

DIN 50156-3

DIN

ICS 77.040.10

**Metallische Werkstoffe –
Härteprüfung nach Leeb –
Teil 3: Kalibrierung von Härtevergleichsplatten**

Metallic materials –
Leeb hardness test –
Part 3: Calibration of reference blocks

Matériaux métalliques –
Essai de dureté Leeb –
Partie 3: Etalonnage des blocs de référence

Gesamtumfang 12 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Bezeichnung	3
4 Herstellung der Härtevergleichsplatten	3
5 Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung (H-BNME)	4
6 Kalibriervorgang	6
7 Anzahl der Prüfeindrücke	6
8 Gleichmäßigkeit der Härte	6
9 Kennzeichnung	7
10 Gültigkeit	7
Anhang A (informativ) Anforderungen an Härte-Bezugsnormalmesseinrichtungen	8
Anhang B (informativ) Messunsicherheit des Mittelwertes der Härte der Härtevergleichsplatten	9
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 Kalibrierung von Härtevergleichsplatten fest, die bei der indirekten Prüfung von portablen Härteprüfgeräten nach DIN 50156-2 verwendet werden.

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

DIN EN ISO 4287:1998-10, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Teil 10: Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287:1997); Deutsche Fassung EN ISO 4287:1998*

3 Bezeichnung

Kalibrierung von Leeb-Härtevergleichsplatten nach DIN 50156-3.

4 Herstellung der Härtevergleichsplatten

4.1 Die Härtevergleichsplatte muss in einem speziellen Fertigungsverfahren hergestellt werden.

ANMERKUNG Es sollte ein Fertigungsverfahren gewählt werden, das die notwendige Homogenität, Gefügestabilität und Gleichmäßigkeit der Härte gewährleistet.

4.2 Die Größe der zur Kalibrierung vorgesehenen metallischen Platte darf für den Schlaggeräte-Typ G 70 mm Dicke und 120 mm Durchmesser nicht unterschreiten. Für sonstige Schlaggeräte-Typen darf die Platte 54 mm Dicke und 90 mm Durchmesser nicht unterschreiten.

4.3 Die Härtevergleichsplatten dürfen nicht magnetisch sein. Bei Verwendung von Stahl wird eine Bestätigung des Herstellers empfohlen, dass die Platten nach dem Herstellungsprozess (vor der Kalibrierung) entmagnetisiert wurden.

4.4 Die Ebenheitstoleranz der Prüfflächen A und B der Platte beträgt 0,01 mm.

Die Parallelitätstoleranz beträgt 0,1 mm auf 100 mm.

4.5 Die Prüfflächen müssen frei von Kratzern sein, die die Messung der Härteeindrücke beeinflussen können.

Die maximal zulässige Oberflächenrauheit R_a darf 0,025 μm für beide Prüfflächen nicht überschreiten. Die Länge der Messstrecke l beträgt 0,80 mm (siehe DIN EN ISO 4287:1998-10, 3.1.9).

4.6 Um den Nachweis zu ermöglichen, dass nach dem Kalibrieren keine spanabhebende Bearbeitung an der Härtevergleichsplatte mehr erfolgt ist, muss auf der Platte die Dicke zur Zeit der Kalibrierung auf 0,1 mm angegeben werden. Eine andere Möglichkeit ist das Anbringen einer Beschriftung auf beiden Prüfflächen [siehe 9.1 e)].

5 Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung (H-BNME)

5.1 Hierarchie der Rückführung

5.1.1 Die nationale Leeb-Härtenormalmesseinrichtung¹⁾ kalibriert primäre Härtevergleichsplatten in Leeb-Härte für akkreditierte Kalibrierlaboratorien für Härte.

5.1.2 Die Leeb-Härtebezugsnormalmesseinrichtung kalibriert Härtevergleichsplatten in Leeb-Härte in akkreditierten Kalibrierlaboratorien für Härte.

5.1.2.1 Für die Anschlusskalibrierung an das nationale Normal wird an der Leeb-Härtebezugsnormalmesseinrichtung nach der direkten Kalibrierung mit mindestens 3 primären Härtevergleichsplatten, die den gesamten Skalenbereich abdecken (siehe Tabelle 1), eine Anschlusskalibrierung durchgeführt. Die zulässigen Werte sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Härtebereiche und Variationskoeffizienten bei der Anschlusskalibrierung

Schlaggeräte-Typ	Härtebereiche für die Anschlusskalibrierung	Grenzabweichung	Zulässiger Variationskoeffizient
		G_H	V_H
D/DC, E, S, C	< 500 HL	$\pm 2,0 \%$	$\pm 2,0 \%$
	500 HL bis 700 HL	$\pm 1,5 \%$	$\pm 1,5 \%$
	> 700 HL	$\pm 1,0 \%$	$\pm 1,0 \%$
G	< 450 HL	$\pm 2,0 \%$	$\pm 2,0 \%$
	450 HL bis 600 HL	$\pm 1,5 \%$	$\pm 1,5 \%$
	> 600 HL	$\pm 1,0 \%$	$\pm 1,0 \%$
DL, D+15	< 550 HL	$\pm 2,0 \%$	$\pm 2,0 \%$
	550 HL bis 750 HL	$\pm 1,5 \%$	$\pm 1,5 \%$
	> 750 HL	$\pm 1,0 \%$	$\pm 1,0 \%$

Die Anschlusskalibrierung erfolgt auf der Basis von mindestens 10 Einzelmessungen je Härtevergleichsplatte.

1) Befindet sich in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig.

5.1.2.2 Berechnung der Abweichung und Wiederholpräzision bei der Anschlusskalibrierung:

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

Dabei ist

\bar{H} der Mittelwert der Härte;

H_i der Einzelmesswert der Härte.

$$b_H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i - H_{CRM} \quad (2)$$

Dabei ist

H_{CRM} die Härte der primären Härtevergleichsplatte;

b_H die Abweichung der Härte.

Die Anforderungen an die Grenzabweichung der Härte bei der Anschlusskalibrierung ist erfüllt wenn:

$$G_H \leq b_H(H) + U_H \quad (3)$$

Dabei ist

G_H die Grenzabweichung der Härte (siehe Tabelle 1);

U_H die Messunsicherheit laut Kalibrierschein.

Standardabweichung s_H

$$s_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Variationskoeffizient V_H

$$V_H = \frac{s_H}{H} \cdot 100 \% \quad (5)$$

Die Anforderungen an die zulässige Wiederholpräzision W_H (siehe Tabelle 1) der Härte bei der Anschlusskalibrierung ist erfüllt wenn:

$$W_H \leq V_H \quad (6)$$

5.2 Die Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung muss in Zeitabständen, die zwölf Monate nicht überschreiten dürfen, kalibriert werden.

5.3 Anforderungen an eine Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung

Die Anforderungen bezüglich der Parameterrealisierung für eine Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung sind in Anhang A festgelegt.

5.4 Die Geräte für die Prüfung der Leeb-Härtebezugsnormalmesseinrichtung müssen an die nationalen Normale angeschlossen sein.

5.5 Das Auflösungsvermögen der Leeb-Härtebezugsnormalmesseinrichtung muss mindestens 1,0 HL betragen.

6 Kalibriervorgang

6.1 Die Härtevergleichsplatten müssen auf einer Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung nach den Festlegungen in Abschnitt 5 bei einer Temperatur von $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ kalibriert werden. Es ist die in DIN 50156-1 festgelegte Vorgehensweise anzuwenden.

ANMERKUNG Während der Kalibrierung sollte die thermische Drift 1 K nicht überschreiten.

6.2 Die Härtevergleichsplatten werden auf eine Stahlplatte, die eine Dicke von etwa 50 mm und eine Masse von etwa 50 kg aufweist, und deren Auflagefläche mit einer Ebenheit von 0,01 mm geschliffen ist, aufgelegt. Zur Ankopplung dient eine Plastikfolie (Dicke $< 0,1$ mm) oder Koppelpaste zwischen der Stahlplatte und der Härtevergleichsplatte.

7 Anzahl der Prüfeindrücke

Härtevergleichsplatten für die Härteprüfung nach Leeb können auf beiden Prüfflächen (Prüffläche A und Prüffläche B) kalibriert werden. Je Kalibrierung werden 10 gleichmäßig über die gesamte Prüffläche verteilte Prüfeindrücke erzeugt. Der Kalibrierwert ist der arithmetische Mittelwert aus den 10 Einzelwerten. Der Kalibrierwert ist der entsprechenden Prüffläche zugeordnet.

8 Gleichmäßigkeit der Härte

8.1 Die Werte H_1, H_2, \dots, H_{10} und $H_{11}, H_{12}, \dots, H_{20}$ stellen die Leeb-Härtewerte für die beiden Prüfflächen A und B der Härtevergleichsplatte dar, die nach zunehmender Größe geordnet sind.

$$\bar{H}_A = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_{10}}{10} \quad (7)$$

$$\bar{H}_B = \frac{H_{11} + H_{12} + \dots + H_{20}}{10} \quad (8)$$

8.2 Kennwert für die Streuung der Kalibrierwerte ist der Variationskoeffizient. Die zulässigen Werte für den Variationskoeffizienten sind in Tabelle 2 angegeben.

Standardabweichung:

$$s_{H_A} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (H_i - \bar{H}_A)^2}{n-1}} \quad (9)$$

$$s_{H_B} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (H_i - \bar{H}_B)^2}{n-1}} \quad (10)$$

Variationskoeffizient:

$$V_{H_A} = \frac{s_{H_A}}{H_A} \cdot 100 \text{ in \%} \quad (11)$$

$$V_{H_B} = \frac{s_{H_B}}{H_B} \cdot 100 \text{ in \%} \quad (6)$$

Tabelle 2 — Zulässiger Variationskoeffizient bei der Kalibrierung von Härtevergleichsplatten

Härte der Härtevergleichsplatte	Zulässiger Variationskoeffizient
< 450 HL HL	2,0 %
450 HL HL bis 750 HL	1,5 %
> 750 HL HL	1,0 %

8.3 Die Abschätzung der Messunsicherheit der Härtevergleichsplatten ist im Anhang B angegeben.

9 Kennzeichnung

9.1 Jede Härtevergleichsplatte muss mindestens folgende Kennzeichnungen aufweisen (bevorzugt als Gravur auf dem äußeren Rand der Prüfflächen):

- den bei der Kalibrierung ermittelten arithmetischen Mittelwert der Leeb-Härte unter Angabe des Gerätetyps, z. B. 799 HLD;
- Name oder Zeichen des Herstellers oder Lieferers der Härtevergleichsplatten;
- Name oder Zeichen der kalibrierenden Institution;
- Identifikationsnummer;
- Dicke der Härtevergleichsplatte oder die entsprechenden Kennzeichen auf den Prüfflächen;
- Jahr der Kalibrierung, wenn es nicht in der Identifikationsnummer enthalten ist.

9.2 Jede Härtevergleichsplatte muss ein Begleitdokument (Kalibrierschein) besitzen, das mindestens folgende Informationen enthält:

- einen Hinweis auf diese Norm (DIN 50156-3);
- die Kennzeichnung der Härtevergleichsplatte nach 9.1;
- die Einzelwerte und die arithmetischen Mittelwerte der Kalibrierwerte und den Wert, der die Variationskoeffizienten der Härtevergleichsplatte angibt;
- die Messunsicherheit der Kalibrierwerte;
- Datum der Kalibrierung/Ausstellung.

10 Gültigkeit

Die Härtevergleichsplatte ist nur gültig für die Prüfbedingung und den Schlaggeräte-Typ, für die sie kalibriert wurde.

Die Gültigkeit der Kalibrierung sollte auf fünf Jahre begrenzt werden.

Anhang A (informativ)

Anforderungen an Härte-Bezugsnormalmessenrichtungen

A.1 Härte-Bezugsnormalmessenrichtungen nach dem Prinzip der Geschwindigkeitsmessung

Tabelle A.1 — Anforderungen an die Parameterrealisierung für eine Härte-Bezugsnormalmessenrichtung

Parameter	Einheit	Schlaggeräte-Typ						
		D/DC	S	E	D+15	DL	C	G
Geschwindigkeit beim Aufprall v_A	m/s	2,05	2,05	2,05	1,70	1,75	1,4	3,0
Grenzabweichung der Geschwindigkeit beim Aufprall	m/s	$\pm 0,000\ 25$	$\pm 0,000\ 25$	$\pm 0,000\ 25$	$\pm 0,000\ 2$	$\pm 0,000\ 2$	$\pm 0,000\ 2$	$\pm 0,000\ 5$
Schlagkörpermasse m	g	$5,45 \pm 0,03$	$5,40 \pm 0,03$	$5,45 \pm 0,03$	$7,75 \pm 0,03$	$7,24 \pm 0,03$	$3,05 \pm 0,03$	$20,0 \pm 0,03$
Eindringkörperradius r	mm	$1,5 \pm 0,03$	$1,5 \pm 0,03$	$1,5 \pm 0,03$	$1,5 \pm 0,03$	$1,39 \pm 0,03$	$1,5 \pm 0,03$	$2,5 \pm 0,03$
Eindringkörpermaterial		WC ^a	K ^b	PKD ^c	WC	WC	WC	WC
Eindringkörperhärte	HV	$1\ 600 \pm 50$ HV2	$1\ 600 \pm 50$ HV2	$5\ 000 \pm 200$ HV2	$1\ 600 \pm 50$ HV2			

^a Wolframcarbid-Cobalt Hartmetall
^b Keramik
^c polykristalliner Diamant

A.2 Härte-Bezugsnormalmessenrichtungen nach dem Prinzip der Messung eines Referenzsignals

Tabelle A.2 — Anforderungen an die Parameterrealisierung für eine Härte-Bezugsnormalmessenrichtung

Komponente des Leeb-primäre Härteprüfgerätes	Kalibrierung der Komponente	Toleranz
Schlagkörper	Eindringkörperradius	$\pm 0,03$ mm
	Masse	$\pm 0,03$ g
Anschlagkappe	Abstand zwischen Aufstellfläche, Anschlagkappe und Führungsrohrende	$\pm 0,10$ mm
Elektronikeinheit mit A-Wert-Anzeige	Referenzsignal aus Fallrohr der Leeb-Härtenormalmessenrichtung ^a	$\pm 0,05$ V ^b

^a Befindet sich in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig.
^b Für die Kalibrierung wird der Referenzschlagkörper in das zu kalibrierende Härteprüfgerät eingebaut und die Elektronikeinheit mit der A-Wert-Anzeige angeschlossen. Der ermittelte A-Wert darf den Wert des Referenzsignals um die angegebene Toleranz nicht überschreiten.

Anhang B (informativ)

Messunsicherheit des Mittelwertes der Härte der Härtevergleichsplatten

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

B.1 Direkte Kalibrierung der Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung

B.1.1 Kalibrierung der geometrischen Parameter des Schlagkörpers und der Anschlagkappe

Siehe DIN 50156-2:2007-07, 5.2.

B.1.2 Kalibrierung des Signals der Elektronikeinheit

Siehe DIN 50156-2:2007-07, 5.3.

B.2 Indirekte Kalibrierung der Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung

ANMERKUNG In diesem Anhang entspricht die Abkürzung „CRM (Certified reference material)“ dem in dieser Norm verwendeten Begriff „Härtevergleichsplatte“.

Durch die indirekte Kalibrierung mit primären Härtevergleichsplatten wird die Gesamtfunktion der Leeb-Härtebezugsnormalmesseinrichtung überprüft und die Wiederholpräzision und die Abweichung der Leeb-Härtebezugsnormalmesseinrichtung vom Istwert der Härte bestimmt.

Die Messunsicherheit der indirekten Kalibrierung der Leeb-Härtebezugsnormalmesseinrichtung berechnet sich nach folgender Gleichung:

$$u_{\text{CM}} = \sqrt{u_{\text{CRM}}^2 + u_{\text{xCRM-1}}^2 + u_{\text{CRM-D}}^2 + u_{\text{ms}}^2} \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

- u_{CRM} die Kalibrierunsicherheit der primären Härtevergleichsplatte entsprechend dem Kalibrierzeugnis für $k = 1$;
- $u_{\text{xCRM-1}}$ die Wiederholpräzision der Leeb-Härtebezugsnormalmesseinrichtung;
- $u_{\text{CRM-D}}$ die Härteänderung der primären Härtevergleichsplatte seit ihrer letzten Kalibrierung aufgrund von Drift;
- u_{ms} die Standardunsicherheit aufgrund der Auflösung des Messsystems.

BEISPIEL (siehe Tabellen B.1, B.2, B.3 und B.4)

primäre Härtevergleichsplatte:	767 HLD
Messunsicherheit der primären Härtevergleichsplatte:	$u_{\text{xCRM}} = 2,5 \text{ HLD}$
zeitliche Drift der primären Härtevergleichsplatte:	$u_{\text{CRM-D}} = 0$
Auflösung des Messsystems:	$\delta_{\text{ms}} = 1 \text{ HLD}$

Tabelle B.1 — Ergebnisse der indirekten Kalibrierung

Nr	Angezeigter Härtewert HLD
1	763
2	768
3	767
4	768
5	764
6	767
7	765
8	767
9	770
10	769
Mittelwert	766,8
Standardabweichung s_{xCRM-1}	2,2
Standardmessunsicherheit u_{xCRM-1}	0,74

$$u_{xCRM-1} = \frac{t \cdot s_{xCRM-1}}{\sqrt{n}} \tag{B.2}$$

mit Studentfaktor $t = 1,06$ für $n = 10$:

$$u_{xCRM-1} = 0,74 \text{ HLD}$$

Tabelle B.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 HLD	2,5 HLD	Normal	1,0	2,5 HLD
u_{xCRM-1}	0 HLD	0,74 HLD	Normal	1,0	0,74 HLD
u_{ms}	0 HLD	0,29 HLD	Rechteck	1,0	0,29 HLD
u_{CRM-D}	0 HLD	0 HLD	Dreieck	1,0	0 HLD
Kombinierte Messunsicherheit u_{CM}					2,62 HLD
Erweiterte Messunsicherheit U_{CM} (bei $k=2$)					5,25 HLD

B.3 Messunsicherheit von Härtevergleichsplatten

Die Messunsicherheit von Härtevergleichsplatten ergibt sich aus der Gleichung:

$$u_{\text{CRM}} = \sqrt{u_{\text{CM}}^2 + u_{\text{xCRM-2}}^2} \quad (\text{B.3})$$

Dabei ist

u_{CM} die Unsicherheit der Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung;

$u_{\text{xCRM-2}}$ die Standardmessunsicherheit aufgrund der Inhomogenität der Härteverteilung auf der Härtevergleichsplatte.

Tabelle B.3 — Bestimmung der Inhomogenität der Härtevergleichsplatte

Nr	Berechneter Härtewert H_{CRM} , HLD
1	764
2	770
3	768
4	768
5	765
6	770
7	766
8	767
9	772
10	771
Mittelwert	768,1
Standardabweichung $s_{\text{xCRM-2}}$	2,6
Standardmessunsicherheit $u_{\text{xCRM-2}}$	0,87

Standardunsicherheit des CRM:

$$u_{\text{xCRM-2}} = \frac{t \cdot s_{\text{xCRM-2}}}{\sqrt{10}} \quad (\text{B.4})$$

mit Studentfaktor $t = 1,06$ und $n = 10$:

$$u_{\text{xCRM-2}} = 0,87 \text{ HLD}$$

Tabelle B.4 — Messunsicherheit der Härtevergleichsplatte

Härte der Härtevergleichsplatte H_{CRM} , HLD	Inhomogenität der Härtevergleichsplatte $u_{\text{xCRM-2}}$, HLD	Messunsicherheit der Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung u_{CM} , HLD	Erweiterte Kalibrierunsicherheit der Härtevergleichsplatte U_{CRM} , HLD
767	0,87	2,62	5,52

Literaturhinweise

- [1] Sawla, A.: *Uncertainty of measurement in the verification and calibration of the force measuring systems of testing machines*, Proceedings of the Asia-Pacific symposium on measurement of force, mass and torque (APMF) Tsukuba, Japan – November 2000
- [2] Wehrstedt, A., Patkovszky, I.: *News in the field of standardization about verification and calibration of materials testing machines*, May 2001, EMPA Academy 2001
- [3] 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
- [4] Polzin, T., Schwenk, D.: *Method for Uncertainty Determination of Hardness Testing; PC File for Determination*, Materialprüfung **44** (2002) 3, Seite 64–71
- [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] GUM – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO, 1995