

DIN EN ISO 9513

ICS 17.040.30

Entwurf

Einsprüche bis 2011-06-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 9513:2003-05,
DIN EN ISO 9513 Beiblatt
1:2003-05,
DIN EN ISO 9513 Beiblatt
2:2005-07 und
DIN EN ISO 9513 Beiblatt
3:2005-07

**Metallische Werkstoffe –
Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung
mit einachsiger Beanspruchung (ISO/DIS 9513:2011);
Deutsche Fassung prEN ISO 9513:2011**

Metallic materials –

Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing (ISO/DIS 9513:2011);
German version prEN ISO 9513:2011

Matériaux métalliques –

Étalonnage des extensomètres utilisés lors d'essais uniaxiaux (ISO/DIS 9513:2011);
Version allemande prEN ISO 9513:2011

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-03-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nmp@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: 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 56 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 9513:2011) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“, Unterkomitee SC 1 „Uniaxial testing“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich), erarbeitet, und vom Technischen Komitee ECIS/TC 101 „Prüfverfahren für Stahl (andere als chemische Analysen)“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) im Rahmen der Wiener Vereinbarung übernommen.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-08-11 AA „Werkstoffprüfmaschinen“ im Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Das Ausgabedatum des Europäischen Norm-Entwurfs stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses DIN-EN-ISO-Entwurfs noch nicht fest; der prEN ISO wird jedoch vom CCMC unter der angegebenen prEN-Nummer demnächst zur CEN-Umfrage verteilt. Um der deutschen Öffentlichkeit eine möglichst lange Einspruchsfrist einzuräumen, wurde dieser Norm-Entwurf bereits vorab veröffentlicht.

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

ISO 7500-1 siehe DIN EN ISO 7500-1

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 9513:2003-05, DIN EN ISO 9513 Beiblatt 1:2003-05, DIN EN ISO 9513 Beiblatt 2:2005-07 und DIN EN ISO 9513 Beiblatt 3:2005-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) nationale Beiblätter zur DIN EN ISO 9513:2003-05 als informative Anhänge „Beispiele für die Anordnung von Längenänderungs-Messsystemen“, „Laserextensometer“ und „Videoextensometer“ in die ISO-Norm integriert;
- b) neue informative Anhänge „Messunsicherheit bei der Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen“, „Beispiel für einen Kalibrierbericht für ein Kalibriergerät“, „Videoextensometer mit Ganzfeldmessung der Dehnung“ und „Kalibrierung eines Systems zum Messen des Traversenwegs“ wurden in die Norm integriert;
- c) neuer normativer Anhang „Kalibrierung des Kalibriergerätes“ wurde in die Norm integriert;
- d) die Kalibrierergebnisse des vorgefundenen Zustandes (vor einer evtl. erforderlichen Justierung) müssen erfasst und im Kalibrierschein dokumentiert werden;
- e) Kennzeichnung der Längenänderungs-Messeinrichtung und der auswechselbaren Teile;
- f) bei der Messung der Anfangsgerätemesslänge wird zwischen Wegaufnehmern mit fester Anfangs-Gerätemesslänge, Wegaufnehmern mit veränderlicher Anfangs-Gerätemesslänge, Wegaufnehmern mit berührungsloser Anfangs-Gerätemesslänge oder Wegaufnehmern, deren Anfangs-Gerätemesslänge mit Einstellvorrichtungen festgelegt werden kann, unterschieden;
- g) das Kalibrierverfahren wurde vollständig überarbeitet;
- h) die Messunsicherheit muss berechnet und im Kalibrierschein angegeben werden;
- i) redaktionelle Änderungen.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

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

— Leerseite —

Metallische Werkstoffe — Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung (ISO/DIS 9513:2011)

Matériaux métalliques — Étalonnage des systèmes extensomètres utilisés lors d'essais uniaxiaux (ISO/DIS 9513:2011)

Metallic materials — Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing (ISO/DIS 9513:2011)

ICS:

Deskriptoren:

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

STD Version 2.4c

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Begriffe	6
3 Formelzeichen und Benennungen	6
4 Kurzbeschreibung	7
5 Ausrüstung für die Kalibrierung	7
5.1 Kalibriergerät.....	7
5.2 Rückführbarkeit der Kalibrierung	7
6 Untersuchungen vor der Kalibrierung.....	8
6.1 Zweck	8
6.2 Untersuchungsprotokoll	8
6.3 Kennzeichnung der Elemente des Längenänderungs-Messsystems	8
7 Messung der Anfangs-Gerätemesslänge des Wegaufnehmers	8
7.1 Wegaufnehmer mit fester Anfangs-Gerätemesslänge.....	8
7.2 Wegaufnehmer mit veränderlicher Anfangs-Gerätemesslänge.....	9
7.3 Wegaufnehmer mit berührungsloser Anfangs-Gerätemesslänge.....	9
7.4 Wegaufnehmer deren Anfangs-Gerätemesslänge mit Einstellvorrichtungen festgelegt werden	9
8 Kalibrierverfahren	10
8.1 Umgebungseinflüsse	10
8.2 Einbaulage des Längenänderungs-Messeinrichtung	10
8.3 Kalibrierschritte	10
8.4 Kalibrierverfahren	12
8.5 Bestimmung der Kenngrößen des Längenänderungs-Messsystems	12
8.5.1 Auflösung	12
8.5.2 Anzeigeabweichung	12
9 Klasseneinteilung der Längenänderungs-Messsysteme	13
9.1 Eingangsdaten	13
9.2 Auswertung der Daten	13
9.3 Kriterien für die Klasseneinteilung	13
9.4 Auswertung der Ergebnisse	14
10 Ermittlung der Unsicherheit	14
10.1 Kalibrierunsicherheit.....	14
10.2 Angaben zur Unsicherheit aus den Kalibrierscheinen	14
10.3 Bestimmung des Unsicherheitsbudgets	14
11 Zeitraum zwischen zwei Kalibrierungen	15
11.1 Längenänderungs-Messsystem	15
12 Kalibrierschein	15
12.1 Notwendige Angaben	15
12.2 Angabe der Daten	15
12.3 Angabe der Messunsicherheit.....	15
Anhang A (informativ) Messunsicherheit	16

	Seite
A.1 Einleitung	16
A.2 Kalibriergerät	17
A.3 Auflösung	18
A.4 Vergleichpräzision	18
A.5 Relative mittlere Abweichung des Längenänderungs-Messsystems	19
A.6 Erweiterte Unsicherheit	19
A.7 Typische Unsicherheitswerte	19
A.8 Beispiel für ein Unsicherheitsbudget eines Längenänderungs-Messsystems	20
Anhang B (normativ) Kalibrierung des Kalibriergeräts	23
B.1 Verfahren	23
B.2 Ergebnisse der Unsicherheitsberechnung	23
B.3 Klasseneinteilung	24
B.4 Zeitraum zwischen zwei Kalibrierungen	24
Anhang C (informativ) Beispiel für einen Kalibrierbericht für ein Kalibriergerät	25
C.1 Anwendungsbereich	25
Anhang D (informativ) Beispiele für die Anordnungen von Längenänderungs-Messsystemen	28
D.1 Wegaufnehmer des Typs A	28
D.2 Wegaufnehmer des Typs B	30
D.3 Wegaufnehmer des Typs C	34
D.4 Wegaufnehmer des Typs D	35
D.5 Wegaufnehmer des Typs E	36
D.6 Wegaufnehmer des Typs F	36
Anhang E (informativ) Laserextensometer	37
E.1 Funktionsprinzip eines Laserextensometers	37
E.2 Kalibriermöglichkeiten und Einflüsse bei Laserscannern	38
E.3 Laserextensometer in der Ausführung als Winkelscanner	39
E.4 Laserextensometer in der Ausführung als Parallelscanner	42
Anhang F (informativ) Videoextensometer	45
F.1 Funktionsprinzip eines Videoextensometers	45
F.2 Kalibriermöglichkeiten und äußere Einflüsse bei Videoextensometern	48
Anhang G (informativ) Videoextensometer mit Ganzfeldmessung der Dehnung	49
G.1 Definition	49
G.2 Allgemein	49
G.3 Techniken	49
G.4 Kalibrierung von Ganzfeldmesssystemen	50
Anhang H (informativ) Kalibrierung eines Systems zum Messen des Traversenwegs	51
H.1 Allgemeine Anforderungen	51
Literaturhinweise	52

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 9513:2011) 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.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 9513:2002 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 9513:2011 wurde vom CEN als prEN ISO 9513:2011 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Diese ISO-Norm wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“, Unterkomitee SC 1, „Uniaxial testing“ von der Arbeitsgruppe 6 erarbeitet. Festgelegt werden Kriterien für die Kalibrierung von Längenänderungs-Messsystemen (Extensometer-Systemen), allgemeine Grundlagen, das für die Kalibrierung zu verwendende Gerät, die Untersuchung vor der Kalibrierung und die Messung der Messlänge für verschiedene Arten von Längenänderungs-Messsystemen festgelegt. Für das Kalibrierverfahren werden einige Aspekte angesprochen, z. B. die Auswertung der Ergebnisse, die Unsicherheiten, die Zeitabstände zwischen den einzelnen Kalibrierungen und die Abfassung der Berichte. Kriterien für das Kalibriergerät, seine Kalibrierung und Einstufung werden ebenfalls erfasst; ergänzend werden Literaturhinweise auf eine Anzahl wichtiger Dokumente im Zusammenhang mit Längenänderungs-Messsystemen und ihrer Anwendung [1 bis 10] angegeben. Gegenwärtig werden Verfahren für die dynamische Kalibrierung von Längenänderungs-Messsystemen erarbeitet, die jedoch zum Zeitpunkt der Erarbeitung dieser Norm noch nicht so weit entwickelt waren, dass sie in die vorliegende Norm aufgenommen werden konnten. Für weitere Informationen siehe [6].

In informativen Anhängen werden die Berechnung von Messunsicherheiten bei der Kalibrierung eines Längenänderungs-Messsystems, Beispiele für System-Konfigurationen sowie informative Anhänge für Laser-, Video- und Ganzfeld-Messsysteme behandelt.

1 Anwendungsbereich

In dieser Internationalen Norm wird ein Verfahren festgelegt, nach dem die statische Kalibrierung von Längenänderungs-Messsystemen (Extensometer-Systemen) für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung einschließlich axialer und diametraler Systeme für berührungslose und für berührende Messungen.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1 Längenänderungs-Messsystem
Einrichtung, mit der auf der Oberfläche einer Probe die Längenänderung oder die Dehnung gemessen wird

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Norm beinhaltet die Bezeichnung „Längenänderungs-Messsystem“ die Anzeigeeinrichtung. Einige Längenänderungs-Messsysteme zeigen die Dehnung direkt an, z. B. Laserextensometer oder Geräte für die digitale Bildkorrelation usw., während andere die lineare Längenänderung anzeigen, aus der sich nach Division durch die jeweilige Messlänge die Dehnung ergibt.

2.2 Messlänge
Teil einer Probe, an dem die Verlängerung gemessen wird

3 Formelzeichen und Benennungen

Die in dieser Internationalen Norm verwendeten Symbole und ihre Benennungen werden in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Formelzeichen und Benennungen

Formel- zeichen	Benennung	Einheit
L_e	Nennwert der Anfangs-Gerätemesslänge	mm
L'_e	Gemessene Anfangs-Gerätemesslänge	mm
$l_{\max}$	Oberer Grenzwert des Kalibrierbereichs	mm
$l_{\min}$	Unterer Grenzwert des Kalibrierbereichs	mm
l_i	An der Längenänderungs-Messeinrichtung angezeigte Längenänderung	μm
l_t	Durch das Kalibriergerät vorgegebene richtige Längenänderung	μm
q_{L_e}	Relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge	%
q_{rb}	Relative Anzeigeabweichung der Längenänderungs-Messeinrichtung	%
q_b	Absolute Anzeigeabweichung der Längenänderungs-Messeinrichtung	μm
r	Auflösungsbedingte Ableseunsicherheit (Auflösung) der Längenänderungs-Messeinrichtung	μm

4 Kurzbeschreibung

Die Kalibrierung eines Längenänderungs-Messsystems besteht aus einem Vergleich seiner Anzeige mit bekannten Längenänderungen, die mit einem Kalibriergerät erzeugt werden.

ANMERKUNG Der Anwender wird durch diese Norm in die Lage versetzt, den/die Bereich(e) für die Längenänderung festzulegen, für den/die eine Kalibrierung durchzuführen ist. Dadurch kann der Einsatz des Längenänderungs-Messsystems optimiert werden, z. B. wird für eine dehnungsgeregelte Dauerbeanspruchung mit wenigen Lastwechseln üblicherweise nur ein kleiner Teil des Anzeigebereichs des Wegaufnehmers genutzt. In diesem Fall wäre es deswegen angemessen, die Kalibrierung auf den mittleren Teil des Anzeigebereichs zu konzentrieren.

Bei der Kalibrierung wird die am Kalibriergerät erzeugte, d. h. die bekannte Längenänderung mit der Anzeige des Längenänderungs-Messsystems verglichen. Bei dieser Anzeige kann es sich um eine manuell abzulesende Anzeige handeln, z. B. an Messuhren mit hoher Präzision, eine Anzeige der Längenänderung mit Hilfe eines Messwertaufnehmers oder einer elektronischen Einrichtung oder eines Datenerfassungssystems. Beim Einsatz elektronischer Einrichtungen/Datenerfassungssysteme führen diese Einrichtungen/Systeme eine entsprechende Anpassung der Datenkurven durch.

Für bestimmte Ausführungen von Längenänderungs-Messsystemen hängen die Kalibrierung und die Klasseneinteilung auch von der Eignung des Systems zur Festlegung der Messlänge ab.

5 Ausrüstung für die Kalibrierung

5.1 Kalibriergerät

Das Kalibriergerät, das die Übertragung einer bekannten Längenänderung l_t auf die Längenänderungs-Messeinrichtung ermöglicht, darf aus einem starren Gestell mit geeigneten coaxialen Spindeln oder anderen Einrichtungen bestehen, an denen die Längenänderungs-Messeinrichtung (der Weg- oder Dehnungsaufnehmer) angesetzt werden kann. Das Kalibriergerät muss einen Antrieb haben, mit dem mindestens eine der axialen Spindeln bewegt werden kann, sowie eine Messeinrichtung, mit der die erzeugten Längenänderungen genau gemessen werden können. Die Längenänderungen können zum Beispiel mit einem Interferometer, einem linearen Inkrementalgeber oder mit Parallelendmaßen und einem Komparator oder mit einer Messschraube gemessen werden.

Für die Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen, die diametrale Maßänderungen erfassen, werden besondere Zusatzgeräte für das Kalibriergerät benutzt.

Das Kalibriergerät ist nach Anhang B zu kalibrieren und muss die in Tabelle B.1 angegebenen Kriterien erfüllen.

5.2 Rückführbarkeit der Kalibrierung

Das Kalibriergerät und die zugehörigen Messgeräte, z. B. Messschrauben, Messschieber, optische Projektionsmikroskope usw. müssen unter Verwendung von Normalen kalibriert werden, die auf das Internationale Einheitensystem (SI-System) zurückzuführen sind. Die Unsicherheit aller mit diesen Messgeräten durchgeführten Messungen darf ein Drittel der zulässigen Abweichungen des zu kalibrierenden Längenänderungs-Messsystems nicht überschreiten (siehe Tabelle 2). Das Gerät zur Temperaturmessung muss eine Auflösung von 0,1 °C haben.

6 Untersuchungen vor der Kalibrierung

6.1 Zweck

Bevor eine Kalibrierung durchgeführt wird, muss das Längenänderungs-Messsystems überprüft werden. Es sind mindestens die mechanischen Bauteile zu überprüfen, z. B. auf freie Beweglichkeit, beschädigte Teile, abgenutzte Messschneiden, abgenutzte Stifte/Befestigungen für die Einstellung der Messlänge usw. Für Längenänderungs-Messsysteme mit elektronischen Messaufnehmern müssen auch Kabelleitungen und Anschlüsse auf Schäden, Abnutzung usw. überprüft werden.

Das Längenänderungs-Messsystems muss, wenn möglich, im „vorgefundenen“ Zustand kalibriert werden. Die Ergebnisse müssen ausgewertet werden, und das Messsystem ist bei Bedarf zu justieren und erneut zu kalibrieren. In diesem Fall sind beide Ergebnisse zu dokumentieren.

6.2 Untersuchungsprotokoll

Aufzeichnungen von der Untersuchung vor der Kalibrierung müssen aufbewahrt werden, den „vorgefundenen“ Zustand des Längenänderungs-Messsystems kennzeichnen und Angaben enthalten, wann und von wem die Untersuchung durchgeführt wurde. Die Aufzeichnungen von der Untersuchung vor der Kalibrierung können entweder in schriftlicher Form oder durch Ausfüllen einer „Pro-forma“-Checkliste erstellt werden.

6.3 Kennzeichnung der Elemente des Längenänderungs-Messsystems

Die Längenänderungs-Messeinrichtung muss eindeutig gekennzeichnet sein. Teile, die während der üblichen Anwendung der Längenänderungs-Messeinrichtung vom Anwender ausgewechselt werden dürfen, müssen nach Möglichkeit ebenfalls eindeutig gekennzeichnet werden, sofern sie die Kalibrierung der Längenänderungs-Messeinrichtung beeinflussen. Diese Anforderung betrifft jedoch nicht die verwendeten Spannvorrichtungen, die zur Anbringung der Längenänderungs-Messeinrichtung an der Probe verwendet werden. Diese eindeutigen Kennzeichnungen müssen in den Aufzeichnungen des Längenänderungs-Messsystems erwähnt werden.

7 Messung der Anfangs-Gerätemesslänge des Wegaufnehmers

7.1 Wegaufnehmer mit fester Anfangs-Gerätemesslänge

7.1.1 Die zu messende Anfangs-Gerätemesslänge L'_e einer Längenänderungs-Messeinrichtung mit fester Messlänge kann entweder direkt oder indirekt bestimmt werden. In beiden Fällen werden die Schneiden des Wegaufnehmers mit einem Stellstift oder Distanzstück auf die vorgegebene Längenänderung eingestellt.

ANMERKUNG Beim Messen der Messlänge sind Schwankungen möglich, wenn die Einrichtung zum Einstellen der Messlänge ein zu großes Spiel/eine zu große Abnutzung aufweist.

7.1.2 Eine Direktmessung der Messlänge L'_e muss zwischen den Schneiden der Längenänderungs-Messeinrichtung mit einem kalibrierten Messgerät durchgeführt werden, z. B. einem Messschieber oder einem Profilprojektor/Projektionsmikroskop. Eine indirekte Messung der Messlänge L'_e darf erfolgen, indem der Wegaufnehmer an einer Probe aus weichem Metall so angesetzt wird, dass die Schneiden oder Spitzen des Wegaufnehmers Marken hinterlassen. Nach dem Abnehmen des Wegaufnehmers wird auf der Probe der Abstand der Marken mit einem Gerät gemessen, dessen Genauigkeit der Genauigkeitsklasse entspricht, die für den Wegaufnehmer gefordert wird.

7.1.3 Die nach der folgenden Gleichung berechnete relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge, q_{L_e} , darf die in Tabelle 2 festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.

$$q_{L_e} = \frac{L'_e - L_e}{L_e} \times 100$$

7.2 Wegaufnehmer mit veränderlicher Anfangs-Gerätemesslänge

7.2.1 Die Messlänge einer Längenänderungs-Messeinrichtung mit veränderlicher Anfangs-Gerätemesslänge kann entweder direkt oder indirekt gemessen werden.

7.2.2 Zur Direktmessung muss der Wegaufnehmer auf die geforderte Messlänge mit Hilfe von Führungen, Vorrichtungen oder anderen Hilfsmitteln eingestellt werden, wonach die Messung zwischen den Schneiden des Wegaufnehmers mit einem kalibrierten Messgerät erfolgt, z. B. einem Messschieber oder einem Profilprojektor/Projektionsmikroskop.

7.2.3 Eine indirekte Messung der Messlänge L'_e muss durchgeführt werden, indem die Längenänderungs-Messeinrichtung an einer Probe aus weichem Metall so angesetzt wird, dass die Schneiden oder Spitzen des Wegaufnehmers Marken hinterlassen. Nach dem Abnehmen des Wegaufnehmers wird auf der Probe der Abstand der Marken mit einem Gerät gemessen, dessen Genauigkeit der Genauigkeitsklasse entspricht, die für den Wegaufnehmer gefordert wird.

7.2.4 Für Längenänderungs-Messeinrichtung, die üblicherweise beim Zeitstandversuch, beim Zugversuch mit erhöhter Temperatur oder beim Spannungsrelaxationsversuch verwendet werden, wird der Wegaufnehmer auf der Probe im Bereich der Versuchslänge angesetzt, nachdem die Messlänge durch kleine, in die Probenoberfläche eingearbeitete Einkerbungen definiert wird. Die Messlänge für diesen Wegaufnehmer muss direkt an der Probe mit einer Genauigkeit bestimmt werden, die der für den Wegaufnehmer geforderten Klasse entspricht.

7.2.5 Die nach der folgenden Gleichung berechnete relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge, q_{L_e} , darf die in Tabelle 2 angegebenen Werte nicht überschreiten.

$$q_{L_e} = \frac{L'_e - L_e}{L_e} \times 100$$

7.2.6 Wenn die Anfangs-Gerätemesslänge mit einem Wegaufnehmer eingestellt oder gemessen wird, muss die relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge bestimmt werden. Wird die Anfangs-Gerätemesslänge mit Hilfe bestimmter Charakteristika der jeweiligen Probe festgelegt, braucht die relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge nicht bestimmt zu werden.

7.2.7 Wenn die Anfangs-Gerätemesslänge automatisch mit einem Wegaufnehmer eingestellt wird, müssen die verwendeten größten und kleinsten Anfangs-Gerätemesslängen zuzüglich dreier weiterer Anfangs-Gerätemesslängen zwischen dem kleinsten und dem größten Wert gemessen werden. Bei weniger als fünf Messlängen sind alle Anfangs-Gerätemesslängen auszumessen.

7.3 Wegaufnehmer mit berührungsloser Anfangs-Gerätemesslänge

Bei der berührungslosen Längenänderungs-Messeinrichtungen wird die Anfangs-Gerätemesslänge nach den Anweisungen des Herstellers festgelegt.

7.4 Wegaufnehmer deren Anfangs-Gerätemesslänge mit Einstellvorrichtungen festgelegt werden

7.4.1 Wenn die Anfangs-Gerätemesslänge eines Wegaufnehmers mit einer abnehmbaren Vorrichtung eingestellt wird, darf die nach der folgenden Gleichung berechnete relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge, q_{L_e} , die in Tabelle 2 angegebenen Werte nicht überschreiten.

$$q_{L_e} = \frac{L'_e - L_e}{L_e} \times 100$$

Dabei ist

L'_e die tatsächliche Anfangs-Gerätemesslänge und

L_e der Nennwert der Anfangs-Gerätemesslänge.

Die Messunsicherheit der Anfangs-Gerätemesslänge muss dreimal besser sein als die zulässige Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge.

8 Kalibrierverfahren

8.1 Umgebungseinflüsse

8.1.1 Während der Kalibrierung des Längenänderungs-Messsystems muss die Umgebungstemperatur aufgezeichnet werden.

ANMERKUNG Im Allgemeinen sollte die Kalibrierung des Längenänderungs-Messsystems bei einer Temperatur durchgeführt werden, die auf $\pm 2^\circ\text{C}$ konstant ist; diese Temperatur muss in einem Bereich von 18°C bis 28°C liegen. Temperaturänderungen während der Kalibrierung können die Kalibrierunsicherheit erhöhen und in einigen Fällen die Möglichkeit einer ordnungsgemäßen Kalibrierung des Wegaufnehmers beeinflussen.

8.1.2 Sind Längenänderungs-Messeinrichtung für Prüfverfahren mit einachsiger Beanspruchung außerhalb eines Temperaturbereichs von 10°C bis 35°C einzusetzen, sollte die Kalibrierung bei oder nahe der Prüftemperatur vorgenommen werden, falls Einrichtungen dafür vorhanden sind.

8.1.3 Vor der Kalibrierung muss die Längenänderungs-Messeinrichtung für einen ausreichend langen Zeitraum in der Nähe des Kalibriergeräts gelagert oder an diesem angesetzt sein, damit die Teile der Längenänderungs-Messeinrichtung und des Kalibriergeräts, die einander berühren, die Kalibriertemperatur annehmen.

8.2 Einbaulage des Längenänderungs-Messeinrichtung

Die Längenänderungs-Messeinrichtung muss, wenn möglich, in derselben Richtung wie bei der Prüfung mit einachsiger Beanspruchung am Kalibriergerät angeordnet werden, um Fehler durch Änderung des Gleichgewichtszustands oder durch die Verformung eines Teils des Wegaufnehmers zu vermeiden.

Der Wegaufnehmer muss in gleicher Weise wie bei der Prüfung mit einachsiger Beanspruchung angebracht sein.

8.3 Kalibrierschritte

8.3.1 Der Anwender muss den Bereich der Längenänderungen festlegen, über den das Längenänderungs-Messsystem zu kalibrieren ist.

8.3.2 Die Anzahl der Kalibrierpunkte und die Anzahl der Bereiche, über die eine Kalibrierung durchgeführt wird, muss auf dem Verhältnis der kleinsten Längenänderung $l_{\min}$ zu der größten Längenänderung $l_{\max}$ basieren, bei denen eine Eigenschaft bestimmt wird.

8.3.3 Für monotone Prüfungen müssen folgende Messreihen durchgeführt werden:

- bei $(l_{\max} / l_{\min})$ kleiner als oder gleich 10 muss ein Bereich von mindestens fünf Kalibrierschritten aufgezeichnet werden;
- bei $(l_{\max} / l_{\min})$ größer als 10, aber kleiner als oder gleich 100 müssen zwei Bereiche ($l_{\min}$ bis $10 l_{\min}$ und $10 l_{\min}$ bis $l_{\max}$) oder ($l_{\min}$ bis $0,1 l_{\max}$ und $0,1 l_{\max}$ bis $l_{\max}$), jeweils mit mindestens fünf Kalibrierschritten aufgezeichnet werden;
- bei $(l_{\max} / l_{\min})$ größer als 100 müssen drei Bereiche ($l_{\min}$ bis $10 l_{\min}$, $10 l_{\min}$ bis $100 l_{\min}$ und $100 l_{\min}$ bis $l_{\max}$) oder ($l_{\min}$ bis $0,01 l_{\max}$, $0,01 l_{\max}$ bis $0,1 l_{\max}$ und $0,1 l_{\max}$ bis $l_{\max}$), jeweils mit mindestens fünf Kalibrierschritten aufgezeichnet werden.

Für jede der drei Kategorien, a), b) und c) darf die Schrittweite zwischen zwei benachbarten Punkten ein Drittel des Bereichs nicht überschreiten. Beispiele für die Kalibrierschritte werden in Bild 1 gezeigt.

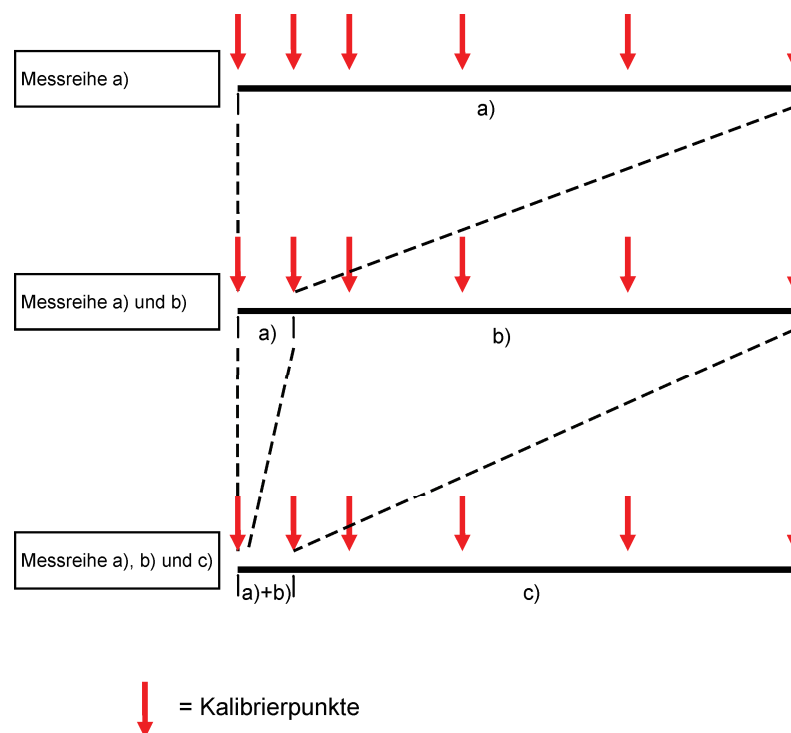


Bild 1 — Schematische Darstellung über die Verteilung der Kalibrierpunkte

ANMERKUNG 1 Ein Zugversuch, bei dem mit der Längenänderungs-Messeinrichtung lediglich der E-Modul und die Dehngrenzen gemessen werden, fällt in Kategorie a). Ein Zugversuch, bei dem die Dehngrenzen und die Bruchdehnung mit dem Wegaufnehmer bestimmt werden oder ein Zeitstandversuch fällt in die Kategorie b) oder in die Kategorie c).

ANMERKUNG 2 Für Dauerschwingversuche wird ein Bereich von mindestens fünf Kalibrierschritten verwendet, bei dem die Kalibrierschritte zwischen zwei benachbarten Punkten ein Drittel des Bereichs zwischen $l_{\min}$ und $l_{\max}$ nicht überschreitet.

ANMERKUNG 3 Die bei den oben angegebenen Berechnungen ermittelten Werte können auf die nächsten geeigneten Kalibrierschritte angeglichen werden, um eine Anpassung an die Kalibrierschritte des Kalibriergeräts zu erreichen.

8.3.4 Bei der Festlegung von $l_{\max}$ und $l_{\min}$ müssen Betriebsfaktoren berücksichtigt werden, z. B. bei Versuchen mit erhöhter Temperatur die Wärmeausdehnung und zusätzliche Einflüsse für die Längenänderung, um z. B. die Veränderlichkeit des Versuchsaufbaus bei verschiedenen Versuchen zu erfassen.

8.4 Kalibrierverfahren

8.4.1 Die Kalibrierung ist im vorgefundenen Zustand, ohne besondere Reinigung, durchzuführen.

8.4.2 Es wird empfohlen, dass die Längenänderungs-Messeinrichtung nach Erreichen einer konstanten Temperatur vor der eigentlichen Kalibrierung mindestens zweimal mit dem Kalibriergerät über den vorgesehenen Kalibrierbereich bewegt wird. Wenn möglich, ist danach die Längenänderung auf einen geringen negativen Wert zurückzunehmen und dann wieder auf den Nullpunkt des Kalibriergeräts einzustellen. Falls notwendig, ist dann die Anzeige der Längenänderungs-Messeinrichtung erneut auf Null zu setzen.

8.4.3 Die Kalibrierung besteht aus zwei Messreihen, deren Kalibrierschritte in 8.3 festgelegt sind. Die erste Reihe wird durchgeführt und aufgezeichnet; der Wegaufnehmer wird abgenommen und anschließend am Kalibriergerät neu angesetzt. Eine zweite Messreihe wird dann in der gleichen Art wie die erste durchgeführt. Entsprechend der vorgesehenen Einsatzart der Längenänderungs-Messeinrichtung werden beide Messreihen in Schritten mit nur zunehmender oder mit nur abnehmender Länge oder auch in beiden Messrichtungen durchgeführt.

8.5 Bestimmung der Kenngrößen des Längenänderungs-Messsystems

8.5.1 Auflösung

8.5.1.1 Die Auflösung, r , ist die kleinste Längenänderung, die an der Anzeigeeinrichtung der Längenänderungs-Messeinrichtung abgelesen werden kann.

8.5.1.2 Für Längenänderungs-Messsysteme mit Analogskalen wird die Auflösung der Anzeigeeinrichtung aus dem Verhältnis zwischen der Breite des Zeigers und dem Mittenabstand zwischen zwei benachbarten Skalenteilstrichen (Skalenintervall) bestimmt, multipliziert mit der physikalischen Einheit für einen Skalenschritt. Die Auflösung darf nicht kleiner sein als ein Fünftel der physikalischen Einheit für ein Skalenintervall, sofern nicht der Abstand zwischen zwei benachbarten Marken größer als oder gleich 2,5 mm ist, wobei in diesem Fall die Auflösung ein Zehntel des Skalenintervalls betragen darf.

8.5.1.3 Für Längenänderungs-Messsysteme mit elektronischer Anzeige muss der Ausgabewert zehn Sekunden beobachtet werden, und die größten und kleinsten Werte sind aufzuzeichnen. Die Hälfte der Differenz zwischen den größten und den kleinsten beobachteten Werten muss festgestellt und als Auflösung r aufgezeichnet werden. Wenn die kleinsten und größten Werte gleich sind, entspricht die Auflösung einer Stelle auf der Anzeige.

8.5.2 Anzeigeabweichung

8.5.2.1 Relative Anzeigeabweichung

Die relative Anzeigeabweichung, q_{rb} , für eine bestimmte Längenänderung, l_t , wird nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$q_{rb} = \frac{l_i - l_t}{l_t} \times 100$$

8.5.2.2 Absolute Anzeigeabweichung

Die absolute Anzeigeabweichung, q_b , für eine bestimmte Längenänderung, l_t , wird nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$q_b = (l_i - l_t)$$

9 Klasseneinteilung der Längenänderungs-Messsysteme

9.1 Eingangsdaten

Für die Klasseneinteilung der Längenänderungs-Messsysteme sind folgende Eingangsdaten erforderlich:

- die relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge (siehe 7.2.5);
- die (absolute und/oder relative) Auflösung des Längenänderungs-Messsystems (siehe 8.5.1);
- für jeden Kalibrierpunkt die (absolute und/oder relative) Anzeigeabweichung (siehe 8.5.2);
- die Bestätigung, dass das Kalibriergerät die Anforderungen von ISO 9513 für jeden Kalibrierdatenpunkt erfüllt.

9.2 Auswertung der Daten

Die gesammelten Daten werden folgendermaßen ausgewertet:

- die relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge wird mit den in Tabelle 2 angegebenen Grenzwerten verglichen und eine Einstufung festgelegt;
- die Auflösung des Längenänderungs-Messsystems wird für jeden Kalibrierpunkt mit den in Tabelle 2 angegebenen Grenzwerten verglichen und eine Einstufung festgelegt;
- für jeden Kalibrierpunkt wird die Anzeigeabweichung mit den in Tabelle 2 angegebenen Grenzwerten verglichen und eine Einstufung festgelegt.

9.3 Kriterien für die Klasseneinteilung

In Tabelle 2 sind die maximal zulässigen Werte für die relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge, für die Auflösung und für die Anzeigeabweichung angegeben.

Tabelle 2 — Klasseneinteilung für ein Längenänderungs-Messsystem

Klasse des Längenänderungs-Messsystems	Relative Abweichung der Anfangs-Gerätemesslänge	Auflösung ^a		Anzeigeabweichung ^a	
		Auf die jeweilige Längenänderung bezogener prozentualer Wert	Absolutwert	Relativwert	Absolutwert
	q_{L_e} %	$(r/l_i) \times 100$ %	R μm	q %	$l_i - l_t$ μm
0,2	$\pm 0,2$	0,1	0,2	$\pm 0,2$	$\pm 0,6$
0,5	$\pm 0,5$	0,25	0,5	$\pm 0,5$	$\pm 1,5$
1	$\pm 1,0$	0,5	1,0	$\pm 1,0$	$\pm 3,0$
2	$\pm 2,0$	1,0	2,0	$\pm 2,0$	$\pm 6,0$
^a Es gilt der jeweils größere Wert.					