

DIN 50156-1

DIN

ICS 77.040.10

**Metallische Werkstoffe –
Härteprüfung nach Leeb –
Teil 1: Prüfverfahren**

Metallic materials –
Leeb hardness test –
Part 1: Test method

Matériaux métalliques –
Essai de dureté Leeb –
Partie 1: Méthode d'essai

Gesamtumfang 19 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Kurzbeschreibung	3
4 Symbole	4
5 Angabe der Leeb-Härte HL	4
6 Bezeichnung	4
7 Prüfgerät	5
8 Probe	5
9 Durchführung	6
10 Messunsicherheit der Ergebnisse	7
11 Prüfbericht	7
Anhang A (informativ) Verfahren für die periodische Prüfung der Prüfgeräte durch den Anwender	9
Anhang B (informativ) Unsicherheit der gemessenen Härtemesswerte	10
Anhang C (informativ) Realisierung von Leeb-Härteprüfgeräten	16
Literaturhinweise	19

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitskreis „Normung portabler Härteprüfverfahren“ des Arbeitsausschusses NA 062-01-41 AA erarbeitet und ist mit dem entsprechenden Arbeitskreis der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP) abgestimmt.

DIN 50156, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Leeb* besteht aus:

- Teil 1: Prüfverfahren
- Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Härteprüfgeräte
- Teil 3: Kalibrierung von Härtevergleichsplatten

Bei der Härteprüfung nach Leeb werden die Aufprall- und die Rückprallgeschwindigkeit gemessen. Somit handelt es sich um ein dynamisches Härteprüfverfahren. Der Härtewert ergibt sich dann aus dem Verhältnis von Rückprall- zur Aufprallgeschwindigkeit. Als Verhältniswert ist die Leeb-Härte per Definition ein dimensionsloser Kennwert.

Versuchsbedingt wird der Leeb-Härtewert vom E-Modul und weiteren Materialparametern der Probe beeinflusst. Damit ist die Vergleichbarkeit der Leebhärte zwischen verschiedenen Werkstoffgruppen nicht direkt möglich.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt das Verfahren für die Härteprüfung nach Leeb für metallische Werkstoffe, insbesondere für Stahl, Stahlguss und Gusseisen fest.

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 Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 50156-2:2007-07, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Leeb — Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Härteprüfgeräte*

DIN 50156-3:2007-07, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Leeb — Teil 3: Kalibrierung von Härtevergleichsplatten*

3 Kurzbeschreibung

Während der Prüfung schlägt ein Schlagkörper auf der Prüfoberfläche auf und prallt zurück. Die Aufprallenergie, der Durchmesser des Eindringkörpers und das Material des Eindringkörpers sind festgelegt (siehe Tabelle 1). Die Geschwindigkeit des Schlagkörpers wird vor und nach dem Aufprall gemessen. Daraus berechnet sich der Härtewert nach Leeb HL:

$$HL = \frac{v_R}{v_A} \cdot 1000 \quad (1)$$

Dabei ist

v_R die Rückprallgeschwindigkeit;

v_A die Aufprallgeschwindigkeit.

4 Symbole

Siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Symbole, Einheiten, Benennungen und Nennwerte für die verschiedenen Leeb-Skalen entsprechend Schlaggeräte-Typ

Symbol	Einheit	Benennung	Nennwerte je Schlaggeräte-Typ ^e						
			D/DC	S	E	D+15	DL	C	G
E_A	mJ	Kinetische Aufprall-Energie ^a	11,5	11,3	11,5	11,2	11,2	3,0	90,0
v_A	m/s	Aufprall-Geschwindigkeit	2,0 bis 2,2	2,0 bis 2,2	2,0 bis 2,2	1,65 bis 1,8	1,65 bis 1,8	1,35 bis 1,45	2,9 bis 3,1
r	mm	Eindringkörper, Radius	1,5 ± 0,05	1,5 ± 0,05	1,5 ± 0,05	1,5 ± 0,05	1,5 ± 0,05	1,5 ± 0,05	2,5 ± 0,05
		Eindringkörper, Material	WC ^b	K ^c	PKD ^d	WC	WC	WC	WC
		Eindringkörper, typische Härte	1600 HV 2	1600 HV 2	5000 HV 2	1600 HV 2	1600 HV 2	1600 HV 2	1600 HV 2
HL	–	Leeb-Härte	bis	–	–	–	–	–	–

a Prüfung in Richtung des Schwerefeldes, gerundete Werte
b Wolframcarbid-Cobalt Hartmetall
c Keramik
d polykristalliner Diamant
e in der Praxis übliche Herstellerbezeichnungen

5 Angabe der Leeb-Härte HL

Der Leeb-Härtewert wird durch das Symbol „HL“ und einen oder mehrere Symbole gekennzeichnet, die den Typ des Schlaggerätes benennen.

BEISPIEL 570 HLD

Leeb-Härtewert HL, gemessen mit dem Schlaggerät Typ D, in Richtung des Schwerefeldes. Bei der Prüfung unter hiervon abweichendem Winkel wird der Härtewert beeinflusst. Daher ist in diesen Fällen eine entsprechende Korrektur entsprechend den Herstellerangaben vorzunehmen. Der korrigierte Härtewert ist als Ergebnis anzugeben.

6 Bezeichnung

Prüfung der Leeb-Härte nach DIN 50156-1.

7 Prüfgerät

7.1 Das Prüfgerät für die Leeb-Härteprüfung besteht aus einem Schlaggerät (Beispiele, siehe Anhang C) und einer elektronischen Mess- und Anzeigeeinheit zur Bestimmung der Auf- und Rückprallgeschwindigkeit.

7.2 Der Schlagkörper besteht aus einem sphärischen Eindringkörper und dem Eindringkörperhalter, siehe Tabelle 1.

7.3 Das Prüfgerät muss den Anforderungen von DIN 50156-2 entsprechen.

ANMERKUNG Im Anhang A ist ein Verfahren für die periodische Prüfung des Prüfgerätes durch den Anwender angegeben.

8 Probe

8.1 Form

Die Leeb-Härteprüfung ist auf Proben unterschiedlicher Form möglich, sofern die bauartspezifischen Anschlagkappen sicher auf der Probe positioniert werden können.

8.2 Dicke und Masse

Entsprechend der lokalen Probendicke und der Probenmasse muss der jeweilige Schlaggeräte-Typ angepasst sein. Proben mit Massen kleiner als die angegebene Mindestmasse oder Proben mit ausreichender Masse, aber mit Bereichen dünner als die angegebene Mindestdicke, erfordern eine starke Unterbauung und/oder Ankopplung an einen massiven Körper entsprechend Herstellerangaben, siehe Tabelle 2.

ANMERKUNG 1 Eine unsachgemäße Unterbauung und Kopplung ergibt falsche Prüfergebnisse.

Tabelle 2 — Geforderte Masse und Dicke der Probe

Schlaggeräte-Typ	Mindestmasse kg	Mindestdicke ohne Kopplung mm	Mindestdicke mit Kopplung mm
D, DC, D+15, DL, S, E	5	25	3
G	15	70	10
C	1,5	10	1

ANMERKUNG 2 Besondere Probengeometrien, z. B. Rohre, erfordern eine zusätzliche Unterstützung des Messpunktes, so dass die geforderte Mindestdicke auch kleiner als der in Tabelle 2 angegebene Wert sein darf. Die Unterstützung kann mit dem Verhältnis vom Durchmesser D zur Wandstärke s des Rohres quantifiziert werden (siehe [1] bis [3] in den Literaturhinweisen).

ANMERKUNG 3 Proben mit gekrümmter Oberfläche (konkav oder konvex) können geprüft werden, wenn der Krümmungsradius der Größe der Anschlagkappe angepasst und nicht kleiner als 50 mm für Schlaggerät G oder 30 mm für die anderen Schlaggeräte ist. Andernfalls sollten spezielle Anschlagkappen verwendet werden.

8.3 Oberflächenvorbereitung

Die Vorbereitung der Prüffläche muss so durchgeführt werden, dass Änderungen an der Oberfläche, z. B. durch Erwärmung oder Kaltverformung hervorgerufen, auf ein Minimum beschränkt bleiben. Beschichtungen, Zunder, Fremdkörper oder andere Oberflächenunregelmäßigkeiten müssen völlig entfernt werden.

Insbesondere sollte die Oberfläche frei von Schmierstoffen sein. Die Prüfbereiche dürfen je nach Schlaggerät die in Tabelle 3 angegebene Rauheit *Ra* nicht überschreiten, siehe [1] bis [3].

Tabelle 3 — Maximal zulässige Oberflächenrauheit *Ra*

Schlaggeräte-Typ	Maximal zulässige Oberflächenrauheit
	<i>Ra</i> µm
D, DC, D+15, DL, S, E	2,0
G	7,0
C	0,4

ANMERKUNG Eine unzureichende Oberflächenvorbereitung führt zur Verfälschung der Härtewerte. Es wird empfohlen, dass der Prüfbereich spanend bearbeitet und fein geschliffen wird, um die geforderten Rauheiten zu erreichen.

9 Durchführung

9.1 Die Prüfung ist bei Raumtemperatur zwischen 10 °C und 35 °C durchzuführen. Die Probentemperatur kann die Leeb-Härteprüfung beeinflussen. Bei Temperaturen außerhalb dieses Bereiches muss die Temperatur im Prüfbericht angegeben werden.

9.2 Es ist sicherzustellen, dass sich die Probe während des Prüfvorgangs nicht verschiebt. Gegebenenfalls ist hierfür eine geeignete Aufnahmevorrichtung zu verwenden. Die Auflageflächen müssen sauber und frei von Fremdkörpern (Zunder, Schmierstoffe, Schmutz usw.) sein.

9.3 Schwingungen und Bewegungen der Probe und des Schlaggerätes während der Leeb-Härteprüfung können das Ergebnis beeinflussen und sind zu vermeiden.

9.4 Magnetische Felder in der Umgebung können die Ergebnisse der Leeb-Härteprüfung beeinflussen und sind zu vermeiden.

9.5 Die Prüfung erfolgt senkrecht zur Prüfoberfläche.

Vor der Prüfung ist sicherzustellen, dass die erforderlichen Geräteeinstellungen gemäß Herstellerangaben korrekt erfolgt sind. Abweichungen > 5° von der Richtung des Schwerfeldes führen zu Fehlern. Wird nicht parallel zum Schwerfeld gemessen, sind Richtungskorrekturen des Prüfergebnisses zu beachten (siehe Abschnitt 5).

9.6 Vor Beginn der Messungen ist durch die Prüfung auf einer Härtevergleichsplatte sicherzustellen, dass das Gerät den kalibrierten Härtewert anzeigt (siehe Anhang A).

9.7 Nach dem festen Aufsetzen des gespannten Schlaggerätes auf der vorbereiteten Prüffläche wird die Messung ausgelöst. Auf- und Rückprallgeschwindigkeit werden von der Mess- und Anzeigeeinheit erfasst und zum Härtewert HL verarbeitet.

9.8 Für die Bestimmung der Leeb-Härte ist der arithmetische Mittelwert aus mindestens drei Messwerten zu ermitteln. Ist die Spannweite aus 3 Messwerten größer als 20 HL, sollten mindestens zehn Messwerte zur Mittelwertbildung verwendet werden.

9.9 Der Abstand des Mittelpunktes jedes Prüfeindruckes vom Rand der Probe muss mindestens so gewählt sein, dass die Anschlagkappe noch voll auf dem Prüfmaterial aufliegt. Für Schlaggerät DL muss der Abstand vom Rand größer als 5 mm sein.

9.10 Der minimale Abstand, gemessen von Rand zu Rand zweier nebeneinander liegender Prüfeindrücke, sollte größer als der dreifache Durchmesser des größeren Eindruckes sein.

9.11 Typische Eindruckdurchmesser bei verschiedenen Härten für die jeweiligen Schlaggeräte sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 — Typische Eindruckdurchmesser auf Stahl verschiedener Härte

Schlaggeräte-Typ	Bei 570 HLD	Bei 760 HLD	Bei 840 HLD
	Durchmesser mm	Durchmesser mm	Durchmesser mm
D, DC, D+15, DL, S, E	0,54	0,45	0,35
G	1,03	0,9	— ^a
C	0,38	0,32	0,3
a nicht typischer Anwendungsfall			

10 Messunsicherheit der Ergebnisse

Die Messunsicherheit der Ergebnisse ist abhängig von verschiedenen Quellen, die in zwei Kategorien eingeteilt werden können:

- Quellen, die abhängig sind vom Härteprüfgerät nach Leeb (einschließlich der Messunsicherheit bei der direkten Kalibrierung des Prüfgerätes) sowie von der Kalibrierung der Härtevergleichsplatten;
- Quellen, die abhängig sind von angewendeten Prüfverfahren und von unterschiedlichen Prüfbedingungen.

Als Werte für die erweiterte Messunsicherheit (Vertrauensniveau 95 %) können die Grenzabweichungen des Prüfgerätes unter Prüfbedingungen aus DIN 50156-2:2007-07, Tabelle 2 verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Eine vollständige Bewertung der Messunsicherheit sollte in Anlehnung an den „ISO-Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)“ [4] durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Es ist nicht immer möglich, alle festgestellten Aspekte zu quantifizieren, die zur Messunsicherheit beitragen. Aus der statistischen Analyse mehrerer Messungen an der Probe ergibt sich in jedem Fall ein Schätzwert für die Unsicherheit der Messung.

Ein Beispiel für die Abschätzung der Unsicherheit der gemessenen Härtewerte ist in Anhang B angegeben.

11 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- a) Hinweis auf diese Norm (DIN 50156-1);
- b) alle Einzelheiten, die für die Identifizierung der Probe notwendig sind;
- c) Angaben zum verwendeten Prüfgerät (Schlaggeräte-Typ);
- d) erhaltenes Messergebnis und Anzahl der zugrunde liegenden Einzelwerte;

- e) alle wesentlichen Einzelheiten der Prüfung, welche nicht in dieser Norm (DIN 50156-1) festgelegt sind, oder die wahlweise angewandt wurden, z. B. Art der Kopplung, Prüfort auf der Probe, Richtung des Schlages im Schwerefeld;
- f) Einzelheiten über alle Vorkommnisse, die das Messergebnis beeinflusst haben könnten;
- g) die Temperatur der Umgebung und der Probe, wenn sie außerhalb des in 8.1 festgelegten Bereiches liegen;
- h) Messunsicherheit der Härtewerte;
- i) Name des Prüfers;
- j) Datum.

ANMERKUNG 1 Ein exakter Vergleich von Leeb-Härtewerten untereinander ist nur möglich, wenn gleiche Prüfbedingungen angewendet werden.

ANMERKUNG 2 Es gibt kein allgemein gültiges Verfahren für die genaue Umwertung der Leeb-Härte in Härtewerte anderer Härteprüfverfahren oder in die Zugfestigkeit. Umwertungen sind daher zu vermeiden, wenn keine verlässliche Grundlage für die Umwertung durch Vergleichsprüfungen vorhanden ist.

Anhang A (informativ)

Verfahren für die periodische Prüfung der Prüfgeräte durch den Anwender

Eine einfache Prüfung des Prüfgerätes sollte an jedem Tag, an dem das Prüfgerät verwendet wird, in jedem verwendeten Härtebereich vorgenommen werden.

Die Prüfung besteht darin, mindestens drei Eindrücke auf einer nach DIN 50156-3 kalibrierten Härtevergleichsplatte zu erzeugen. Wenn die Differenz zwischen dem Mittelwert der abgelesenen Härte und der Härte der Härtevergleichsplatte ≤ 15 HL und die maximale Spannweite ≤ 15 HL ist, kann das Prüfgerät als zufrieden stellend betrachtet werden. Wenn nicht, sollte eine indirekte Prüfung durchgeführt werden.

Ein Protokoll dieser Ergebnisse sollte aufbewahrt werden, um die Reproduzierbarkeit und die Anzeigeabweichung des Prüfgerätes bestimmen zu können.

Anhang B (informativ)

Unsicherheit der gemessenen Härtemesswerte

B.1 Allgemeine Anforderungen

Die Herangehensweise an die Bestimmung der Unsicherheit berücksichtigt nur jene Unsicherheiten, die mit der messtechnischen Gesamtfunktion des Härteprüfgerätes im Zusammenhang mit Härtevergleichsplatten verbunden sind. Die Unsicherheiten der Funktion widerspiegeln die kombinierte Wirkung aller Einzelunsicherheiten (indirekte Prüfung). Wegen dieser Herangehensweise ist es wichtig, dass die individuellen Gerätekomponten innerhalb der Toleranzen wirken. Es wird nachdrücklich empfohlen, dass dieses Verfahren längstens nach einem Jahr nach dem erfolgreichen Bestehen der direkten Prüfung angewendet wird.

Bild B.1 zeigt die Struktur der metrologischen Kette mit vier Niveaus, die notwendig sind, um die Härteskalen zu definieren und weiterzugeben. Die Kette beginnt auf dem **internationalen Niveau**, wo die internationalen Definitionen der verschiedenen Härteskalen festgelegt werden, um internationale Vergleiche durchzuführen. Eine Anzahl von primären Härtenormalmessenrichtungen auf dem **nationalen Niveau** „erzeugen“ primäre Härtevergleichsplatten für das Niveau der Kalibrierlaboratorien. Natürlich sollten die direkte Kalibrierung und Prüfung dieser Geräte mit höchstmöglicher Genauigkeit erfolgen.

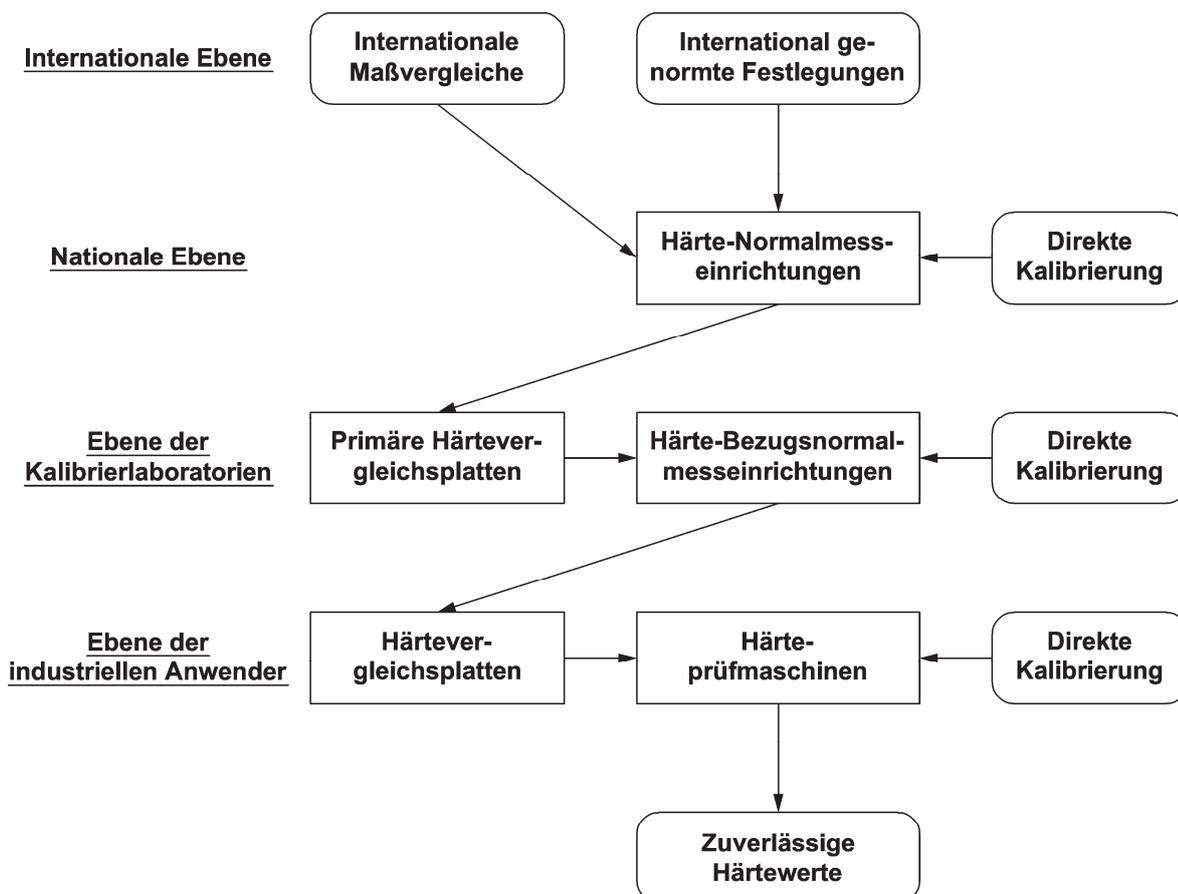


Bild B.1 — Struktur der metrologischen Kette für die Definition und Weitergabe der Härteskalen

B.2 Verfahren zur Berechnung der Unsicherheit der Härtemesswerte

B.2.1 Verfahren ohne Messabweichung (Methode 1)

Die Methode 1 (abgekürzt mit M1) ist eine vereinfachte Methode, die ohne Berücksichtigung des systematischen Fehlers des Härteprüfgerätes angewendet werden kann.

In M1 wird die Grenzabweichung, d. h. der Bereich, in dem das Gerät von der Härtevergleichsplatte abweichen darf, benutzt, um die Unsicherheitsquelle u_E zu definieren. Es findet keine Korrektur der Härtewerte in Bezug auf diesen Fehler statt.

Das Verfahren zur Bestimmung von U ist in Tabelle B.1 [6], [7] erläutert.

$$U = k \cdot \sqrt{u_E^2 + u_{\text{CRM}}^2 + u_H^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{\text{ms}}^2} \quad (\text{B.1})$$

Dann ist das Messergebnis gegeben durch:

$$\bar{X} = \bar{x} \pm U \quad (\text{B.2})$$

Tabelle B.1— Bestimmung der erweiterten Unsicherheit nach der Methode M1

Schritt	Unsicherheitsquellen	Symbol	Gleichung	Literatur/Zertifikat	Beispiel [.] = HL
1 M1	Standardunsicherheit entsprechend der Grenzabweichung	u_E	$u_E = \frac{u_{E,2r} \cdot H_{CRM}}{2,8}$	Grenzabweichung $u_{E,2r}$ nach DIN 50156-2:2007-07, Tabelle 2. H_{CRM} aus Kalibrierzeugnis. Siehe Anmerkung 1.	$u_E = \frac{0,015 \cdot 767}{2,8} = 4,1$
2 M1	Standardunsicherheit und Mittelwert der Härte des CRM (wegen der detaillierten Berechnung, siehe DIN 50156-3:2007-07, Tabelle A.4)	$u_{CRM},$ H_{CRM}	$u_{CRM} = \frac{U_{CRM}}{2}$	U_{CRM}, H_{CRM} entsprechend dem Kalibrierzeugnis des CRM. Siehe Anmerkung 2.	$u_{CRM} = \frac{5,52}{2} = 2,76$ $\bar{X}_{CRM} = 767,0$
3 M1	Mittelwert und Standardabweichung bei Messung auf dem CRM	$\bar{H},$ s_H	$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$ $s_H = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}$	H_i DIN 50156-2:2007-07, 5.7	Einzelmessungen: 764 – 770 – 768 – 768 – 765 – 770 – 766 – 767 – 772 – 771 $\bar{H} = \frac{768,1}{s_H} = 2,6$
4 M1	Standardunsicherheit des Härteprüfgerätes bei Messung des CRM	$u_{\bar{H}}$	$u_{\bar{H}} = \frac{t \cdot s_H}{\sqrt{n}}$	$t = 1,06$ für $n = 10$	$u_{\bar{H}} = \frac{1,06 \times 2,6}{\sqrt{10}} = 0,87$
5 M1	Mittelwert und Standardabweichung bei Messung eines Prüflings	$\bar{x},$ s_x	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ $s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	$n = 5$ Messungen auf dem Prüfling. Wenn $n = 1, s_x = 0$. Der Prüfbericht sollte einen Hinweis enthalten, dass sich die Messunsicherheit nur auf diese Messwertaufzeichnung bezieht, nicht aber auf die gesamte Probe.	Einzelwerte: 780 – 786 – 784 – 784 – 782 $\bar{x} = 783,2$ $s_x = 2,28$

Tabelle B.1 (fortgesetzt)

Schritt	Unsicherheitsquellen	Symbol	Gleichung	Literatur/Zertifikat	Beispiel [.] = HL
6 M1	Standardunsicherheit bei Messung eines Prüflings	$u_{\bar{x}}$	$u_{\bar{x}} = \frac{t \cdot s_x}{\sqrt{n}}$	$t = 1,14$ für $n = 5$	$u_{\bar{x}} = \frac{1,14 \cdot 2,28}{\sqrt{5}} = 1,16$
7 M1	Standardunsicherheit aufgrund der Auflösung des Messsystems	u_{ms}	$u_{ms} = \frac{ms}{2\sqrt{3}}$	$ms = 1$ HL	$u_{ms} = \frac{0,5}{\sqrt{3}} = 0,29$
8 M1	Bestimmung der erweiterten Unsicherheit	U	$U = k \cdot \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_H^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{ms}^2}$	Schritte 1 bis 7 $k = 2$	$U = 2 \sqrt{4,1^2 + 2,76^2 + 0,87^2 + 1,16^2 + 0,29^2}$ $U = 10,32$ HL
9 M1	Messergebnis	\bar{X}	$\bar{X} = \bar{x} \pm U$	Schritte 5 und 8	$\bar{X} = (783,2 \pm 10,32)$ HL
ANMERKUNG 1 Der Faktor 2,8 ist von der Bestimmung der Standardunsicherheit für eine Rechteckverteilung abgeleitet.					
ANMERKUNG 2 Erforderlichenfalls muss die Härteänderung des CRM berücksichtigt werden.					

B.2.2 Verfahren ohne Messabweichung (Methode 2)

Die Methode 2 (abgekürzt M2) ist eine mit M1 gleichwertige Methode, bei der die Größen u_{CRM} , u_H und u_{ms} zur Messunsicherheit des Härteprüfgerätes zusammengefasst sind. Die Messunsicherheit des Härteprüfgerätes u_{HTM} kann dem Kalibrierschein bzw. dem Prüfungszeugnis des Härteprüfgerätes entnommen werden.

Die Messunsicherheit des Härteprüfgerätes ergibt sich aus der Gleichung:

$$u = \sqrt{u_E^2 + u_X^2 + u_{HTM}^2} \tag{B.3}$$

Dabei ist

u_E die Unsicherheit aufgrund der Grenzabweichung des Härteprüfgerätes (siehe Tabelle B.1, Schritt 1);

\bar{u}_X die Standardunsicherheit aufgrund der Inhomogenität der Härteverteilung auf der Probe;

u_{HTM} die Unsicherheit des Härteprüfgerätes (siehe DIN 50156-2:2007-07, Anhang A).

Beispiele, siehe Tabellen B.2 und B.3.

Tabelle B.2 — Bestimmung der Inhomogenität der Probe

Nr	Gemessener Härtewert H , HL
1	780 _{min}
2	786 _{max}
3	784
4	784
5	782
Mittelwert \bar{H}	783,2
Standardabweichung s_X	2,28

Standardunsicherheit der Probe:

$$\bar{u}_X = \frac{t \cdot s_X}{\sqrt{n}} \tag{B.4}$$

mit Studentfaktor $t = 1,14$ und $n = 5$:

$$\bar{u}_X = 1,16 \text{ HL}$$

Tabelle B.3 — Messunsicherheit der Probe

Härte der Probe	Inhomogenität der Probe	Standardunsicherheit aufgrund der Grenzabweichung	Messunsicherheit des Härteprüfgerätes	Erweiterte Messunsicherheit der Probe
\bar{H} , HL	\bar{u}_x , HL	u_E , HL	u_{HTM} , HL (siehe DIN 50156-2:2007-07, Anhang A)	U , HL
781,2	1,16	4,1	2,9	10,3

Die erweiterte Unsicherheit U wird aus u_i abgeleitet, indem sie mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ multipliziert wird.

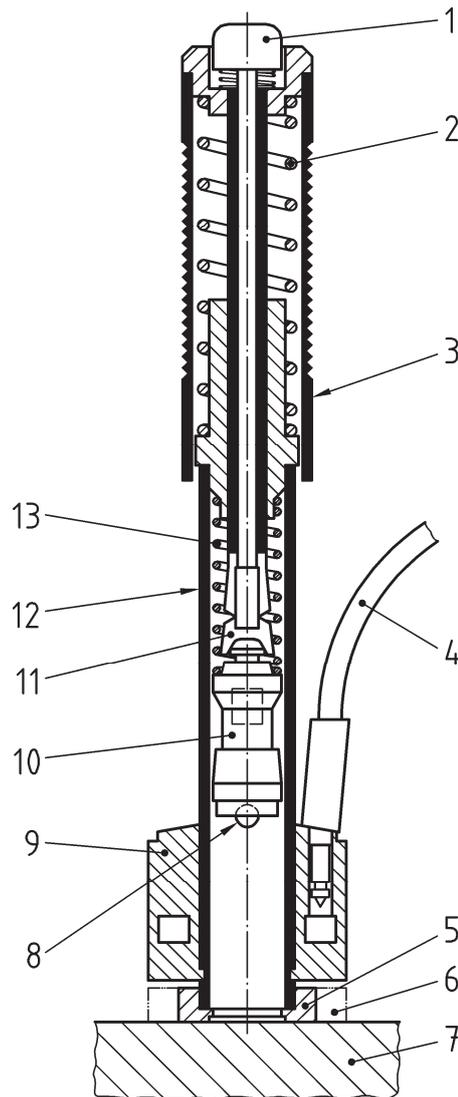
B.3 Darstellung des Messergebnisses

Bei der Darstellung des Messergebnisses sollte das angewandte Verfahren angegeben werden.

Anhang C (informativ)

Realisierung von Leeb-Härteprüfgeräten

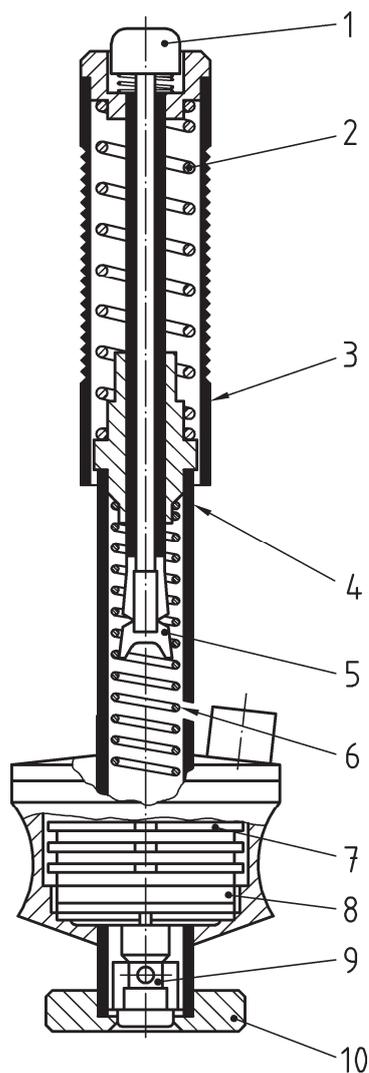
Eine Möglichkeit zur technischen Realisierung eines Schlaggerätes besteht aus einer Spann und Auslösevorrichtung mit Induktionsspulen einerseits und einem davon entkoppelten, freien Schlagkörper (siehe Bilder C.1 und C.2) andererseits.



Legende

- | | | | |
|---|---|----|-------------------------|
| 1 | Auslöseknopf | 8 | kugelförmige Prüfspitze |
| 2 | Ladefeder | 9 | Spule mit Halterung |
| 3 | Laderohr | 10 | Schlagkörper |
| 4 | Verbindungskabel zum Anzeigegerät mit Spulenstecker | 11 | Fangzange |
| 5 | kleine Anschlagkappe | 12 | Führungsrohr |
| 6 | große Anschlagkappe | 13 | Schlagfeder |
| 7 | zu prüfender Werkstoff | | |

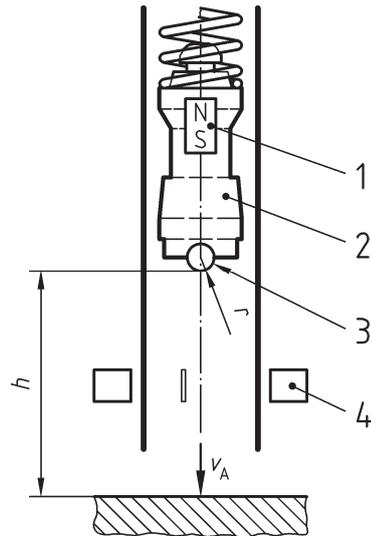
**Bild C.1 — Schema eines typischen Schlaggerätes im Zustand vor der Schlagauslösung
(Schlagfeder gespannt)**



Legende

- | | |
|----------------|---|
| 1 Auslöseknopf | 6 Schlagfeder |
| 2 Ladefeder | 7 Spulen |
| 3 Laderohr | 8 Spule mit Kabelanschluss |
| 4 Führungsrohr | 9 Schlagkörper mit kugelförmigem Eindringkörper |
| 5 Fangzange | 10 Anschlagkappe |

Bild C.2 — Schema eines Mehrspulen-Schlaggerätes



Legende

- 1 Dauermagnet (N-Nordpol, S-Südpol)
- 2 Schlagkörper
- 3 Eindringkörper
- 4 Induktionsspule
- h Fallhöhe

Symbole, siehe Tabelle 1

Bild C.3 — Schema eines typischen Schlagkörpers

Literaturhinweise

ASTM A 956 – 02, *Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products*.

- [1] Borggreen, K., Hansen, D. H., Hansen, J. V., Auerkari, P.: „Acceptance Values for Equotip Hardness of some Pressure Vessel Steels“, Nordtest Technical Report 424 — Part 1, FORCE Institute, Copenhagen, 1999
- [2] Borggreen, K., Tønder, P., Lorentzen, M. S., Hansen, J. V., Auerkari, P.: “Comparison of Portable Hardness Testers — Performance with Ideal Samples”, Nordtest Technical Report 424 — Part 2, FORCE Institute, Copenhagen, 1999
- [3] Borggreen, K., Tønder, P., Lorentzen, M. S., Hansen, J. V., Auerkari, P.: „Comparison of Portable Hardness Testers — Performance with Non-ideal Samples and Cases“, Nordtest Technical Report 424 — Part 3, FORCE Institute, Copenhagen, 1999
- [4] GUM — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO, 1995
- [5] Wehrstedt, A., Patkovszky, I.: News in the field of standardization about verification and calibration of materials testing machines, May 2001, EMPA Academy 2001
- [6] Gabauer, W.: Manual codes of practice for the determination of uncertainties in mechanical tests on metallic materials, The estimation of uncertainties in hardness measurements, Project No. SMT4-CT97-2165, UNCERT COP 14:2000
- [7] Polzin, T., Schwenk, D.: Method for Uncertainty Determination of Hardness Testing; PC File for Determination, *Materialprüfung* **44** (2002) 3, 64–71
- [8] Leeb, D.: Definition of the hardness value „L“ in the EQUOTIP dynamic measuring method; VDI-Report No. 583, pp. 109-133, 1986
- [9] Leeb, D.: Dynamische Härteprüfung; in „Härteprüfung an Metallen und Kunststoffen“, Hrsg. Weiler, W., Leeb, D., Müller, K. und Rupp, D. M., 2. Auflage, Expert Verlag, Ehningen bei Böblingen, 1990
- [10] Leeb, D.: New dynamic method for hardness testing of metallic materials; VDI-Report No. 308, pp. 123–128, 1978
- [11] Kompatscher, M.: Dynamic Hardness Measurements; *MĀPAN — Journal of Metrology Society of India*, Vol. 20, No. 1, 2005; pp. 25–36
- [12] Kompatscher, M.: EQUOTIP — Rebound Hardness Testing after D. Leeb; in IMEKO TC5 Conference Proceedings „Hardness Measurements — Theory and Application in Laboratories and Industries“, HARDMEKO 2004, 11–12 November, 2004, Washington, D.C., USA