

DIN EN ISO 26203-1



ICS 77.040.10

Ersatz für
DIN EN ISO 26203-1:2010-06

**Metallische Werkstoffe –
Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten –
Teil 1: Elastische Stoßwellentechnik (ISO 26203-1:2018);
Deutsche Fassung EN ISO 26203-1:2018**

Metallic materials –
Tensile testing at high strain rates –
Part 1: Elastic-bar-type systems (ISO 26203-1:2018);
German version EN ISO 26203-1:2018

Matériaux métalliques –
Essai de traction à vitesses de déformation élevées –
Partie 1: Systèmes de type à barre élastique (ISO 26203-1:2018);
Version allemande EN ISO 26203-1:2018

Gesamtumfang 43 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 26203-1:2018) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“, Unterkomitee SC 1 „Uniaxial testing“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird, und vom Technischen Komitee ECIS/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.

DIN EN ISO 26203 besteht unter dem allgemeinen Titel *Metallische Werkstoffe — Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten* aus den folgenden Teilen:

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

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

ISO 6892-1:2016	siehe DIN EN ISO 6892-1:2017-02
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 oberhalb von 7.1 d) wurde hinzugefügt;
- b) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgabe

DIN EN ISO 26203-1: 2010-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 6892-1:2016, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1)*; Deutsche Fassung EN ISO 6892-1:2016

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*

Deutsche Fassung

**Metallische Werkstoffe —
Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten —
Teil 1: Elastische Stoßwellentechnik
(ISO 26203-1:2018)**

Metallic materials —
Tensile testing at high strain rates —
Part 1: Elastic-bar-type systems
(ISO 26203-1:2018)

Matériaux métalliques —
Essai de traction à vitesses de déformation élevées —
Partie 1: Systèmes de type à barre élastique
(ISO 26203-1:2018)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 28. Februar 2018 angenommen.

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

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

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



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

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

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	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.....	10
7 Proben.....	12
7.1 Form, Größe und Vorbereitung der Proben.....	12
7.2 Übliche Proben.....	14
8 Kalibrierung der Prüfeinrichtung.....	15
8.1 Allgemeines.....	15
8.2 Einrichtung für die Wegmessung.....	16
9 Durchführung.....	16
9.1 Allgemeines.....	16
9.2 Einbau der Probe.....	16
9.3 Krafteinleitung.....	16
9.4 Messen und Aufzeichnen.....	16
10 Auswertung des Versuchsergebnisses.....	18
11 Prüfbericht.....	20
Anhang A (informativ) Quasistatischer Zugversuch.....	21
Anhang B (informativ) Beispiel für das One-Bar-Verfahren.....	24
Anhang C (informativ) Beispiel für das Split-Hopkinson-Bar-Verfahren (SHB-Verfahren).....	32
Literaturhinweise.....	40

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 26203-1:2018) 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.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2018 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 26203-1:2010.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 26203-1:2018 wurde von CEN als EN ISO 26203-1:2018 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

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

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

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

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 oberhalb von 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, für die Beispiele in diesem Dokument diskutiert werden.
- Die Verschiebung des Endes einer Stange (en: bar) kann auf einfache Weise, aus den gleichen Messwerten, die für die Kraftmessung verwendet werden, d. h. aus dem Dehnungsverlauf an einer bekannten Stelle auf der Stange berechnet werden. 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 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 Prüfungen 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

Dieses Dokument 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 ist auch auf Zugproben anwendbar, die andere Maße als die hier beschriebenen Flachzugproben haben.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

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

3.1

Stoßwellentechnik

(en: elastic-bar-type system)

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 englische Bezeichnung „elastic-bar-type system“ (Stoßwellentechnik) 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 quasistatischen 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 quasistatischen Zugversuchseinrichtung ausgeführt werden. Für Prüfungen mit außergewöhnlich hohen Dehngeschwindigkeiten sind jedoch spezielle Vorrichtungen erforderlich. Dann ist es notwendig, speziell für hohe Dehngeschwindigkeiten vorbereitete Proben zu verwenden. Anhang A gibt Einzelheiten über die Durchführung 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_0	mm	Anfangsdicke der Flachzugprobe
b_0	mm	Anfangsbreite der parallelen Länge einer Flachzugprobe
b_g	mm	Breite(n) der Flachzugprobe im Einspannbereich
L_0	mm	Anfangsmesslänge [siehe 7.1 e)]
L_c	mm	parallele Länge
L_{total}	mm	Gesamtlänge, bestehend aus parallele Länge und Übergangsradien
L_u	mm	Messlänge nach dem Bruch
r	mm	Übergangsradius zur Schulter
S_0	mm ²	Anfangsquerschnitt der parallelen Länge
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. $A_{20\text{mm}}$ = Bruchdehnung in Prozent für eine Anfangsmesslänge $L_0 = 20 \text{ mm}$
A_u	%	für die mittlere Dehnungsgeschwindigkeit festgelegter oberer Grenzwert der prozentualen Dehnung
Verschiebung		
u	mm	Verschiebung der elastischen Welle
u_1	mm	Verschiebung an einem Ende der Anfangsmesslänge
u_2	mm	Verschiebung an einem Ende der Anfangsmesslänge
$u_B(t)$	mm	Verschiebung des Endes der elastischen Stange zum Zeitpunkt t
Dehnung		
e	—	technische Dehnung
e_S	—	gewünschte technische 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_0	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 (Vorrichtung zur Verbindung 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, üblicherweise 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 10² s⁻¹ oder mehr. Es ist nicht zweckmäßig, eine Prüfmaschine für Dehngeschwindigkeiten unter 10² 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 Gerät 6.5.3 wird der Weg an einem Ende der Anfangsmesslänge (L_0) der Probe mit einem berührungslosen Wegmessgerät (6.5.1) gemessen, und am anderen Ende erfolgt die Messung mit einem Dehnungsmessstreifen (6.5.3), der an der Oberfläche der Stange angebracht ist.

6.5.1 Berührungsloses Wegmessgerät. An einem Ende der Anfangsmesslänge (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 parallele Länge 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/Dehnung-Kurven 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 in der Größenordnung von 500 kHz. Digitale Datenaufzeichnungsgeräte sollten eine Mindestauflösung für die gemessenen Daten von 10 Bit haben.