

DIN EN 12697-24

ICS 93.080.20

Ersatz für
DIN EN 12697-24:2012-08**Asphalt –
Prüfverfahren –
Teil 24: Beständigkeit gegen Ermüdung;
Deutsche Fassung EN 12697-24:2018**

Bituminous mixtures –
Test methods –
Part 24: Resistance to fatigue;
German version EN 12697-24:2018

Mélanges bitumineux –
Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud –
Partie 24: Résistance à la fatigue;
Version allemande EN 12697-24:2018

Gesamtumfang 68 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12697-24:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von 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.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 5725-2 siehe DIN ISO 5725-2

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12697-24:2012-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Reihentitel gibt nicht länger an, dass sich die Verfahren ausschließlich auf Heißasphalt beziehen;
- b) Überarbeitung verschiedener Textabschnitte, um die Verfahren präziser zu beschreiben;
- c) „Lastangriffe“ in „Lastzyklen“ geändert;
- d) Bild A.1 korrigiert: Legendenpunkt 3 deutet auf die Nut im Metallsockel;
- e) Vervollständigung von Bild E.3: Linie 1 zum Extensometer in der Vorderansicht hinzugefügt;
- f) Einführung eines neuen Anhangs zur Prüfung zylindrischer Probekörper mittels indirekter zyklischer Zugbelastung (CIT-CY).

Frühere Ausgaben

DIN EN 12697-24: 2004-09, 2007-10, 2012-08

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 5725-2, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen — Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens*

Deutsche Fassung
Asphalt —
Prüfverfahren —
Teil 24: Beständigkeit gegen Ermüdung

Bituminous mixtures —
Test methods —
Part 24: Resistance to fatigue

Mélanges bitumineux —
Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné
à chaud —
Partie 24: Résistance à la fatigue

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	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	6
3.1 Allgemeines	6
3.2 Zweipunkt-Biegeprüfung an trapezförmigen Probekörpern (2PB-TR)	6
3.3 Zweipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (2PB-PR)	7
3.4 Dreipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (3PB-PR)	9
3.5 Vierpunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (4PB-PR)	10
3.6 Symbole für die Prüfung mit indirekter Zugbelastung an zylindrischen Probekörpern (IT-CY)	16
3.7 Symbole für die Prüfung mit indirekter zyklischer Zugbelastung an zylindrisch geformten Probekörpern (CIT-CY)	16
4 Probenvorbereitung	17
4.1 Lagerung der Probekörper	17
4.2 Trocknen der Probekörper	17
4.3 Maße und Raumdichte der Probekörper	17
5 Versagen	18
6 Auswahl der Prüfbedingungen	18
7 Zusammenfassung der Prüfverfahren	18
7.1 Zweipunkt-Biegeprüfung an trapezförmigen Probekörpern (2PB-TR)	18
7.2 Zweipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (2PB-PR)	18
7.3 Dreipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (3PB-PR)	18
7.4 Vierpunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (4PB-PR)	19
7.5 Indirekte Zugprüfung an zylindrischen Probekörpern (IT-CY)	19
7.6 Prüfung mit indirekter zyklischer Zugbelastung an zylindrischen Probekörpern (CIT-CY)	19
8 Überprüfung der Prüfeinrichtung	19
9 Prüfbericht	20
Anhang A (normativ) Zweipunkt-Biegeprüfung an trapezförmigen Probekörpern (2PB-TR)	21
A.1 Kurzbeschreibung	21
A.2 Prüfeinrichtung	22
A.3 Probekörpervorbereitung	23
A.4 Durchführung	26
A.5 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse	27
A.6 Prüfbericht	28
A.7 Präzision	28
Anhang B (normativ) Zweipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (2PB-PR)	29
B.1 Kurzbeschreibung	29
B.2 Prüfeinrichtung	29
B.3 Probekörpervorbereitung	30
B.4 Durchführung	30
B.5 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse	31

B.6	Prüfbericht.....	33
B.7	Präzision.....	33
Anhang C (normativ) Dreipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (3PB-PR)		34
C.1	Kurzbeschreibung.....	34
C.2	Prüfeinrichtung.....	34
C.3	Probekörpervorbereitung	35
C.4	Durchführung	36
C.5	Berechnung und Darstellung der Ergebnisse	37
C.6	Prüfbericht.....	40
C.7	Präzision.....	40
Anhang D (normativ) Vierpunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (4PB-PR).....		41
D.1	Kurzbeschreibung.....	41
D.2	Prüfeinrichtung.....	43
D.3	Probekörpervorbereitung	44
D.4	Durchführung	46
D.5	Berechnung und Darstellung der Ergebnisse	47
D.6	Prüfbericht.....	48
D.7	Präzision.....	48
Anhang E (normativ) Indirekte Zugprüfung von zylindrischen Probekörpern (IT-CY)		49
E.1	Kurzbeschreibung.....	49
E.2	Prüfeinrichtung.....	49
E.3	Probekörpervorbereitung	53
E.4	Durchführung	54
E.5	Berechnung und Darstellung der Ergebnisse	55
E.6	Prüfbericht.....	58
E.7	Präzision.....	58
Anhang F (normativ) Prüfung mit indirekter zyklischer Zugbelastung an zylindrischen Probekörpern (CIT-CY)		59
F.1	Kurzbeschreibung.....	59
F.2	Prüfeinrichtung.....	59
F.3	Probekörpervorbereitung	61
F.4	Durchführung	62
F.5	Berechnung und Darstellung der Ergebnisse	64
F.6	Prüfbericht.....	65
F.7	Präzision.....	65
Literaturhinweise.....		66

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 12697-24:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN 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 12697-24:2012.

Gegenüber EN 12697-24:2012 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- der Reihentitel gibt nicht länger an, dass sich die Verfahren ausschließlich auf Heißasphalt beziehen [Titel];
- Überarbeitung verschiedener Textabschnitte, um die Verfahren präziser zu beschreiben [allgemein];
- „Lastangriffe“ in „Lastzyklen“ geändert [allgemein];
- Bild A.1 korrigiert: Legendepunkt 3 deutet auf die Nut im Metallsockel [A.1.2];
- Vervollständigung von Bild E.3: Linie 1 zum Extensometer in der Vorderansicht hinzugefügt [E.2.5.3];
- Einführung eines neuen Anhangs zur Prüfung zylindrischer Probekörper mittels indirekter zyklischer Zugbelastung (CIT-CY) [Anhang F].

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.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Verfahren zur Charakterisierung der Ermüdung von Asphalt durch verschiedene Prüfungen, einschließlich Biegeprüfungen sowie direkter und indirekter 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:

- a) zur Einstufung von Asphalt nach seiner Beständigkeit gegen Ermüdung;
- b) als Hinweis auf das relative Leistungsvermögen von Asphalt in der Fahrbahnbefestigung;
- c) dazu, Daten zur Abschätzung des Tragverhaltens in der Straße zu erhalten; und
- d) zur Beurteilung der Prüfdaten nach den für Asphalt geltenden Festlegungen.

Da diese Europäische Norm keinen bestimmten Prüfgerätetyp vorschreibt, hängt die genaue Auswahl der Prüfbedingungen von den Möglichkeiten und dem Arbeitsbereich der im betreffenden Fall verwendeten Prüfeinrichtung ab. Bei der Auswahl der jeweiligen Prüfbedingungen müssen 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 12697-8, *Asphalt — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 8: Bestimmung von volumetrischen Charakteristiken von Asphalt-Probekörpern*

EN 12697-26, *Asphalt — Prüfverfahren — Teil 26: Steifigkeit*

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 für Heißasphalt — Teil 33: Probestückvorbereitung mit einem Walzenverdichtungsgerät*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe, Symbole und Abkürzungen.

3.1 Allgemeines

3.1.1

Ermüdung

Verringerung der Festigkeit eines Werkstoffs bei wiederholter Belastung im Vergleich mit der Festigkeit unter einer Einzellast

3.1.2

konventionelle Versagenskriterien

Anzahl der Lastzyklen, $N_{f/50}$, bei der sich der absolute Wert des komplexen Steifigkeitsmoduls S_{mix} (Steifigkeitsmodul) auf die Hälfte seines Ausgangswertes $S_{\text{mix},0}$ verringert hat

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Norm werden nicht nur die konventionellen Versagenskriterien, die auf der Verringerung der Steifigkeit beruhen, dargestellt. Auch andere Versagenskriterien, z. B. Auftreten von Makrorissen oder der energiebasierte Versagensmechanismus, kommen zur Anwendung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Unterschiedliche Prüfverfahren und unterschiedliche Versagenskriterien könnten zu Ergebnissen führen, die nicht vergleichbar sind.

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei einer weggeregelten Ermüdungsprüfung ist die Verringerung des Steifigkeitsmoduls auf die Hälfte seines Ausgangswertes ein allmählicher Prozess. Bei einer kraftgeregelten Prüfung wird in den meisten Fällen ein fortschreitendes Versagen des Probekörpers stattfinden.

3.1.3

anfänglicher komplexer Steifigkeitsmodul

komplexer Steifigkeitsmodul $S_{\text{mix},0}$ nach 100 Lastzyklen

3.2 Zweipunkt-Biegeprüfung an trapezförmigen Probekörpern (2PB-TR)

3.2.1

Konstante der Relation zur größten Dehnung

Konstante, die es ermöglicht, die Verschiebung z des Kopfes des trapezförmigen Probekörpers mit den Maßen $[B, b, e, h]$, auf den eine Biegedehnungsstufe ε ausgeübt wird, in die größte Dehnung umzuwandeln

Anmerkung 1 zum Begriff: K_ε und deren Beziehung zu den oben genannten Parametern sind durch folgende Gleichungen gegeben:

$$K_\varepsilon \cdot z = \varepsilon \quad (1)$$

$$K_{\varepsilon j} = \frac{(B_i - b_i)^2}{8 \cdot b_i \cdot h_i^2 \left[\frac{(b_i - B_i) \cdot (3B_i - b_i)}{2 \cdot B_i^2} + \ln \frac{B_i}{b_i} \right]} \quad (2)$$

3.2.2 Symbole

Sofern eine Dehnung von 1 Mikrostrain (μstrain) vereinbarungsgemäß 10^{-6} entspricht, werden folgende Symbole verwendet:

i	Index des Probekörpers für eine Einzelprüfung (von 1 bis n);
h_i	Höhe, in Millimeter (mm);
B_i	Länge der langen Grundflächenkante, in Millimeter (mm);
b_i	Länge der kurzen Grundflächenkante, in Millimeter (mm);
e_i	Dicke, in Millimeter (mm);
v_i	nach dem Verfahren durch Ausmessen bestimmter Hohlraumgehalt des Probekörpers i , in Prozent (%);
K_{EI}	Konstante in Relation zur größten Dehnung, im umgekehrten Verhältnis zu Millimeter (mm^{-1});
z_i	Amplitude der Verschiebung am Kopf des Probekörpers i , in Millimeter (mm);
ε_i	größte relative Dehnung des Probekörpers i , entspricht der Verschiebung am Kopf des Trapezes;
N_i	konventionelle Dauerhaltbarkeit des Probekörpers i ;
a	Ordinate der Ermüdungskurve nach der Gleichung $\lg(N) = a + (1/b) \lg(\varepsilon)$;
r_2	linearer Korrelationskoeffizient ($\lg(N_i)$, $\lg(\varepsilon_i)$);
$1/b$	Anstieg der Ermüdungskurve;
$\lg(\varepsilon)$	Mittelwert von $\lg(\varepsilon_i)$;
$S_{\lg(\varepsilon)}$	Standardabweichung von $\lg(\varepsilon_i)$;
$S_{\lg(N)}$	Standardabweichung von $\lg(N_i)$;
ε_6	10^6 Zyklen entsprechende Dehnung;
s_N	Schätzwert der Rest-Standardabweichung der dekadischen Logarithmen der Dauerhaltbarkeiten;
$\Delta\varepsilon_6$	Qualitätsindex der Prüfung;
n	Anzahl der Probekörper.

3.3 Zweipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (2PB-PR)

3.3.1

Konstanten für die Betrachtung der Probekörpergeometrie

Konstanten, die es ermöglichen, die Festigkeit P_{ij} am Kopf des Probekörpers i mit den Maßen b_i , e_i und h_i , auf den eine Biegekraft aufgebracht wird, zu ermitteln, um die Höchstzugspannung zu berechnen

Anmerkung 1 zum Begriff: K_{OI} und deren Beziehung zu den zuvor genannten Parametern sind durch folgende Gleichungen gegeben:

$$K_{\sigma i} \cdot P_{ij} = \sigma_{j\max} \quad (3)$$

Dabei ist

- $K_{\sigma i}$ die Konstante für die Betrachtung der Probekörpergeometrie bei konstanter Kraft (mm^{-2});
 P_{ij} die Amplitude der am Kopf aufgebrauchten Kraft, in Newton (N);
 $\sigma_{j\max}$ die größte relative Zugspannung des Probekörpers, entspricht der am Kopf des Prismas aufgebrauchten Kraft.

$$K_{\sigma i} = \frac{6h_i}{b_i^2 \cdot e_i} \quad (4)$$

Dabei ist

- $K_{\sigma i}$ die Konstante für die Betrachtung der Probekörpergeometrie bei konstanter Kraft (Faktor nach EN 12697-26);
 b_i die Länge der Grundflächenkante, in Millimeter (mm);
 h_i die Höhe, in Millimeter (mm);
 e_i die Breite, in Millimeter (mm).

3.3.2 Symbole

Sofern eine Dehnung von 1 Mikrostrain (μstrain) vereinbarungsgemäß 10^{-6} entspricht, werden folgende Symbole verwendet:

3.3.2.1 Probe *i*

- h_i Höhe, in Millimeter (mm);
 b_i entweder (A) die Länge der kurzen Grundflächenkante oder (B) die Länge der Grundflächenkante, in Millimeter (mm);
 e_i Dicke, in Millimeter (mm);
 m_i Masse, in Gramm (g);
 $v_i\%$ nach dem Verfahren durch Ausmessen ermittelter Hohlraumgehalt im Verhältnis zum Atmosphärendruck, in Prozent (%);
 $K_{\sigma i}$ Konstante für die Betrachtung der Probekörpergeometrie bei konstanter Kraft, im umgekehrten Verhältnis zu Millimeter (mm^{-1}).

3.3.2.2 Auf den Kopf des Probekörpers *i* aufgebrauchte Kraft und Höchstzugspannung des Probekörpers *i* bei der Zugspannungsstufe $\sigma_{j\max}$

- P_{ij} Amplitude der auf den Kopf aufgebrauchten Kraft, in Newton (N);
 $\sigma_{j\max}$ größte relative Zugspannung des Probekörpers, entspricht der am Kopf des Prismas aufgebrauchten Kraft, in Megapascal (MPa).

3.3.2.3 Dauerhaltbarkeit des Probekörpers i bei der Spannungsstufe $\sigma_{j\max}$

$N_{\sigma ij}$ Dauerhaltbarkeit bei kraft geregelter Prüfung.

3.3.2.4 Dauerhaltbarkeit in Relation zur Probe i bei der Dehnungsstufe ε_j

$N_{\varepsilon ij}$ konventionelle Dauerhaltbarkeit bei weggeregelter Prüfung.

3.3.2.5 Ermüdungskurve

p_σ Anstieg der Ermüdungskurve $\ln(\sigma_{j\max}) = f(\ln(N_{ij}))$;

$\hat{\sigma}_6$ 10^6 Zyklen entsprechende Zugspannung, in Megapascal (MPa);

$s_{\sigma x/y}$ Schätzwert der Rest-Standardabweichung der natürlichen Logarithmen der Dauerhaltbarkeiten;

$\Delta\hat{\sigma}_6$ Vertrauensbereich von $\hat{\sigma}_6$ für eine Wahrscheinlichkeit von 95 %, in Megapascal (MPa);

N Anzahl der Einzelprüfungen (Anzahl der Probekörper bei der Zugspannungsstufe $\sigma_{j\max}$ multipliziert mit der Anzahl der Stufen), wobei $N = n \cdot l$;

s_N Schätzwert der Standardabweichung von $\ln(N_{ij})$.

3.3.2.6 Dauerhaltbarkeit einer Reihe von n Probekörpern (A) bei der Dehnungsstufe $\varepsilon_{j\max}$ oder (B) bei der Zugspannungsstufe $\sigma_{j\max}$

$N_{\sigma j\max}$ mittlere Anzahl der bei der Zugspannungsstufe $\sigma_{j\max}$ durchlaufenen Zyklen;

$N_{\varepsilon j\max}$ mittlere Anzahl der bei der Dehnungsstufe $\varepsilon_{j\max}$ durchlaufenen Zyklen

3.4 Dreipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (3PB-PR)

3.4.1 Symbole

Es werden folgende Symbole verwendet:

$2A_t$ Amplitude der Spannungs-Näherungsfunktion, in Megapascal (MPa);

$2A_\varepsilon$ Amplitude der Dehnungs-Näherungsfunktion, in Meter je Meter (m/m);

B Messgrundlänge des Extensometers, in Millimeter (mm);

B_t Phasenwinkel der Spannungs-Näherungsfunktion, im Bogenmaß (rad);

B_ε Phasenwinkel der Dehnungs-Näherungsfunktion, im Bogenmaß (rad);

D_c Verschiebung zum Zeitpunkt t , in Mikrometer (μm);

$2D_0$ Gesamtamplitude der Verschiebungsfunktion, in Mikrometer (μm);

DDE Dichte der abgegebenen Energie, in Megapascal (MPa) oder Megajoule je Kubikmeter (MJ/m^3);

$DDE(x)$ Dichte der bei Zyklus x abgegebenen Energie, in Megajoule je Kubikmeter (MJ/m^3);

<i>EXT</i>	momentanes Extensometersignal, in Millimeter (mm);
<i>L</i>	Abstand zwischen den Auflagerungen, in Millimeter (mm);
<i>MD</i>	dynamischer Modul, in Megapascal (MPa);
<i>N</i>	Anzahl der bei Beendigung der Prüfung durchlaufenen Zyklen;
<i>P</i>	momentane Last, in Megapascal (MPa);
<i>W</i>	Gesamtdichte der im Verlauf der gesamten Prüfung abgegebenen Energie, in Megajoule je Kubikmeter (MJ/m ³);
<i>b</i>	Breite des Probekörpers, in Millimeter (mm);
<i>e</i>	Dicke des Probekörpers, in Millimeter (mm);
<i>f</i>	Wellenfrequenz, in Hertz (Hz);
<i>m</i>	$(N - 200)/500$;
<i>t</i>	Zeit, in Sekunden (s);
ε	momentane Dehnung oder Amplitude einer Halbperiode der Dehnungsfunktion beim 200. Zyklus, in 10^{-6} ($\mu\text{m}/\text{m}$);
ε_a	Wert der Dehnungs-Näherungsfunktion, in 10^{-6} ($\mu\text{m}/\text{m}$);
ε_c	Amplitude einer Dehnungsfunktionsperiode, in 10^{-6} ($\mu\text{m}/\text{m}$);
ε_6	Dehnung bei 10^6 Zyklen, in 10^{-6} ($\mu\text{m}/\text{m}$);
σ	momentane Spannung, in Megapascal (MPa);
σ_a	Wert der Spannungs-Näherungsfunktion; in Megapascal (MPa);
σ_c	Amplitude einer Spannungsfunktionsperiode, in Megapascal (MPa);
ϕ	Phasenverschiebungswinkel, in Grad ($^\circ$).

3.5 Vierpunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (4PB-PR)

3.5.1 (komplexer) Steifigkeitsmodul

Verhältnis $S = S_{\text{mix},n} \cdot e^{i\phi}$ von berechneter Spannung und Dehnung im Probekörper bei Zyklus n

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Steifigkeitsmodul bestimmt die Beziehung zwischen der Spannung und der Dehnung eines linear viskoelastischen Werkstoffs, der einer sinusförmigen Belastung unterzogen wird.

3.5.2 anfänglicher (komplexer) Steifigkeitsmodul

beim 100. Lastzyklus gemessener Anfangswert $S_{\text{mix},0}$ des (komplexen) Steifigkeitsmoduls, in Megapascal (MPa), und für den anfänglichen Phasenwinkel ϕ_0 des komplexen Moduls, in Grad ($^\circ$)

3.5.3

Dauerhaltbarkeit $N_{i,j,k}$ eines Probekörpers

Anzahl der Zyklen für den Probekörper i , die den gewählten Versagenskriterien j (z.B. konventionelles Versagen $j=f/50$) bei der gegebenen Reihe von Prüfbedingungen k (Temperatur, Frequenz und Belastungsart) entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Belastungsart könnte eine konstante Durchbiegungsstufe oder konstante Kraftstufe und/oder jede sonstige konstante Belastungsbedingung sein.

3.5.4

Prüfbedingung k

Reihe von Bedingungen, bei denen der Probekörper geprüft wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu dieser Reihe gehören die angewendete Frequenz f , die Prüftemperatur θ und die Belastungsart (konstante Durchbiegung oder konstante Kraft und/oder konstante Energieabgabe je Zyklus).

3.5.5

Gesamtlänge L_{ges}

Gesamtlänge des prismatischen Probekörpers, in Millimeter (mm)

3.5.6

effektive Länge L

Abstand zwischen den beiden äußeren Klemmen, in Millimeter (mm)

3.5.7

Breite B

Breite des prismatischen Probekörpers, in Millimeter (mm)

3.5.8

Höhe H

Höhe des prismatischen Probekörpers, in Millimeter (mm)

3.5.9

mittige Spannweite a

Abstand zwischen den beiden inneren Klemmen, in Millimeter (mm)

3.5.10

Koordinate A

Abstand zwischen der linken äußeren ($x = 0$) und der linken inneren Klemme ($x = A$), in Millimeter (mm)

3.5.11

Koordinate x

Abstand zwischen x und der linken äußeren Klemme ($0 \leq x \leq L/2$), in Millimeter (mm)

3.5.12

Koordinate x_s

Koordinate x , bei der die Durchbiegung gemessen wird ($A \leq x_s \leq L/2$), in Millimeter (mm)

3.5.13

Dichte ρ

Raumdicke des Probekörpers, in Kilogramm je Kubikmeter (kg/m^3)

$$\rho = \frac{M_{\text{Balken}} \cdot 10^9}{(H \cdot L \cdot B)} \quad (5)$$

3.5.14**Masse** M_{Balken}

Gesamtmasse des prismatischen Balkens, in Kilogramm (kg)

3.5.15**Dämpfungskoeffizient** T

für die Berechnung der Systemverluste erforderlicher Koeffizient, in Kilogramm je Sekunde (kg/s)

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Koeffizient kann nur durch Einstellung der Prüfeinrichtung mit Hilfe eines Bezugsbalkens ermittelt werden, dessen Steifigkeitsmodul und (werkstoffabhängiger) Phasenwinkel bekannt sind. Bei gut funktionierenden Prüfeinrichtungen kann der Koeffizient T vernachlässigt (d. h. gleich null gesetzt) werden.

3.5.16**Gewichtsfunktion** $R(x)$ dimensionslose Funktion in Abhängigkeit vom Abstand x zur linken äußeren Klemme, von der Koordinate A der linken inneren Klemme und von der effektiven Länge L zwischen den beiden äußeren Klemmen

$$R(x) = \frac{12L^3}{A \cdot (3L \cdot x - 3x^2 - A^2)} \quad (6)$$

3.5.17**äquivalente Masse** $M_{\text{äq}}$ gewichtete Masse der beweglichen Teile des Balkens (M_{Balken}), des Messfühlers ($M_{\text{Messfühler}}$) und der Klemmen (M_{Klemme}), deren Wert von dem Ort, an dem die Durchbiegung $Z(x_s)$ gemessen wird, abhängt, in Kilogramm (kg)

$$M_{\text{äq}} = \frac{R(x_s)}{\pi^4} \cdot M_{\text{Balken}} + \frac{R(x_s)}{R(A)} \cdot M_{\text{Klemme}} + M_{\text{Messfühler}} \quad (7)$$

3.5.18**äquivalenter Dämpfungskoeffizient**gewichteter Koeffizient für die Dämpfung innerhalb des Systems, dessen Wert von dem Ort, an dem die Durchbiegung $Z(x_s)$ gemessen wird, abhängt, in Kilogramm je Sekunde (kg/s)

$$T_{\text{äq}} = \frac{R(x_s)}{R(A)} \cdot T \quad (8)$$

3.5.19**Durchbiegung** $Z(x_s)$ Amplitude der Durchbiegung des Balkens im Verlauf eines Zyklus bei Messung an oder zwischen den beiden inneren Klemmen mit einem Abstand x_s von der linken äußeren Klemme, in Millimeter (mm)

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem perfekten sinusförmigen Signal beträgt der Spitzen-Spitzen-Wert das Doppelte der Signalamplitude.

3.5.20**Kraft** F_0

Amplitude der auf die beiden inneren Klemmen aufgebrauchten Gesamtkraft, in Newton (N)

3.5.21**Frequenz** f_0 [Hz] und **Kreisfrequenz** ω_0 [rad/s]

Frequenz der sinusförmig aufgebrauchten Last

$$\omega_0 = 2\pi \cdot f_0 \quad (9)$$

3.5.22

Trägheitsfunktion $I(x_s)$

dimensionslose Funktion in Abhängigkeit vom Abstand x_s , mit der den Massenträgheitseffekten Rechnung getragen wird

$$I(x_s) = M_{\text{äq}} \cdot \frac{Z(x_s)}{F_0} \cdot \omega_0^2 \cdot 10^{-3} \quad (10)$$

3.5.23

Dämpfungsfunktion $J(x_s)$

dimensionslose Funktion in Abhängigkeit vom Abstand x_s , mit der den Dämpfungseffekten (nicht viskos) im System (Systemverlusten) Rechnung getragen wird

$$J(x_s) = T_{\text{äq}} \cdot \frac{Z(x_s)}{F_0} \cdot \omega_0 \cdot 10^{-3} \quad (11)$$

3.5.24

gemessene Phasenverzögerung $\varphi^*(x_s)$

im Verlauf eines Zyklus gemessene Phasenverzögerung zwischen der sinusförmig aufgetragenen Last und der gemessenen Durchbiegung $Z(x_s)$, in Grad (°)

3.5.25

System-Phasenverzögerung $\theta(x_s)$

für einen Zyklus berechnete Phasenverzögerung, die die Systemverluste repräsentiert, in Grad (°)

$$\tan\left(\theta \cdot \frac{\pi}{180}\right) = \frac{T_{\text{äq}} \cdot \omega_0}{M_{\text{äq}} \cdot \omega_0^2} \quad (12)$$

3.5.26

Phasenverzögerung ϕ

für einen Zyklus berechnete Phasenverzögerung zwischen der Spannung und der Dehnung, die bei der angewendeten Frequenz im Probekörper auftreten, in Grad (°)

$$\tan\left(\phi \cdot \frac{\pi}{180}\right) = \frac{\sin\left(\phi^*(x_s) \cdot \frac{\pi}{180}\right) - J(x_s)}{\cos\left(\phi^*(x_s) \cdot \frac{\pi}{180}\right) + I(x_s)} \quad (13)$$

3.5.27

komplexer (Steifigkeits-)Modul oder dynamischer Steifigkeitsmodul S_{mix}

für einen Zyklus berechneter Modul des komplexen Moduls des Probekörpers, in Megapascal (MPa)

$$S_{\text{mix}} = \frac{12F_0 \cdot L^3}{Z(x_s) \cdot R(x_s) \cdot B \cdot H^3} \cdot \sqrt{1 + 2[\cos(\phi^*(x_s)) \cdot I(x_s) - \sin(\phi^*(x_s)) \cdot J(x_s)] + [I^2(x_s) + J^2(x_s)]} \quad (14)$$

3.5.28

Konstante K in Relation zur (größten) Dehnung

Konstante, die die Berechnung der größten Biegedehnungsamplitude an dem Ort, an dem die Durchbiegung gemessen wird, ermöglicht, im umgekehrten Verhältnis zu Millimeter (mm^{-1})

$$K(x_s) = \frac{H \cdot A}{4L^3} \cdot R(x_s) \quad (15)$$

3.5.29**Dehnungsamplitude $\varepsilon = \varepsilon(x_s)$**

größte Dehnungsamplitude, die im Verlauf eines Zyklus zwischen den beiden inneren Klemmen auftritt, in Mikrometer je Meter ($\mu\text{m}/\text{m}$)

$$\varepsilon = K(x_s) \cdot Z(x_s) \cdot 10^6 \quad (16)$$

3.5.30**Spannungsamplitude σ**

größte Spannungsamplitude, die im Verlauf eines Zyklus zwischen den beiden inneren Klemmen auftritt, in Megapascal (MPa)

$$\sigma = S_{\text{mix}} \cdot \varepsilon \cdot 10^{-6} \quad (17)$$

3.5.31**abgegebene Energie je Zyklus**

in den Balken abgegebene viskose Energie je Volumeneinheit ΔW_{dis} und Zyklus für sinusförmige Dehnungs- und Spannungssignale, in Kilojoule je Kubikmeter (kJ/m^3)

$$\Delta W_{\text{dis}} = 10^{-3} \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot \sin\left(\phi(x_s) \cdot \frac{\pi}{180}\right) \quad (18)$$

3.5.32**kumulierte abgegebene Energie**

Summe der je Zyklus bis zum Zyklus n abgegebenen Energie

$$W_{\text{dis},n(m)} = \sum_{i=1}^n \Delta W_{\text{dis},i} \quad (19)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Für den Fall, dass die Messungen in Intervallen $n(i)$ durchgeführt werden, wird empfohlen, die Trapezregel anzuwenden:

$$W_{\text{dis},n(m)} = n(1) \cdot \Delta W_{\text{dis},n(1)} + \sum_{i=1}^m \left[0,5 \cdot (n(i+1) - n(i)) \cdot (\Delta W_{\text{dis},n(i+1)} + \Delta W_{\text{dis},n(i)}) \right] \quad (20)$$

3.5.33**Amplitude**

halbe Differenz zwischen dem im Verlauf eines Zyklus gemessenen Maximum und Minimum eines (sinusförmigen) Signals

3.5.34**Messfehler**

Differenz zwischen dem wahren Wert einer physikalischen Größe und dem vom Messgerät angezeigten Wert, angegeben als Anteil des wahren Wertes, in Prozent (%)

3.5.35**Genauigkeitsklasse**

zulässiger Messfehler im Ausgangssignal eines Messwertaufnehmers oder Messfühlers

3.5.36 Symbole

Es werden folgende Symbole verwendet:

A_1	Schätzwert des Anstiegs p ;
A_0	Schätzwert der Belastungsstufe Q ;
B	Breite des prismatischen Probekörpers, in Millimeter (mm);
D	maximale Nennkorngröße des zu prüfenden Asphalts, in Millimeter (mm);
H	Höhe des prismatischen Probekörpers, in Millimeter (mm);
L	effektive Länge des prismatischen Probekörpers, in Millimeter (mm);
L_{ges}	Gesamtlänge des prismatischen Probekörpers, in Millimeter (mm);
M_{Balken}	Masse des gesamten Balkens ohne die Massen der befestigten Klemmen, in Kilogramm (kg);
M_{Klemmen}	Massen der beiden inneren Klemmen, einschließlich der Masse des Klebstoffes und der Masse des Rahmens zwischen der Kraftmessdose und dem Kolben, in Kilogramm (kg);
$M_{\text{Messfühler}}$	Masse der beweglichen Teile des Messfühlers, in Kilogramm (kg);
$M_{\text{äq}}$	äquivalente Masse, in Kilogramm (kg);
$N_{i,j,k}$	Lebensdauer des Probekörpers i für die gewählten Versagenskriterien j und die Reihe der Prüfbedingungen k in Zyklen;
$N_{f/50}$	Anzahl der Lastzyklen beim konventionellen Versagen, wenn sich der Modul des (komplexen) Steifigkeitsmoduls auf die Hälfte seines Anfangswertes verringert hat;
Q	Stufe der Belastungsart-Prüfbedingung, die in Übereinstimmung mit den gewählten Versagenskriterien k einer Anzahl von 10^6 Zyklen für die Dauerhaltbarkeit entspricht;
ΔQ	Vertrauensbereich in Relation zu Q ;
S_{mix}	Anfangswert des berechneten Moduls, in Megapascal (MPa);
$S_{x/y}$	Schätzwert der Standardabweichung der Restverteilung der natürlichen Logarithmen der Dauerhaltbarkeiten, $\sigma_{x/y}$;
T	Koeffizient der Systemverluste bei Verwendung der Gleichungen des Elastizitätsmoduls in der Auswertung;
p	Anstieg der Ermüdungskurve;
r	Korrelationskoeffizient der Regression;
x	Abstand vom Probenende, in Millimeter (mm);
x_s	Abstand vom Probekörperende bis zu der Stelle, an der der Messfühler angeordnet wird, in Millimeter (mm);
ε_i	beim 100. Lastzyklus gemessene anfängliche Dehnungsamplitude, in 10^{-6} ($\mu\text{m}/\text{m}$);
f	Prüffrequenz, in Hertz (Hz);
ω	Winkelgeschwindigkeit, in Radiant je Sekunde (rad/s);
θ	Prüftemperatur, in Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

3.6 Symbole für die Prüfung mit indirekter Zugbelastung an zylindrischen Probekörpern (IT-CY)

Es werden folgende Symbole verwendet:

F	gemessene Amplitude der Kraft, in Newton (N);
t	Probekörperdicke, in Millimeter (mm);
Ω	Probekörperdurchmesser, in Millimeter (mm);
ΔH	horizontale Gesamtverformung zwischen dem 60. Impuls und dem 100. Impuls, in Millimeter (mm);
$\Delta H_{R,n}$	Amplitude der horizontalen elastischen Verformung beim Impuls n , in Millimeter (mm);
ν	Querdehnzahl;
σ_0	Amplitude der Zugspannung in der Mitte des Probekörpers, in Megapascal (MPa);
ε_0	anfängliche Dehnung in der Mitte des Probekörpers, in Mikrometer je Meter ($\mu\text{m}/\text{m}$);
$\varepsilon_{R,n}$	Amplitude der elastischen Dehnung bei einem Lastzyklus n während der zyklischen Belastung, in Mikrometer je Meter ($\mu\text{m}/\text{m}$);
$S_{\text{mix},n}$	Steifigkeitsmodul beim Impuls n , in Megapascal (MPa);
W_n	Energieverhältnis;
n	Anzahl der Lastzyklen;
$N_{f,w}$	Anzahl der Lastzyklen bei Anwendung des elastischen Ansatzes;
k_w, n_w	Werkstoffkonstanten bei Anwendung des elastischen Ansatzes.

3.7 Symbole für die Prüfung mit indirekter zyklischer Zugbelastung an zylindrisch geformten Probekörpern (CIT-CY)

F_m	mittlere vertikale Kraft, in Kilonewton (kN);
F_l	untere vertikale Kraft, in Kilonewton (kN);
F_a	Amplitude der vertikalen Kraft, in Kilonewton (kN);
f	Lastfrequenz, in Hertz (Hz);
t	Prüfdauer, in Sekunden (s);
σ	maximale horizontale Zugspannung in der Mitte des Probekörpers, in Megapascal (MPa);
Ω	Probekörperdurchmesser, in Millimeter (mm);
h	Probekörperdicke, in Millimeter (mm);
u_m	mittlere horizontale Verschiebung, in Millimeter (mm);
u_a	Amplitude der horizontalen Verschiebung, in Millimeter (mm);

u_d	horizontale Verschiebungsrate, entspricht den viskoplastischen Durchbiegungen, in Millimeter je Sekunde (mm/s);
σ_a	maximale horizontale Zugspannung in der Mitte des Probekörpers, in Megapascal (MPa);
ε_a	maximale Amplitude der horizontalen Dehnung in der Mitte des Probekörpers, in Meter je Meter (m/m);
$\Delta\varepsilon$	maximaler Dehnungsunterschied in der Mitte des Probekörpers, in Millimeter je Meter (mm/m);
ν	Querdehnzahl, dimensionslos (-);
φ	Phasenwinkel zwischen vertikaler Kraftfunktion und horizontaler Verschiebungsfunktion, in Grad;
$S_{\text{mix},n}$	Steifigkeitsmodul, berechnet für das Lastintervall n , in Megapascal (MPa);
n	Anzahl der Lastzyklen entsprechend dem aufgezeichneten Intervall, (-);
$ER(n)$	Energieverhältnis für das Lastintervall, das der Lastzyklusnummer n entspricht (-);
$N_{f,w}$	Anzahl der Lastzyklen bis zur Dauerhaltbarkeit entsprechend dem Energiekriterium, (-);
$k_\varepsilon, n_\varepsilon$	Werkstoffkonstanten der Ermüdungsfunktion.

4 Probenvorbereitung

4.1 Lagerung der Probekörper

Vor Beginn der Prüfung müssen die Probekörper zwischen 14 Tagen und 42 Tagen 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 Tage 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.

4.2 Trocknen der Probekörper

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

ANMERKUNG Probekörper, die mindestens 14 Tage geschützt im Trockenen gelagert wurden, gelten als trocken.

4.3 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. Für die Zwecke der CE-Kennzeichnung darf die Raumdichte der einzelnen Probekörper um nicht mehr als 1 % von der durchschnittlichen Dichte des Loses abweichen. Bei größeren Abweichungen der Schüttdichte muss der Probekörper verworfen werden. Für andere Zwecke sind größere Abweichungen zulässig. Das hat allerdings Auswirkung auf die Messunsicherheit der Prüfergebnisse.

5 Versagen

Falls nichts anderes vorgeschrieben ist, muss das in 3.1.2 definierte konventionelle Versagenskriterium für die Art der durchgeführten Prüfung verwendet werden, um die Lebensdauer eines Werkstoffs zu bestimmen. In solchen Fällen muss das verwendete Kriterium im Prüfbericht angegeben werden.

6 Auswahl der Prüfbedingungen

Für die Ermüdungsprüfungen nach den Anhängen A bis D müssen die Prüflasten, Verformungen und Frequenzen so gewählt werden, dass der ε_c -Wert durch Interpolation, nicht jedoch durch Extrapolation, berechnet wird. Mindestens 20 % der Messergebnisse müssen zu beiden Seiten des Ergebnisses der Berechnung liegen.

Für Prüfungen nach den Anhängen E und F ist das Verfahren zur Ermittlung geeigneter Prüfbedingungen jeweils im betreffenden Anhang beschrieben.

7 Zusammenfassung der Prüfverfahren

7.1 Zweipunkt-Biegeprüfung an trapezförmigen Probekörpern (2PB-TR)

Mit diesem Verfahren lässt sich das Verhalten von Asphalt charakterisieren, der in Form trapezförmiger Probekörper mit kontrollierter Verschiebung einer Zweipunkt-Biegebelastung bis zur Ermüdung unterzogen wird. Dieses Verfahren kann auf Asphalt mit einer maximalen Korngröße der Gesteinskörnung von bis zu 20 mm und auf Probekörper angewendet werden, die im Labor hergestellt oder aus einer mindestens 40 mm dicken Fahrbahnbefestigungsschicht entnommen wurden. Bei Asphalt mit einem Größtkorn D zwischen 20 mm und 40 mm kann die Prüfung nach demselben Prinzip durchgeführt werden, jedoch sind die Probekörpermaße entsprechend anzupassen. Für eine gegebene Frequenz der sinusförmigen Verschiebung erfordert das Verfahren die Durchführung mehrerer Einzelprüfungen in einer belüfteten Umgebung und bei geregelter Temperatur.

7.2 Zweipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (2PB-PR)

Mit diesem Verfahren lässt sich das Verhalten von Asphalt charakterisieren, der in Form rechtwinkliger prismatischer Probekörper einer Zweipunkt-Biegebelastung bis zur Ermüdung unterzogen wird. Dieses Verfahren kann auf Asphalt mit einer maximalen Korngröße der Gesteinskörnung von bis zu 20 mm und auf Probekörper angewendet werden, die im Labor hergestellt oder aus einer mindestens 40 mm dicken Fahrbahnbefestigungsschicht entnommen wurden.

7.3 Dreipunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (3PB-PR)

Mit diesem Verfahren lässt sich das Verhalten von Asphalt charakterisieren, der in Form prismatischer, balkenförmiger Probekörper mit kontrollierter Verschiebung einer Dreipunkt-Biegebelastung bis zur Ermüdung unterzogen wird. Das Verhalten wird durch Bestimmung des Ermüdungsgesetzes in Bezug auf die Dehnung (Relation zwischen der Dehnung und der Anzahl der bis zum Versagen durchlaufenen Lastzyklen) und des zugehörigen Energiegesetzes charakterisiert. Dieses Verfahren kann auf Asphalt-Probekörper mit einer maximalen Korngröße der Gesteinskörnung von 22 mm oder auf Probekörper angewendet werden, die aus einer mindestens 50 mm dicken Fahrbahnbefestigungsschicht entnommen wurden. Für eine gegebene Frequenz der sinusförmigen Verschiebung erfordert das Verfahren die Durchführung mehrerer Einzelprüfungen bei geregelter Temperatur.

7.4 Vierpunkt-Biegeprüfung an prismatischen Probekörpern (4PB-PR)

Mit diesem Verfahren lässt sich das Verhalten von Asphalt charakterisieren, der in Form schmaler rechteckiger Probekörper (prismatische Balken) bis zur Ermüdung einer Vierpunkt-Biegebelastung in einem Prüfgerät unterzogen wird, dessen innere und äußere Klemmen symmetrisch angeordnet sind. Die prismatischen Balken müssen einer periodischen Vierpunkt-Biegebelastung mit freier Rotation und Translation in allen Lastangriffs- und Reaktionspunkten unterzogen werden. Die Biegung muss durch eine senkrecht und im rechten Winkel zur Längsachse des Balkens wirkende Belastung der beiden inneren Lastangriffspunkte (innere Klemmen) erreicht werden. Die vertikale Position der Endlager (äußere Klemmen) muss fixiert sein. Diese Belastungsanordnung muss ein konstantes Moment und damit eine konstante Dehnung zwischen den beiden inneren Klemmen aufbringen. Die Last muss sinusförmig aufgebracht werden. Während der Prüfung müssen die für die Biegung des Probekörpers benötigte Last, die Durchbiegung und die Phasenverzögerung zwischen diesen beiden Signalen als Funktion der Zeit gemessen werden. Die Ermüdungsdaten des geprüften Werkstoffs müssen aus diesen Messungen bestimmt werden.

7.5 Indirekte Zugprüfung an zylindrischen Probekörpern (IT-CY)

Mit diesem Verfahren lässt sich das Verhalten von Asphalt charakterisieren, der einer Ermüdungsprüfung durch wiederholte indirekte Zugbeanspruchung mit einer konstanten Belastungsart unterzogen wird. Für diese Prüfung können zylindrische Probekörper verwendet werden, die im Labor hergestellt oder durch Kernbohrungen aus einer Fahrbahnbefestigung entnommen wurden. Ein zylindrischer Probekörper muss wiederholten Druckbeanspruchungen mit einem (halb)sinusförmigen Lastsignal mit Ruhepausen auf die vertikale Durchmessersebene unterzogen werden. Diese Belastung führt zu einer relativ gleichförmigen Zugspannung in der vertikalen Durchmessersebene, senkrecht zur aufgebrachten Last und verursacht damit das Versagen des Probekörpers durch Spaltung entlang des vertikalen Durchmessers. Die resultierende horizontale Verformung des Probekörpers muss gemessen werden und die Zugdehnung in der Mitte des Probekörpers, unter Anwendung einer angenommenen Querdehnzahl, berechnet werden.

Als alternatives Versagenskriterium kann die Dauerhaltbarkeit als die bis zum Bruch des Probekörpers erreichte Gesamtanzahl der Lastzyklen bestimmt werden. Weitere alternative Versagenskriterien können auf dem Energieverhältnis beruhen. Falls dieses Kriterium verwendet wird, sollte das im Prüfbericht angegeben werden.

7.6 Prüfung mit indirekter zyklischer Zugbelastung an zylindrischen Probekörpern (CIT-CY)

Mit diesem Verfahren lässt sich das Verhalten von Asphalt charakterisieren, der einer Ermüdungsprüfung mit indirekter zyklischer Zugbelastung mit einer kraftgeregelten Belastungsart unterzogen wird. Für diese Prüfung können zylindrische Probekörper verwendet werden, die im Labor hergestellt oder durch Kernbohrungen aus einer Fahrbahnbefestigung entnommen wurden. Ein zylindrischer Probekörper muss auf die vertikale Durchmessersebene vertikalen zyklischen Drucklastimpulsen ohne Ruhepausen ausgesetzt werden. Diese Belastung führt zu einer sinusförmigen Zugspannung in der vertikalen Durchmessersebene, senkrecht zur aufgebrachten Last und verursacht damit das Versagen des Probekörpers durch Spaltung entlang des vertikalen Durchmessers. Die resultierende horizontale Verformung des Probekörpers muss gemessen werden und die Zugdehnung in der Mitte des Probekörpers, unter Anwendung einer angenommenen Querdehnzahl, berechnet werden. Als alternatives Versagenskriterium muss die Anzahl der Lastzyklen bis zur Entstehung von Makrorissen aufgebracht werden.

8 Überprüfung der Prüfeinrichtung

Die gesamte Prüfeinrichtung muss mit mindestens einem Referenzprobekörper, der nicht aus Asphalt besteht und einen bekannten Steifigkeitsmodul (Modul und Phasenverzögerung) aufweist, überprüft werden, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse innerhalb der Prüfpräzision liegen. Zur Überprüfung der Prüfeinrichtung für die Anhänge A, B, C oder D muss das gewählte Biegemoment ($E \cdot I$) des (der) Probekörper(s) dem Biegemoment eines üblichen Asphaltprobekörpers entsprechen (wobei ein