUNG D ist die obere Siebgröße der Gesteinskörnung in der Asphaltmischung, in Millimeter (mm).					

A.3.2 Die Probekörper werden aus nach EN 12697-33 im Laboratorium hergestellten Platten oder aus einer Fahrbahnbefestigung entnommenen Platten mit einer Dicke $\geq 60 \text{ mm}$ gesägt. Die Längsachse der Platte muss parallel zur horizontalen Verdichtungsachse des Asphalts sein.

A.3.3 Jeder Probekörper muss mit seiner Grundfläche so auf einen Metallsockel geklebt werden (siehe Bild A.3), dass dabei eine gute geometrische Position des Probekörpers in Bezug auf dessen Sockel sichergestellt ist. Der Aufsatz, mit dessen Hilfe der Probekörper an der Wechsellastmaschine befestigt wird, muss mit an die Prüffläche des Probekörpers geklebt werden. Der Sockel muss eine Minstdicke von 10 mm haben.

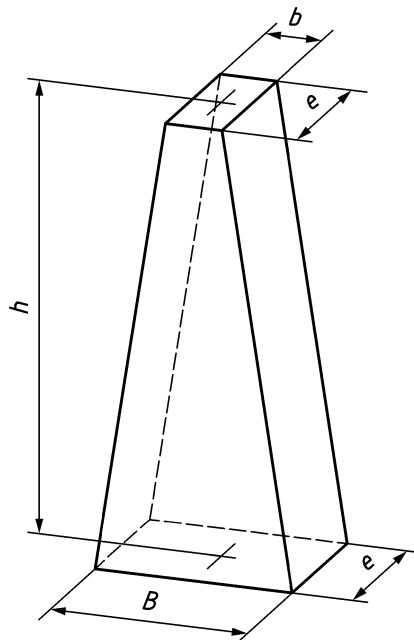
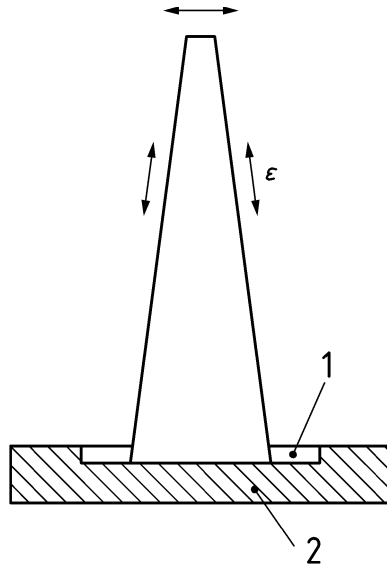


Bild A.2 — Probekörpergeometrie



Legende

- 1 etwa 2 mm tiefe Nut
- 2 Metall-Grundfläche

Bild A.3 — Befestigung des Probekörpers

A.4 Durchführung

A.4.1 Der Probekörper muss mindestens für 30 s und höchstens für 2 min mit einer sinusförmigen Kraft bei der Zielfrequenz $\pm 5 \%$ beansprucht werden, die an der Prüffläche angreift, bis eine festgelegte Auslenkung erreicht ist, die einer Dehnung ϵ von weniger als 50 Mikrostrain entspricht.

A.4.2 Die Kraft F_0 , die Auslenkung z_0 und der Phasenwinkel ϕ müssen während der letzten 10 s der Prüfung gemessen werden.

A.4.3 Der komplexe Modul darf für die geforderte Temperatur und für die geforderte Frequenz bestimmt werden. Falls die Hauptkurve zu bestimmen ist, muss der komplexe Modul bei mindestens 4 Temperaturen, die nicht mehr als 10°C auseinander liegen, und für jede Temperatur bei mindestens 3 Frequenzen bestimmt werden, die gleichmäßig über einen logarithmischen Skalenbereich mit einem Mindestverhältnis von 10 zwischen den extremen Frequenzen verteilt sind.

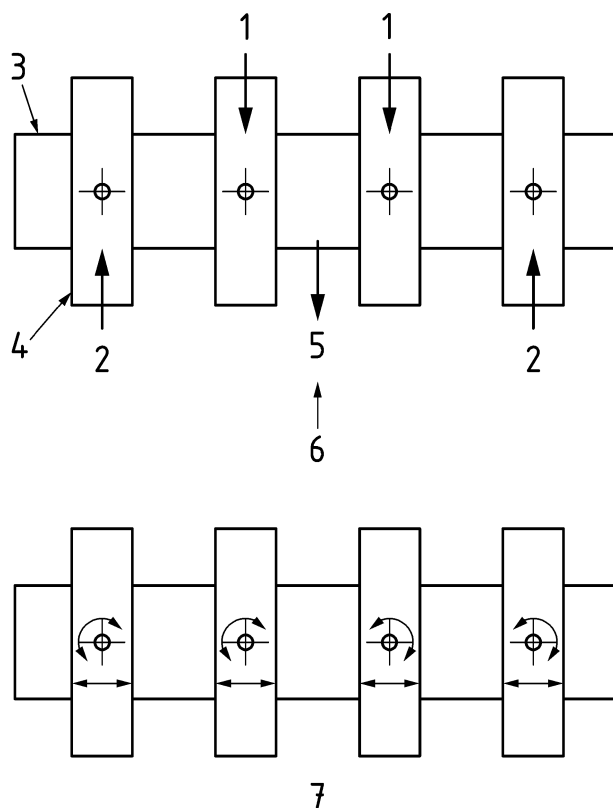
Anhang B (normativ)

Dreipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (3PB-PR) und Vierpunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (4PB-PR)

B.1 Kurzbeschreibung

Dieser Anhang beschreibt ein Verfahren zur Messung der Steifigkeit von Asphalt mit Hilfe einer Biegeprüfung. Ein prismatischer Probekörper wird einer periodischen Dreipunkt- oder Vierpunkt-Biegeprüfung mit freier Rotation und (horizontaler) Translation an allen Belastungs- und Reaktionspunkten unterzogen. Die Biegung wird durch die Bewegung des (der) mittigen Lastpunkte(s) in vertikaler Richtung senkrecht zur Längsachse des Probekörpers erreicht. Die vertikale Lage der beiden Endpunkte bleibt erhalten. Die ausgeübte periodische Verschiebung erfolgt symmetrisch zum Nullpunkt, ist sinusförmig, und die Verschiebungsamplitude muss als Funktion der Zeit konstant sein. Während der Prüfung wird die für die Verformung des Probekörpers erforderliche Kraft als Funktion der Zeit sowie als die Phasenverzögerung zwischen dem Kraftsignal und dem Verschiebungssignal gemessen. Daraus wird der Steifigkeitsmodul des geprüften Baustoffes berechnet.

ANMERKUNG Die wesentlichen Grundsätze der Vierpunkt-Biegeprüfung sind in Bild B.1 dargestellt.



Legende

- | | | | |
|---|--------------------|---|--|
| 1 | aufgebrachte Last | 5 | Verformung |
| 2 | Reaktion | 6 | Rückkehr in die ursprüngliche Position |
| 3 | Probekörper | 7 | freie Translation und Rotation |
| 4 | Probekörperklemmen | | |

Bild B.1 — Wesentliche Grundsätze der Vierpunkt-Biegung

B.2 Prüfeinrichtung

B.2.1 Belastungssystem, bestehend aus einer Biegebank. Die Last muss mit einem (oder mehreren) Belastungskolben über die Biegebank auf den Probekörper aufgebracht werden. Es muss ausgerüstet sein mit:

- einem Kolben an der mittleren Klemme bei $x = L/2$ für die Dreipunkt-Biegeprüfung;
- zwei Kolben an den inneren Klemmen bei $x = A$ und $x = L - A$ für die Vierpunkt-Biegeprüfung.

B.2.2 Klemmvorrichtung, mit deren Hilfe ein Probekörper (Balken) im Biegerahmen so eingespannt werden kann, dass an allen Auflagerungen freie Rotation und Translation in der Horizontalen sichergestellt ist. Der umgerechnete Steifigkeitsmodul eines Bezugsbalkens mit bekanntem Steifigkeitsmodul muss für den Modul innerhalb von 2 % und für die Phasenverzögerung innerhalb von 0,5° liegen (siehe B.2.8).

Im Falle der Vierpunkt-Biegeprüfung muss die angenommene reine Biegung zwischen den beiden inneren Klemmen durch Messung der Verschiebungen an der inneren Klemme (bei $x = A$) und in der Mitte des Probekörpers (bei $x = L/2$) überprüft werden. Das Verhältnis der Amplituden der Verschiebung in der Mitte und der Verschiebung an den inneren Klemmen muss eine Konstante sein, die wie folgt definiert ist:

$$\frac{Z(L/2)}{Z(A)} = \frac{R(A)}{R(L/2)} = \frac{3L^2 - 4L^2}{4A \times (3L - 4A)} \quad (\text{B.1})$$

A sollte aus dem Bereich $0,25 < A/L < 0,4$ gewählt werden, vorzugsweise jedoch einen Wert von etwa einem Drittel der effektiven Länge L (ASTM-Konfiguration) haben. In diesem Falle beträgt das Verhältnis 1,15. Falls der gewählte Wert von A/L außerhalb dieses Bereiches liegt, sind die in diesem Anhang angegebenen Gleichungen nicht mehr anwendbar, ohne wesentliche Fehler einzuführen.

B.2.3 Regelungssystem für die Bewegung des Stellgliedes, um die Biegung des Probekörpers in solch einer Weise zu regeln, dass die für die ausgeübte Verschiebung angegebenen Anforderungen erfüllt werden (siehe B.4.2).

Es wird empfohlen, dass das Regelungssystem einen programmierbaren Funktionsgenerator und eine Regelschaltung enthält, mit denen das vorgesehene Belastungssignal erzeugt werden kann. Das Regelungssystem sollte sicherstellen, dass die geregelte Verschiebung des Probekörpers während der Prüfung keine Schwingungen aufweist.

B.2.4 Kraftmessdose mit einem Messbereich von mindestens $\pm 2\,000\text{ N}$ und einer Fehlergrenze von $\pm 3\%$. Die Kraft muss mittig zwischen den beiden mittleren Klemmen gemessen werden.

Die Resonanzfrequenz der Kraftmessdose und der damit verbundenen beweglichen Masse sollte mindestens um den Faktor 10 höher als die Prüffrequenz sein.

B.2.5 Verschiebungs-Messwertaufnehmer mit einem Messbereich von etwa $\pm 1,0\text{ mm}$ und einer Fehlergrenze von $\pm 1\%$. Die Verschiebung muss im Schnittpunkt der Diagonalen der Oberseite bzw. der Unterseite des Probekörpers gemessen werden.

Die Resonanzfrequenz des Messwertaufnehmers und der damit verbundenen beweglichen Masse sollte mindestens um den Faktor 10 höher als die Prüffrequenz sein.

B.2.6 Elektronisches Datenerfassungsgerät, rauscharme Verstärker mit einem Regelbereich, der annähernd den Höchstwerten des Messbereiches der Messwertaufnehmer entspricht. Messinstrumente mit analogen oder digitalen Anzeigen müssen so ausgelegt sein, dass die Messverstärker mit einer Auflösung von 1 N für die Kraft und 1 μm für die Verschiebung abgelesen werden können.

ANMERKUNG Das dynamische Verhalten der Messwertaufnehmer und der elektronischen Messgeräte kann die Ursache für Messfehler sein, die beträchtlich größer als die höchstzulässigen Werte sind. Es wird empfohlen, die Spezifikationen des Lieferers in dieser Hinsicht zu überprüfen. Ein anderer wichtiger und zu berücksichtigender Faktor ist, ob die elektronische Ausrüstung ausreichend gegen den Einfluss äußerer elektrischer und magnetischer Störquellen, die Messfehler erzeugen können, abgeschirmt ist.

B.2.7 Thermostatisch geregelte Prüfkammer, in der in der Nähe der Probekörper eine konstante Prüftemperatur mit einer Fehlergrenze von $\pm 0,5^\circ\text{C}$ aufrechterhalten werden kann.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, eine ausreichend große thermostatisch geregelte Prüfkammer zu wählen, so dass zusätzliche Probekörper während der Prüfung temperiert werden können.

B.3 Probekörperherstellung

B.3.1 Maße

B.3.1.1 Der Probekörper muss die Form eines prismatischen Balkens mit folgenden Nennproportionen und Grenzabmaßen haben:

- die Gesamtlänge L_{ges} darf die effektive Länge um nicht mehr als 10 % überschreiten;
- die Differenz zwischen den für jedes Maß gemessenen Höchst- und Mindestwerten darf nicht größer als 1,0 mm sein;
- der Winkel zwischen benachbarten Längsseiten darf vom rechten Winkel um nicht mehr als 1° abweichen.

Außerdem wird empfohlen, dass:

- die effektive Länge L mindestens das Sechsfache des höheren der beiden Werte Breite B oder Höhe H betragen sollte;
- die Breite B und die Höhe H mindestens das Dreifache der maximalen Korngröße D des zu prüfenden Baustoffs betragen sollten.

B.3.1.2 Die Gesamtlänge muss viermal jeweils in der Mitte der Ober- und Unterseiten mit einem Lineal mit einer Messunsicherheit von 1,0 mm gemessen werden. Die Höhe und die Breite müssen mit einem Messschieber mit einer Messunsicherheit von 0,1 mm an den Stellen gemessen werden, an denen die Klemmen angesetzt werden sollen ($x=0$, $x=L/2$ und $x=L$ [Dreipunkt-Biegeprüfung] oder $x=0$, $x=A$, $x=L-A$ und $x=L$ [Vierpunkt-Biegeprüfung]). Die Länge des Probekörpers muss als arithmetisches Mittel der gemessenen Längen berechnet werden. In gleicher Weise müssen die Breite und die Höhe des Probekörpers aus den gemessenen Breiten bzw. Höhen berechnet werden. Probekörper, die die für sie geltenden Anforderungen nicht erfüllen, dürfen nicht geprüft werden.

Technische Einschränkungen der Prüfeinrichtung in Verbindung mit der maximalen Korngröße der Asphaltmischung können die Erfüllung der Anforderungen bezüglich der Breite B , $B/D > 3$ und/oder $H/D > 3$ erschweren. Falls eine dieser Anforderungen nicht erfüllt ist, kann die Prüfung nicht strikt nach diesem Anhang durchgeführt werden, und das sollte im Prüfbericht ausdrücklich erwähnt werden.

B.3.2 Probenherstellung

Die zu prüfenden Probekörper müssen aus im Labor hergestellten Platten oder aus einer Fahrbahnbefestigung entnommenen Platten gesägt werden. Die Dicke der im Labor hergestellten Platten muss mindestens der Höhe H zuzüglich 20 mm entsprechen. Die Balken müssen aus der Mitte herausgesägt werden. Der Abstand des Balkens zum Plattenrand muss mindestens 20 mm betragen. Grundsätzlich gilt die gleiche Vorgehensweise bei Balken, die von aus Fahrbahnbefestigungen gesägten Platten entnommen werden. Falls die Dicke der Fahrbahnbefestigung zu klein ist, um die Anforderung an das Verhältnis zwischen der Höhe H und der maximalen Korngröße D zu erfüllen, müssen die Balken um 90° gedreht werden. In solchen Fällen erfüllt die Breite B die Anforderungen nicht, und das ist im Prüfbericht anzugeben.

Die Längsachse des Probekörpers muss mit der Hauptverdichtungsrichtung übereinstimmen.

B.4 Durchführung

B.4.1 Drei Klemmen (Dreipunkt-Biegeprüfung) bzw. vier Klemmen (Vierpunkt-Biegeprüfung) müssen in gegenseitig aufeinanderfolgenden Abständen (von Mitte zu Mitte) von $L/2$ und $L/2$ für die Dreipunkt-Biegeprüfung und A , $L - 2A$ und A für die Vierpunkt-Biegeprüfung am Probekörper befestigt werden. Die Abstände müssen mit einer Abweichung von ± 2 mm eingehalten werden.

ANMERKUNG Um das Umrechnungsverfahren erster Ordnung anwenden zu können, wird für Vierpunkt-Biegeprüfungen empfohlen, A nahe oder gleich $L/3$ zu wählen.

B.4.2 Im Prüfaufbau muss der Probekörper bezogen auf seine Lage in der im Labor hergestellten oder aus der Fahrbahnbefestigung entnommenen Platte um 90° um seine Längsachse gedreht werden.

Folglich sollte eine in der Platte horizontal liegende Längsfläche des Probekörpers im Prüfaufbau zu einer vertikal liegenden Oberfläche des Probekörpers werden.

B.4.3 Sowohl der Balken als auch die beweglichen Teile zwischen der Kraftmessdose und dem Balken (z. B. der bewegliche Rahmen, die Klemmen und der Verformungsmessfühler) müssen gewogen werden, und um den Massefaktor richtig zu berechnen, müssen die Punkte auf dem Balken, auf die diese Massen einwirken, bestimmt werden.

ANMERKUNG Üblicherweise befinden sich die Punkte, auf die die Massen einwirken, an der (den) inneren Klemme(n).

B.4.4 Der Probekörper muss durch eine sinusförmige Kraft beansprucht werden, um die geforderte Dehnungsamplitude von (50 ± 3) Mikrostrain zu erreichen. Die Verformungsamplitude muss innerhalb 2 % des Nennwertes liegen.

B.4.5 Die Kraft F_0 , die Auslenkung z_0 und der Phasenwinkel ϕ müssen zusammen mit der Prüftemperatur und der Frequenz aufgezeichnet werden.

B.4.6 Der anfängliche Steifigkeitsmodul muss als der Modul für einen Belastungszyklus zwischen der 45. und der 100. Lastwiederholung bestimmt werden.

Der anfängliche Steifigkeitsmodul wird üblicherweise beim 100. Zyklus bestimmt, weil dieser oftmals als Anfangswert des Steifigkeitsmoduls definiert wird und, vor allem, weil die geforderten Parameter (z. B. die Dehnungsamplitude) bei dem Zyklus, bei dem der Steifigkeitsmodul bestimmt wird, konstant gehalten werden sollten.

Anhang C (normativ)

Indirekte Zugprüfung an zylindrischen Probekörpern (IT-CY)

C.1 Kurzbeschreibung

In diesem Anhang wird ein Verfahren für die Messung der elastischen Steifigkeit von Asphaltmischungen mittels indirekter Zugprüfung beschrieben. Das Verfahren gilt für zylindrische Probekörper unterschiedlicher Durchmesser und Dicken, die im Labor hergestellt oder durch Kernbohren aus einer Fahrbahnbefestigung entnommen wurden.

C.2 Prüfeinrichtung

C.2.1 Allgemeine Geräte

C.2.1.1 *Thermometer und/oder Thermoelemente und/oder Platinwiderstandsthermometer* mit geeignetem Messbereich, die bei der Bestimmung der Temperatur des Probekörpers und der Lagerungs- sowie der Prüfumgebung auf $\pm 0,1$ °C messen können.

C.2.1.2 *Aufspannvorrichtung* zum Halten eines Zylinders aus dem Prüfbaustoff beim Abtrennen des Probekörpers.

C.2.1.3 *Säge*, mit der Probekörper der geforderten Maße abgetrennt und bearbeitet werden können.

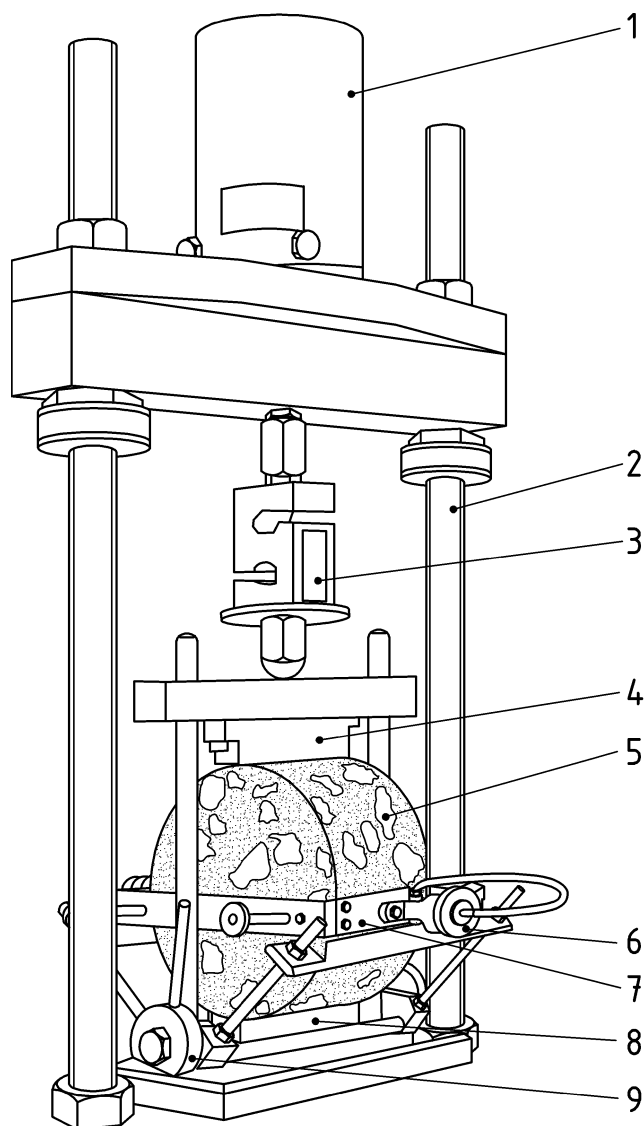
ANMERKUNG Es wird ein mit Diamanten besetztes Sägeblatt empfohlen.

C.2.2 Prüfeinrichtung

C.2.2.1 *Belastungsrahmen aus Stahl*.

ANMERKUNG Ein geeignetes Beispiel ist in Bild C.1 dargestellt.

C.2.2.2 *Zwei Druckstreifen aus nichtrostendem Stahl*, die den in Tabelle C.1 angegebenen Maßen entsprechen. Die Fläche, die den Probekörper berührt, muss konkav sein und über die volle Breite des Probekörpers hinausragen. Die Kanten der Druckstreifen müssen abgerundet sein, damit sie während der Prüfung nicht in den Probekörper einschneiden. Es muss ein Hilfsmittel zum Zentrieren des unteren Druckstreifens mit der Lastwirkungsachse des Belastungsrahmens aus Stahl vorgesehen sein. Der obere Druckstreifen muss die Berührung mit dem Belastungssystem über einen kugeligen Sitz herstellen.



Legende

- | | | | |
|---|------------------------------|---|-------------------------|
| 1 | pneumatisches Laststellglied | 6 | LVDT-Einstellelement |
| 2 | Belastungsrahmen aus Stahl | 7 | LVDT-Einbaurahmen |
| 3 | Kraftmessdose | 8 | unterer Druckstreifen |
| 4 | oberer Druckstreifen | 9 | LVDT-Justiervorrichtung |
| 5 | Probekörper | | |

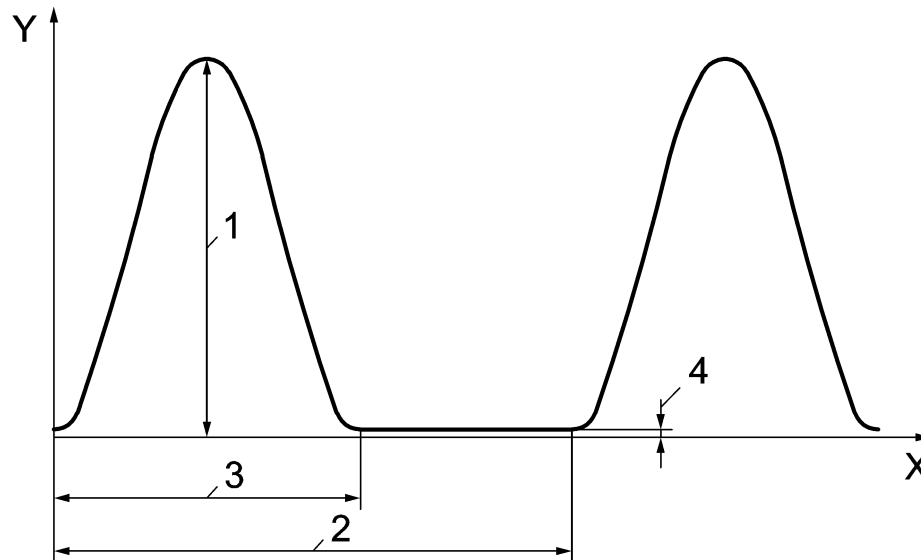
Bild C.1 — Beispiel für die Prüfeinrichtung

Tabelle C.1 — Maße der Druckstreifen

Nenndurchmesser der Probekörper mm	Breite der Druckstreifen mm	Grenzabmaß des Radius des konkaven Segments mm
80	$10 \pm 0,1$	40 ± 1
100	$12 \pm 0,1$	50 ± 1
120	$15 \pm 0,1$	60 ± 1
150	$19 \pm 0,1$	75 ± 1
200	$25 \pm 0,1$	100 ± 1

C.2.2.3 Belastungssystem (siehe Bild C.1).

C.2.2.3.1 Dieses muss mit einem geeigneten Laststellglied ausgerüstet sein, mit dessen Hilfe über die Druckstreifen entlang des vertikalen Durchmessers des Probekörpers eine Last aufgebracht werden kann. Das Laststellglied muss in der Lage sein, unter Einhaltung von Ruhepausen Lastimpulse aufzubringen. Die Last muss eine halbsinusförmige Wellenform haben (siehe Bild C.2). Während der Prüfung muss die Belastungszeit geregelt werden.



Legende

- 1 Spitzenlast
- 2 Impulsfolgezeit
- 3 Belastungszeit
- 4 Mindestlast

Bild C.2 — Form des Lastimpulses mit Darstellung der Anstiegszeit und der Spitzenlast

C.2.2.3.2 Die Belastungszeit, die vom Beginn des Lastimpulses gemessen wird bis sie auf die Mindestlast zurückgeht, muss zwischen 100 ms bis 250 ms betragen. Die empfohlene Belastungszeit beträgt (100 ± 10) ms, was etwa einer Frequenz von 10 Hz entspricht; es dürfen jedoch auch andere Belastungszeiten verwendet werden (bei unterschiedlichen Belastungszeiten gemessene Moduln dürfen nicht verglichen werden).

Der Spitzenwert der Last muss so eingestellt werden, dass eine transiente horizontale Spitzenverformung von 0,005 % des Durchmessers des Probekörpers erreicht wird, wenn die Prüftemperatur 10 °C beträgt.

Tabelle C.2 — Empfohlene maximale horizontale Verformung für eine Probe mit 100 mm Durchmesser

Temperatur °C	Empfohlene maximale horizontale Verformung µm
-5	2,5
10	5,0
25	9,0

ANMERKUNG 1 Diese Grenzwerte resultieren in höchstens 10 % Unterschied beim Steifigkeitsmodul im Vergleich zum anfänglichen maximalen Steifigkeitsmodul (in der Spannungs-Dehnungs-Beziehung).

ANMERKUNG 2 Um das zu erreichen, muss die Höhe des Querhauptes gegebenenfalls eingestellt werden.

ANMERKUNG 3 Ist der Steifigkeitsmodul eines Materials relativ hoch, die Belastungszeit kurz oder die Prüftemperatur niedrig, so reicht die Kapazität des Belastungssystems unter Umständen nicht aus, um die festgelegte horizontale Last und Verformung herbeizuführen. In solchen Fällen kann eine Probe mit einem kleineren Durchmesser oder einer geringeren Dicke erforderlich sein.

C.2.2.3.3 Die aufgebrachte Last ist mit einer Kraftmessdose mit einer Leistung von 10 kN und einer Fehlergrenze von 2 % zu messen. Die Impulsfolgezeit (siehe Bild C.2) muss $(3,0 \pm 0,1)$ s betragen.

C.2.2.4 *Kreisring aus Stahl* mit einem Außendurchmesser von entweder (100 ± 5) mm oder (150 ± 5) mm. Die Breite des Kreisringes darf höchstens 70 mm betragen, und der Innendurchmesser muss so gewählt werden, dass er einen effektiven indirekten Zugsteifigkeitsmodul zwischen 1 500 MPa und 3 000 MPa nachbildet.

ANMERKUNG Der Kreisring aus Stahl kann mit einem Rahmen mit einstellbaren Klemmen für die linear verstellbaren Differentialtransformer versehen sein und ein integriertes System für die Übertragung der aufgebrachten Last entlang des vertikalen Durchmessers des Kreisringes haben.

C.2.23 *Verformungsmesssystem*, mit dem die transiente horizontale diametrale Verformung des Probekörpers während der Aufbringung eines Lastimpulses überwacht werden kann. Die Fehlergrenze muss über einen Bereich von ± 50 μm besser als 0,2 μm sein. Der aufgezeichnete Spitzenwert der horizontalen Verformung muss der Amplitude der Änderung des horizontalen Durchmessers des Probekörpers entsprechen.

Eine geeignete Anordnung für die Messung der horizontalen diametralen Verformung ist in Bild C.3 dargestellt. Zwei linear verstellbare Differentialtransformer (LVDT) werden einander gegenüber in einen starren Rahmen eingebaut. Um den starren Rahmen an den horizontalen Durchmesser des Probekörpers zu klemmen, sollte eine Aufspannvorrichtung verwendet werden (siehe Bild C.4). Während der Prüfung darf der Rahmen nur von den Klemmen gehalten werden, und er darf keinen anderen Teil der Ausrüstung berühren.

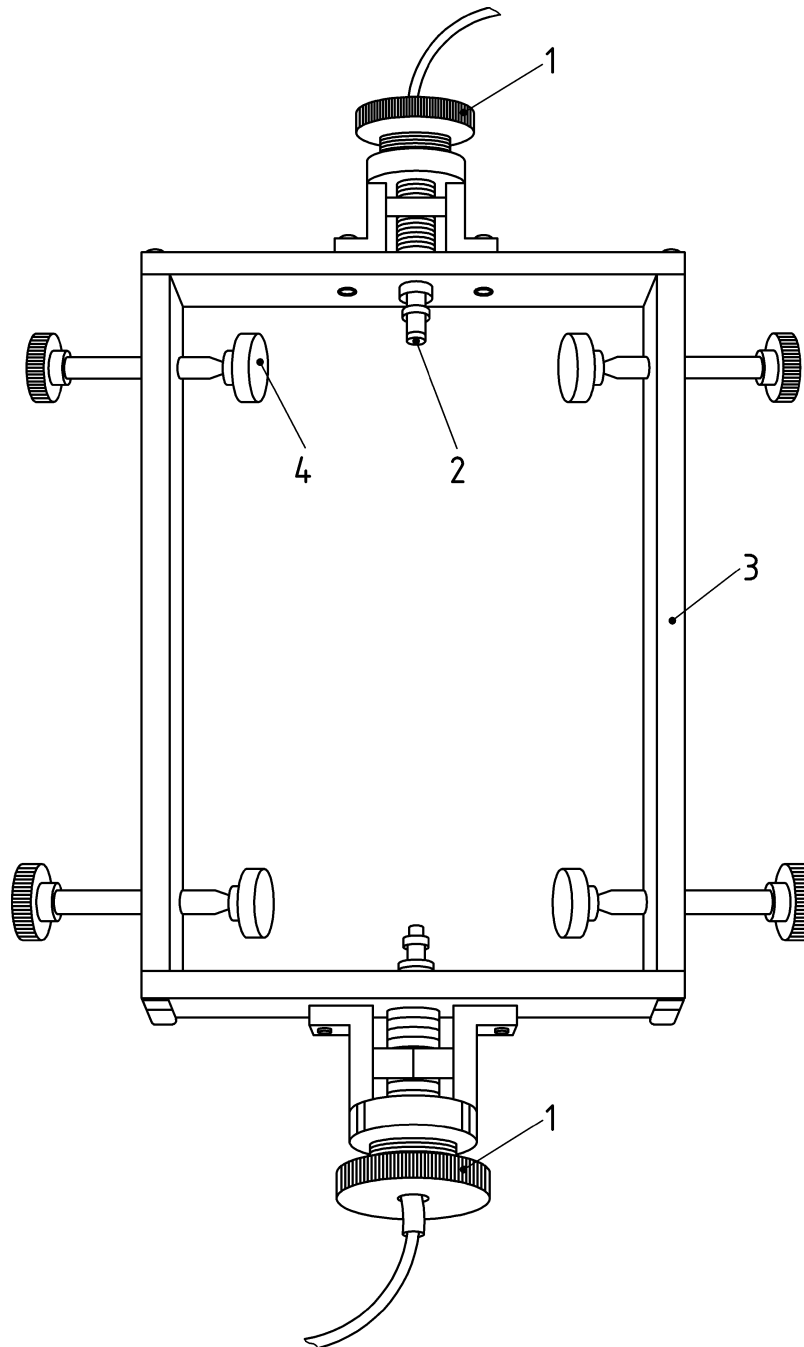
ANMERKUNG 1 Um die Verwindung des Rahmens zu minimieren, kann eine Drehmomentmesseinrichtung zum Befestigen der Klemmen verwendet werden.

ANMERKUNG 2 Es kann erforderlich sein, LVDT mit Endscheiben für die Prüfung von Baustoffen mit hohlraumreicher Kornzusammensetzung zu verwenden.

Für die Messung der Verformung sind auch andere geeignete Einrichtungen, z. B. Extensometer, gestattet. Die Fehlergrenze sollte 0,2 μm betragen.

C.2.24 *Aufzeichnungseinrichtung*, die mit einer digitalen, mit einem Rechner verbundenen Schnittstelleneinheit ausgerüstet ist, die die elektrischen Signale von den Last- und Verformungs-Messwertaufnehmern überwachen und aufzeichnen muss. Die Geschwindigkeit der Datenerfassung muss so sein, dass das Signal jedes Messwertaufnehmers während der Aufbringung eines Lastimpulses mit einer Frequenz von mindestens 500 Hz abgetastet wird.

C.2.25 *Abgeschlossener Raum mit konstanter Temperatur*, der aus einem Schrank oder einem geeigneten Raum mit Zwangsluftumwälzung besteht, in dem der Probekörper klimatisiert und die Prüfung durchgeführt werden kann.



Legende

- 1 LVDT-Einstellelement
- 2 LVDT

- 3 LVDT-Einbaurahmen
- 4 Sicherungsklemmen

Bild C.3 — Anordnung für die Messung der horizontalen diametralen Verformung