

DIN 50156-2

DIN

ICS 77.040.10

**Metallische Werkstoffe –
Härteprüfung nach Leeb –
Teil 2: Prüfung und Kalibrierung der Härteprüfgeräte**

Metallic materials –
Leeb hardness test –
Part 2: Verification and calibration of the testing devices

Matériaux métalliques –
Essai de dureté Leeb –
Partie 2: Vérification et étalonnage des appareils d'essai

Gesamtumfang 12 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Allgemeine Bedingungen	3
4 Bezeichnung	3
5 Direkte Kalibrierung	4
6 Indirekte Prüfung	5
7 Zeitabstände zwischen den Prüfungen	6
8 Kalibrierschein/Prüfzeugnis	7
Anhang A (informativ) Messunsicherheit der Kalibrierergebnisse des Härteprüfgerätes	8
Anhang B (informativ) Direkte Kalibrierung von Einspulen-Messsystemen	11
Literaturhinweise	12

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

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt das Verfahren für die Prüfung und Kalibrierung von Prüfgeräten zur Bestimmung der Leeb-Härte nach DIN 50156-1 fest.

Diese Norm legt ein direktes Prüfverfahren zur Prüfung der Hauptfunktionen des Prüfgerätes und ein indirektes Prüfverfahren, das für die Ermittlung der Gesamtabweichung des Prüfgerätes geeignet ist, fest. Das indirekte Prüfverfahren kann für die regelmäßige Routineüberprüfung beim Anwender eingesetzt werden.

ANMERKUNG Prüfgeräte nach dieser Norm können nur dann direkt kalibriert werden, wenn die dafür erforderlichen Referenzwerte von den Geräteherstellern vorliegen.

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 50156-1:2007-07, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Leeb — Teil 1: Prüfverfahren*

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

3 Allgemeine Bedingungen

Vor der Prüfung des Härteprüfgerätes muss sichergestellt sein, dass es entsprechend der Betriebsanleitung eingestellt ist.

Geprüft werden das Schlaggerät, der Schlagkörper, die Anschlagkappe und das Anzeigegerät auf äußere Beschädigungen mittels Sichtkontrolle. Weiterhin wird die Funktionsprüfung des Härteprüfgerätes nach 5.3 durchgeführt.

Die Kalibrierung eines Härteprüfgerätes nach Leeb erfolgt direkt nach Abschnitt 5 und indirekt nach Abschnitt 6.

4 Bezeichnung

Prüfung und Kalibrierung des Leeb-Härteprüfgerätes nach DIN 50156-2.

5 Direkte Kalibrierung

5.1 Allgemeines

5.1.1 Die direkte Kalibrierung sollte bei einer Temperatur von (23 ± 5) °C durchgeführt werden. Wenn die direkte Kalibrierung außerhalb dieses Temperaturbereichs durchgeführt wurde, muss dies im Kalibrierschein angegeben werden.

5.1.2 Die für die Kalibrierung verwendeten Geräte müssen auf die nationalen Normale rückgeführt sein.

5.1.3 Die direkte Kalibrierung beinhaltet:

- a) die geometrische Kalibrierung und die Massebestimmung des Schlagkörpers (Werte der Massen entsprechend der Herstellerangaben);
- b) die geometrische Kalibrierung der Anschlagkappe;
- c) die Kalibrierung des Schlaggerätes mit einem Referenz-Schlagkörper (siehe DIN 50156-3:2007-07, Tabelle A.1);
- d) die Kalibrierung des Schlaggerätes und des zugehörigen Schlagkörpers mit einer Bezugsnorm-Messeinrichtung (siehe DIN 50156-3:2007-07, Tabelle A.2).

ANMERKUNG Andere Kalibrierverfahren, deren Rückführung sichergestellt ist, können angewendet werden.

5.2 Geometrische Kalibrierung des Schlagkörpers und der Anschlagkappe

5.2.1 Der Schlagkörper trägt an der Schlagseite einen sphärischen Eindringkörper aus Hartmetall, Keramik oder synthetischem Diamant, siehe hierzu DIN 50156-1:2007-07 Tabelle 1.

5.2.2 Die sphärischen Eindringkörper müssen poliert und bei mindestens 20-facher Vergrößerung frei von Oberflächenfehlern sein.

5.2.3 Die Kalibrierung der Form des Eindringkörpers und der Anschlagkappe muss mittels direkter Messung oder durch Ausmessen auf einem Projektionsschirm vorgenommen werden.

Kein Einzelwert darf die in den Herstellerangaben angegebenen Toleranzen überschreiten.

5.3 Kalibrierung des Schlaggerätes durch Funktionsprüfung

Die Funktionsprüfung des Schlaggerätes erfolgt mittels Referenz-Schlagkörper und Referenz-Anzeigegerät. Anstelle des zum Prüfgerät gehörenden Schlagkörpers wird in das Schlaggerät ein Referenz-Schlagkörper eingesetzt. Es wird anschließend mit dem Referenz-Anzeigegerät verbunden. Nach Auslösen des Schlages in Richtung des Schwerfeldes auf eine Probe wird das angezeigte Messsignal mit dem Referenz-Signalwert verglichen.

ANMERKUNG Sind Schlaggerät und Anzeigegerät in einem Bauteil zusammengefügt, hat der Gerätehersteller eine Möglichkeit anzubieten, um den Signalverlauf darstellen zu können. In Bild B.1 ist der typische Signalverlauf eines Einspulen-Prüfgerätes — induzierte Spannung U gegen Zeit t — dargestellt. Entscheidend ist der Teil der Signalkurve vor dem Aufprall, da er gerätespezifisch und unabhängig vom geprüften Werkstoff ist.

Kein Einzelwert darf den vom Hersteller vorgegebenen Toleranzbereich des Referenz-Signalwertes überschreiten.

6 Indirekte Prüfung

6.1 Temperatur bei der indirekten Prüfung

Die indirekte Prüfung sollte bei einer Temperatur von $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ mittels Härtevergleichsplatten durchgeführt werden, die nach DIN 50156-3 kalibriert wurden. Wenn die indirekte Prüfung außerhalb dieses Temperaturbereichs durchgeführt wurde, muss dies im Kalibrierschein angegeben werden.

6.2 Zu verwendende Härtevergleichsplatten

Das Prüfgerät muss für jede üblicherweise verwendete Leeb-Härte geprüft werden. Dafür müssen drei verschiedene Härtevergleichsplatten aus unterschiedlichen Härtebereichen verwendet werden, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Härtebereiche

Schlaggeräte-Typ	Härtebereiche für die Anschlusskalibrierung
D/DC, E, S, C	< 500 HL 500 HL bis 700 HL > 700 HL
G	< 450 HL 450 HL bis 600 HL > 600 HL
DL, D+15	< 550 HL 550 HL bis 750 HL > 750 HL

6.3 Durchführung

Auf jeder Härtevergleichsplatte sind zehn Eindrücke zu erzeugen. Die Prüfung ist nach DIN 50156-1 vorzunehmen.

ANMERKUNG Für spezielle Anwendungen kann ein Härteprüfgerät nur für den Härtebereich geprüft werden, der der zu prüfenden Härte entspricht.

6.4 Variationskoeffizient (V)

$$V = \frac{s(H)}{H} \cdot 100 \text{ in \%} \quad (1)$$

Darin ist $s(H)$ die Standardabweichung aus den $n = 10$ Einzelmessungen:

$$s(H) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Der arithmetische Mittelwert \bar{H} aus den $n = 10$ gemessenen Härtewerten wird wie folgt berechnet:

$$\bar{H} = \frac{H_1 + \dots + H_n}{n} \quad (3)$$

Der Variationskoeffizient des geprüften Prüfgerätes ist als ausreichend zu betrachten, wenn sie die in Tabelle 2 angegebenen Bedingungen erfüllt.

6.5 Abweichung

Die Abweichung des Prüfgerätes ergibt sich aus:

$$E = \bar{H} - H_{CRM} \tag{4}$$

Dabei ist

$$\bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \quad (n = 10) \tag{5}$$

Dabei ist

- H_1, H_2, \dots, H_n die gemessenen Härtewerte;
- H_{CRM} die Härte der verwendeten Härtevergleichsplatte;
- n die Anzahl der Messungen.

Die prozentuale Grenzabweichung des Härteprüfgerätes errechnet sich wie folgt:

$$E_{rel} = \frac{\bar{H} - H_{CRM}}{H_{CRM}} \cdot 100 \text{ in } \% \tag{6}$$

Die Grenzabweichung des Härteprüfgerätes, ausgedrückt in Prozent der angegebenen Härte der Härtevergleichsplatte, darf nicht mehr als die in Tabelle 2 angegebenen Werte betragen.

Tabelle 2 — Zulässiger Variationskoeffizient und Grenzabweichung des Prüfgerätes auf kalibrierten Härtevergleichsplatten

Härte der Härtevergleichsplatte	Variationskoeffizient des Prüfgerätes V %	Grenzabweichung des Prüfgerätes E_{rel} %
≤ 450 HL	2,5	±4,0
450 HL bis 750 HL	2,0	±3,0
> 750 HL	1,5	±2,0

6.6 Messunsicherheit

Ein Beispiel für die Abschätzung der Messunsicherheit der Kalibrierergebnisse des Härteprüfgerätes ist im Anhang A angegeben.

7 Zeitabstände zwischen den Prüfungen

Die Festlegungen für die direkte Prüfung sind in Tabelle 3 angegeben.

Die indirekte Prüfung muss mindestens einmal in 12 Monaten und nach jeder direkten Prüfung durchgeführt werden.

Tabelle 3 — Direkte Prüfung von Härteprüfgeräten

Prüfanforderungen	Schlagkörper	Mess-einrichtung ^b	Anschlagkappe	Eindringkörper
vor der ersten Inbetriebnahme	x	x	x	x
nach Reparatur, wenn Prüfkraft, Messeinrichtung oder Prüfzyklus beeinträchtigt werden	x	x	x	x
Versagen bei der indirekten Prüfung ^a	x	x	x	x
sofern indirekte Prüfung > 14 Monate zurückliegt	x	x	x	x
<p>^a Diese Parameter sind nacheinander zu prüfen, bis das Gerät die indirekte Prüfung besteht. Sie brauchen nicht geprüft zu werden, wenn durch Einsatz eines Referenzschlagkörpers nachgewiesen werden kann, dass der Schlagkörper die Ursache der nicht bestandenen indirekten Prüfung war.</p> <p>^b Dieser Parameter wird mit Referenz-Schlagkörper und Referenz-Anzeigegerät geprüft.</p>				

8 Kalibrierschein/Prüfzeugnis

Der Kalibrierschein muss folgende Angaben enthalten:

- a) Hinweis auf diese Norm (DIN 50156-2);
- b) Art der Prüfung/Kalibrierung (direkt und/oder indirekt);
- c) Angaben zur Identifizierung des Härteprüfgerätes;
- d) Prüf- und Kalibriermittel (Härtevergleichsplatten, Referenz-Schlagkörper usw.);
- e) Temperatur der Prüfung/Kalibrierung;
- f) erhaltenes Ergebnis;
- g) Messunsicherheit der Kalibrierergebnisse;
- h) Prüfungs-/Kalibrierdatum und Angabe der Prüf-/Kalibrierstelle.

Anhang A (informativ)

Messunsicherheit der Kalibrierergebnisse des Härteprüfgerätes

ANMERKUNG Die für die Definition und Weitergabe der Härteskalen erforderliche metrologische Kette ist in DIN 50156-1:2007-07, Bild B.1 gezeigt.

A.1 Direkte Kalibrierung des Härteprüfgerätes

A.1.1 Kalibrierung des Schlagkörpers und der Anschlagkappe

Der Schlagkörper, der an der Schlagseite einen sphärischen Eindringkörper aus Hartmetall, Keramik oder synthetischem Diamant besitzt, und die Anschlagkappe können vor Ort nicht geprüft bzw. kalibriert werden. Es muss ein gültiges Kalibrierzeugnis eines akkreditierten Kalibrierlaboratoriums vorliegen, das die geometrischen Abweichungen, die physikalischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung des Eindringkörpers bestätigt (siehe 5.2).

A.1.2 Kalibrierung des Schlaggerätes mit Referenz-Schlagkörper und Referenz-Anzeigegerät

Die Funktionsprüfung des Gesamtsystems erfolgt nur mit einem Referenz-Schlagkörper und einem Referenz-Anzeigegerät unter Laborbedingungen (siehe 5.3).

A.2 Indirekte Prüfung des Härteprüfgerätes

Durch die indirekte Prüfung mit Härtevergleichsplatten wird die Gesamtfunktion des Härteprüfgerätes überprüft. Der Variationskoeffizient sowie die Abweichung des Härteprüfgerätes vom Istwert der Härtevergleichsplatte werden bestimmt.

Die Messunsicherheit der indirekten Prüfung des Härteprüfgerätes folgt der Gleichung:

$$u_{\text{HTM}} = \sqrt{u_{\text{CRM}}^2 + u_{\text{CRM-D}}^2 + u_{\text{H}}^2 + u_{\text{ms}}^2} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

- u_{CRM} die Kalibrierunsicherheit der Härtevergleichsplatte entsprechend dem Kalibrierzeugnis für $k = 1$;
- $u_{\text{CRM-D}}$ die Härteänderung der Härtevergleichsplatte seit ihrer letzten Kalibrierung aufgrund von Drift (vernachlässigbar bei normgerechtem Gebrauch der Härtevergleichsplatte);
- u_{H} die Standardunsicherheit des Härteprüfgerätes bei Messung des CRM;
- u_{ms} die Standardunsicherheit aufgrund der Auflösung des Härteprüfgerätes.

BEISPIEL (verwendete Werte, siehe Tabellen A.1 und A.2)

Härte der Härtevergleichsplatte: $H_{\text{CRM}} = (767 \pm 5,5) \text{ HL}$

Messunsicherheit der Härtevergleichsplatte: $U_{\text{CRM}} = 5,5 \text{ HL}$

Auflösung des Härteprüfgerätes: $\delta_{\text{ms}} = 1 \text{ HL}$

Tabelle A.1 — Ergebnisse der indirekten Prüfung

Nr	Gemessener Härtewert HL
1	764 _{min}
2	770
3	768
4	768
5	765
6	770
7	766
8	767
9	772 _{max}
10	771
Mittelwert \bar{H}	768,1
Standardabweichung s_H	2,6

$$E = \bar{H} - H_{CRM}$$

$$E = 768,1 - 767 = 1,1 \text{ HL} \quad (\text{A.2})$$

$$u_H = \frac{t \cdot s_H}{\sqrt{n}} \quad (\text{A.3})$$

Für den Studentfaktor $t = 1,06$, $n = 10$ und $s_H = 2,6$ HL ergibt sich:

$$u_H = 0,87 \text{ HL}$$

Die durch die Auflösung des Messsystems bedingte Unsicherheit ergibt:

$$u_{ms} = \frac{\delta_{ms}}{2\sqrt{3}} \quad (\text{A.4})$$

$$u_{ms} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0,29 \text{ HL} \quad (\text{A.5})$$

Tabelle A.2 — Messunsicherheitsbudget

Größe	Schätzwert	Standardmessunsicherheit	Verteilungstyp	Empfindlichkeitskoeffizient	Beitrag zur Unsicherheit
X_i	x_i	$u(x_i)$		c_i	$u_i(H)$
u_{CRM}	767 HL	2,75 HL	Normal	1,0	2,75 HL
u_H	0 HL	0,87 HL	Normal	1,0	0,87 HL
u_{ms}	0 HL	0,29 HL	Rechteck	1,0	0,29 HL
u_{CRM-D}	0 HL	0 HL	Dreieck	1,0	0 HL
Kombinierte Messunsicherheit u_{HTM}					2,9 HL
Erweiterte Messunsicherheit U_{HTM} ($k = 2$)					5,8 HL

Tabelle A.3 — Maximale Abweichung des Härteprüfgerätes, einschließlich der Messunsicherheit

Mit dem Härteprüfgerät gemessene Härte	Erweiterte Messunsicherheit	Abweichung des Prüfgerätes beim Kalibrieren mit der Härtevergleichsplatte	Maximale Abweichung des Prüfgerätes, einschließlich der Messunsicherheit
HL	U_{HTM} , HL	$ E $, HL	ΔH_{HTMmax} , HL
768,1 HL	5,8	1,1	6,9

Dabei ist

$$E = \bar{H} - H_{CRM}$$

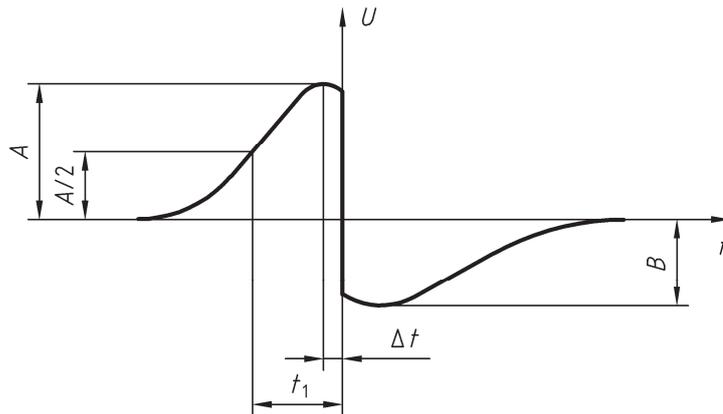
$$\Delta H_{HTMmax} = U_{HTM} + |E| = 5,8 + 1,1 = 6,9 \text{ HL}$$

Das Ergebnis des Beispiels bedeutet, dass die in Tabelle 2 mit $\pm 2,0$ % festgelegte Grenzabweichung des Prüfgerätes, einschließlich der Messunsicherheit des Prüfgerätes, eingehalten ist.

Anhang B (informativ)

Direkte Kalibrierung von Einspulen-Messsystemen

In Bild B.1 ist der typische Signalverlauf eines Einspulen-Prüfgerätes — induzierte Spannung U gegen Zeit t — dargestellt. Entscheidend ist der Teil der Signalkurve vor dem Aufprall, da er gerätespezifisch und unabhängig vom geprüften Werkstoff ist.



Legende

- A Spannungsamplitude, die proportional der Aufprallgeschwindigkeit ist, in Millivolt
- B Spannungsamplitude, die proportional der Rückprallgeschwindigkeit ist, in Millivolt
- U Spannung, in Millivolt
- t Zeit, in Millisekunden
- Δt Zeitdifferenz zwischen Spannungsamplitude und Spannungssprung, in Millisekunden

Bild B.1 — Schema eines typischen Signalverlaufs eines Leeb-Härteprüfgerätes (Einspulensystem)

Literaturhinweise

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

- [1] Wehrstedt, A., Patkovszky, I.: News in the field of standardization about verification and calibration of materials testing machines, May 2001, EMPA Academy 2001
- [2] 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
- [3] Polzin, T., Schwenk, D.: Method for Uncertainty Determination of Hardness Testing; PC File for Determination, *Materialprüfung* **44** (2002) 3, 64–71
- [4] GUM – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO, 1995
- [5] Leeb, D.: Definition of the hardness value „L“ in the EQUOTIP dynamic measuring method; VDI-Report No. 583, pp. 109–133, 1986
- [6] 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
- [7] Leeb, D.: New dynamic method for hardness testing of metallic materials; VDI-Report No. 308, pp. 123–128, 1978
- [8] Kompatscher, M.: Dynamic Hardness Measurements; *MĀPAN – Journal of Metrology Society of India*, Vol. 20, No. 1, 2005; pp. 25–36
- [9] Kompatscher, M.: EQUOTIP – Rebound Hardness Testing after Leeb, D.; in IMEKO TC5 Conference Proceedings „Hardness Measurements — Theory and Application in Laboratories and Industries“, HARDMEKO 2004, 11–12 November, 2004, Washington, D.C., USA