

DIN EN ISO 6892-1

ICS 77.040.10

Ersatz für
DIN EN ISO 6892-1:2017-02

**Metallische Werkstoffe –
Zugversuch –
Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2019);
Deutsche Fassung EN ISO 6892-1:2019**

Metallic materials –
Tensile testing –
Part 1: Method of test at room temperature (ISO 6892-1:2019);
German version EN ISO 6892-1:2019

Matériaux métalliques –
Essai de traction –
Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante (ISO 6892-1:2019);
Version allemande EN ISO 6892-1:2019

Gesamtumfang 96 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 6892-1:2019) 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 deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-42 AA „Zug- und Duktilitätsprüfung für Metalle“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

DIN EN ISO 6892 besteht unter dem allgemeinen Titel „*Metallische Werkstoffe — Zugversuch*“ aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*
- *Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur*
- *Teil 3: Prüfverfahren bei tiefen Temperaturen*
- *Teil 4: Prüfverfahren in flüssigem Helium*

ANMERKUNG Teil 5 „*Metallic materials — Tensile testing — Part 5: Guideline for testing miniaturised test pieces*“ befindet sich als Technischer Report auf internationaler Ebene in Erarbeitung.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente 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
ISO 80000-1	siehe	DIN EN ISO 80000-1

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 6892-1:2017-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Korrektur eines Titels einer Norm im Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“;
- b) Korrektur des Begriffs „Bestimmtheitsmaß“ („Bestimmtheitsmaß“ anstelle von „Korrelationskoeffizient“);
- c) Korrektur von Gleichung (1);
- d) überarbeitete Formulierungen in 10.3.2.1;
- e) überarbeitete Formulierungen in der Legende zu Bild 9;
- f) überarbeitete Formulierungen in Tabelle B.2;
- g) überarbeitete Formulierungen in Tabelle D.3;
- h) Korrektur der Literaturhinweise;
- i) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Frühere Ausgaben

DIN 1602: 1924-06, 1927-04, 1929-08, 1936-03, 1944x-02
 DIN DVM A 114: 1935-12
 DIN 50112: 1935xx-12
 DIN 1605-2: 1936-02
 DIN DVM 125 = DIN 50125: 1940-08
 DIN 50114: 1944x-01, 1960-07, 1965-12, 1980-12, 1981-08
 DIN 50143: 1944-10
 DIN 50144: 1944-10
 DIN 50125: 1951-04, 1986-03, 1991-04
 DIN 50146: 1951-05
 DIN 50145: 1952-06, 1975-05
 DIN 51210: 1961-08
 DIN 50140: 1965-11, 1980-09
 DIN 51210-1: 1976-04
 DIN 51210-2: 1976-04
 DIN EN 10002-1: 1991-04, 2001-12
 DIN EN ISO 6892-1: 2009-12, 2017-02

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 mit diesem Proportionalitätsfaktor berechnet wird, 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. Die Bruchdehnungsindizierung zu alten Normen ist in Tabelle NA.1 gegenübergestellt.

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}
$A_{50 \text{ mm}}$	$L_0 = 50$ mm		DIN 50114:1981-08: $A_L = 50$
$A_{80 \text{ mm}}$	$L_0 = 80$ mm		DIN 50114:1981-08: $A_L = 80$

Nationaler Anhang NB (informativ)

Vergleich internationaler Symbole, die beim Zugversuch Anwendung finden

Internationale Symbole, die beim Zugversuch Anwendung finden, sind in Tabelle NB.1 gegeben.

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

In diesem Dokument verwendetes Symbol	Englisch	Französisch	Deutsch	Deutsches Symbol	Anglo-amerikanisches Symbol	Einheit
e	Engineering strain	Allongement conventionnel	Dehnung oder technische Dehnung	ε	e	%
R	Engineering stress	Contrainte conventionnelle	Spannung (ggf. Nennspannung, technische Spannung oder Ingenieur-Spannung)	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)

Ergänzende Hinweise zur Verwendung von Extensometer-Systemen für die E-Modul-Bestimmung entsprechend Anhang G

In Anhang G wird für die Bestimmung des E-Moduls die Verwendung von speziellen Extensometer-Systemen gefordert. Diese müssen u. a. in der Lage sein, die Dehnungen auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Probe zu messen.

Dehnungsaufnehmer, die üblicherweise beim Standardzugversuch eingesetzt werden, besitzen diese Eigenschaft nicht. Bei diesen Systemen wird zwar oftmals die Längenänderung mittels der auf beiden Seiten der Probe angesetzten Messschneiden beidseitig abgegriffen, eine unabhängige Messung der Längenänderung auf beiden Seiten der Probe findet jedoch nicht statt.

Um der Anforderung des Anhangs G der Norm gerecht zu werden, muss hingegen ein System verwendet werden, dass zwei voneinander unabhängig messende Sensoren verwendet. Die beidseitige unabhängige Messung und Darstellung des elastischen Bereichs bietet den zusätzlichen Vorteil, dass durch eine separate Darstellung der Spannung/Dehnung für jede Probenseite bzw. deren Vergleich mögliche Biegespannungen bzw. -dehnungen erkannt und diese ggf. durch Optimierung des gesamten Prüfsystems reduziert werden können.

Des Weiteren ist zu beachten, dass die Dehnungsaufnehmer im relevanten Bereich kalibriert sind (z. B. zwischen 5 µm und 200 µm) und die Dehnungsaufnehmersignale nahezu linear verlaufen.

Geeignete Systeme sind im Allgemeinen in der maximalen Längenänderung auf ca. 1 mm begrenzt, so dass mit ihnen üblicherweise nur sehr kleine Dehnungen – dafür aber sehr genau – gemessen werden können. D. h. ein Standardzugversuch mit Bestimmung der Bruchdehnung ist mit diesen Systemen i. A. nicht möglich.

Es sei auch auf die Methoden zur Abschätzung der Messunsicherheit in Anhang G, hier speziell auf die Fußnote c in Tabelle G.2 verwiesen.

Weiterführende Literatur zu diesem Thema:

1. Aegerter, J., Borsutzki, M., Knauf, G., Moninger, M.: Ergebnisse eines VDEh-Ringversuches zum Stahl-Eisen-Prüfblatt 1235 „Bestimmung des Elastizitätsmoduls an Stahl im Zugversuch bei Raumtemperatur“, Tagungsband „Werkstoffprüfung 2012“, Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf (2012), S. 65-72, ISBN 978-3-514-00794-9
2. Kühn, H.-J., Aegerter, J., Uhlemann, P.: Bestimmung des Elastizitätsmoduls im einachsigen, Tagungsband „Werkstoffprüfung 2009“, Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf (2009), S. 137-142, ISBN 978-3-514-00769-7

Weiterführende Vorträge zu dem Thema:

1. 27.06.2018 in Ulm: Aegerter, J.: Die neue Ausgabe der Metallzugnorm DIN EN ISO 6892-1:2017-02 – Hinweise zu E-Modul, Prüfgeschwindigkeiten und Bruchdehnung, 8. Zwick Roell Metall Symposium
2. 29.09.2015 in Darmstadt: Aegerter, J.: Zugversuchsnorm DIN EN ISO 6892-1: Kennwerte, Prüfgeschwindigkeiten und E-Modulbestimmung – was ändert sich mit der Ausgabe 2016, Werkstofftechnischen Kolloquium, Mess- und Kalibriertechnik, MPA Darmstadt
3. 24.09.2013 in Darmstadt: Aegerter, J.: E-Modulbestimmung mit Messunsicherheit nach dem neuen Anhang G, Werkstofftechnischen Kolloquium, Mess- und Kalibriertechnik, MPA Darmstadt
4. 09.10.2012 in Darmstadt: Aegerter, J.: Ermittlung des Elastizitätsmoduls im Zugversuch, Werkstofftechnischen Kolloquium, Mess- und Kalibriertechnik, MPA Darmstadt

Nationaler Anhang ND (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 — Kalibrierung und Überprüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Kalibrierung und Überprüfung 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*

DIN EN ISO 80000-1, *Größen und Einheiten — Teil 1: Allgemeines*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

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

Metallic materials —
Tensile testing —
Part 1: Method of test at room temperature
(ISO 6892-1:2019)

Matériaux métalliques —
Essai de traction —
Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante
(ISO 6892-1:2019)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. November 2019 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Formelzeichen	13
5 Kurzbeschreibung	15
6 Proben	15
6.1 Form und Maße	15
6.1.1 Allgemeines	15
6.1.2 Bearbeitete Proben	16
6.1.3 Unbearbeitete Proben	16
6.2 Arten	16
6.3 Herstellung der Proben	17
7 Bestimmung des Anfangsquerschnitts	17
8 Anfangsmesslänge und Extensometer-Messlänge	17
8.1 Festlegung der Anfangsmesslänge	17
8.2 Kennzeichnung der Anfangsmesslänge	17
8.3 Festlegung der Extensometer-Messlänge	18
9 Genauigkeit der Prüfeinrichtungen	18
10 Prüfbedingungen	18
10.1 Einstellung des Kraftnullpunktes	18
10.2 Einspannverfahren	18
10.3 Prüfgeschwindigkeiten	18
10.3.1 Allgemeine Informationen zu den Prüfgeschwindigkeiten	18
10.3.2 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Dehngeschwindigkeit (Verfahren A)	19
10.3.3 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Spannungsgeschwindigkeit (Verfahren B)	21
10.3.4 Dokumentation der gewählten Prüfbedingungen	23
11 Bestimmung der oberen Streckgrenze	23
12 Bestimmung der unteren Streckgrenze	23
13 Bestimmung der Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung	24
14 Bestimmung der Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung	24
15 Verfahren zum Nachweis des Grenzwertes der Spannung für eine vorgegebene bleibende Dehnung	25
16 Bestimmung der Streckgrenzen-Extensometer-Dehnung	25
17 Bestimmung der plastischen Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft	25
18 Bestimmung der gesamten Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft	26

19	Bestimmung der gesamten Extensometer-Dehnung beim Bruch	26
20	Bestimmung der Bruchdehnung.....	26
21	Bestimmung der Brucheinschnürung.....	27
22	Prüfbericht.....	28
23	Messunsicherheit	28
23.1	Allgemeines	28
23.2	Prüfbedingungen	28
23.3	Prüfergebnisse	29
Anhang A (informativ) Empfehlungen für die Verwendung rechnergestützter Zugprüfmaschinen		42
Anhang B (normativ) Probenarten für Flacherzeugnisse mit einer Dicke zwischen 0,1 mm und 3 mm: Bleche, Bänder und flache Walzprodukte.....		49
Anhang C (normativ) Probenarten für Draht, Stäbe und Profile mit einem Durchmesser oder einer Dicke unter 4 mm		52
Anhang D (normativ) Probenarten für Flacherzeugnisse mit einer Dicke gleich oder größer als 3 mm und Draht, Stäbe und Profile mit einem Durchmesser oder einer Dicke gleich oder größer als 4 mm.....		53
Anhang E (normativ) Probenarten bei Rohren		57
Anhang F (informativ) Abschätzung der Traversengeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Steifigkeit (bzw. Nachgiebigkeit) des Prüfaufbaus		59
Anhang G (normativ) Bestimmung des Elastizitätsmoduls (E-Modul) von Metallen im uniaxialen Zugversuch.....		61
Anhang H (informativ) Messung der Bruchdehnung, wenn der vorgeschriebene Wert kleiner als 5 % ist.....		70
Anhang I (informativ) Bestimmung der Bruchdehnung bei Unterteilung der Anfangsmesslänge.....		71
Anhang J (informativ) Bestimmung der plastischen Dehnung ohne Einschnürung (Gleichmaßdehnung) A_{wn} für Langprodukte wie Stäbe, Drähte und Stangen.....		73
Anhang K (informativ) Abschätzung der Messunsicherheit.....		74
Anhang L (informativ) Präzision von Zugversuchen — Ergebnisse aus Ringversuchen		79
Literaturhinweise.....		85

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 6892-1:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 459/SC 1 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2020, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2020 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 6892-1:2016.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 6892-1:2019 wurde von CEN als EN ISO 6892-1:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen 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.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe 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 dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 6892-1:2016), die geringfügig geändert wurde. Die Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Korrektur eines Normentitels in Abschnitt 2;
- Korrektur der Bezeichnung „Bestimmtheitsmaß“ („Bestimmtheitsmaß“ anstelle von „Korrelationskoeffizient“);
- Korrektur von Gleichung (1);
- Formulierung in 10.3.2.1;
- Formulierung in der Legende von Bild 9;
- Formulierung in Tabelle B.2;
- Formulierung in Tabelle D.3;
- Korrektur der Verweisungen.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 6892 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

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

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

In diesem Dokument sind zwei Verfahren bezüglich der Prüfgeschwindigkeit einsetzbar. Das erste, das Verfahren A, basiert auf den Dehngeschwindigkeiten (inklusive der Traversengeschwindigkeit) und das zweite, das Verfahren B, basiert auf den Spannungsgeschwindigkeiten. Verfahren A ist – wenn dehngeschwindigkeitsabhängige Kennwerte bestimmt werden – zur Minimierung von Unterschieden in den 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.

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 den Punkt in einer Kurve können die Benennungen „Kraft“ und „Spannung“ bzw. „Verlängerung (der Extensometer-Messlänge)“ und „Extensometer-Dehnung“ ausgetauscht werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt das Verfahren für den Zugversuch an metallischen Werkstoffen fest und definiert die mechanischen Kennwerte, die bei Raumtemperatur bestimmt werden können.

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

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 7500-1, *Metallic materials — Calibration and 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*

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:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Messlänge

L

Länge des parallelen Teils der Probe, an dem zu einem beliebigen Zeitpunkt während 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

parallele Länge

L_c

Länge des parallelen reduzierten Querschnitts der Probe

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei unbearbeiteten Proben tritt an die Stelle der parallelen Länge 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 (3.3), angegeben in Prozent, bezogen auf die *Anfangsmesslänge* (3.1.1)

3.4.1

bleibende Dehnung

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

3.4.2

Bruchdehnung

A

bleibende *Verlängerung* (3.3) der Messlänge nach dem Bruch ($L_u - L_0$), angegeben in Prozent, bezogen auf die *Anfangsmesslänge* (3.1.1)

Anmerkung 1 zum Begriff: Für weitere Informationen siehe 8.1.

3.5

Extensometer-Messlänge

L_e

Anfangsmesslänge des Dehnungsaufnehmers (Extensometer), die zum Messen der *Verlängerung* (3.6) benutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Bestimmung mehrerer Eigenschaften, die (teilweise oder vollständig) von der Verlängerung abhängig sind, z. B. R_p , A_e oder A_g , ist die Verwendung eines Extensometers zwingend erforderlich.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für weitere Informationen siehe 8.3.

3.6

Verlängerung (der Extensometer-Messlänge)

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

3.6.1

Extensometer-Dehnung^{N1)}

e

in Prozent angegebene *Verlängerung* (3.6) der *Extensometer-Messlänge* (3.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: *e* wird oftmals auch als technische Dehnung bezeichnet.

3.6.2

bleibende Extensometer-Dehnung

Vergrößerung der *Extensometer-Messlänge* (3.5) nach Entfernen einer festgelegten, auf die Probe aufgetragenen *Zugspannung* (3.10), angegeben in Prozent, bezogen auf die Extensometer-Messlänge

N1) Nationale Fußnote: Der englische Begriff „extension“ beschreibt die Verlängerung in mm, die mit einem Extensometer gemessen wird. Der Begriff „percentage extension“, wörtlich übersetzt „prozentuale Verlängerung“, beschreibt die mit einem Extensometer gemessene prozentuale Verlängerung (Dehnung). Im Deutschen wurde der Begriff „Extensometer-Dehnung“ eingeführt, um klarzustellen, dass es sich bei dieser Größe um eine mit einem Extensometer gemessene Dehnung handelt.

3.6.3

Streckgrenzen-Extensometer-Dehnung

A_e

<bei Werkstoffen, die ein diskontinuierliches Fließen zeigen> *Verlängerung* (3.6) der Extensometer-Messlänge zwischen dem Beginn örtlichen Fließens und dem Einsetzen gleichmäßiger Verfestigung, angegeben in Prozent, bezogen auf die *Extensometer-Messlänge* (3.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 7.

3.6.4

gesamte Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft

A_{gt}

gesamte *Verlängerung* (3.6) (elastische plus plastische Verlängerung) der Extensometer-Messlänge bei Höchstkraft, angegeben in Prozent, bezogen auf die *Extensometer-Messlänge* (3.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.6.5

plastische Extensometer-Dehnung bei Höchstkraft

A_g

plastische *Verlängerung* (3.6) der Extensometer-Messlänge bei Höchstkraft, angegeben in Prozent, bezogen auf die *Extensometer-Messlänge* (3.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.6.6

gesamte Extensometer-Dehnung beim Bruch

A_t

gesamte *Verlängerung* (3.6) (elastische plus plastische Verlängerung) der Extensometer-Messlänge beim Bruch, angegeben in Prozent, bezogen auf die *Extensometer-Messlänge* (3.5)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.7

Prüfgeschwindigkeit

während des Versuchs verwendete Geschwindigkeit(en)

3.7.1

Dehngeschwindigkeit

$\dot{\epsilon}_{L_e}$

Zunahme der mit einem Extensometer in der *Extensometer-Messlänge* (3.5) gemessenen Dehnung je Zeiteinheit

3.7.2

abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die parallele Länge

$\dot{\epsilon}_{L_c}$

Zunahme der Dehnung über die *parallele Länge* (3.2) der Probe je Zeiteinheit, basierend auf der *Traversengeschwindigkeit* (3.7.3) und der parallelen Länge der Probe

3.7.3

Traversengeschwindigkeit

v_c

Traversenweg je Zeiteinheit

3.7.4

Spannungsgeschwindigkeit

$\dot{R}$

Zunahme der *Spannung* (3.10) je Zeiteinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Spannungsgeschwindigkeit wird nur im elastischen Bereich des Versuchs (Verfahren B) verwendet (siehe auch 10.3.3).

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 :

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

3.9 Höchstkraft

3.9.1

Höchstkraft

F_m

<bei Werkstoffen, die kein diskontinuierliches Fließen zeigen> größte Kraft, der die Probe während des Versuchs standhält

3.9.2

Höchstkraft

F_m

<bei Werkstoffen, die ein diskontinuierliches Fließen zeigen> größte Kraft, der die Probe während des Versuchs nach dem Beginn der Verfestigung standhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Werkstoffe, die ein diskontinuierliches Fließen zeigen, aber keine Verfestigung erzielt werden kann, ist F_m nicht in diesem Dokument definiert [siehe Fußnote zu Bild 8 c)].

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 8 a) und 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 diesem Dokument die Ingenieur-Spannung (technische Spannung) gemeint.

3.10.1

Zugfestigkeit

R_m

Spannung (3.10), die der *Höchstkraft* (3.9.2) entspricht

3.10.2

Streckgrenze

wenn der metallische Werkstoff diese Eigenschaft aufweist, die Spannung (3.10) zu einem bestimmten Zeitpunkt während des Versuchs bei dem eine plastische Verformung ohne Zunahme der Kraft auftritt

3.10.2.1

obere Streckgrenze

R_{eH}

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2.

3.10.2.2

untere Streckgrenze

R_{eL}

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2.

3.10.3

Dehngrenze bei plastischer Extensometer-Dehnung

R_p

Spannung (3.10), bei der die plastische *Extensometer-Dehnung* (3.6) einem vorgegebenen Prozentanteil der *Extensometer-Messlänge* (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. $R_{p0,2}$.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild 3.

3.10.4

Dehngrenze bei gesamter Extensometer-Dehnung

R_t

Spannung (3.10), bei der die gesamte *Extensometer-Dehnung* (3.6) (elastische und plastische Extensometer-Dehnung) einem vorgegebenen Prozentanteil der *Extensometer-Messlänge* (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. $R_{t0,5}$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 4.

3.10.5

Grenzwert der Spannung für eine vorgegebene bleibende Dehnung

R_r

Spannung (3.10), bei der nach Wegnahme der Kraft eine vorgegebene bleibende *Dehnung* (3.3) oder *Extensometer-Dehnung* (3.6), angegeben jeweils als Prozentanteil der *Anfangsmesslänge* (3.1.1) oder der *Extensometer-Messlänge* (3.5), nicht überschritten wurde

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. $R_{r0,2}$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 5.

3.11

Bruch

Zustand, wenn die Probe vollständig geteilt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Kriterien für den Bruch beim rechnergesteuerten Versuch sind in Bild A.2 dargestellt.

3.12

rechnergestützte Zugprüfmaschine

Maschine, bei der die Regelung und Überwachung des Versuches, die Messungen und die Datenverarbeitung von einem Computer durchgeführt werden

3.13

Elastizitätsmodul

E

Quotient der Änderung der Spannung ΔR und Änderung der prozentualen Dehnung Δe in dem untersuchten Bereich multipliziert mit 100 %

$$E = \frac{\Delta R}{\Delta e} \cdot 100 \%$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird empfohlen, den Wert in GPa, gerundet auf 0,1 GPa, und nach ISO 80000-1 anzugeben.

3.14

Vorgabewert

unterer oder oberer Wert für die *Spannung* (3.10) beziehungsweise *Extensometer-Dehnung* (3.6.1), der für die Beschreibung des Bereichs, in dem der *Elastizitätsmodul* (3.13) berechnet wird, benutzt wird

3.15

Bestimmtheitsmaß

R^2

zusätzliches Ergebnis der linearen Regression, welches die Qualität der Spannung-Dehnung-Kurve in dem untersuchten Bereich beschreibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das verwendete Symbol R^2 ist eine mathematische Darstellung der Regression und ist kein Ausdruck für einen quadrierten Spannungswert.

3.16

Standardabweichung der Steigung

S_m

zusätzliches Ergebnis der linearen Regression, welches den Unterschied der *Spannungswerte* (3.10) von der Ausgleichsgeraden für die gegebenen *Extensometer-Dehnungswerte* (3.6.1) in dem untersuchten Bereich beschreibt

3.17

relative Standardabweichung der Steigung

$S_{m(\text{rel})}$

Quotient der *Standardabweichung der Steigung* (3.16) und der Steigung im untersuchten Bereich multipliziert mit 100 %

$$S_{m(\text{rel})} = \frac{S_m}{E} \cdot 100 \%$$

4 Formelzeichen

Die Formelzeichen und die entsprechenden Benennungen, die in diesem Dokument verwendet werden, sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 — Formelzeichen und Benennungen

Formelzeichen	Einheit	Benennung
Probe		
a_o, T^a	mm	(Anfangs-)Dicke einer Flachprobe oder Wanddicke eines Rohres
b_o	mm	(Anfangs-)Breite einer Flachprobe in der parallelen Länge oder mittlere Breite einer Rohrstreifenprobe oder eines Profildrahtes
d_o	mm	(Anfangs-)Probendurchmesser in der parallelen Länge einer Rundprobe oder Durchmesser eines Drahtes mit Kreisquerschnitt oder Innendurchmesser eines Rohres
D_o	mm	(Anfangs-)Außendurchmesser eines Rohres
L_o	mm	Anfangsmesslänge
L'_o	mm	Anfangsmesslänge zur Bestimmung von A_{wn} (siehe Anhang J)
L_c	mm	parallele Länge
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 parallelen Länge
S_u	mm ²	kleinster Querschnitt nach dem Bruch
k	—	Proportionalitätsfaktor (siehe 6.1.1)
Z	%	Brucheinschnürung
Dehnung		
A	%	Bruchdehnung (siehe 3.4.2)
A_{wn}	%	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
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

Formel- zeichen	Einheit	Benennung
Geschwindigkeiten		
$\dot{\epsilon}_{Le}$	s^{-1}	Dehngeschwindigkeit
$\dot{\epsilon}_{Lc}$	s^{-1}	abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die parallele Länge
$\dot{R}$	$MPa\ s^{-1}$	Spannungsgeschwindigkeit
v_c	$mm\ s^{-1}$	Traversengeschwindigkeit
Kraft		
F_m	N	Höchstkraft
Streckgrenze — Dehngrenze — Zugfestigkeit		
R	MPa^b	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
Elastizitätsmodul — Steigung der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve		
E	GPa	Elastizitätsmodul (E-Modul) ^c
m	MPa	Steigung der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve zu einem bestimmten Zeitpunkt des Versuches
m_E	MPa	Steigung des elastischen Teils der Spannung/Extensometer-Dehnung-Kurve ^d
R_1	MPa	unterer Spannungswert
R_2	MPa	oberer Spannungswert
e_1	%	unterer Dehnungswert
e_2	%	oberer Dehnungswert
R^2	—	Bestimmtheitsmaß
S_m	MPa	Standardabweichung der Steigung
$S_{m(rel)}$	%	relative Standardabweichung der Steigung
<p>^a Dieses Formelzeichen wird auch in Produktnormen für Stahlrohre angewendet.</p> <p>^b $1\ MPa = 1\ N\ mm^{-2}$.</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 braucht nicht notwendigerweise mit dem Elastizitätsmodul 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 Kennwerte zu bestimmen.

Sofern nicht anders festgelegt, muss der Versuch bei Raumtemperatur zwischen 10 °C und 35 °C durchgeführt werden. 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 Temperaturgrenzen von 10 °C und 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 und weitere Prüfbedingungen außerhalb der Toleranzen auftreten.

Versuche unter kontrollierten Bedingungen müssen bei einer Temperatur von $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ durchgeführt werden.

Wenn die Bestimmung des Elastizitätsmoduls im Zugversuch gefordert wird, dann muss diese in Übereinstimmung mit Anhang G geschehen.

6 Proben

6.1 Form und Maße

6.1.1 Allgemeines

Form und Maße der Proben können von der Form und den Maßen der Erzeugnisse aus metallischen Werkstoffen abhängen, 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 einen anderen einheitlichen Querschnitt 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 11,3) vorgesehen oder eine nichtproportionale Probe angewendet werden.

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

Bei nichtproportionalen Proben ist die Anfangsmesslänge L_0 unabhängig vom Anfangsquerschnitt S_0 .

Die Maßtoleranzen der Proben müssen den Angaben in Anhang B bis Anhang E entsprechen (siehe 6.2).

Weitere Proben, wie die in entsprechenden Produktnormen oder nationalen Normen festgelegten, dürfen 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 Z 2241 [14].

6.1.2 Bearbeitete Proben

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

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

Die parallele Länge L_c muss immer größer sein als die Anfangsmesslänge L_0 . Bei Proben ohne Übergangsradien muss die freie Länge zwischen den Einspannungen 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 Anhang B bis Anhang E).

Gegossene Proben müssen einen Übergangsradius zwischen den Probenköpfen und der parallelen Länge haben. Die Größe dieses Übergangsradius ist wichtig und es wird empfohlen, dass er in der Produktnorm festgelegt wird. Die Form der Probenköpfe darf beliebig sein und ist der Spanneinrichtung der Prüfmaschine entsprechend anzupassen unter der Voraussetzung, dass die Mittellinie der Probe und die Kraftwirkungslinie übereinstimmen. Die parallele Länge 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 — Gebräuchliche Probenarten und Erzeugnisformen

Maße in Millimeter

Erzeugnisformen		Entsprechender Anhang
Feinblech — Grobblech — Flachstäbe	Draht — Stäbe — Profile	
	  	
Dicke a	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 müssen entsprechend den Anforderungen der Internationalen Normen für die unterschiedlichen Werkstoffe entnommen und hergestellt werden (z. B. ISO 377).

7 Bestimmung des Anfangsquerschnitts

Die relevanten Maße der Probe sollten an mehreren Querschnittsebenen rechtwinklig zur Längsachse im mittleren Bereich der parallelen Länge 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 Anfangsquerschnittes benutzten Messgeräte müssen mit entsprechenden Normalen kalibriert sein, die auf nationale Normale rückführbar sind.

8 Anfangsmesslänge und Extensometer-Messlänge

8.1 Festlegung der Anfangsmesslänge

Ist bei einer proportionalen Probe die Anfangsmesslänge nicht gleich $5,65 \sqrt{S_0}$, wobei S_0 der Anfangsquerschnitt innerhalb der parallelen Länge 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_0 entsprechend Gleichung (1) angibt:

$$L_0 = 11,3 \sqrt{S_0} \quad (1)$$

ANMERKUNG $5,65 \sqrt{S_0} = 5\sqrt{4S_0/\pi}$.

Bei nichtproportionalen Proben (siehe Anhang B und Anhang D) 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_0 von 80 mm angibt.

8.2 Kennzeichnung der Anfangsmesslänge

Zur manuellen Bestimmung der Bruchdehnung A muss die Anfangsmesslänge L_0 durch feine Messmarken, Farbstriche oder Einprägungen gekennzeichnet werden, 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 parallele Länge 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 Linie zur Längsachse der Probe zu zeichnen, auf der die Messmarken aufgetragen werden.

8.3 Festlegung der Extensometer-Messlänge

Zur Messung von Streck- und Dehngrenzenparametern sollte die Extensometer-Messlänge L_e den größten Teil der parallelen Länge der Probe erfassen. Idealerweise sollte L_e größer als der Minimalwert $0,50 L_0$, aber kleiner als etwa $0,9 L_c$ sein. Dies sollte sicherstellen, dass das Extensometer alle in der Probe vorkommenden Fließeffekte erfasst. Weiterhin sollte L_e ungefähr gleich L_0 sein, wenn Kennwerte „bei“ oder „nach Erreichen“ der Höchstkraft bestimmt werden.

9 Genauigkeit der Prüfeinrichtungen

Die Kraftmesseinrichtung der Prüfmaschine muss mindestens der Klasse 1 nach ISO 7500-1 entsprechen.

Zur Bestimmung der Dehngrenzen (plastische oder gesamte Extensometer-Dehnung) muss das Extensometer 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 ein Extensometer 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 E1012 [8]). Dies ist besonders der Prüfung von 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 Prüfgeschwindigkeiten

10.3.1 Allgemeine Informationen zu den Prüfgeschwindigkeiten

Wenn nicht anders festgelegt, unterliegt die Wahl des Verfahrens (A1, A2 oder B) und der Prüfgeschwindigkeiten dem Hersteller oder dem von ihm beauftragten Prüflabor, vorausgesetzt, die Festlegungen dieses Dokuments werden eingehalten.

ANMERKUNG 1 Der Unterschied zwischen Verfahren A und Verfahren B besteht darin, dass die notwendige Prüfgeschwindigkeit bei Verfahren A beim interessierenden Punkt, z. B. $R_{p0,2}$, an dem der Kennwert 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.

Bei Verwendung von Verfahren B kann unter bestimmten Bedingungen (so z. B. für einige Stähle bei einer Spannungsgeschwindigkeit im elastischen Bereich von 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.

ANMERKUNG 2 In Produktnormen und einschlägigen Prüfnormen (z. B. Luftfahrtnormen) können Prüfgeschwindigkeiten festgelegt sein, die von denen in diesem Dokument abweichen.

10.3.2 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Dehngeschwindigkeit (Verfahren A)

10.3.2.1 Allgemeines

Mit Verfahren A ist beabsichtigt, Unterschiede in den Prüfgeschwindigkeiten in den Bereichen der Kennwertbestimmung, insbesondere bei dehngeschwindigkeitsabhängigen Kennwerten, zu minimieren und die Messunsicherheit der Prüfergebnisse zu minimieren.

Zwei unterschiedliche Arten der Dehngeschwindigkeitsregelung sind in diesem Unterabschnitt beschrieben.

- Verfahren A1 „geschlossener Regelkreis“ (en: closed loop) bezeichnet die Regelung der Dehngeschwindigkeit $\dot{\epsilon}_{L_e}$, die auf dem Signal des Extensometers basiert.
- Verfahren A2 „offener Regelkreis“ (en: open loop) bezeichnet die Regelung der abgeschätzten Dehngeschwindigkeit über die parallele Länge $\dot{\epsilon}_{L_c}$, die durch Verwendung einer Traversengeschwindigkeit entsprechend dem Produkt aus der gewünschten Dehngeschwindigkeit und der parallelen Länge realisiert wird [siehe Gleichung (2)].

ANMERKUNG Eine präzisere Dehngeschwindigkeitsabschätzung für Verfahren A2 wird in Anhang F beschrieben.

Wenn das Material kein inhomogenes Fließen zeigt und die Kraft dabei nahezu konstant bleibt, sind die Dehngeschwindigkeit $\dot{\epsilon}_{L_e}$ und die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die parallele Länge $\dot{\epsilon}_{L_c}$ 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 Streckgrenzendehnung oder Materialien, die „gezacktes Fließen“ durch den Portevin-Le-Chatelier-Effekt zeigen) oder wenn die Probe einschnürt. Wenn die Kraft zunimmt, kann die Dehngeschwindigkeit [wenn die Traversengeschwindigkeit nach Gleichung (2) berechnet wurde] bedingt durch die Nachgiebigkeit der Prüfmaschine niedriger sein als die gewünschte Dehngeschwindigkeit.

Die Prüfgeschwindigkeit muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- a) Wenn nicht anders festgelegt, darf jede geeignete Prüfgeschwindigkeit bis zu einer Spannung verwendet werden, die der Hälfte der erwarteten Streckgrenze entspricht. Oberhalb dieses Bereiches und zur Bestimmung von R_{eH} , R_p oder R_t ist die festgelegte Dehngeschwindigkeit $\dot{\epsilon}_{L_e}$ (oder für Verfahren A2 die Traversengeschwindigkeit v_c) 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 (Extensometers) zur Messung der Verlängerung der Probe notwendig. Bei Prüfmaschinen, die nicht die Dehngeschwindigkeit regeln können, darf das Verfahren A2 angewandt werden.

- b) Im Bereich des inhomogenen Fließens sollte die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die parallele Länge $\dot{\epsilon}_{L_c}$ (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 notwendige abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die parallele Länge 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.

$$v_c = L_c \dot{\epsilon}_{L_c} \quad (2)$$

Dabei ist

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

L_c die parallele Länge.

- 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 Einschnürung außerhalb der Extensometer-Messlänge auftreten können.

Die in 10.3.2.2 bis 10.3.2.4 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. Dieser Effekt 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 10.3.4).

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

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

Wenn die Prüfmaschine nicht in der Lage ist, die Dehngeschwindigkeit direkt zu regeln, muss das Verfahren A2 angewendet werden.

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

Nach der Bestimmung der oberen Streckgrenze (siehe A.3.2) ist die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die parallele Länge $\dot{\epsilon}_{Lc}$ 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 $\pm 20\,\%$.

10.3.2.4 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 parallele Länge $\dot{\epsilon}_{Lc}$ 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 im Zugversuch bestimmt werden soll, darf während des gesamten Versuchs die abgeschätzte Dehngeschwindigkeit über die parallele Länge entsprechend Bereich 3 oder 4 verwendet werden.

10.3.3 Prüfgeschwindigkeit basierend auf Spannungsgeschwindigkeit (Verfahren B)

10.3.3.1 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.

ANMERKUNG Ziel ist es nicht bei Verfahren B, während der Bestimmung der Streckgrenzen eine konstante Spannungsgeschwindigkeit aufrechtzuerhalten oder die Spannungsgeschwindigkeit im geschlossenen Regelkreis über eine Kraftregelung zu steuern, sondern nur über die Einstellung einer Traversengeschwindigkeit eine definierte Spannungsgeschwindigkeit im elastischen Bereich zu erhalten (siehe Tabelle 3). Wenn eine Probe bei der Prüfung anfängt zu fließen, reduziert sich die Spannungsgeschwindigkeit oder kann sogar negativ werden, wenn die Probe diskontinuierliches Fließen zeigt. Der Versuch, während des Fließens eine konstante Spannungsgeschwindigkeit aufrechtzuerhalten, erfordert von der Prüfmaschine extrem hohe Prüfgeschwindigkeiten. Dies ist in den meisten Fällen weder praktikabel noch gewünscht.