

DIN EN ISO 26203-1

ICS 77.040.10

**Metallische Werkstoffe –
Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten –
Teil 1: Elastische Stoßwellentechnik (ISO 26203-1:2010);
Deutsche Fassung EN ISO 26203-1:2010**

Metallic materials –
Tensile testing at high strain rates –
Part 1: Elastic-bar-type systems (ISO 26203-1:2010);
German version EN ISO 26203-1:2010

Matériaux métalliques –
Essai de traction à vitesses de déformation élevées –
Partie 1: Systèmes de type à barre élastique (ISO 26203-1:2010);
Version allemande EN ISO 26203-1:2010

Gesamtumfang 39 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 26203-1:2010) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164/SC 1 „Uniaxial Testing“, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird, erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-42 AA „Zug- und Duktilitätsprüfung für Metalle“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP).

Der Begriff "Dehnrage" wird neben dem Begriff "Dehngeschwindigkeit" als Übersetzung von "strain rate" aus dem englischen äquivalent verwendet und im SEP 1230, *Ermittlung mechanischer Eigenschaften an Blechwerkstoffen bei hohen Dehnraten im Hochgeschwindigkeitsdehnversuch*, so genutzt.

DIN EN ISO 26203 besteht unter dem Titel *Metallische Werkstoffe — Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten* aus

- Teil 1: Elastische Stoßwellentechnik
- Teil 2: Servohydraulische und andere Systeme

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

ISO 6892-1 siehe DIN EN ISO 6892-1

ISO 7500-1 siehe DIN EN ISO 7500-1

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Metallische Werkstoffe —
Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten —
Teil 1: Elastische Stoßwellentechnik
(ISO 26203-1:2010)

Metallic materials —
Tensile testing at high strain rates —
Part 1: Elastic-bar-type systems
(ISO 26203-1:2010)

Matériaux métalliques —
Essai de traction à vitesses de déformation élevées —
Partie 1: Systèmes de type à barre élastique
(ISO 26203-1:2010)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 6. Februar 2010 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 des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Kurzbeschreibung	6
4 Begriffe	7
5 Symbole und Bezeichnungen.....	7
6 Prüfeinrichtungen	9
7 Proben.....	11
7.1 Form, Größe und Vorbereitung der Proben	11
7.2 Übliche Proben.....	13
8 Kalibrierung der Prüfeinrichtung	14
8.1 Allgemeines	14
8.2 Einrichtung für die Wegmessung	14
9 Durchführung	14
9.1 Allgemeines	14
9.2 Einbau der Probe	15
9.3 Krafteinleitung.....	15
9.4 Messen und Aufzeichnen.....	15
10 Auswertung des Versuchsergebnisses	17
11 Prüfbericht.....	18
Anhang A (informativ) Quasistatischer Zugversuch	19
Anhang B (informativ) Beispiel für das One-bar-Verfahren	21
Anhang C (informativ) Beispiel für das Split-Hopkinson-bar-Verfahren (SHB-Verfahren)	28
Literaturhinweise	35

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 26203-1:2010) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ECISS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 26203-1:2010 wurde vom CEN als EN ISO 26203-1:2010 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

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 Crashesimulation 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 ist die 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, sollen 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 Teil von ISO 26203 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. Dieser Teil von ISO 26203 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, *Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature*

3 Kurzbeschreibung

Für metallische Werkstoffe sind die Kennwerte aus dem Spannung/Dehnung-Diagramm bei einem Zugversuch mit hohen Dehngeschwindigkeiten zu bewerten.

Bereits bei Dehngeschwindigkeiten über 10 s^{-1} müssen spezielle Kraftmesstechniken eingesetzt werden, weil sich in einer bei der quasistatischen Prüfung angewendeten Kraftmesseinrichtung Wellen durch Reflexion so überlagern, dass das Kraftsignal stark beeinträchtigt wird. Die Kraft kann mithilfe von zwei sehr unterschiedlichen Vorgehensweisen gemessen werden:

- Eine besteht darin, das Kraftmesssystem in Beanspruchungsrichtung so weit zu verlängern, dass die Messung beendet ist, bevor die elastische Welle am gegenüber liegenden Ende reflektiert wird (Systeme mit elastischer Stoßwellentechnik).
- Die andere Möglichkeit ist, die Kraftmesseinrichtung so weit zu verkürzen, dass sich die Zeit verringert, die benötigt wird, um ein dynamisches Gleichgewicht innerhalb der Kraftmesseinrichtung zu erreichen und dabei eine höhere Eigenfrequenz der Kraftmesseinrichtung zu realisieren (servohydraulische Systeme).

Zugversuche bei niedrigen Dehngeschwindigkeiten (kleiner als 10^{-1} s^{-1}) können mithilfe einer quasistatischen Zugprüfmaschine durchgeführt werden. Bei Zugversuchen mit einer quasistatischen Zugprüfmaschine mit höheren Dehngeschwindigkeiten müssen jedoch die veränderten Bedingungen besonders beachtet werden. Es ist für Prüfverfahren bei hohen Dehngeschwindigkeiten notwendig, dass spezielle Proben verwendet werden. In Anhang A werden Einzelheiten zu diesem Prüfverfahren angegeben.

4 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gilt der folgende Begriff.

4.1

System, das auf der 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 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.

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

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbol	Einheit	Bezeichnung
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
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
$\bar{\dot{e}}$	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)