

DIN EN 2002-005

ICS 49.025.05; 49.025.15

**Luft- und Raumfahrt –
Prüfverfahren für metallische Werkstoffe –
Teil 005: Kriech- und Zeitstandversuch unter konstanter
Zugbeanspruchung;
Deutsche und Englische Fassung EN 2002-005:2007**

Aerospace series –
Test methods for metallic materials –
Part 005: Uninterrupted creep and stress-rupture testing;
German and English version EN 2002-005:2007

Série aérospatiale –
Méthodes d'essais applicables aux matériaux métalliques –
Partie 005: Essai non interrompu de fluage et essai de rupture par fluage;
Version allemande et anglaise EN 2002-005:2007

Gesamtumfang 44 Seiten

Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Die vorliegende Norm EN 2002-005:2007 wurde von ASD-STAN, Fachbereich Metallische Werkstoffe, unter Mitwirkung deutscher Experten des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitssausschuss NA 131-01-01 „Stähle“ im DIN Normenausschuss Luft- und Raumfahrt.

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieser EN-Norm die Englische Fassung hinzugefügt.

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt —
Prüfverfahren für metallische Werkstoffe —
Teil 005: Kriech- und Zeitstandversuch unter konstanter
Zugbeanspruchung

Aerospace series —
Test methods for metallic materials —
Part 005: Uninterrupted creep and stress-rupture testing

Série aérospatiale —
Méthodes d'essais applicables aux matériaux métalliques —
Partie 005: Essai non interrompu de fluage et essai de
rupture par fluage

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Juni 2007 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 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, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Kurzbeschreibung	4
4 Begriffe	4
5 Symbole und Abkürzungen	7
6 Festlegung der Prüfanforderungen	9
7 Prüfgerät	9
8 Proportionalproben	11
9 Nichtproportionale Proben	13
10 Herausarbeiten der Probe aus dem Prüfstück	14
11 Querschnittsmessung	14
12 Kennzeichnung der Anfangsmesslänge	14
13 Erwärmen der Probe	15
14 Temperaturführung und -überwachung	15
15 Aufbringen der Prüfkraft	15
16 Zeitstandversuch	15
17 Kriechdehnversuch – Ermittlung der bleibenden Gesamtdehnung	16
18 Prüfbericht	17

Vorwort

Dieses Dokument (EN 2002-005:2007) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2008, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2008 zurückgezogen werden.

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.

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, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für den nicht unterbrochenen Kriech- und Zeitstandversuch unter konstanter Zugbeanspruchung an metallischen Werkstoffen nach Normen der Luft- und Raumfahrt. Sie definiert die gegebenenfalls zu bestimmenden Eigenschaften sowie die zur Beschreibung der Prüfungen und Proben benutzten Begriffe. Sie legt die Maße der Proben und das Prüfverfahren fest. Die Dauer des Kriech- und Zeitstandsversuchs nach dieser Norm ist auf 10 000 h bei einer maximalen Temperatur von 1 100 °C begrenzt.

Diese Norm kann auch auf metallische Werkstoffe mit einer Prüfdauer über 10 000 h und/oder Prüftemperaturen über 1 100 °C angewendet werden, wenn dies vorher zwischen Hersteller und Käufer vereinbart wurde.

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 ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung*

EN ISO 9513, *Metallische Werkstoffe — Kalibrierung von Längenänderung-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung*

ASTM E 1012-91, *Practice for verification of specimen alignment under tensile loading*¹⁾

3 Kurzbeschreibung

Der Versuch besteht darin, eine Probe auf einer gleichbleibenden Temperatur zu halten und einer konstant wirkenden Zugkraft bei dieser Temperatur auszusetzen, um die festgelegten Eigenschaften zu ermitteln.

4 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

4.1

Probe

derjenige Teil des Prüfstücks, an dem der Kriech- oder Zeitstandversuch ausgeführt wird (siehe Bilder 1 bis 5)

4.2

Proportionalprobe

diese Proben haben eine Anfangs-Bezugsmesslänge ($L_0 = L_{e0}$ oder $L_{s'}$), die in einem bestimmten Verhältnis zur Querschnittsfläche steht

Dies ermöglicht die Erzielung vergleichbarer Zeitbruchdehnungswerte (A) bei Proben unterschiedlicher Größe, aber mit dem gleichen Verhältnis. Die mathematische Beziehung $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$, die bei Proben mit Kreisquerschnitt einen Wert $L_0 = 5 d_0$ ergibt, wurde nach internationaler Übereinkunft anerkannt und wird bei Anwendung dieser Norm bevorzugt. Das Verhältnis wird in dem Symbol für die Zeitbruchdehnung (A) als Index angegeben, z. B. A_5 , und gibt das Verhältnis L_0/d wieder.

1) Herausgegeben von der American Society for Testing and Materials (ASTM), 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103.

4.3

nichtproportionale Probe

Probe, deren Anfangs-Bezugsmesslänge nicht das festgelegte Verhältnis zur Querschnittsfläche hat; dem Dehnungssymbol A ist ein Index zur Angabe der Messlänge anzufügen, z. B. $A_{40 \text{ mm}}$

4.4

Messlänge

der Längenabschnitt der Probe, an dem die Längenänderung zu einem beliebigen Zeitpunkt des Versuches bestimmt wird

4.5

Anfangsmesslänge (L_m)

die Anfangsmesslänge wird festgelegt entweder als die Anfangs-Gerätemesslänge L_{e0} bei Proben, die mit Dehnungsmessgeräten gemessen werden, die in der Versuchslänge der Probe oder gegebenenfalls über kleine Ringwülste befestigt sind, oder als die Schulter-Messlänge L_s bei Proben, bei denen die Verlängerung zwischen Messmarken, einschließlich der Übergangsradien und/oder Teile der Einspannung der Probe, gemessen wird

Die Anfangsmesslänge (L_m) ist nur als Zähler in Längenänderungsberechnungen einzusetzen; d. h. die Längenänderung des als L_m festgelegten Abschnittes der Probe, wohingegen die Bezugsmesslänge, d. h. L_{e0} oder L_s , als Nenner einzusetzen ist.

4.6

Anfangs-Gerätemesslänge (L_{e0})

wenn das Dehnungsmessgerät direkt in der Versuchslänge der unbelasteten Probe angebracht wird, dann entspricht die Anfangs-Gerätemesslänge (L_{e0}) dem Abstand zwischen den Kontaktstellen des Dehnungsmessgerätes, gemessen bei Raumtemperatur, und muss auch als die entsprechende Bezugsmesslänge eingesetzt werden

Alternativ dazu kann das Dehnungsmessgerät über Ringwülste in der Versuchslänge befestigt werden. In diesem Fall ist die als Nenner in Längenänderungsberechnungen einzusetzende Bezugsmesslänge die (nach 4.7) berechnete äquivalente Messlänge.

4.7

Bezugsmesslänge für Längenänderungsberechnungen (L_{e0} oder L_s)

die äquivalente Messlänge, d. h. die Versuchslänge, die die gleiche Längenänderung ergeben würde, einschließlich aller belasteten Abschnitte der Probe zwischen den Messpunkten, ausgenommen die Einspannenden

Sie ist als Nenner in allen Längenänderungsberechnungen einzusetzen. Bei Proben für den Zeitstandversuch wird empfohlen, L_{e0} oder L_s , nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$L_{e0} \text{ oder } L_s = L_c + 2 \sum_{i=1}^k \left[(d_0/d_i)^{2n} \times L_i \right] = 5,65 \sqrt{S_0}$$

dabei ist:

L_c die Versuchslänge zwischen den Ringwülsten oder Probenenden, mit einem Durchmesser d_0 , k ist die Anzahl der Abschnitte der Länge L_i mit zunehmendem Durchmesser d_i an den beiden Übergangsradien. Es ist die korrekte Länge L_c zu wählen, so dass die effektive Messlänge $5,65 \sqrt{S_0}$ beträgt. Es wird empfohlen, $n = 6$ als Vergleichsbasis zu nehmen, obgleich tatsächlich bei vielen Werkstoffen der Luft- und Raumfahrt $n > 6$ ist. Zugrunde gelegt ist das vereinfachte Kriechgesetz der Form:

$$\dot{\epsilon}_p = \left(\frac{\sigma}{K} \right)^n$$

4.8

Schultermesslänge (L_s)

wird die Längenänderung an den Probenenden oder zwischen Messmarken auf den verbreiterten Probenenden gemessen, dann ist die Schulter-Messlänge (L_s) zu nehmen

Die Bezugsmesslänge ist nach 4.7 zu berechnen, basierend auf Raumtemperaturmessungen, einschließlich aller belasteten Abschnitte der Probe zwischen den Messpunkten, ausgenommen die Einspannenden.

4.9

Versuchslänge (L_c)

Länge des parallelen Teils der Probe

Bei einigen Proben ist L_c kleiner L_m , die jeweilige Anfangsmesslänge.

4.10

Verlängerung (ΔL_e)

die Zunahme der Gerätemesslänge bezogen auf die Anfangslänge, L_{e0} oder $L_{e0'}$, angegeben bei Prüftemperatur vor dem Aufbringen der Kraft, auf einen Wert L_e zu einem bestimmten Zeitpunkt während des Versuchs

4.11

Messlänge nach dem Bruch (L_u)

Maß für die jeweilige Messlänge (L_{eu} oder L_{su}) nach dem Bruch der Probe, gemessen bei Raumtemperatur

Dies kann die unbeanspruchten Probenenden einschließen, wenn die Gesamtlänge als Messlänge herangezogen wird.

4.12

Zeitbruchdehnung (A)

bleibende Längenzunahme ($L_u - L_m$) der jeweiligen Anfangsmesslänge, angegeben in Prozent der jeweiligen Anfangs-Bezugsmesslänge ($L_{e0'}$ oder L_s), zum Beispiel:

$$A = \frac{L_u - L_{e0'}}{L_{e0'}} \times 100, \text{ wobei alle Messungen bei Raumtemperatur erfolgen.}$$

4.13

Kriechdehnung während des Versuchs (A_f)

die Zunahme der jeweiligen Messlänge zu einem bestimmten Zeitpunkt, nachdem die Kraft vollständig aufgebracht ist, angegeben in Prozent der jeweiligen Anfangsmesslänge

Die bleibende Anfangsdehnung während der Beanspruchung darf nicht in A_f einbezogen werden, nur die Dehnung, nachdem die Kraft vollständig aufgebracht ist (siehe Bild 6).

4.14

bleibende Gesamtdehnung (A_p)

die bleibende Gesamtverlängerung der jeweiligen Anfangsmesslänge (L_{e0} oder L_s), einschließlich aller bleibenden Verlängerungen während der Belastung (d. h. die Gesamtverlängerung abzüglich der elastischen Verlängerungen), angegeben in Prozent der jeweiligen Anfangs-Bezugsmesslänge (siehe Bilder 6 und 7)

4.15

Anfangsquerschnitt (S_0)

die vor dem Versuch gemessene tatsächliche Querschnittsfläche der Messlänge der Probe

4.16

Querschnitt nach dem Bruch (S_u)

die kleinste Querschnittsfläche der Probe nach dem Bruch

4.17

Zeitbrucheinschnürung (Z)

die größte Querschnittsabnahme ($S_o - S_u$) angegeben in Prozent des Anfangsquerschnittes (S_o), d. h.

$$Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$$

4.18

Spannung (σ)

Quotient aus der auf die Probe aufgetragenen Zugkraft und dem Anfangsquerschnitt der Versuchslänge

Es ist zu beachten, dass durch die Wärmeausdehnung der Probe während des Erwärmens der tatsächliche Querschnitt zunimmt. Die tatsächliche Spannung, die auf Raumtemperatur basiert, ist daher etwas geringer als σ .

4.19

Bruch

vollständiger Bruch der Probe in der Anfangsmesslänge bei gleichbleibender Zugkraft und gleichbleibender Temperatur

4.20

Beanspruchungsdauer bis zum Bruch (t_r)

die gesamte Zeitspanne der Beanspruchung bei Prüftemperatur und Prüfkraft bis zum Bruch der Probe (siehe Bild 7)

4.21

Beanspruchungsdauer für eine vorgegebene bleibende Gesamtdehnung (t_p)

die gesamte Zeitspanne der Beanspruchung bei Prüftemperatur, einschließlich des Teils der Beanspruchungszeit nach dem Abweichen der Beanspruchungskurve von der linear elastischen Verlängerung, bis zum Erreichen der vorgegebenen bleibenden Gesamtdehnung (A_p) (siehe Bild 6)

4.22

theoretische Formzahl (K_t)

Quotient aus der größten Spannung im Bereich eines Kerbs nach der Elastizitätstheorie und der entsprechenden Nennspannung

$$K_t = \frac{\sigma_{\text{peak}}}{\sigma_{\text{nom.}}}$$

dabei ist

K_t theoretische Formzahl;

σ_{Spitze} Spannungsspitze im Kern;

$\sigma_{\text{nom.}}$ Nennspannung.

5 Symbole und Abkürzungen

Siehe Tabelle 1 und Bilder 1 bis 5.

Tabelle 1

Symbol	Einheit	Bezeichnung
a	mm	Dicke einer Probe mit rechteckigem Querschnitt in der Versuchslänge
A	%	Zeitbruchdehnung
A_f	%	Kriechdehnung während des Versuchs
A_p	%	bleibende Gesamtdehnung
α	°	Kerbwinkel
b	mm	Breite einer Probe mit rechteckigem Querschnitt in der Versuchslänge
d	mm	Durchmesser einer Probe mit Kreisquerschnitt in der Versuchslänge
d_n	mm	Kerbdurchmesser
D_n	mm	Schaftdurchmesser einer gekerbten Probe mit Kreisquerschnitt
K_t	–	theoretische Formzahl einer gekerbten Probe
L_c	mm	Versuchslänge
L_e	mm	Gerätemesslänge (L_{e0} = Anfangs-Gerätemesslänge; L_{eu} = Gerätemesslänge nach dem Bruch)
L_0, L_{e0} oder L_s	mm	Bezugsmesslänge für Längenänderungsberechnungen
ΔL_e	mm	Verlängerung der Gerätemesslänge
L_m	mm	Anfangsmesslänge
L_n	mm	Versuchslänge der Probe mit Kerb
L_s	mm	Schulter-Messlänge für Prüfung ohne Dehnungsmessgerät in der Versuchslänge (L_{s0} = ursprüngliche Schulter-Messlänge; L_{su} = Schulter-Messlänge nach dem Bruch)
L_t	mm	Gesamtlänge der Probe
L_u	mm	Messlänge nach dem Bruch
r	mm	Übergangsradius
r_n	mm	Kerbradius
δ	MPa	Spannung, bezogen auf Querschnitt bei Raumtemperatur
S_0	mm ²	Anfangsquerschnitt in der Versuchslänge bei Raumtemperatur
S_u	mm ²	kleinster Querschnitt der Probe nach dem Bruch
t	h	Beanspruchungsdauer bei vorgegebenen Bedingungen für Prüftemperatur und -spannung
t_p	h	Beanspruchungsdauer für eine vorgegebene bleibende Gesamtdehnung
t_r	h	Beanspruchungsdauer bis zum Bruch
θ_T	°C	Prüftemperatur
Z	%	Zeitbrucheinschnürung

6 Festlegung der Prüfanforderungen

In der Werkstoffnorm muss Folgendes festgelegt sein:

- Art der Probe (siehe Abschnitt 8 und 9);
- vorgeschriebene Prüftemperatur (θ_T);
- vorgeschriebene Prüfspannung (σ);
- Dauer der gleichzeitigen Beanspruchung der Probe unter den vorgegebenen Temperatur- und Spannungsbedingungen (t);
- maximale Durchwärmdauer, falls zutreffend (siehe Abschnitt 13);
- Aufnahmekriterium, das eines der folgenden sein kann:
 - a) Angabe der bleibenden Gesamtdehnung (A_p) oder Gesamtkriechdehnung (A_f), die nicht überschritten werden darf;
 - b) Forderung, dass die Probe nicht vor Ablauf der vorstehend angegebenen Dauer zum Bruch führen darf;
 - c) sonstige vorgeschriebene Anforderungen, wie Mindest-Zeitbruchdehnung.

7 Prüfgerät

7.1 Kalibrieren der Kraft

Die Prüfmaschine muss in Zeitabständen von höchstens 1 Jahr nach EN ISO 7005-1 kalibriert werden und Klasse 1,0 oder besser entsprechen. Die Maschine sollte mit einer Vorrichtung versehen sein, die beim Bruch der Probe auftretende Stöße auf ein Mindestmaß verringert (nur bei mehr als einer Prüfvorrichtung).

7.2 Kalibrieren der Dehnung

Die für die Kriechdehnungsmessungen benutzten Geräte müssen eine Genauigkeit von 0,006 % der Messlänge oder 1 % der zu messenden Gesamtkriechdehnung, maßgebend ist der größere Wert, aufweisen. Sie müssen in Abständen von höchstens 1 Jahr nach EN ISO 9513, Klasse 0,5, kalibriert werden. Die Kalibrierung sollte häufiger kontrolliert werden. Häufigere Kontrollmessungen werden empfohlen.

7.3 Kalibrieren bei Langzeitversuchen

Bei Langzeitversuchen von mehr als 1 Jahr müssen die Prüfmaschine und das Dehnungsmessgerät unmittelbar vor und nach solchen Versuchen kalibriert werden.

7.4 Anforderungen an das Dehnungsmessgerät

Wird ein Dehnungsmessgerät benutzt, so muss es in der Lage sein, die Verlängerung an den gegenüberliegenden Seiten der Probe zu messen, und die Anzeigenwerte müssen gemittelt werden. Nach Vereinbarung zwischen dem Hersteller und Käufer des zu prüfenden Werkstoffes darf auch ein Dehnungsmessgerät benutzt werden, das die Verlängerung auf jeder Seite misst und nur den Mittelwert liefert oder das nur eine Länge misst. Die Teile des Dehnungsmessgerätes, die aus der Erwärmungseinrichtung herausragen, müssen so ausgelegt oder geschützt werden, dass die Anzeigen nicht durch kurzzeitige Temperaturschwankungen oder Zugluft beeinflusst werden. Es ist ratsam, die Temperatur der die Prüfmaschine umgebenden Luft entsprechend konstant zu halten. Die Verwendung eines temperaturkompensierten Dehnungsmessgerätes wird empfohlen.

7.5 Einstellen der Prüfmaschine

Die Proben müssen durch formschlüssige Spannzeuge so gehalten werden, dass die Zugkraft so axial wie möglich aufgebracht werden kann. Falls eine Durchbiegungsmessung nach 17a) nicht erfolgt, dann müssen die Spannbacken der Prüfmaschine mindestens jährlich mit einer Probe mit Dehnungsmessstreifen bei Raumtemperatur überprüft werden. Der Unterschied zwischen den Dehnungen an zwei gegenüberliegenden Seiten der Probe darf nicht größer sein als 10 % der mittleren Dehnung bei der niedrigsten Prüfkraft der Prüfmaschine während des Versuchs. ASTM E 1012 kann als Überprüfungsverfahren herangezogen werden.

7.6 Temperaturmessung

Es muss eine Temperaturmesseinrichtung mit einer Genauigkeit von mindestens 1 °C benutzt werden, um sicherzustellen, dass die Temperaturschwankung während des ganzen Versuches die in Tabelle 2 angegebenen Grenzabweichungen nicht überschreitet. Die Messgeräte müssen in Zeitabständen von höchstens 6 Monaten über ihren Arbeitsbereich kalibriert und die Abweichungen in das Kalibrierzeugnis eingetragen werden.

Tabelle 2 — Grenzabweichungen der tatsächlichen Probentemperatur

Prüftemperatur °C	Grenzabweichungen der tatsächlichen Probentemperatur für eine Beanspruchungsdauer	
	bis 100 h	über 100 h bis 10 000 h
$\theta \leq 600$	$\pm 4 \text{ °C}$	$\pm 5 \text{ °C}$
$600 < \theta \leq 1\,100$	$\pm 5 \text{ °C}$	$\pm 6 \text{ °C}$
$\theta > 1\,100$	nach Vereinbarung	nach Vereinbarung
ANMERKUNG Die vorgegebenen Grenzabweichungen gelten für Abweichungen gleich welcher Ursachen.		

7.7 Thermoelemente

7.7.1 Bei Proben mit einer Messlänge ≥ 50 mm sind drei Thermoelemente und bei Proben mit einer Messlänge < 50 mm mindestens zwei Thermoelemente zu verwenden. Nach Vereinbarung zwischen dem Hersteller und Käufer des zu prüfenden Werkstoffes ist auch nur ein Thermoelement zulässig, wenn die Erfahrungen mit dem Prüfgerät gezeigt haben, dass die Temperaturschwankungen an allen Stellen entlang der Probenversuchslänge stets innerhalb der in Tabelle 2 festgelegten Grenzwerte liegen. Die Thermoelemente müssen aus Draht-Losen hergestellt sein, die über den gesamten Arbeitsbereich nach den anerkannten Fixpunkten für die Kalibrierung von Thermoelementen oder durch Vergleich mit einem gleichartig kalibrierten und sorgfältig aufbewahrten Vergleichselement aus Platin/Platin-Rhodium, das alle 12 Monate erneut kalibriert werden muss, kalibriert wurden. Thermoelemente aus Edelmetall sind vorzugsweise zu verwenden, sie sind in Abständen von höchstens 4 000 h zu kalibrieren.

7.7.2 Die Wiederverwendung von Thermoelementen aus unedleren Metallen, z. B.: Nickel-Chrom/Nickel-Aluminium ist ohne Nachkalibrierung nach jedem Versuch nicht zulässig, es sei denn, dass erfahrungsgemäß Driftfehler nicht über 1 °C liegen, dann dürfen sie in Abständen von höchstens 500 h Gebrauchseinsatz oder nach jedem Versuch von mehr als 500 h kalibriert werden. Thermoelemente mit einer Genauigkeit von mehr als 1 °C dürfen verwendet werden, wenn geeignete Korrekturen vorgenommen werden. Thermoelemente aus unedlen Metallen dürfen bei Temperaturen über 760 °C nicht eingesetzt werden.

ANMERKUNG Die Drift von Thermoelementen hängt von dem Typ des verwendeten Thermoelementes sowie der Verweildauer bei der jeweiligen Temperatur ab. Bei Thermoelementen, die bei höheren Temperaturen verwendet werden, empfiehlt es sich, häufigere Überprüfungen durchzuführen. Zeitstandversuche erfordern eine besondere Temperaturüberwachung, da eine Abweichung von +7 °C oder +8 °C die Lebensdauer der Probe um die Hälfte verringern kann. Es empfiehlt sich ferner, die Überprüfung entweder in der Prüfmaschine oder einer Kalibrier-Erwärmungseinrichtung durchzuführen, deren Einführtiefe ähnlich der ist, die in der Prüfmaschine benutzt wird.

7.7.3 Nach jedem Langzeitversuch sind alle Thermoelemente nachzukalibrieren, um eventuell aufgetretene Alterungserscheinungen feststellen zu können. Thermoelement-Verbindungen müssen einen guten thermischen Kontakt mit der Probenoberfläche herstellen und auf geeignete Weise gegen Direktbestrahlung durch die Erwärmungseinrichtungswand abgeschirmt sein. Die übrigen Teile der Drähte in der Erwärmungseinrichtung müssen durch eine geeignete Umhüllung geschirmt und völlig isoliert sein.

7.7.4 Bei der Anbringung der Thermoelemente an der Probe ist darauf zu achten, dass die Probenoberfläche nicht beschädigt wird; Schweiß- oder Klemmverbindungen sind nicht zulässig. Werden Abschirmungen zum Schutz der Thermoelemente verwendet, müssen sie so angeordnet sein, dass sich keine Kaltzonen an der Probe bilden können. Bei jeder Art von Erwärmungseinrichtung ist eine Anfangskontrollmessung mit einer Vergleichsprobe mit Bohrungen für Thermoelemente zum Nachweis der gleichmäßigen Temperaturverteilung im gesamten Prüfabschnitt der Probe vorzunehmen.

7.7.5 Werden Messgeräte mit Kaltverbindungsausgleich nicht verwendet, dann sind die Kaltverbindungstemperaturen auf 0,5 °C genau zu messen. Bei jeder Kalibrierung der Temperaturmesseinrichtung sind die Kaltverbindungseinrichtungen ebenfalls zu kalibrieren.

8 Proportionalproben

8.1 Allgemeines

8.1.1 Zwischen den Einspannenden und der Versuchslänge muss ein Übergangsradius mit einer Oberflächenrauheit, die den Versuch nicht nachteilig beeinflusst, vorhanden sein (siehe Bilder 1 bis 5). Proben mit rechteckigem Querschnitt müssen in den Spannbacken mit Bolzen befestigt werden können, wenn nicht andere Verfahren zwischen dem Hersteller und Käufer des zu prüfenden Werkstoffes vereinbart worden sind.

8.1.2 Der Mittenrauwert in der Versuchslänge darf $R_a = 0,8 \mu\text{m}$ nicht überschreiten. Die Versuchslänge darf keinerlei sichtbaren Kratzer, speziell keine umlaufenden Markierungen aufweisen.

8.2 Proben mit Kreisquerschnitt

8.2.1 Die Probengröße sollte während eines Zeitstandversuchsprogramms konstant gehalten werden, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse, speziell zwischen verschiedenen Prüflaboratorien, zu verbessern. Tabelle 3 enthält Beispiele für empfohlene spanend hergestellte Proben mit Kreisquerschnitt. Beispiele für empfohlene spanend hergestellte gekerbte Proben mit Kreisquerschnitt sind in den Tabellen 4 und 5 aufgeführt. Wenn aus dem Prüfstück die kleinste der in den Tabellen 3, 4 oder 5 angegebenen Proben nicht erhalten werden kann, muss die Größe der Probe zwischen dem Hersteller und Käufer des zu prüfenden Werkstoffes vereinbart werden.

Tabelle 3 — Maße für empfohlene Proportionalproben mit Kreisquerschnitt bei Verwendung von direkt in der Versuchslänge befestigten Dehnmessgeräten

Maße in Millimeter

Durchmesser d	Empfohlene Anfangs-Gerätemesslänge L_{eo}	Mindest-Übergangsradius ^a r
8	40	8
6	30	5
5	25	5
4	20	4

^a Bei Werkstoffen geringer Dehnbarkeit wird empfohlen, diesen Mindest-Übergangsradius r um den Faktor 2 zu vergrößern.

Tabelle 4 — Maße für empfohlene gekerbte Proben mit Kreisquerschnitt

Kerbdurchmesser ^{a b} $d_n \pm 0,03 \text{ mm}$	Schaftdurchmesser $D_n \pm 0,03 \text{ mm}$	Kerbradius $r_n \pm 0,01 \text{ mm}$	Mindest-Versuchslänge $L_n \text{ mm}$	Kerbwinkel $\alpha \pm 1^\circ$	Formzahl K_t
11,28	16,0	0,32	40	60	$4,3 \pm 0,1$
*8,00	11,31	0,23	28	60	$4,3 \pm 0,1$
*6,00	8,48	0,17	21	60	$4,3 \pm 0,1$
5,64	7,98	0,16	20	60	$4,3 \pm 0,1$
*5,00	7,07	0,14	18	60	$4,3 \pm 0,1$
4,51	6,38	0,13	16	60	$4,3 \pm 0,1$
*4,00	5,66	0,11	14	60	$4,3 \pm 0,1$

^a Die Einspannenden der Proben können Gewinde für vorhandene Einspannstücke haben, sofern der Kerndurchmesser größer d_n ist.

^b Es empfiehlt sich, vorzugsweise die mit einem Sternchen gekennzeichneten Proben zu verwenden.

**Tabelle 5 — Maße für empfohlene, kombinierte glatte und gekerbte Proben (Bild 4),
Messlänge $5,65 \sqrt{S_0}$**

Querschnitt S_0 mm^2	Durchmesser in der Versuchslänge ^{a b} d mm	Messlänge/ Versuchslänge $L_o = L_c$ mm	Schaftdurchmesser $D_n \pm 0,03$ mm	Kerbdurchmesser ^a $d_n \pm 0,03$ mm	Versuchslänge mit Kerb L_n mm	Kerbradius $r_n \pm 0,01$ mm	Kerbwinkel $\alpha \pm 1^\circ$	Mindest-übergangsradius ^c r mm
100	11,28	56	16,0	11,28	40	0,32	60	10
50,27	*8,00	40	11,31	8,00	28	0,23	60	8
28,27	*6,00	30	8,48	6,00	21	0,17	60	6
25	5,64	28	7,98	5,64	20	0,16	60	5
19,64	*5,00	25	7,07	5,00	18	0,14	60	5
16	4,51	23	6,38	4,51	16	0,13	60	4
12,57	*4,00	20	5,66	4,00	14	0,11	60	4

^a Der Unterschied zwischen den Maßen d und d_n darf nicht größer 0,01 mm sein.

^b Es wird empfohlen, die mit einem Sternchen versehenen Proben bevorzugt zu verwenden.

^c Bei Werkstoffen geringer Dehnbarkeit wird empfohlen, diesen Mindest-Übergangsradius r um den Faktor 2 zu vergrößern.