

DIN EN ISO 204

ICS 77.040.10

Entwurf

Einsprüche bis 2017-07-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 204:2009-10

**Metallische Werkstoffe –
Einachsiger Zeitstandversuch unter Zugbeanspruchung –
Prüfverfahren (ISO/DIS 204:2017);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 204:2017**

Metallic materials –
Uniaxial creep testing in tension –
Method of test (ISO/DIS 204:2017);
German and English version prEN ISO 204:2017

Matériaux métalliques –
Essai de fluage uniaxial en traction –
Méthode d'essai (ISO/DIS 204:2017);
Version allemande et anglaise prEN ISO 204:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-05-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 119 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 204:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-43 AA „Zeitstand- und Relaxationsprüfung für Metalle“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

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

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

ISO 286-2	siehe DIN EN ISO 286-2
ISO 6892-2	siehe DIN EN ISO 6892-2
ISO 7500-2	siehe DIN EN ISO 7500-2
ISO 9513	siehe DIN EN ISO 9513
IEC 60584-1	siehe DIN EN 60584-1
IEC 60584-2	siehe DIN EN 60584-2
ISO 5725 (all parts)	siehe DIN ISO 5725 (alle Teile)

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 204:2009-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung des Abschnitts 1 „Anwendungsbereich“;
- b) Aktualisierung des Abschnitts 2 „Normative Verweisungen“;
- c) Überarbeitung des Abschnitts 3 „Begriffe“;
- d) Überarbeitung des Abschnitts 6 „Prüfeinrichtung“;
- e) Überarbeitung des Abschnitts 7 „Prüfstücke“;
- f) Überarbeitung des Abschnitts 8 „Prüfverfahren“;
- g) Überarbeitung der Anhänge und Hinzufügen des Anhangs F;
- h) Aktualisierung der Literaturhinweise;
- i) redaktionelle Anpassung an die derzeitigen Gestaltungsregeln.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60584-1, *Thermoelemente — Teil 1: Thermospannungen und Grenzabweichungen*

DIN EN 60584-2, *Thermopaare; Grenzabweichungen der Thermospannungen*

DIN EN ISO 286-2, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — ISO-Toleranzsystem für Längenmaße — Teil 2: Tabellen der Grundtoleranzgrade und Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen*

DIN EN ISO 6892-2, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur*

DIN EN ISO 7500-2, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 2: Zeitstandprüfmaschinen für Zugbeanspruchung — Prüfung der angewendeten Kraft*

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

DIN ISO 5725 (alle Teile), *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen*

— Leerseite —

Metallische Werkstoffe — Einachsiger Zeitstandversuch unter Zugbeanspruchung — Prüfverfahren (ISO/DIS 204:2017)

Matériaux métalliques — Essai de fluage uniaxial en traction — Méthode d'essai (ISO/DIS 204:2017)

Metallic materials — Uniaxial creep testing in tension — Method of test (ISO/DIS 204:2017)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokumentstufe: parallele Umfrage

Dokumentsprache: D

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Formelzeichen und Benennungen	11
5 Kurzbeschreibung	13
6 Prüfeinrichtung	13
7 Prüfstücke	18
8 Prüfverfahren	22
9 Ermittlung der Prüfergebnisse	24
10 Gültigkeit der Prüfung	24
11 Genauigkeit der Prüfergebnisse	24
12 Prüfbericht	25
Anhang A (informativ) Angaben zur Drift von Thermoelementen	31
Anhang B (informativ) Angaben zu Verfahren für die Kalibrierung von Thermoelementen	35
Anhang C (normativ) Kriechversuch an Proben mit V-förmigen oder ausgerundeten umlaufenden Kerben	36
Anhang D (informativ) Verfahren zur Abschätzung der Messunsicherheit nach dem ISO-Leitfaden „Guide to the expression of Uncertainty in Measurement“ (GUM)	40
Anhang E (informativ) Darstellung der Ergebnisse und Extrapolation	47
Anhang F (informativ) Computerkompatible Darstellung von Normen	57
Literaturhinweise	58

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 204:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 204:2009 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 204:2017 wurde von CEN als prEN ISO 204:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet.

Die Hauptaufgabe der Technischen Komitees besteht in dem Erarbeiten von Internationalen Normen. Die von den Technischen Komitees angenommenen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedsorganisationen zur Umfrage zur Verfügung gestellt. Für eine Veröffentlichung als Internationale Norm wird eine Zustimmung von mindestens 75 % der Mitgliedsländer, die abgestimmt haben, benötigt.

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

ISO 204 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164, *Mechanical testing of metals*, Unterkomitee SC 1, *Uniaxial testing* erarbeitet.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 204:2009), die technisch überarbeitet wurde.

Einleitung

Diese Internationale Norm ist eine umfassende Überarbeitung der zweiten Ausgabe von ISO 204:2009 und enthält viele Empfehlungen, die durch das European Creep Collaborative Committee (ECCC) erarbeitet wurden.

Es wurden Anhänge aufgenommen, die die Temperaturmessung mit Thermoelementen und deren Kalibrierung, die Zeitstandprüfung von Proben mit V-Kerben und Rundkerben mit kreisbogenförmiger Kerbausrundung (Bridgman-Kerben), die Abschätzung der Messunsicherheit und Verfahren zur Extrapolation der Bruchzeit betreffen.

ANMERKUNG Es werden immer noch Informationen zum Einfluss nicht-axialer Beanspruchung oder Biegung auf die Zeitstandkennwerte verschiedener Werkstoffe erhoben. Bei der nächsten Überarbeitung dieser Internationalen Norm wird erwogen, ob die maximale Durchbiegung festgelegt und ein entsprechendes Kalibrierungsverfahren empfohlen werden sollte. Diese Entscheidung wird auf der Verfügbarkeit quantitativer Daten beruhen müssen [41].

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Prüfverfahren für

- a) nicht unterbrochene Kriechversuche mit kontinuierlicher Dehnungsmessung;
- b) unterbrochene Kriechversuche mit periodischer Verlängerungsmessung sowie;
- c) Zeitstandversuche, bei denen üblicherweise nur die Zeit bis zum Bruch gemessen wird, fest.

ANMERKUNG 1 Kriechversuche können bis zum Bruch fortgesetzt werden oder auch nicht.

ANMERKUNG 2: Eine Prüfung kann auch durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass eine vorgeschriebene Zeit unter einer gegebenen Last überschritten wurde.

ANMERKUNG 3: Einzelheiten zur Prüfung von gekerbten Proben werden in Anhang C angegeben.

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).

ISO 286-2, *ISO system of limits and fits — Part 2: Tables of standard tolerance grades and limit deviations for holes and shafts*

ISO 6892-2, *Metallic materials — Tensile testing — Part 2: Method of test at elevated temperature*

ISO 7500-2, *Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 2: Tension creep testing machines — Verification of the applied force*

ISO 9513, *Metallic material — Calibration of extensometers used in uniaxial testing*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG 1 In dieser Internationalen Norm sind unterschiedliche Mess- und Bezugslängen definiert, die anwenderspezifisch in verschiedenen Labors weltweit zum Einsatz kommen. In einigen Fällen erfolgt die Festlegung dieser Längen an Proben in Form von Linien oder Messschneiden, während in anderen Fällen virtuelle Längen für die Ermittlung einer geeigneten Länge zur Bruchdehnungsbestimmung errechnet werden können. Für einige Proben sind die Längen L_r , L_o und L_e die gleiche Länge (siehe 3.1, 3.2 und 3.5). Der Begriff „Extensometer-Dehnung“ wird für nicht unterbrochene Kriechversuche mit einer kontinuierlichen Dehnungsmessung mit Hilfe eines Dehnungsmessgeräts verwendet. Der Begriff „Dehnung“ wird vorwiegend für unterbrochene Kriechversuche mit manueller Verlängerungsmessung der Probe verwendet.

ANMERKUNG 2 In der Regel werden die Begriffe „Extensometer-Dehnung“ und „Dehnung“ synonym verwendet.

3.1

Bezugslänge

L_r

Basislänge, die entweder zur Berechnung der Dehnung oder der Extensometer-Dehnung dient

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Verfahren zur Berechnung dieses Werts ist in 7.5 angegeben.

3.2

Anfangsmesslänge

L_0

Länge zwischen Messmarken auf der Probe, die bei Raumtemperatur vor dem Versuch gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Allgemein $L_0 \geq 5D$.

3.3

Anfangsgerätemesslänge des Extensometers

L_e

Abstand zwischen den Messpunkten des Extensometers

3.4

Parallellänge

L_c

Länge des gleichlaufend reduzierten Querschnitts der Probe

3.5

Messlänge nach dem Bruch

L_u

Länge zwischen den Messmarken auf der Probe nach dem Bruch, die bei Raumtemperatur bestimmt wird, wobei die Probenteile so sorgfältig zusammengefügt werden, dass ihre Achsen eine Gerade bilden

3.6

Anfangsquerschnittsfläche

S_0

Querschnittsfläche in der Parallellänge, die bei Raumtemperatur vor dem Versuch bestimmt wird

3.7

kleinste Querschnittsfläche nach dem Bruch

S_u

kleinste Querschnittsfläche der parallelen Länge bei der Bestimmung bei Raumtemperatur nach dem Bruch, wobei die Probenteile so sorgfältig zusammengefügt werden, dass ihre Achsen eine Gerade bilden

3.8

Anfangsspannung

R_0

Prüfkraft dividiert durch die Anfangsquerschnittsfläche (S_0) der Probe

3.9

Verlängerung (der Extensometer-Messlänge)

ΔL_e

Zunahme der Anfangsgerätemesslänge des Dehnungsmessgeräts (L_e) zur Zeit t bei Prüftemperatur

Anmerkung 1 zum Begriff: Für weitere Informationen siehe 6.2.

3.10

Verlängerung

ΔL_0

Zunahme der Anfangsmesslänge (L_0) zur Zeit t

Anmerkung 1 zum Begriff: Für weitere Informationen siehe 6.2.

3.11

Extensometer-Dehnung

e

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) bei Prüftemperatur

$$e = \frac{\Delta L_e}{L_r} \cdot 100 \quad (1)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.12

Dehnung

A

prozentuale Zunahme der Bezugslänge (L_r)

$$A = \frac{\Delta L_o}{L_r} \cdot 100 \quad (2)$$

3.13

elastische Extensometer-Dehnung

e_e

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) bei Prüftemperatur, die proportional zur Anfangsspannung R_o ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Wert kann aus den Werten der Anfangsspannung/Extensometer-Dehnung während Aufbringung der Prüfkraft berechnet werden, siehe 8.4.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.14

gesamte Anfangs-Extensometer-Dehnung

e_{ti}

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) bei Prüftemperatur am Ende der Lastaufbringung mit Anfangsspannung R_o

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.15

plastische Anfangs-Extensometer-Dehnung

e_i

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) bei Prüftemperatur am Ende der Lastaufbringung mit Anfangsspannung R_o , die als Differenz zwischen der gesamten Anfangs-Extensometer-Dehnung e_{ti} und der elastischen Extensometer-Dehnung e_e bestimmt wird

$$e_i = e_{ti} - e_e \quad (3)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieser Wert stellt die plastische Verlängerung während Aufbringung der Prüfkraft dar.

3.16

gesamte Extensometer-Dehnung

e_t

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) bei Prüftemperatur und Prüfkraft zum Zeitpunkt t

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.17

plastische Extensometer-Dehnung

e_p

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) bei Prüftemperatur zur Zeit t , die als Differenz zwischen der gesamten Extensometer-Dehnung e_t und der elastischen Extensometer-Dehnung e_e , bestimmt wird

$$e_p = e_t - e_e \quad (4)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.18

gesamte endgültige Extensometer-Kriechdehnung

$e_{\text{tot u}}$

gesamte prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) bei Bruch und Prüftemperatur

3.19

Extensometer-Kriechdehnung

e_f

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) unter Aufbringung der Prüfkraft bei Prüftemperatur, die als Differenz zwischen der plastischen Extensometer-Dehnung e_p und der plastischen Anfangs-Extensometer-Dehnung e_i bestimmt wird

$$e_f = e_p - e_i \quad (5)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Index f stammt aus dem Französischen „fluage“ für Kriechen.

3.20

anelastische Extensometer-Dehnung

e_k

prozentuale negative Dehnung der Bezugslänge (L_r) nach dem Entlasten bei Prüftemperatur

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1 und 8.4.

3.21

bleibende Extensometer-Dehnung

e_{per}

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) nach dem Entlasten bei Prüftemperatur, die als Differenz zwischen der gesamten Extensometer-Dehnung e_t und der Summe der elastischen Extensometer-Dehnung e_e und der anelastischen Extensometer-Dehnung e_k bestimmt wird

$$e_{\text{per}} = e_t - (e_e + e_k) \quad (6)$$

Im Fall von $e_k \approx 0$, darf eine Beziehung in der folgenden Form verwendet werden: $e_{\text{per}} \approx e_p$

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.22

bleibende Dehnung

A_{per}

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) nach dem Entlasten und bei Raumtemperatur

3.23

Zeitbruchdehnung

A_u

permanente prozentuale Verlängerung der Bezugslänge (L_r) nach dem Bruch ($L_u - L_o$)

$$A_u = \frac{L_u - L_o}{L_r} \cdot 100 \quad (7)$$

Dem Formelzeichen A_u dürfen als Hochzahl die festgelegte Temperatur (T) in Grad Celsius und als Index die Anfangsspannung (R_o) in Megapascal angefügt werden.

3.24

Zeitbrucheinschnürung

Z_u

maximale Änderung der Querschnittsfläche nach dem Bruch ($S_o - S_u$), ausgedrückt als Prozentsatz der Anfangsquerschnittsfläche (S_o):

$$Z_u = \frac{S_o - S_u}{S_o} \cdot 100 \quad (8)$$

Dem Formelzeichen Z_u dürfen als Hochzahl die vorgegebene Prüftemperatur (T) in Grad Celsius und als Index die Anfangsspannung (R_o) in Megapascal angefügt werden.

3.25

Kriechgrenzzeit

t_{fx}

Zeit, die zum Erreichen einer festgelegten Kriechdehnung (x) bei der Prüftemperatur (T) unter der Anfangsspannung (R_o) benötigt wird

BEISPIEL $t_{f0,2}$

3.26

Dehngrenzzeit

t_{px}

Zeit, die zum Erreichen einer festgelegten plastischen Extensometer-Dehnung (x) bei der vorgegebenen Prüftemperatur (T) unter der Anfangsspannung (R_o) benötigt wird

BEISPIEL Ein Beispiel für t_{p1} wird in Bild E.2 a ($t_{p1} = 100\,000\text{ h}$ entspricht $e_p = 1\%$ bei $R_o = 120\text{ MPa}$) angegeben.

3.27

Bruchzeit

t_u

Zeit, die zum Erreichen des Bruchs einer Probe bei der vorgegebenen Prüftemperatur (T) unter der Anfangsspannung (R_o) benötigt wird

Dem Formelzeichen t_u dürfen als Hochzahl die vorgegebene Prüftemperatur (T) in Grad Celsius und als Index die Anfangsspannung (R_o) in Megapascal angefügt werden.

3.28

Einprobenprüfmaschine

Zeitstandprüfmaschine, in der eine einzelne Probe geprüft werden kann

3.29

Vielprobenprüfmaschine

Zeitstandprüfmaschine, die die Prüfung von mehr als einer Probe gleichzeitig bei der gleichen Temperatur ermöglicht

4 Formelzeichen und Benennungen

Die Formelzeichen und die entsprechenden Benennungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1 — Formelzeichen und Benennungen

Formel- zeichen^a	Einheit	
D	mm	Durchmesser des Querschnitts in der Parallellänge einer zylindrischen Probe
D_n	mm	Messlängendurchmesser einer gekerbten Probe
d	mm	Durchmesser des ungekerbten Bereichs in einer Probe, die sowohl gekerbte als auch ungekerbte Bereiche enthält (siehe Bild C.1)
d_n	mm	Durchmesser des Kerbgrundes Bei Proben, die sowohl gekerbte als auch ungekerbte Bereiche enthalten, gilt $d = d_n$.
b	mm	Breite des Querschnitts in der Parallellänge einer Probe mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt
L_r	mm	Bezugslänge
a	mm	Dicke einer Probe mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt [siehe Bild 2 b)]
ΔL_{et}		Zunahme der Messlänge des Dehnungsmessgeräts zur Zeit t
ΔL_{ot}	mm	Zunahme der Anfangsmesslänge zur Zeit t
L_o	mm	Anfangsmesslänge
L_n	mm	parallele Messlänge, die eine Kerbe enthält
L_u	mm	Messlänge nach dem Bruch
L_c	mm	Parallellänge
L_e	mm	Messlänge des Dehnungsmessgeräts
R	mm	Übergangsradius
r_n	mm	Radius des Kerbgrundes
S_o	mm ²	Anfangsquerschnittsfläche in der Parallellänge
S_u	mm ²	kleinste Querschnittsfläche nach dem Bruch
R_o	MPa	Anfangsspannung

Formel- zeichen ^a	Einheit	
e	%	Extensometer-Dehnung
e_e	%	elastische Extensometer-Dehnung
e_f	%	Extensometer-Kriechdehnung: $e_f = \frac{\Delta L_{ot}}{L_r} \cdot 100$ ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: $e_{f50/5000}^{375}$: Extensometer-Kriechdehnung unter einer Anfangsspannung von 50 MPa nach 5 000 h bei einer vorgegebenen Prüftemperatur von 375 °C.
e_{fu}	%	Extensometer-Kriechdehnung bei Bruchzeit
e_i	%	plastische Anfangsdehnung des Extensometers
e_k	%	anelastische Extensometer-Dehnung
e_p	%	plastische Extensometer-Dehnung
e_{per}	%	bleibende Extensometer-Dehnung
e_{pu}	%	plastische Extensometer-Dehnung bei Bruchzeit
$e_{tot u}$	%	gesamte Extensometer-Dehnung bei Bruchzeit
A_{per}	%	bleibende Dehnung ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: $A_{f50/5000}^{375}$: Extensometer-Kriechdehnung unter einer Anfangsspannung von 50 MPa nach 5 000 h bei einer Prüftemperatur von 375 °C.
A_u	%	Zeitbruchdehnung: $A_u = \frac{L_u - L_o}{L_r} \cdot 100$ ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: A_{u50}^{375} : Zeitbruchdehnung unter einer Anfangsspannung von 50 MPa bei einer vorgegebenen Prüftemperatur von 375 °C.
Z_u	%	Zeitbrucheinschnürung: $Z_u = \frac{S_o - S_u}{S_o} \cdot 100$ ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: Z_{u50}^{375} : Zeitbrucheinschnürung unter einer Anfangsspannung von 50 MPa bei einer Prüftemperatur von 375 °C.
t	h	verstrichene Zeit seit Ende der Lastaufbringung
t_{fx}	h	Kriechgrenzzeit
t_{px}	h	Dehngrenzzeit
t_u	h	Bruchzeit ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: t_{u50}^{375} : Bruchzeit unter einer Anfangsspannung von 50 MPa bei einer

Formelzeichen ^a	Einheit	
		Prüftemperatur von 375 °C.
t_{un}	h	Bruchzeit einer gekerbten Probe
T	°C	festgelegte Prüftemperatur
T_c	°C	berichteter Temperaturmesswert
x	%	festgelegte Extensometer-Kriechdehnung oder plastische Extensometer-Dehnung
n		Spannungsexponent des Norton'schen Kriechgesetzes
ANMERKUNG Der Begriff „Bruch“ (en: fracture) bezieht sich auf eine gebrochene Probe, während der Ausdruck „Bersten“ (en: rupture) zur Beschreibung von zeitabhängigen Werkstoffeigenschaften verwendet wird. ^{N1)}		
^a Die wichtigsten Indices (r, o und u) haben folgende Bedeutung: r bezeichnet eine Bezugsgröße (en: reference); o bezeichnet einen Anfangswert (en: original); u bezeichnet einen Endwert (nach dem Bruch) (en: ultimate).		

5 Kurzbeschreibung

Der Kriechversuch umfasst die Erwärmung der Probe auf die vorgegebene Prüftemperatur und die Belastung der Probe durch eine konstante Zugkraft oder eine konstante Zugspannung (siehe Anmerkung) in Richtung der Probenlängsachse für eine bestimmte Versuchsdauer, um eines der Folgenden zu erhalten:

- eine festgelegte Kriechdehnung (nicht unterbrochener Kriechversuch) mit kontinuierlicher Dehnungsmessung;
- Werte der bleibenden Dehnung bei geeigneten Versuchsdauern oder bis zum Bruch der Probe (unterbrochener Kriechversuch);
- die Bruchzeit (nicht unterbrochener Kriechversuch und unterbrochener Kriechversuch).

ANMERKUNG „Konstante Spannung“ oder „Wahre Spannung“ bedeutet, dass das Verhältnis der Prüfkraft zum momentanen Querschnitt während des Versuches konstant bleibt. Die für eine konstante Spannung erhaltenen Ergebnisse sind in der Regel von denen für konstante Prüfkraft verschieden.

6 Prüfeinrichtung

6.1 Prüfmaschine

Die Prüfmaschine muss so ausgebildet sein, dass die Prüfkraft längs der Achse der Probe aufgebracht werden kann und störende Bieigungs- oder Torsionsbeanspruchung an der Probe auf ein Minimum beschränkt bleiben. Vor der Prüfung sollte die Maschine einer Sichtprüfung unterzogen werden, um sicherzustellen, dass die Laststangen, Handgriffe, Universalgelenke und das Zubehör in gutem Zustand sind.

Die Prüfkraft sollte stoßfrei auf die Probe aufgebracht werden.

^{N1)} Nationale Fußnote: Im deutschen Sprachgebrauch wird der Begriff „Bruch“ für beide englischen Begriffe (en: fracture) und (en: rupture) verwendet.

Die Prüfmaschine sollte gegenüber von außen kommenden Schwingungen und Stößen isoliert sein. Außerdem sollte die Prüfmaschine mit einer Vorrichtung versehen sein, die Stoßbelastungen durch Bruch einer Probe minimiert.

ANMERKUNG Derzeit lassen sich in der Literatur nicht genügend quantitative Daten für den Nachweis des Einflusses von Biegung auf die Kriech- und Bruchstandzeit finden. Es ist daher empfehlenswert, dass alle Organisationen, die über Informationen hierzu verfügen, diese an das ISO/TC 164 weiterleiten, damit sie gegebenenfalls bei der nächsten Überarbeitung dieser Internationalen Norm einfließen können.

Die Prüfmaschine ist zu überprüfen und muss mindestens die Anforderungen der Klasse 1 nach ISO 7500-2 erfüllen.

6.2 Messeinrichtung zur Dehnungsbestimmung

6.2.1 Dehnungsmessung im nicht unterbrochenen Kriechversuch

Im nicht unterbrochenen Kriechversuch muss die Verlängerung mit einem Extensometer gemessen werden, das die Leistungsanforderungen der Klasse 1 oder höher in ISO 9513 erfüllt, oder durch andere Mittel, die die gleiche Genauigkeit ohne Unterbrechung des Versuches sicherstellen. Das Extensometer kann entweder direkt an der Probe angebracht werden oder es können berührungslose Systeme (z. B. optische oder Laser-Extensometer) verwendet werden.

Es wird empfohlen, ein Extensometer zu verwenden, das über einen für die erwartete Kriechverformung geeigneten Bereich kalibriert wurde.

Das Extensometer muss in Zeitabständen von höchstens 3 Jahren kalibriert werden, sofern die Prüfdauer nicht länger als 3 Jahre ist. Falls die erwartete Versuchsdauer die Gültigkeitsdauer des Kalibrierungszertifikats überschreitet, muss das Extensometer vor Beginn des Zeitstandversuchs neu kalibriert werden.

Die Messlänge des Extensometers darf nicht kleiner als 10 mm sein.

Das Extensometer muss so ausgebildet sein, dass die Dehnung entweder auf einer Seite oder vorzugsweise auf gegenüberliegenden Seiten der Probe gemessen werden kann.

Die Art des verwendeten Extensometers (z. B. einseitig, zweiseitig, axial oder diametral wirkend) sollte im Prüfbericht angegeben werden. Falls die Dehnung auf gegenüberliegenden Seiten der Probe gemessen wird, sollte der Mittelwert der Verlängerung im Prüfbericht angegeben werden.

Falls die Verlängerung mit einem Extensometer gemessen wird, das an die Einspannenden der Probe angreift, müssen diese Einspannenden von derartiger Form und Größe sein, dass angenommen werden kann, dass die gemessene Verlängerung vollständig innerhalb der Bezugslänge der Probe aufgetreten ist. Die Extensometer-Kriechdehnung wird über die Bezugslänge L_r gemessen.

Die Messlänge des Extensometers sollte üblicherweise so nahe wie möglich bei der Bezugslänge liegen. Bei genauen Kriechdehnungsmessungen sollte diese Messlänge so groß wie möglich gewählt werden, um die Messgenauigkeit zu verbessern.

ANMERKUNG 1 Bei der Messung kleiner Kriechverformungen, von z. B. $\leq 1\%$, an Proben mit kleiner Anfangsmesslänge muss besonders darauf geachtet werden, dass das Messgerät eine ausreichende Auflösung hat.

ANMERKUNG 2 Informationen über die Langzeitstabilität von Extensometern zur Anwendung im Zeitstandversuch und für Akkreditierungszwecke siehe [37] und [38] in den Literaturhinweisen.

ANMERKUNG 3 Falls lediglich die Zeitbruchdehnung oder eine Kriechdehnung für eine vorgegebene Versuchsdauer bestimmt wird, ist die Benutzung eines Extensometers nicht erforderlich.

Bei der Verwendung von Extensometern aus Nickelbasiswerkstoffen sollte besonders auf ein mögliches Auftreten einer negativen Dehnung geachtet werden. Siehe CODE of Practice by Loveday and Gibbons (2007) [40].

6.2.2 Dehnungsmessung im unterbrochenen Kriechversuch

Im unterbrochenen Versuch wird die Probe in wiederkehrenden Zeitintervallen entlastet und auf Raumtemperatur abgekühlt, und es wird mit einer geeigneten Vorrichtung die bleibende Verlängerung in Bezug auf die Messlänge der Probe gemessen. Die Präzision dieses Messgeräts muss $0,01 \Delta L_r$ oder 0,01 mm entsprechen, je nachdem, welches der größere Wert ist. Nach dieser Messung darf die Probe zunächst erneut erwärmt und dann wieder belastet werden.

6.3 Erwärmungseinrichtung, Temperaturmesseinrichtung und Kalibrierung

6.3.1 Zulässige Temperaturabweichungen

Die Erwärmungseinrichtung muss die Probe auf die vorgeschriebene Prüftemperatur (T) erwärmen. Die zulässigen Unterschiede zwischen dem berichtigten Temperaturmesswert (T_c) und der Prüftemperatur (T) und der maximal zulässige Temperaturgradient über die Probe müssen den in Tabelle 2 angegebenen Werten entsprechen.

Tabelle 2 — Zulässige Werte der Temperaturabweichung zwischen T_c und T und maximal zulässiger Temperaturgradient über die Probe

Prüftemperatur, T	Zulässige Abweichung zwischen T_c und T	Maximal zulässiger Temperaturgradient über die Probe
°C	°C	°C
$T \leq 600$	± 3	3
$600 < T \leq 800$	± 4	4
$800 < T \leq 1\,000$	± 5	5
$1\,000 < T \leq 1\,100$	± 6	6

Für Prüftemperaturen von mehr als 1 100 °C müssen die zulässigen Werte, einschließlich Drift, durch vorherige Abstimmung zwischen den Beteiligten vereinbart werden.

Die berichtigten Temperaturmesswerte (T_c) sind die Temperaturen, die an der Oberfläche in der Parallellänge der Probe gemessen werden, wobei Fehler aller Art, einschließlich Drift (siehe Anhang A), berücksichtigt und systematische Fehler korrigiert sind.

ANMERKUNG Anstelle der Messung der Temperatur an der Oberfläche der Probe kann eine indirekte Messung der Temperatur für jede Erwärmungszone der Erwärmungseinrichtung (des Ofens) durchgeführt werden, vorausgesetzt, es wird der Nachweis erbracht, dass die oben festgelegten Temperaturtoleranzen eingehalten werden.

Wird ein Extensometer verwendet, so müssen die außerhalb des Ofens liegenden Teile dieses Messinstruments so ausgelegt und geschützt sein, dass Temperaturabweichungen der den Ofen umgebenden Luft die Messung der Längenänderungen nicht signifikant beeinflussen.

Abweichungen der Lufttemperatur in der Umgebung der Prüfmaschine sollten einen Wert von ± 3 °C nicht überschreiten.

Im unterbrochenen Versuch sollten die Abweichungen der Raumtemperatur während aller Messungen der Messlänge einen Wert von $\pm 2\text{ °C}$ nicht überschreiten. Wird dieser Bereich überschritten, so sind an den ermittelten Werten der Messlängen Temperaturkorrekturen vorzunehmen.

6.3.2 Temperaturmessung

6.3.2.1 Allgemeines

Das Temperaturmessgerät muss eine Auflösung von mindestens $0,5\text{ °C}$ und die gesamte Temperaturmeseinrichtung eine Genauigkeit von $\pm 1\text{ °C}$ besitzen.

Bei Thermoelementen ohne Messgeräte mit Vergleichsstellenkompensation müssen Vergleichsstellentemperaturen üblicherweise bei 0 °C , bis zu einem Bereich innerhalb $0,5\text{ °C}$ gemessen werden.

ANMERKUNG 1 In vielen Labors wird die Vergleichsstelle oberhalb der Umgebungstemperatur gehalten. Unabhängig von ihrer Temperatur bleibt sie stabil und die entsprechende Kompensation wird angewendet, um die Temperatur mit dem Thermoelement zu messen.

ANMERKUNG 2 Angaben zur Thermoelementendrift sind in Anhang A und Kalibrierungsverfahren für Thermoelemente in Anhang B angegeben.

Bei indirekten Verfahren zur Temperaturmessung, wie z. B. Pyrometrie, Wärmebildkameras oder Messtechniken, bei denen die Temperatur anhand des spezifischen Widerstands gemessen wird, muss nachgewiesen werden, dass das Verfahren auf die Internationale Einheit (SI-Einheit) der Temperatur rückführbar ist und die oben angeführten Kriterien zur Messgenauigkeit und Auflösung erfüllt werden können.

6.3.2.2 Kalibrierung der Temperaturmeseinrichtung

Die Kalibrierung der Temperaturmeseinrichtung (einschließlich der Leitungen, der Anschlüsse, der Vergleichsstelle, der Anzeige des Aufzeichnungsgeräts, der Datenleitung usw.) muss durch ein Verfahren erfolgen, das auf die Internationale Einheit (SI-Einheit) der Temperatur rückführbar ist.

Die Kalibrierung sollte, wenn möglich, jährlich über den Arbeitsbereich der Temperaturmeseinrichtung erfolgen, und die Ergebnisse sind in einen Kalibrierbericht zu übernehmen.

6.3.2.3 Einprobenprüfmaschinen

Bei Einprobenprüfmaschinen, bei denen Thermoelemente zur Temperaturmessung verwendet werden, sollten für Proben mit einer Parallellänge von weniger oder gleich 50 mm mindestens zwei Thermoelemente eingesetzt werden. Für Proben mit einer Parallellänge über 50 mm sollten mindestens drei Thermoelemente verwendet werden. In allen Fällen sollte ein Thermoelement an jedem Ende der Parallellänge angebracht sein. Wird ein drittes Thermoelement verwendet, so sollte es in der mittleren Zone der Parallellänge angebracht sein.

Die Anzahl der Thermoelemente darf auf eins verringert werden, falls nachgewiesen werden kann, dass der Ofen und die Probe so beschaffen sind, dass die Temperaturabweichungen der Probe die in 6.3.1 festgelegten Werte nicht überschreiten.

6.3.2.4 Vielprobenprüfmaschinen

Bei Vielprobenprüfmaschinen, bei denen Thermoelemente zur Temperaturmessung verwendet werden, wird die Anwendung von mindestens einem Thermoelement für jede Probe empfohlen. In den Fällen, in denen nur ein Thermoelement je Probe verwendet wird, ist dieses in der Mitte der Parallellänge anzubringen. Die Gesamtanzahl der Thermoelemente darf aber auf nur drei reduziert werden, wenn diese an geeigneten Stellen im Ofen angebracht sind und zeigen, dass die Temperatur an allen Proben die Anforderungen von 6.3.1 erfüllt.

Im Falle der indirekten Temperaturmessung sind regelmäßige Kontrollmessungen erforderlich, um die Unterschiede in der Temperaturanzeige zwischen dem oder den Thermoelementen jeder Heizzone und einer

signifikanten Anzahl von Proben in dieser Zone zu bestimmen. Die nichtsystematischen Anteile dieser Temperaturunterschiede dürfen einen Wert von $\pm 2\text{ °C}$ bis 800 °C und einen Wert von $\pm 3\text{ °C}$ oberhalb von 800 °C nicht überschreiten.

6.3.2.5 Kerbproben

Die Temperaturmessung bei Kerbproben muss entweder 6.3.2.3 oder 6.3.2.4 entsprechen. Es wird empfohlen, ein Thermoelement nahe an der Kerbe anzubringen.

6.3.3 Thermoelemente

Die Messstellen der Thermoelemente müssen in gutem thermischen Kontakt mit der Probenoberfläche stehen und vor direkter Bestrahlung durch die Wärmequelle geschützt werden. Die im Ofen verbleibenden Teile der Drähte müssen durch eine Umhüllung thermisch geschützt und elektrisch isoliert werden.

ANMERKUNG Dieser Abschnitt ist nicht auf die indirekte Temperaturmessung anwendbar.

Um eine Kontamination und physische Schäden der Thermoelemente zu minimieren, muss mit besonderer Vorsicht vorgegangen werden. Isolatoren und/oder Isolierungen müssen in einem sauberen Zustand sein, um die Kontamination zu minimieren und eine elektrische Leitung zu verhindern.

Informationen zu unterschiedlichen Arten von Thermoelementen sind IEC 60584-1 [1] und IEC 60584-2 [2] zu entnehmen.

Für Temperaturen ab 400 °C wird die Verwendung von Edelmetallthermoelementen, vorzugsweise des Typs S oder R, empfohlen [44].

Grundmetall-Thermoelemente des Typs K sollten entweder nur bei Temperaturen unter 400 °C oder bei höheren Temperaturen nur für Zeiten von weniger als $1\,000\text{ h}$ verwendet werden, und sie sollten nach einem Versuch nicht ohne die Kürzung von freiliegenden Drähten und eine Rekalibrierung wieder verwendet werden.

Grundmetall-Thermoelemente des Typs N dürfen entweder nur für Temperaturen unter 600 °C oder bei höheren Temperaturen nur für Zeiten von weniger als $3\,000\text{ h}$ verwendet werden, und sie sollten nach einem Versuch nicht wieder verwendet werden. Die Verwendung von Grundmetall-Thermoelementen des Typs N ist bei Temperaturen über 760 °C nicht zulässig [35].

Falls die Drift die folgenden Werte innerhalb der Kalibrierperiode überschreitet, sollte entweder häufiger kalibriert werden oder die vom Thermoelement angezeigte Temperatur sollte korrigiert werden. Siehe Anhang A und Literaturhinweise [44 – 49].

- $\pm 1\text{ °C}$ für $T \leq 600\text{ °C}$;
- $\pm 1,5\text{ °C}$ für $600\text{ °C} < T \leq 800\text{ °C}$;
- $\pm 2\text{ °C}$ für $800\text{ °C} < T \leq 1\,100\text{ °C}$.

Aufzeichnungen zu Drifts müssen dokumentiert werden und auf Anforderung verfügbar sein.

ANMERKUNG 1 Die Drift des Thermoelementes hängt von der Art des verwendeten Thermoelements und der Dauer seines Einsatzes bei der betreffenden Temperatur ab (siehe Anhang A).

ANMERKUNG 2 Es kann auf ASTM E 633 „Anleitung zur Verwendung von Thermopaaren bei Stand- und Zeitstandversuchen“ verwiesen werden.

ANMERKUNG 3 Dieser Abschnitt ist nicht auf die indirekte Temperaturmessung anwendbar.

ANMERKUNG 4 Andere Arten von Thermoelementen sind zwar verfügbar, ihre Eignung wird jedoch erst noch beurteilt.

6.3.4 Kalibrierung der Thermoelemente

ANMERKUNG Weitere Informationen zur Kalibrierung von Thermoelementen sind in Anhang B angegeben.

6.3.4.1 Kalibrierungsintervalle für Thermoelemente

Das Kalibrierungsintervall für Edelmetallthermoelemente darf bei wiederholter Verwendung in Kurzzeitversuchen (üblicherweise 500 Stunden oder weniger) 13 Monate nicht überschreiten. Ansonsten muss das Kalibrierungsintervall den folgenden Angaben entsprechen.

- 4 Jahre für $T \leq 600\text{ °C}$;
- 2 Jahre für $600\text{ °C} < T \leq 800\text{ °C}$;
- 1 Jahr für $T > 800\text{ °C}$.

Die Wiederverwendung von Grundmetall-Thermoelementen ist ohne Rekalibrierung nach jeder Prüfung nicht zulässig, es sei denn, die Erfahrung hat gezeigt, dass Fehler durch Drift die Grenzwerte nach 6.3.3 für die betreffenden Prüfbedingungen nicht übersteigen. In diesem Fall dürfen sie in Intervallen von nicht mehr als 500 Nutzungsstunden kalibriert werden.

Falls die Prüfdauer die oben angegebenen Kalibrierungsintervalle überschreitet, muss das Thermoelement nach Beendigung der Prüfung kalibriert werden.

Es ist nachzuweisen, dass der Fehler des verwendeten Thermoelementes entweder bei der Prüftemperatur ermittelt wurde oder dass der Fehler typisch für einen die Prüftemperatur enthaltenden Temperaturbereich ist. Thermoelemente, die Abweichungen von mehr als 1 °C aufweisen, dürfen verwendet werden, sofern die entsprechenden Korrekturen vorgenommen werden.

Falls das Thermoelement nachgeschweißt wurde, muss es vor dem erneuten Einsatz neu kalibriert werden.

ANMERKUNG 1 Grundmetall-Thermoelemente können gekürzt werden, indem alle freiliegenden Drähte entfernt werden; zudem werden sie vor der Verwendung neu kalibriert.

6.3.4.2 Kalibrierung der Temperaturmesseinrichtung

Die Kalibrierung der Temperaturmesseinrichtung (einschließlich der Leitungen, der Anschlüsse, der Vergleichsstelle, der Anzeige des Aufzeichnungsgeräts, der Datenleitung usw.) muss durch ein Verfahren erfolgen, das auf die Internationale Einheit (SI-Einheit) der Temperatur rückführbar ist.

Die Kalibrierung sollte, wenn möglich, jährlich über den Arbeitsbereich der Temperaturmesseinrichtung erfolgen, und die Ergebnisse sind in einen Kalibrierbericht zu übernehmen.

7 Prüfstücke

7.1 Form und Maße

7.1.1 Form und Maße glatter Proben

Um einen Bruch nahe den Enden der Messlänge zu vermeiden, wird empfohlen, die Hälfte der Formtoleranzen zu einer Verjüngung der Probe nach der Mitte der Messlänge hin auszunutzen.

7.1.2 Form und Maße gekerbter Proben

Üblicherweise müssen Proben mit kreisförmigem Querschnitt verwendet werden (siehe Bild C.3).

Im Allgemeinen ist die glatte (ungekerbte) Probe eine bearbeitete zylindrische Proportionalprobe ($L_r = k\sqrt{S_0}$) mit kreisförmigem Querschnitt (siehe Bild 2). Der Wert k sollte größer oder gleich 5,65 sein, und der tatsächlich verwendete Wert ist im Prüfbericht anzugeben; d. h. $L_r \geq 5.D$.

In Spezialfällen darf der Querschnitt der Probe quadratisch oder rechteckig oder von anderer Gestalt sein. Für diese spezifischen Proben müssen die Maßnahmen für zylindrische Proben mit kreisförmigem Querschnitt angewendet werden.

L_r sollte L_c bei Proben mit Kreisquerschnitt in der Regel nicht um mehr als 10 % und bei Proben mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt nicht um mehr als 15 % überschreiten.

Die Parallellänge muss durch Übergangskurven mit den Einspannenden der Probe verbunden sein, die eine an die Einspannteile der Prüfmaschine angepasste Form aufweisen darf. Der Übergangsradius (R) sollte zwischen $0,25 D$ und $1 D$ für zylindrische Proben oder zwischen $0,25b$ und $1b$ für rechteckige oder quadratische Proben liegen.

Die Anfangsquerschnittsfläche (S_0) muss größer oder gleich 7 mm^2 sein, es sei denn, die Probengröße lässt dies nicht zu.

ANMERKUNG In manchen Fällen, besonders bei spröden Werkstoffen, kann der Übergangsradius größer als $1 D$ sein.

Wird eine Probe mit Messschneiden in der Parallellänge verwendet, so darf der Übergangsradius zu den Messschneiden kleiner als $0,25 d$ sein; dies sollte mit dem Ziel gewählt werden, Kerbwirkungen auf ein Mindestmaß zu reduzieren, und bei der Überprüfung sollte sich keine Hinterschneidung feststellen lassen. Bei Proben mit Messschneiden darf der Durchmesser zwischen Messschneide und Einspannende um bis zu 10 % größer sein als der Durchmesser der Anfangsmesslänge; dies sollte sicherstellen, dass der Bruch innerhalb der Messlänge entsteht.

Die Einspannenden der Proben müssen hinsichtlich ihrer Koaxialität mit der Probe in ihrer Parallellänge eine der folgenden Toleranzen haben, wobei der jeweils größere Wert maßgebend ist:

- $0,005 D$ oder $0,03 \text{ mm}$ bei Proben mit Kreisquerschnitt und
- $0,005 b$ oder $0,03 \text{ mm}$ bei Proben mit rechteckigem oder quadratischem Querschnitt.

Falls Oxidation einen signifikanten Einfluss hat, sollten Proben mit einer größeren Anfangsquerschnittsfläche (S_0) verwendet werden.

Die Anfangsbezugslänge ist mit einer Messunsicherheit von $\pm 1 \%$ zu bestimmen. Die Bezugslänge nach dem Bruch sollte mit einer Messunsicherheit von $\pm 1 \%$ bestimmt werden.

Wird eine Kerbprobe geprüft, so sollten die Geometrie und die Lage der Kerbe durch Vereinbarung festgelegt sein.

7.2 Herstellung

Die Probe muss so bearbeitet werden, dass keinerlei Verformung oder Oberflächendefekte eingebracht werden.

Die zu beachtenden Formtoleranzen sind in Tabelle 3 für Proben mit kreisförmigem Querschnitt und in Tabelle 4 für Proben mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt angegeben.

Tabelle 3 — Formtoleranzen für Proben mit kreisförmigem Querschnitt

Maße in Millimeter

Nennendurchmesser D	Formtoleranz^a
$3 < D \leq 6$	0,02
$6 < D \leq 10$	0,03
$10 < D \leq 18$	0,04
$18 < D \leq 30$	0,05
^a Maximale Abweichung zwischen den ermittelten Quermaßen längs der vollen Parallellänge der Probe (siehe ISO 286-2).	

Tabelle 4 — Formtoleranzen von Proben mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt

Maße in Millimeter

Nennendurchmesser b	Formtoleranz^a
$3 < b \leq 6$	0,02
$6 < b \leq 10$	0,03
$10 < b \leq 18$	0,04
$18 < b \leq 30$	0,05
^a Maximale Abweichung zwischen den ermittelten Quermaßen längs der vollen Parallellänge der Probe (siehe ISO 286-2).	

Es wird empfohlen, den kleinsten Anfangsquerschnitt in die mittleren zwei Drittel der Parallellänge oder der Bezugslänge zu legen, wobei die kleinere Länge maßgeblich ist.

ANMERKUNG Um einen Bruch nahe den Enden der Anfangsmesslänge zu vermeiden, kann es sinnvoll sein, die Hälfte der Formtoleranzen zu einer Verjüngung der Probe nach der Mitte der Anfangsmesslänge hin auszunutzen.

Falls die Probe eine Kerbe aufweist (siehe Anhang C), ist deren Profil zu überprüfen, um sicherzustellen, dass dieses den Toleranzen in der einschlägigen Produktnorm entspricht.

7.3 Bestimmung der Anfangsquerschnittsfläche

Die Anfangsquerschnittsfläche (S_0) muss aus den Messwerten geeigneter Maße innerhalb der Parallellänge berechnet werden. Jedes diesbezügliche Maß muss mit einer Messunsicherheit von $\pm 0,1\%$ oder 0,01 mm gemessen werden, wobei der größere Wert maßgeblich ist.

Die Größe der Probe muss an drei Stellen entlang der Messlänge bestimmt werden, und der berechnete Mindestwert der Querschnittsfläche ist zur Bestimmung der aufgetragenen Last entsprechend der festgelegten Spannung zu verwenden.

7.4 Kennzeichnung der Anfangsmesslänge, L_0

Jedes Ende der Anfangsmesslänge muss durch dünne Markierungen oder Linien oder durch andere Mittel gekennzeichnet sein, aber nicht durch Kerben, die zu einem vorzeitigen Bruch führen könnten.

Die Anfangsmesslänge muss mit einer Genauigkeit von $\pm 1 \%$ markiert werden.

ANMERKUNG In einigen Fällen kann es hilfreich sein, auf der Oberfläche der Probe eine parallel zur Längsachse verlaufende Linie anzuzeichnen, längs der die Messlänge angezeichnet wird. Die Markierung von L_0 ist nicht erforderlich, wenn eine Probe mit kleinen Messschneiden verwendet wird [siehe Bild 2 c)].

7.5 Bestimmung der Bezugslänge L_r

7.5.1 Allgemeines

Innerhalb dieses Dokuments sind die verschiedenen Werte der Extensometer-Dehnung/Dehnung (siehe 3.11 – 3.22) als Prozentsätze der Bezugslänge L_r ausgedrückt. Der Wert der Bezugslänge ist von der Messgeometrie der Probe sowie der Art des verwendeten Extensometers abhängig. Es müssen zwei verschiedene Fälle unterschieden werden.

Fall 1 — Die Anfangsmesslänge L_0 und/oder die Extensometer-Messlänge L_e liegen innerhalb der Parallellänge L_c :

Dieser Fall ist in Bild 2a und 2b dargestellt, wobei der Durchmesser der Probe konstant innerhalb der Anfangsmesslänge und der Messlänge des Extensometers liegt (z. B. aufgrund einer entsprechenden Positionierung der Messmarken der Anfangsmesslänge oder eines Extensometers, das nur an der Parallellänge der Probe angebracht ist). Die Bezugslänge L_r zur Berechnung der Dehnungen wird angegeben durch

$$L_r = L_0 \quad (9)$$

In ähnlicher Weise wird die Bezugslänge L_r zur Berechnung von Extensometer-Dehnungen ausgedrückt durch:

$$L_r = L_e \quad (10)$$

Fall 2 — Die Anfangsmesslänge L_0 und/oder die Extensometer-Messlänge L_e reichen über die Parallellänge L_c hinaus:

Dieser Fall ist in Bild 2d und Bild 2e dargestellt, wobei Proben mit Durchmesserschwankungen (wie z. B. Schultern der Probe oder Messschneiden für die Anbringung des Dehnungsmessgeräts) Teil der Anfangsmesslänge und der Messlänge des Extensometers sind. Die Bezugslänge L_r zur Berechnung der Extensometer-Dehnungen/Dehnungen sollte durch die folgende Gleichung und unter Berücksichtigung der Formänderung der Schultern/Messschneiden berechnet werden, um

$$L_r = L_c + 2 \sum_i [(D/d_i)^{2n} l_i] \quad (11)$$

Siehe Bild 2e, wobei

- n der Spannungsexponent des zu prüfenden Werkstoffs bei Prüftemperatur ist. Falls Angaben hierzu fehlen, ist $n = 5$ zu verwenden;

- l_i das Längeninkrement im Übergangsbereich. Als Erfahrungswert wird hier 0,1 mm als ausreichend für die Berechnung angesehen und
- d_i der Durchmesser der Probe in der mittleren Querschnittsfläche der jeweiligen Längenzunahme l_i ist.

Im Fall von z. B. rechteckigen Querschnitten oder Hohlquerschnitten sollte die folgende Gleichung verwendet werden:

$$L_r = L_c + 2 \sum_i [(S_o/S_i)^n l_i] \quad (12)$$

wobei S_o die Anfangsquerschnittsfläche in der Parallellänge ist

und S_i die Querschnittsfläche der Probe der jeweiligen Längenzunahme l_i ist

Diese Berechnung muss für jede Probengeometrie durchgeführt werden; falls die tatsächlichen Maße der Probe die in 7.1 und 7.2 a festgelegten Grenzwerte einhalten, ist eine Nachberechnung der Bezugslänge für jede einzelne Probe der gleichen Art nicht erforderlich. Eine Nachrechnung ist hingegen erforderlich, wenn für relevante Änderungen in Bezug auf den Spannungsexponenten n auftreten. Dies kann entweder durch Prüfen eines anderen Werkstoffs oder aufgrund eines Prüfverfahrens mit erweiterten Anfangsspannungen oder Prüftemperaturen der Fall sein.

ANMERKUNG Sollte die Differenz zwischen der berechneten Bezugslänge und der Messlänge des Extensometers L_e oder der Anfangsmesslänge L_o weniger als 0,5 % betragen, dann kann L_r genauso wie L_o oder L_e gewählt werden.

8 Prüfverfahren

8.1 Erwärmung der Probe

Die Probe ist auf die Prüftemperatur (T) zu erwärmen. Die Probe, die Einspannvorrichtung und das Extensometer sind in ein thermisches Gleichgewicht zu bringen.

Diese Bedingung ist während mindestens 1 h vor der Aufbringung der Prüfkraft auf die Probe aufrechtzuerhalten, soweit die Produktnorm nichts anderes vorsieht. Im nicht unterbrochenen Versuch darf die maximale Zeit, während der die Probe vor der Aufbringung der Prüfkraft auf Prüftemperatur gehalten wird, 24 h nicht überschreiten. Im unterbrochenen Versuch sollte diese Zeit 3 h nicht überschreiten, und die Zeit unter Prüftemperatur nach dem Entlasten sollte 1 h nicht überschreiten.

Während der Erwärmung sollte die Probe zu keiner Zeit die Prüftemperatur (T) mit ihren Toleranzen überschreiten. Eine Überschreitung dieser Toleranzen ist in den Prüfbericht aufzunehmen.

Eine kleine Vorkraft (von weniger als 10 % der Prüfkraft) darf aufgebracht werden, um das Extensometer während der anfänglichen Erwärmung der Probe (d. h. vor $t = 0$) in einer gesicherten Position zu halten.

8.2 Aufbringung der Prüfkraft

Die Prüfkraft muss längs der Probenachse so aufgebracht werden, dass Biegung und Torsion der Probe auf ein Mindestmaß reduziert werden.

Die aufgebrachte Prüfkraft muss mit einer Genauigkeit von mindestens ± 1 % bekannt sein. Die Prüfkraft muss stoßfrei und sollte so schnell wie möglich aufgebracht werden.

Bei der Beanspruchung von weichen und kubisch-flächenzentrierten Werkstoffen sollte besonders vorsichtig vorgegangen werden, weil diese Werkstoffe Kriechen bei niedrigen Prüfkraften oder bei Raumtemperatur zeigen können.

Der Beginn des Kriechversuchs und der Messung der Kriechdehnung ist die Zeit ($t = 0$), wenn die volle Last der Anfangsspannung auf die Probe aufgebracht wird (siehe Bild 1).

8.3 Versuchsunterbrechungen

8.3.1 Allgemeines

Die Anzahl wiederholter Versuchsunterbrechungen sollte ausreichend sein, um die gewünschten Verformungsdaten zu erhalten.

ANMERKUNG Ein Beispiel ist in 8.4.2 angegeben.

8.3.2 Vielprobenprüfmaschine mit mehreren Proben in einem Strang

Nach dem Bruch einer Probe ist der entsprechende Probenstrang auszubauen, damit die Probe ersetzt werden kann. Danach ist der Versuch nach 8.1 und 8.2 wieder aufzunehmen.

8.3.3 Kombiniertes Versuchs mit kontinuierlicher Dehnungsmessung und unterbrochenen Versuchen

Der Kriechversuch muss zunächst mit kontinuierlicher Dehnungsmessung durchgeführt werden bis der primäre Kriechvorgang abgeschlossen wurde. Falls gewünscht, darf die Probe dann auf eine andere Prüfmaschine übertragen und die Prüfung als unterbrochener Kriechversuch fortgeführt werden. Siehe dazu auch 8.4.2 und Anhang E.3.3.

8.3.4 Zufällige Unterbrechung des Versuches

Für jede zufällige Versuchsunterbrechung, z. B. durch Unterbrechung der Erwärmung oder der Stromzufuhr, sind die Umstände der Wiederaufnahme des Versuches nach jeder einzelnen Unterbrechung im Prüfbericht anzugeben. Es ist sicherzustellen, dass eine Überlastung der Probe infolge einer Kontraktion der Belastungsvorrichtung vermieden wird. Es wird empfohlen, die aufgebrachte Anfangsprüfkraft während dieser Unterbrechungen zu erhalten.

8.4 Aufzeichnung der Temperatur und der Dehnung oder der Extensometer-Dehnung

8.4.1 Temperatur

Es ist wichtig, dass während des gesamten Versuches ausreichende Aufzeichnungen der Probentemperatur erfolgen, um nachweisen zu können, dass der Temperaturverlauf die Anforderungen von 6.3.1 erfüllt.

8.4.2 Dehnung und Extensometer-Dehnung

Die Extensometer-Dehnung muss während des gesamten Versuches entweder kontinuierlich oder in einer ausreichenden Anzahl von Aufzeichnungen erfasst werden, so dass eine Zeitdehnkurve erstellt werden kann (siehe Bild 3).

Falls nur die Extensometer-Kriechdehnung für eine vorgeschriebene Versuchsdauer bestimmt wird, braucht die Zeitdehnkurve nicht aufgezeichnet zu werden. In diesem Falle sind nur die anfängliche und die abschließende Messung erforderlich.

Im unterbrochenen Versuch ist die Anzahl der wiederkehrenden Unterbrechungen zur Verlängerungsmessung so zu wählen, dass die Zeitdehnkurve mit ausreichender Genauigkeit interpoliert werden kann, um Zeiten zum Erreichen vorgegebener bleibender Dehnungen zu bestimmen.

Im nicht unterbrochenen Kriechversuch muss die plastische Anfangsdehnung des Extensometers e_i bestimmt werden.

Für die Ermittlung der plastischen Anfangsdehnung des Extensometers muss die elastische Extensometer-Dehnung subtrahiert werden. Die elastische Extensometer-Dehnung sollte durch eine schrittweise Messung beim Belasten bestimmt werden oder durch einen Warmzugversuch nach ISO 6892-2. Die elastische Extensometer-Dehnung der Extensometer-Messlänge kann alternativ auch durch eine Teilentlastung bestimmt werden, die unmittelbar nach dem Belasten erfolgt, wenn die plastische Extensometer-Dehnung der Extensometer-Messlänge kleiner als 1 % ist.

Zur Bestimmung der plastischen Anfangsdehnung des Extensometers e_i im Falle des unterbrochenen Kriechversuchs ist bei jeder Temperatur zusätzlich ein Warmzugversuch nach ISO 6892-2 durchzuführen. Abweichend von ISO 6892-2 sollte die Dehngeschwindigkeit ähnlich der Belastungsgeschwindigkeit im Kriechversuch gewählt werden.

BEISPIEL Ein Beispiel einer Folge von Zeitintervallen für die unterbrochenen Dehnungsmessungen im Langzeitversuch ist: 100 h, 250 h, 500 h, 1 000 h, 2 500 h, 5 000 h, alle 5 000 h bis 40 000 h, danach alle 10 000 h.

Bei Versuchen bis 3 000 h sollte eine zusätzliche Unterbrechung bei 50 h und bei Versuchen bis 1 000 h eine weitere Unterbrechung bei 25 h in den Prüfplan aufgenommen werden.

8.4.3 Darstellung der Zeit-Dehnverläufe

Auf der Grundlage der Aufzeichnungen von Zeit und Dehnung oder Extensometer-Dehnung kann ein entsprechendes Schaubild erstellt werden (siehe Bild 3).

9 Ermittlung der Prüfergebnisse

Die Prüfergebnisse werden aus den vorgenannten Aufzeichnungen unter Verwendung der in Abschnitt 3 angegebenen Begriffe ermittelt.

10 Gültigkeit der Prüfung

Die erhaltene Dehnung nach dem Bruch ist als ungültig zu betrachten, wenn die Probe außerhalb der Parallellänge (L_c) oder außerhalb der Anfangsgerätemesslänge des Extensometers (L_e) bricht, es sei denn, die Ergebnisse erfüllen die Anforderungen der einschlägigen Produktnorm oder der Kundenspezifikation.

11 Genauigkeit der Prüfergebnisse

11.1 Angabe der Ergebnisse

Die Prüfergebnisse müssen unter Beachtung der nachfolgenden Rundungsregeln angegeben werden:

- Prüftemperatur (T): auf 1 °C;
- Durchmesser (D): auf 0,01 mm;
- Verhältnis (L_r/D): auf eine Dezimalstelle;
- Bezugslänge (L_r): auf 0,1 mm;

- Anfangsspannung (R_0): auf 3 signifikante Ziffern;
- Zeiten (t_{fx} , t_{px}): auf 3 signifikante Ziffern;
- Zeiten (t_u , t_{un}): auf 1 % oder die nächstliegende Stunde, wobei der kleinere Wert maßgebend ist;
- Extensometer-Dehnungen (e_e , e_i , e_f , e_{fu} , e_k , e_p , e_{per} , e_{pu}): auf 3 signifikante Ziffern;
- bleibende Dehnung (A_{per}): auf 3 signifikante Ziffern;
- Zeitbruchdehnung (A_u): auf 2 signifikante Ziffern;
- Zeitbrucheinschnürung (Z_u): auf 2 signifikante Ziffern.

11.2 Gesamtunsicherheit der Ergebnisse

Aufgrund der Tatsache, dass die Unsicherheit der Ergebnisse von der Art des Versuchswerkstoffes und den Prüfbedingungen abhängt, ist es nicht möglich, genaue Werte für die Unsicherheit anzugeben.

Beispiele von Schätzwerten der Unsicherheit sind für einige Werkstoffe im Anhang D angeführt.

12 Prüfbericht

12.1 Werkstoffangaben, die nicht durch eine Produktspezifikation abgedeckt sind, müssen nach 12.2 oder nach 12.2 und 12.3 bereitgestellt werden. Zur Darstellung der Ergebnisse und zur graphischen Extrapolation siehe Anhang E.

12.2 Die Angaben im Prüfbericht müssen nach Möglichkeit Folgendes enthalten:

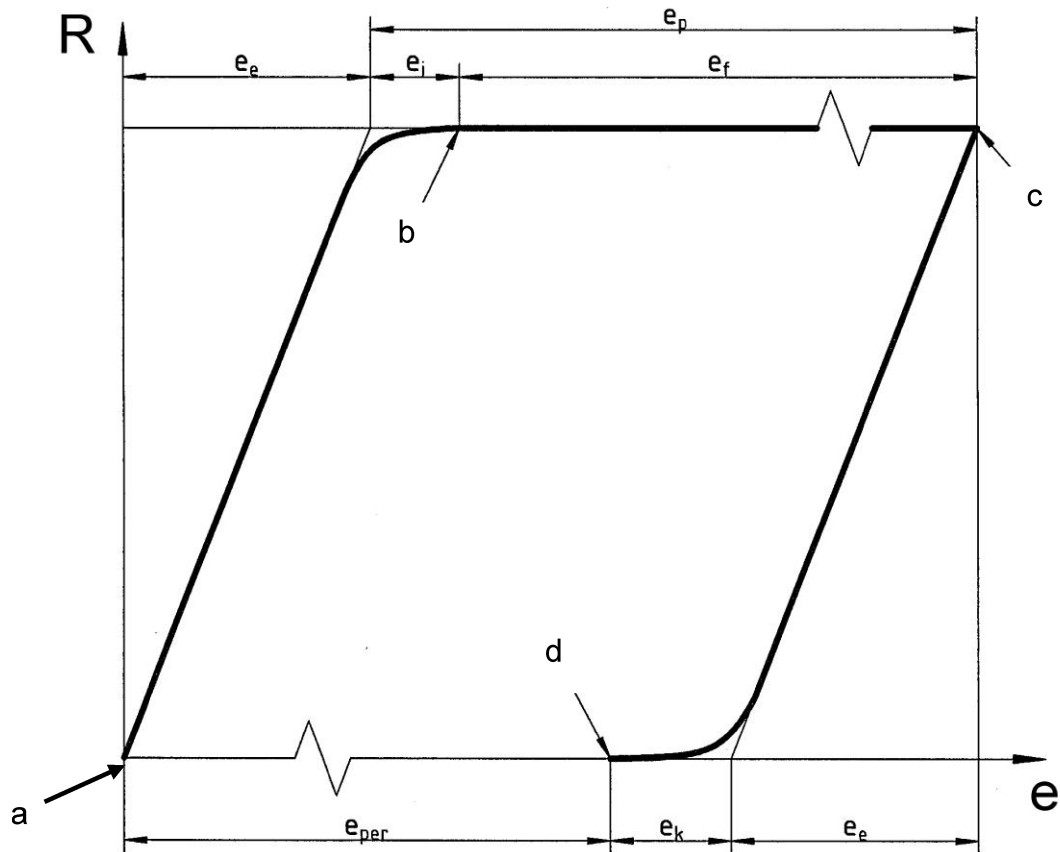
- eine Verweisung auf diese Internationale Norm;
- Versuchsart (nicht unterbrochen oder unterbrochen);
- Werkstoff- und Probenbezeichnung;
- Art und Maße der Probe (einschließlich des Proportionalitätsfaktors k), verwendete Bezugslänge;
- Prüftemperatur und berichteter Temperaturmesswert, falls dieser außerhalb der zulässigen Grenzwerte liegt;
- aufgebrachte Anfangsspannung;
- konstante Prüfkraft oder konstante Spannung;
- Prüfergebnisse;
- Bruchlage (falls diese außerhalb der mittleren zwei Drittel der Parallellänge liegt);
- plastische Anfangsdehnung oder Extensometer-Dehnung;
- Umstände bei der zufälligen Unterbrechung und bei der Wiederaufnahme eines Versuches;
- jeder Vorfall, der die Ergebnisse beeinflussen kann, z. B. Abweichungen von den vorgeschriebenen Prüftoleranzen.

12.3 Zu den Angaben, die auf bei der Auftragserteilung zu stellende Anfrage zur Verfügung zu stellen sind, dürfen, falls zutreffend, die folgenden gehören:

- Maschinentyp (Einprobenprüfmaschine, Vielprobenprüfmaschine mit Proben in Stranganordnung usw.);
- Zeit für das Aufbringen der Prüfkraft;
- Zeitdehnschaubild bzw. Zeitstandschaubild mit hinreichenden Aufzeichnungen für eine genaue Darstellung der Zeitdehnkurve;
- elastische Dehnung oder Extensometer-Dehnung infolge der Aufbringung der Prüfkraft (siehe 8.4.2);
- elastische und anelastische Dehnung oder Extensometer-Dehnung infolge des Entlastens sowie Entlastungsdauer (siehe 8.4.2);
- Informationen zu den aufgezeichneten Werten aller Abweichungen der angezeigten Temperatur über die in 6.3.1 festgelegten Grenzwerte hinaus;
- Art des Dehnungsmessgeräts;
- Wert der Drift der Thermoelemente über die Prüfdauer;
- siehe auch E.6 für empfohlene, ergänzende Werkstoffinformationen.

12.4 Die in dieser Internationalen Norm festgelegten Prüfbedingungen und Grenzwerte dürfen nicht geändert werden, um die festgelegten Messunsicherheiten zu erreichen, es sei denn, der Kunde legt ausdrücklich etwas anderes fest (siehe Anhang D).

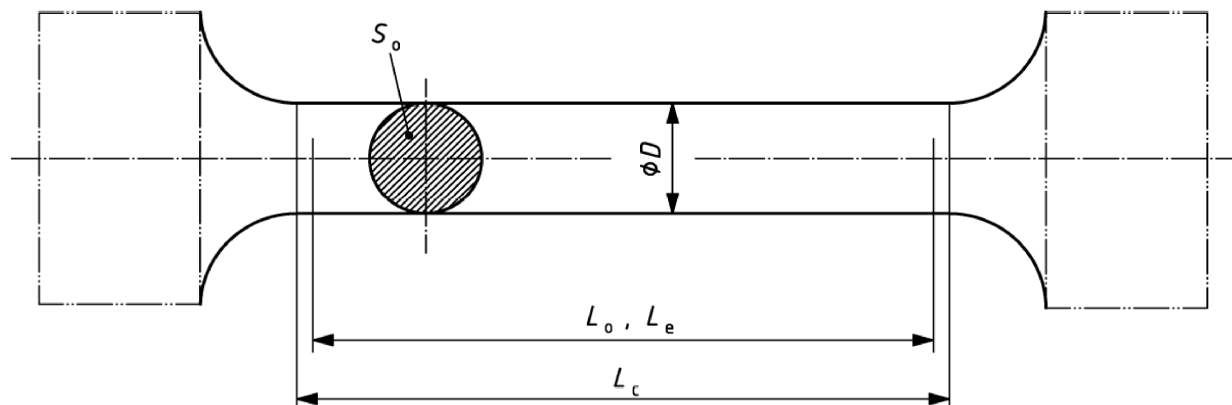
12.5 Die abgeschätzte Messunsicherheit darf nicht mit den Prüfergebnissen kombiniert werden, um die Einhaltung der Produktspezifikation zu erreichen, es sei denn, der Kunde legt ausdrücklich etwas anderes fest (siehe Anhang D).



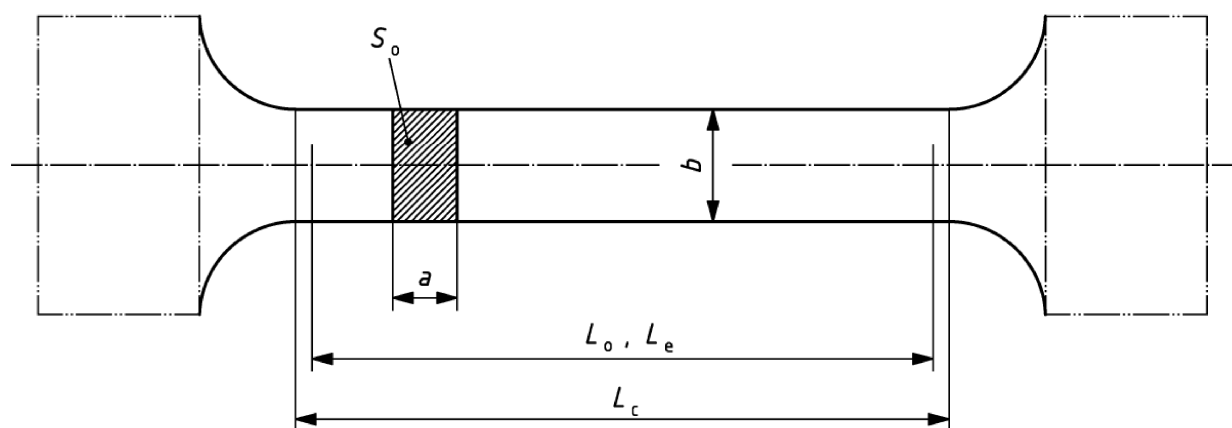
Legende

R	Spannung
R_0	Anfangsspannung
e	Extensometer-Dehnung
e_t	gesamte Extensometer-Dehnung
e_e	elastische Extensometer-Dehnung (nach Belastung mit Anfangsspannung)
e_p	plastische Extensometer-Dehnung
e_f	Extensometer-Kriechdehnung
e_{ti}	gesamte Anfangsdehnung des Extensometers
e_i	plastische Anfangsdehnung des Extensometers
e_k	anelastische Extensometer-Dehnung
e_{per}	bleibende Extensometer-Dehnung
a	Beginn der Aufbringung der Prüfkraft
b	Ende der Aufbringung der Prüfkraft
c	Beginn der Entlastung
d	Ende der Entlastung

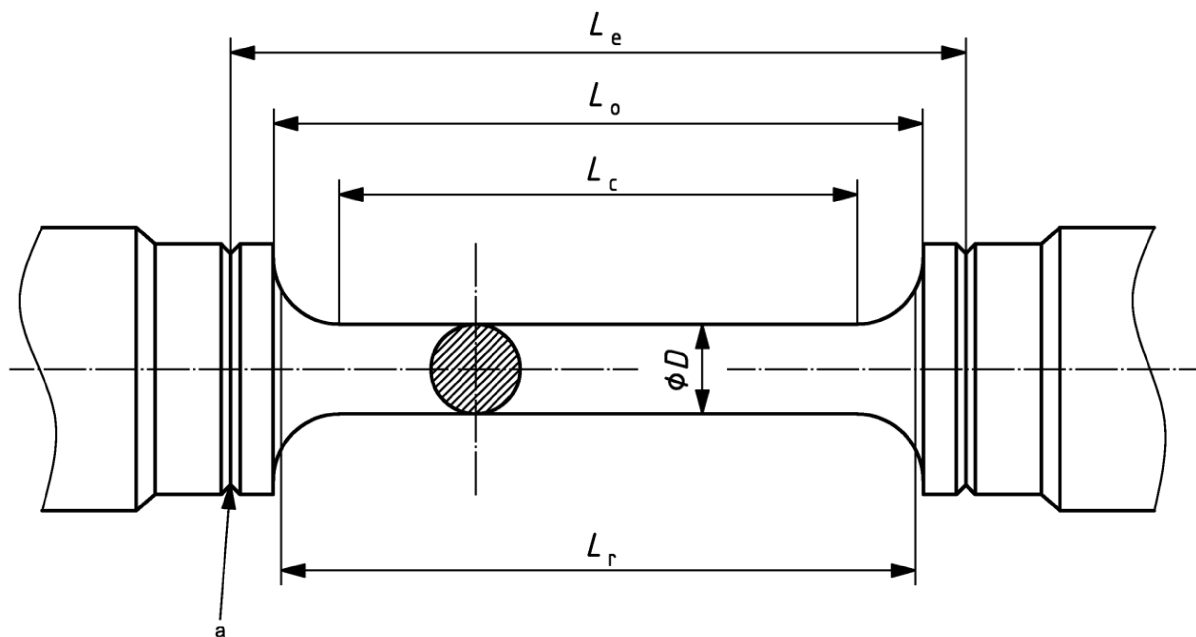
Bild 1 — Spannung-Dehnung-Diagramm (schematisch)



a) Probe mit Schultern und einer innerhalb der Parallellänge liegenden Messlänge und rundem Querschnitt



b) Probe mit Schultern und einer innerhalb der Parallellänge liegenden Messlänge und rechteckigem Querschnitt

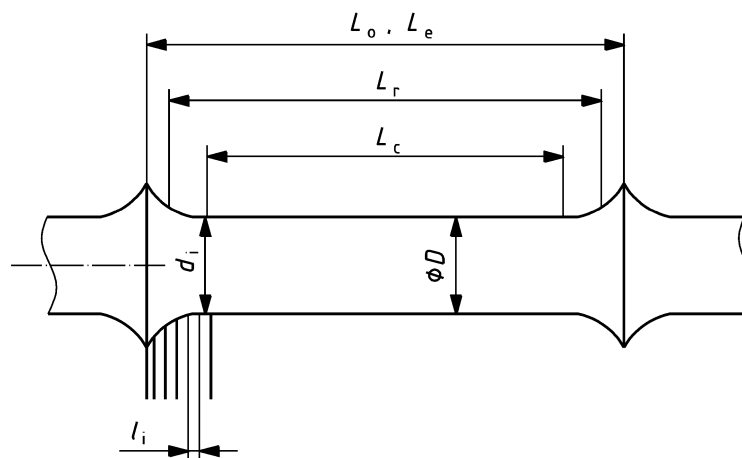


Legende

a V-Kerbe (Winkel zwischen 55° und 90°, Tiefe 0,15 mm)

ANMERKUNG L_r kann nach der Gleichung (11) bestimmt werden.

c) Probe mit Schultern und einer über die Parallellänge hinausreichenden Messlänge

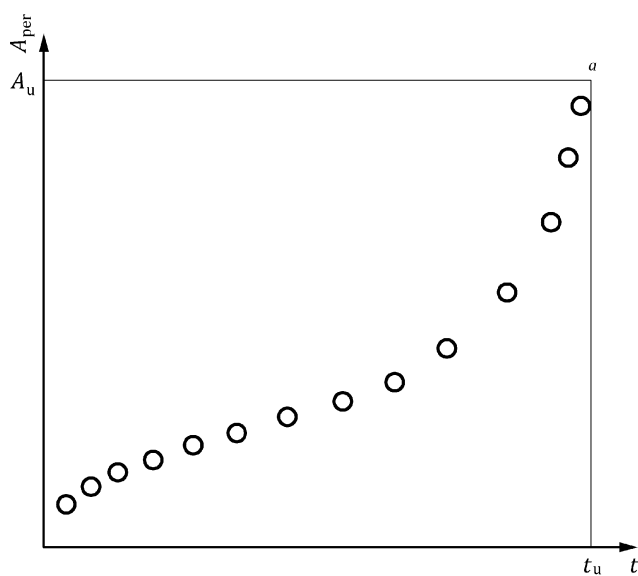


d) Probe mit Messschneiden

Bild 2 — Beispiele von Proben ¹⁾

1) Die Form der Einspannenden ist lediglich als Information angegeben.

a) nicht unterbrochener Versuch



b) unterbrochener Versuch

Legende

a Bruch

Bild 3 — Darstellung der Zeit-Dehnverläufe im (a) nicht unterbrochenen Versuch^{N2)} und (b) unterbrochenen Versuch

^{N2)} Nationale Fußnote: Bild 3 a) fehlt in der Referenzfassung.

Anhang A (informativ)

Angaben zur Drift von Thermoelementen

A.1 Einleitung

Die elektromotorische Kraft (emf), die von einem Thermoelement erzeugt wird, kann sich durch den Einfluss von dauerhaft hohen Temperaturen verändern; dieses Verhalten ist als so genannte „Drift“ bekannt.

Falls die Driteigenschaften eines bestimmten Thermoelements bei einer festgelegten Temperatur des Zeitstandversuchs bekannt sind, so darf diese Information verwendet werden, um die Temperatur des Ofens einer Zeitstandprüfmaschine nach einer bestimmten Zeit anzupassen, um sicherzustellen, dass die Prüfung weiterhin den in Tabelle 2 angegebenen Grenzwerten entspricht. Es sollte beachtet werden, dass einige Faktoren zur Abschätzung der Unsicherheit beitragen; die Drift zählt hierbei zu den wesentlichen Faktoren.

A.2 Folgen der Drift

Bis vor etwa 20 Jahren **kontrollierten** viele Zeitstandlabors die Temperatur von Prüfofen mit Hilfe eines Platin-Widerstandsthermometers (PRT), während die Temperatur der Prüfprobe durch Thermoelemente **überwacht** wurde. Im Allgemeinen neigen PRTs nicht zu Drift und somit blieb die Temperatur des Zeitstandversuchs innerhalb der in den Prüfnormen festgelegten Toleranzen stabil.

In den meisten Zeitstandversuchen, die heute durchgeführt werden, wird die Temperatur des Prüfofens durch ein an der Probe angebrachtes Thermoelement **kontrolliert**. Wenn also die elektromotorische Kraft (emf) des Kontroll-Thermoelements durch Drift abnimmt, nimmt die Elektronik des Temperaturreglers die Reduktion der elektromotorischen Kraft wahr und erhöht automatisch die Leistung des Ofens, um so die angezeigte elektromotorische Kraft bis zum Sollwert wiederherzustellen. Sobald die Leistung des Thermoelements also abnimmt, erhöht sich die tatsächliche Temperatur des Zeitstandversuchs systematisch. Je nach Magnitude der Drift darf der Versuch von den in der Prüfnorm festgelegten Prüftoleranzen abweichen.

Erfreulicherweise bedeutet die kontinuierlich ansteigende Prüftemperatur, dass die gemessene Kriechlebensdauer kürzer und die Kriechgeschwindigkeit höher wird, als bei einer Prüfung, die bei konstanter Temperatur durchgeführt wird; Daten zur Kriechverformung sind im Allgemeinen konservativ und somit werden solche Daten, die zur Erarbeitung von kritischen Sicherheitskomponenten verwendet werden, zu erhöhten Sicherheiten führen.

A.3 Driftdaten

In den 1960er und 70er Jahren stellten Zeitstandlabors zunehmend fest, dass Thermoelementendrift dazu führen kann, dass die Temperaturtoleranzen der Versuche nicht jenen der Prüfnormen entsprechen; daher wurde die Rekalibrierung von intakten Thermoelementen nach einem abgeschlossenen Zeitstandversuch bald zur gängigen Praxis. In den 1960er Jahren wurde in Europa von der Verwendung von Thermoelementen des Typs K (Chromel-Alumel) bei Langzeit-Zeitstandversuchen weitgehend abgeraten, da bekannt war, dass diese zu erheblicher Drift neigen [Desvaux 1982 [A1], Hacon *et al* 1968 [A6]].

Kalibrierdaten, die nach dem Zeitstandversuch erhoben wurden, wurden in Großbritannien für Thermoelemente des Typs R [Desvaux, 1982[A1]] berichtet, wobei die Temperaturbereiche während den Zeitstandversuchen von 400 °C bis 850 °C reichten. Obwohl die Daten eine große Streuung zeigen, wurde ein Abwärtstrend mit einer annähernden Drift von $-3\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ bei 600 °C angezeigt. Darüber hinaus wurden in Japan ähnliche Daten für Thermoelemente des Typs R und S dokumentiert [Itoh et al, (1986) [A7], Miyazaki and Kimura (2005) [A10], Monma et al (1989) [A11], Yokoi et al (1980) [A15]].

Das japanische NRIM/NIMS Creep Data sheet (CDS)-Projekt läuft derzeit noch. Aktualisierte Daten zu Veränderungen der thermischen elektromotorischen Kraft bei Thermoelementen des Typs PR (Pt- Pt 12,8 % Rh) und des Typs R nach dem Gebrauch bei Zeitstandversuchen zwischen 500 – 900 °C wurden 2005 bei einer Konferenz des ECCC präsentiert (Miyazaki, H and Kimura, K, 2005 [A10]). Ein Beispieldiagramm ist in Bild A1 dargestellt; es zeigt, dass nun eine Reihe von Daten über 100 000 Stunden vorliegt. Es sollte beachtet werden, dass Driftwerte von bis zu 12 °C berichtet wurden.

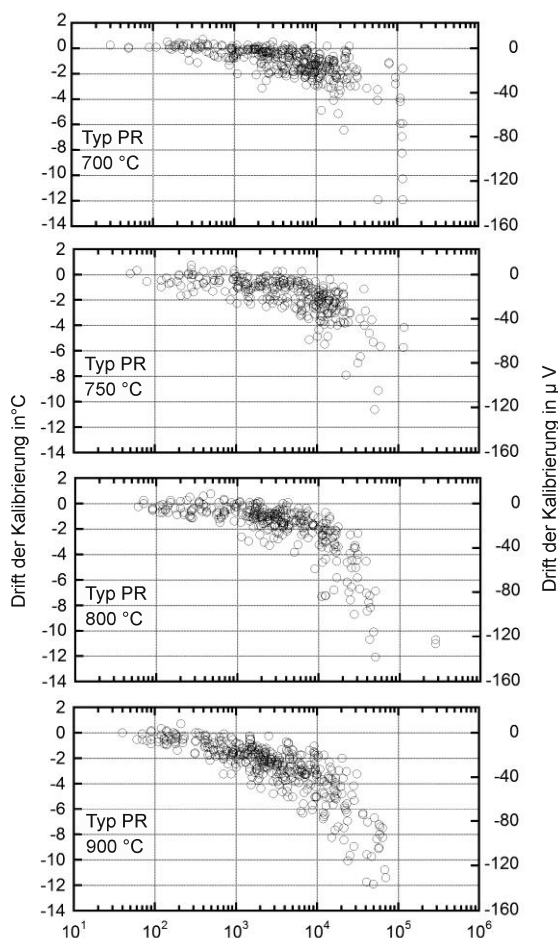


**Bild A.1 — Driftdaten zu Thermoelementen des Typs PR, gemessen nach dem Zeitstandversuch
[Miyazaki, H and Kimura, K, 2005 [A10]]**

Darüber hinaus wurde eine begrenzte Anzahl von Daten zum Drift nach der Rekalibrierung von Thermoelementen des Typs R nach dem Zeitstandversuch bei NPL veröffentlicht [Loveday, (2013) [A9]].