

## INFO H4/2007

MPA NRW Marsbruchstr.186  
E-Mail schwenk@mpanrw.de  
Dipl.-Masch.-Ing. Schwenk

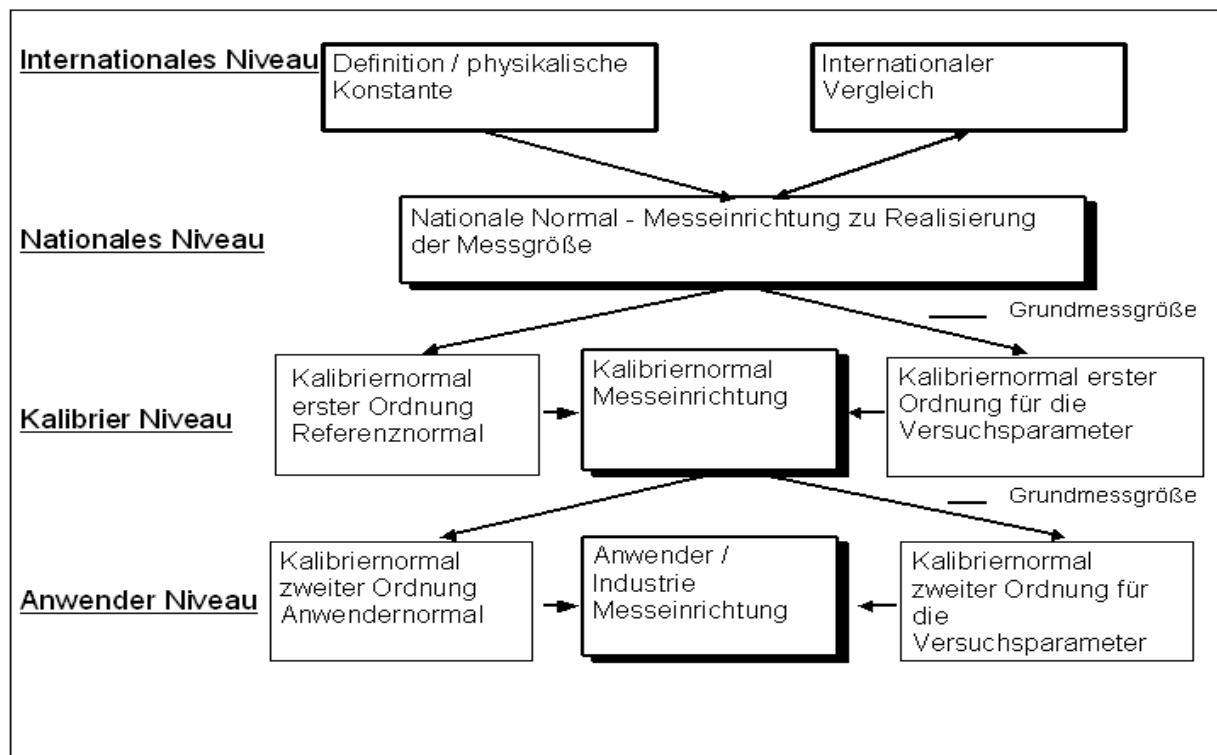
D-44285 Dortmund  
Fax.0231/4502 666  
Tel. 0231/4502 440

**Seit 1947 Ihr kompetenter Partner in allen Bereichen und Fragen der Härtemessung**  
**Kalibrierung + Entwicklung + Normung**  
**Akkreditierung unter der DAR - Registriernummer : DKD - K- 06301**

## Messunsicherheit im Kontext der metrologischen Kette

Härtevergleichsplatten dienen in der Härteprüfung nach Brinell, Rockwell, Vickers, Knoop und Martens als Übertragungsnormale für die Härteskalen und zur indirekten Kalibrierung von Härteprüfgeräten.

Mit der Revision im Jahre 2006 sind in den Normen [1,2,3,4] Modelle zur Bestimmung der Messunsicherheit angegeben. Basis für alle Modelle zur Bestimmung der Messunsicherheit ist die Rückführung und Weitergabe metrologischer Mess- und Prüfgrößen gemäß der „metrologischen Kette“.



Im Kontext der metrologischen Kette wird die theoretisch ideale Darstellung (abweichungsfreie Darstellung) gemäß der Definition als der „Wahre Wert“ einer Messgröße bezeichnet. Da bei jeder physikalisch-technischen Realisierung einer Messgröße bezüglich der theoretisch idealen Definition Abweichungen auftreten, gilt der „Wahre Wert“ immer als unbekannt. Die Abweichungen bei der technischen Realisierung einer Messgröße können systematisch (von der Größe her bekannt und zeitlich invariant) oder zufällig (von der Größe und der Zeit ohne erkennbares Muster) sein. Die systematischen Abweichungen werden technisch (Justieren) oder rechnerisch korrigiert. Die zufälligen und die systematisch nicht korrigierbaren Abweichungen werden über statistische Modellrechnungen erfasst und dem Messwert als Messunsicherheit zugeordnet. Im statistischen Verständnis wird bei der Berechnung der Messunsicherheit ein Intervall abgeschätzt, in dem mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit der „Wahre Wert“ zu finden ist.

Wird das Modell der metrologischen Kette auf die Festlegung der Härteskalen angewendet, so findet in der Ebene des „Internationalen Niveaus“ die Definition der Härteskalen gemäß den entsprechenden DIN EN ISO –Normen statt. Auf der Ebene der „Nationalen Niveaus“ erfolgt die technische Realisierung der verschiedenen Härteskalendefinitionen durch Härte-Normalmeseinrichtungen z. B. in Deutschland in der Physikalisch Technischen Bundesanstalt. Auf der Ebene des „Kalibrier Niveaus“ sind die verschiedenen Härteskalen, wie im MPA NRW, durch Härte-Bezugsnormalmeseinrichtungen dargestellt, und werden mittels kalibrierter Härtevergleichsplatten weitergegeben. Der Anschluss der Härteprüfgeräte auf der Ebene des „Anwender Niveaus“ findet über Härtevergleichsplatten statt. Bei der Weitergabe der Messgrößen über die verschiedenen Ebenen, nimmt gemäß dem Modell die Darstellungsgenauigkeit der Messgröße ab, d. h. die Messunsicherheit des Messwertes wird größer d.h. das Intervall für die Abschätzung des wahren Wertes wird größer. Die Messunsicherheit auf der Ebene der Anwender ist abhängig von der Genauigkeit und Wiederholpräzision der Härte-Normalmeseinrichtung (Nationales Niveau), der Härte-Bezugsnormalmeseinrichtung (Kalibrier Niveau) und dem Härteprüfgerät des Anwenders (Anwender Niveau) sowie von der Homogenität des Werkstoffes der Härtevergleichsplatte.

In den vom MPANRW abgegebenen Kalibrierscheinen sind die verschiedenen Eingangsgrößen für die Berechnung der Messunsicherheit angegeben.

$U_{CRM}$  >  $2\sigma$  Messunsicherheit (95% Vertrauensbereich) der Härtevergleichsplatte

$U_{\bar{x}_{CRM}}$  > Anteil der Messunsicherheit (95% Vertrauensbereich) der Härte-Bezugsnormalmesseinrichtung aus der Rückführung auf die Definition der Härteskala laut Akkreditierung

$U_{CRM\_cal}$  > Anteil der Messunsicherheit (95% Vertrauensbereich) aus der Inhomogenität des Werkstoffes der Härtevergleichsplatte

Für die Berechnung der Messunsicherheit seines Härteprüfgerätes aus der Anschlussmessung mit der Härtevergleichsplatte benötigt der Anwender die Messunsicherheit des Kalibrierwertes  $U_{CRM}$  als Eingangsgröße. Zusätzlich kommen die Anteile der Messunsicherheit des Härteprüfgerätes und aus dem kleinsten Messschritt hinzu. Bei der üblichen Vorgehensweise der Anschlussmessung aber auch der Führung von Regelkarten ist eine definitionsgemäße Bestimmung der systematischen Abweichung „b“ (b = Bias) nicht möglich. Bei der Verwendung von Regelkarten kann jedoch aus den Mittelwerten der Abweichungen ein Näherungswert für die systematische Abweichung bestimmt und der Härtewert korrigiert werden. Nach statistischer Sichtweise basiert dieses jedoch auf Zufallskenngößen (Stichproben) und liefert daher einen Beitrag zur Messunsicherheit.

$U_{\bar{H}}$  > Anteil der Messunsicherheit (95% Vertrauensbereich) des Härteprüfgerätes bei der Messung der Härtevergleichsplatte.

$U_{ms}$  > Anteil der Messunsicherheit (95% Vertrauensbereich) des Härteprüfgerätes aus dem kleinsten Messschritt

$U_b$  > Anteil der Messunsicherheit (95% Vertrauensbereich) aus der stichprobenbasierten Bestimmung der systematischen Abweichung

Damit lässt sich die Messunsicherheit der Härteprüfgerätes auf „Anwender Niveau“ aus der Rückführung auf die normative Härteskalen Definition bestimmen. Für die Messunsicherheit des an einer Probe ermittelten Härtewertes muss zusätzlich der Anteil der aus der Materialinhomogenität der Probe berücksichtigt werden.

$U_{\bar{x}}$  > Anteil der Messunsicherheit (95% Vertrauensbereich) der Inhomogenität der Probe

Damit ergibt sich die Messunsicherheit aus der Rückführung auf die Ebene der normativen Härteskalen Definition „Internationales Niveau“ für den Härtewert der Probe je nach Modell zu:

$$U_{corr} = \sqrt{U_{CRM}^2 + U_{\bar{H}}^2 + U_{ms}^2 + U_b^2 + U_{\bar{x}}^2} \quad \text{mit Korrektur der abgeschätzten systematischen Abweichung}$$

$$U = \sqrt{U_E^2 + U_{CRM}^2 + U_{\bar{H}}^2 + U_{ms}^2 + U_{\bar{x}}^2} \quad \text{ohne Kenntnis der systematischen Abweichung}$$

Die Darstellung des **Ergebnisses** „ $\bar{X}$ “ einer Härteprüfung mit **mittlerem Härtewert** „ $\bar{x}$ “ mit ggf. **Korrektur** „b“ und mit **Messunsicherheit** „U“ oder „ $U_{corr}$ “ ergibt sich je nach Modell zu:

$$\bar{X}_{corr} = (\bar{x} + b) \pm U_{corr} \quad \text{mit Korrektur der abgeschätzten systematischen Abweichung}$$

$$\bar{X} = \bar{x} \pm U \quad \text{ohne Kenntnis der systematischen Abweichung}$$

**Die Messunsicherheit „U“ oder „ $U_{corr}$ “ gibt dabei das Intervall an, in dem mit einer bestimmten (hier  $2\sigma$  ca. 95%) Wahrscheinlichkeit der „Wahre Wert“ zu finden ist.**

Für den Anwender wird vom MPA NRW unter <http://www.mpanrw.de/crm> eine Excel-Datei [6] zur Verfügung gestellt, zur Bestimmung der Messunsicherheit nach beiden in den Normen [1,2,3,4] vorgestellten Modellen.

Literatur:

- [1] DIN EN ISO 6507: (2006); Metallische Werkstoffe; Härteprüfung nach Vickers
- [2] DIN EN ISO 6506: (2006); Metallische Werkstoffe; Härteprüfung nach Brinell
- [3] DIN EN ISO 6508: (2006); Metallische Werkstoffe; Härteprüfung nach Rockwell (Skalen A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)
- [4] DIN EN ISO 4545: (2006); Metallische Werkstoffe; Härteprüfung nach Knoop
- [5] DIN EN ISO 14577: (2003); Metallische Werkstoffe; Härteprüfung nach Martens
- [6] Polzin, T., Schwenk, D., Bestimmung der Messunsicherheit bei der Härteprüfung, Anwendersoftware; Materialprüfung; 2002