

DIN EN ISO 204



ICS 77.040.10

Einsprüche bis 2022-09-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 204:2019-04

Entwurf

**Metallische Werkstoffe –
Einachsiger Zeitstandversuch unter Zugbeanspruchung –
Prüfverfahren (ISO/DIS 204:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 204:2022**

Metallic materials –
Uniaxial creep testing in tension –
Method of test (ISO/DIS 204:2022);
German and English version prEN ISO 204:2022

Matériaux métalliques –
Essai de fluage uniaxial en traction –
Méthode d'essai (ISO/DIS 204:2022);
Version allemande et anglaise prEN ISO 204:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-07-08 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 oder Am DIN-Platz, 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 117 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 204:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 459 „ECISS – Europäisches Komitee für Eisen- und Stahlnormung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale 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 Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

IEC 60584-1	siehe	DIN EN 60584-1
ISO 286-2	siehe	DIN EN ISO 286-2
ISO 5725 (all parts)	siehe	DIN ISO 5725 (alle Teile)
ISO 6892-1	siehe	DIN EN ISO 6892-1
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
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 204:2019-04 wurden die folgenden Änderungen vorgenommen:

- a) Bild 1 korrigiert;
- b) Symbole überarbeitet;
- c) Gleichungen in Tabelle 1 entfernt;
- d) informativen Anhang zur computerkompatiblen Darstellung von Normen gelöscht;
- e) Literaturhinweise aktualisiert;
- f) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60584-1, *Thermoelemente — Teil 1: Thermospannungen und Grenzabweichungen (IEC 60584-1:2013)*

DIN EN ISO 286-2, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — ISO-Toleranzsystem für Längenmaße — Teil 2: Tabellen der Grundtoleranzgrade und Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen (ISO 286-2:2010 + Cor 1:2013)*

DIN EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2019)*

DIN EN ISO 6892-2, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur (ISO 6892-2:2018)*

DIN EN ISO 7500-2, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 2: Zeitstandprüfmaschinen für Zugbeanspruchung — Prüfung der angewendeten Kraft (ISO 7500-2:2006)*

DIN EN ISO 9513, *Metallische Werkstoffe — Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung (ISO 9513:2012 + Cor. 1:2013)*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017)*

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

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 204:2022-08

– Leerseite –

**Metallische Werkstoffe – Einachsiger Zeitstandversuch unter Zugbeanspruchung –
Prüfverfahren (ISO/DIS 204:2022)**

Metallic materials – Uniaxial creep testing in tension – Method of test (ISO/DIS 204:2022)

Matériaux métalliques – Essai de fluage uniaxial en traction – Méthode d'essai (ISO/DIS 204:2022)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole und Benennungen	13
5 Kurzbeschreibung	15
6 Prüfeinrichtung	15
6.1 Prüfmaschine	15
6.2 Messeinrichtungen zur Dehnungsbestimmung	16
6.2.1 Dehnungsmessung im nicht unterbrochenen Kriechversuch	16
6.2.2 Dehnungsmessung im unterbrochenen Kriechversuch	17
6.3 Erwärmungseinrichtung, Temperaturmesseinrichtung und Kalibrierung	17
6.3.1 Zulässige Temperaturabweichungen	17
6.3.2 Temperaturmessung	18
6.3.3 Thermoelemente	19
6.3.4 Kalibrierung der Thermoelemente	19
7 Prüfstücke	20
7.1 Form und Maße	20
7.1.1 Form und Maße glatter Proben	20
7.1.2 Form und Maße gekerbter Proben	21
7.2 Herstellung	21
7.3 Bestimmung der Anfangsquerschnittsfläche	22
7.4 Kennzeichnung der Anfangsmesslänge L_0	22
7.5 Bestimmung der Bezugslänge L_T	22
8 Prüfverfahren	24
8.1 Erwärmung der Probe	24
8.2 Aufbringung der Prüfkraft	24
8.3 Prüfungsunterbrechungen	24
8.3.1 Geplante Prüfungsunterbrechungen	24
8.3.2 Vielprobenprüfmaschine mit mehreren Proben in einem Strang	24
8.3.3 Kombinierte Prüfung	24
8.3.4 Zufällige Unterbrechung der Prüfung	25
8.4 Aufzeichnung der Temperatur und der Dehnung oder der Extensometer-Dehnung	25
8.4.1 Temperatur	25
8.4.2 Dehnung und Extensometer-Dehnung	25
8.4.3 Darstellung der Zeit-Dehnverläufe	25
9 Ermittlung der Prüfergebnisse	26
10 Gültigkeit der Prüfung	26
11 Genauigkeit der Prüfergebnisse	26
11.1 Angabe der Ergebnisse	26
11.2 Gesamtunsicherheit der Ergebnisse	26
12 Prüfbericht	26
Anhang A (informativ) Angaben zur Drift von Thermoelementen	32
A.1 Allgemeines	32
A.2 Folgen der Drift	32
A.3 Driftdaten	32
A.4 Abschließende Bemerkungen	34
Anhang B (informativ) Angaben zu Verfahren für die Kalibrierung von Thermoelementen	35

Anhang C (normativ) Zeitstandversuch mit V-Rundkerbproben oder mit Rundumkerbproben mit kreisbogenförmiger Kerbausrundung	36
C.1 Allgemeines	36
C.2 Proben mit V-förmigen Kerben	36
C.3 Ausgerundete umlaufende Kerben	37
Anhang D (informativ) Verfahren zur Abschätzung der Messunsicherheit nach dem ISO Leitfaden „Guide to the expression of uncertainty in measurement“ (GUM)	40
D.1 Allgemeines	40
D.2 Zweck	40
D.3 Angabe der Unsicherheit	40
D.3.1 Grundlage	40
D.3.2 Angaben zur Unsicherheit im Zeitstandversuch	43
D.4 Referenzmaterial für Zeitstandversuche	44
D.4.1 Allgemeines	44
D.4.2 Verwendung des Referenzwerkstoffs CRM 425 zur Ermittlung der Messunsicherheit	45
D.5 Unsicherheiten im Zeitstandversuch an einer einkristallinen Nickelbasislegierung bei 1 100 °C	45
Anhang E (informativ) Darstellung der Ergebnisse und Extrapolation	47
E.1 Allgemeines	47
E.2 Formelzeichen für Festigkeitskennwerte und ihre Berechnung	47
E.2.1 Formänderung	47
E.2.2 Zeitstandfestigkeit	47
E.2.3 Zeitdehngrenze	47
E.3 Zeitstandversuch in Einprobenprüfmaschinen und/oder Vielprobenprüfmaschinen	47
E.4 Auswertung	49
E.4.1 Allgemeines	49
E.4.2 Logarithmisches Zeitdehndiagramm	51
E.4.3 Zeitstanddiagramm	51
E.4.4 Zeitbruchverformungsdiagramm	52
E.4.5 Lineares Zeitdehndiagramm	52
E.5 Extrapolation	53
E.5.1 Allgemeines	53
E.5.2 Extrapolation und Zeitstanddiagramm	53
E.5.3 Extrapolation mit Hilfe von Zeit-Temperatur-Parametern	54
E.5.4 Andere Extrapolationsverfahren	54
E.6 Prüfbericht, zusätzlich empfohlene Angaben	54
Literaturhinweise	57

Bilder

Bild 1 — Diagramm zu Extensometer-Dehnung	28
Bild 2 — Beispiele von Proben	30
Bild 3 — Zeitdehnkurven	31
Bild A.1 — Driftdaten zu Thermoelementen des Typs PR, gemessen nach dem Zeitstandversuch (Miyazaki, H. und Kimura, K., 2005) [20]	33
Bild A.2 — Driftdaten zu Thermoelementen des Typs R, gemessen nach dem Zeitstandversuch [12]	34
Bild C.1 — Kombinierte gekerbte und ungekerbte Probe	37
Bild C.2 — Geometrie von Proben der Typen DIN, BS und E	37
Bild C.3 — Schematische Darstellung einer gekerbten Probe mit Kreisquerschnitt	37
Bild C.4 — Drei mögliche Arten von Bridgman-Kerben [34]	39
Bild D.1 — Schema des Verfahrens zur Abschätzung der Gesamtunsicherheit	41
Bild D.2 — Einzelheiten des Verfahrens zur Abschätzung der Unsicherheit nach dem GUM	43
Bild E.1 — Schematische Darstellung von Zeitdehnkurven, die durch einen nicht unterbrochenen Zeitstandversuch a), b), einem unterbrochenen Zeitstandversuch c) sowie einem	

Zeitstandversuch gewonnen wurden, der im nicht unterbrochenen Prüfmodus begann und schließlich als unterbrochener Zeitstandversuch fortgeführt wurde d)	49
Bild E.2 — Beispiel für die Darstellung von Prüfergebnissen für konstante Prüftemperatur und konstante Zugkraft	51
Bild E.3 — Lineares Zeitdehndiagramm (schematisch)	53
Bild E.4 — Beispielhafte Fälle der Extrapolation im Zeitstanddiagramm	56

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole und Benennungen	13
Tabelle 2 — Zulässige Werte der Temperaturabweichung zwischen T_c und T und maximal zulässiger Temperaturgradient über die Probe	17
Tabelle 3 — Formtoleranzen für Proben mit kreisförmigem Querschnitt	21
Tabelle 4 — Formtoleranzen von Proben mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt	22
Tabelle C.1 — Beispiele von Maßen für Rundkerbproben mit einer elastischen Spannungsformzahl $K_t = 4,5 \pm 0,5$ [26]	36
Tabelle D.1 — Unsicherheitsbereich der Dehngrenzzeiten $t_{p0,2}$ und t_{p1}	44
Tabelle D.2 — Zertifizierte Werte für das Referenzmaterial für Zeitstandversuche Nimonic 75, BCR425	45
Tabelle D.3 — Zulässiger Datenbereich für einen Zeitstandversuch am Referenzmaterial CRM 425	45
Tabelle D.4 — Chemische Zusammensetzung der geprüften Legierung (Massenanteil in %)	46
Tabelle D.5 — Zusammenfassung der Ergebnisse der Zeitstandversuche (fünf Labors) TMS-82+, 137 MPa und 1 100 °C	46

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 204:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 459 „ECISS – Europäisches Komitee für Eisen- und Stahlnormung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 204:2018 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 204:2022 wurde von CEN als prEN ISO 204:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO 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 staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

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. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

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. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welt handelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

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

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 204:2018), die technisch und redaktionell überarbeitet wurde. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Bild 1 wurde berichtigt;
- die Symbole wurden überarbeitet;
- Gleichungen in Tabelle 1 wurden entfernt;
- der informative Anhang zur computerkompatiblen Darstellung von Normen wurde gestrichen;
- die Literaturhinweise wurden aktualisiert.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Kriechen ist das Phänomen von Werkstoffen, die sich bei Lastaufbringung bei erhöhter Temperatur langsam verformen. Dieses Dokument befasst sich mit dem Verfahren zur Messung eines solchen Werkstoffverhaltens.

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, Verfahren zur Extrapolation der Bruchzeit sowie Informationen zur computerkompatiblen Darstellung von Normen betreffen.

ANMERKUNG 1 Es werden immer noch Informationen zum Einfluss nicht axialer Beanspruchung oder Biegung auf die Zeitstandkennwerte verschiedener Werkstoffe erhoben. Auf der Grundlage der Verfügbarkeit quantitativer Daten in der Zukunft könnte erwogen werden, ob die maximale Durchbiegung festgelegt und ein entsprechendes Kalibrierungsverfahren empfohlen werden sollte. Diese Entscheidung wird auf der Verfügbarkeit quantitativer Daten beruhen müssen [1].

ANMERKUNG 2 Angaben über den Nutzen von Normen, die in einem computerkompatiblen Format erstellt werden, sind in Anhang F enthalten.

Dieses Dokument enthält viele Empfehlungen, die durch das European Creep Collaborative Committee (ECCC) erarbeitet wurden.

ANMERKUNG 3 In der Regel werden die Begriffe „Dehnung“ (en: strain) und „Verlängerung (der Extensometer-Messlänge)“ (en: extension) synonym verwendet.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Prüfverfahren für

- a) nicht unterbrochene Kriechversuche mit kontinuierlicher Dehnungsmessung,
- b) unterbrochene Kriechversuche mit periodischer Verlängerungsmessung,
- c) Zeitstandversuche, bei denen üblicherweise nur die Zeit bis zum Bruch gemessen wird, sowie
- d) eine Prüfung zum Nachweis, dass eine vorgeschriebene Zeit unter einer gegebenen Kraft überschritten werden kann fest, wobei die Dehnung oder die Verlängerung nicht unbedingt erfasst wird.

ANMERKUNG Ein Zeitstandversuch kann fortgesetzt werden, bis ein Bruch aufgetreten ist, oder vor Auftreten des Bruchs abgebrochen wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 6892-1, *Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature*

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 materials — Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument sind unterschiedliche Mess- und Bezugslängen definiert. Diese Längen kommen anwenderspezifisch in verschiedenen Labors weltweit zum Einsatz. In einigen Fällen erfolgt die Festlegung dieser Längen an Proben in Form von Markierungslinien 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 3.3). Der Begriff „Verlängerung (der Extensometer-Messlänge)“ 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.

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 $L_0 \geq 5 D$.

3.3

Extensometer-Messlänge

L_e

Abstand zwischen den Messpunkten des Dehnungsmessgeräts

3.4

parallele Länge

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 sorgfältig so zusammengefügt werden, dass ihre Achsen eine Gerade bilden

3.6

Anfangsquerschnittsfläche

S_0

Querschnittsfläche in der parallelen Länge, 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 sorgfältig so 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_{et}

Zunahme der Extensometer-Messlänge L_e zur Zeit t bei Prüftemperatur

Anmerkung 1 zum Begriff: Für weitere Informationen siehe 6.2.

3.10

Verlängerung

ΔL_{ot}

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, wie in Gleichung (1) angegeben

$$e = \frac{\Delta L_{et}}{L_r} \times 100 \quad (1)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.12

Dehnung

A

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge L_r , wie in Gleichung (2) angegeben

$$A = \frac{\Delta L_{ot}}{L_r} \times 100 \quad (2)$$

3.13

elastische Extensometer-Dehnung

e_e

prozentuale Verlängerung der Bezugslänge L_r bei Prüftemperatur, die proportional zur Anfangsspannung R_0 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_0

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_0 , die als Differenz zwischen der gesamten Anfangs-Extensometer-Dehnung e_{ti} und der elastischen Extensometer-Dehnung e_e bestimmt wird, wie in Gleichung (3) angegeben

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieser Wert stellt die plastische Verlängerung während der Lastaufbringung 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, wie in Gleichung (4) angegeben

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.18

gesamte endgültige Extensometer-Dehnung

e_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 voller Prüfkraft und bei Prüftemperatur, die als Differenz zwischen der plastischen Extensometer-Dehnung e_p und der plastischen Anfangs-Extensometer-Dehnung e_i bestimmt wird, wie in Gleichung (5) angegeben

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

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, wie in Gleichung (6) angegeben

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Fall von $e_k \approx 0$ darf eine Beziehung in der folgenden Form verwendet werden: $e_{per} \approx e_p$.

Anmerkung 2 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, $L_u - L_o$, wie in Gleichung (7) angegeben

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Dem Formelzeichen A_u dürfen als Hochzahl die festgelegte Prüftemperatur T in Grad Celsius und als Index die Anfangsspannung R_o in Megapascal angefügt werden; siehe Beispiel in Tabelle 1.

3.24

Zeitbrucheinschnürung

Z_u

maximale Änderung der Querschnittsfläche nach dem Bruch, $S_o - S_u$, ausgedrückt als Prozentsatz der Anfangsquerschnittsfläche S_o , wie in Gleichung (8) angegeben

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Dem Formelzeichen Z_u dürfen als Hochzahl die festgelegte Prüftemperatur T in Grad Celsius und als Index die Anfangsspannung R_o in Megapascal angefügt werden; siehe Beispiel in Tabelle 1.

3.25

Kriechgrenzzeit

t_{fx}

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

Anmerkung 1 zum Begriff: 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 festgelegten Prüftemperatur T unter der Anfangsspannung R_o benötigt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Dem Formelzeichen t_u können als Hochzahl die festgelegte Prüftemperatur T in Grad Celsius und als Index die Anfangsspannung R_o in Megapascal angefügt werden; siehe Beispiel in Tabelle 1.

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 Symbole und Benennungen

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

Tabelle 1 — Symbole und Benennungen

Formelzeichen ^a	Einheit	Benennung
a	mm	Dicke einer Probe mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt [siehe Bild 2 b)]
A_{per}	%	bleibende Dehnung ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: $A_{\text{per } 50/5\,000}^{375}$: bleibende Dehnung unter einer Anfangsspannung von 50 MPa nach 5 000 h bei einer festgelegten Prüftemperatur von 375 °C.
A_u	%	Zeitbruchdehnung [siehe Gleichung (7)] ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: $A_{u\,50}^{375}$: Zeitbruchdehnung unter einer Anfangsspannung von 50 MPa bei einer festgelegten Prüftemperatur von 375 °C.
b	mm	Breite des Querschnitts in der parallelen Länge einer Probe mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt
D	mm	Durchmesser der Messlänge einer zylindrischen 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	Messlängendurchmesser einer gekerbten Probe
d_n	mm	Durchmesser des Kerbgrundes Bei Proben, die sowohl gekerbte als auch ungekerbte Bereiche enthalten, gilt $d = d_n$
e	%	Extensometer-Dehnung
e_e	%	elastische Extensometer-Dehnung
e_f	%	Extensometer-Kriechdehnung [siehe Gleichung (5)] ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: $e_{f\,50/5\,000}^{375}$: Extensometer-Kriechdehnung unter einer Anfangsspannung von 50 MPa nach 5 000 h bei einer festgelegten Prüftemperatur von 375 °C.
e_{fu}	%	Extensometer-Kriechdehnung bei Bruchzeit
e_i	%	plastische Anfangs-Extensometer-Dehnung
e_k	%	anelastische Extensometer-Dehnung

Tabelle 1 (*fortgesetzt*)

Formelzeichen^a	Einheit	Benennung
e_p	%	plastische Extensometer-Dehnung
e_{per}	%	bleibende Extensometer-Dehnung
e_{pu}	%	plastische Extensometer-Dehnung bei Bruchzeit
e_t	%	gesamte Extensometer-Dehnung
e_{ti}	%	gesamte Anfangs-Extensometer-Dehnung
e_u	%	gesamte Extensometer-Dehnung bei Bruchzeit
L_c	mm	parallele Länge
L_e	mm	Messlänge des Dehnungsmessgeräts
ΔL_{et}	mm	Zunahme der Messlänge des Dehnungsmessgeräts zur Zeit t
L_n	mm	parallele Messlänge, die eine Kerbe enthält
L_o	mm	Anfangsmesslänge
ΔL_{ot}	mm	Zunahme der Anfangsmesslänge zur Zeit t
L_r	mm	Bezugslänge
L_u	mm	Messlänge nach dem Bruch
n	—	Spannungsexponent des Norton'schen Kriechgesetzes
r_n	mm	Radius des Kerbgrundes
R_o	MPa	Anfangsspannung
r_t	mm	Übergangsradius
S_o	mm ²	Anfangsquerschnittsfläche in der parallelen Länge
S_u	mm ²	kleinste Querschnittsfläche nach dem Bruch
t	h	verstrichene Zeit seit Ende der Lastaufbringung
T	°C	festgelegte Prüftemperatur
T_c	°C	berichtigter Temperaturmesswert
t_{fx}	h	Kriechgrenzzeit
t_{px}	h	Dehngrenzzeit
t_u	h	Bruchzeit ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: A_{u50}^{375} : Bruchzeit unter einer Anfangsspannung von 50 MPa bei einer festgelegten Prüftemperatur von 375 °C.
t_{un}	h	Bruchzeit einer gekerbten Probe
x	%	festgelegte Extensometer-Kriechdehnung oder plastische Extensometer-Dehnung

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Formelzeichen ^a	Einheit	Benennung
Z_u	%	Zeitbrucheinschnürung [siehe Gleichung (8)] ANMERKUNG Als ein Beispiel kann das Formelzeichen wie folgt vervollständigt werden: $Z_{u\ 50}^{375}$: Zeitbrucheinschnürung unter einer Anfangsspannung von 50 MPa bei einer festgelegten Prüftemperatur von 375 °C.
ANMERKUNG 1 Der Index t kann verschiedene Bedeutungen haben, z. B. Zeit, Summe oder Übergang.		
ANMERKUNG 2 In diesem Dokument sind die Begriffe „Bruch“ (en: fracture) und „Bersten“ (en: rupture) für die Zwecke des Zeitstandversuchs untereinander austauschbar und werden verwendet, um zu beschreiben, wann eine Probe bricht.		
^a Die wichtigsten Indizes (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 festgelegte Prüftemperatur und die Belastung der Probe durch eine konstante Zugkraft oder eine konstante Zugspannung (siehe Anmerkung) in Richtung der Probenlängsachse für eine bestimmte Prüfdauer, 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 der Prüfung konstant bleibt. Die für eine konstante Spannung erhaltenen Ergebnisse sind in der Regel von denen für konstante Prüfkraft verschieden [2].

6 Prüfeinrichtung

6.1 Prüfmaschine

Die Prüfmaschine muss so ausgebildet sein, dass die Prüfkraft längs der Achse der Probe aufgebracht werden kann und störende Biegungs- oder Torsionsbeanspruchung an der Probe auf ein Minimum beschränkt bleibt. 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 muss stoßfrei auf die Probe aufgebracht werden.

Die Prüfmaschine sollte gegen von außen kommende Schwingungen und Stöße 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. Jede Organisation mit solchen Informationen wird gebeten, diese an ISO/TC 164 weiterzuleiten [1].

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

6.2 Messeinrichtungen zur Dehnungsbestimmung

6.2.1 Dehnungsmessung im nicht unterbrochenen Kriechversuch

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

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

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

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

Das Dehnungsmessgerät 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 Dehnungsmessgeräts (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 Dehnungsmessgerät 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 Dehnungsmessgeräts 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.

Bei der Verwendung von Extensometern aus Nickelbasiswerkstoffen sollte störendes negatives Kriechen vermieden werden. Siehe Code of Practice [3].

Bei der Messung kleiner Kriechverformungen, z. B. von $\leq 1\%$, an Proben mit kleiner Anfangsmesslänge, sollte besonders darauf geachtet werden, dass das verwendete Messgerät über den Anwendungsbereich eine ausreichende Auflösung und Fehlergrenze hat.

ANMERKUNG 1 Zu Informationen über die Langzeitstabilität von Wegaufnehmer zur Anwendung im Zeitstandversuch und für Akkreditierungszwecke siehe Literaturhinweise [4] und [5].

ANMERKUNG 2 Falls lediglich die Zeitbruchdehnung oder die Kriechdehnung für eine vorgegebene Prüfdauer bestimmt wird, ist die Benutzung eines Dehnungsmessgeräts nicht erforderlich.

6.2.2 Dehnungsmessung im unterbrochenen Kriechversuch

Im unterbrochenen Kriechversuch wird die Probe in wiederkehrenden Zeitintervallen entlastet, 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 $0,01 \text{ mm}$ 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 festgelegte Prüftemperatur T erwärmen. Die zulässigen Unterschiede zwischen dem berichtigten Temperaturmesswert T_c und der festgelegten 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

Festgelegte Prüftemperatur T °C	Zulässige Abweichung zwischen T_c und T °C	Maximal zulässiger Temperaturgradient über die Probe °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 festgelegte Prüftemperaturen von mehr als $1\,100^\circ\text{C}$ 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 parallelen Länge der Probe gemessen werden, wobei Fehler aller Art, einschließlich Drift (siehe Anhang A), berücksichtigt und systematische Fehler korrigiert sind.

Es ist zulässig, die Temperatur jeder Heizzone des Ofens indirekt zu messen, vorausgesetzt, es wird nachgewiesen, dass die oben festgelegten Temperaturtoleranzen auf der Probe eingehalten werden, anstatt die Temperatur an der Oberfläche jeder einzelnen Probe zu messen.

Wird ein Dehnungsmessgerät 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 $\pm 3^\circ\text{C}$ nicht überschreiten.

Im unterbrochenen Kriechversuch sollten die Abweichungen der Raumtemperatur während aller Messungen der Messlänge einen Wert von $\pm 2^\circ\text{C}$ 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

Die Temperaturanzeige muss eine Auflösung von mindestens 0,5 °C besitzen. Die gesamte Temperaturmeseinrichtung muss eine Fehlergrenze von gleich oder besser ± 1 °C aufweisen.

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

In vielen Laboren wird die Vergleichsstelle oberhalb der Umgebungstemperatur gehalten. Unabhängig von ihrer Temperatur muss sie stabil bleiben und die entsprechende Kompensation muss angewendet werden, um die Temperatur mit dem Thermoelement zu messen.

ANMERKUNG 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 parallelen Länge von weniger oder gleich 50 mm mindestens zwei Thermoelemente eingesetzt werden. Für Proben mit einer parallelen Länge über 50 mm sollten mindestens drei Thermoelemente verwendet werden. In allen Fällen sollte ein Thermoelement an jedem Ende der parallelen Länge angebracht sein. Wird ein drittes Thermoelement verwendet, so sollte es in der mittleren Zone der parallelen Länge 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, sollte mindestens ein Thermoelement für jede Probe verwendet werden. In den Fällen, in denen nur ein Thermoelement je Probe verwendet wird, ist dieses in der Mitte der parallelen Länge anzubringen. Die Gesamtanzahl der Thermoelemente darf aber auf nur drei reduziert werden, wenn diese an geeigneten Stellen im Ofen angebracht sind und unterstützende Daten verfügbar sind, die 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 ± 2 °C bis 800 °C und einen Wert von ± 3 °C oberhalb von 800 °C nicht überschreiten.

6.3.2.5 Kerbproben

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

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

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.

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 in IEC 60584-1 [6] zu finden.

Für Temperaturen ab 400 °C wird die Verwendung von Edelmetallthermoelementen, vorzugsweise des Typs S oder R, empfohlen [7].

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 h verwendet werden, und sie sollten nach einer Prüfung nicht ohne die Kürzung von freiliegenden Drähten und einer 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 h verwendet werden, und sie sollten nach einer Prüfung nicht wiederverwendet werden. Die Verwendung von Grundmetall-Thermoelementen des Typs N ist bei Temperaturen über 760 °C nicht zulässig [7].

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 [8], [9], [10], [11] und [12].

- ± 1 °C für $T \leq 600$ °C;
- $\pm 1,5$ °C für 600 °C $< T \leq 800$ °C;
- ± 2 °C für 800 °C $< T \leq 1\,100$ °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 E633 [13] 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 nachgewiesen.

6.3.4 Kalibrierung der Thermoelemente

ANMERKUNG 1 Weitere Informationen zur Kalibrierung von Thermoelementen sind in Anhang B angegeben.

Das Kalibrierungsintervall für Edelmetallthermoelemente darf bei wiederholter Verwendung in Kurzzeitprüfungen (üblicherweise 500 h 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 h 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 2 Grundmetall-Thermoelemente können gekürzt werden, indem alle freiliegenden Drähte entfernt und vor dem Gebrauch neu kalibriert werden.

7 Prüfstücke

7.1 Form und Maße

7.1.1 Form und Maße glatter Proben

Üblicherweise müssen Proben mit kreisförmigem Querschnitt verwendet werden, siehe Bild 2.

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 (d. h. $L_r \geq 5D$). Der tatsächlich verwendete Wert ist im Prüfbericht anzugeben.

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 parallele Länge muss durch Übergangskurven mit den Einspannenden der Probe verbunden sein, die eine an die Einspannteile der Prüfmaschine angepasste Form aufweisen darf. Der Übergangsradius (r_t) sollte zwischen $0,25 D$ und $1 D$ für zylindrische Proben oder zwischen $0,25 b$ und $1 b$ 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 einigen Fällen, insbesondere bei spröden Werkstoffen, kann es jedoch erforderlich sein, einen Übergangsradius von mehr als $1 D$ zu verwenden, um einen Bruch in der Nähe des Übergangsradius oder am Einspannende zu verhindern.

Wird eine Probe mit Messschneiden in der parallelen Länge verwendet, so darf der Übergangsradius zu den Messschneiden kleiner als $0,25 d$ sein. Dieser Übergangsradius sollte mit dem Ziel gewählt werden, die Auswirkungen der Messschneide auf die Verformung innerhalb der Messlänge 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 parallelen Länge eine der folgenden Toleranzen haben:

- $0,005 D$ oder $0,03 \text{ mm}$, je nachdem, wobei der jeweils größere Wert maßgebend ist, bei Proben mit Kreisquerschnitt, und
- $0,005 b$ oder $0,03 \text{ mm}$, wobei der jeweils größere Wert maßgebend ist, 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.

7.1.2 Form und Maße gekerbter Proben

Wird eine Kerbprobe geprüft, so müssen die Geometrie und die Lage der Kerbe durch Vereinbarung und mit Verweisung auf Anhang C festgelegt sein.

7.2 Herstellung

Die Probe muss so bearbeitet werden, dass Verformung oder Oberflächendefekte möglichst gering sind.

Die Formtoleranzen müssen Tabelle 3 für Proben mit kreisförmigem Querschnitt und Tabelle 4 für Proben mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt entsprechen.

Tabelle 3 — Formtoleranzen für Proben mit kreisförmigem Querschnitt

Maße in Millimeter

Nenndurchmesser D	Formtoleranzen ^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 parallelen Länge der Probe [14].	

Tabelle 4 — Formtoleranzen von Proben mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt

Maße in Millimeter

Nenndurchmesser B	Formtoleranzen ^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 parallelen Länge der Probe [14].	

Die kleinste Anfangsquerschnittsfläche sollte in die mittleren zwei Drittel der parallelen Länge oder der Bezugslänge gelegt werden, 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, ist deren Profil zu überprüfen, um sicherzustellen, dass dieses den Toleranzen in der einschlägigen Produktnorm entspricht, und die in Anhang C angegebenen Verfahren sind anzuwenden.

7.3 Bestimmung der Anfangsquerschnittsfläche

Die Anfangsquerschnittsfläche S_0 muss aus den Messwerten geeigneter Maße innerhalb der parallelen Länge 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 Kraft entsprechend der festgelegten Spannung zu verwenden.

7.4 Kennzeichnung der Anfangsmesslänge L_0

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

Die Anfangsmesslänge muss mit einer Fehlergrenze 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, entlang 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) und Bild 2 d)].

7.5 Bestimmung der Bezugslänge L_T

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

Fall 1 — Die Anfangsmesslänge L_0 und/oder die Extensometer-Messlänge L_e liegen innerhalb der parallelen Länge L_c .

Dieser Fall ist in Bild 2 a) und Bild 2 b) dargestellt, wobei der Durchmesser der Probe konstant innerhalb der Anfangsmesslänge und der Messlänge des Dehnungsmessgeräts liegt (z. B. aufgrund einer entsprechenden

Positionierung der Messmarken der Anfangsmesslänge oder eines Dehnungsmessgeräts, das nur an der parallelen Länge der Probe angebracht ist). Die Bezugslänge L_r zur Berechnung der Dehnungen wird angegeben durch die Gleichung (9):

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

In ähnlicher Weise wird die Bezugslänge L_r zur Berechnung von Extensometer-Dehnungen ausgedrückt durch die Gleichung (10):

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

Fall 2 — Die Anfangsmesslänge L_o und/oder die Extensometer-Messlänge L_e reichen über die parallele Länge L_c hinaus.

Dieser Fall ist in Bild 2 c) und Bild 2 d) 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 Dehnungsmessgeräts sind. Die Bezugslänge L_r zur Berechnung der Extensometer-Dehnungen/Dehnungen sollte durch die Gleichung (11) und unter Berücksichtigung der Formänderung der Schultern/Messschneiden berechnet werden [siehe Bild 2 d)]:

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

Dabei ist

n der Spannungsexponent des zu prüfenden Werkstoffs bei Prüftemperatur (falls Angaben hierzu fehlen, ist $n = 5$ zu verwenden);

l_i die Längenzunahme im Übergangsbereich (als Erfahrungswert wird hier 0,1 mm als ausreichend für die Berechnung angesehen);

d_i der Durchmesser der Probe in der mittleren Querschnittsfläche der jeweiligen Längenzunahme l_i .

Im Fall von z. B. rechteckigen Querschnitten oder Hohlquerschnitten sollte die Gleichung (12) verwendet werden:

$$L_r = L_c + 2 \sum_i \left[\left(\frac{S_o}{S_i} \right)^n l_i \right] \quad (12)$$

Dabei ist

S_o die Anfangsquerschnittsfläche in der parallelen Länge;

S_i die Querschnittsfläche der Probe der jeweiligen Längenzunahme l_i .

Diese Berechnung muss für jede Probengeometrie durchgeführt werden; falls die tatsächlichen Maße der Probe die in 7.1 und 7.2 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 Dehnungsmessgeräts 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 festgelegte Prüftemperatur T zu erwärmen. Die Probe, die Einspannvorrichtung und das Dehnungsmessgerät 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 Kriechversuch darf die maximale Zeit, während der die Probe vor der Aufbringung der Prüfkraft auf Prüftemperatur gehalten wird, 24 h nicht überschreiten. Im unterbrochenen Kriechversuch 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 festgelegte 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 Dehnungsmessgerät 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 Fehlergrenze von höchstens ± 1 % bekannt sein. Die Prüfkraft muss stoßfrei und sollte so schnell wie möglich aufgebracht werden.

Bei der Beanspruchung von weichen und kubisch-flächenzentrierten (FCC, en: face centered cubic) 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 ($t = 0$), in der die volle Kraft der Anfangsspannung auf die Probe aufgebracht wird (siehe Bild 1).

8.3 Prüfungsunterbrechungen

8.3.1 Geplante Prüfungsunterbrechungen

Die Anzahl wiederholter Prüfungsunterbrechungen 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 die Prüfung nach 8.1 und 8.2 wieder aufzunehmen.

8.3.3 Kombinierte Prüfung

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 auch 8.4.2 und Anhang E [15] [16].

8.3.4 Zufällige Unterbrechung der Prüfung

Für jede zufällige Prüfungsunterbrechung, z. B. durch Unterbrechung der Erwärmung oder der Stromzufuhr, sind die Umstände der Wiederaufnahme der Prüfung nach jeder einzelnen Unterbrechung im Prüfbericht anzugeben. Es ist sicherzustellen, dass eine Überlastung der Probe infolge einer Kontraktion der Belastungsvorrichtung vermieden wird.

ANMERKUNG Die aufgebrachte Anfangsprüfkraft kann während dieser Unterbrechungen aufrechterhalten werden, um Störungen der Dehnungsmessung zu minimieren. Gegebenenfalls kann die Belastung während einer Unterbrechung der Stromversorgung reduziert und die Probe erneut belastet werden, wenn die Stromversorgung wieder aufgenommen und die Prüftemperatur erreicht wird. Es ist ratsam, eine Kraft von mindestens 10 % beizubehalten, um sicherzustellen, dass der Laststrang ausgerichtet bleibt.

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

8.4.1 Temperatur

Es ist wichtig, dass während der gesamten Prüfung ausreichende Aufzeichnungen der Proben temperatur erfolgen, um nachweisen zu können, dass der Temperaturverlauf die Anforderungen von 6.3.1 erfüllt.

8.4.2 Dehnung und Extensometer-Dehnung

Während der gesamten Prüfung ist entweder eine kontinuierliche Aufzeichnung der Extensometer-Dehnung oder eine ausreichende Anzahl von Aufzeichnungen der Dehnung vorzunehmen, damit die Zeitdehnkurve erstellt werden kann (siehe Bild 3).

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

Im unterbrochenen Kriechversuch 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.

BEISPIEL Ein Beispiel einer Folge von Zeitintervallen für die unterbrochenen Dehnungsmessungen in der Langzeitprüfung 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 Prüfungen bis 3 000 h sollte eine zusätzliche Unterbrechung bei 50 h und bei Prüfungen bis 1 000 h eine weitere Unterbrechung bei 25 h in den Prüfplan aufgenommen werden.

Im nicht unterbrochenen Kriechversuch muss die plastische Anfangs-Extensometer-Dehnung e_i bestimmt werden.

Für die Ermittlung der plastischen Anfangsdehnung des Dehnungsmessgeräts 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 Anfangs-Extensometer-Dehnung e_i im Falle des unterbrochenen Kriechversuchs ist bei jeder Prüftemperatur zusätzlich ein Warmzugversuch nach ISO 6892-2 und ISO 6892-1 durchzuführen. Abweichend von ISO 6892-2 sollte die Dehngeschwindigkeit ähnlich der Belastungsgeschwindigkeit im Kriechversuch gewählt werden.

8.4.3 Darstellung der Zeit-Dehnverläufe

Auf der Grundlage der Aufzeichnungen von Zeit und Dehnung oder Extensometer-Dehnung kann ein entsprechendes Diagramm 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 parallelen Länge L_c oder außerhalb der Extensometer-Messlänge 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:

- festgelegte 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;
- Zeit (t_{fx} , t_{px}): auf 3 signifikante Ziffern;
- Zeit (t_u , t_{un}): auf 1 % oder die nächstliegende Stunde, wobei der kleinere Wert maßgebend ist;
- Extensometer-Dehnung (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 Prüfwerkstoffes und den Prüfbedingungen abhängt, ist es nicht möglich, genaue Werte für die Unsicherheit anzugeben.

Beispiele von Schätzwerten der Unsicherheit sind für einige Werkstoffe in 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 dieses Dokument, d. h. ISO 204:2022;
- Versuchsart (nicht unterbrochen oder unterbrochen);

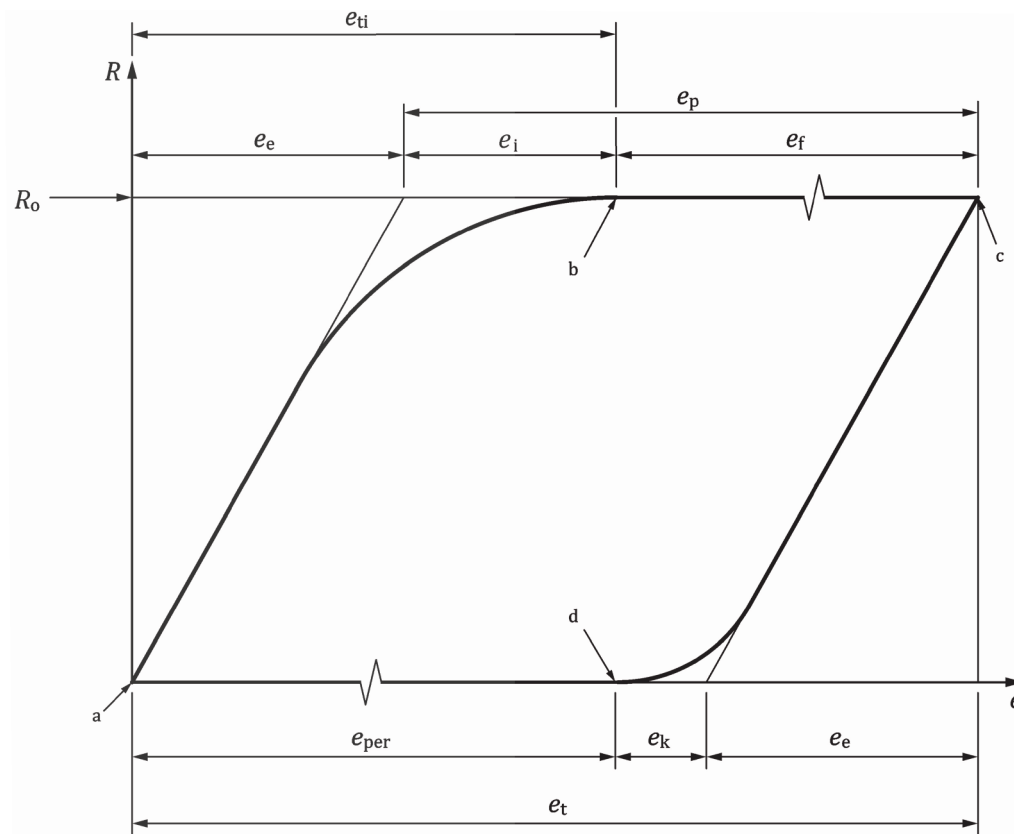
- Werkstoff- und Probenbezeichnung;
- Art und Maße der Probe (einschließlich des Proportionalitätsfaktors k), einschließlich der verwendeten Bezugslänge;
- festgelegte Prüftemperatur und berichteter Temperaturmesswert, falls diese außerhalb der zulässigen Grenzwerte liegt;
- aufgebrachte Anfangsspannung;
- konstante Prüfkraft oder konstante Spannung;
- Prüfergebnisse;
- Bruchlage (falls diese außerhalb der mittleren zwei Drittel der parallelen Länge liegt);
- plastische Anfangsdehnung oder Extensometer-Dehnung;
- Umstände bei der zufälligen Unterbrechung und bei der Wiederaufnahme einer Prüfung;
- 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 usw.);
- Zeit für das Aufbringen der Prüfkraft;
- Zeitdehndiagramm bzw. Zeitstanddiagramm 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 diesem Dokument festgelegten Prüfbedingungen und Grenzwerte dürfen nicht geändert werden, um Messunsicherheiten zu berücksichtigen, es sei denn, der Kunde legt ausdrücklich etwas anderes fest (siehe Anhang D).

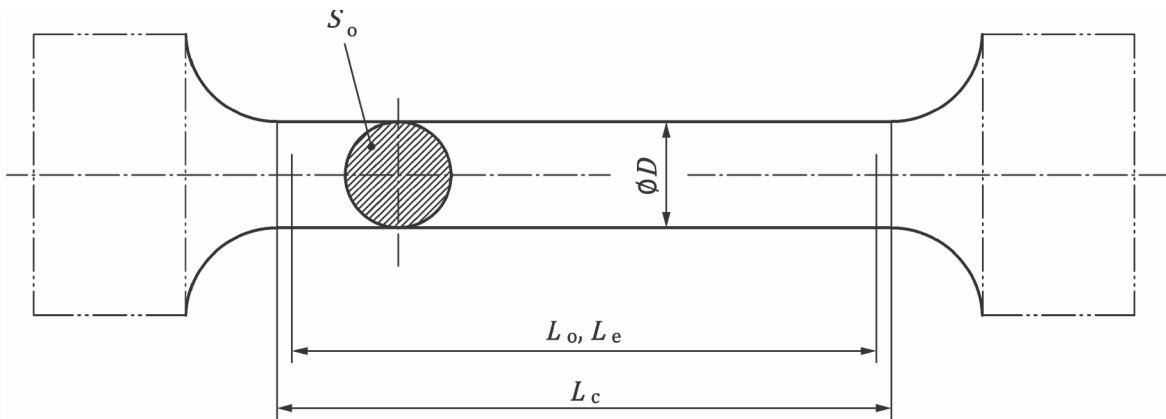
12.5 Die abgeschätzte Messunsicherheit darf nicht mit den Prüfergebnissen kombiniert werden, um die Einhaltung der Produktspezifikation zu beurteilen, es sei denn, der Kunde legt ausdrücklich etwas anderes fest (siehe Anhang D).



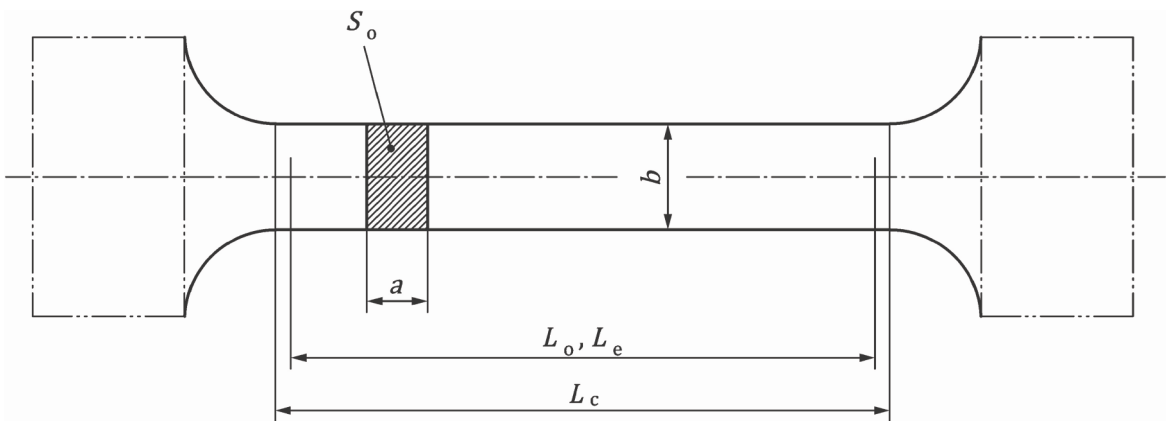
Legende

- R Spannung
- R_o 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 Anfangs-Extensometer-Dehnung
- e_i plastische Anfangs-Extensometer-Dehnung
- 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.

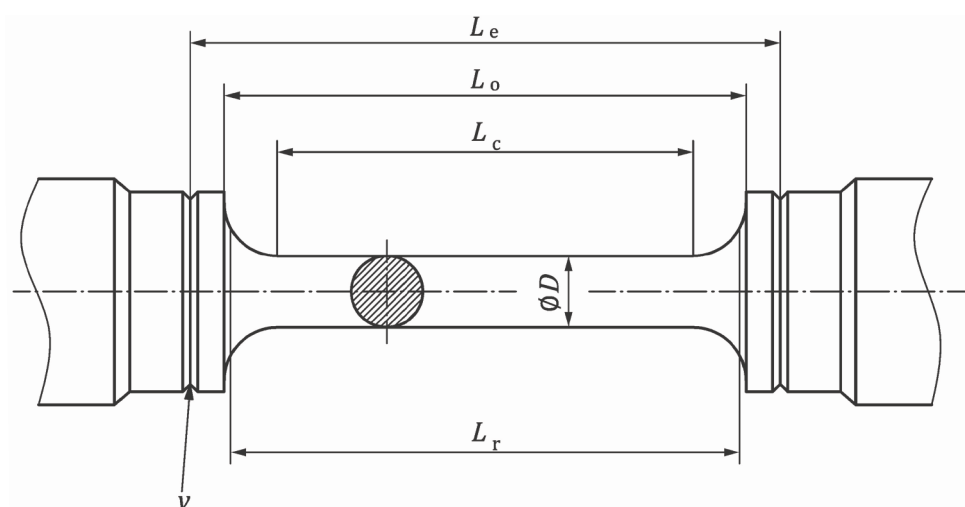
Bild 1 — Diagramm zu Extensometer-Dehnung



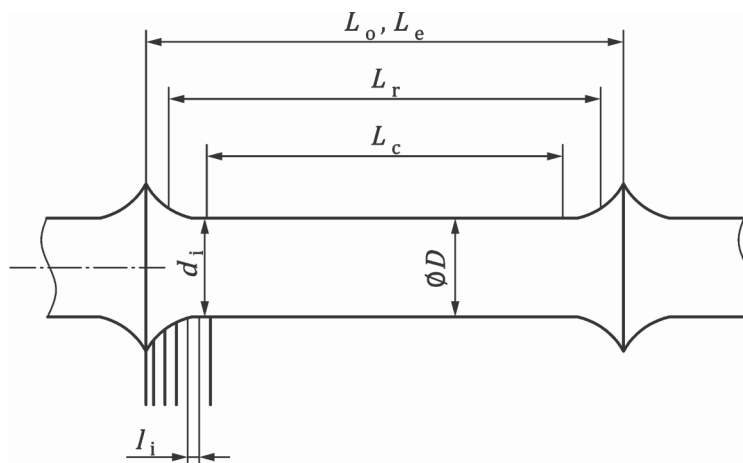
- a) Probe mit Schultern und einer innerhalb der parallelen Länge liegenden Messlänge und rundem Querschnitt



- b) Probe mit Schultern und einer innerhalb der parallelen Länge liegenden Messlänge und rechteckigem Querschnitt



- c) Probe mit Schultern und einer über die parallelen Länge hinausreichenden Messlänge



d) Probe mit Messschneiden

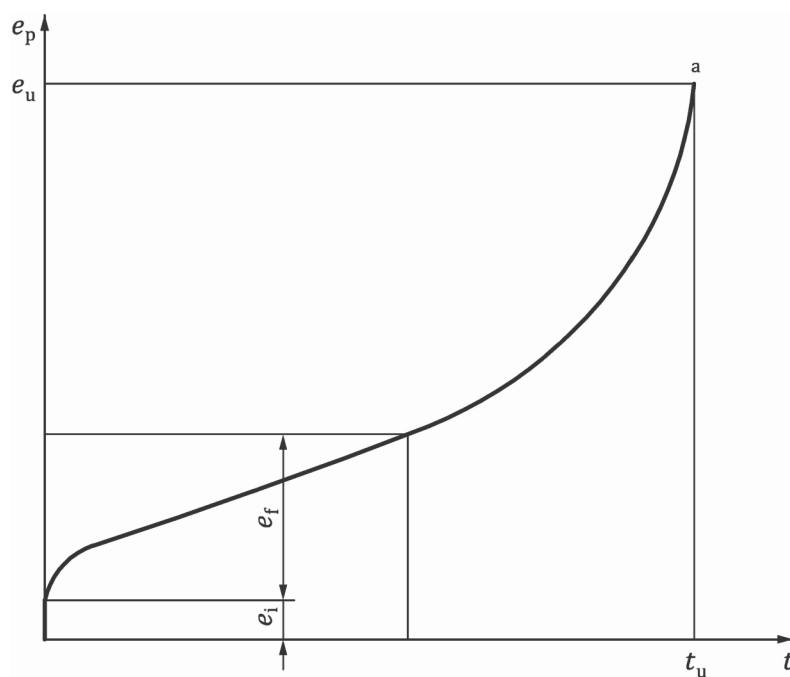
Legende

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

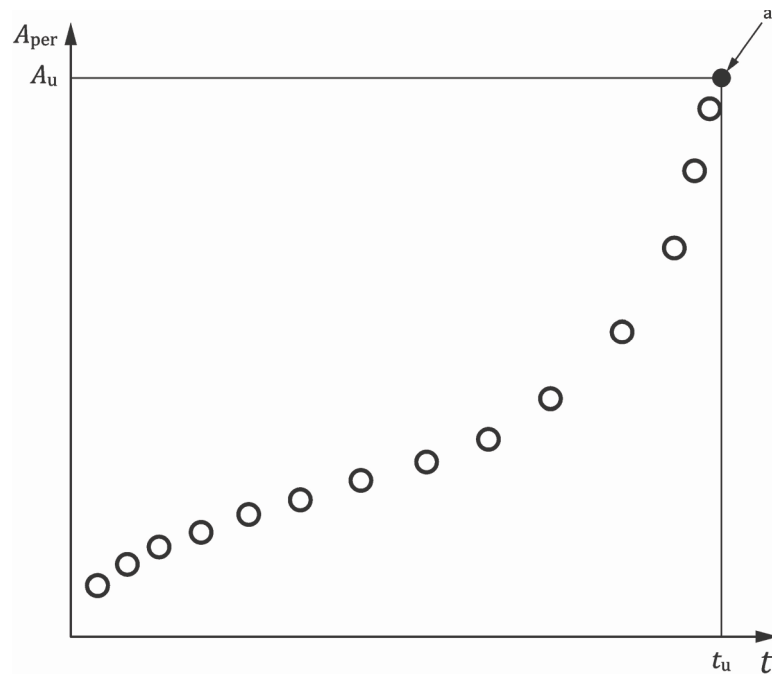
ANMERKUNG 1 L_r kann nach der Gleichung (11) oder Gleichung (12) bestimmt werden, wie jeweils anwendbar.

ANMERKUNG 2 Die Form der Einspannenden ist lediglich als Information angegeben.

Bild 2 — Beispiele von Proben



a) Extensometer-Dehnung-Zeitdiagramm



^a Bruch.

b) Dehnung-Zeitdiagramm

Bild 3 — Zeitdehnkurven

Anhang A (informativ)

Angaben zur Drift von Thermoelementen

A.1 Allgemeines

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

Falls die Driteigenschaften eines bestimmten Thermoelement-Typs 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 kann hierbei zu den wesentlichen Faktoren zählen.

A.2 Folgen der Drift

Bis vor etwa 20 Jahren **kontrollierten** viele Zeitstandlabors die Temperatur von Prüföfen mit Hilfe eines Platin-Widerstandsthermometers (PRT, en: platinum resistances thermometers), 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 abnimmt, erhöht sich infolge dessen die tatsächliche Temperatur des Zeitstandversuchs systematisch. Je nach Magnitude der Drift darf die Prüfung von den in der Prüfnorm festgelegten Prüftoleranzen abweichen.

Die Folge der kontinuierlich ansteigenden Prüftemperatur ist, dass die gemessene Kriechlebensdauer kürzer und die Kriechgeschwindigkeit höher wird als bei einer Prüfung, die bei konstanter Temperatur durchgeführt wird; Daten zur Kriechverformung sind also 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 Prüfungen 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 erkannt wurde, dass diese zu erheblicher Drift neigen [17], [18].

Kalibrierdaten, die nach dem Zeitstandversuch erhoben wurden, wurden in Großbritannien für Thermoelemente des Typs R [17] berichtet, wobei die Temperaturbereiche während den Zeitstandversuchen von 400 °C bis 850 °C reichten. Obwohl die Daten eine große Streuung zeigen, wurde ein Abwärtstrend des Drifts 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 [19] [20] [21] [22]. 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 °C und 900 °C wurden im Jahr 2005 bei einer Konferenz des ECCC präsentiert