

Metallische Werkstoffe

**Zugversuch**Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur  
Deutsche Fassung EN 10002-1:2001**DIN****EN 10002-1**

ICS 77.040.10

Ersatz für  
DIN EN 10002-1:1991-04

Metallic materials — Tensile testing —  
Part 1: Method of test at ambient temperature;  
German version EN 10002-1:2001

Matériaux métalliques — Essai de traction —  
Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante;  
Version allemande EN 10002-1:2001

**Die Europäische Norm EN 10002-1:2001 hat den Status einer Deutschen Norm.****Vorwort**

Die Europäische Norm EN 10002-1 ist vom Technischen Komitee ECISS/TC 1 „Stahl — Mechanische Prüfung“ auf der Basis von ISO 6892:1998 ausgearbeitet worden. Die Federführung für die deutsche Mitarbeit und die Verantwortung für die deutsche Fassung ist beim Arbeitsausschuss NNP 142 „Prüfverfahren mit zügiger Beanspruchung für Metalle“ des NMP.

Der Normtext ist fast identisch mit ISO 6892:1998, mit Ausnahme von Anhang A, der nur in dieser Europäischen Norm enthalten ist und in dem die Empfehlungen für die Anwendung rechnergestützter Zugprüfmaschinen enthalten sind.

Dieser Anhang A ist das Ergebnis der Arbeitsgruppe ECISS/TC 1/SC 1/WG 3, dem als Arbeitsgrundlage der deutsche Änderungsentwurf des Arbeitskreises „Rechnergestützter Zugversuch“ des NMP 142 vorlag. Der Anhang sowie die weiteren Änderungen sollen bei der nächsten Überarbeitung von ISO 6892 eingebracht werden, um künftig eine völlige Übereinstimmung der Internationalen und Europäischen Norm für den Zugversuch für metallische Werkstoffe zu erreichen.

DIN 50125:1991-04 gilt weiterhin als Norm für die Formen, Maße und Bezeichnungen für Zugproben in Ergänzung zu DIN EN 10002-1, um die Herstellung von normgerechten Zugproben zu erleichtern.

Im nationalen Anhang NA zu dieser Norm gibt der Arbeitsausschuss NNP 142 Hinweise zur eindeutigen Indizierung der Bruchdehnung nach DIN EN 10002-1.

**Änderungen**

Gegenüber DIN EN 10002-1:1991-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Grenzen der zulässigen Spannungszunahme- und Dehngeschwindigkeit sind geändert;
- b) neue Abschnitte 12, 16;
- c) neue Anhänge A, F, H, J.

Fortsetzung Seite 2 und 3  
und 43 Seiten EN

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

## Frühere Ausgaben

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

## 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 zu gewährleisten, ist der Proportionalitätsfaktor  $k = 5,65$  international festgelegt. Die Bruchdehnung, die über eine Messlänge bestimmt wird, die 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 zwei 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 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<br>nach<br>DIN EN 10002-1 | Messlänge $L_0$                | Vereinfachte<br>Formel für $L_0$ bei<br>rundem Proben-<br>querschnitt | Entspricht der Bruchdehnungsbezeichnung<br>nach den zurückgezogenen Normen |
|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $A$                                    | $L_0 = 5,65 \times \sqrt{S_0}$ | $L_0 = 5 \times d_0$                                                  | DIN 50145:1975-05: $A_5$                                                   |
| $A_{11,3}$                             | $L_0 = 11,3 \times \sqrt{S_0}$ | $L_0 = 10 \times d_0$                                                 | DIN 50145:1975-05: $A_{10}$                                                |
| $A_{50 \text{ mm}}$                    | $L_0 = 50 \text{ mm}$          |                                                                       | DIN 50114:1981-08: $A_L = 50$                                              |
| $A_{80 \text{ mm}}$                    | $L_0 = 80 \text{ mm}$          |                                                                       | DIN 50114:1981-08: $A_L = 80$                                              |

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Metallische Werkstoffe

Zugversuch

Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur

Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method  
of test at ambient temperature

Matériaux métalliques — Essai de traction —  
Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2001-05-12 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum 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, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



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

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

## Inhalt

|                                                           | Seite |                                                 | Seite |
|-----------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------|-------|
| <b>Vorwort</b> .....                                      | 5     | <b>Anhang A</b> (informativ)                    |       |
| <b>1 Anwendungsbereich</b> .....                          | 5     | <b>Empfehlungen für die Anwendung</b>           |       |
| <b>2 Normative Verweisungen</b> .....                     | 5     | <b>rechnergestützter Zugprüfmaschinen</b> ....  | 24    |
| <b>3 Prinzip</b> .....                                    | 6     | <b>Anhang B</b> (normativ)                      |       |
| <b>4 Begriffe</b> .....                                   | 6     | <b>Probenarten für Flacherzeugnisse mit</b>     |       |
| <b>5 Formelzeichen und Benennungen</b> ....               | 9     | <b>einer Dicke zwischen 0,1 mm und 3 mm:</b>    |       |
| <b>6 Proben</b> .....                                     | 11    | <b>Bleche, Bänder und flache Walzprodukte</b>   | 28    |
| 6.1 Form und Maße .....                                   | 11    | <b>Anhang C</b> (normativ)                      |       |
| 6.2 Arten .....                                           | 12    | <b>Probenarten für Draht, Stäbe und Profile</b> |       |
| 6.3 Herstellung der Proben .....                          | 12    | <b>mit einem Durchmesser oder einer Dicke</b>   |       |
| <b>7 Bestimmung des Anfangsquerschnitts</b>               |       | <b>unter 4 mm</b> .....                         | 29    |
| <b>(<math>S_0</math>)</b> .....                           | 12    | <b>Anhang D</b> (normativ)                      |       |
| <b>8 Kennzeichnung der</b>                                |       | <b>Probenarten für Flacherzeugnisse mit</b>     |       |
| <b>Anfangsmesslänge (<math>L_0</math>)</b> .....          | 12    | <b>einer Dicke gleich oder größer als 3 mm</b>  |       |
| <b>9 Fehlergrenzen der Prüfeinrichtungen</b> .            | 13    | <b>und Draht, Stäbchen und Profilen mit</b>     |       |
| <b>10 Prüfbedingungen</b> .....                           | 13    | <b>einem Durchmesser oder einer Dicke</b>       |       |
| 10.1 Einspannverfahren .....                              | 13    | <b>gleich oder größer als 4 mm</b> .....        | 30    |
| 10.2 Prüfgeschwindigkeit .....                            | 13    | <b>Anhang E</b> (normativ)                      |       |
| <b>11 Bestimmung der Bruchdehnung (<math>A</math>)</b> .. | 14    | <b>Probenarten bei Rohren</b> .....             | 33    |
| <b>12 Bestimmung der gesamten Dehnung</b>                 |       | <b>Anhang F</b> (informativ)                    |       |
| <b>bei Höchstkraft (<math>A_{gt}</math>)</b> .....        | 15    | <b>Messung von Bruchdehnungswerten</b>          |       |
| <b>13 Bestimmung der Dehngrenze bei</b>                   |       | <b>kleiner 5 %</b> .....                        | 34    |
| <b>nichtproportionaler Dehnung (<math>R_p</math>)</b> ... | 15    | <b>Anhang G</b> (informativ)                    |       |
| <b>14 Bestimmung der Dehngrenze bei</b>                   |       | <b>Bestimmung der Bruchdehnung bei</b>          |       |
| <b>gesamter Dehnung (<math>R_t</math>)</b> .....          | 16    | <b>Unterteilung der Anfangsmesslänge</b> ....   | 34    |
| <b>15 Verfahren zum Nachweis des</b>                      |       | <b>Anhang H</b> (informativ)                    |       |
| <b>Grenzwertes der Spannung für</b>                       |       | <b>Manuelles Verfahren zur Bestimmung der</b>   |       |
| <b>eine vorgegebene bleibende</b>                         |       | <b>gesamten Dehnung bei Höchstkraft für</b>     |       |
| <b>Dehnung (<math>R_r</math>)</b> .....                   | 16    | <b>Langprodukte wie Stäbe, Drähte, Stangen</b>  | 36    |
| <b>16 Bestimmung der Brucheinschnürung</b>                |       | <b>Anhang J</b> (informativ)                    |       |
| <b>(<math>Z</math>)</b> .....                             | 16    | <b>Präzision des Zugversuchs und</b>            |       |
| <b>17 Prüfbericht</b> .....                               | 16    | <b>Abschätzung der Messunsicherheit</b> ....    | 36    |
|                                                           |       | <b>Literaturhinweise</b> .....                  | 45    |

## Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee ECISS/TC 1 „Stahl — Mechanische Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis 2002-01, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis 2002-01 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 10002-1:1990.

Die Europäische Norm EN 10002-1 „Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren (bei Raumtemperatur)“ war am 1989-11-27 von CEN angenommen worden.

Nach den ersten fünf Jahren der Anwendung hat ECISS beschlossen, diese Norm zu überarbeiten.

Der überarbeitete Entwurf pr EN 10002-1 wurde bei zwei Sitzungen von ECISS/TC/SC1 unter Beteiligung von 4 CEN-Mitgliedsländern (Belgien, Frankreich, Deutschland und das Vereinigte Königreich) diskutiert.

Die Norm EN 10002-1 bestand aus folgenden Teilen:

Teil 1: Prüfverfahren

Teil 2: Prüfung der Kraftmesseinrichtungen von Zugprüfmaschinen

Teil 3: Kalibrierung der Kraftmessgeräte für die Prüfung von Prüfmaschinen mit einachsiger Beanspruchung

Teil 4: Prüfung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung

Teil 5: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur

ANMERKUNG EN 10002-2 wurde ersetzt durch EN ISO 7500-1. EN 10002-3 und EN 10002-4 werden durch die entsprechenden ISO-Normen ersetzt.

Die Anhänge B, C, D und E sind normativ. Die Anhänge A, F, G, H und J sind informativ.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt den Zugversuch für metallische Werkstoffe fest. Es sind die mechanischen Eigenschaftswerte, die mit dem Versuch bei Raumtemperatur bestimmt werden können, definiert.

ANMERKUNG Der informative Anhang A enthält zusätzliche Empfehlungen für die Anwendung rechnergestützter Zugprüfmaschinen. Es ist vorgesehen, dass nach weiterer Entwicklung von Prüfmaschinenherstellern und Erfahrungen von Anwendern der Anhang A bei der nächsten Überarbeitung dieser Norm normativ wird.

## 2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 10002-4, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 4: Prüfung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung.*

EN 20286-2, *ISO System of limits and fits — Part 2: Tables of standard tolerance grades and limit deviations for holes and shafts (ISO 286-2:1988).*

EN ISO 377, *Stahl und Stahlerzeugnisse — Lage und Vorbereitung von Probenabschnitten und Proben für mechanische Prüfungen (ISO 377:1997)*.

EN ISO 2566-1, *Stahl — Umrechnung von Bruchdehnungswerten — Teil 1: Unlegierte und niedrig legierte Stähle (ISO 2566-1:1984)*.

EN ISO 2566-2, *Stahl — Umrechnung von Bruchdehnungswerten — Teil 2: Austenitische Stähle (ISO 2566-2:1984)*.

EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Prüfung von Prüfmaschinen für statische einachsige Beanspruchung — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung (ISO 7500-1:1999)<sup>N1)</sup>*.

### 3 Prinzip

Der Versuch besteht darin, eine Probe durch eine Zugbeanspruchung zu dehnen, im Allgemeinen bis zum Bruch, um eine oder mehrere der in Abschnitt 4 definierten mechanischen Eigenschaftswerte zu bestimmen.

Sofern nicht anders festgelegt, wird der Versuch bei Raumtemperatur zwischen 10°C und 35°C durchgeführt. Bei höheren Anforderungen wird der Versuch bei einer Temperatur von  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  durchgeführt.

### 4 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe:

#### 4.1 Messlänge

( $L$ )

Länge des zylindrischen oder prismatischen Teils der Probe, an dem in jedem Augenblick des Versuches die Verlängerung gemessen wird. Im Einzelnen werden unterschieden:

##### 4.1.1

##### Anfangsmesslänge

$L_0$

Messlänge vor Aufbringen der Kraft

##### 4.1.2

##### Messlänge nach dem Bruch

$L_u$

Messlänge nach dem Bruch der Probe (siehe 11.1)

#### 4.2

##### Versuchslänge

$L_c$

Länge des im Querschnitt reduzierten zylindrischen oder prismatischen Teils der Probe

ANMERKUNG Bei unbearbeiteten Proben tritt an die Stelle der Versuchslänge der Abstand zwischen den Einspannungen.

<sup>N1)</sup>Nationale Fußnote: In Deutschland veröffentlicht als DIN ISO 286-2, ISO-System für Grenzmaße und Passungen — Tabellen der Grundtoleranzgrade und grenzabmaße für Bohrungen und Wellen; Identisch mit ISO 286-2:1988.

### 4.3

#### Verlängerung

Vergrößerung der Anfangsmesslänge ( $L_0$ ) während des Versuches

### 4.4 Dehnung

Verlängerung, bezogen auf die Anfangsmesslänge ( $L_0$ ). Sie wird in Prozent angegeben

#### 4.4.1

##### Bleibende Dehnung

Verlängerung der Anfangsmesslänge einer Probe nach Wegnahme einer festgelegten Zugspannung (siehe 4.9), bezogen auf die Anfangsmesslänge ( $L_0$ ). Sie wird in Prozent angegeben

#### 4.4.2

##### Bruchdehnung

$A$

bleibende Verlängerung der Messlänge nach dem Bruch ( $L_u - L_0$ ), bezogen auf die Anfangsmesslänge ( $L_0$ ). Sie wird in Prozent angegeben

##### ANMERKUNG

- Ist bei einer proportionalen Probe die Anfangsmesslänge nicht gleich  $5,65 \times \sqrt{S_0}$ <sup>1)</sup>, wobei  $S_0$  der Anfangsquerschnitt innerhalb der Versuchslänge ist, wird das Formelzeichen  $A$  durch einen Index ergänzt, der den zugrunde liegenden Proportionalitätsfaktor angibt, z. B.:  
 $A_{11,3}$  = Bruchdehnung bei einer Anfangsmesslänge ( $L_0$ ) von  $11,3 \times \sqrt{S_0}$ .
- Bei nichtproportionalen Proben wird das Formelzeichen  $A$  durch einen Index ergänzt, der die zugrunde liegende Anfangsmesslänge in mm angibt, z. B.:  $A_{80 \text{ mm}}$  = Bruchdehnung bei einer Anfangsmesslänge ( $L_0$ ) von 80 mm.

#### 4.4.3

##### gesamte Dehnung beim Bruch

$A_t$

gesamte Verlängerung (elastische und plastische Verlängerung) der Anfangsmesslänge im Augenblick des Bruches, bezogen auf die Anfangsmesslänge ( $L_0$ ). Sie wird in Prozent angegeben

#### 4.4.4

##### Dehnung bei Höchstkraft

Vergrößerung der Anfangsmesslänge der Probe bei Höchstkraft, bezogen auf die Anfangsmesslänge ( $L_0$ ). Sie wird in Prozent angegeben

ANMERKUNG Dabei wird zwischen der gesamten Dehnung bei Höchstkraft ( $A_{gt}$ ) und der nichtproportionalen Dehnung bei Höchstkraft ( $A_g$ ) (siehe Bild 1) unterschieden.

### 4.5

#### Gerätemesslänge

$L_e$

Länge des parallelen Teils der Probe, die zum Messen der Verlängerung mit Hilfe einer Längenänderungsmesseinrichtung benutzt wird

ANMERKUNG Es wird empfohlen, dass zur Messung von Streck- und Dehngrenzenparametern  $L_e \geq L_0/2$  betragen sollte. Weiterhin wird empfohlen, dass  $L_e$  ungefähr gleich  $L_0$  sein sollte, wenn Kennwerte „bei“ oder „nach“ der Höchstzugkraft bestimmt werden.

1)  $5,65 \times \sqrt{S_0} = 5 \times \sqrt{\frac{4 S_0}{\pi}}$

## 4.6

### Verlängerung (der Gerätemesslänge)

Vergrößerung der Gerätemesslänge ( $L_e$ ) in einem gegebenen Zeitpunkt des Versuches

#### 4.6.1

##### Bleibende Dehnung (der Gerätemesslänge)

Vergrößerung der Gerätemesslänge einer Probe nach Wegnahme einer vorgegebenen Zugspannung, bezogen auf die Gerätemesslänge ( $L_e$ ). Sie wird in Prozent angegeben

#### 4.6.2

##### Streckgrenzendehnung (der Gerätemesslänge)

$A_e$

Verlängerung (der Gerätemesslänge) zwischen dem Beginn örtlichen Fließens und dem Einsetzen gleichmäßiger Verformung mit Verfestigung

ANMERKUNG Sie wird bezogen auf die Gerätemesslänge ( $L_e$ ) in Prozent angegeben.

## 4.7

### Brucheinschnürung

$Z$

größte Änderung des Querschnittes nach dem Bruch der Probe ( $S_0 - S_u$ ), bezogen auf den Anfangsquerschnitt ( $S_0$ ). Sie wird in Prozent angegeben

## 4.8

### Höchstzugkraft

$F_m$

größte Kraft, welche die Probe im Laufe des Versuchs nach Überschreiten der Streckgrenze ertragen hat. Für Werkstoffe ohne ausgeprägte Streckgrenze ist es der Maximalwert während des Versuches

## 4.9 Spannung

Zugkraft in jedem Augenblick des Versuches, geteilt durch den Anfangsquerschnitt ( $S_0$ ) der Probe

#### 4.9.1

##### Zugfestigkeit

$R_m$

Spannung, die der Höchstzugkraft ( $F_m$ ) entspricht

#### 4.9.2

##### Streckgrenze

Wenn der metallische Werkstoff eine Streckgrenze aufweist, erfolgt zu einem bestimmten Zeitpunkt im Versuchsablauf eine plastische Verformung ohne Zunahme der Kraft. Unterschieden werden:

##### 4.9.2.1

##### Obere Streckgrenze

$R_{eH}$

Spannung in dem Moment, bevor der erste deutliche Kraftabfall auftritt (siehe Bild 2)

#### 4.9.2.2

##### Untere Streckgrenze

$R_{eL}$

kleinste Spannung im Fließbereich, wobei Einschwingerscheinungen nicht berücksichtigt werden (siehe Bild 2)

#### 4.9.3

##### Dehngrenze bei nichtproportionaler Dehnung (der Gerätemesslänge)

$R_p$

Spannung bei einer bestimmten nichtproportionalen Dehnung der Gerätemesslänge ( $L_e$ ) (siehe Bild 3)

ANMERKUNG Das Formelzeichen wird ergänzt durch einen Index, der den Zahlenwert der nichtproportionalen Dehnung der Gerätemesslänge in Prozent angibt, z. B.:  $R_{p0,2}$ .

#### 4.9.4

##### Dehngrenze bei gesamter Dehnung (der Gerätemesslänge)

$R_t$

Spannung bei einer bestimmten gesamten Dehnung (elastische Dehnung und bleibende Dehnung) der Gerätemesslänge ( $L_e$ ) (siehe Bild 4)

ANMERKUNG Das Formelzeichen wird ergänzt durch einen Index, der den Zahlenwert der gesamten Dehnung der Gerätemesslänge in Prozent angibt, z. B.:  $R_{t0,5}$ .

#### 4.9.5

##### Grenzwert der Spannung für eine vorgegebene bleibende Dehnung

$R_r$

Spannung, bei der nach Wegnahme der Kraft eine vorgegebene bleibende Dehnung der Anfangsmesslänge ( $L_0$ ) oder der Gerätemesslänge ( $L_e$ ) nicht überschritten ist (siehe Bild 5)

ANMERKUNG Das Formelzeichen wird ergänzt durch einen Index, der den Zahlenwert der bleibenden Dehnung der Anfangsmesslänge ( $L_0$ ) oder der Gerätemesslänge ( $L_e$ ) in Prozent angibt, z. B.:  $R_{r0,2}$ .

#### 4.10

##### Bruch

Zustand, wenn die Probe vollständig geteilt ist oder die Prüfkraft auf Null zurückgegangen ist

## 5 Formelzeichen und Benennungen

Die Formelzeichen und ihre Benennungen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 — Formelzeichen und Benennungen

| Nummer <sup>a</sup>                                                                                                                                                                           | Formelzeichen | Einheit         | Benennung                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Probe                                                                                                                                                                                         |               |                 |                                                                                                                                               |
| 1                                                                                                                                                                                             | $a^b$         | mm              | Dicke einer Flachprobe oder Wanddicke eines Rohres                                                                                            |
| 2                                                                                                                                                                                             | $b$           | mm              | Breite einer Flachprobe in der Versuchslänge oder mittlere Breite einer Rohrstreifenprobe oder eines Profildrahtes                            |
| 3                                                                                                                                                                                             | $d$           | mm              | Probendurchmesser in der Versuchslänge einer Rundprobe oder Durchmesser eines Drahtes mit Kreisquerschnitt oder Innendurchmesser eines Rohres |
| 4                                                                                                                                                                                             | $D$           | mm              | Außendurchmesser eines Rohres                                                                                                                 |
| 5                                                                                                                                                                                             | $L_0$         | mm              | Anfangsmesslänge                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                               | $L'_0$        | mm              | Anfangsmesslänge zur Bestimmung von $A_g$ (siehe Anhang H)                                                                                    |
| 6                                                                                                                                                                                             | $L_c$         | mm              | Versuchslänge                                                                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                               | $L_e$         | mm              | Gerätemesslänge                                                                                                                               |
| 7                                                                                                                                                                                             | $L_t$         | mm              | Gesamtlänge der Probe                                                                                                                         |
| 8                                                                                                                                                                                             | $L_u$         | mm              | Messlänge nach dem Bruch                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                               | $L'_u$        | mm              | Messlänge nach dem Bruch zur Bestimmung von $A_g$ (siehe Anhang H)                                                                            |
| 9                                                                                                                                                                                             | $S_0$         | mm <sup>2</sup> | Anfangsquerschnitt innerhalb der Versuchslänge                                                                                                |
| 10                                                                                                                                                                                            | $S_u$         | mm <sup>2</sup> | Kleinsten Probenquerschnitt nach dem Bruch                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                               | $k$           |                 | Proportionalitätsfaktor                                                                                                                       |
| 11                                                                                                                                                                                            | $Z$           | %               | Brucheinschnürung $\left(\frac{S_0 - S_u}{S_0}\right) \times 100$                                                                             |
| 12                                                                                                                                                                                            |               |                 | Probenköpfe                                                                                                                                   |
| Verlängerung und Dehnung                                                                                                                                                                      |               |                 |                                                                                                                                               |
| 13                                                                                                                                                                                            |               | mm              | Verlängerung nach dem Bruch: $L_u - L_0$                                                                                                      |
| 14                                                                                                                                                                                            | $A_c$         | %               | Bruchdehnung $\left(\frac{L_0 - L_u}{L_0}\right) \times 100$                                                                                  |
| 15                                                                                                                                                                                            | $A_e$         | %               | Streckgrenzdehnung (der Gerätemesslänge)                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                               | $\Delta L_m$  | mm              | Verlängerung bei Kraftmaximum                                                                                                                 |
| 16                                                                                                                                                                                            | $A_g$         | %               | Nichtproportionale Dehnung bei Höchstkraft $F_m$                                                                                              |
| 17                                                                                                                                                                                            | $A_{gt}$      | %               | Gesamte Dehnung bei Höchstkraft $F_m$                                                                                                         |
| 18                                                                                                                                                                                            | $A_t$         | %               | Gesamte Dehnung beim Bruch                                                                                                                    |
| 19                                                                                                                                                                                            |               | %               | Vorgegebene nichtproportionale Dehnung der Gerätemesslänge                                                                                    |
| 20                                                                                                                                                                                            |               | %               | Vorgegebene gesamte Dehnung der Gerätemesslänge (siehe $R_t$ )                                                                                |
| 21                                                                                                                                                                                            |               | %               | Vorgegebene bleibende Dehnung der Gerätemesslänge oder Anfangsmesslänge                                                                       |
| <sup>a</sup> Siehe Bilder 1 bis 13.<br><sup>b</sup> Das Formelzeichen $T$ wird in Stahlrohr-Produktnormen verwendet.<br><sup>c</sup> Siehe 4.4.2.<br><sup>d</sup> 1 MPa = 1 N/mm <sup>2</sup> |               |                 |                                                                                                                                               |

Tabelle 1 (fortgesetzt)

| Nummer <sup>a</sup>                                                                                                                                                                           | Formelzeichen | Einheit          | Benennung                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|---------------------------------------------------------------|
| Probe                                                                                                                                                                                         |               |                  |                                                               |
| Kraft                                                                                                                                                                                         |               |                  |                                                               |
| 22                                                                                                                                                                                            | $F_m$         | N                | Höchstzugkraft                                                |
| Streckgrenze — Dehngrenze — Zugfestigkeit                                                                                                                                                     |               |                  |                                                               |
| 23                                                                                                                                                                                            | $R_{eH}$      | MPa <sup>d</sup> | Obere Streckgrenze                                            |
| 24                                                                                                                                                                                            | $R_{eL}$      | MPa              | Untere Streckgrenze                                           |
| 25                                                                                                                                                                                            | $R_m$         | MPa              | Zugfestigkeit                                                 |
| 26                                                                                                                                                                                            | $R_p$         | MPa              | Dehngrenze bei nichtproportionaler Dehnung                    |
| 27                                                                                                                                                                                            | $R_r$         | MPa              | Grenzwert der Spannung für eine vorgegebene bleibende Dehnung |
| 28                                                                                                                                                                                            | $R_t$         | MPa              | Dehngrenze bei gesamter Dehnung                               |
|                                                                                                                                                                                               | $E$           | MPa              | Elastizitätsmodul                                             |
| <sup>a</sup> Siehe Bilder 1 bis 13.<br><sup>b</sup> Das Formelzeichen $T$ wird in Stahlrohr-Produktnormen verwendet.<br><sup>c</sup> Siehe 4.4.2.<br><sup>d</sup> 1 MPa = 1 N/mm <sup>2</sup> |               |                  |                                                               |

## 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, deren mechanische Eigenschaften bestimmt werden sollen.

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.

Proben, bei denen das Verhältnis von Anfangsmesslänge zum Anfangsquerschnitt durch die Gleichung  $L_0 = k \times \sqrt{S_0}$  ausgedrückt wird, werden als proportionale Proben bezeichnet. Der international festgelegte Wert für  $k$  ist 5,65. Die Anfangsmesslänge darf nicht kleiner als 20 mm sein. Wenn der Probenquerschnitt zu klein ist, um diese Bedingung bei  $k = 5,65$  zu erfüllen, darf ein größerer Faktor (beispielsweise  $k = 11,3$ ) vorgesehen oder eine nichtproportionale Probe angewendet werden.

Bei der Verwendung von nichtproportionalen Proben wird die Anfangsmesslänge ( $L_0$ ) unabhängig von dem Anfangsquerschnitt ( $S_0$ ) gewählt. Die Maße und Toleranzen der Proben müssen den Angaben in den jeweiligen Anhängen entsprechen (siehe 6.2).

#### 6.1.2 Bearbeitete Proben

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

Die Form der Probenköpfe kann beliebig sein, entsprechend der Spanneinrichtung der Zugprüfmaschine. Die Versuchslänge ( $L_c$ ) oder, bei Zugproben ohne Übergangsbereich, die freie Länge zwischen den Einspannungen muss immer größer sein als die der Anfangsmesslänge ( $L_0$ ).

### 6.1.3 Unbearbeitete Proben

Wenn die Probe aus einem unbearbeiteten Erzeugnisabschnitt oder aus einem unbearbeiteten Probe-stück 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 stetigen Übergang zwischen den Probenköpfen und der Versuchslänge haben. Die Maße dieses Übergangs sind sehr wichtig. Es wird empfohlen, dass sie in der Erzeugnisnorm festgelegt werden. Die Form der Probenköpfe kann beliebig sein, entsprechend der Spanneinrichtung der Zugprüfmaschine. 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 Erzeugnisnormen festgelegt sein.

**Tabelle 2 — Erzeugnisformen**

| Erzeugnisform                                                                      |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      | entsprechender<br>Anhang |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Flachstäbe Feinblech — Grobblech                                                   | Draht                                                                              | Stäbe                                                                              | Profile                                                                              |                          |
|  |  |  |  |                          |
| mit einer Dicke in Millimeter                                                      | Durchmesser oder Seitenlänge in Millimeter                                         |                                                                                    |                                                                                      |                          |
| 0,1 ≤ Dicke < 3                                                                    | —                                                                                  |                                                                                    |                                                                                      |                          |
| —                                                                                  | < 4                                                                                |                                                                                    |                                                                                      | C                        |
| ≥ 3                                                                                | ≥ 4                                                                                |                                                                                    |                                                                                      | D                        |
| Rohre                                                                              |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      | E                        |

## 6.3 Herstellung der Proben

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

## 7 Bestimmung des Anfangsquerschnitts ( $S_0$ )

Der Anfangsquerschnitt wird aus den Maßen der Probe berechnet. Die Genauigkeit dieser Bestimmung hängt von der Beschaffenheit und der Probenart ab. Sie geht aus den Anhängen B bis E für die verschiedenen Probenarten hervor.

## 8 Kennzeichnung der Anfangsmesslänge ( $L_0$ )

Die Anfangsmesslänge wird durch feine Messmarken oder Farbstriche gekennzeichnet. Die Messmarken dürfen nicht als Kerben wirken, da diese zu einem vorzeitigen Bruch führen könnten.

Bei proportionalen Proben kann 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. Die Anfangsmesslänge muss mit einer Unsicherheit von höchstens  $\pm 1$  % gekennzeichnet werden.

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

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

## 9 Fehlergrenzen der Prüfeinrichtungen

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

Wenn eine Längenänderungs-Messeinrichtung für die Bestimmung der Dehngrenzen (bei nichtproportionaler Verlängerung der Gerätemesslänge) benutzt wird, muss sie mindestens der Klasse 1 nach EN 10002-4 entsprechen; für die Bestimmung anderer Kennwerte (mit größeren Verlängerungen der Gerätemesslänge) darf eine Längenänderungs-Messeinrichtung der Klasse 2 nach EN 10002-4 benutzt werden.

ANMERKUNG Für die Bestimmung der oberen und unteren Streckgrenze ist die Verwendung einer Längenänderungs-Messeinrichtung nicht erforderlich.

## 10 Prüfbedingungen

### 10.1 Einspannverfahren

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

Dabei sollte alles darangesetzt werden, die Proben so einzuspannen, dass die Kraft so axial wie möglich wirkt, um den Biegeeinfluss zu minimieren. Dies ist besonders beim Zugversuch von spröden Werkstoffen wichtig oder bei der Bestimmung der Dehngrenze bei nichtproportionaler Dehnung der Gerätemesslänge oder der Dehngrenze bei gesamter Dehnung der Gerätemesslänge oder bei der Bestimmung der Streckgrenze.

ANMERKUNG Um eine Probenausrichtung in Verbindung mit der Einspannvorrichtung zu erreichen, darf eine Vorkraft angewendet werden, deren Größe 5 % des zu erwartenden Streckgrenzenwertes nicht überschreiten sollte. Eine Korrektur der Dehnung sollte unter Berücksichtigung der Vorkraft vorgenommen werden.

### 10.2 Prüfungsgeschwindigkeit

#### 10.2.1 Allgemeines

Sofern in der Erzeugnisnorm nichts anderes festgelegt ist, muss die Prüfungsgeschwindigkeit den folgenden Anforderungen, die von der Werkstoffart abhängen, entsprechen.

ANMERKUNG Die Spannungszunahmegeschwindigkeiten nach Tabelle 3 und die Dehngeschwindigkeiten, angegeben in 10.2, erfordern keine speziellen Arten der Prüfmaschinenregelung.

#### 10.2.2 Streck- und Dehngrenzen

##### 10.2.2.1 Obere Streckgrenze ( $R_{eH}$ )

Innerhalb des elastischen Bereichs und bis zur oberen Streckgrenze muss die Querhauptgeschwindigkeit der Maschine so konstant wie möglich gehalten werden und innerhalb der Grenzen liegen, die den Spannungszunahmegeschwindigkeiten in Tabelle 3 entsprechen.

**Tabelle 3 — Spannungszunahmegeschwindigkeit**

| Elastizitätsmodul ( $E$ ) des Werkstoffes<br>MPa | Spannungszunahmegeschwindigkeit<br>MPa · s <sup>-1</sup> |      |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------|
|                                                  | min.                                                     | max. |
| < 150 000                                        | 2                                                        | 20   |
| ≥ 150 000                                        | 6                                                        | 60   |