

DIN EN ISO 6892-1

ICS 77.040.20

Einsprüche bis 2014-07-23
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 6892-1:2009-12

Entwurf**Metallische Werkstoffe –
Zugversuch –****Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO/DIS 6892-1:2014);
Deutsche Fassung prEN ISO 6892-1:2014**

Metallic materials –

Tensile testing –

Part 1: Method of test at room temperature (ISO/DIS 6892-1:2014);

German version prEN ISO 6892-1:2014

Matériaux métalliques –

Essai de traction –

Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante (ISO/DIS 6892-1:2014);

Version allemande prEN ISO 6892-1:2014

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-05-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: 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 91 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses internationale Schriftstück ISO/DIS 6892-1:2014 wurde im Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“, Unterkomitee 1 „Uniaxial Testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird, erarbeitet und im Rahmen der parallelen Abstimmung als prEN ISO 6892-1:2014 übernommen.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-42 AA „Zug- und Duktilitätsprüfung für Metalle“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich und gibt folgende Hinweise für die Anwendung dieser Norm:

In der vorangegangenen Version DIN EN ISO 6892-1:2009-12 wurde bereits die Dehngeschwindigkeit (einschließlich der Querschnittsgeschwindigkeit) als Prüfgeschwindigkeit (Methode A) eingeführt. Mit dieser Ausgabe wird die Empfehlung zur Verwendung des Verfahrens A aus dem nationalen Vorwort in die Einleitung des Hauptteils der Norm verschoben. Weitergehende Erklärungen zu den Verfahren A und B werden im neu eingeschobenen Abschnitt 10.3 gegeben. Beim Verfahren B wird die Einstellung und Verwendung der Prüfgeschwindigkeit zur Bestimmung von Dehngrenzen in dieser Überarbeitung klarer und der Praxis entsprechend beschrieben.

Anhang F wurde um weitere Informationen ergänzt. Darüber hinaus wird in diesem Anhang jetzt ein Verfahren zur Bestimmung der Maschinensteifigkeit vorgestellt.

Der neu (eingeschobene) Anhang G beschreibt die Bestimmung des Elastizitätsmoduls unter einachsiger Zugbeanspruchung. Wurde in der vorangegangenen Version lediglich darauf hingewiesen, dass die im Standardzugversuch bestimmte Steigung der elastischen Geraden der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve m_E eine Hilfsgröße zur Bestimmung von Kennwerten, z. B. der Dehngrenze, ist und nur unter bestimmten Voraussetzungen (z. B. hochauflösende, beidseitig messende, Mittelwert bildende Dehnungsaufnehmer, perfekte Ausrichtung der Probe usw.) dem Werkstoffkennwert Elastizitätsmodul recht nahe kommt, werden in Anhang G die notwendigen Prüfeinrichtungen, die Versuchsdurchführung und Auswertung sowie die Abschätzung der Unsicherheit festgelegt bzw. beschrieben.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 377	siehe	DIN EN ISO 377
ISO 2566-1	siehe	DIN EN ISO 2566-1
ISO 2566-2	siehe	DIN EN ISO 2566-2
ISO 3183	siehe	DIN EN ISO 3183
ISO 7500-1	siehe	DIN EN ISO 7500-1
ISO 9513	siehe	DIN EN ISO 9513
ISO 11960	siehe	DIN EN ISO 11960

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 6892-1:2009-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die dringende Empfehlung zur Verwendung von Verfahren A aus dem nationalen Vorwort von DIN EN ISO 6892-1:2009-12 wurde in den Hauptteil der Norm übernommen und ergänzt;
- b) genauere Beschreibung der Einstellung der Prüfgeschwindigkeit zur Dehngrenzenbestimmung bei Verfahren B;
- c) Überarbeitung der Bilder 8a) und 9 zur besseren Verständlichkeit;
- d) Überarbeitung und Ergänzung des Anhang F;
- e) Ergänzung des normativen Anhangs G zur Bestimmung des E-Moduls von metallischen Werkstoffen unter einachsiger Zugbelastung und Überarbeitung des Hauptteils der Norm, um Aspekte zur Bestimmung des E-Moduls zu ergänzen und geringfügige technische Anpassungen vorzunehmen;
- f) Neugliederung bzw. Nummerierung durch den neu eingeschobenen Abschnitt 10.3 und den Anhang G;
- g) Ergänzung der Literatur, insbesondere um aktuelle Publikationen;
- h) redaktionelle Anpassung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Hinweise zur Indizierung der Bruchdehnung

Grundsätzlich wird zwischen proportionalen und nichtproportionalen Proben in Bezug auf die Messlänge und die Bruchdehnung unterschieden. Bei proportionalen Proben ist die Messlänge L_0 proportional der Quadratwurzel aus einem geometrisch beliebigen Anfangsquerschnitt S_0 (rund, oval, quadratisch, rechteckig, ringförmig ...).

$$L_0 = k \times \sqrt{S_0}$$

Um die Vergleichbarkeit mit früher gewonnenen Daten für die Bruchdehnung sicherzustellen, ist der Proportionalitätsfaktor $k = 5,65$ international festgelegt. Die Bruchdehnung, die über eine Messlänge berechnet mit diesem Proportionalitätsfaktor, erhält keinen Index. Wird ein anderer Proportionalitätsfaktor gewählt, so ist dieser als Index an das Formelzeichen A für die Bruchdehnung anzuhängen, z. B. Proportionalitätsfaktor $k = 11,3$: Bruchdehnung $A_{11,3}$. (Die Faktoren 5,65 und 11,3 stammen aus der Umrechnung der Messlänge L_0 für Kreisquerschnitte auf beliebige Querschnittsgeometrien.)

Bei den nichtproportionalen Proben werden entsprechend Anhang B drei verschiedene Probengeometrien unterschieden:

— Die Messlänge $L_0 = 50$ mm

bei einer Probenbreite $b_0 = 12,5$ mm

— die Messlänge $L_0 = 80$ mm

bei einer Probenbreite $b_0 = 20$ mm

— Die Messlänge $L_0 = 50$ mm

bei einer Probenbreite $b_0 = 25$ mm (JIS Z 2205-Probe)

Die Messlänge wird einschließlich der Einheit mm zur Indizierung an das Formelzeichen A angehängt: $A_{50 \text{ mm}}$, $A_{80 \text{ mm}}$. Durch die Einheit mm im Bruchdehnungsindex ist sichergestellt, dass es sich nicht um einen Proportionalitätsfaktor k handelt.

Tabelle NA.1 — Gegenüberstellung der Bruchdehnungsindizierung zu alten Normen

Bruchdehnung nach DIN EN ISO 6892	Messlänge L_0	Vereinfachte Formel für L_0 bei rundem Probenquerschnitt	Entspricht der Bruchdehnungsbezeichnung nach den zurückgezogenen Normen
A	$L_0 = 5,65 \times \sqrt{S_0}$	$L_0 = 5 \times d_0$	DIN 50145:1975-04: A_5
$A_{11,3}$	$L_0 = 11,3 \times \sqrt{S_0}$	$L_0 = 10 \times d_0$	DIN 50145:1975-04: A_{10}
$A_{50 \text{ mm}}$	$L_0 = 50 \text{ mm}$		DIN 50114:1981-08: $A_L = 50$
$A_{80 \text{ mm}}$	$L_0 = 80 \text{ mm}$		DIN 50114:1981-08: $A_L = 80$

Nationaler Anhang NB

(informativ)

Vergleich internationaler Symbole, die beim Zugversuch Anwendung finden

Tabelle NB.1 — Vergleich internationaler Symbole, die beim Zugversuch Anwendung finden

In dieser Norm verwendetes Symbol	Englisch	Französisch	Deutsch	Deutsches Symbol	Anglo-amerikanisches Symbol	Einheit
e	Engineering strain	Allongement conventionnel	Dehnung	ε	e	%
R	Engineering stress	Contrainte conventionnelle	Spannung oder Nennspannung	σ	S	MPa
ε	True strain (logarithmic strain)	Déformation vraie	Wahre Dehnung oder Umformgrad	φ	ε	—
σ	True stress	Contrainte vraie	Wahre Spannung	k_f	σ oder R	MPa

Nationaler Anhang NC (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 377, *Stahl und Stahlerzeugnisse — Lage und Vorbereitung von Probenabschnitten und Proben für mechanische Prüfungen*

DIN EN ISO 2566-1, *Stahl — Umrechnung von Bruchdehnungswerten — Teil 1: Unlegierte und niedrig legierte Stähle*

DIN EN ISO 2566-2, *Stahl — Umrechnung von Bruchdehnungswerten — Teil 2: Austenitische Stähle*

DIN EN ISO 3183, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Stahlrohre für Rohrleitungstransportsysteme*

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

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

DIN EN ISO 11960, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Stahlrohre zur Verwendung als Futter- oder Steigrohre für Bohrungen*

Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO/DIS 6892-1:2014)

Matériaux métalliques — Essai de traction — Partie 1 : Méthode d'essai à température ambiante (ISO/DIS 6892-1:2014)

Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature (ISO/DIS 6892-1:2014)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe:
Dokumentsprache: D
STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Formelzeichen und Benennungen	12
5 Kurzbeschreibung	14
6 Proben.....	14
6.1 Form und Maße	14
6.1.1 Allgemeines.....	14
6.1.2 Bearbeitete Proben.....	15
6.1.3 Unbearbeitete Proben	15
6.2 Arten.....	15
6.3 Herstellung der Proben	15
7 Bestimmung des Anfangsquerschnitts.....	16
8 Kennzeichnung der Anfangsmesslänge	16
9 Genauigkeit der Prüfeinrichtungen.....	16
10 Prüfbedingungen	16
10.1 Einstellung des Kraftnullpunktes.....	16
10.2 Einspannverfahren	17
10.3 Allgemeines	17
10.4 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Dehngeschwindigkeitsregelung (Verfahren A).....	17
10.4.1 Allgemeines.....	17
10.4.2 Dehngeschwindigkeit zur Bestimmung der oberen Streckgrenze, R_{eH} oder der Dehngrenzen, R_p und R_t	18
10.4.3 Dehngeschwindigkeit zur Bestimmung der unteren Streckgrenze, R_{eL} , und der Streckgrenzen-Extensometer-Dehnung, A_e	19
10.4.4 Dehngeschwindigkeit zur Bestimmung der Zugfestigkeit, R_m , der Bruchdehnung, A , der gesamten Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft, A_{gt} , der plastischen Extensometer- Dehnung bei Höchstkraft, A_g , und der Brucheinschnürung, Z	19
10.5 Prüfgeschwindigkeit, basierend auf Spannungsgeschwindigkeit (Verfahren B)	19
10.5.1 Allgemeines	19
10.5.2 Streck- und Dehngrenzen	19
10.6 Auswahl des Verfahrens und der Prüfgeschwindigkeiten	21
10.7 Dokumentation der gewählten Prüfbedingungen	21
11 Bestimmung der oberen Streckgrenze.....	21
12 Bestimmung der unteren Streckgrenze.....	21
13 Bestimmung der Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung.....	21
14 Bestimmung der Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung.....	22
15 Verfahren zum Nachweis des Grenzwertes der Spannung für eine vorgegebene bleibende Dehnung.....	22

16	Bestimmung der Streckgrenzen-Extensometer-Dehnung	23
17	Bestimmung der plastischen Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft	23
18	Bestimmung der gesamten Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft	23
19	Gesamte Extensometer-Dehnung beim Bruch	24
20	Bruchdehnung	24
21	Bestimmung der Brucheinschnürung	25
22	Prüfbericht	25
23	Messunsicherheit	26
23.1	Allgemeines	26
23.2	Prüfbedingungen	26
23.3	Prüfergebnisse	26
Anhang A (informativ) Empfehlungen für die Anwendung rechnergestützter Zugprüfmaschinen		39
A.1	Allgemeines	39
A.2	Begriffe	39
A.3	Zugprüfmaschine	39
A.3.1	Ausrüstung	39
A.3.2	Messwerterfassungsfrequenz	40
A.4	Bestimmung der mechanischen Eigenschaften	41
A.4.1	Allgemeines	41
A.4.2	Obere Streckgrenze	41
A.4.3	Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung und Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung	41
A.4.4	Gesamte Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft	41
A.4.5	Plastische Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft	42
A.4.6	Gesamte Dehnung beim Bruch	42
A.4.7	Messung des Kurvenanstiegs im elastischen Bereich	43
A.5	Prüfung der Software zur Bestimmung von Zugversuchs-Kennwerten	44
A.6	Computer-kompatible Darstellung der Normen	45
Anhang B (normativ) Probenarten für Flacherzeugnisse mit einer Dicke zwischen 0,1 mm und 3 mm: Bleche, Bänder und flache Walzprodukte		46
B.1	Probenform	46
B.2	Probenmaße	46
B.3	Probenherstellung	47
B.4	Bestimmung des Anfangsquerschnitts	48
Anhang C (normativ) Probenarten für Draht, Stäbe und Profile mit einem Durchmesser oder einer Dicke unter 4 mm		49
C.1	Probenform	49
C.2	Probenmaße	49
C.3	Probenherstellung	49
C.4	Bestimmung des Anfangsquerschnitts	49
Anhang D (normativ) Probenarten für Flacherzeugnisse mit einer Dicke gleich oder größer als 3 mm und Draht, Stäbe und Profilen mit einem Durchmesser oder einer Dicke gleich oder größer als 4 mm		50
D.1	Probenform	50
D.2	Probenmaße	50
D.2.1	Versuchslänge bearbeiteter Proben	50
D.2.2	Länge unbearbeiteter Proben	50
D.2.3	Anfangsmesslänge	51
D.3	Probenherstellung	52
D.3.1	Allgemeines	52
D.3.2	Grenzabmaße	52
D.3.3	Formtoleranzen	52
D.4	Bestimmung des Anfangsquerschnitts	53

Anhang E (normativ) Probenarten bei Rohren	54
E.1 Probenform	54
E.2 Probenmaße	54
E.2.1 Länge des Rohrabschnitts	54
E.2.2 Längs- oder Querstreifenproben	54
E.2.3 Bearbeitete Proben mit kreisförmigem Querschnitt aus der Rohrwand	54
E.3 Bestimmung des Anfangsquerschnitts	54
Anhang F (informativ) Abschätzung der Traversengeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Steifigkeit (bzw. Nachgiebigkeit) des Prüfaufbaus	56
Anhang G (normativ) Bestimmung des Elastizitätsmodulos von Metallen und uniaxialer Zugbelastung	58
G.1 Einleitung	58
G.2 Allgemeines	58
G.3 Begriffe	58
G.4 Prüfeinrichtungen	59
G.4.1 Genauigkeit der Prüfeinrichtungen	59
G.4.2 Einspannverfahren und Ausrichtung	60
G.5 Proben	60
G.5.1 Allgemeines	60
G.5.2 Bestimmung des Anfangsquerschnitts	60
G.6 Verfahren	60
G.6.1 Allgemeines	60
G.6.2 Einstellung des Kraftnullpunktes	60
G.6.3 Prüfbedingungen	60
G.7 Auswertung	61
G.7.1 Mittelwertbildung der Dehnungsmesssignale	61
G.7.2 Berechnung des E-Moduls	61
G.8 Messunsicherheit	62
G.8.1 Allgemeines	62
G.8.2 Abschätzung der Messunsicherheit nach CWA 15261-2	63
G.8.3 Abschätzung der Messunsicherheit nach Anhang K	64
G.8.4 Eignungsprüfung	65
G.9 Prüfbericht	66
G.10 Weitere Hinweise	66
G.11 Andere Verfahren zur Bestimmung des E-Moduls	66
G.12 Unsicherheit und Vergleichbarkeit	66
Anhang H (informativ) Messung der Bruchdehnung, wenn der vorgeschriebene Wert kleiner als 5 % ist	68
Anhang I (informativ) Bestimmung der Bruchdehnung bei Unterteilung der Anfangsmesslänge	69
Anhang J (informativ) Bestimmung der plastischen Dehnung ohne Einschnürung (Gleichmaßdehnung), A_{wn} für Langprodukte wie Stäbe, Drähte und Stangen	71
Anhang K (informativ) Abschätzung der Messunsicherheit	72
K.1 Einleitung	72
K.2 Abschätzung der Messunsicherheit	72
K.2.1 Allgemeines	72
K.2.2 Typ A — durch wiederholte Messungen	72
K.2.3 Typ B — aus anderen Quellen, z. B. Kalibrierzeugnisse oder festgelegte Toleranzen	73
K.3 Einfluss der Prüfvorrichtung auf die Unsicherheit der Kennwerte	73
K.4 Werkstoff- und/oder vom Prüfablauf abhängige Parameter	75
Anhang L (informativ) Präzision von Zugversuchen — Ergebnisse von Ringversuchen	77
L.1 Vergleichbarkeit der Messergebnisse von verschiedenen Prüflaboratorien	77
Literaturhinweise	82

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 6892-1:2014) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 6892-1:2009 ersetzen.

ISO 6892 besteht unter dem Haupttitel *Metallic materials — Tensile testing* aus den folgenden Teilen:

- *Part 1: Method of test at room temperature*
- *Part 2: Method of test at elevated temperature*
- *Part 3: Method of test at low temperature*
- *Part 4: Method of test in liquid helium*

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 6892-1:2014 wurde vom CEN als prEN ISO 6892-1:2014 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

In Diskussionen über die Prüfgeschwindigkeiten während der Vorbereitung von ISO 6892:1998 wurde entschieden, in zukünftigen Ausgaben die Durchführung dehngeschwindigkeitsgeregelter Versuche zu empfehlen.

In diesem Teil von ISO 6892 sind zwei Verfahren bezüglich der Prüfgeschwindigkeit einsetzbar. Das erste, das Verfahren A, basiert auf den Dehngeschwindigkeiten (inklusive der Querhauptgeschwindigkeit) und das zweite, das Verfahren B, basiert auf den Spannungsgeschwindigkeiten. Verfahren A ist — wenn dehngeschwindigkeitsabhängige Kennwerte bestimmt werden — zur Minimierung der Abhängigkeit von Prüfgeschwindigkeiten und zur Minimierung der Messunsicherheit der Prüfergebnisse geeignet. Aufgrund dessen – und aufgrund der Tatsache, dass oftmals die Dehngeschwindigkeitsempfindlichkeit des Materials nicht bekannt ist – wird die Anwendung von Verfahren A dringend empfohlen.

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil von ISO 6892 ist der Zugversuch für metallische Werkstoffe festgelegt. Es sind die mechanischen Eigenschaftswerte, die mit dem Versuch bei Raumtemperatur bestimmt werden können, definiert.

ANMERKUNG Anhang A enthält zusätzliche Empfehlungen für die Anwendung rechnergestützter Zugprüfmaschinen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 377, *Steel and steel products — Location and preparation of samples and test pieces for mechanical testing*

ISO 2566-1, *Steel — Conversion of elongation values — Part 1: Carbon and low alloy steels*

ISO 2566-2, *Steel — Conversion of elongation values — Part 2: Austenitic steels*

ISO 7500-1, *Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Verification and calibration of the force-measuring system*

ISO 9513, *Metallic materials — Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing*

ISO/TR 25679, *Mechanical testing of metals — Symbols and definitions in published standards*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Im Folgenden werden die Benennungen „Kraft“ und „Spannung“ bzw. „Verlängerung (der Extensometer-Messlänge)“ und „Extensometer-Dehnung“ an unterschiedlichen Stellen verwendet (siehe Achsenbezeichnungen in Bildern oder Erklärungen zur Bestimmung verschiedener Kennwerte). Für die grundsätzliche Beschreibung oder Definition eines bestimmten Punktes in einer Kurve sind die Benennungen „Kraft“ und „Spannung“ bzw. „Verlängerung (der Extensometer-Messlänge)“ und „Extensometer-Dehnung“ austauschbar.

3.1

Messlänge

L

Länge des parallelen Teils der Probe, an dem während zu einem beliebigen Zeitpunkt des Versuchs die Verlängerung gemessen wird

3.1.1

Anfangsmesslänge

L_0

Länge zwischen den Marken zur Kennzeichnung der **Messlänge** (3.1) auf der Probe, die vor dem Versuch bei Raumtemperatur gemessen wird

3.1.2

Messlänge nach dem Bruch

L_u

Länge zwischen den Marken zur Kennzeichnung der **Messlänge** (3.1) auf der Probe, die nach dem Bruch bei Raumtemperatur gemessen wird, nachdem die beiden Probenbruchstücke sorgfältig so zusammengefügt wurden, dass ihre Achsen in einer Geraden liegen

3.2

Versuchslänge

L_c

Länge des parallelen, reduzierten Querschnitts der Probe

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei unbearbeiteten Proben tritt an die Stelle der Versuchslänge der Abstand zwischen den Einspannungen.

3.3

Verlängerung

Zunahme der **Anfangsmesslänge** (3.1.1), zu einem beliebigen Zeitpunkt während des Versuchs

3.4

Dehnung

Verlängerung, angegeben in Prozent, bezogen auf die **Anfangsmesslänge**, L_o (3.1.1)

3.4.1

bleibende Dehnung

Zunahme der **Anfangsmesslänge** (3.1.1) einer Probe nach Wegnahme einer festgelegten Zugspannung, angegeben in Prozent, bezogen auf die Anfangsmesslänge, L_o

3.4.2

Bruchdehnung

A

bleibende Verlängerung der Messlänge nach dem Bruch ($L_u - L_o$), angegeben in Prozent, bezogen auf die **Anfangsmesslänge**, L_o

Anmerkung 1 zum Begriff: Ist bei einer proportionalen Probe die Anfangsmesslänge nicht gleich $5,65\sqrt{S_o}^1$, wobei S_o der Anfangsquerschnitt innerhalb der Versuchslänge ist, sollte das Formelzeichen A durch einen Index ergänzt werden, der den zugrunde liegenden Proportionalitätsfaktor angibt, wobei z. B. $A_{11,3}$ die Dehnung der Anfangsmesslänge L_o angibt:

$$A_{11,3} = 11,3\sqrt{S_o}$$

Bei nichtproportionalen Proben (siehe Anhang B) sollte das Formelzeichen A durch einen Index ergänzt werden, der die zugrunde liegende Anfangsmesslänge in Millimeter angibt, wobei z. B. $A_{80\text{ mm}}$ die Dehnung einer Anfangsmesslänge L_o von 80 mm angibt.

3.5

Extensometer-Messlänge

L_e

Anfangsmesslänge einer Längenmesseinrichtung (Extensometer), die zum Messen der Verlängerung benutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Messung von Streck- und Dehngrenzenparametern sollte die Extensometer-Messlänge L_e den größten Teil der Versuchslänge erfassen. Idealerweise sollte L_e größer als der Minimalwert $0,50 L_o$, aber nicht größer als etwa $0,9 L_c$ sein. Dieses sollte sicherstellen, dass das Extensometer alle in der Probe vorkommenden Fließeffekte erfasst. Weiterhin sollte L_e ungefähr gleich L_o sein, wenn Kennwerte „bei“ oder „nach Erreichen“ der Höchstkraft bestimmt werden.

3.6

Verlängerung (der Extensometer-Messlänge)

Zunahme der **Extensometer-Messlänge**, L_e (3.5) zu einem beliebigen Zeitpunkt des Versuchs

1) $5,65\sqrt{S_o} = 5\sqrt{4S_o/\pi}$

3.6.1

Extensometer-Dehnung

e

in Prozent angegebene Verlängerung der **Extensometer-Messlänge**, L_e (3.5)

3.6.2

bleibende Extensometer-Dehnung

Vergrößerung der Extensometer-Messlänge nach Wegnahme einer festgelegten, auf die Probe aufgetragenen Zugspannung, angegeben in Prozent, bezogen auf die **Extensometer-Messlänge**, L_e (3.5)

3.6.3

Streckgrenzen-Extensometer-Dehnung

A_e

bei Werkstoffen, die ein diskontinuierliches Fließen zeigen, die Verlängerung der Extensometer-Messlänge zwischen dem Beginn örtlichen Fließens und dem Einsetzen gleichmäßiger Verfestigung, angegeben in Prozent, bezogen auf die **Extensometer-Messlänge**, L_e (3.5)

Siehe Bild 7.

3.6.4

gesamte Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft

A_{gt}

gesamte Verlängerung (elastische Verlängerung plus plastische Verlängerung) der Extensometer-Messlänge bei Höchstkraft, angegeben in Prozent, bezogen auf die **Extensometer-Messlänge**, L_e (3.5)

Siehe Bild 1.

3.6.5

plastische Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft

A_g

plastische Verlängerung der Extensometer-Messlänge bei Höchstkraft, angegeben in Prozent, bezogen auf die **Extensometer-Messlänge**, L_e (3.5)

Siehe Bild 1.

3.6.6

gesamte Extensometer-Dehnung beim Bruch

A_t

gesamte Verlängerung (elastische plus plastische Verlängerung) der Extensometer-Messlänge beim Bruch, angegeben in Prozent, bezogen auf die **Extensometer-Messlänge**, L_e (3.5)

Siehe Bild 1.

3.7

Prüfgeschwindigkeit

3.7.1

Dehngeschwindigkeit

$\dot{e}_{L_e}$

Zunahme der mit einem Extensometer in der **Extensometer-Messlänge**, L_e (3.5) gemessene Dehnung je Zeiteinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 3.5.

3.7.2 abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge

$\dot{\epsilon}_{L_c}$
Zunahme der Dehnung über die **Versuchslänge** L_c (3.2) der Probe je Zeiteinheit, basierend auf der **Traversengeschwindigkeit** (3.7.3) und der Versuchslänge der Probe

3.7.3 Traversengeschwindigkeit

v_c
Traversenweg je Zeiteinheit

3.7.4 Spannungsgeschwindigkeit

$\dot{R}$
Zunahme der Spannung je Zeiteinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Spannungsgeschwindigkeit sollte nur im elastischen Bereich des Versuchs (Verfahren B) verwendet werden.

3.8 Brucheinschnürung

Z
größte, während des Versuchs aufgetretene Änderung des Querschnitts ($S_o - S_u$), angegeben in Prozent, bezogen auf den Anfangsquerschnitt S_o :

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

3.9 Höchstkraft

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Werkstoffe, die ein diskontinuierliches Fließen zeigen, aber bei denen keine Verfestigung beobachtet wird, ist F_m in diesem Teil von ISO 6892 nicht definiert [siehe Fußnote in Bild 8 c)].

3.9.1 Höchstkraft

F_m
(für Werkstoffe, die kein diskontinuierliches Fließen zeigen) größte Kraft, der die Probe während des Versuchs standhält

3.9.2 Höchstkraft

F_m
(für Werkstoffe, die ein diskontinuierliches Fließen zeigen) größte Kraft, der die Probe während des Versuchs nach dem Beginn der Verfestigung standhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bilder 8 a) und 8 b).

3.10 Spannung

R
Kraft zu einem beliebigen Zeitpunkt während des Versuchs, dividiert durch den Anfangsquerschnitt (S_o) der Probe

Anmerkung 1 zum Begriff: Mit dem Begriff Spannung ist in dieser Norm die Ingenieur-Spannung (technische Spannung) gemeint.

3.10.1

Zugfestigkeit

R_m

Spannung, die der **Höchstkraft**, F_m (3.9) entspricht

3.10.2

Streckgrenze

wenn der metallische Werkstoff eine Streckgrenze aufweist, erfolgt zu einem bestimmten Zeitpunkt während des Versuchs eine plastische Verformung ohne Zunahme der Kraft

3.10.2.1

obere Streckgrenze

R_{eH}

höchste **Spannung** (3.10), bevor der erste deutliche Kraftabfall auftritt

Siehe Bild 2.

3.10.2.2

untere Streckgrenze

R_{eL}

kleinste **Spannung** (3.10) während des plastischen Fließens, wobei Einschwingerscheinungen nicht berücksichtigt werden

Siehe Bild 2.

3.10.3

Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung

R_p

Spannung, bei der die plastische Extensometer-Dehnung einem vorgegebenen Prozentanteil der **Extensometer-Messlänge**, L_e (3.5) entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: „Dehngrenze bei nicht proportionaler Extensometer-Dehnung“ nach ISO/TR 25679:2005 .

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Index wird durch den Zahlenwert ergänzt, der den vorgegebenen Zahlenwert der plastischen Extensometer-Dehnung in Prozent angibt, z. B. $R_{p0,2}$.

Siehe Bild 3.

3.10.4

Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung

R_t

Spannung, bei der die gesamte Extensometer-Dehnung (elastische und plastische Extensometer-Dehnung) einem vorgegebenen Prozentanteil der **Extensometer-Messlänge** L_e (3.5) entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Index wird durch den Zahlenwert ergänzt, der den vorgegebenen Zahlenwert der gesamten Extensometer-Dehnung in Prozent angibt, z. B. $R_{t0,5}$.

Siehe Bild 4.

3.10.5

Grenzwert der Spannung für eine vorgegebene bleibende Dehnung

R_r

Spannung, bei der nach Wegnahme der Kraft eine vorgegebene bleibende Dehnung oder Extensometer-Dehnung, angegeben jeweils als Prozentanteil der **Anfangsmesslänge** L_0 (3.1.1) oder der **Extensometer-Messlänge** L_e (3.5) nicht überschritten wurde

Siehe Bild 5.

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Index wird durch den Zahlenwert ergänzt, der den vorgegebenen Prozentanteil der Anfangsmesslänge L_0 , oder der Extensometer-Messlänge L_e angibt, z. B. $R_{r0,2}$.

3.11

Bruch

Zustand, wenn die Probe vollständig geteilt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Kriterien für den Bruch, welche für den rechnergesteuerten Versuch angewendet werden können, sind in Bild A.2. dargestellt.

4 Formelzeichen und Benennungen

Die Formelzeichen und ihre Benennungen, die in diesem Teil von ISO 6892 verwendet werden, sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 — Formelzeichen und Benennungen

Formelzeichen	Einheit	Benennung
Probe		
a_o, T^a	mm	Anfangsdicke einer Flachprobe oder Wanddicke eines Rohres
b_o	mm	Breite einer Flachprobe in der Versuchslänge oder mittlere Breite einer Rohrstreifenprobe oder eines Profildrahtes
d_o	mm	Probendurchmesser in der Versuchslänge einer Rundprobe oder Durchmesser eines Drahtes mit Kreisquerschnitt oder Innendurchmesser eines Rohres
D_o	mm	Außendurchmesser eines Rohres
L_o	mm	Anfangsmesslänge
L'_o	mm	Anfangsmesslänge zur Bestimmung von A_{wn} (siehe Anhang J)
L_c	mm	Versuchslänge
L_e	mm	Extensometer-Messlänge
L_t	mm	Gesamtlänge der Probe
L_u	mm	Messlänge nach dem Bruch
L'_u	mm	Messlänge nach dem Bruch zur Bestimmung von A_{wn} (siehe Anhang J)
S_o	mm ²	Anfangsquerschnitt innerhalb der Versuchslänge
S_u	mm ²	Kleinster Probenquerschnitt nach dem Bruch
k	—	Proportionalitätsfaktor (siehe 6.1.1)
Z	%	Brucheinschnürung
Dehnung		
A	%	Bruchdehnung (siehe 3.4.2)
A_{wn}	%	Prozentuale plastische Dehnung ohne Einschnürung (Gleichmaßdehnung) (siehe Anhang J)
Extensometer-Dehnung		
e	%	Extensometer-Dehnung
A_e	%	Streckgrenzen-Extensometer-Dehnung
A_g	%	Plastische Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft, F_m

Formelzeichen	Einheit	Benennung
A_{gt}	%	Gesamte Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft, F_m
A_t	%	Gesamte Extensometer-Dehnung beim Bruch
ΔL_m	mm	(Gesamte) Verlängerung (der Extensometer-Messlänge) bei Höchstkraft
ΔL_f	mm	(Gesamte) Verlängerung (der Extensometer-Messlänge) beim Bruch
Geschwindigkeiten		
$\dot{\epsilon}_{Le}$	s^{-1}	Dehngeschwindigkeit
$\dot{\epsilon}_{Lc}$	s^{-1}	Abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge
$\dot{R}$	$MPa \cdot s^{-1}$	Spannungsgeschwindigkeit
v_c	$mm \cdot s^{-1}$	Traversengeschwindigkeit
Kraft		
F_m	N	Höchstkraft
Streckgrenze — Dehngrenze — Zugfestigkeit		
E	MPa ^b	Elastizitätsmodul (E-Modul) ^c
m	MPa	Steigung der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve zu einem bestimmten Augenblick des Versuches
m_E	MPa	Steigung des elastischen Teils der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve ^d
R	MPa	Spannung
R_{eH}	MPa	Obere Streckgrenze
R_{eL}	MPa	Untere Streckgrenze
R_m	MPa	Zugfestigkeit
R_p	MPa	Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung
R_r	MPa	Grenzwert der Spannung für eine vorgegebene bleibende Dehnung
R_t	MPa	Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung
<p>^a Dieses Formelzeichen wird auch in Produktnormen für Stahlrohre angewendet.</p> <p>^b 1 MPa = 1 Nmm⁻².</p> <p>^c Die Berechnung des Elastizitätsmoduls wird in Anhang G beschrieben. Es ist nicht notwendig, den Anhang G zur Bestimmung der Steigung des elastischen Teils der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve für die Bestimmung der Dehngrenze zu verwenden.</p> <p>^d Der Wert der Steigung des elastischen Teils der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve muss nicht notwendigerweise mit dem Wert des Elastizitätsmoduls übereinstimmen. Beim Vorliegen von optimalen Prüfbedingungen (siehe Anhang G) kann dieser Wert dem des Elastizitätsmoduls jedoch recht nahe kommen.</p> <p>ACHTUNG — Bei Verwendung von Werten in Prozent ist der Faktor 100 erforderlich.</p>		

5 Kurzbeschreibung

Der Versuch besteht darin, eine Probe durch eine Zugbeanspruchung im Allgemeinen bis zum Bruch zu dehnen, um eine oder mehrere der in Abschnitt 3 definierten mechanischen Eigenschaftswerte zu bestimmen.

Sofern nicht anders festgelegt, wird der Versuch bei Raumtemperatur zwischen 10 °C und 35 °C durchgeführt. Bei Laborumgebungen außerhalb der festgelegten Bedingungen liegt es in der Verantwortung des Prüflabors, die Auswirkungen dieser Umgebungsbedingungen auf die Prüf- und/oder Kalibrierdaten zu bewerten, die mit und für die Prüfmaschinen, die in diesen Umgebungen verwendet wurden, erstellt wurden. Wenn die Prüfung und Kalibrierung außerhalb der empfohlenen Temperaturgrenzen von 10 °C bis 35 °C durchgeführt werden, ist die Temperatur aufzuzeichnen und anzugeben. Wenn signifikante Temperaturgradienten während der Prüfung und/oder Kalibrierung vorhanden sind, kann die Messunsicherheit zunehmen. Darüber hinaus können weitere Prüfbedingungen außerhalb der Toleranzen liegen.

Versuche unter kontrollierten Bedingungen müssen bei einer Temperatur von (23 ± 5) °C durchgeführt werden.

6 Proben

6.1 Form und Maße

6.1.1 Allgemeines

Form und Maße der Proben hängen von Form und Maßen der Erzeugnisse aus metallischen Werkstoffen ab, von denen Proben entnommen werden.

Die Probe wird üblicherweise aus dem Erzeugnis oder einem gepressten oder gegossenen Rohteil herausgearbeitet. Erzeugnisse mit gleichbleibendem Querschnitt (Profile, Stäbe, Drähte usw.) sowie gegossene Probestücke (z. B. Gusseisen, Nichteisen-Legierungen) dürfen ohne Bearbeitung geprüft werden.

Der Probenquerschnitt darf kreisförmig, quadratisch, rechteckig oder ringförmig sein oder, in besonderen Fällen, auch eine andere Form haben.

Die zu bevorzugenden Proben besitzen ein Verhältnis von Anfangsmesslänge L_0 zum Anfangsquerschnitt, S_0 , welches durch die Gleichung $L_0 = k\sqrt{S_0}$ ausgedrückt wird, wobei k ein Proportionalitätsfaktor ist. Diese Proben werden als proportionale Proben bezeichnet. Der international festgelegte Wert für k ist 5,65. Die Anfangsmesslänge darf nicht kleiner als 15 mm sein. Wenn der Probenquerschnitt zu klein ist, um diese Bedingung bei $k = 5,65$ zu erfüllen, darf ein größerer Faktor (vorzugsweise $k = 11,3$) vorgesehen oder eine nichtproportionale Probe angewendet werden.

ANMERKUNG Bei Verwendung von kleineren Anfangsmesslängen als 20 mm erhöht sich die Unsicherheit des Kennwertes „Bruchdehnung“.

Bei der Verwendung von nichtproportionalen Proben wird die Anfangsmesslänge, L_0 unabhängig vom Anfangsquerschnitt, S_0 gewählt.

Die Maße und Toleranzen der Proben müssen den Angaben in den Anhängen B bis E entsprechen (siehe 6.2).

Weitere Proben, wie die in entsprechenden Produktnormen oder nationalen Normen festgelegten, können in Abstimmung mit dem Vertragspartner verwendet werden, z. B. ISO 3183 [1] (API 5L), ISO 11960 [2] (API 5CT), ASTM A370 [6], ASTM E8M [7], DIN 50125 [10], IACS W2 [13] und JIS Z2241 [14].

6.1.2 Bearbeitete Proben

Bearbeitete Proben müssen einen stetigen Übergangsradius zwischen den Probenköpfen und der Versuchslänge haben, wenn deren Querschnitte unterschiedlich sind. Die Größe des zugehörigen Übergangsradius ist wichtig. Deshalb wird empfohlen, ihn, falls er nicht im entsprechenden Anhang aufgeführt ist (siehe 6.2), in der Werkstoffspezifikation festzulegen.

Die Form der Probenköpfe kann beliebig sein und ist der Spanneinrichtung der Zugprüfmaschine entsprechend anzupassen. Die Längsachse der Probe muss mit der Kraftwirkungslinie übereinstimmen.

Die Versuchslänge L_C oder, bei Zugproben ohne Übergangsbereich, die freie Länge zwischen den Einspannungen muss immer größer sein als die Anfangsmesslänge L_0 .

6.1.3 Unbearbeitete Proben

Wenn die Probe aus einem unbearbeiteten Erzeugnisabschnitt oder aus einem unbearbeiteten Probestück besteht, muss die freie Länge zwischen den Einspannungen so groß sein, dass alle Messmarken in ausreichendem Abstand von diesen Einspannungen angebracht werden können (siehe Anhänge B bis E).

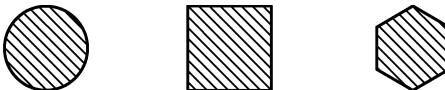
Gegossene Proben müssen einen Übergangsradius zwischen den Probenköpfen und der Versuchslänge haben. Die Maße dieses Übergangsradius sind sehr wichtig. Deshalb wird empfohlen, dass sie in der Produktnorm festgelegt werden. Die Form der Probenköpfe kann beliebig sein und ist der Spanneinrichtung der Zugprüfmaschine entsprechend anzupassen unter der Voraussetzung, dass die Mittellinie der Probe und die Kraftwirkungslinie übereinstimmen. Die Versuchslänge, L_C , muss immer größer als die Anfangsmesslänge, L_0 , sein.

6.2 Arten

Die gebräuchlichsten Probenarten sind in den Anhängen B bis E für die verschiedenen Erzeugnisformen nach Tabelle 2 beschrieben. Andere Probenarten können in Produktnormen festgelegt sein.

Tabelle 2 — Probenarten und Erzeugnisformen

Maße in Millimeter

Erzeugnisformen		Entsprechender Anhang
Feinblech — Grobblech — Flachstäbe  Dicke a	Draht — Stäbe — Profile  Durchmesser oder Seitenlänge	
$0,1 \leq a < 3$	—	B
—	< 4	C
$a \geq 3$	≥ 4	D
Rohre		E

6.3 Herstellung der Proben

Die Proben werden entsprechend den Anforderungen der Internationalen Normen für die unterschiedlichen Werkstoffe entnommen und hergestellt (z. B. ISO 377).

7 Bestimmung des Anfangsquerschnitts

Die relevanten Maße der Probe sollten an mehreren Querschnittsebenen, rechtwinklig zur Längsachse im mittleren Bereich der Versuchslänge der Probe gemessen werden.

Empfohlen werden Messungen an mindestens drei Querschnittsebenen.

Als Anfangsquerschnitt, S_0 , wird der mittlere Querschnitt verwendet. Er ist aus den Messwerten der entsprechenden Maße zu berechnen.

Die Genauigkeit dieser Bestimmung hängt von der Beschaffenheit und der Probenart ab. In den Anhängen B bis E sind Verfahren zur Bestimmung von S_0 für verschiedene Probenarten beschrieben und Festlegungen über die Messgenauigkeit enthalten.

Alle zur Bestimmung des Anfangsquerschnitts benutzen Messgeräte müssen mit entsprechenden Normalen kalibriert sein, die auf nationale Normale rückführbar sind.

8 Kennzeichnung der Anfangsmesslänge

Die Anfangsmesslänge L_0 wird durch feine Messmarken, Farbstriche oder Einprägungen gekennzeichnet wobei diese Marken nicht zu einem vorzeitigen Bruch führen dürfen. Die Anfangsmesslänge ist mit einer Unsicherheit von höchstens $\pm 1\%$ zu kennzeichnen.

Bei proportionalen Proben darf der berechnete Wert der Anfangsmesslänge auf das nächste Vielfache von 5 mm gerundet werden, sofern der Unterschied zwischen der berechneten und der gekennzeichneten Anfangsmesslänge weniger als 10 % von L_0 beträgt.

Überschreitet die Versuchslänge L_c die Anfangsmesslänge beträchtlich, z. B. bei unbearbeiteten Proben, darf eine Reihe von sich überlappenden Anfangsmesslängen markiert werden.

In manchen Fällen kann es vorteilhaft sein, eine Parallele zur Längsachse der Probe zu zeichnen, auf der die Messmarken aufgetragen werden.

9 Genauigkeit der Prüfeinrichtungen

Die Kraftmesseinrichtung der Zugprüfmaschine muss nach ISO 7500-1 kalibriert sein und mindestens die Bedingungen der Klasse 1 erfüllen.

Zur Bestimmung der Dehngrenzen (plastische oder gesamte Extensometer-Dehnung) muss die Längenänderungs-Messeinrichtung im relevanten Bereich mindestens der Klasse 1 nach ISO 9513 entsprechen. Für die Bestimmung anderer Kennwerte (mit Extensometer-Dehnungen größer als 5 %) darf im relevanten Bereich eine Längenänderungs-Messeinrichtung der Klasse 2 nach ISO 9513 benutzt werden.

10 Prüfbedingungen

10.1 Einstellung des Kraftnullpunktes

Nach der Komplettierung des Kraftstranges aber vor der Einspannung der Probe an beiden Enden ist das Kraftmesssystem auf Null zu stellen. Nachdem die Kraft auf Null gestellt wurde, darf das Kraftmesssystem während des Versuchs in keiner Weise mehr verändert werden.

ANMERKUNG Durch Anwendung dieses Verfahrens wird sichergestellt, dass einerseits die Masse des Einspannsystems in der Kraftmessung kompensiert ist und andererseits eine durch das Einspannen der Probe bedingte Kraft die Messung nicht beeinflusst.

10.2 Einspannverfahren

Die Proben müssen mit geeigneten Einrichtungen, z. B. Keilspannzeugen, Gewindestücken, Parallelspannzeugen oder Schulterhalterungen eingespannt werden.

Dabei sollte alles darangesetzt werden, die Proben so einzuspannen, dass die Kraft so axial wie möglich wirkt, um den Biegeeinfluss zu minimieren (weitere Informationen siehe z. B. ASTM E 1012 [8]). Dies ist besonders beim Zugversuch an spröden Werkstoffen wichtig oder bei der Bestimmung der Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung oder der Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung oder bei der Bestimmung der Streckgrenze.

Um ein Ausrichten der Probe in der Einspannvorrichtung zu erreichen, darf eine Vorkraft aufgebracht werden, die 5 % des spezifizierten oder zu erwartenden Streckgrenzenwertes nicht überschreitet. Eine Korrektur der Dehnung sollte unter Berücksichtigung der Vorkraft vorgenommen werden.

10.3 Allgemeines

ANMERKUNG 1 Der Unterschied zwischen Verfahren A und Verfahren B besteht darin, dass die notwendige Prüfgeschwindigkeit bei Verfahren A beim interessierenden Punkt, an dem der Kennwert, z. B. $R_{p0,2}$ bestimmt werden soll, definiert ist, wohingegen bei Verfahren B die notwendige Prüfgeschwindigkeit im elastischen Bereich, d. h. bevor der Kennwert (z. B. $R_{p0,2}$) bestimmt werden soll, eingestellt wird.

ANMERKUNG 2 Bei Verwendung von Verfahren B kann unter bestimmten Bedingungen (so z. B. für einige Stähle bei einer Spannungsgeschwindigkeit von in etwa 30 MPa/s, bei Verwendung einer Prüfmaschine und eines Einspannsystems mit hoher Steifigkeit und einer Probengeometrie nach Anhang B, Tabelle B.1, Probenform 2) eine Dehngeschwindigkeit nahe des Bereichs 2 von Verfahren A beobachtet werden.

10.4 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Dehngeschwindigkeitsregelung (Verfahren A)

10.4.1 Allgemeines

Dieses Verfahren A ist zur Reduzierung der Unterschiede in den Prüfgeschwindigkeiten in den Bereichen, wenn dehngeschwindigkeitsabhängige Kennwerte bestimmt werden, geeignet. Es eignet sich zur Minimierung der daraus resultierenden Messunsicherheiten der Prüfergebnisse.

Zwei unterschiedliche Arten der Dehngeschwindigkeitsregelung sind in diesem Abschnitt beschrieben. Die erste ist die Regelung der Dehngeschwindigkeit, $\dot{\epsilon}_{Le}$, die auf dem Signal des Dehnungsaufnehmers basiert (geschlossener Regelkreis, en: closed loop). Die Zweite ist die Regelung der abgeschätzten Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge, $\dot{\epsilon}_{Lc}$, die durch Verwendung einer Traversengeschwindigkeit entsprechend dem Produkt aus der gewünschten Dehngeschwindigkeit und der Versuchslänge realisiert wird (siehe Gleichung (1)). Eine präzisere Methode ist verfügbar und in Anhang F beschrieben. Wenn sich das Material homogen verformt und die Kraft nahezu konstant ist, sind die Dehngeschwindigkeit, $\dot{\epsilon}_{Le}$, und die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge, $\dot{\epsilon}_{Lc}$, nahezu gleich. Unterschiede bestehen, wenn das Material inhomogenes oder „gezacktes“ Fließen zeigt (z. B. wie bei einigen Stählen und Al-Mg-Legierungen im Bereich der Streckgrenzendeformation oder Materialien, die „gezacktes Fließen“ durch den Portevin-Le Chatelier Effekt zeigen) oder wenn die Probe einschnürt. Wenn die Kraft zunimmt, kann die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit bedingt durch die Nachgiebigkeit der Prüfmaschine wesentlich niedriger sein als die gewünschte Dehngeschwindigkeit.

Die Prüfgeschwindigkeiten müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Im Bereich bis zu und einschließlich der Bestimmung von R_{eH} , R_p oder R_t ist die festgelegte Dehngeschwindigkeit, $\dot{\epsilon}_{Le}$ (siehe 3.7.1), zu verwenden. Um den Einfluss der Nachgiebigkeit der Zugprüfmaschine zu eliminieren und eine genaue Regelung der Dehngeschwindigkeit in diesem Bereich sicherzustellen, ist die Verwendung eines Dehnungsaufnehmers an der Probe notwendig. (Bei Prüfmaschinen, die nicht die Dehngeschwindigkeit regeln können, darf das Verfahren im offenen Regelkreis (en: open loop) mit Benutzung der abgeschätzten Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge, $\dot{\epsilon}_{Lc}$, angewandt werden.)

- b) Im Bereich des inhomogenen Fließens sollte die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge, $\dot{\epsilon}_{L_c}$ (siehe 3.7.2), verwendet werden. In diesem Bereich ist eine Regelung der Dehngeschwindigkeit mit einem an die Probe angesetzten Dehnungsaufnehmer nicht möglich, da lokales Fließen außerhalb der Extensometer-Messlänge stattfinden kann. Die empfohlene abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge kann in diesem Bereich hinreichend genau erreicht werden, indem eine konstante Traversengeschwindigkeit, v_c (siehe 3.7.3) (offener Regelkreis, en: open loop), verwendet wird:

$$v_c = L_c \dot{\epsilon}_{L_c} \quad (1)$$

Dabei ist

$\dot{\epsilon}_{L_c}$ die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge;

L_c die Versuchslänge.

- c) In dem Bereich nach R_p oder R_t oder nach Ende des Fließens (siehe 3.7.2) kann $\dot{\epsilon}_{L_e}$ oder $\dot{\epsilon}_{L_c}$ verwendet werden. Die Verwendung von $\dot{\epsilon}_{L_c}$ wird empfohlen, um Regelungsprobleme zu verhindern, die durch lokale Einschnürung außerhalb der Extensometer-Messlänge auftreten können.

Die in 10.3.2 bis 10.3.4 festgelegten Dehngeschwindigkeiten sind während der Bestimmung der relevanten Kennwerte einzuhalten (siehe auch Bild 9).

Während des Umschaltens auf eine andere Dehngeschwindigkeit oder auf eine andere Regelung sollten keine Unstetigkeiten in der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve auftreten, welche die Werte für R_m , A_g oder A_{gt} (siehe Bild 10) beeinflussen. Diese Unstetigkeit kann durch eine sanfte Umschaltung zwischen den Geschwindigkeiten verkleinert werden.

Die Form der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve kann im Verfestigungsbereich ebenfalls durch die Dehngeschwindigkeit beeinflusst werden. Die verwendete Dehngeschwindigkeit sollte daher dokumentiert werden (siehe 10.6).

10.4.2 Dehngeschwindigkeit zur Bestimmung der oberen Streckgrenze, R_{eH} oder der Dehngrenzen, R_p und R_t

Die Dehngeschwindigkeit, $\dot{\epsilon}_{L_e}$, ist so konstant wie möglich bis zu und während der Bestimmung von R_{eH} oder R_p oder R_t zu halten. Während der Bestimmung dieser Kennwerte muss die Dehngeschwindigkeit $\dot{\epsilon}_{L_e}$ in einem der beiden folgenden festgelegten Bereiche liegen (siehe auch Bild 9):

Bereich 1: $\dot{\epsilon}_{L_e} = 0,000\,07\text{ s}^{-1}$ mit einer relativen Toleranz von $\pm 20\%$

Bereich 2: $\dot{\epsilon}_{L_e} = 0,000\,25\text{ s}^{-1}$ mit einer relativen Toleranz von $\pm 20\%$ (empfohlen, wenn nicht anders festgelegt)

Wenn die Prüfmaschine die Dehngeschwindigkeit nicht direkt regeln kann, ist die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge, $\dot{\epsilon}_{L_c}$, d. h. die konstante Traversengeschwindigkeit zu verwenden (offener Regelkreis, en: open loop). Diese Geschwindigkeit muss nach Gleichung (1) berechnet werden.

Die resultierende Dehngeschwindigkeit an der Probe ist geringer als die spezifizierte Dehngeschwindigkeit, da die Nachgiebigkeit der Prüfmaschine nicht berücksichtigt ist. Eine Erklärung ist in Anhang F gegeben.

10.4.3 Dehngeschwindigkeit zur Bestimmung der unteren Streckgrenze, R_{eL} , und der Streckgrenzen-Extensometer-Dehnung, A_e

Nach der Bestimmung der oberen Streckgrenze (siehe A.4.2) ist die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge, $\dot{\epsilon}_{Lc}$, bis zum Ende des diskontinuierlichen Fließens in einem der zwei folgenden festgelegten Bereiche zu halten (siehe Bild 9).

Bereich 2: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,000\ 25\ s^{-1}$ mit einer relativen Toleranz von $\pm 20\ %$ (empfohlen, wenn R_{eL} zu bestimmen ist)

Bereich 3: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,002\ s^{-1}$ mit einer relativen Toleranz von $\pm 20\ %$

10.4.4 Dehngeschwindigkeit zur Bestimmung der Zugfestigkeit, R_m , der Bruchdehnung, A , der gesamten Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft, A_{gt} , der plastischen Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft, A_g , und der Brucheinschnürung, Z

Nach Bestimmung der geforderten Streck-/Dehngrenzen muss die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge, $\dot{\epsilon}_{Lc}$, in einen der folgenden festgelegten Bereiche verändert werden (siehe Bild 9).

Bereich 2: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,000\ 25\ s^{-1}$ mit einer relativen Toleranz von $\pm 20\ %$

Bereich 3: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,002\ s^{-1}$ mit einer relativen Toleranz von $\pm 20\ %$

Bereich 4: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,006\ 7\ s^{-1}$ mit einer relativen Toleranz von $\pm 20\ %$ (entspricht $0,4\ min^{-1}$ mit einer relativen Toleranz von $\pm 20\ %$) (empfohlen, wenn nicht anders festgelegt)

Wenn nur die Zugfestigkeit bestimmt wird, darf während des gesamten Versuchs die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die Versuchslänge entsprechend Bereich 3 oder 4 verwendet werden.

10.5 Prüfgeschwindigkeit, basierend auf Spannungsgeschwindigkeit (Verfahren B)

10.5.1 Allgemeines

Die Prüfgeschwindigkeiten müssen den folgenden Festlegungen, die vom Werkstoff abhängen, entsprechen. Wenn nicht anders festgelegt, darf jede geeignete Prüfgeschwindigkeit bis zu einer Spannung verwendet werden, die der Hälfte der spezifizierten Streckgrenze entspricht. Die Prüfgeschwindigkeiten oberhalb dieses Punktes sind nachfolgend festgelegt.

10.5.2 Streck- und Dehngrenzen

10.5.2.1 Obere Streckgrenze, R_{eH}

Die Traversengeschwindigkeit muss so konstant wie möglich und innerhalb der Grenzen gehalten werden, die den in Tabelle 3 angegebenen Spannungsgeschwindigkeiten entsprechen.

ANMERKUNG Zur Information: Typische Werkstoffe mit einem Elastizitätsmodul kleiner als 150 000 MPa sind Magnesium, Aluminiumlegierungen, Messing und Titan. Typische Werkstoffe mit einem Elastizitätsmodul größer als 150 000 MPa sind Schmiedeeisen, Stahl, Wolfram und Nickelbasislegierungen.

Tabelle 3 — Spannungsgeschwindigkeit

Elastizitätsmodul des Werkstoffs E MPa	Spannungsgeschwindigkeit $\dot{R}$ MPa s ⁻¹	
	min.	max.
< 150 000	2	20
≥ 150 000	6	60

10.5.2.2 Untere Streckgrenze, R_{eL}

Wenn nur die untere Streckgrenze zu bestimmen ist, so muss die Dehngeschwindigkeit im Bereich der Versuchslänge während des Fließens zwischen 0,000 25 s⁻¹ und 0,002 5 s⁻¹ liegen. Die Dehngeschwindigkeit im Bereich der Versuchslänge ist so konstant wie möglich zu halten. Wenn diese Dehngeschwindigkeit nicht direkt eingestellt werden kann, ist kurz vor dem Fließbeginn die entsprechende Spannungsgeschwindigkeit einzustellen. Diese Einstellung darf nicht mehr verändert werden, bis das Fließen beendet ist.

In keinem Fall darf die Spannungsgeschwindigkeit im elastischen Bereich die in Tabelle 3 angegebenen Höchstwerte übersteigen.

10.5.2.3 Obere und untere Streckgrenze, R_{eH} und R_{eL}

Werden die obere und untere Streckgrenze im selben Versuch bestimmt, gelten die Bedingungen zur Bestimmung der unteren Streckgrenze (siehe 10.4.2.2).

10.5.2.4 Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung und Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung, R_p und R_t

Innerhalb des elastischen Bereiches muss die Traversengeschwindigkeit so konstant wie möglich und innerhalb der Grenzen gehalten werden, die den in Tabelle 3 angegebenen Spannungsgeschwindigkeiten entsprechen. Diese Traversengeschwindigkeit muss bis zur Dehngrenze (plastische oder gesamte Extensometer-Dehnung) beibehalten werden. Keinesfalls darf die Dehngeschwindigkeit größer sein als 0,002 5 s⁻¹.

10.5.2.5 Traversengeschwindigkeit

Wenn die Prüfmaschine nicht in der Lage ist, die Dehngeschwindigkeit zu messen oder zu kontrollieren, ist bis zur Beendigung des Fließens eine Traversengeschwindigkeit zu verwenden, die der in Tabelle 3 angegebenen Spannungsgeschwindigkeit entspricht.

10.5.2.6 Zugfestigkeit, R_m , der Bruchdehnung, A , der gesamten Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft, A_{gt} , der plastischen Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft, A_g , und der Brucheinschnürung, Z

Nach der Bestimmung der geforderten Streck- und Dehngrenzwerte darf die Prüfgeschwindigkeit bis auf eine Dehngeschwindigkeit (oder entsprechende Traversengeschwindigkeit) von maximal 0,008 s⁻¹ erhöht werden.

Wenn nur die Zugfestigkeit des Werkstoffes bestimmt wird, darf die Dehngeschwindigkeit während des gesamten Versuchs 0,008 s⁻¹ nicht überschreiten.

10.6 Auswahl des Verfahrens und der Prüfgeschwindigkeiten

Wenn nicht anders festgelegt, unterliegt die Wahl des Verfahrens (A oder B) und der Prüfgeschwindigkeiten dem Hersteller oder dem von ihm beauftragten Prüflabor, vorausgesetzt, die Festlegungen dieses Teils von ISO 6892 werden eingehalten.

10.7 Dokumentation der gewählten Prüfbedingungen

Zur Dokumentation der Art der Prüfgeschwindigkeitsregelung und der Prüfgeschwindigkeit in einer verkürzten Form kann folgendes System von Abkürzungen verwendet werden:

ISO 6892 Annn, oder ISO 6892 Bn

wobei „A“ das verwendete Verfahren A (Dehngeschwindigkeitsregelung) und „B“ das verwendete Verfahren B (Spannungsgeschwindigkeit) symbolisiert. Die Symbole „nnn“ stellen eine Serie von bis zu 3 Zeichen dar, die sich auf die Geschwindigkeiten während jeder Phase des Versuchs wie in Bild 9 dargestellt, beziehen. „n“ kann zur Dokumentation der Spannungsgeschwindigkeit (in MPa s⁻¹) im elastischen Bereich angehängt werden.

BEISPIEL 1 ISO 6892-1:2009 A224 beschreibt einen dehngeschwindigkeitsgeregelten Versuch mit Verwendung der Bereiche 2, 2 und 4.

BEISPIEL 2 ISO 6892-1:2009 B30 beschreibt einen spannungsgeschwindigkeitsbasierenden Versuch, der mit einer nominalen Spannungsgeschwindigkeit von 30 MPa s⁻¹ durchgeführt wurde/wird.

BEISPIEL 3 ISO 6892-1:2009 B beschreibt einen spannungsgeschwindigkeitsbasierenden Versuch, der mit einer nominalen Spannungsgeschwindigkeit nach Tabelle 3 durchgeführt wurde/wird.

11 Bestimmung der oberen Streckgrenze

R_{eH} darf aus der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve oder einer Schleppzeiger-Kraftanzeige bestimmt werden und ist definiert als die Spannung in dem Moment, bevor der erste deutliche Kraftabfall auftritt. Der Kennwert wird durch Division dieser Kraft durch den Anfangsquerschnitt der Probe, S_0 , berechnet (siehe Bild 2).

12 Bestimmung der unteren Streckgrenze

R_{eL} wird aus der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve bestimmt und ist definiert als der niedrigste Wert der Spannung während des plastischen Fließens, wobei Einschwingerscheinungen unberücksichtigt bleiben. Der Kennwert wird durch Division dieser Kraft durch den Anfangsquerschnitt der Probe, S_0 , berechnet (siehe Bild 2).

Zur Verkürzung der Versuchsdauer darf R_{eL} als die niedrigste Spannung innerhalb einer Extensometer-Dehnung von 0,25 % nach R_{eH} angenommen werden, wobei Einschwingerscheinungen unberücksichtigt bleiben. Nach Bestimmung von R_{eL} nach diesem Verfahren darf die Prüfgeschwindigkeit entsprechend 10.3.4 erhöht werden. Die Anwendung dieses (zeitlich) kürzeren Verfahrens sollte im Prüfbericht angegeben werden.

ANMERKUNG Dieser Abschnitt ist nur bei Werkstoffen mit einem ausgeprägten Fließverhalten anwendbar, wenn A_e nicht bestimmt wird.

13 Bestimmung der Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung

13.1 R_p wird aus der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve bestimmt, indem eine Parallele zum geraden Teil der Kurve in einem Abstand gezeichnet wird, der der vorgeschriebenen plastischen Dehnung entspricht, z. B. 0,2 %. Die Ordinate des Schnittpunktes dieser Parallelen mit der Kurve ergibt die der gewünschten Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung entsprechende Kraft. Die Dehngrenze wird durch Dividieren dieser Kraft durch den Anfangsquerschnitt der Probe, S_0 , errechnet (siehe Bild 3).

Ist der gerade Abschnitt der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve nicht genügend ausgeprägt und kann folglich die Parallele nicht mit ausreichender Genauigkeit gezogen werden, wird das nachstehende Verfahren empfohlen (siehe Bild 6).

Ist die erwartete Dehngrenze überschritten, wird die Kraft auf etwa 10 % des vorherigen Wertes vermindert. Die Kraft wird dann wieder erhöht, bis der ursprüngliche Wert überschritten ist. Zur Bestimmung der gesuchten Dehngrenze wird die Mittellinie durch die Hystereseschleife gezogen. Dann wird eine Parallele zu dieser Geraden in dem Abstand vom korrigierten Kurvenursprung (an der Abszisse gemessen) gezogen, der dem vorgegebenen Wert der plastischen Extensometer-Dehnung entspricht. Die Ordinate des Schnittpunktes dieser Parallelen mit der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve ergibt die der Dehngrenze entsprechende Kraft. Die Dehngrenze wird durch Dividieren dieser Kraft durch den Anfangsquerschnitt der Probe, S_0 , berechnet (siehe Bild 6).

ANMERKUNG 1 Für die Bestimmung des korrigierten Nullpunktes der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve können verschiedene Verfahren angewendet werden. Ein Verfahren, das angewendet werden kann, ist das Zeichnen einer Geraden parallel zu der durch die Hystereseschleife festgelegten Geraden als Tangente an die Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der Abszisse ergibt den tatsächlichen Nullpunkt der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve (siehe Bild 6).

ANMERKUNG 2 Die plastische Extensometer-Dehnung am oberen Umkehrpunkt ist nur geringfügig höher als die spezifizierte plastische Extensometer-Dehnung für R_p . Umkehrpunkte mit wesentlich größeren Werten für die plastische Extensometer-Dehnung führen zu einer Verringerung der Steigung der Geraden durch die Hystereseschleife. Weiterhin sollte darauf geachtet werden, dass die Hysterese erst nach dem Erreichen der letzten Dehngrenze, aber bei einer möglichst kleinen Extensometer-Dehnung gestartet wird, da ansonsten nachteilige Effekte auf die Steigung beobachtet werden können.

ANMERKUNG 3 Es ist unüblich, Dehngrenzen während oder nach lokalem Fließen zu bestimmen, wenn nicht in der Produktnorm festgelegt oder zwischen den Vertragspartnern vereinbart.

13.2 Diese Kenngröße darf bei automatischen Auswertesystemen (z. B. Mikroprozessor usw.) auch ohne Zeichnen der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve bestimmt werden, siehe Anhang A.

ANMERKUNG Ein anderes mögliches Verfahren ist in GB/T 228 [12] beschrieben.

14 Bestimmung der Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung

14.1 Die Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung R_t wird aus der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve unter Berücksichtigung von 10.2 bestimmt, indem eine Parallele zur Ordinatenachse (Kraft-Achse) in dem Abstand gezogen wird, der der vorgegebenen gesamten Extensometer-Dehnung entspricht. Die Ordinate des Schnittpunktes dieser Geraden mit der Kurve ergibt die der gewünschten Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung entsprechende Kraft. Die Dehngrenze wird durch Dividieren dieser Kraft durch den Anfangsquerschnitt der Probe, S_0 , berechnet (siehe Bild 4).

14.2 Diese Kenngröße darf bei automatischen Auswertesystemen auch ohne Zeichnen der Kraft/Extensometer-Dehnung-Kurve bestimmt werden, siehe Anhang A.

15 Verfahren zum Nachweis des Grenzwertes der Spannung für eine vorgegebene bleibende Dehnung

Die Zugprobe wird 10 s bis 12 s einer Kraft ausgesetzt, die der vorgegebenen Spannung entspricht. Diese Kraft wird durch Multiplikation der vorgegebenen Spannung mit dem Anfangsquerschnitt der Probe, S_0 , erhalten. Nach Wegnahme der Kraft wird nachgewiesen, dass die bleibende Dehnung oder Extensometer-Dehnung nicht größer ist als der für die Anfangsmesslänge vorgegebene Wert, siehe Bild 5.

ANMERKUNG Dieser Versuch ist ein „Erfüllt/nicht erfüllt“-Versuch und wird normalerweise nicht als ein Teil des Zugversuchs durchgeführt. Die auf die Probe wirkende Spannung und die zulässige bleibende Dehnung oder Extensometer-Dehnung sind entweder durch die Produktspezifikation oder durch den Auftraggeber festzulegen. Beispiel: Das Ergebnis „ $R_{r,0,5} = 750$ MPa erfüllt“ bedeutet, dass eine Spannung von 750 MPa auf die Probe aufgebracht wurde und die resultierende bleibende festgelegte Dehnung (oder Extensometer-Dehnung) kleiner oder gleich 0,5 % war.