

DIN EN 12697-26

ICS 93.080.20

Ersatz für
DIN EN 12697-26:2004-10**Asphalt –
Prüfverfahren für Heißasphalt –
Teil 26: Steifigkeit;
Deutsche Fassung EN 12697-26:2012**

Bituminous mixtures –
Test methods for hot mix asphalt –
Part 26: Stiffness;
German version EN 12697-26:2012

Mélanges bitumineux –
Méthodes d'essai pour enrobés à chaud –
Partie 26: Rigidité;
Version allemande EN 12697-26:2012

Gesamtumfang 54 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12697-26:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-10-10 AA „Asphalt“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12697-26:2004-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Änderungen, z. B. Ergänzung von Einheiten und Symbolen;
- b) Ergänzung der Abschnitte 5 „Vorbereitung der Proben“ und 6 „Überprüfung der Prüfgeräte“;
- c) Korrektur der Gleichung (10);
- d) Korrekturen in Tabelle A.1 „Mindestmaße der Probekörper“;
- e) Korrekturen in A.3.3 und Streichung von A.3.4 und A.3.5;
- f) Streichung von A.4.1 „Stabilisierung des Probekörpers“.
- g) Korrektur in A.4.2.3 (neu: A.4.1.3) und Streichung der Anmerkung;
- h) Streichung von B.2.8 „Kalibrierung“;
- i) Überarbeitung von B.3.2 „Probenherstellung“;
- j) Streichen von B.4.1 „Stabilisierung der Probekörper“.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12697-26: 2004-10

Deutsche Fassung

Asphalt - Prüfverfahren für Heißasphalt - Teil 26: Steifigkeit

Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt -
Part 26: Stiffness

Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange
hydrocarboné à chaud - Partie 26: Module de rigidité

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 18. September 2011 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Symbole	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole	10
4 Kurzbeschreibung	10
5 Vorbereitung der Proben	11
5.1 Alter der Probekörper	11
5.2 Trocknen der Probekörper	11
5.3 Maße und Raumdichte der Probekörper	11
5.4 Temperatur des Probekörpers vor der Prüfung	11
5.5 Anzahl der Probekörper	11
6 Überprüfung der Prüfgeräte	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 Darstellung der Ergebnisse	15
10 Prüfbericht	17
10.1 Allgemeines	17
10.2 Angaben zum Probekörper	18
10.3 Angaben zum Prüfverfahren	18
10.4 Angaben zur Prüfung und zu den Ergebnissen	18
10.5 Wahlweise zu machende 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	20
A.4 Durchführung	21
Anhang B (normativ) Dreipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (3PB-PR) und Vierpunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (4PB-PR)	22
B.1 Kurzbeschreibung	22

B.2	Prüfeinrichtung.....	23
B.3	Probekörperherstellung.....	24
B.3.1	Maße.....	24
B.3.2	Probenherstellung.....	24
B.4	Durchführung.....	24
Anhang C (normativ)	Indirekte Zugprüfung an zylindrischen Probekörpern (IT-CY).....	26
C.1	Kurzbeschreibung.....	26
C.2	Prüfeinrichtung.....	26
C.2.1	Allgemeine Geräte.....	26
C.2.2	Prüfeinrichtung.....	26
C.3	Probekörperherstellung.....	31
C.3.1	Herstellung.....	31
C.4	Betriebsart.....	32
C.4.1	Einbau des Probekörpers.....	32
C.4.2	Steifigkeitsmessung.....	32
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.....	36
D.4.1	Stabilisierung des Probekörpers.....	36
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 der Probekörper.....	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.....	41
E.6	Bestimmung des Steifigkeitsmoduls für die festgelegte Belastungszeit.....	42
Anhang F (normativ)	Prüfung mit indirekter zyklischer Zugbelastung an zylindrischen Probekörpern (CIT-CY).....	43
F.1	Kurzbeschreibung.....	43
F.2	Prüfeinrichtung.....	43
F.2.1	Prüfgerät.....	43
F.2.2	Belastung.....	43
F.2.3	Verschiebung.....	43
F.2.4	Thermostatisch geregelte Prüfkammer.....	45
F.2.5	Aufzeichnungs- und Messsystem.....	45
F.2.6	Druckstreifen.....	45
F.3	Probekörperherstellung.....	46
F.3.1	Probekörper.....	46
F.3.2	Probekörpermaße.....	46
F.4	Betriebsart.....	47
F.4.1	Prüftemperatur.....	47
F.4.2	Einbau des Probekörpers.....	47
F.4.3	Durchführung.....	47
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

Vorwort

Dieses Dokument (EN 12697-26:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2012 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt EN 12697-26:2004.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder] CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die wesentlichen Änderungen bestehen darin, dass gemeinsame Abläufe aus den verschiedenen Prüfverfahren jetzt im allgemeinen Teil der Norm gebündelt sind und eine einheitliche Terminologie für alle Prüfverfahren verwendet wird.

Diese Europäische Norm ist Teil 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 für Heißasphalt — Teil 18: Bestimmung des Ablaufens
- 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 für Heißasphalt — Teil 24: Beständigkeit gegen Ermüdung
- EN 12697-25, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 25: Druckschwellversuch
- EN 12697-26, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 26: Steifigkeit
- 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 mit dem 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 Asphalt mit einem Vibrationsverdichter
- EN 12697-33, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 33: Probestückvorbereitung mit einem Walzenverdichtungsgerät
- 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 Fahrbahnbefestigungen 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
- 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 Auftaumittel
- 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 Halbzyylinder-Biegeversuch
- prEN 12697-45, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 45: Alterungsprüfung an gesättigten Asphalt-Probekörpern (SATS-Prüfung)
- prEN 12697-46, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 46: Widerstand gegen Kälterisse und Tief-temperaturverhalten bei einachsigen Zugversuchen
- EN 12697-47, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 47: Bestimmung des Aschegehaltes von Naturasphalt
- prEN 12697-48, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 48: Haftfestigkeit der Schichten untereinander¹⁾
- prEN 12697-49, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 49: Messung der Griffigkeit nach Polierung¹⁾
- prEN 12697-50, Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 50: Abriebbeständigkeit von Asphaltdeckschichten¹⁾

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

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 zitierten Dokumente 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 12697-27, *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 für Heißasphalt — Teil 31: Herstellung von Probekörpern mit dem Gyrator-Verdichter*

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

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1 Steifigkeit

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

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 Die Amplitude der Dehnung und der Phasenwinkel sind Funktionen der Frequenz f und der Prüftemperatur Θ .

ANMERKUNG 2 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 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 Für rein elastische Baustoffe ist der Phasenwinkel gleich null, und damit reduziert sich der komplexe Modul auf den Youngschen Elastizitätsmodul. Dies 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 Das Dehnungsgesetz lautet:

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

wobei α_i und n Konstanten sind.

ANMERKUNG 2 Es können mehrere aufeinander folgende 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:

E	das Steifigkeitsmodul in Megapascals (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);
k	der Lastbereichsfaktor;
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);
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 Megapascals (MPa);
ε	die angewandte Belastung, in Micrometer pro 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 ($1/\text{mm}$ or 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 Poissonsche Zahl;
$\varnothing$	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.

5 Vorbereitung der Proben

5.1 Alter der Probekörper

Vor Beginn der Prüfung sind die Probekörper für 14 Tage bis 42 Tage nach dem Zeitpunkt der Herstellung auf einer ebenen Fläche bei einer Temperatur von maximal 25 °C zu lagern. Proben, die geschnitten und/oder geklebt werden müssen, sind maximal 8 Tage nach der Verdichtung des Asphalts zu schneiden, und das Kleben muss frühestens zwei Wochen nach dem Schneiden erfolgen. 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 sind die Probekörper in Luft mit einer relativen Luftfeuchte von weniger als 80 % bei einer Temperatur von maximal 20 °C bis zur Massenkonstanz zu trocknen. 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 sind nach EN 12697-29 zu bestimmen.

Die Raumdichte ist nach EN 12697-6 oder EN 12697-7 zu bestimmen. 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 Temperatur des Probekörpers vor der Prüfung

Die Prüfung darf erst dann beginnen, wenn der Probekörper die erforderliche Prüftemperatur erreicht hat.

ANMERKUNG Die Temperatur des Probekörpers kann durch Verwendung eines Blindprobekörpers oder über die geforderte Abbindezeit in einem Vorversuch bewertet werden. Die benötigte Abbindezeit hängt von der Größe des Probekörpers und dem geprüften Material ab.

5.5 Anzahl der Probekörper

Für alle aufgeführten Prüfungen sind mindestens 4 Probekörper erforderlich, um ein Prüfergebnis (= ein Steifigkeitsmodul) zu erzielen.

6 Überprüfung der Prüfgeräte

Die gesamte Prüfeinrichtung ist periodisch mit mindestens einem Bezugsprobekörper zu prüfen, dessen Steifigkeitsmodul (Modul und Phasenverzögerung) bekannt ist. Zur Überprüfung der Prüfgeräte für die in den Anhängen A, B, C und D beschriebenen Prüfungen ist das Biegemoment ($E \cdot I$) des (der) Probekörper(s) so zu wählen, dass es dem Biegemoment eines Probekörpers aus üblichem Asphalt gleich ist (Auswahl eines Steifigkeitsmoduls für den Asphalt im Bereich von 3 GPa bis 14 GPa); für die Prüfungen nach Anhang E und Anhang F ist ein für die Überprüfung geeigneter Probekörper mit einer bekannten Steifigkeit zwischen 3 GPa und 14 GPa zu verwenden. Der Bezugsprobekörper ist bei mindestens 6 Frequenzen und 2 Auslenkungsstufen zu prüfen. 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 die elektronischen Bauteile oder die mechanischen Teile der Ausrüstung verursachte systematische Abweichungen (oder größere Abweichungen)

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

ANMERKUNG Die Geometrie des Bezugsprobekörpers sollte so gewählt werden, dass seine Masse der eines Asphaltprobekörpers vergleichbar ist. Der Bezugsprobekörper sollte nach dem gleichen Verfahren eingespannt werden wie die 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 annehmbar.

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 andere Prüfverfahren zur Charakterisierung der Steifigkeitseigenschaften von Asphalt angewendet werden sollen, muss zunächst ihre 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 Probekörper, siehe Anhang F.

7.2.3 Direkte einachsige Prüfungen

Die Wahlmöglichkeiten für die direkte einachsige Prüfung sind:

- DTC-CY: Einachsige 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 Amplitude und die Frequenz des Belastungssignals müssen mit einer Regelung überwacht werden, die entweder auf der Kraft oder auf der Verschiebung basiert.

ANMERKUNG Der Kurvenverlauf sollte harmonisch sein. Jede Verzerrung 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.

ANMERKUNG 1 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 ($= 50 \times 10^{-6}$ m/m) ist.

ANMERKUNG 2 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.

ANMERKUNG 3 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 zu fallen beginnt).

ANMERKUNG 4 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 5 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 1 Die meisten Ausrüstungen können einen Bereich zwischen 0,1 Hz und 50 Hz abdecken. Es ist jedoch von Vorteil, ihn so breit wie möglich 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 dass er daher nicht für weitere Prüfungen (z. B. bei unterschiedlichen Temperaturen) verwendet werden kann.

ANMERKUNG 2 Es sollte darauf geachtet werden, Resonanzerscheinungen, besonders bei hohen Frequenzen, zu vermeiden.

ANMERKUNG 3 Es sollte darauf geachtet werden, dass der Probekörper nicht in einem Maße erwärmt wird, dass seine Temperatur um mehr als $\pm 0,3$ °C von der Temperatur der Klimakammer abweicht. Dieses Problem wird vor allem bei langfristigen Messungen und/oder höheren Frequenzen bedeutsam.

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 nachfolgende Prüfverfahren ergibt für Belastungszeiten von kürzer als 1 s Prüfergebnisse, die denen der sinusförmigen Belastung vergleichbar sind, sofern die Moduln bei der Belastungszeit t mit dem komplexen Modul bei einer Frequenz:

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

in Hertz (Hz) verglichen werden.

7.3.2 Belastungsbedingungen

Es wird in direktem Zug eine Verschiebung mit geregelter Geschwindigkeit in solcher Weise auf einen Probekörper ausgeübt, dass sich mit $n = 1$ eine konstante Dehnungsgeschwindigkeit ergibt und das Dehnungsgesetz wie folgt lautet:

$$\varepsilon(t) = \alpha_1 \times t \quad (9)$$

7.3.3 Dehnungsamplituden

7.3.3.1 Vorprüfung

Bei direkten Zugprüfungen muss mindestens eine Einzelprüfung nach Anhang E durchgeführt werden, um die Steifigkeitsstufe des Gemischs 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 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 Klima-Prüfkammer in der Nähe der Probekörper muss der festgelegten Temperatur mit einer Grenzabweichungen von $\pm 0,5$ °C entsprechen; ausgenommen hiervon ist die direkte Zugprüfung, für die die Temperaturbedingungen in Anhang E angegeben sind. Für jede Prüftemperatur sind die Probekörper vor der Prüfung für mindestens 4 h in der Klima-Prüfkammer zu lagern.

ANMERKUNG 1 Die Anforderungen bezüglich der 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.

ANMERKUNG 3 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.

ANMERKUNG 4 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 Darstellung der Ergebnisse

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 sind mit Hilfe der in Tabelle 2 angegebenen speziellen Faktoren von diesen Messgrößen abzuleiten; 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, sind mit Hilfe der Gleichungen (4) und (5) abzuleiten.

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.