

DIN EN ISO 26203-1

ICS 77.040.10

Entwurf

Einsprüche bis 2018-01-17
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 26203-1:2010-06

**Metallische Werkstoffe –
Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten –
Teil 1: Elastische Stoßwellentechnik (ISO/FDIS 26203-1:2017);
Deutsche und Englische Fassung FprEN ISO 26203-1:2017**

Metallic materials –
Tensile testing at high strain rates –
Part 1: Elastic-bar-type systems (ISO/FDIS 26203-1:2017);
German and English version FprEN ISO 26203-1:2017

Matériaux métalliques –
Essai de traction à vitesses de déformation élevées –
Partie 1: Systèmes de type à barre élastique (ISO/FDIS 26203-1:2017);
Version allemande et anglaise FprEN ISO 26203-1:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-11-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 78 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 26203-1:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird und vom Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird, im Rahmen der Wiener Vereinbarung übernommen.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-42 AA „Zug- und Duktilitätsprüfung für Metalle“ des DIN-Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

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

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

ISO 6892-1	siehe DIN EN ISO 6892-1
ISO 7500-1	siehe DIN EN ISO 7500-1
ISO 26203-2	siehe DIN EN ISO 26203-2

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 26203-1:2010-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) eine Anmerkung über 7.1 d) wurde hinzugefügt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

DIN EN ISO 26203-2, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten — Teil 2: Servo-hydraulische und andere Systeme*

Metallische Werkstoffe — Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten — Teil 1: Elastische Stoßwellentechnik (ISO/FDIS 26203-1:2017)

Matériaux métalliques — Essai de traction à vitesses de déformation élevées — Partie 1 : Systèmes de type à barre élastique (ISO/FDIS 26203-1:2017)

Metallic materials — Tensile testing at high strain rates — Part 1: Elastic-bar-type systems (ISO/FDIS 26203-1:2017)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: Einstufiges Annahmeverfahren
Dokumentsprache: D

STD Version 2.8l

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Kurzbeschreibung	8
5 Symbole und Bezeichnungen	8
6 Prüfeinrichtungen	11
7 Proben	13
7.1 Form, Größe und Vorbereitung der Proben	13
7.2 Übliche Proben	15
8 Kalibrierung der Prüfeinrichtung	16
8.1 Allgemeines	16
8.2 Einrichtung für die Wegmessung	17
9 Durchführung	17
9.1 Allgemeines	17
9.2 Einbau der Probe	17
9.3 Krafteinleitung	17
9.4 Messen und Aufzeichnen	17
10 Auswertung des Versuchsergebnisses	19
11 Prüfbericht	21
Anhang A (informativ) Quasistatischer Zugversuch	22
Anhang B (informativ) Beispiel für das One-bar-Verfahren	24
Anhang C (informativ) Beispiel für das Split-Hopkinson-bar-Verfahren (SHB-Verfahren)	32
Literaturhinweise	39

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (FprEN ISO 26203-1:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 26203-1:2010 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/FDIS 26203-1:2017 wurde von CEN als FprEN ISO 26203-1:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

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

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

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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

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

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

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 26203-1:2010), die geringfügig geändert wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

— eine Anmerkung wurde unter 7.1 d) hinzugefügt.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 26203 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Einleitung

Der Zugversuch mit hohen Dehngeschwindigkeiten für Bleche aus metallischen Werkstoffen hat eine große Bedeutung für die zuverlässige Auswertung von Crashesicherheitstests an Fahrzeugen erlangt. Bei einem Crash werden häufig maximale Dehngeschwindigkeiten von 10^3 s^{-1} erreicht, die in einigen metallischen Werkstoffen zu beträchtlich höheren Spannungen als unter quasistatischen Bedingungen führen können. Die Verlässlichkeit einer Crashsimulation hängt somit wesentlich von der Genauigkeit der Eingangsdaten ab, weil durch sie der Einfluss der Dehngeschwindigkeit auf den zu untersuchenden Werkstoff festgelegt wird.

Obwohl es zahlreiche Verfahren zur Durchführung von Versuchen mit hoher Dehngeschwindigkeit gibt, sind drei signifikante Probleme zu lösen.

Ein erstes Problem stellen die Störungen dar, die beim Messen der Kraft auftreten.

- Die Prüfkraft wird im Allgemeinen mit einer Kraftmessdose bestimmt, die an einem bestimmten Messpunkt angebracht ist, der sich in einer gewissen Entfernung von der Probe befindet.
- Außerdem wird die elastische Welle, die den Messpunkt bereits passiert hat, am Ende der Kraftmessdose reflektiert. Falls die Versuchsdauer und die Dauer, während der sich die Welle durch die Kraftmessdose ausbreitet, vergleichbare Werte haben, kann die Spannung/Dehnung-Kurve wegen der Überlagerung direkter und indirekter Wellen große Oszillationen aufweisen. Bei der quasistatischen Prüfung ist im Gegensatz dazu die Versuchsdauer ausreichend lang, um zahllose Durchläufe der elastischen Wellen zu ermöglichen. Dadurch erreicht die Kraft eine Sättigung und ein Gleichgewicht für alle Punkte der Kraftmessdose.
- Für dieses Problem gibt es zwei konträre Lösungen.
 - Die erste Lösung ist, eine besonders kurze Kraftmessdose anzuwenden, die zulässt, dass der Sättigungszustand rasch zu erreichen ist. Diese Herangehensweise wird häufig in servo-hydraulischen Systemen angewendet.
 - Die zweite Lösung ist die Anwendung einer sehr langen Kraftmessdose, die zulässt, dass der Versuch beendet ist, bevor die reflektierte Welle den Messpunkt erreicht. Auf dieser Herangehensweise basiert die elastische Stoßwellentechnik.

Das zweite Problem besteht in der Notwendigkeit einer schnellen und genauen Messung der Verschiebung oder Probenverlängerung.

- Herkömmliche Extensometer sind aufgrund ihrer großen Trägheit nicht geeignet. Berührungslos arbeitende Methoden, wie optische und laserbasierte Geräte, sollten eingesetzt werden. Es ist ebenso zulässig, die Verschiebungen unter Verwendung der Theorie der elastischen Wellenausbreitung in einer entsprechend ausgelegten Vorrichtung zu messen, von denen Beispiele in diesem Dokument diskutiert werden.
- Die Verschiebung des Endes einer Stange (en: bar) kann auf einfache Weise berechnet werden, aus den gleichen Messwerten, die für die Kraftmessung verwendet werden, d. h. aus dem Dehnungsverlauf an einer bekannten Stelle auf der Stange. Somit ist für Systeme, die auf der Stoßwellentechnik basieren, keine Bewertung der Maschinensteifigkeit erforderlich.

Das letzte Problem ist, dass die Kraft über die Probenlänge ungleichmäßig verteilt ist.

- Bei der quasistatischen Prüfung wird die Anwendung von Proben mit einer großen Versuchslänge (parallelen Länge) und großen Übergangsradien empfohlen, um im Messquerschnitt einen homogenen einachsigen Spannungszustand zu erreichen. Um einen gültigen Versuch mit Kräftegleichgewicht während des dynamischen Versuchs zu erreichen, muss die Probenform unterschiedlich zur üblichen quasistatischen Probenform ausgelegt werden. Dynamische Proben müssen grundsätzlich kleinere Abmaße parallel zur Belastungsrichtung haben als Proben, die üblicherweise für quasistatische Proben verwendet werden.

Die Stoßwellentechnik kann Lösungen für dynamische Versuche bieten, und sie wird verbreitet angewendet, um bei Dehngeschwindigkeiten von etwa 10^3 s^{-1} exakte Spannung/Dehnung-Kurven zu erhalten. Das internationale Eisen- und Stahl-Institut hat „Empfehlungen für den dynamischen Zugversuch von Stahlblech“ auf der Grundlage von Erfahrungen mit verschiedenen Verfahren erarbeitet, die bei einem Ringversuch unter Beteiligung mehrerer Laboratorien gewonnen wurden. Die Ringversuchsergebnisse zeigen, dass mit der Stoßwellentechnik Daten in einer guten Qualität ermittelt werden. Die mit der Stoßwellentechnik erworbenen Erfahrungen werden in diesem Dokument zusammengefasst; ISO 26203-2 behandelt servohydraulische sowie andere Prüfsysteme für den Zugversuch mit hoher Dehngeschwindigkeit.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Prüfverfahren für Bleche aus metallischen Werkstoffen fest, um Kennwerte aus dem Spannung/Dehnung-Diagramm bei Anwendung hoher Dehngeschwindigkeiten zu bestimmen. Dieses Dokument behandelt die Anwendung der Stoßwellentechnik.

Basierend auf Versuchen und Berechnungen zur Crashesicherheit, z. B. der Finite-Elemente-Analyse (FEA), ist für Crashtests an Fahrzeugen der Dehngeschwindigkeitsbereich zwischen 10^{-3} s^{-1} und 10^3 s^{-1} am wichtigsten.

Um eine exakte Bewertung der Crashesicherheit eines Fahrzeugs zu ermöglichen, muss das Spannungs-Dehnungs-Verhalten metallischer Werkstoffe bei Dehngeschwindigkeiten über 10^{-3} s^{-1} zuverlässig charakterisiert werden.

Das hier beschriebene Prüfverfahren erfasst Dehngeschwindigkeiten oberhalb von 10^2 s^{-1} .

ANMERKUNG 1 Bei Dehngeschwindigkeiten unter 10^{-1} s^{-1} kann eine quasistatische Zugprüfmaschine angewendet werden, die in ISO 7500-1 und ISO 6892-1 festgelegt ist.

ANMERKUNG 2 Dieses Prüfverfahren darf auch auf Zugproben angewendet werden, die andere Maße als die hier beschriebenen Flachzugproben haben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Hinweisen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 6892-1:2016, *Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

— ISO Online Browsing Plattform: unter <https://www.iso.org/obp>

3.1

System, das auf der elastischen Stoßwellentechnik basiert

Messsystem, in dem eine Kraftmessdose verwendet wird, die in axialer Richtung verlängert ist, um eine Beeinflussung der Kraftmessung durch Wellen zu vermeiden, die an den Enden der Messanordnung reflektiert werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bezeichnung System mit elastischer Stange (Stoßwellen-System) kommt daher, dass zur Kraftmessung üblicherweise ein Messgerät verwendet wird, das eine lange elastische Stange („bar“) enthält.

4 Kurzbeschreibung

Es wird das Spannung/Dehnung-Verhalten von metallischen Werkstoffen bei hoher Dehngeschwindigkeit ausgewertet.

Dabei wird in der Kraftmessdose des quasi-statischen Versuchs eine elastische Stoßwelle mehrmals reflektiert. Bei Dehngeschwindigkeiten höher als 10 s^{-1} wird das Signal der Stoßkraft durch den mehrfachen Durchgang der Welle empfindlich gestört. Für die Kraftmessung sind daher spezielle Techniken erforderlich. Dies kann auf zwei Weisen geschehen:

- eine besteht darin, die Messdose in Richtung der Stoßrichtung zu verlängern, um die Messung rechtzeitig zu beenden bevor die elastische Welle vom anderen Ende zurückgeworfen wird (Stoßwellen-Systeme);
- ein anderer Weg ist, die Messdose zu verkürzen, um das dynamische Gleichgewichts innerhalb der Messdose durch Erhöhen deren Eigenfrequenz schneller zu erreichen (servohydraulische Systeme).

Prüfungen mit niedrigen Dehngeschwindigkeiten (unter 10^{-1} s^{-1}) können mit einer quasi-statischen Zugversuchseinrichtung ausgeführt werden. Trotzdem sind für Prüfungen mit außergewöhnlichen Dehngeschwindigkeiten spezielle Vorrichtungen erforderlich. Dann ist es notwendig, speziell für hohe Dehngeschwindigkeiten vorbereitete Proben zu verwenden. Anhang A gibt Einzelheiten über die Ausführung dieser Prüfverfahren.

5 Symbole und Bezeichnungen

Die Symbole und die zugehörigen Bezeichnungen werden in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Symbole und Bezeichnungen

Symbol	Einheit	Bezeichnung
Probe		
a_o	mm	Anfangsdicke der Flachzugprobe
b_o	mm	Anfangsbreite einer Flachzugprobe im Bereich der Versuchslänge
b_g	mm	Breite(n) der Flachzugprobe im Einspannbereich
L_o	mm	Anfangsmesslänge [siehe 7.1 e)]
L_c	mm	Versuchslänge (parallele Länge)
L_{total}	mm	Gesamtlänge, bestehend aus Versuchslänge und Übergangsradien
L_u	mm	Messlänge nach dem Bruch
r	mm	Übergangsradius zur Schulter
S_o	mm ²	Anfangsquerschnitt im Bereich der Versuchslänge
S_b	mm ²	Querschnitt der elastischen Stange
Zeit		
t	s	Zeit
Dehnung (an der Probe gemessen)		
A	%	Bruchdehnung ANMERKUNG Bei nicht-proportionalen Zugproben wird das Symbol A durch einen Index ergänzt, der die ursprünglich gemessene Anfangsmesslänge in Millimeter anzeigt, z. B. A_{20mm} = Bruchdehnung in Prozent für eine Anfangsmesslänge $L_o = 20$ mm
A_u	%	für die mittlere Dehnungsgeschwindigkeit festgelegter oberer Grenzwert der prozentualen Dehnung
Symbole und Bezeichnungen		
Verschiebung		
u	mm	Verschiebung der elastischen Welle
u_1	mm	Verschiebung an einem Ende der Ausgangsmesslänge
u_2	mm	Verschiebung an einem Ende der Ausgangsmesslänge
$u_B(t)$	mm	Verschiebung des Endes der elastischen Stange zum Zeitpunkt t

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Einheit	Bezeichnung
Dehnung		
e	—	technische Dehnung
e_S	—	gewünschte Dehnung vor Erreichung des Gleichgewichts
ε	—	elastische Dehnung
ε_B	—	elastische Dehnung am Ende der elastischen Stange (siehe Anhang B)
ε_g	—	elastische Dehnung im Querschnitt C (siehe Anhang B)
Dehngeschwindigkeit		
$\dot{e}$	S^{-1}	technische Dehngeschwindigkeit
$\bar{e}$	S^{-1}	mittlere technische Dehngeschwindigkeit
Kraft		
F	N	Kraft (Zugkraft)
F_m	N	Höchstkraft (Höchstzugkraft)
Spannung		
R	MPa	technische Spannung
R_m	MPa	Zugfestigkeit
R_t	MPa	Dehngrenze bei gesamter Dehnung
Elastizitätsmodul		
E	MPa	Elastizitätsmodul
E_b	MPa	Elastizitätsmodul der Stange
Wellengeschwindigkeit		
c_o	$mm\ s^{-1}$	Wellenausbreitungsgeschwindigkeit in der elastischen Stange
c	$mm\ s^{-1}$	Ausbreitungsgeschwindigkeit der elastischen Welle in der Probe
Geschwindigkeit		
$v_A(t)$	$mm\ s^{-1}$	Geschwindigkeit des Impact-Blocks (siehe Anhang B)
v	$mm\ s^{-1}$	Partikelgeschwindigkeit an einem beliebigen Punkt in der Stange (siehe Anhang C)
v_i	$mm\ s^{-1}$	Geschwindigkeit des auftreffenden Partikels (siehe Anhang C)
v_r	$mm\ s^{-1}$	Geschwindigkeit des reflektierten Partikels (siehe Anhang C)
v_t	$mm\ s^{-1}$	Geschwindigkeit des übertragenen Partikels (siehe Anhang C)

6 Prüfeinrichtungen

6.1 Elastische Stange. Durch Verwendung der Stoßwellentechnik, d. h. durch Anwendung einer langen elastischen Stange, sollte das Versuchsende erreicht werden, bevor die elastische Welle von dem der Krafteinleitungsseite gegenüber liegenden Ende der Stange reflektiert wird. Dadurch kann die Kraft ohne Beeinträchtigung durch reflektierte Wellen gemessen werden. Bei diesem Verfahren werden üblicherweise One-bar-Prüfmaschinen oder Prüfmaschinen auf Basis der Split-Hopkinson-bar-Technik (SHB-Prüfmaschine) angewendet (siehe Anhang B und Anhang C).

6.2 Krafteinleitungseinrichtung. Die Einleitungsverfahren werden üblicherweise in Open-loop-Beanspruchung (ungeregelte Versuchsführung) angewendet. Die obere Grenze der Beanspruchungsgeschwindigkeit liegt etwa bei 20 m s^{-1} . Bei der SHB-Prüfmaschine wird die Kraft mithilfe eines mit hoher Geschwindigkeit aufschlagenden Rohrs oder Stabs (Impact-Rohr oder Impact-Stab) aufgebracht. Bei der One-bar-Prüfmaschine erfolgt die Beanspruchung üblicherweise mithilfe eines aufschlagenden Hammers.

6.3 Einspannvorrichtung. Eine geeignete Einspannvorrichtung (Verbindung zwischen der Probe einerseits und der elastischen Stange andererseits) ist ein für die Qualität der Daten kritischer Einflussfaktor (siehe Anhang B und Anhang C).

Bei der SHB- oder der One-bar-Prüfmaschine werden die Spannvorrichtungen direkt an den elastischen Stangen angebracht. Die Spannvorrichtungen sollten aus dem gleichen Werkstoff bestehen wie die elastische Stange und den gleichen Durchmesser haben, um eine minimale Impedanzänderung bei Ausbreitung der Spannungswelle durch den Kraftstrang sicherzustellen. Werden unterschiedliche Werkstoffe oder Größen angewendet, sollte das bei der Bewertung von Spannung und Dehnung in geeigneter Weise berücksichtigt werden.

6.4 Kraftmesseinrichtung. Zur Kraftmessung sollten Dehnungsmessstreifen mit einer geeignet kurzen Messlänge von im Allgemeinen 2 mm an den elastischen Stangen appliziert werden, die jeweils direkt mit der Probe verbunden sind.

Die Dehnungsmessstreifen sollten in einem Bereich angeordnet werden, in dem die elastische Welle nicht durch Endeneffekte beeinflusst wird. Um eine sich eindimensional ausbreitende elastische Welle zu messen, müssen die Dehnungsmessstreifen in einem Abstand von den Enden der Stange angebracht werden, der mindestens dem fünffachen Stangendurchmesser entspricht (siehe Anhang B und Anhang C).

ANMERKUNG Die nach diesem Verfahren messbare Dehngeschwindigkeit beträgt 10^2 s^{-1} oder mehr. Es ist nicht zweckmäßig, eine Prüfmaschine für Dehngeschwindigkeiten unter 10^2 s^{-1} zu konstruieren, weil dann eine Stangenlänge von mehreren zehn Metern erforderlich wäre.

Zur Sicherung der Gültigkeit der Spannung/Dehnung-Kurven ist die Geradheit der elastischen Stangen entscheidend. Deshalb sind für die elastische Stange unbedingt geeignete Lager oder Führungen vorzusehen.

6.5 Wegmesseinrichtung. Beim Zugversuch wird die Dehnung durch das Verhältnis aus dem relativen Verschiebungsweg von zwei innerhalb der Messlänge liegenden Messmarken repräsentiert, z. B. die Anfangsmesslänge und die Messlänge der Probe nach dem Bruch.

Im Allgemeinen ist beim quasistatischen Zugversuch eine exakte Messung mit einem Extensometer durchzuführen, das innerhalb der Messlänge der Probe angebracht wird. Bei hohen Dehngeschwindigkeiten ist dieses Verfahren jedoch wegen der Trägheitseffekte taktiler Dehnungsmessgeräte nicht anwendbar. Daher sind bei hohen Dehngeschwindigkeiten zur Messung des Weges oder der Probenverlängerung nur ein berührungsloses Dehnungsmessgerät oder Dehnungsmessstreifen auf elastischen Stangen anzuwenden.

In 6.5.1 bis 6.5.3 werden Messeinrichtungen beschrieben, die für die Messung des Weges in Systemen, die auf der elastischen Stosswellentechnik basieren, angewendet werden können. Diese Messeinrichtungen werden für Dehngeschwindigkeiten bis etwa 10^3 s^{-1} empfohlen, und die gemessenen Wege sollten während der gesamten Versuchsdauer aufgezeichnet werden. Diese Geräte dürfen miteinander kombiniert angewendet werden. Bei der Kombination von z. B. Gerät 6.5.1 und 6.5.3 wird der Weg an einem Ende der Ausgangsmesslänge (L_0) Seite der Probe mit einem berührungslosen Wegmessgerät (6.5.1) gemessen, und am anderen Ende erfolgt die Messung mit einem Dehnungsmessstreifen (6.5.3), das an der Oberfläche der Stange angebracht ist.

6.5.1 Berührungsloses Wegmessgerät. An einem Ende der Ausgangsmesslänge (L_0) wird der Weg mithilfe eines Lasers, eines optischen Geräts oder einer ähnlichen Einrichtung gemessen und aufgezeichnet.

Durch Anwendung von zwei Geräten des Typs 6.5.1 oder eines Geräts des Typs 6.5.1 und eines Geräts des Typs 6.5.3 kann die Änderung der in Bild 1 dargestellten Gesamtlänge L_{total} (Probenform A in Abschnitt 7) über der Zeit gemessen und die Verlängerung (und damit die Dehnung) errechnet werden.

6.5.2 Berührungsloses Dehnungsmessgerät. Hochgeschwindigkeitskameras, Laser-Doppler- oder Laser-Extensometer oder andere berührungslos arbeitende Geräte können zum Messen der Änderung der in Bild 2 dargestellten Versuchslänge L_c (Probenform B in Abschnitt 7) angewendet werden.

6.5.3 Dehnungsmessstreifen. Die zeitabhängige Änderung des Verschiebungsweges des Endes der elastischen Stange sollte nach Gleichung (1) aus dem Dehnungsverlauf berechnet werden, der mit einem an der elastischen Stange angebrachten Dehnungsmessstreifen ermittelt wird.

$$u_B(t) = c_0 \int_0^t \varepsilon_B(t) dt \quad (1)$$

Dabei ist

- $u_B(t)$ die Verschiebung des Endes der elastischen Stange zum Zeitpunkt t ;
- ε_B die elastische Dehnung am Ende der elastischen Stange (siehe Anhang B);
- c_0 die Wellenausbreitungsgeschwindigkeit in der elastischen Stange.

6.6 Datenerfassungsgeräte. Zur Auswertung der aus den Rohdaten erstellten Spannung/Dehnungskurven werden Verstärker und Datenaufzeichnungsgeräte angewendet, z. B. Speicheroszilloskope. Alle Geräte sollten eine ausreichend hohe obere Grenzfrequenz haben. Die obere Grenzfrequenz aller Geräte in der elektronischen Messkette muss so gewählt werden, dass sichergestellt wird, dass alle aufgezeichneten Daten nicht negativ von einer Einzelkomponente beeinflusst werden. Üblicherweise liegt diese obere Grenzfrequenz bei etwa 500 kHz. Digitale Datenaufzeichnungsgeräte sollten eine Mindestauflösung für die gemessenen Daten von 10 Bit haben.

7 Proben

7.1 Form, Größe und Vorbereitung der Proben

Die Probenform wird durch folgende Anforderungen bestimmt:

- a) Die geforderte maximale Dehngeschwindigkeit legt die Versuchslänge (den parallelen Teil der Probe) fest. Eine Probe mit einer kürzeren Versuchslänge kann höhere Dehngeschwindigkeiten erreichen. Die Versuchslänge sollte bei einem vorgegebenen Dehngeschwindigkeitsbereich kurz genug sein, um in der Probe ein Kräftegleichgewicht zu erreichen.
- b) Um ein Kräftegleichgewicht bei Dehnungsgeschwindigkeiten bis 10^3 s^{-1} sicherzustellen, beträgt die vorzugsweise anzuwendende Versuchslänge weniger als 20 mm.

Eine homogene Verformung im Bereich der Versuchslänge der Probe erfordert, dass die Kraft an beiden Enden der Probe ausgeglichen sein sollte. Die Kraft breitet sich in Form einer elastischen Welle aus. Um einen Ausgleich zu erreichen, sollte mindestens die folgende Gleichung (2) erfüllt sein:

$$\frac{L_c}{c} \leq \frac{e_s}{\dot{e}} \quad (2)$$

Dabei ist

L_c die Versuchslänge der Probe;

c die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elastischen Welle in der Probe;

e_s die vor Erreichen des Ausgleichs gewünschte Dehnung;

$\dot{e}$ die Dehngeschwindigkeit beim Zugversuch.

- c) Die Breite der Probe sollte so bestimmt werden, dass ein einachsiger Spannungszustand während des Versuchs zu erreichen ist. Die folgenden Verhältnisse, wie in den Gleichungen (3) und (4) dargestellt, sollten eingehalten werden.

$$\frac{L_0}{b_0} \geq 2 \quad (3)$$

$$\frac{b_0}{a_0} \geq 2 \quad (4)$$

Dabei ist

a_0 die Anfangsdicke einer Flachzugprobe;

b_0 die Anfangsbreite einer Flachzugprobe im Bereich der Versuchslänge;

L_0 die Anfangsmesslänge.

ANMERKUNG Niedrigere Grenzwerte aus Gleichung 3, $L_0/b_0 = 2$, können bei der Prüfung von sehr hochfesten und kaltverfestigten Materialien, wie Ti-6Al-4V, sowie hochfestem Stahl zu einer ungleichmäßigen Dehnung führen.

- d) Im Allgemeinen sollte die Probendicke der Gesamtdicke des Werkstoffs entsprechen, sofern dies handhabbar und notwendig ist und die verwendeten Prüfeinrichtungen das erlauben.

- e) Für die Probenform A (siehe Bild 1) sollte der Übergangsradius zwischen Versuchslänge und den Probenenden so klein sein, dass die Gesamtlänge L_{total} als die Anfangsmesslänge (L_0) anzusehen ist. Für die Probenform B (siehe Bild 2) sollte der Übergangsradius zwischen Versuchslänge und Einspannkopf so groß sein, dass die Versuchslänge L_c als die Anfangsmesslänge (L_0) anzusehen ist.

Bei den Probenformen A oder B treten Unsicherheiten beim einachsigen Zugversuch bei der auf der Verschiebung der Stange basierenden Berechnung auf. Diese Unsicherheiten sind auf Ungleichmäßigkeiten der axialen Dehnung innerhalb der Ausgangsmesslänge zurückzuführen, welche hier als Referenzmesslänge für die Dehnungsberechnung verwendet wird. Zur Bewertung der möglichen Einflüsse einer ungleichmäßigen Dehnung wird empfohlen, dass 2 Sätze an berechneten Daten für die wahre Spannung über der wahren Dehnung, verglichen werden, d. h.

- 1) ein Satz, erhalten aus Dehnungsmessungen, die auf dem Verschiebungsweg der Stange basieren (d. h. der Verschiebung an der Stangenendenposition auf der Probe) und als L_{total} oder L_0 bezeichnet werden, für die gewählte Probengeometrie für hohe Dehngeschwindigkeiten, und
- 2) der andere Satz, erhalten aus Dehnungsmessungen, die mit einem Extensometer ermittelt werden, das im mittleren Bereich der Versuchslänge einer herkömmlichen Zugprobe nach ISO 6892-1 angebracht wird.

Das Ergebnis dieses Vergleiches sollte im Prüfbericht angegeben werden, um den potentiellen Anwendern eine Möglichkeit zur Bewertung der Daten aus dem Zugversuch mit hoher Dehngeschwindigkeit, die nach dieser Spezifikation erhalten werden, zu bieten. Wenn die Differenz nicht dem von Anwender und Prüfer vereinbarten Wert entspricht, sollten lokale Dehnungsmessungen innerhalb der Messlänge durchgeführt werden.

- f) Um sicherzustellen, dass die Verformung im Einspannbereich vernachlässigbar ist und keine bleibende Verformung auftritt, sollte im Bereich der Probeneinspannungen ein wesentlich größerer Querschnitt vorhanden sein als im Bereich der Versuchslänge. Weil die Dicke der Probe im Allgemeinen im Einspannbereich und im Bereich der Messlänge gleich ist, muss das Verhältnis der Breiten im Einspann- und im Messlängenbereich die folgende Bedingung, wie in Gleichung (5) dargestellt, erfüllen:

$$\frac{b_0}{b_g} < \frac{R_t}{R_m} \quad (5)$$

Dabei ist

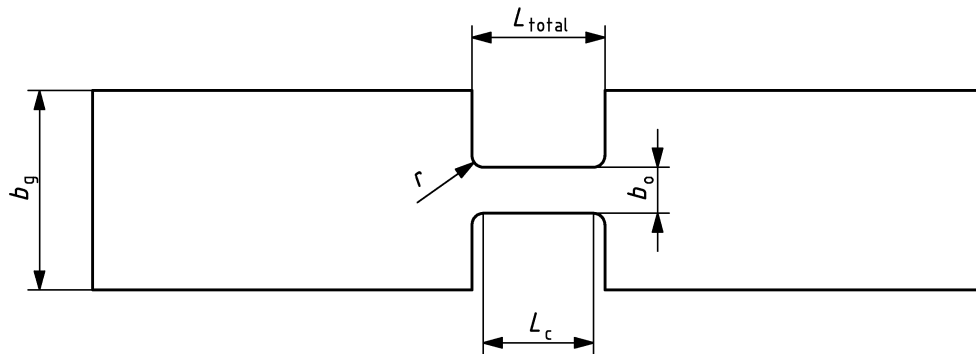
b_0 die Anfangsbreite der Versuchslänge einer Flachzugprobe;

b_g die Breite der Zugprobe im Einspannbereich;

R_m die Zugfestigkeit;

R_t die Dehngrenze bei gesamter Dehnung.

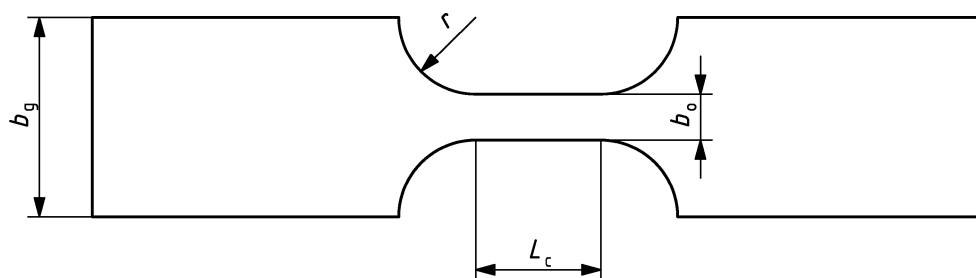
- g) Die Oberfläche der bearbeiteten Probe sollte frei von Kaltverfestigung, Rissen, Kerben und anderen Oberflächenfehlern sein, die eine lokale Spannungskonzentration bewirken können.



Legende

- b_o Anfangsbreite der Versuchslänge
- b_g Breite im Einspannbereich
- L_c Versuchslänge
- L_{total} Gesamtlänge, bestehend aus Versuchslänge und Übergangsradien
- r Übergangsradius an der Schulter

Bild 1 — Probenform A



Legende

- b_o Anfangsbreite innerhalb der Versuchslänge
- b_g Breite im Einspannbereich
- L_c Versuchslänge
- r Übergangsradius an der Schulter

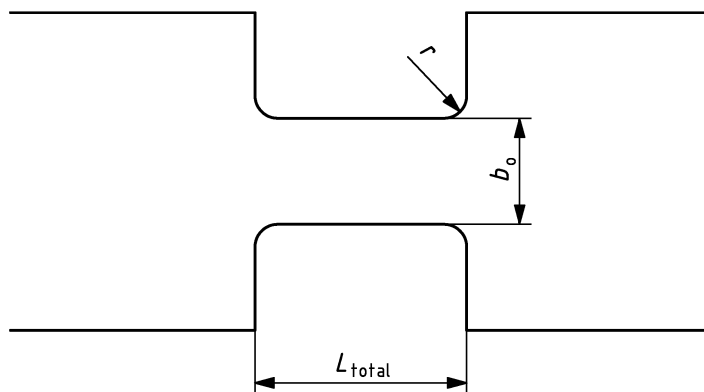
Bild 2 — Probenform B

7.2 Übliche Proben

Empfohlene Probenmaße werden in Bild 3 und Bild 4 angegeben. Das Verhältnis zwischen den Breiten im Einspann- und im Messbereich ist im Allgemeinen größer 2.

In Abhängigkeit von den Prüfverfahren und/oder dem Ziel des Versuchs können auch andere Probenformen verwendet werden.

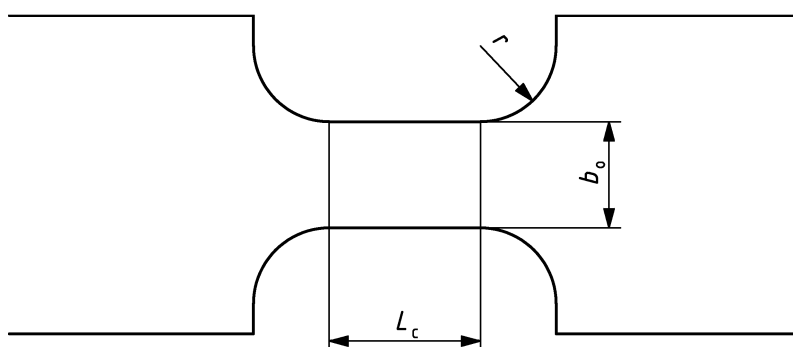
Die üblichen Proben in Bild 3 und Bild 4 sind geeignet, wenn die maximale gemessene Dehngeschwindigkeit bis zu 10^3 s^{-1} beträgt und wenn ein Vergleich der bei mehreren Dehngeschwindigkeiten ermittelten Versuchsergebnisse gefordert wird. Im Bereich der Gleichmaßdehnung ist der Einfluss der Probengröße gering. Weil jedoch die nach erfolgter Gleichmaßdehnung gemessenen Eigenschaften von der Probengröße abhängen, wird empfohlen, dass alle zur Ermittlung eines einzelnen Datensatzes verwendeten Proben übereinstimmende Formen und Maße haben sollten, auch für Versuche bei niedrigen Dehngeschwindigkeiten.



Maße in Millimeter

b_0	maximal 5
L_{total}	10
r	1,5

Bild 3 — Übliche Maße für Probenform A



Maße in Millimeter

b_0	maximal 5
L_c	10
r	5,0

Bild 4 — Übliche Maße für Probenform B

8 Kalibrierung der Prüfeinrichtung

8.1 Allgemeines

Das Ausgangssignal des Dehnungsmessstreifens sollte kalibriert werden, indem eine bekannte statische Kraft auf die DMS-instrumentierte elastische Stange aufgebracht wird. Bild B.1 zeigt ein Beispiel für eine One-bar-Prüfmaschine.

Bei einer SHB-Prüfmaschine können Spannung und Dehnung berechnet werden, indem die theoretische Gleichung angewendet wird, die die Dichte, den Elastizitätsmodul und die Übertragungsgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in der elastischen Stange verknüpft. In diesem Fall müssen die Prüfungen durchgeführt

werden, nachdem alle physikalischen Eigenschaften exakt gemessen und ihre Konsistenz sichergestellt wurde (Einzelheiten werden in Anhang C angegeben.)

8.2 Einrichtung für die Wegmessung

Für die Wegmessgeräte muss eine geeignete Kalibrierung unter statischen Bedingungen durchgeführt werden.

9 Durchführung

9.1 Allgemeines

Unter Anwendung der Krafteinleitungseinrichtung (6.2) wird die Probe in Richtung ihrer Längsachse durch eine hohe Dehngeschwindigkeit beansprucht. Die auf die Probe aufgebrachte Kraft wird mit der Kraftmesseinrichtung (6.4) gemessen. Gleichzeitig wird mit dem Wegmessgerät (6.5) auch die Änderung der Probenlängen L_{total} , L_c oder L_o gemessen.

Die Probenform sollte in Abhängigkeit vom angegebenen Dehngeschwindigkeitsbereich, der Krafteinleitungseinrichtung (6.2), der Kraftmesseinrichtung (6.4) und der Wegmesseinrichtung (6.5) ausgewählt werden.

Sofern nicht anders festgelegt, wird die Prüfung bei Raumtemperatur zwischen 10 °C und 35 °C durchgeführt. Die Prüftemperatur kann, sofern erforderlich, aufgezeichnet werden. Für Prüfungen unter kontrollierten Bedingungen sollte eine Temperatur von (23 ± 5) °C angewendet werden.

9.2 Einbau der Probe

Beim Einbau der Probe in die Spanneinrichtung ist eine exakte Ausrichtung sicherzustellen, damit nur axiale Kräfte aufgebracht werden. Die Probe und die elastische Stange sollten ebenfalls vorschriftsmäßig und gut ausgerichtet miteinander verbunden werden.

Bei Verwendung der Probenform A sollte die Probe so eingebaut werden, dass die freie Länge zwischen den Enden der Spannzeuge L_{total} entspricht (siehe Bild 1) und die Versuchslänge mittig in diesem Bereich angeordnet ist (siehe Bild C.3).

9.3 Krafteinleitung

Die Kraft wird nach den in 6.2 beschriebenen Verfahren aufgebracht. Um die Soll-Dehngeschwindigkeit zu erreichen, sollte die Geschwindigkeit des Impact-Rohres, der Impact-Stange oder des Hammers zuvor festgelegt werden.

ANMERKUNG Richtlinien zur Hammergeschwindigkeit für das One-bar-Verfahren und die Geschwindigkeit des Impact-Rohres bzw. der Impact-Stange (des Strikers) beim SHB-Verfahren werden in Abschnitt B.2 bzw. Abschnitt C.2 angegeben.

9.4 Messen und Aufzeichnen

Die in 6.4 festgelegte Kraftmesseinrichtung misst die zeitabhängige Änderung der elastischen Dehnung, und die in 6.5 festgelegte Wegmesseinrichtung misst die zeitabhängige Änderung des Verschiebungswegs der Grenzfläche zwischen den elastischen Stangen und der Probe oder den beiden Endpunkten der Gesamtmesslänge L_o . Diese Messwerte müssen aufgezeichnet werden.

a) Technische Dehnung und technische Dehngeschwindigkeit (e , $\dot{e}$)

Die technische Dehnung (e) und die technische Dehngeschwindigkeit ($\dot{e}$) sollten aus den nach 6.5 für den Weg ermittelten Daten berechnet werden. Zur Berechnung sollten die folgenden Gleichungen (6) und (7) angewendet werden.

$$e = (u_1 - u_2)/L_0 \quad (6)$$

$$\dot{e} = \frac{e_{n+1} - e_n}{\Delta t} \quad (7)$$

Dabei ist

- u_1, u_2 die Verschiebungen an den Enden der Ausgangsmesslänge;
- e_{n+1} die technische Dehnung beim Schritt $n+1$;
- e_n die technische Dehnung beim Schritt n ;
- Δt das Zeitintervall zwischen den Schritten n und $n+1$.

b) Technische Spannung (R)

Unter Anwendung der nach 6.4 gemessenen Kraft wird die technische Spannung nach folgender Gleichung (8) berechnet.

$$R = F/S_0 \quad (8)$$

Dabei ist

- R die technische Spannung;
- F die Kraft;
- S_0 der Anfangsquerschnitt der Versuchslänge.

c) Bruchdehnung (A) in Prozent

Die prozentuale Dehnung nach dem Bruch sollte nach den folgenden Gleichungen (9) und (10), je nach Probenform, bestimmt werden.

Für Probenform A,

$$A = \frac{L_u - L_{total}}{L_{total}} \quad (9)$$

Dabei ist

- A die Bruchdehnung in Prozent;
- L_u die Messlänge nach dem Bruch;
- L_{total} die Anfangsmesslänge für Probenform A.

Für Probenform B,

$$A = \frac{L_u - L_c}{L_c} \quad (10)$$

Dabei ist

- A die Bruchdehnung in Prozent;
- L_u die Messlänge nach dem Bruch;

L_c die Anfangsmesslänge für Probenform B.

d) Mittlere Dehngeschwindigkeit ($\bar{e}$)

Der Mittelwert für die Dehngeschwindigkeit wird durch Bildung des Mittelwerts aus Dehnungen bei 1 % (0,01) und 10 % (0,1) bestimmt.

$$\bar{e} = \frac{(0,1 - 0,01)}{t_{10} - t_1} \quad (11)$$

Dabei ist

$\bar{e}$ die mittlere Dehngeschwindigkeit (s^{-1});

t_1 der Zeitpunkt, zu dem eine Dehnung von 1 % erreicht ist;

t_{10} der Zeitpunkt, zu dem eine Dehnung von 10 % erreicht ist.

Wenn die Bruchdehnung kleiner als 10 % ist, wird die mittlere Dehngeschwindigkeit aus dem Mittelwert der Dehnung von 1 % und der gemessenen Bruchdehnung berechnet.

Auf Vereinbarung kann der obere Grenzwert des Dehnbereichs von 10 % auf einen anderen festgelegten Wert geändert werden, z. B. auf den bei der Höchstkraft auftretenden Spannungswert.

Wenn ein anderer festgelegter Wert als oberer Grenzwert für die prozentuale Dehnung angewendet wird, sollte das folgende Symbol angewendet werden

$$\bar{e}_{1-A_u}$$

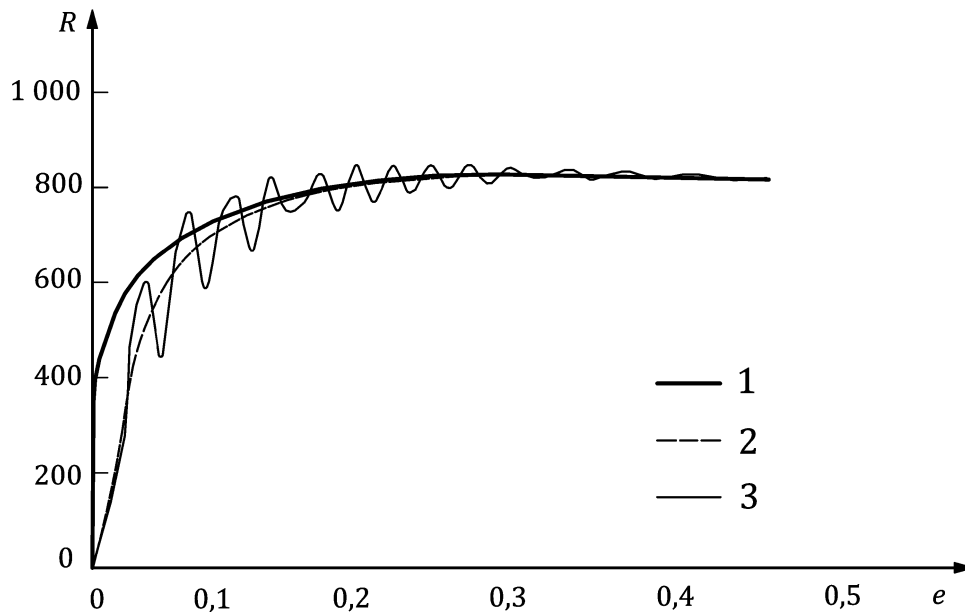
Dabei ist

A_u der für die mittlere Dehngeschwindigkeit festgelegte obere Grenzwert der prozentualen Dehnung.

10 Auswertung des Versuchsergebnisses

In folgenden Fällen sollte wegen möglicher Probleme bei Bewertung der Werkstoffkennwerte die Durchführung einer Nachprüfung oder einer geeigneten Bewertung der Versuchsergebnisse erwogen werden:

- a) der Bruch der Probe erfolgt außerhalb eines Bereichs um die Probenmitte, der jeweils einem Viertel der Messlänge entspricht;
- b) das Spannungssignal zeigt starke Oszillationen (siehe Bild 5);
- c) die mittlere Dehngeschwindigkeit unterscheidet sich deutlich von der Soll-Dehngeschwindigkeit, und der anfängliche Anstieg der Dehngeschwindigkeit liegt nicht im vereinbarten Dehnbereich (z. B. innerhalb einer Dehnung von 5 %);
- d) die Schwankung der Dehnungsgeschwindigkeit um die mittlere Dehngeschwindigkeit ist in dem vereinbarten Dehnungsbereich größer als ± 30 %;
- e) der Anstieg der dynamischen Spannung/Dehnung-Kurve im elastischen Bereich unterscheidet sich beträchtlich von dem bei quasistatischen Bedingungen ermittelten Anstieg im elastischen Bereich (unregelmäßiger Anstieg, Bild 5).



Legende

- 1 Daten ohne Messprobleme
- 2 unregelmäßiger Anstieg
- 3 unregelmäßiger Anstieg + Oszillationen
- R technische Spannung (MPa)
- e technische Dehnung

Bild 5 — Beispiel für Messprobleme beim Zugversuch mit hoher Dehngeschwindigkeit

Für den Zugversuch mit hoher Dehngeschwindigkeit gelten zwei wesentliche Qualitätskriterien:

- 1) die Schwingungen des Kraftsignals und
- 2) der unregelmäßige Anstieg der Spannung/Dehnung-Kurve im elastischen Bereich.

Schwingungen des Kraftsignals resultieren aus dem Kraftmesssystem. Sie treten auf, wenn im Laststrang bzw. der Prüfmaschine keine ausreichende Fluchtung vorliegt (z. B. die Geradheit der elastischen Stange nicht sichergestellt ist). Dieses Problem kann gelöst werden durch eine sorgfältige Neujustierung der Prüfmaschinenkonfiguration und/oder eine erneute Ausrichtung der Lager oder Führungen der elastischen Stangen.

Ein unregelmäßiger Anstieg der Spannung/Dehnung-Kurve im elastischen Bereich kann durch Verformungen im Kraftstrang außerhalb der Versuchslänge der Probe hervorgerufen werden. Im Allgemeinen tritt dieses Problem bei Anwendung der Stoßwellentechnik selten auf, weil der Verschiebungsweg des Endes der Stange mittels der Theorie der Ausbreitung elastischer Wellen ermittelt werden kann. Ungeachtet dessen kann ein unregelmäßiger Anstieg jedoch auftreten, wenn die Spannkraft bzw. Verbindungsfestigkeit zwischen Probe und Einspannung (siehe Bilder B.2 und B.3) unzureichend ist und/oder wenn sich die Positionen des Endes der Probe (d. h. des Endes der Gesamtlänge L_{total}) und des Endes der Stange signifikant unterscheiden.

In diesen Fällen sollte die gesamte Prüfkongfiguration neu ausgerichtet werden.

11 Prüfbericht

Nach Vereinbarung zwischen den Beteiligten sollten im Prüfbericht folgende Angaben enthalten sein:

- a) Verweis auf dieses Dokument, d.h. ISO 26203-1;
- b) geprüfte Werkstoffe, sofern bekannt;
- c) Prüfverfahren (Kraftmessverfahren, Wegmessverfahren und Art der Kraftmesseinrichtung usw.);
- d) Kennzeichnung der Probe;
- e) Form und Maße der Probe;
- f) Lage und Ausrichtung der Probe;
- g) die gemessenen Eigenschaften und die Versuchsergebnisse, d. h. die Spannung/Dehnung-Kurve und die Dehngeschwindigkeit, die mittlere Dehngeschwindigkeit, die größte Zugspannung/Zugdehnung, die Bruchdehnung usw.

Anhang A (informativ)

Quasistatischer Zugversuch

A.1 Allgemeines

In diesem Anhang werden Verfahren zur Bestimmung der Zugversuchseigenschaften metallischer Werkstoffe im dehnungsgeregelten Zugversuch für Dehngeschwindigkeiten zwischen etwa 10^{-3} s^{-1} und 10^{-1} s^{-1} dargestellt.

A.2 Beanspruchungsverfahren/Prüfmaschinenarten

Die zum Dehnen einer Probe verwendete Prüfmaschine muss ISO 7500-1 entsprechen. Zwischen den Beteiligten muss vereinbart werden, welche Prüfmaschinenklasse anzuwenden ist. Für den quasistatischen Zugversuch werden im Allgemeinen Prüfmaschinen mit elektromechanischem oder servohydraulischem Antrieb angewendet.

A.3 Verfahren zur Probeneinspannung

Die Prüfmaschine muss mit einer für die jeweilige Probe geeigneten Einspannvorrichtung ausgestattet sein. Die Einspannvorrichtung muss in der Lage sein, die Probe während des Zugversuchs sicher und fest so zu halten, dass keine anderen Kräfte, sondern nur eine Zugkraft aufgebracht und axial zur Mittelachse der Probe eingeleitet wird.

A.4 Kraftmessverfahren

Beim Zugversuch wird die Kraft mit einer Kraftmessdose gemessen, bei der üblicherweise elektrische Dehnungsmessstreifen auf einem elastischen Körper appliziert sind.

A.5 Wegmessverfahren

In Abhängigkeit von der Form der Probe wird L_0 , L_c oder L_{total} gemessen.

Während des Zugversuchs wird der Weg durch Erfassen der Bewegung des Querhaupts der Prüfmaschine oder vorzugsweise mit einem Dehnungsmessgerät gemessen, das an der Probe angebracht ist.

In den Fällen, in denen die Querhauptbewegung gemessen wird, kann die Dehngeschwindigkeit der Probe unter dem Wert liegen, der aus der Querhauptbewegung für die Dehngeschwindigkeit berechnet wird, weil die Nachgiebigkeit der Prüfmaschine nicht berücksichtigt wird. Eine Erläuterung wird in ISO 6892-1:2009, Anhang F angegeben.

ANMERKUNG Es dürfen Dehnungsmessgeräte zum Einsatz kommen, die einen Differentialtransformator, ein optisches Dehnungsmessgerät oder Dehnungsmessstreifen anwenden.