



Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel
Fachbereich Maschinenbau

Labor für Werkstoffkunde

Prof. Dr. Knipfelberg

Härteprüfung nach Brinell

DIN EN ISO 6506-1

Semester M2

Gruppe 1

Gruppenteilnehmer:

XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX

Protokollführer:

XXXXXXXXXX
Matr.Nr.: XXXXXXXX

INHALTSVERZEICHNIS

1. Grundlagen zur Härteprüfung	3
1.1 Definition der Härte nach Martens	3
1.2 Allgemeines zur Härteprüfung	3
2. Härteprüfung nach Brinell	4
2.1 Allgemeines	4
2.2 Darstellung des Verfahrens	4
2.3 Rechnerische Bestimmung der Brinellhärte	5
2.4 Bezeichnungsbeispiel	5
3. Meßbedingungen für vergleichbare und reproduzierbare Härte	6
3.1 Prüfkörper	6
3.2 Belastungsdauer	6
3.3 Prüfkraft und Beanspruchungsgrad c	6
3.4 Wahl des Beanspruchungsgrades	7
3.5 Eindruckabstand	7
3.6 Eindruckoberfläche A	8
3.7 Eindruckdurchmesser d	8
3.8 Fehler bei der Härteprüfung	9
3.9 Beschaffenheit der zu prüfenden Werkstoffe	9
3.10 Prüftemperatur	9
4. Laborversuch zur Härteprüfung nach Brinell	10
4.1 Aufgabenstellung	10
4.1 Prüfmaschinen	10
4.2 Versuchsvorbereitung	10
4.3 Versuchsdurchführung	11
4.4.1 Härteprüfung 1: 16Mo3	12
4.4.1.1 Meßwertetabelle	12
4.4.1.2 Berechnungsbeispiel	12
4.4.2 Härteprüfung 2: CuZn39Pb2	13
4.4.2.1 Meßwertetabelle	13
4.4.3 Härteprüfung 3: EN AW-AlCu4PbMgMn	14
4.4.3.1 Meßwertetabelle	14
5. Einfluß des Kugeldurchmessers D auf die Brinellhärte	15
6. Einfluß des Beanspruchungsgrades c auf die Brinellhärte	16
7. Beurteilung der industriellen Automatisierung des Brinellhärteverfahrens im Vergleich zur Härteprüfung nach Vickers und Rockwell	17
Anhang:	
Bedienungsanleitung für die Härteprüfmaschine BRIVISKOP BL 1	
Bedienungsanleitung für die Härteprüfmaschine	

1 Grundlagen zur Härteprüfung

1.1 Definition der Härte nach Martens (1898):

Härte ist der Widerstand, den ein Werkstoff dem Eindringen eines anderen Körpers entgegensetzt.

1.2 Allgemeines zur Härteprüfung:

Im Maschinenbau haben nur die Verfahren mit statischer Belastung Bedeutung. Die Härteprüfung ist relativ schnell, kostengünstig und praktisch **zerstörungsfrei** durchführbar.

Es liefert Anhaltswerte für die statische Festigkeit und das Verschleißverhalten der Werkstoffe.

Unter Nutzung der nachgewiesenen Beziehungen zwischen der Härte und Größen wie Zugfestigkeit, Streck- bzw. Dehngrenze, Schwing- oder Verschleißfestigkeit können bereits mit Hilfe weniger Härtewerte andere nur mit wesentlich größerem Aufwand zugängliche Werkstoffkenngrößen grob abgeschätzt werden.

Aufgrund der geringen Beschädigung der Werkstücke eignen sich die Härteprüfungen besonders zur **100%-igen Prüfung** in der industriellen Fertigung, welche für Sicherheitsteile gesetzlich vorgeschrieben ist.

In den Jahren 1900...1930 sind unterschiedliche Verfahren der statischen Härteprüfung entwickelt worden, die auch heute noch aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften und Anwendungsgebiete nebeneinander eingesetzt werden.

Im Maschinenbau haben sich die Härteprüfungen nach Brinell, Vickers und Rockwell durchgesetzt.

Sie sind alle Eindringverfahren, die sich aber durch verfahrensspezifische Randbedingungen wie Gestalt, Werkstoff der Prüfkörper, sowie Größe der Belastung unterscheiden.

Bei Brinell und Vickers wird die Prüfkraft stoßfrei aufgebracht und wirkt auf die Probe eine bestimmte Zeit ein. Nach dem entlasten wird der bleibende Eindruck vermessen und daraus der Härtewert errechnet.

Lediglich bei der Härteprüfung nach Rockwell kann der Härtewert direkt abgelesen werden.

2 Die Härteprüfung nach Brinell:

2.1 Allgemeines

Beim Brinellverfahren nach (alt DIN 50351; DIN EN 10 003-1) EN ISO 6506-1 wird eine Kugel bestimmten Durchmessers D aus gehärtetem Stahl oder heute meist Hartmetall mit einer gewählten Prüfkraft in eine Probe gedrückt.

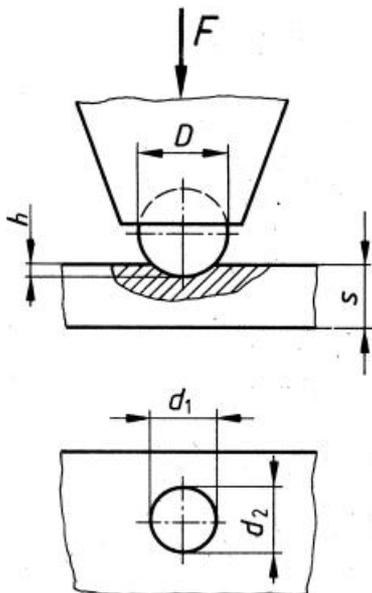
Dadurch bildet sich im Werkstück durch einen dreiachsigen Spannungszustand eine Kugelkalotte aus.

Die Prüfkraft F ist dabei abhängig vom gewählten Kugeldurchmesser D und dem Werkstoff. Für die verschiedenen Werkstoffgruppen werden verschiedenen Belastungsgerade angegeben, damit die Eindrücke ähnlich groß werden

Der Eindruckdurchmesser d wird zweimal auf $1/100\text{mm}$ genau gemessen und aus dem gemittelten Wert wird die Härte berechnet oder aus Tabellen abgelesen; der Prüfversuch ist jedoch nur gültig, wenn der Eindruckdurchmesser zwischen $0,2 * D$ und $0,7 * D$ liegt, da sonst durch zu tiefes oder zu flaches Eindringen des Prüfkörpers die Werte nicht mehr direkt vergleichbar sind.

Die Härteprüfung nach Brinell ist vorgesehen für Werkstoffe mittlerer Härte von bis zu 450 HB.

2.2 Darstellung des Prüfverfahrens:



F = Prüfkraft
D = Prüfkugeldurchmesser
h = Eindringtiefe
s = Werkstückdicke
$d_{1/2}$ = Kalottenoberflächen- durchmesser

2.3 Rechnerische Bestimmung des Brinellhärtewertes HB

Der Härtewert wird aus der Prüfkraft F, dem Kugeldurchmesser D und dem Eindruckdurchmesser d nach folgenden Formeln bestimmt:

$$HB = \frac{0,102 * 2 * F}{p * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ (einheitenlos)}$$

$$HB = \frac{0,102 * F}{A}$$

2.4 Bezeichnungsbeispiel

Der Härtewert wird nach EN 10003 wie folgt angegeben:

315HBW 2,5/187,5/10

Brinellhärte	: 315
Prüfkugelbeschaffenheit	: -HBS = Stahlkugel
	: -HBW = Wolframkarbid
Kugeldurchmesser	: 2,5 mm
Prüfkraft	: (187,5:0,102)=1840N
Einwirkdauer	: 10s

Der errechneten Härte wird neben dem Kurzzeichen HB der Durchmesser der Prüfkugel und die aus der Umrechnung von N in die veraltete Größe k_p mit 0,102 multiplizierte Prüfkraft hinzugefügt.

Die Bezeichnung der Kugelart kann bei einem Härtewert <300 HB wegfallen, auch die Angabe der Prüfzeit kann entfallen, wenn der Standard von 10s Prüfzeit genutzt wird.

3 Meßbedingungen für vergleichbare und reproduzierbare Härtewerte

3.1 Prüfkörper:

Für die Härteprüfung an Werkstoffen bis zu einer Brinellhärte von 350 HB können gehärtete Stahlkugeln (HBS) verwendet werden. Da die Stahlkugeln bei größerer Kraftaufbringung abplatteten und so die Meßergebnisse verfälscht werden, werden zur Prüfung bis zu 650 HB Hartmetallkugeln HBW (Wolframkarbid) verwendet. Die Durchmesser der Prüfkörper (D) sind nach EN 10003 genormt und betragen 1mm, 2,5 mm, 5 mm und 10 mm.

Hierbei ist zur Prüfung der größtmögliche Prüfkugeldurchmesser zu verwenden.

3.2 Belastungsdauer:

Die Prüfkraft muß stoßfrei und in nicht weniger als zwei oder mehr als acht Sekunden aufgebracht werden. Bei weichen Werkstoffen, die stark fließen ist eine Einwirkzeit von 30s und mehr erforderlich.

Einwirkzeiten können aber auch gesondert vereinbart werden. Dies **muß** dann jedoch in der Härtebezeichnung wie vorstehend beschrieben werden.

Die Einwirkzeiten dürfen dann eine Abweichung von lediglich +/- 2 Sekunden haben

Im Vergleich zu anderen Härteprüfverfahren sind dies sehr lange Prüfzeiten, die einen wesentlichen Nachteil des Brinellhärteprüfverfahrens in der Massenfertigung darstellen.

3.3 Prüfkraft und Beanspruchungsgrad c (früher auch Belastungsgrad)

Die Beanspruchungsgrade wurden festgelegt, da bei den unterschiedlichen Prüfkugeldurchmessern nicht die gleich Prüfkraft aufgebracht werden darf, wenn man vergleichbare Werte erhalten will.

So erfolgt bei kleineren Kugeln eine Abstufung der Prüfkraft.

Der Belastungsgrad ist je nach Werkstoff und Meßbereich Tabellen zu entnehmen.

Genormt sind die Beanspruchungsgrade 30; 10; 5; 2,5; 1,25 und 1

Der Belastungsgrad kann aber auch nach folgender Formel berechnet werden:

$$c = \frac{0,102 * F}{D^2}$$

Der Faktor 0,102 ist zur Umrechnung der veralteten Größe kp (Kilopond) in der Formel enthalten um bisherige Werte der Brinellhärten trotz der Einheitenumstellung beizubehalten.

(Vereinbarung des Internationalen Komitees ISO/TC vom Juni 1970)

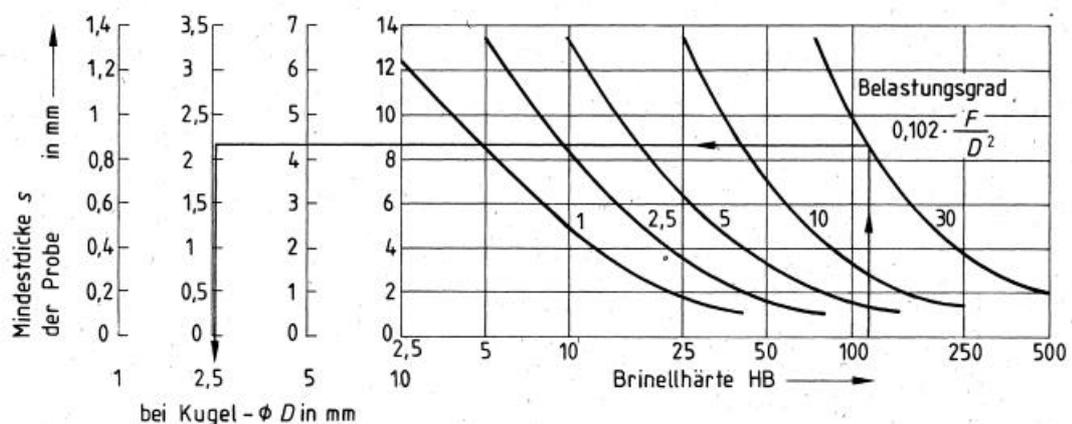
3.4 Wahl des Beanspruchungsgrades:

Die zu verwendende Prüfkraft wird wie folgt ermittelt:

- Nach untenstehender Tafel wird für den vorhandene Werkstoff der Beanspruchungsgrad c ermittelt.
- In untenstehendem Diagramm wird dann mit Hilfe der Probendicke, des Beanspruchungsgrades und der zu erwartenden Härte der Beanspruchungsgrad c ermittelt.
- In der Tabelle wird dann wiederum mit dem ermittelten Beanspruchungsgrad die zu verwendende Prüfkraft abgelesen.

Belastungsgrad, Prüfkraft, Kugeldurchmesser und Probenwerkstoff für Härteprüfungen nach Brinell					
Belastungsgrad $0,102 \cdot \frac{F}{D^2}$	Prüfkraft F in N bei Kugeldurchmesser D in mm				Probenwerkstoff mit HB-Grenzwert
	1	2,5	5	10	
30	294,2	1839	7355	29420	Stahl ≤ 650 HB, GG ≥ 140 HB, Cu-Leg > 200 HB, Al-Leg. > 130 HB
10	98,1	612,9	2452	9807	GG < 140 HB, Cu-Leg. 35...200 HB, Al-Leg. 55...130 HB
5	49	306,5	1226	4903	Cu, Cu-Leg. < 35 HB, Al-Leg. < 55 HB, Zn
2,5	24,5	153,2	612,9	2452	Al, Lagermetalle
1	9,8	61,3	245,2	980,7	Pb, Sn

Mindestdicke der Proben in Abhängigkeit von Belastungsgrad, Kugeldurchmesser und Härte



Beispiel: Stahlblech St 37-2 (120...130 HB); $s = 3$ mm; $D = ?$ **Ablesung:** Für Belastungsgrad 30 gilt $D = 2,5$ mm

3.5 Eindruckabstand:

Der Abstand zweier Eindrücke darf das vierfache des mittleren Eindruckdurchmessers nicht unterschreiten. Bei weichen, stark fließenden Werkstoffen ist das Sechsfache von d erforderlich. Je nach Werkstoff ist ein Randabstand einzuhalten, der das zweieinhalb bis dreifache des Eindruckdurchmessers. Geringere Abstände ermöglichen evtl. das Ausweichen des Werkstoffes, zudem können Verfestigungszonen um die einzelnen Eindrücke entstehen, die weitere Messungen beeinflussen.

3.6 Eindruckoberfläche A:

Die Eindruckoberfläche A ist zu definieren als Oberfläche der erhaltenen Kugelkalotte. Sie wird zur Ermittlung des Härtewertes verwendet.

Die Eindruckoberfläche wird nach folgender Formel berechnet:

$$A = \frac{p * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$$

3.7 Eindruckdurchmesser d:

Die entstehende Kalotte darf weder zu flach sein, da dann unscharfe, nicht exakt zu messende Ränder entstehen, noch darf sie zu tief sein, denn die Kugel kann sonst schon über ihren Durchmesser hinweg in das Prüfstück eingesunken sein. Des weiteren gibt es bei zu starkem Eindringen der Prüfkugel kaum noch Durchmesserunterschiede trotz größerer Differenz der Eindringtiefe.

Es wurde festgelegt, daß der Eindruckdurchmesser

$$0,24 * D < d < 0,6 * D \quad (D = \text{Prüfkugeldurchmesser})$$

betragen muß, um ein gültiges Meßergebnis zu erhalten.

Die Eindruckdurchmesser wird nach dem Aufbringen der erforderlichen Prüfkraft und Dauer auf 1/100 mm genau zweimal um 90° versetzt gemessen .

Hieraus wird mit der Formel

$$d = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$$

der zur Härtebestimmung benutzte Mittelwert des Eindruckdurchmessers bestimmt.

—

3.8 Fehler bei der Härteprüfung:

Fehler bei der Härteprüfung könne sich durch im Bild gezeigte Wulstbildung oder Einziehen des umgebenden Werkstoffes ergeben:

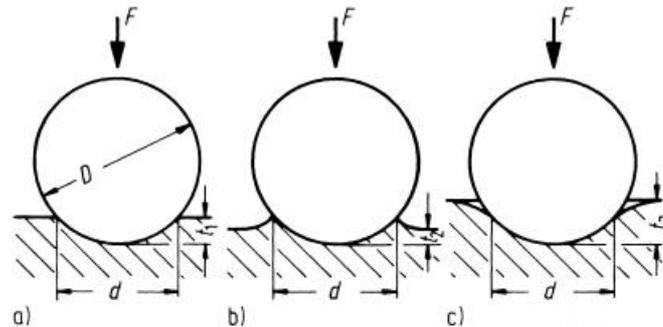


Bild 3.54 Veränderung der Eindringtiefe
a) normale Eindringtiefe t_1
b) verringerte Eindringtiefe t_2 durch Wulstbildung
c) vergrößerte Eindringtiefe t_3 durch Einziehen

3.9 Beschaffenheit des zu prüfenden Werkstoffes:

Die Oberfläche der Probe muß poliert sein, die Auflagefläche (Unterseite) der Probe muß auf einer starren Aufnahmevorrichtung liegen wobei die sich berührenden Flächen sauber, eben und glatt sein sollen.

Die Probenunterseite darf nach der Prüfung keine sichtbare Verformung zeigen. Im allgemeinen soll die Probendicke das 17-Fache der Eindringtiefe der Prüfkugel betragen.

Die Eindringtiefe (h) wird mit nachstehender Formel berechnet:

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

3.10 Prüftemperatur:

Die genormte Prüftemperatur für hohe Anforderungen liegt bei 23°C +/- 5°C. Der Einfluß der Prüftemperatur entspricht dem der statischen und dynamischen Festigkeitswerte. Zunehmende Temperatur führt zu einem Abfall der Härtewerte.

4 Laborversuch zur Härteprüfung nach Brinell:

4.1 Aufgabenstellung:

An drei verschiedenen Werkstoffen ist die Brinellhärte nach EN ISO 6506-1 mit unterschiedlichen Kugeln und Kräften zu messen. Die Ergebnisse sind zu vergleichen, nachzuprüfen und darzustellen.

Das Meßverhalten ist zu kommentieren.

Zu untersuchende Werkstoffe:

Werkstoffbezeichnung (alt)	Regelwerk (alt)	Werkstoffbezeichnung (neu)	Regelwerk (neu)
15 Mo 3	DIN 17155	16Mo3	DIN EN10028_2
CuZn39Pb2	DIN 17672-1	CuZn39Pb 2	DIN EN 12167
Alzn4,5Mg1	DIN 1746/47	EN-AW-AICu4PbMgMn	DIN EN 754-2 DIN EN 755-2

4.2 Prüfmaschinen:

Für die Härteprüfungen nach Brinell werden nach DIN EN 10003-2 genormte Härteprüfmaschinen verwendet.

Die Härteprüfung mit den Prüfkugeln der Durchmesser 5 mm und 10 mm werden auf der „Reicherter“, der Härteprüfmaschine BRIVISKOP BL 1 durchgeführt. Diese Maschine ist ausgestattet mit einer optischen Eindruckmeßeinrichtung nach DIN EN 10003-2 und besitzt einen Prüfkraftbereich von 490 N bis 29420 N.

Für die Versuche mit dem Prüfkugeldurchmesser von 2,5 mm wird die Prüfmaschine Testor 930/250 der Firma Instron-Wolpert GmbH verwendet. Die kombinierte Härteprüfmaschine ist zusätzlich mit einer Eindringtiefe-meßeinrichtung nach DIN EN 10109-2 ausgestattet.

Auf dieser Maschine ist eine Prüfung mit einer maximalen Kraft von 2452 N durchführbar.

Genauere Beschreibungen der Maschinen sind im Anhang zu finden.

4.3 Versuchsvorbereitung:

Vor der Härteprüfung werden die Briviskop BL 1 mit einer Druckmeßdose , die Testor 930/250 mit Hilfe einer Prüfplatte kalibriert.

Hierzu wird bei der „Reicherter“ mit dem Kugeldurchmesser von 10 mm und dem Belastungsgrad 30 die maximale Prüfkraft von 3000 kp aufgebracht. Die tatsächliche Prüfkraft wird dann gemessen und muß im Bereich von 3000 kp +/- 1% liegen. Bei der Wolpert wird die Härte einer der Prüfplatte gemessen und mit gegebenen Werten verglichen.

Bei den von uns durchgeführten Kalibrierungen lagen beide Maschinen innerhalb der zulässigen Toleranz.

4.4 Versuchsdurchführung:

Der Versuch mit Hilfe der Härteprüfmaschine BRIVISKOP BL1 wird in folgender Schrittfolge durchgeführt:

1. Einsetzen des Prüfkörpers in die Aufnahme
2. Einstellen der benötigten Prüfkraft
3. Heranfahren der Probe an den Prüfkörper, bis die Probenoberfläche als sehscharfes Bild auf der Mattscheibe erscheint
4. Aufbringen der Prüfkraft über die gewählte Beanspruchungsdauer
5. Zweimaliges Messen des auf der Meßoptik erscheinenden Prüfeindruckes auf Umschlag
6. Berechnung des Härtewertes HB mit Hilfe der EDV, Entnahme aus Tabellen oder Berechnung mit entsprechender Formel

Bei einem Prüfkugeldurchmesser von 2,5 mm wird die Härteprüfmaschine Testor 920/250 wie folgt benutzt:

1. Einlegen der Probe
2. Schrauben der Probe in Richtung des Prüfkörpers bis sie auf der Mattscheibe sehscharf zu erkennen ist
3. Parametereingabe
4. Starten des Prüfprogrammes (automatischer Ablauf der Prüfung)
5. Ablesen des ausgemessenen Prüfeindruckes
6. Ablesen des Härtewertes direkt von der Anzeige der Prüfmaschine, Berechnung mit Hilfe der EDV, Entnahme aus Tabellen oder Berechnung mit entsprechender Formel

4.4.1 Härteprüfung 1: 16Mo3

Raumtemperatur: 23°C

4.4.1.1 Meßwertetabelle:

Lfd. Nr:	D [mm]	c [N7mm ²]	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d _m	HB	Ergebnis	
1	10	30	5,39	5,3	5,345	123	124HBW 10/3000/10	
	10	30	5,34	5,32	5,33	124		
2	10	10	3,26	3,3	3,28	115	116HBW10/1000/10	
	10	10	3,28	3,26	3,27	116		
3	10	5	2,38	2,39	2,385	-	außerhalb der Norm	
	10	5	-	-	-	-		
4	5	30	2,61	2,7	2,655	125	123HBW 10/250/10	
	5	30	2,71	2,7	2,705	120		
5	5	10	1,67	1,68	1,685	110	111HBW 5/125/10	
	5	10	1,68	1,66	1,67	111		
6	2,5	30	Mittelwerte werden automatisch errechnet			1,372	116	116HBW 2,5/187,5/10
	2,5	30				1,372	116	
7	2,5	10	Mittelwerte werden automatisch errechnet			0,83	112	111HBW 2,5/62,5/10
	2,5	10				0,842	109	

4.4.1.2 Berechnungsbeispiel für 123HBW 10:

$$F = \frac{c * D^2}{0,102}$$

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$F = \frac{30 \text{ N/mm}^2 * 10^2 \text{ mm}^2}{0,102}$$

$$d = \frac{5,3 \text{ mm} + 5,39 \text{ mm}}{2}$$

$$F = 29412 \text{ N}$$

$$d = 5,345 \text{ mm}$$

$$HB = \frac{0,102 * 2 * F}{p * D * (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$HB = \frac{0,102 * 2 * 29412 \text{ N}}{p * 10 \text{ mm} * (10 \text{ mm} - \sqrt{10^2 \text{ mm}^2 - 5,345^2 \text{ mm}^2})}$$

$$HB = 123,35 \approx 123$$

4.4.2 Härteprüfung 2: CuZn39Pb2:

4.4.2.1 Meßwertetabelle

Lfd. Nr:	D [mm]	c [N7mm ²]	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d _m	HB	Ergebnis
1	10	30	-	-	-	-	außerhalb der Norm
	10	30	-	-	-	-	
2	10	10	3,79	3,76	3,775	86	87HBW 10/3000/10
	10	10	3,8	3,72	3,76	87	
3	10	5	2,83	2,79	2,81	79	79HBW 10/500/10
	10	5	2,81	2,81	2,81	79	
4	5	10	1,85	1,91	3,76	87	86HBW 5/250/10
	5	10	1,88	1,94	1,91	84	
5	5	5	1,42	1,44	1,43	76	76HBW 5/125/10
	5	5	1,41	1,43	1,42	77	
6	2,5	10	Mittelwerte werden automatisch errechnet		0,928	89	90HBW 2,5/62,5/10
	2,5	10			0,918	91	
7	2,5	5	Mittelwerte werden automatisch errechnet		0,682	84	5/31,25/10
	2,5	5			0,682	84	

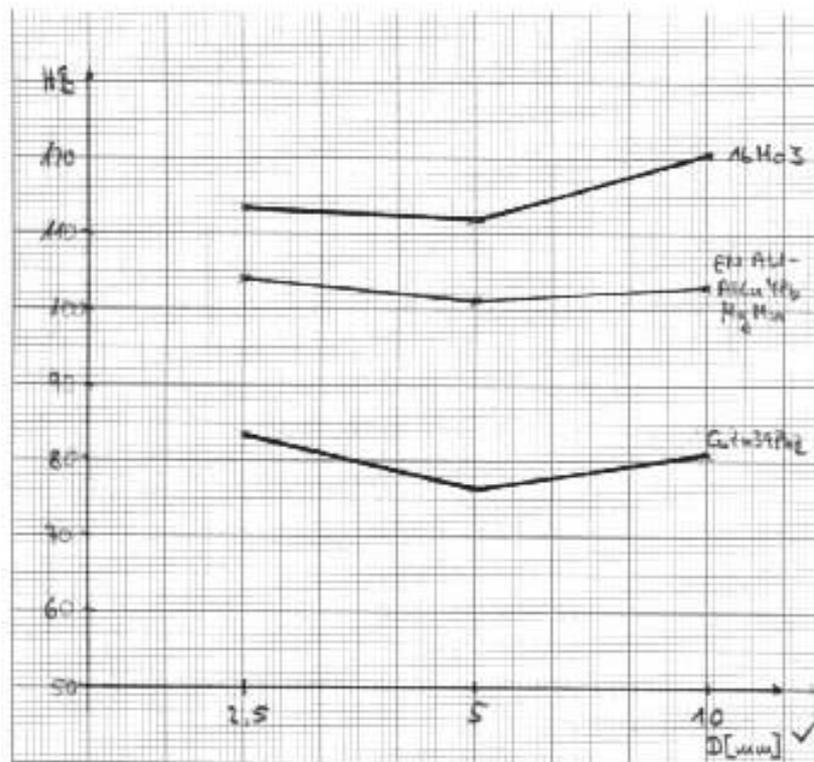
4.4.3 Härteprüfung 3:EN AW-ALCu4PbMgMn

4.4.3.1 Meßwertetabelle

Lfd. Nr:	D [mm]	c [N/mm ²]	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d _m	HB	Ergebnis	
1	10	30	5,69	5,65	5,67	108	109HB10/3000/10	
	10	30	5,62	5,63	5,625	110		
2	10	10	3,45	3,44	3,445	104	105HB10/1000/10	
	10	10	3,44	3,41	3,425	105		
3	10	5	2,5	2,54	2,52	99	99HB 10/500/10	
	10	5	2,59	2,51	2,55	98		
4	5	30	2,84	2,84	2,84	108	108HB 5/750/10	
	5	30	2,83	2,84	2,835	108		
5	5	10	1,76	1,73	1,745	101	102HB 5/250/10	
	5	10	1,74	1,73	1,735	102		
6	5	5	1,33	1,35	1,34	87	88HB 5/125/10	
	5	5	1,34	1,31	1,325	89		
7	2,5	30	Mittelwerte werden automatisch errechnet			1,411	109	110HB 2,5/187,5/10
	2,5	30				1,408	110	
8	2,5	10				0,847	108	108HB 2,5/62,5/10
	2,5	10				0,851	107	
9	2,5	5				0,633	98	96HB 2,5/31,25/10
	2,5	5				0,644	94	

5. Einfluß des Kugeldurchmessers auf die Brinellhärte

Wie das untenstehende Diagramm zeigt, haben die verschiedenen Kugeldurchmesser bei den auf sie abgestimmten Beanspruchungsgraden nahezu keinen Einfluß auf die ermittelte Härte. Der Grund hierfür liegt in der gleichen Flächenpressung (bei entsprechend gleichem Beanspruchungsgrad) und dem daraus resultierenden gleichen Werkstoffverhalten. Die Abweichungen unter den einzelnen Werten sind sehr gering, so daß sich verschiedene Härtewerte, die bei gleichem Beanspruchungsgrad ermittelt wurden, sehr gut vergleichen lassen und nur geringe Ungenauigkeiten aufweisen.



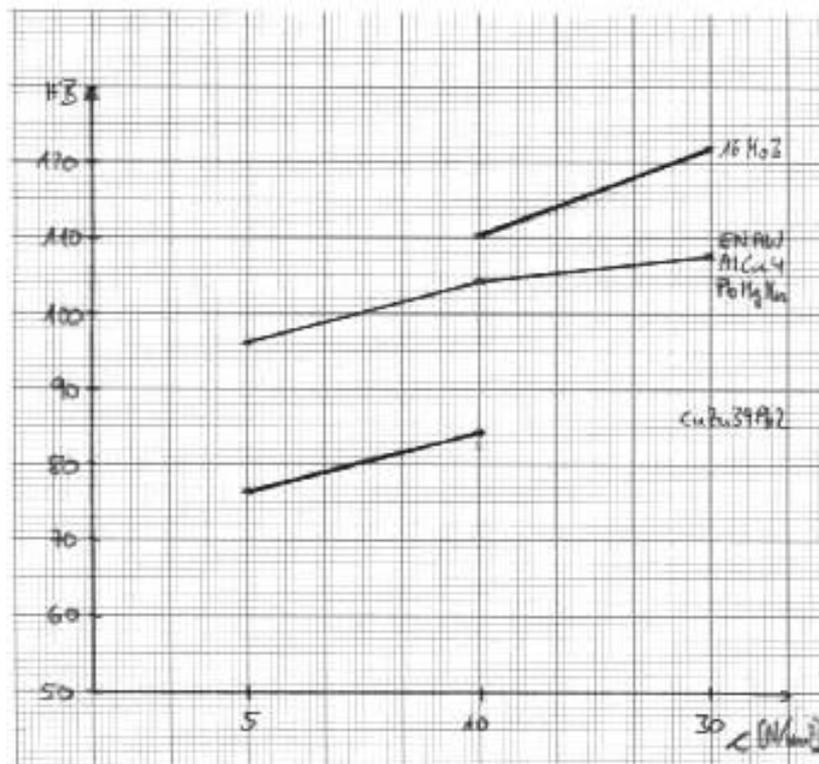
6. Einfluß des Beanspruchungsgrades auf die Brinellhärte

Das folgende Diagramm deutet an, daß eine Verringerung des Belastungsgrades auch eine unmittelbare Verringerung des ermittelten Härtewertes zur Folge hat. Daraus folgt, daß sowohl gleiche Prüfkräfte bei veränderten Kugeldurchmessern, als auch verschiedene Prüfkräfte bei gleichen Kugeldurchmessern zu unterschiedlichen Härtewerten führen.

Da für den Beanspruchungsgrad gilt:

$$c = \frac{0,102 \cdot F}{D^2}$$

Vergleichbare Prüfungen sind also nur mit gleichen Belastungsgraden möglich.



7. Beurteilung der industriellen Automatisierbarkeit des Brinellhärteprüfverfahrens im Vergleich zur Härteprüfung nach Vickers und Rockwell:

Das Brinellhärteverfahren eignet sich grundlegend zur Härtemessung an Werkstoffen mittlerer Härte bis zu 450 HB, wäre also in vielfältigen Bereichen einsetzbar.

Die Vorteile dieses Verfahrens liegen sicher im Preis, da die Prüfkörper aus Stahl oder Hartmetall bestehen und nicht aus aufwendig zu schleifenden Diamanten wie bei der Härteprüfung nach Vickers oder Rockwell.

Im Gegensatz zu Vickers und Rockwell ist das Prüfergebnis des Brinell-Verfahrens an Werkstoffen mit Gefügebestandteilen unterschiedlicher Härte mit hoher Wahrscheinlichkeit genauer, da durch die relativ große Prüfkugeloberfläche mit Sicherheit viele Kristalle getroffen werden, so daß die mittlere Härte des Gesamtgefüges bestimmt wird.

In der Automatisierung kommt es jedoch nicht darauf an, einen genauen Härtewert des Gefüges zu bestimmen, sondern lediglich einen Festigkeitsvergleich durchzuführen, z.B. einen Festigkeitsnachweis an 100%-ig geprüften in Serie hergestellten Sicherheitsteilen.

In der Serienfertigung hat sich die Härteprüfung nach Brinell also nicht bewähren können. Dies liegt im wesentlichen wahrscheinlich an der zu langen Prüfzeit von 10 bis zu 30 Sekunden, die für eine automatisierte Förderung in den meisten Fällen wahrscheinlich viel zu lang sein würde..

Die Hauptanwendung des Brinellverfahrens liegt deswegen in der Kontrolle der Wärmebehandlung durch Nachprüfung der Zugfestigkeit, da hierbei aus dem Ergebnis der Härteprüfung überschlägig Rückschlüsse auf die Zugfestigkeit des geprüften Stoffes gezogen werden können.

Ein Nachteil des Vickers-Verfahrens liegt ebenfalls in der relativ langen Prüfzeit.

Dieses Prüfverfahren läßt sich zudem noch schlechter Automatisieren, als das Brinellverfahren, da es in hohem Maße stoßempfindlich ist.

In der Automatisierung wäre es sicherlich mit erheblichem Aufwand verbunden, ein für die Prüfung nach Vickers erschütterungsfreies Gebiet zu schaffen, um die Meßergebnisse nicht zu verfälschen.

Durchgesetzt hat sich das Verfahren der Härteprüfung nach Rockwell.

Eindeutige Vorteile liegen bei dem Verfahren in der kurzen Prüfzeit von 2-3 Sekunden und der (im Gegensatz zu Vickers und Brinell) nicht vorzubearbeitenden Oberfläche. Dies ist mit erheblichen Kosten- und Zeitvorteilen positiv zu vermerken.

Das Rockwell-Verfahren ist das einzige, bei dem die verbleibende Eindringtiefe des Prüfkörpers direkt gemessen wird, dadurch ist das Ergebnis der Härteprüfung ohne die Unterstützung einer Datenverarbeitungseinheit an einer nach Rockwell geeichten Meßuhr abzulesen.