

DIN EN 12697-26

ICS 93.080.20

Ersatz für
DIN EN 12697-26:2012-06**Asphalt –
Prüfverfahren –
Teil 26: Steifigkeit;
Deutsche Fassung EN 12697-26:2018**

Bituminous mixtures –
Test methods –
Part 26: Stiffness;
German version EN 12697-26:2018

Mélanges bitumineux –
Méthodes d'essai –
Partie 26: Module de rigidité;
Version allemande EN 12697-26:2018

Gesamtumfang 53 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12697-26:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Großbritannien) 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.

Da Korrekturen des Referenztextes zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nicht mehr möglich waren, wurden zum besseren Verständnis des Dokuments folgende Nationale Fußnoten eingefügt:

- N¹) Nationale Fußnote: Fehler in der Referenzfassung, das korrekte Sekretariat ist BSI.
- N²) Nationale Fußnote: Fehler in der Referenzfassung, gemeint ist Gleichung (11).
- N³) Nationale Fußnote: Fehler in der Referenzfassung, gemeint ist Gleichung (12).

Änderungen

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

- a) der Reihentitel gibt nicht länger an, dass sich die Verfahren ausschließlich auf Heißasphalt beziehen;
- b) Implementierung einer realen halbsinusförmigen Last in Anhang C;
- c) Implementierung mehrerer technischer Korrekturen in allen Anhängen;
- d) Anpassung der Verfahren für alle Prüfungen;
- e) Verwendung einer einheitlichen Terminologie für alle Prüfverfahren.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12697-26: 2004-10, 2012-06

Deutsche Fassung
Asphalt —
Prüfverfahren —
Teil 26: Steifigkeit

Bituminous mixtures —
Test methods —
Part 26: Stiffness

Mélanges bitumineux —
Méthodes d'essai —
Partie 26: Module de rigidité

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 26. Februar 2018 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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, 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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Symbole	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole	8
4 Kurzbeschreibung	9
5 Probenvorbereitung	9
5.1 Alter der Probekörper	9
5.2 Trocknen der Probekörper	9
5.3 Maße und Raumdichte der Probekörper	9
5.4 Anzahl an Probekörpern	9
6 Überprüfung der Prüfeinrichtung	9
7 Prüfverfahren	10
7.1 Allgemeines	10
7.2 Kodierung von Prüfungen	10
7.2.1 Biegeprüfungen mit sinusförmiger Belastung	10
7.2.2 Indirekte Zugprüfung (impulsförmig oder zyklisch)	10
7.2.3 Zyklische oder monoton einachsige Prüfungen	11
7.2.4 Belastungsbedingungen	11
7.2.5 Lastamplituden	11
7.2.6 Belastungsfrequenzen	11
7.3 Belastung mit geregelter Dehnungsgeschwindigkeit	12
7.3.1 Prüfverfahren	12
7.3.2 Belastungsbedingungen	12
7.3.3 Dehnungsamplituden für direkte Zugprüfungen	12
8 Temperaturen	13
9 Auswertung	13
10 Prüfbericht	15
10.1 Einleitung	15
10.2 Allgemeines	15
10.3 Angaben zu den Probekörpern	16
10.4 Angaben zum Prüfverfahren	16
10.5 Angaben zur Prüfung und zu den Ergebnissen	16
10.6 Wahlweise Angaben	16
11 Präzision	16
Anhang A (normativ) Zweipunkt-Biegeprüfung an trapezförmigen Probekörpern (2PB-TR) oder an prismatischen Probekörpern (2PB-PR)	17
A.1 Kurzbeschreibung	17
A.2 Prüfeinrichtung	17
A.3 Probekörperherstellung	19
A.4 Durchführung	20

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	25
B.4 Durchführung	25
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	33
C.4 Betriebsart	34
C.4.1 Einbau des Probekörpers	34
C.4.2 Steifigkeitsmessung	34
Anhang D (normativ) Direkte Zug-Druck-Prüfung an zylindrischen Probekörpern (DTC-CY)	36
D.1 Kurzbeschreibung	36
D.2 Prüfeinrichtung	36
D.3 Probekörperherstellung	36
D.4 Betriebsart	38
D.4.1 Stabilisierung des Probekörpers	38
D.4.2 Durchführung	38
Anhang E (normativ) Direkte Zugprüfung an zylindrischen Probekörpern (DT-CY) oder an prismatischen Probekörpern (DT-PR)	39
E.1 Kurzbeschreibung	39
E.2 Prüfeinrichtung	39
E.3 Probekörperherstellung	39
E.3.1 Zylindrischer Probekörper	39
E.3.2 Prismatischer Probekörper	40
E.4 Betriebsart	40
E.4.1 Stabilisierung des Probekörpers	40
E.4.2 Durchführung	41
E.5 Ableitung der Hauptkurve – Isothermen	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 Prüfmaschine	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 Probekörpervorbereitung	45
F.3.1 Probekörper	45
F.3.2 Probekörpermaße	46
F.4 Betriebsart	46
F.4.1 Prüftemperatur	46
F.4.2 Einbau des Probekörpers	46
F.4.3 Durchführung	47
F.4.4 Überprüfung der Qualitätsminderung des Probekörpers	47

Anhang G (informativ) Ableitung der Hauptkurve 48

G.1 Kurzbeschreibung.....48

G.2 Theoretischer Hintergrund 49

G.3 Versuchsdaten 51

G.4 Prüfbericht.....51

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 12697-26:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN^{N1)} gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 12697-26:2012.

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

- der Reihentitel gibt nicht länger an, dass sich die Verfahren ausschließlich auf Heißasphalt beziehen;
- Implementierung einer realen halbsinusförmigen Last in Anhang C;
- Implementierung mehrerer technischer Korrekturen in allen Anhängen;
- Anpassung der Verfahren für alle Prüfungen;
- Verwendung einer einheitlichen Terminologie für alle Prüfverfahren.

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

N1) Nationale Fußnote: Fehler in der Referenzfassung, das korrekte Sekretariat ist BSI.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Verfahren zur Charakterisierung der Steifigkeit von Asphalt durch verschiedene Prüfungen, einschließlich Biegeprüfungen sowie direkte und indirekte Zugprüfungen, 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 das relative Leistungsvermögen von Asphalt 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 vom Einsatz- und Arbeitsbereich des 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 — 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 — Teil 33: Probestückvorbereitung mittels Walzverdichtungsgerät*

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 höchsten gemessenen Dehnungsantwort, angegeben als

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1)$$

3.1.2

komplexer Modul

Zusammenhang zwischen der Spannung und der Dehnung für einen linear viskoelastischen Werkstoff, 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

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

Das Spannungs-Dehnungs-Verhältnis definiert den komplexen Modul E^* wie folgt:

$$E^* = |E^*| \cdot (\cos(\Phi) + i \cdot \sin(\Phi)) \quad (2)$$

Der komplexe Modul ist von der Frequenz f und der Temperatur θ abhängig. Der komplexe Modul wird auf zwei verschiedene Arten und Weisen charakterisiert:

- 1) anhand der reellen Komponente E_1 und der imaginären Komponente E_2 :

$$E_1 = |E^*| \cdot \cos(\Phi) \quad (3)$$

$$E_2 = |E^*| \cdot \sin(\Phi) \quad (4)$$

- 2) anhand des absoluten Werts des komplexen Moduls $|E^*|$ und des Phasenwinkels Φ :

$$|E^*| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \quad (5)$$

$$\Phi = \arctan\left(\frac{E_2}{E_1}\right) \quad (6)$$

Die 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 1 zum Begriff: Bei rein elastischen Werkstoffen ist der Phasenwinkel gleich null, und damit reduziert sich der komplexe Modul auf den Youngschen Elastizitätsmodul. Das tritt auf, wenn bitumenhaltige Werkstoffe 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 Werkstoff, der einer geregelten Belastung (Kraft oder Verschiebung) ausgesetzt ist:

$$E(t) = \frac{\sigma(t)}{\varepsilon(t)} \quad (7)$$

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Dehnungsgesetz ist

$$\varepsilon(t) = \alpha_1 \cdot t^n \quad (8)$$

Dabei sind α_1 und n Konstanten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es können mehrere aufeinanderfolgende Prüfungen an demselben Probekörper für verschiedene Werte α_1 durchgeführt werden. Bei linear viskoelastischen Werkstoffen hängt der für unterschiedliche Werte für α_1 bei derselben Temperatur erhaltene Sekantenmodul nur von der Belastungszeit t ab.

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die folgenden Symbole:

D	maximale Korngröße der Gesteinskörnung in der Asphaltmischung, in Millimeter (mm)
E	die elastische Steifigkeit (Steifigkeitsmodul), in Megapascal (MPa);
E^*	der viskoelastische komplexe Modul, in Megapascal (MPa);
$ E^* $	der Absolutwert des komplexen Moduls, 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 den Biegeprüfungen, in Millimeter (mm);
m	Masse der beweglichen Teile, in Gramm (g);
M	Gewicht der Probe, in Gramm (g);
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 aufgebrachte Spannung, in Megapascal (MPa);
ε	die angewendete Dehnung, in Mikrometer je Meter oder in Mikrostrain ($\mu\text{m}/\text{m}$);
ε_{max}	die höchste auf den Probekörper angewendete Dehnung, in Mikrometer je Meter oder in Mikrostrain ($\mu\text{m}/\text{m}$);
ω	die Winkelgeschwindigkeit, in Radiant je Sekunde (rad/s);
φ	die Phasenverschiebung zwischen der Kraft und der Verschiebung, in Grad ($^{\circ}$);
Φ	der Modulphasenwinkel des Materials (Argument), 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 Gramm (g);
ν	die Querdehnzahl;
$\emptyset$	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. Von der gemessenen Kraft und dem Deformationssignal werden die Amplituden der Spannung und der Dehnung sowie die Phasenverschiebung zwischen beiden berechnet. 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 zwischen 14 d und 42 d ab dem Zeitpunkt der Herstellung bei einer Temperatur von maximal 20 °C auf einer ebenen Fläche gelagert werden. Bei Proben, die geschnitten oder geklebt werden müssen, muss das Schneiden spätestens 8 d nach dem Verdichten des Asphalts und das Kleben mindestens 2 Wochen nach dem Schneiden erfolgen. Als Zeitpunkt der Herstellung dieser Proben gilt der Zeitpunkt des Schneidens.

ANMERKUNG 1 Die Dauer der Lagerung beeinflusst die mechanischen Eigenschaften des Probekörpers.

ANMERKUNG 2 Zu Prüfzwecken mit Ausnahme von Prüfungen für die CE-Kennzeichnung kann eine andere Dauer der Lagerung verwendet werden.

5.2 Trocknen der Probekörper

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

5.3 Maße und Raumdichte der Probekörper

Die Maße der Probekörper müssen nach EN 12697-29 gemessen werden.

Die Raumdichte ist nach EN 12697-6 oder EN 12697-7 zu bestimmen. Die Raumdichte der einzelnen Probekörper darf nicht um mehr als 1 % von der durchschnittlichen Dichte des Loses abweichen. Andernfalls muss der Probekörper verworfen werden.

5.4 Anzahl an Probekörpern

Bei allen in der vorliegenden Norm beschriebenen Verfahren muss der Steifigkeitsmodul von mindestens 4 Probekörpern geprüft werden. Der Mittelwert dieser Ergebnisse bestimmt den Steifigkeitsmodul für die geprüfte Mischung.

6 Überprüfung der Prüfeinrichtung

Die vollständig zusammengebaute Prüfeinrichtung muss regelmäßig mit mindestens einem Referenzprobekörper überprüft werden, dessen Steifigkeitsmodul (Modul und Phasenverzögerung) bekannt ist. Zur Überprüfung der Prüfeinrichtung für die in den Anhängen A und B beschriebenen Prüfungen muss das gewählte Biegemoment ($E \cdot I$) des (der) Probekörper(s) dem Biegemoment eines üblichen Asphaltprobekörpers entsprechen (wobei ein Steifigkeitsmodul des Asphalts zwischen 3 GPa und 14 GPa zu wählen ist); für die Anhänge C, D, E und F ist ein geeigneter Referenzprobekörper mit einer bekannten Steifigkeit zwischen 3 GPa und 14 GPa zu verwenden.

Die Überprüfung sollte bei jeder angewendeten Prüftemperatur erfolgen. Bei zyklischen Prüfungen (Anhänge A, B, D und F) muss der Referenzprobekörper bei mindestens 6 Frequenzen und 2 Auslenkungsstufen geprüft werden. Bei Prüfungen mit impulsförmiger Belastung (Anhang C) muss der Referenzprobekörper mindestens 4 Versuchen unter den normalen Prüfbedingungen unterzogen werden. Bei monotonen Prüfungen (Anhang E) muss der Referenzprobekörpers mindestens 4 Belastungszeiten und 2 Verschiebungsamplituden ausgesetzt werden.

Der umgerechnete Steifigkeitsmodul darf maximal 2 % vom bekannten Modul und 1,0° von der bekannten Phasenverzögerung abweichen. Falls durch elektronische Bauteile oder mechanische Geräte bedingte systematische (oder größere) Abweichungen des:

- Steifigkeitsmoduls beobachtet werden, müssen alle elektronischen Bauteile und/oder alle mechanischen Geräte auf einwandfreie Funktion überprüft werden. Es ist kein Verfahren für die Umrechnungssoftware erlaubt;
- Phasenwinkels beobachtet werden, ist ein Korrekturverfahren für die Umrechnungssoftware erlaubt.

Die Geometrie des Referenzprobekörpers muss so gewählt werden, dass dessen Masse mit der Masse eines Asphaltprobekörpers vergleichbar ist. Das Einspannen des Referenzprobekörpers muss dem Vorgehen bei Asphaltprobekörpern entsprechen. Ein Referenzwerkstoff mit einer Phasenverzögerung ungleich null wird bevorzugt; ein Werkstoff wie Aluminium (E etwa 70 GPa, Phasenverzögerung gleich null) oder vergleichbare Werkstoffe sind jedoch auch zulässig.

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 dazu in die Prüfberichte aufgenommen werden.

7.2 Kodierung von Prüfungen

7.2.1 Biegeprüfungen mit sinusförmiger Belastung

Die Optionen für die Biegeprüfung sind:

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

7.2.2 Indirekte Zugprüfung (impulsförmig oder zyklisch)

Die Optionen für die indirekte Zugprüfung sind:

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

7.2.3 Zyklische oder monoton einachsige Prüfungen

Die Optionen für die direkte einachsige Prüfung sind:

- DTC-CY: Prüfung mit zyklischer Zug-Druck-Belastung an zylindrischen Probekörpern, siehe Anhang D;
- DT-CY: Prüfung mit monotoner direkter Zugbelastung an zylindrischen Probekörpern, siehe Anhang E;
- DT-PR: Prüfung mit monotoner direkter Zugbelastung 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, welche 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 ($= 50 \times 10^{-6}$ m/m) ist.

ANMERKUNG 1 Es ist bekannt, dass der Werkstoff 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 Werkstoff ab, er ist aber auch für einen gegebenen Werkstoff 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 Auslenkungsstufe 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, den Bereich der Belastungsfrequenzen 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:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot t} \quad (9)$$

7.3.2 Belastungsbedingungen

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

$$\varepsilon(t) = \alpha_i \cdot t \quad (10)$$

7.3.3 Dehnungsamplituden für direkte Zugprüfungen

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 direkten Zugprüfungen 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	$\geq 7,5$ GPa	< 1 GPa	≥ 1 GPa
	Dehnungsamplitude Mikrostrain			
≤ 10	100	50	—	—
$10 \leq \Theta < 20$	—	—	200	100
$20 \leq \Theta \leq 40$	—	—	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 des Probekörpers muss der festgelegten Temperatur mit einer Grenzabweichung von $\pm 0,5^\circ\text{C}$ entsprechen. Außerdem kann zur Temperaturkontrolle ein Blindprobekörper mit einem innenliegenden Thermofühler in der Nähe des geprüften Probekörpers verwendet werden. Für jede Prüftemperatur muss der Probekörper vor der Prüfung für mindestens 4 h in der Klimaprüfkammer gelagert werden, es sei denn eine Überprüfung zeigt, dass innerhalb eines kürzeren Zeitraums eine gleichmäßige Temperatur erreicht wird.

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. Um eine präzise Bestimmung der Hauptkurve des Steifigkeitsmoduls durch Verschiebung der Isothermen zu ermöglichen, sollten die Prüftemperaturen so gewählt werden, dass sie ausreichend eng beisammen liegen. Die Produktspezifikationen legen jedoch im Allgemeinen eine Temperatur und eine Frequenz fest.

Für die Bestimmung einer Hauptkurve des Steifigkeitsmoduls sollte die Differenz zwischen zwei Isothermen nicht größer als 10°C sein. Eine typische Temperaturgruppe könnte sein: -30°C , -20°C , -10°C , 0°C , $+10^\circ\text{C}$, $+15^\circ\text{C}$, $+20^\circ\text{C}$, $+30^\circ\text{C}$, $+40^\circ\text{C}$. Die Temperatur von 40°C sollte mit Sorgfalt angewendet werden, insbesondere da sie zu Problemen mit der Nichtlinearität führen und gegebenenfalls auch das Kriechverhalten der Probekörper beeinflussen kann (besonders im Fall der Biegeprüfungen).

9 Auswertung

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 ($^\circ$). Die Punkte, an denen sie gemessen werden, hängen vom verwendeten Prüfgerät ab (siehe Tabelle 2).

Die beiden Komponenten des komplexen Moduls sind, falls gefordert, für die reelle Komponente E_1 nach Gleichung (10)^{N2)} und für die imaginäre Komponente E_2 nach Gleichung (11)^{N3)}, in Megapascal (MPa), zu berechnen.

$$E_1 = \gamma \cdot \left(\frac{F}{z} \cdot \cos(\varphi) + 10^{-6} \cdot \mu \cdot \omega^2 \right) \quad (11)$$

$$E_2 = \gamma \cdot \frac{F}{z} \cdot \sin(\varphi) \quad (12)$$

N2) Nationale Fußnote: Fehler in der Referenzfassung, gemeint ist Gleichung (11).

N3) Nationale Fußnote: Fehler in der Referenzfassung, gemeint ist Gleichung (12).

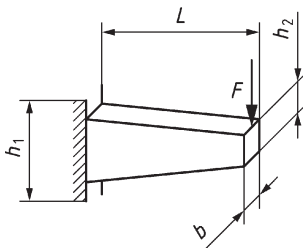
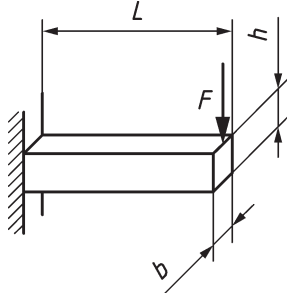
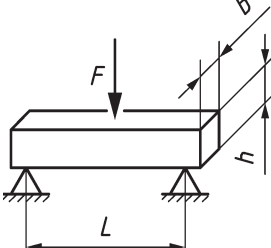
Die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffs müssen mit Hilfe der in Tabelle 2 angegebenen speziellen Faktoren von diesen Messgrößen abgeleitet werden.

ANMERKUNG 1 Die Präzision 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.

Der Steifigkeitsmodul (der Absolutwert des komplexen Moduls $|E^*|$) und der Phasenwinkel φ , ein äquivalenter Ausdruck für den komplexen Modul, müssen mit Hilfe der Gleichungen (5) und (6) abgeleitet werden.

ANMERKUNG 2 Verschiebungsmessungen werden dort vorgenommen, wo die Last aufgebracht wird, außer beim Verfahren der indirekten Zugprüfung. Beim Verfahren der indirekten Zugprüfung wird die Verschiebung an dem Durchmesser gemessen, der im rechten Winkel zu dem Durchmesser steht, auf den die Last aufgebracht wird (siehe Bild C.1 und F.1).

**Tabelle 2 — Form- und Massenfaktoren für verschiedene Probekörper und Belastungsbedingungen
(alle Maße in Millimeter (mm), alle Massen in Gramm (g))**

Belastungsart		Formfaktor, γ mm^{-1}	Massefaktor, μ g
2PB-TR		$\frac{12L^3}{b(h_1 - h_2)^3} \left[\left(2 - \frac{h_2}{2h_1} \right) \frac{h_2}{h_1} - \frac{3}{2} - \ln \frac{h_2}{h_1} \right]$	$0,135 M + m$
2PB-PR		$\frac{4L^3}{bh^3}$	$\frac{M}{4} + m$
3PB-PR		$\frac{24L^3}{\pi^4 bh^3} \approx \frac{L^3}{4bh^3}$	$\frac{M + m}{2}$