

Mobile Härteprüfverfahren Von der Klassik in die moderne

Arnold Horsch

Vortrag auf dem workshop



Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
1.1.	Was ist Härte?.....	3
2.	Mobile Härteprüfung	3
2.1.	Mobile klassische genormte Härteprüfverfahren	3
2.1.1.	Mobile Härteprüfung nach Brinell	3
2.1.2.	Mobile Härteprüfung Vickers	6
2.1.3.	Mobile Härteprüfung Rockwell.....	7
2.2.	Mobile ungenormte Verfahren.....	8
2.2.1.	Mobile Verfahren mit großer Prüflast.....	8
2.2.1.1.	Poldi Hammer	8
2.2.1.2.	Baumann Hammer.....	9
2.2.1.3.	Scherstift Härteprüfer.....	9
2.2.2.	Mobile Verfahren mit kleiner Prüflast.....	9
2.2.2.1.	TIV	9
2.3.	Mobile genormte Verfahren.....	10
2.3.1.	Härteprüfung nach Leeb.....	10
2.3.2.	Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten, mit mechanischer Eindringtiefmessung	11
2.3.3.	Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten, die mit elektrischer Eindringtiefmessung	11
2.3.4.	Härteprüfung nach dem UCI-Verfahren.....	12
3.	Umwertung von Härtewerten	13
4.	Beispiel Fehlermöglichkeiten	13
4.1.	Prüfung einer Lagerbuchse.....	13
4.2.	Defekter Prüfdiamant	14
5.	Zusammenfassung	14
6.	Literaturverzeichnis / Quellenangaben.....	15

Autor

Arnold Horsch
 Arnold Horsch e.K.
 Berghauser Straße 62
 42859 Remscheid
 Email info@arnold-horsch.de
 Web www.arnold-horsch.de
 Tel. +49 (0) 2191 7912021
 Fax +49 (0) 2191 7912023

1. Einleitung

Die Härteprüfung ist mit weitem Abstand das am meisten eingesetzte Werkstoffprüfverfahren zur Prüfung metallischer Werkstoffe.

Die vom schwedischen Ingenieur Johan August Brinell entwickelte und im Jahre 1900 auf der Weltausstellung in Paris präsentierte Methode der Brinellhärteprüfung, trat aufgrund Ihrer einfachen Anwendung, als Prüfmethode einen Siegeszug ungeahnten Ausmaßes in der Werkstoffprüfung an. Da sich aber mit diesem Härteprüfverfahren nicht alle Werkstoffe und Härten prüfen lassen, wurden weitere Härteprüfverfahren entwickelt, die sich ebenso schnell durchsetzten und heute zu den Standard Härteprüfverfahren gezählt werden.

1900	Johann August Brinell	Brinellhärteprüfverfahren, Kugeldruckversuch
1919	Hugh M. Rockwell Stanley P. Rockwell	Rockwellhärteprüfverfahren
1921	Smith + Sandland	Vickershärteprüfverfahren

Bereits bei der Einführung der Brinellhärteprüfung tauchte das Problem auf, dass sehr große Bauteile nicht auf stationären Härteprüfmaschinen geprüft werden können. Auch konnten in Maschinen oder Anlagen eingebaute Bauteile nicht geprüft werden. Daher bestand bereits relativ kurz nach Einführung der Härteprüfung der Wunsch nach mobilen Geräten. Die Geräteentwickler trugen diesen Wünschen Rechnung und es wurden schnell Geräte auf dem Markt gebracht die mobil einsetzbar waren. Parallel zur Entwicklung neuer Stationärer Geräte, wurden auch in der mobilen Härteprüfung immer eine weitere Modernisierungen der Prüfgeräte und die Entwicklung neuer Verfahren vorangetrieben.

1.1. Was ist Härte?

Wer die Härte prüft sollte die Definition der Härte immer im Blick haben um die gefundenen Prüfergebnisse richtig zu interpretieren.

Hart und weich sind eigentlich allgemeine Begriffe aus dem täglichen Leben. Jeder Mensch hat dabei seine eigenen Empfindungen und beurteilt den einen Gegenstand im Vergleich zu einem anderen als hart oder weich.

In der Technik ist ein solcher individueller Empfindungswert zur Beurteilung eines Werkstoffes oder Bauteiles nicht ausreichend. Man hat den Härtebegriff wie folgt festgelegt:

**Härte ist der Widerstand eines Körpers,
den er dem Eindringen eines anderen, aber Härterem entgegensetzt.**

Jedoch auch diese Definition der Härte ist noch nicht eindeutig und lässt vieles offen und führt dazu, dass die Härte in der Metallprüfung verschieden interpretiert wird, dies hängt im Wesentlichen von der Betrachtungsweise und den Erwartungen des Betrachters ab.

Für einen technisch brauchbaren Härtewert muss eine genaue Beschreibung des Verfahrens festgelegt werden, wenn man die erhaltenen Zahlenwerte miteinander vergleichen will. Ist der Zahlenwert aber von dem Verfahren abhängig, so gilt ganz klar die Schlussfolgerung, dass es sich bei der Härte nicht um eine physikalische Größe, sondern um eine Kenngröße handeln muss.

Zweck der Härteprüfung ist es, vergleichbare Kennzahlen des Verformungs-Widerstandes der Oberfläche eines Werkstoffes zu ermitteln, die jedoch nicht die Bedeutung einer Werkstoffkennzahl haben. Obwohl die Härte eines Werkstoffes keine eindeutige Stoffeigenschaft ist, kann sie als Vergleichswert sehr vielseitig angewandt und ausgelegt werden.

2. Mobile Härteprüfung

Aus dem Wunsch heraus auch mobile Härteprüfungen durchzuführen wurden relativ schnell die ersten mobilen Härteprüfgeräte entwickelt. Die Basis dieser Prüfgeräte waren jeweils immer die bereits entwickelten Prüfverfahren Brinell - Vickers oder Rockwell. Auch mit diesen Verfahren waren nicht alle Bauteile Prüfbar und es wurden weitere Verfahren entwickelt, die nach Firmenvorschriften arbeiten. Seit einigen Jahren besteht eine Bestrebung auch diese Härteprüfverfahren zu Normen und die ersten Prüfnormen hierzu sind bereits erschienen.

Bei der Anwendung mobiler Härteprüfverfahren ist zu beachten, dass immer mit einer höheren Messunsicherheit als bei Stationären Geräten zu rechnen ist. Dies liegt in der Natur der Sache, da der Prüfaufbau nicht so stabil und die Umgebungseinflüsse größer sind als im Labor. In den neu erschienen Normen ist die Schreibweise der bereits genormten mobilen Härteprüfverfahren genauestens festgelegt, um Verwechslungen mit klassischen Härteprüfverfahren zu vermeiden.

2.1. Mobile klassische genormte Härteprüfverfahren

2.1.1. Mobile Härteprüfung nach Brinell

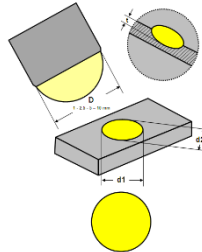
Die mobile Brinellhärteprüfung wurde bereits sehr früh eingeführt. Die eingesetzten Geräte arbeiten mit verschiedenen Belastungsvorrichtungen und genormten Prüflasten und sind fast immer normgerecht kalibrierbar.

Mit diesen Geräten lassen sich mit den entsprechenden Befestigungsvorrichtungen auch sehr große Teile mit mehreren Metern Durchmesser prüfen. Die Auswertung der Härteprüfeindrücke wurde früher mit Meßlupe und heute oftmals mit mobilen Meßmikroskopen und Bildanalyse durchgeführt. Die zum Einsatz kommenden Prüfgeräte prüfen im allgemeinen mit der größtmöglichen für das Prüfteil zulässigen Prüflast. Die gezeigten Bilder zeigen die Entwicklung der Prüfgeräte.

Definition der Brinellhärte:

Die Brinellhärte (HBW) wird durch das Verhältnis von aufgebrachtener Prüfgesamtkraft zur Oberfläche der Kugelkalotte bestimmt. Es gilt die Formel:

$$HBW = 0,102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$









wobei

- **F** die Prüfkraft in N
- **D** der Durchmesser des Kugeleindringkörpers in mm
- **d** ⁽¹⁺²⁾ der Durchmesser des Eindrucks in mm bezeichnet.

Verfahren	Norm	Prüflasten	Eindringkörper
HB - Härte Brinell	DIN EN ISO 6506 + ASTM E10	10 - 3000 kgf	Hartmetallkugeln Ø 1-2,5-5-10mm
Korrekt Schreibweise z.B.		255 HB 10/3000	

Zum Einsatz kommende Prüfgeräte:

Gerätebezeichnung	Baujahr				
King Brinell Tester	Ca. 1940				
		Stativzange	Kettenadapter	Meßlupe	Anwendung
		Prüflast bis 3000 kg, für Ø 2,5 – 5 und 10 mm Kugeln			
Hahn + Kolb BZR 250 / 10 5	Ca. 1960				
		Prüflast bis 250 kg, für Ø 2,5 und 5 mm Kugeln			

<p>AFFRI RS D MAG</p>	<p>2011</p>	 <p>Brinell Härteprüfer mit Magnetfuß, Prüflasten wählbar. Prüflast bis HB 187,5 kg, für Ø 2,5 und 5 mm Kugeln Kraftaufbringung über einstellbare Federbelastung</p>
<p>AHOTEC® e.K.</p>	<p>2010</p>	 <p>Portable Brinellzange zur Prüfung von Stangenmaterial mit hydraulischer Belastungseinrichtung HB 10/3000</p>
<p>Foundrax Brintronic AFFRI Brinmatic</p>	<p>Ca. 2006 2009</p>	 <p>Brintronic Brinmatic</p> <p>Automatische Bilanalyse Systeme zur Vermessung der Härteeindrücke</p>

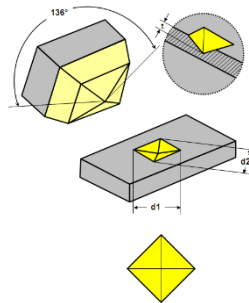
2.1.2. Mobile Härteprüfung Vickers

Die mobile Vickershärteprüfung wurde bereits in den 30er Jahren eingeführt. Die eingesetzten Geräte arbeiten mit verschiedenen Belastungsvorrichtungen und genormten Prüflasten und sind normgerecht kalibrierbar. Mit diesen Geräten lassen sich mit den entsprechenden Befestigungsvorrichtungen auch sehr große Teile mit mehreren Metern Durchmesser prüfen. Die Auswertung der Härteprüfeindrücke erfolgt mittels eines eingebauten Meßmikroskopes oder mit Kamera über einen Monitor und Bildanalyse. Die zum Einsatz kommenden Prüfgeräte prüfen im meistens mit den Prüflasten HV 5 + 10 moderne Geräte mit Kraftmesszelle können einen Lastbereich von HV 0,1 bis HV 30 abdecken. Die gezeigten Bilder zeigen die Entwicklung der Prüfgeräte.

Definition der Vickershärte:

Die Vickershärte (HV) wird durch das Verhältnis von aufgebrachtener Prüfgesamtkraft zur Oberfläche des Härteeindrucks bestimmt. Es gilt die Formel:

$$HV = 0,102 \times \frac{F}{A} = 0,189 \times \frac{F}{d^2}$$






wobei

- **F** die Prüfkraft in N
- **A** die Fläche des Eindrucks in mm²
- **d (1+2)** den Mittelwert Eindruck-Diagonalen des Eindrucks in mm bezeichnet.

Verfahren	Norm	Prüflasten	Eindringkörper
HV - Härte Vickers	DIN EN ISO 6507 + ASTM E 384	0,01 - 120 kgf	Diamantpyramide 136°
Korrekt Schreibweise z.B.		255 HV 10	

Zum Einsatz kommende Prüfgeräte:

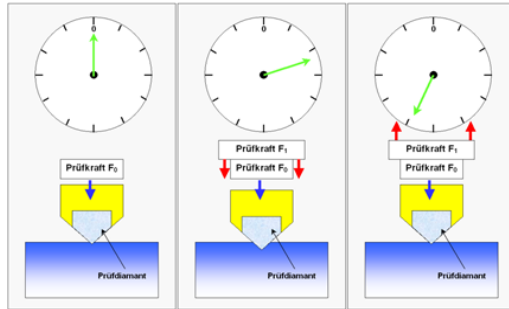
Gerätebezeichnung	Baujahr		
Werkstoffprüfmaschinen Leipzig HMO 10	Ca. 1960		Portabler Vickershärteprüfer mit Magnetfüßen und Meßmikroskop. Prüflasten HV 5 + HV 10
Frank 38675	Ca. 1965		Portabler Vickershärteprüfer mit Magnetfüßen und Meßmikroskop. Prüflasten HV 5 + HV 10 und verfahrbarem Prüfkopf zur Verlaufsprüfung
AFFRI WIKI 30	2012		Portabler Vickershärteprüfer mit Magnet- oder Klemmfüßen, Belastungseinrichtung mit Kraftmesszelle, Kameraauswertung und Bildanalyse. Prüflasten HV 01 – HV 30 und verfahrbarem Prüfkopf zur Verlaufsprüfung

2.1.3. Mobile Härteprüfung Rockwell

Die mobile Rockwellhärteprüfung wurde bereits früh eingeführt. Die eingesetzten Geräte arbeiten mit verschiedenen Belastungsvorrichtungen, genormten Prüflasten und sind meistens normgerecht kalibrierbar. Mit diesen Geräten lassen sich mit den entsprechenden Befestigungsvorrichtungen auch sehr große Teile mit mehreren Metern Durchmesser prüfen. Die Auswertung der Härteprüfeindrücke erfolgt mittels einer eingebauten Tiefenmeseinrichtung. Die zum Einsatz kommenden Prüfgeräte können, je nach Modell, die verschiedenen normgerechten Rockwell Prüflasten prüfen. Es wird zwischen zwei Hauptverfahren Normalrockwell (Vorlast 10 kgf / Prüflast 60-100-150 kgf) und Superrockwell (Vorlast 3 kgf / Prüflast 15-30-45 kgf) unterschieden. Die gezeigten Bilder zeigen die Entwicklung der Prüfgeräte.

Definition der Rockwellhärte:

Die Rockwellhärte (HR), der Eindringkörper (Diamantkegel – Stahl oder Hartmetallkugel) wird in zwei Stufen unter vorgegebenen Bedingungen in die Probe gedrückt. Die verbleibende Eindringtiefe wird nach Rücknahme der Prüfwzusatzkraft unter Prüfvorkraft gemessen.

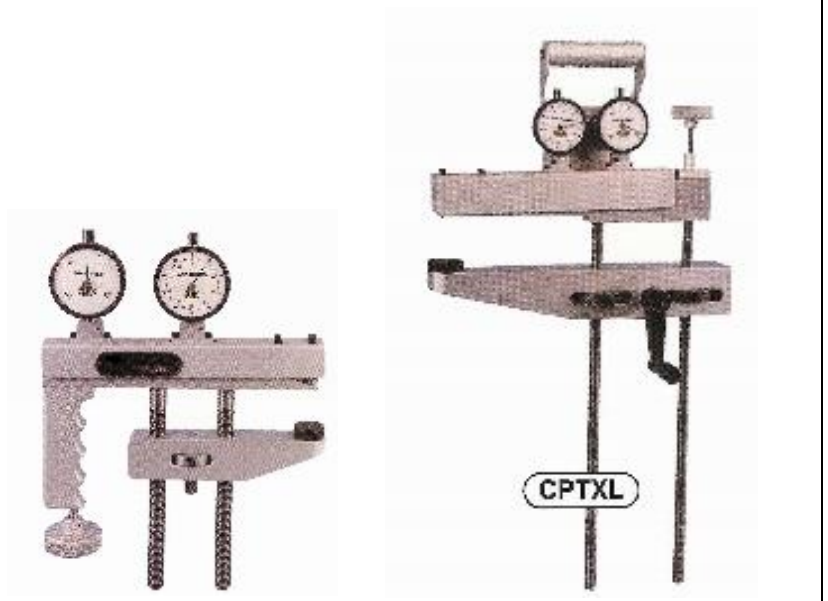




wobei

- F_0 die Prüfvorkraft ist
- F_1 die Prüfwzusatzkraft ist
- Mit einem Diamantkörper und der Eindringtiefe von 0,080 mm erhält man $100 - 0,080/0,002 = 60 \text{ HRC}$ (Rockwell C)

Verfahren	Norm	Prüflasten	Eindringkörper
HR - Härte Rockwell A, B, C, F, N, T und weitere	DIN EN ISO 6508 + ASTM E 18	Vorlast 3+10 kgf	Diamantkegel 120° mit r 0,2mm an der Spitze Stahl oder Hartmetallkugel von Ø 1/16 - 1/2 Zoll
Korrekt Schreibweise z.B. 60 HRC			

Zum Einsatz kommende Prüfgeräte:

Gerätebezeichnung	Baujahr	
Clark CPT / CPT XL	Ab ca. 1940	 <p>Rockwell Prüfzangen, Prüflasten 60-100-150 kgf Kraftaufbringung variabel über Biegebalken einstellbar.</p>

<p>EMCO N4 / N7N</p>	<p>?</p>		
		<p>Prüfzange Rockwell Prüfzangen, Prüflasten wahlweise 15-30-45-60-100-150 kgf Kraftaufbringung über wechselbare Federbüchse</p>	<p>Zahnflankenhärteprüfer</p>
<p>AFFRI RS D MAG</p>	<p>2011</p>		
		<p>Rockwell Härteprüfer mit Magnetfuß. Prüflasten wählbar 15-30-45 oder 60-100-150 kgf Kraftaufbringung über einstellbare Federbelastung</p>	

2.2. Mobile ungenormte Verfahren

2.2.1. Mobile Verfahren mit großer Prüflast

Die dynamischen Schlaghärteprüfer prüfen ähnlich dem Brinellverfahren mit einer Kugel. Die geprüften Werte werden üblicherweise in HB angegeben und entsprechen gut den Normwerten. Bei Angabe eines HB Wertes der mit einem der folgenden Verfahren geprüft wurde sollte im Prüfbericht immer der Vermerk auf das eingesetzte Verfahren vorhanden sein.

2.2.1.1. Poldi Hammer

Der auf der Poldihütte in Kladno bei Prag entwickelte Poldihammer ist ein einfaches Gerät zur Schlaghärteprüfung und gehört zu den dynamisch plastischen Verfahren der Härteprüfung. Beim dynamischen Härtemessverfahren der Kugelschlag-Härteprüfung wird der Kugeleindruck, der durch Schlag mit dem Handhammer erzeugt wurde, ausgewertet. Dieses dient als Berechnungsgrundlage. Kugelschlag-Härteprüfer sind daher als einfacher Ersatz für statische Pressen gedacht und kommen beim Prüfen schwerer Guss- und Schmiedestücke sowie Stangen im Werkstofflager zur Anwendung.

Der Kugelschlag-Härteprüfer besteht aus der äußeren Halterhülse mit dem Aufnahmekopf für Eindringkörper und Härtevergleichsstab, dem Schlagbolzen mit Druckfeder und der gehärteten Stahlkugel (Durchmesser 10 mm) als Eindringkörper. Im Aufnahmekopf wird der Härtevergleichsstab bekannter Härte (quadratischer Querschnitt) so zwischen der Stahlkugel und dem beweglichem Schlagbolzen seitlich eingeschoben, dass jeweils mindestens 4 mm zwischen 2 Eindrücken frei bleiben. Durch die Druckfeder (leichter Federdruck) ist ein sicherer Halt gegeben. Das Gerät wird auf die für die Härteprüfung



entsprechend vorbereitete Prüfstelle der Probe senkrecht aufgesetzt. Mit einem kräftigen Schlag des Hammers (800 bis 1200 g) auf den Schlagbolzen (möglichst zentrisch auf den Schlagbolzen) werden gleichzeitig der Prüfeindruck auf Probe und der Prüfeindruck auf dem Härtevergleichsstab erzeugt. Beide Prüfeindrücke werden mit deiner Messlupe bis zu einer Genauigkeit von 0,05 mm ausgemessen und mit den vorhandenen Tabellen ausgewertet. Wenn durch Schräghalten des Kugelschlag-Härteprüfers ovale Eindrücke entstanden sind, so ist der Mittelwert aus zwei zueinander rechtwinkligen Messungen zu benutzen. Aufgrund bestimmter Beziehungen zwischen der Brinellhärte und Zugfestigkeit von Stahl kann aus den Tabellen für diesen Werkstoff nebst der Brinellhärte auch die Zugfestigkeit abgelesen werden. Für Gusseisen und Nicht-Eisen-Metalle wird nur die Brinellhärte angezeigt.

Vorzüge des Poldihammers: leicht, handlich, in jeder Lage benutzbar; Preiswert, schnell.

2.2.1.2. Baumann Hammer

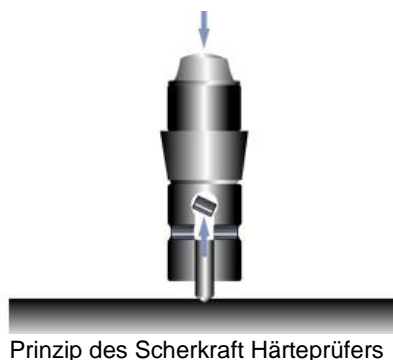
Der Baumann-Hammer ist ebenfalls ein einfaches Gerät zur Schlaghärteprüfung und gehört zu den dynamisch plastischen Verfahren der Härteprüfung. Bei dem eine Kugel von 5 oder 10 mm Durchmesser mit einer bestimmten Federkraft einschlägt und in den Werkstoff eindringt. Der Härteeindruck wird wie bei der Brinellhärteprüfung mittels einer Messlupe ausgemessen und der Härtewert bestimmt.



Vorzüge des Baumann-Hammers: leicht, handlich, in jeder Lage benutzbar; Preiswert, schnell.

2.2.1.3. Scherstift Härteprüfer

Der Scherstift Härteprüfer ist ebenfalls ein einfaches Gerät zur Schlaghärteprüfung und gehört zu den dynamisch plastischen Verfahren der Härteprüfung. Ein Eindringkörper wird mit einer Prüfkraft von 15500 N senkrecht in die Oberfläche des Prüfstücks eingedrückt und der bleibende Eindruck wird optisch vermessen. Die Prüfkraft wird über einen Scherstift auf den Eindringkörper übertragen. Die Bruchlast dieses Scherstiftes bestimmt die Prüfkraft dabei mit hoher Genauigkeit ($\pm 1\%$). Der Härteeindruck wird wie bei der Brinellhärteprüfung mittels einer Messlupe ausgemessen und der Härtewert bestimmt.



2.2.2. Mobile Verfahren mit kleiner Prüflast

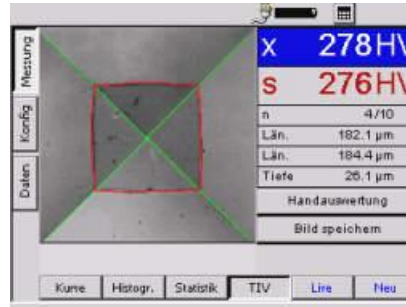
2.2.2.1. TIV

Das TIV ist ein tragbares Prüfgerät für die optische Härteprüfung nach Vickers unter Prüfkraft. Mit einem optischen System einschließlich CCD-Kamera wird "durch den Diamanten hindurch" geblickt (Through Indenter Viewing). Mit diesem neuen Verfahren lässt sich der Eindringprozess des Vickersdiamanten in das Prüfmaterial direkt beobachten. Aufgrund des optischen Messverfahrens soll mit der TIV-Technik die Härteprüfung ohne zusätzliche Kalibrierung an unterschiedlichen Materialien durchgeführt werden können. Weiterhin ermöglicht die statische Aufbringung der Prüfkraft auch Messungen an dünnen und kleinen Gegenständen sowie an Beschichtungen. Bei Erreichen der Prüfkraft werden die Diagonalenlängen des Eindrucks unter Prüflast ermittelt und gemäß der Vickersdefinition in einen Härtewert umgerechnet. Diese Auswertung kann sowohl manuell als auch automatisch durchgeführt werden.

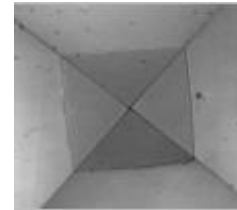
Die Abbildung des Eindrucks bzw. des Vickersdiamanten auf dem Display erlaubt nicht nur eine sofortige Kontrolle und Beurteilung der Qualität des Messwertes, sondern auch eine direkte Kontrolle des Zustandes des Eindringkörpers (Vickersdiamant).



Prüfgerät



Anzeige



Videobild Härteeindruck

Verfahren	Norm	Prüflasten	Eindringkörper
TIV Through Indenter Viewing	keine	1 + 5 kgf	Diamantpyramide 136°
Schreibweise 255 HV 5 ohne Angabe des Verfahrens			

2.3. Mobile genormte Verfahren

In den letzten Jahren wurden auch portable Verfahren in eine Normung aufgenommen. Die neu erstellten Normen sind teilweise etwas schwammig und sollen einen ersten Schritt in eine detailliertere Normung für die Zukunft bringen. Ein großer Vorteil der aktuellen Normung ist, die festgelegte Schreibweise für die jetzt genormten Verfahren. Dies bedeutet das die Angabe von nach den folgenden Verfahren geprüften Härtewerten genau festgelegt wurde und keine andere Schreibweise mehr zulässig ist.

2.3.1. Härteprüfung nach Leeb

Dietmar Leeb hat in den frühen 70er Jahren die verschiedenen Lösungen der tragbaren Härteprüfung wie das Baumann-Steinrück, Schmidt und Shore Verfahren studiert. Die am meisten benutzten Geräte waren die dynamisch Modelle, wo die Prüflast schlagartig aufgebracht wird. Die Frage stellte sich, wie kann man den üblichen Anwendungsbereich durch flexiblere Bedienung erweitern, ohne Messgenauigkeit zu verlieren, d.h. schnelles und bequemes Prüfen unabhängig vom Benutzer und der Prüfrichtung. Das Resultat war die Erfindung und erfolgreiche Produktion des EQUOTIP im Jahr 1975 eines dynamischen Härteprüfverfahrens und dem gleichnamigen Prüfgerät. Diese Methode ist heute auch in Verbindung mit dem Erfindernamen bekannt als Härteprüfung bzw. Rückprall-Härteprüfung nach Leeb. Das EQUOTIP ist heute eines der am meisten benutzten mobilen Härteprüfgeräte.

Prinzip:

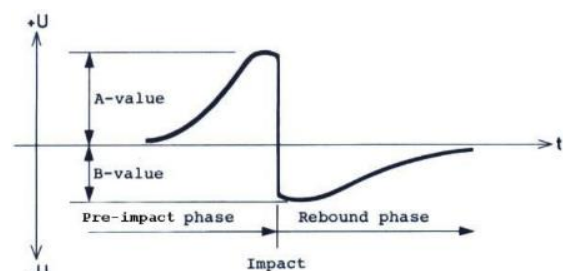
Die Leeb-Härte ist ein Verfahren der Rücksprunghärte, bei dem ein Schlagkörper, an dessen vorderem Ende sich ein Eindringkörper befindet, mit einer definierten Energie auf die Probe geschossen wird. Die Leeb-Härte ist als folgendes Verhältnis definiert:

Der L-Wert

Der L-Wert, auch Leeb-Zahl oder Leeb-Härte (HL) genannt, ist einfach ausgedrückt gleich dem Verhältnis von der Rückprallgeschwindigkeit v_r zur Aufprallgeschwindigkeit v_i des Schlagkörpers, multipliziert mit 1000;

$$L = \frac{\hat{A}}{\hat{B}} \cdot 1000 \propto \frac{v_r}{v_i} \cdot 1000$$

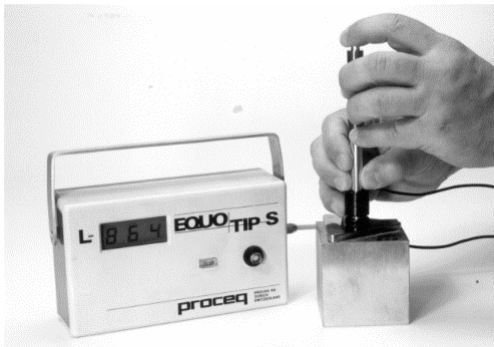
Dabei sind die Scheitelwerte des induzierten Spannungssignals – gemessen an einer bestimmten Stelle über der Prüfoberfläche – proportional zur Aufprall- bzw. Rückprallgeschwindigkeit.



Typisches Induktionssignal erzeugt vom Permanentmagneten innerhalb des Schlagkörpers während der drei Hauptphasen der LEEB Härteprüfung.

Verfahren	Norm	Eindringkörper
HL Härte Leeb	DIN 50156 + ASTM A 956	Verschiedene Schlaggeräte

Schreibweise **780 HL D** (Kennbuchstabe für das Schlaggerät) keine Angabe in HB-HV-HR



Leeb Gerät von 1975



Modernes Leeb Gerät von AHOTEC® e.K.

2.3.2. Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten, mit mechanischer Eindringtiefenmessung

Seit langer Zeit werden Härteprüfgeräte, mit mechanischer Eindringtiefenmessung die ähnlich dem Rockwellprinzip, aber mit deutlich geringeren Prüflasten Arbeiten verwendet.

Im Prinzip wird die Eindringtiefe eines Prüfkörpers unter Last gemessen und dann in bekannte Verfahren umgewertet. Bisher wurde nur der umgewertete Härtewert als Prüfergebnis angegeben und der Anschein erweckt das ein klassisches Härteprüfverfahren verwendet wurde. Dies ist nach der neuen Norm nicht mehr zulässig.

Verfahren	Norm	Eindringkörper
HMM	DIN 50157 T.1-3 + ASTM E 110	Verschiedene nicht definiert in der Norm
Schreibweise nach DIN 650 HMM HV 650 HMM geprüfter Härtewert Prüfverfahren - Härte mobil mechanisch HV Verfahren in das umgewertet wurde		

Eingesetzte Geräte



AFFRI - Metalltester MK II



Ernst – Computest

2.3.3. Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten, die mit elektrischer Eindringtiefenmessung

Neben den Härteprüfern mit mechanischer Eindringtiefenmessung wurde auch Härteprüfer mit elektrischer Eindringtiefenmessung entwickelt auch diese wurden genormt. Bei diesen Geräten wird ein Prüfkörpers aus Diamant elektrisch leitend gemacht und über die Änderung des elektrischen Widerstandes die Kontaktfläche bestimmt.

Verfahren	Norm	Eindringkörper
HME	DIN 50158 T.1-3 + ASTM E 110	Verschiedene nicht definiert in der Norm
Schreibweise nach DIN 650 HME HV 650 HME HV geprüfter Härtewert Prüfverfahren - Härte mobil elektrisch Verfahren in das umgewertet wurde		

Eingesetzte Geräte



Ernst ESATEST

2.3.4. Härteprüfung nach dem UCI-Verfahren

Bei dem Ultraschall-Härteprüfer handelt es sich um ein Messgerät, welches auf einem 1961 angemeldeten Patent basiert. Dabei wird die Härtemessung durch den Ultraschall-Härteprüfer durch einen Diamanten, der auf einer Feder sitzt, ausgelöst. Durch Bauweise und Messmethode handelt es sich bei dem Ultraschall-Härteprüfer um ein Messgerät, welches eine einfache und fast zerstörungsfreie Messung an metallischen Gegenständen ermöglicht. Der Ultraschall-Härteprüfer ermöglicht Messungen an verschiedenen Teilen, wobei das Gerät so programmiert ist, dass es unterschiedliche Messeinheiten messen kann. Dazu gehören die allgemein geläufigen Härtegrade Rockwell, Brinell und Vickers. Durch die Option der Kalibrierung kann der Ultraschall-Härteprüfer durch den Verwender nach entsprechendem Einsatz immer neu kalibriert werden. Eine Kalibrierung sollte beispielsweise erfolgen, wenn das Gerät länger als drei Monate nicht verwendet wurde, eine erhebliche Veränderung der Umgebungsbedingungen vorliegt, die Ultraschallsonde eine erhebliche Anzahl an Messungen durchgeführt hat oder es bei der Messung an einem Kalibrierstandart zu einer deutlichen Abweichung kommt.

Verfahren	Norm	Eindringkörper
HL Härte UCI	DIN 50159 T.1-3 + ASTM A 1038	Diamantpyramide 136°
Schreibweise nach DIN 650 HV_{UCI} 650 HV_{UCI} geprüfter Härtewert Verfahren in das umgewertet wurde Prüfverfahren - Härte UCI		

Eingesetzte Geräte



BAQ Alpha DUR



GE MIC 10

3. Umwertung von Härtewerten

Die Umwertung von Härtewerten nach DIN EN ISO 18265 ist ein Verfahren, welches mit großen Fehlern behaftet sein kann, wenn keine einwandfreien Absprachen und Vorgehensweisen vereinbart sind. Naturgemäß ist dann die Umwertung aus mobilen Verfahren bei denen nur der Hersteller weis, wie er aus dem mobilen Verfahren Umgewertet hat, noch problematischer. Daher ist es zwingend erforderlich, dass der Prüfbericht alle Angaben über das Prüfverfahren und eine Angabe über die Messunsicherheit der Prüfung und der Umwertung enthält.

Wird nur ein Härtewert z.B. 250HB angegeben kann prinzipiell keine wirklich Aussage über den vorhandenen Härtewert getroffen werden.

4. Beispiel Fehlermöglichkeiten

Die Anwendung mobiler Härteprüfverfahren ist generell keine einfache Aufgabe. Wie bereits erwähnt ist die Aussage über Härtewerte unter Umständen mit einem großem Messfehler möglich. Die nachfolgenden Beispiele sollen darstellen mit welchen Fehlermöglichkeiten gerechnet werden kann.

4.1. Prüfung einer Lagerbuchse

Das Bauteil eine Lagerbuchse aus sollte wie folgt Wärmebehandelt werden:

- Werkstoff 42CrMo4V
- Gasnitriert 168h
- Oberflächenhärte soll > 600HV10

Aufgrund der Bauteilgröße (passt unter keine vorhandene Prüfmaschine) wird die Buchse in der Härterei mit einem UCI Härteprüfer geprüft. Der Maschinenbauer der die Buchse in ein Walzgerüst einbaut prüft mit einem TIV Gerät. Als im Wareneingang mit dem TIV Gerät festgestellt wurde, dass die Härte ca. 50HV unter dem soll liegt, wurden die Bauteile gesperrt. Eine Gegenprüfung mit einem UCI Gerät ergab eine Härte die gerade ausreichend ist. Nach dem keine Einigung erzielt wurde, haben sich die beteiligten darauf geeinigt mit einem portablen klassischem HV Gerät zu Prüfen. Das Ergebnis Ergab, dass das Bauteil einwandfrei Wärmebehandelt wurde. Der entstandene Schaden aus Lieferverzögerung, durch die „vermeintliche HV Prüfung“, war erheblich.



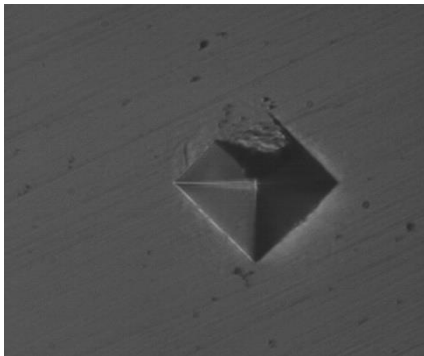
Portable HV Prüfung an Lagerbuchse

Die Ergebnisse:

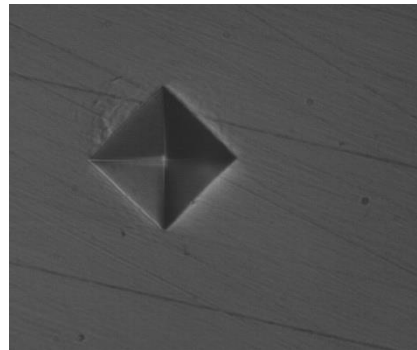
TIV 50 N Sonde	540-550 HV
UCI 98 N Sonde	590-600 HV
Frank 38675 HV 5	620-630 HV
Frank 38675 HV 10	620-630 HV

4.2. Defekter Prüfdiamant

Beim Einsatz eines defekten Prüfdiamanten, wurden bei einem UCI Gerät ständig streuende Härtewerte und Fehlmessungen, mit zu niedrigen Härtewerten, festgestellt. Nach der Überprüfung der Härteeindrücke wurde festgestellt, dass der Prüfdiamant stark ausgebrochen war. Mit einem neu eingebauten Prüfdiamanten wurden wieder einwandfreie Härtewerte geprüft.



Defekter HV Diamant



Einwandfreier HV Diamant

5. Zusammenfassung

Die mobilen Härteprüfverfahren sind eine unerlässliche Prüfmethode in der Werkstofftechnik zur Feststellung von Werkstoff- und Gebrauchseigenschaften. Große oder bereits im Einsatz befindliche Bauteile können fast nur mit mobilen Härteprüfverfahren geprüft werden. Die zur Zeit dem Anwender zur Verfügung stehenden mobilen Härteprüfverfahren haben wie die stationären Härteprüfverfahren eine lange Entwicklung hinter sich und sind oftmals aus Anforderungen der Industrie entwickelt worden.

Der Einsatz mobiler Härteprüfverfahren erfordert große Erfahrung und genaue Kenntnisse der zu prüfenden Bauteile. Nur wenn alle Randbedingungen erfüllt werden sind mobile Härteprüfverfahren zuverlässig und liefern verwertbare Prüfergebnisse. Ob ein Prüfergebnis richtig oder falsch ist hängt nicht vom eingesetzten Prüfgerät ab sondern davon ob das richtige mobile Härteprüfverfahren zur Bestimmung der Werkstoff- und Gebrauchseigenschaften auch richtig eingesetzt wurde.

6. Literaturverzeichnis / Quellenangaben

Der Autor

Arnold Horsch



Arnold Horsch e.K.
Berghauserstrasse 62
42859 Remscheid

Tel. +49 (2191) 7912021

Fax +49 (2191) 7912023

Email info@arnold-horsch.de

Web www.arnold-horsch.de

1. Arnold Horsch, Praktikerseminar, Härtereikolloquium 2008
2. D.H. Leeb, in VDI-Bericht No. 308, Düsseldorf, Deutschland, 1978, pp. 123-128.
3. D.H. Leeb, in Härteprüfung an Metallen und Kunststoffen (Eds.: W.W. Weiler, D.H. Leeb, K. Müller and D.M. Rupp), 2nd ed., Expert Verlag, Ehningen bei Böblingen, Deutschland, 1990, Kapitel 6, p. 269.
4. EQUOTIP – Rückprallhärteprüfung nach D. Leeb, Michael Kompatscher, Proceq SA, http://www.dgm.de/download/tg/687/687_21.pdf
5. DIN 50156, Teil 1-3
Metallische Werkstoffe- Härteprüfung nach Leeb
6. DIN 50157, Teil 1-3
Metallische Werkstoffe- Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten, die mit mechanischer Eindringtiefmessung arbeiten
7. DIN 50158, Teil 1-3
Metallische Werkstoffe- Härteprüfung mit tragbaren Härteprüfgeräten, die mit elektrischer Eindringtiefmessung arbeiten
8. DIN 50159, Teil 1-3
Metallische Werkstoffe- Härteprüfung nach dem UCI-Verfahren
9. DIN EN ISO 6506
Metallische Werkstoffe-Härteprüfung nach Rockwell Teil 1-3
10. DIN EN ISO 6507
Metallische Werkstoffe-Härteprüfung nach Vickers Teil 1-3
11. DIN EN ISO 6508
Metallische Werkstoffe-Härteprüfung nach Brinell Teil 1-3
12. DIN EN ISO 14577, Teil 1-4
Metallische Werkstoffe- Instrumentierte Eindringprüfung zur Bestimmung der Härte und anderer Werkstoffparameter
13. DIN EN ISO 18265
Umwertungstabelle für Vickershärte, Brinellhärte, Rockwellhärte und Zugfestigkeit
14. ASTM A 956, Equotip-Härteprüfung von Stahlprodukten
15. ASTM E 10,
Standard Test Method for Brinell Hardnes of Metallic Materials
16. ASTM E 18,
Standard Test Method for Rockwell Hardnes and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials
17. ASTM E 110
Prüfung metallischer Werkstoffe; Bestimmung der Eindruckhärte mit tragbaren Härteprüfgeräten
18. ASTM E 140,
Standard Hardness Conversion Tables for Metals
Relation Ship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Suficial Hardness, Knoop Hardness and Scleroscope hardness
19. ASTM E 384,
Standard Test Method for Knoop and Vickers Hardness of Materials
20. VDI/VDE 2616, Blatt 1
Technische Regel , 2002-07,Härteprüfung an metallischen Werkstoffen
21. Härteprüfung an Metallen und Kunststoffen
W. Weiler und andere, expert verlag Sindelfingen
22. Härteprüfung an Metallen und Kunststoffen
Konrad Herrmann und andere, expert verlag Sindelfingen,
23. M400PC3, ein neues automatisiertes DIN-konformes Mikrohärteprüfsystem für die Metallographie
Arnold Horsch, Fortschritte in der Metallographie Band 22, Dr. Riederer Verlag GmbH, Stuttgart
24. Allgemeine Werkstoffprüfung für Ingenieurschulen, Opitz / Dude, VEB Fachbuchverlag, Leipzig
25. TIV (Through Indenter Viewing) - Neue Möglichkeiten der mobilen Härteprüfung, Dr. Stefan Frank, Werner Lammerich
Agfa NDT GmbH, Robert-Bosch-Straße 3, D-50354 Hürth DGZfP-JAHRESTAGUNG 2002