



**Hamburger Fern-Hochschule / Studienzentrum Kaiserslautern
Fachbereich Technik: Wirtschaftsingenieurwesen (B.Eng.)**

**Werkstofftechnik Labor an der Fachhochschule Kaiserslautern
(Morlauter Str. 31, 67657 Kaiserslautern, Stadort I, Gebäude I)**

Härteprüfung nach Brinell / Vickers / Rockwell

Semester: 1
Gruppe: 1
Gruppenteilnehmer: Χηριστιαν Μυστερμανν, Χηριστιαν Μυστερμανν,
Peter Kubik, Φελιξ Μυστερμανν
Datum: 10. April 2010
Protokollführer: Peter Kubik
Matrikel-Nr.: 0000000

Inhaltsverzeichnis

1.	Definition der Härte.....	03
2.	Grundlagen der Härteprüfung.....	03
3.	Härteprüfverfahren.....	03
4.	Härteprüfung nach Brinell.....	04
4.1	Definition der Brinellhärte.....	05
4.2	Messvereinbarungen.....	06
4.3	Wahl des Beanspruchungsgrad.....	07
4.4	Darstellung der Messergebnisse.....	08
4.5	Umrechnung von Härtewerten.....	09
5.	Härteprüfung nach Vickers.....	10
5.1	Definition der Vickershärte.....	10
5.2	Messvereinbarungen.....	11
5.3	Wahl der Prüfkraftstufe.....	12
5.4	Darstellung der Messergebnisse.....	12
6.	Härteprüfung nach Rockwell.....	13
6.1	Definiton der Rockwellhärte.....	13
6.2	Messvereinbarungen.....	14
6.3	Darstellung der Messergebnisse.....	14
7.	Versuchsdurchführung.....	15
7.1	Prüfeinrichtung.....	15
7.2	Referenzmittel.....	15
7.3	Prüfdurchführung.....	16
7.4	Prüfergebnisse.....	17
7.5	Diskussion der Ergebnisse.....	18
8.	Quellenverzeichnis.....	19
8.1	Bücher.....	19
8.2	Abbildungen.....	19



Diese Datei wurde unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation veröffentlicht

1. Definition der Härte

“Härte ist der mechanische Widerstand, den ein Werkstoff der mechanischen Eindringung eines härteren Körpers entgegensetzt.“

(Adolf Martens)

2. Grundlagen der Härteprüfung

Das Merkmal hart wird in der Technik zur Beschreibung unterschiedlicher Werkstoffeigenschaften benutzt. Allgemein wird der Werkstoffwiderstand gegen das Eindringen eines Fremdkörpers in den oberflächennahen Werkstoffbereich als Härte bezeichnet. Die Härte selbst wird nicht direkt gemessen, sondern aus primären Messgrößen wie Eindruckdurchmesser, Eindringtiefe und Prüfkraft.

Viele Bauteile wie Achsen, Zahnräder, Wellen oder Schienen unterliegen einer großen Verschleißbeanspruchung. Bei diesen Bauteilen stellt die Härte die Verschleißbeständigkeit dar. Auch lassen sich aus der Härte weitere mechanische Kenngrößen wie die Zugfestigkeit oder die Streckgrenze relativ genau ableiten.

3. Härteprüfverfahren

Grundsätzlich gibt es drei Härteprüfverfahren: quasistatisch, dynamisch und Ritzverfahren.

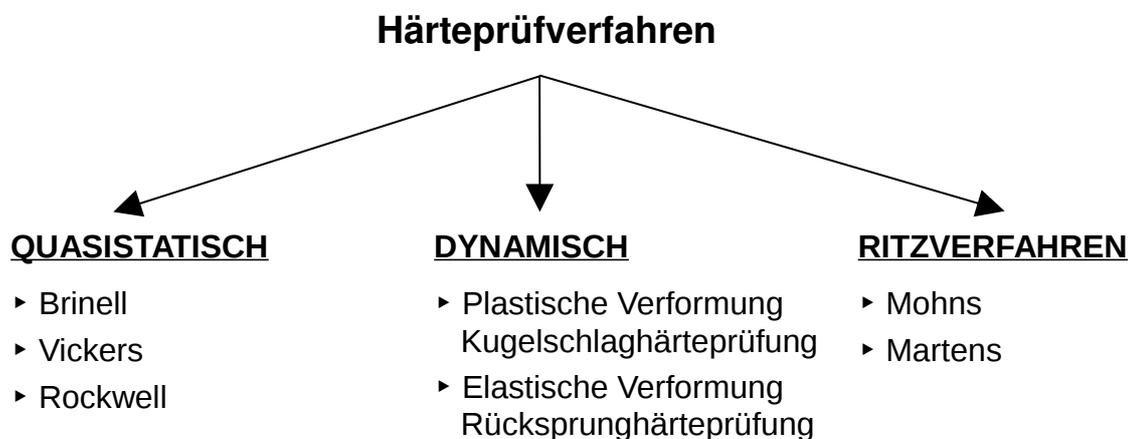


Abb. 3.0.1: Schematisch Darstellung der Härteprüfverfahren

Die zu Härteprüfung notwendigen Maschinen sind entweder für ein spezielles Härteprüfverfahren konstruiert oder durch die Möglichkeit den Prüfkopf zu wechseln für mehrere Prüfverfahren ausgelegt. Dabei handelt es sich um sogenannte Universalprüfmaschinen.

In der Praxis haben nur die Verfahren mit Quasistatischerbelastung Bedeutung. Die Härteprüfung ist relativ schnell, kostengünstig und praktisch zerstörungsfrei vor Ort durchführbar. Aufgrund der geringen Beschädigung der Werkstücke eignet sich dieses Verfahren sogar für 100%-Prüfungen an Sicherheitsteilen in der industriellen Fertigung.

4. Härteprüfung nach Brinell

Bei der Härteprüfung nach Brinell (DIN EN ISO 6506-1) wird eine Hartmetallkugel aus Wolframkarbid mit genormten Durchmesser von 10, 5, 2,5 oder 1mm verwendet.

Die Kugel wird mit einer genormten Prüfkraft senkrecht und stoßfrei, in nicht weniger als zwei oder mehr als acht Sekunden, auf das Werkstück aufgebracht (Abb. 4.0.1: $t_0 - t_1$) und für die Dauer von 10 bis 15 Sekunden (Normzeit) -bei weichen Werkstoffen von mindestens 30 Sekunden- in das Messobjekt eingedrückt (Abb. 4.0.1: $t_1 - t_2$). Dadurch bildet sich im Werkstück eine Kugelkalotte aus. Der Durchmesser und die Prüfkraft ist abhängig vom zu prüfenden Werkstoff. Die Einwirkzeiten können aber auch gesondert gewählt werden. Dies muss dann in der Härtebezeichnung beschrieben werden. Abschließend wird die Probe entlastet (Abb. 4.0.1: $t_2 - t_E$).

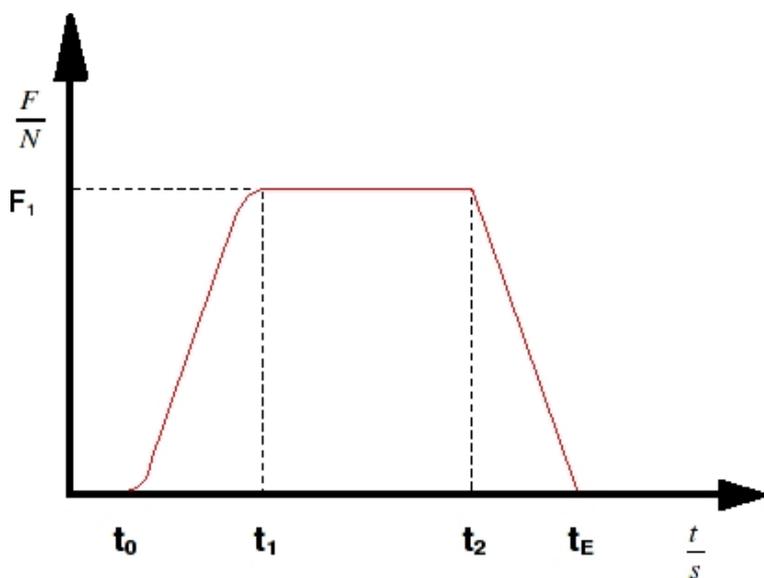


Abb. 4.0.1: Prüfkraft-Zeit Verlaufdiagramm

Da aus messtechnischen Gründen der Prüfeindruck nicht zu tief und flach sein sollte, ist die Prüfkraft so zu wählen, dass der Eindruckdurchmesser 24...60% des Kugeldurchmessers entspricht. Um Textureinflüsse zu eliminieren, wird der arithmetische Mittelwert aus zwei senkrecht zueinander stehenden Durchmesser (d_1 und d_2) ermittelt.

Die Härteprüfung nach Brinell ist für Werkstoffe von bis zu 450 HB (mittlere Härte) vorgesehen.

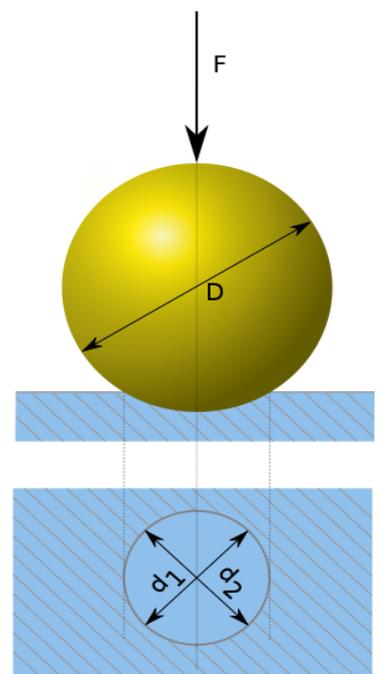


Abb. 4.0.2: Prinzip des Brinell-Verfahrens mit Eindruckkörper und Prüfeindruck

4.1 Definition der Brinellhärte

Die Brinellhärte HB ist definiert als Prüfkraft F (in N), bezogen auf die Eindruckfläche A_K (in mm^2) des kalottenförmigen Eindruckes.

$$HB = \alpha \cdot \frac{F}{A_K}$$

Die Konstante α wurde bei der Umstellung von Kilopond (kp) auf das SI-System (von frz. *Système international d'unités* / Internationales Einheitensystem) eingeführt und wird verwendet, um die neuen Werte (mit Newton als Kräfteinheit berechnet) besser mit den älteren Härtewerten (mit Kilopond als Kräfteinheit berechnet) vergleichen zu können.

$$1 \text{ kp} = 9,80665 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow 1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow 1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ N} \rightarrow 0,102 \text{ kp} \approx 1 \text{ N}$$

Die Kalottenfläche A_K wird berechnet aus dem Kugeldurchmesser D , der Eindrucktiefe h und der Kreiszahl π . Eingesetzt in die Brinellhärteformel ergibt sich

$$HB = \alpha \cdot \frac{F}{D \cdot h \cdot \pi}$$

Nun muss noch die Eindrucktiefe h bestimmt werden. Diese lässt sich mit dem Satz des Pythagoras herleiten. In den Kugeldurchmesser, der den Eindruckkreis erzeugt, wird ein rechtwinkliges Dreieck eingezeichnet.

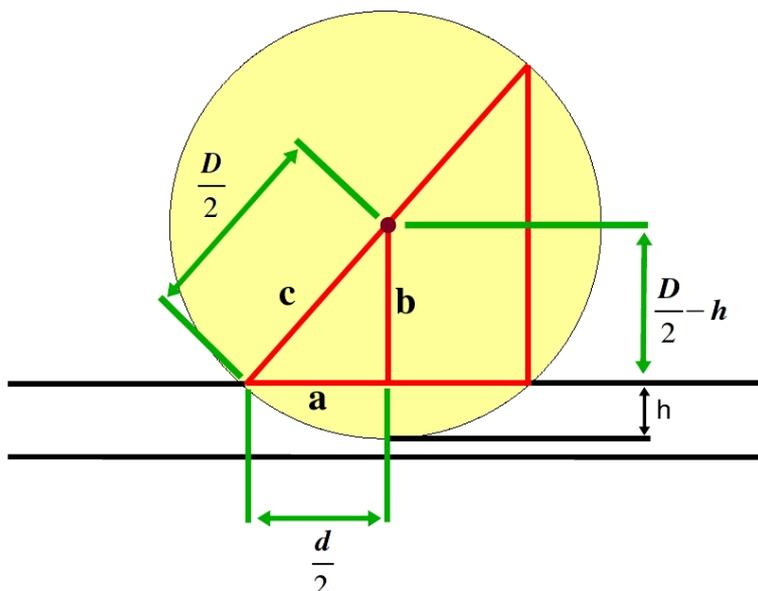


Abb. 4.1.1: Berechnung der Brinell-Eindrucktiefe

Der Satz des Pythagoras besagt, dass $c^2 = a^2 + b^2$ ist. Ersetzen wir a, b und c durch

$$\frac{d}{2}, \frac{D}{2} - h \text{ und } \frac{D}{2} \text{ erhalten wir } \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 + \left(\frac{D}{2} - h\right)^2. \text{ Jetzt noch nach } h \text{ umstellen}$$

$$\left(\frac{D}{2} \right)^2 = \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} - h \right)^2 \quad | \quad - \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

$$\left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 = \left(\frac{D}{2} - h \right)^2 \quad | \quad ()^2 \text{ auflösen}$$

$$\sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}} = \frac{D}{2} - h \quad | \quad - \frac{D}{2}$$

$$\sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}} - \frac{D}{2} = -h \quad | \quad \cdot (-1) \quad \rightarrow \quad -\sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}} + \frac{D}{2} = h \quad | \quad \text{sortieren}$$

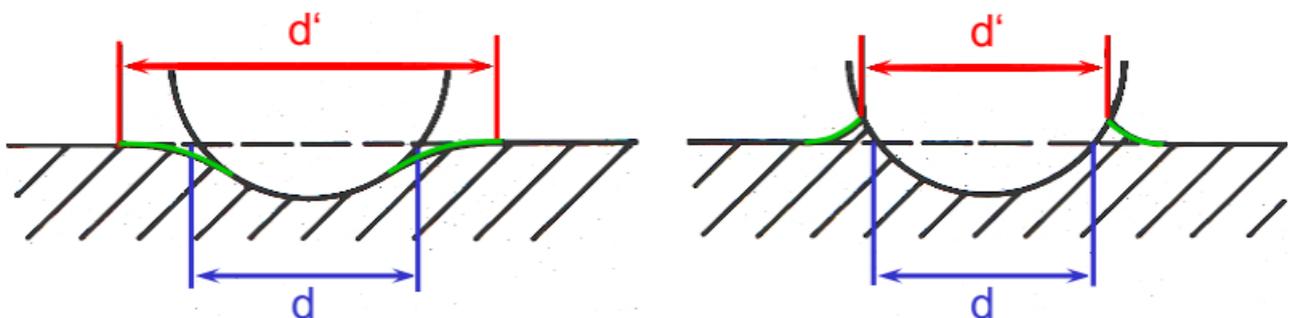
$$h = \frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}} \quad \rightarrow \quad h = \frac{D}{2} - \frac{\sqrt{D^2 - d^2}}{\sqrt{4}} \quad \rightarrow \quad h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

Eingesetzt in die Brinellhärteformel ergibt sich

$$HB = \alpha \cdot \frac{F}{D \cdot \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2} \cdot \pi} \quad \rightarrow \quad HB = \alpha \cdot \frac{2 \cdot F}{D \cdot D - \sqrt{D^2 - d^2} \cdot \pi}$$

4.2 Messvereinbarungen

Der Prüfwerkstoff wird in einem Bereich neben und unterhalb des Kugelabdruckes plastisch verformt und kaltverfestigt. Dadurch ändern sich die Härteeigenschaften und es müssen einige Messvereinbarungen getroffen werden, um vergleichbare Messwerte zu erhalten.



Einzziehung: weicher Werkstoff

Aufwerfung: kaltverfestigter Werkstoff

d' = gemessener Kalottendurchmesser

d = wahrer Kalottendurchmesser

Abb. 4.2.1: Verformungsfehler

- Härteprüfung bei Raumtemperatur durchführen (23°C ±5K)
- Kugeldurchmesser so groß wie möglich wählen, um einen möglichst großen -für die Probe repräsentativen- Bereich zu erfassen
- Kugeldurchmesser ist nach DIN EN 10003-1 genormt (10, 5, 2,5 und 1mm)
- Eindruckdurchmesser beträgt 24...60% des Kugeldurchmesser
- Probenmindestdicke beträgt etwa das Acht- bis Zehnfache der Eindrucktiefe, um den Einfluss der Prüfkörperunterlasge auszuschließen.
- Die für die Praxis ausreichende Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse ist dann bedingt gegeben, wenn der Prüfkugeldurchmesser, der zu prüfende Werkstoff, die Prüfkraft und die Einwirkdauer der Prüfkraft übereinstimmen. Aufgrund des relativ großen Prüfdruckes ist diese Art der Härteprüfung besonders für inhomogene Werkstoffe geeignet (u.a. Grauguss, Gusseisen und Holz).
- Mindestabstand der Prüfeindrücke zueinander
Werkstoffhärte ≥ 150HB: 4 • Eindruckdurchmesser
Werkstoffhärte < 150HB: 6 • Eindruckdurchmesser
- Mindestabstand der Prüfeindrücke zum Rand des Werkstoffes
Werkstoffhärte ≥ 150HB: 2,5 • Eindruckdurchmesser
Werkstoffhärte < 150HB: 3 • Eindruckdurchmesser

4.3 Wahl des Beanspruchungsgrad

Um vergleichbare Werte zu erhalten, muss der Quotient zwischen Prüfkraft und Kugeldurchmesserquadrat konstant gehalten werden. Dieses Verhältnis wird Beanspruchungsgrad genannt.

$$Beanspruchungsgrad = \alpha \cdot \frac{F}{D^2}$$

Beanspruchungsgrad	Werkstoffe	Brinellhärtegrenzen [HB]	Kugeldurchmesser D [in mm]			
			10	5	2,5	1
			Prüfkraft F [in N]			
30,0	Stahl		29.420,0	7.355,0	1.839,0	294,2
	Nickellegierung					
	Titanlegierungen					
	Gusseisen	>= 140				
	Kupfer	>= 200				
	Kupferlegierungen					

Abb. 4.3.1: Beanspruchungsgrad-Tabelle (Teil 1 von 2)

Beanspruchungsgrad	Werkstoffe	Brinellhärtegrenzen [HB]	Kugeldurchmesser D [in mm]			
			10	5	2,5	1
			Prüfkraft F [in N]			
10,0	Gusseisen	>= 140	9.807,0	2.452,0	612,9	98,1
	Kupfer	35...200				
	Kupferlegierungen					
	Leichtmetalle					
	Leichtmetalllegierungen	> 80				
5,0	Kupfer	< 35	4.903,0	1.226,0	306,5	49,0
	Kupferlegierungen					
	Leichtmetalle	35...80				
	Leichtmetalllegierungen					
2,5	Leichtmetalle	35...80	2.452,0	612,9	153,5	24,5
	Leichtmetalllegierungen					
1,0	Blei und Zinn		980,7	245,2	62,3	9,8

Abb. 4.3.2: Beanspruchungsgrad-Tabelle (Teil 2 von 2)

4.4 Darstellung der Messergebnisse

Die Darstellung der Messergebnisse der Brinellhärtemessung wird wie an nachstehenden Beispielen angegeben.



Abb. 4.4.1: Darstellung Brinellhärte mit Belastungszeit > 15 Sekunden



Abb. 4.4.2: Darstellung Brinellhärte mit Normbelastungszeit (10...15 Sekunden)

4.5 Umrechnung von Härtewerten

Die Brinellhärte kann zur Darstellung der Festigkeit R_m herangezogen werden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die nachstehenden Faktoren zur Umrechnung auf Durchschnittswerte beruhen, die aus einer Vielzahl von Messungen herausgegangen ist und den Zugversuch nicht ersetzen! Bei solch ermittelten Werten ist dies stets mit anzugeben.

$$R_{m_{\text{Stahl}}} \approx HB \cdot 3,5$$

$$R_{m_{\text{AlCuMg}}} \approx HB \cdot 3,7$$

Eine Umrechnung der Brinellhärte in die Vickershärte (HV) und umgekehrt ist auch möglich, sind aber auch nur Näherungswerte. Siehe dazu auch die DIN EN ISO 18265 im Anhang.

$$HV \approx \frac{HB}{0,95}$$

$$HB \approx HV \cdot 0,95$$

5. Härteprüfung nach Vickers

Die Härteprüfung nach Vickers (DIN EN ISO 6507-1) wird mit einer regelmäßigen, vierseitigen Diamantpyramide durchgeführt. Diese hat einen Flächenöffnungswinkel von 136° . Dieser Winkel wurde gewählt, weil der Tangentenkegel eines im optimalen Arbeitsbereich liegenden Brinelleindrucks mit $d=0,375 D$ gerade den gleichen Winkel einschließt. Auf diese Weise erhält man Vickers- und Brinellhärten, deren Maßzahlen bis zu einem Betrag von etwa 350 übereinstimmen.

Das Vickersverfahren liefert die genauesten Meessergebnisse und hat von allen Härteprüfverfahren den breitesten Anwendungsbereich. So ist es möglich die härtesten Werkstoffe (u.a. CBN, Sinterhartmetalle), dünne Randschichten und neue Werkstoffe auf ihre Härte hin zu prüfen.

Die Wahl der Prüfkraft ist abhängig von der Prüfaufgabe. Gemessen wird im Makro-, Kleinlast- und Mikrobereich. Da bei Belastungen von $> 50\text{N}$ die Prüfeindrücke geometrisch ähnlich ausfallen ist für Werkstoffe deren dünne Randschicht (z.B. aufgesputterte Schichten), einzelne Gefügebestandteile oder Körner heterogener Werkstoffe gemessen werden soll die Kleinlast- und Mikrohartprüfung mit Belastungen $< 50\text{N}$ vorgesehen. Die einzelnen Bereiche lassen sich untereinander nicht vergleichen.

Wie bei der Brinellhärteprüfung wird der Einringkörper mit einer genormten Prüfkraft senkrecht und stoßfrei, in nicht weniger als zwei oder mehr als acht Sekunden, auf das Werkstück aufgebracht (Abb. 4.0.1: $t_0 - t_1$) und für die Dauer von 10 bis 15 Sekunden (Normzeit) in das Messobjekt eingedrückt (Abb. 4.0.1: $t_1 - t_2$). Bei Werkstoffe mit einem niedrigen Schmelzpunkt und der Neigung zum Nachfließen können andere Belastungsdauern vereinbart werden. Es bildet sich ein rechteckiger, pyramidenförmiger Eindruck. Abschließend wird die Probe entlastet (Abb. 4.0.1: $t_2 - t_E$).

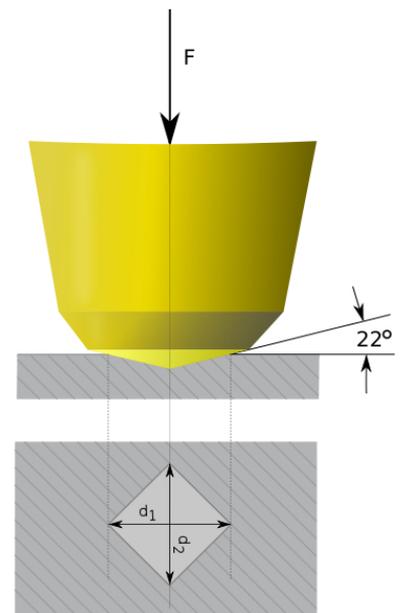


Abb. 5.0.2: Prinzip des Vickers-Verfahrens mit Eindrücker und Prüfeindruck

5.1 Definition der Vickershärte

Die Vickershärte HV ist definiert als Prüfkraft F (in N), bezogen auf die Eindrucksfläche A_p (in mm^2) des pyramidenförmigen Eindrucks.

$$HV = \alpha \cdot \frac{F}{A_p}$$

Die Konstante α wurde bei der Umstellung von Kilopond (kp) auf das SI-System (von frz. Système international d'unités / Internationales Einheitensystem) eingeführt und wird verwendet, um die neuen Werte (mit Newton als Kraftereinheit berechnet) besser mit den älteren Härtewerte (mit Kilopond als Kraftereinheit berechnet) vergleichen zu können.

$$1 \text{ kp} = 9,80665 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow 1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \rightarrow 1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ N} \rightarrow 0,102 \text{ kp} \approx 1 \text{ N}$$

Die Pyramidenfläche A_p wird berechnet aus dem arithmetischen Mittelwert des Durchmesser d zum Quadrat, geteilt durch $2 \cdot \cos 22^\circ$. Eingesetzt in die Vickersh rteformel ergibt sich

$$HV = \alpha \cdot \frac{F}{\frac{d^2}{2 \cdot \cos 22^\circ}} \rightarrow HV = \alpha \cdot \frac{F \cdot 2 \cdot \cos 22^\circ}{d^2} \rightarrow HV = 0,1891 \cdot \frac{F}{d^2}$$

5.2 Messvereinbarungen

Bei kleinen Pr fkr ften dürfen die Härtewerte nur dann miteinander verglichen werden, wenn sie mit der gleichen Prüfkraft ermittelt wurden.

- Härteprüfung bei Raumtemperatur durchführen ($23^\circ\text{C} \pm 5\text{K}$)
- Probe auf eine starre Unterlage legen und Verunreinigungen an Unterlage und Probekörper vermeiden.
- Probenmindestdicke beträgt etwa das 1,5-fache der Eindruckdiagonale, um den Einfluss der Pr fk rperunterlasge auszuschließen.
- Mindestabstand der Prüfeindrücke zueinander
Stahl: 3 • Eindruckdiagonale
Aluminium: 6 • Eindruckdurchmesser
- Mindestabstand der Prüfeindrücke zum Rand des Werkstoffes
Stahl: 2,5 • Eindruckdurchmesser
Aluminium: 3 • Eindruckdurchmesser

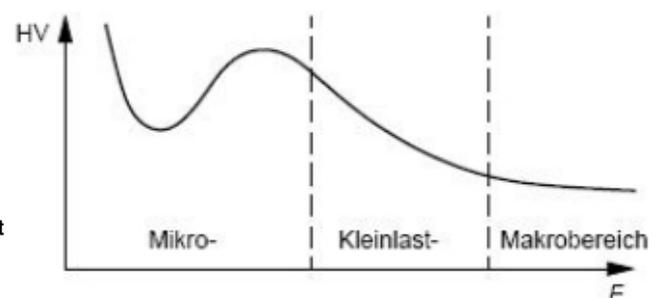


Abb. 5.2.1: Vickershärte in Abhängigkeit der Prüfkraft (schematisch)

5.3 Wahl der Prüfkraftstufe

Die Wahl der Prüfkraft ist von der Prüfaufgabe abhängig. Die Härtewerte sind untereinander in den Bereichen (Makro-, kleinlast- und Mikrobereich) nicht vergleichbar. Der Ultramikrohärtebereich für Prüflasten $\leq 0,01\text{N}$ ist noch nicht genormt.

Makrobereich		Kleinlastbereich		Mikrobereiche	
Prüfbedingung	Prüfkraft F [in N]	Prüfbedingung	Prüfkraft F [in N]	Prüfbedingung	Prüfkraft F [in N]
HV 100	980,70	HV 3	29,420	HV 0,1	0,981
HV 50	490,30	HV 2	19,613	HV 0,05	0,490
HV 30	294,20	HV 1	9,807	HV 0,025	0,245
HV 20	196,10	HV 0,5	4,903	HV 0,02	0,196
HV 10	98,07	HV 0,3	2,942	HV 0,01	0,098
HV 5	49,03	HV 0,2	1,961		

Abb. 5.3.1: Prüfkraftstufen-Tabelle für Vickershärte

5.4 Darstellung der Messergebnisse

Die Darstellung der Messergebnisse der Vickershärtemessung wird wie an nachstehenden Beispielen angegeben.

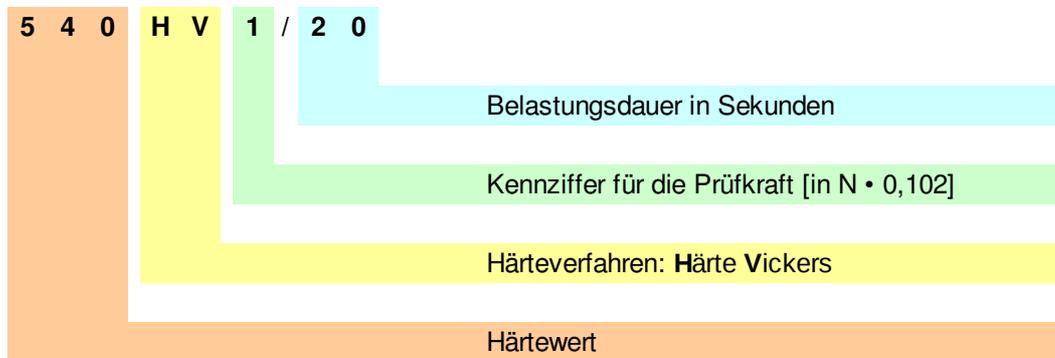


Abb. 5.4.1: Darstellung Brinellhärte mit Belastungszeit > 15 Sekunden

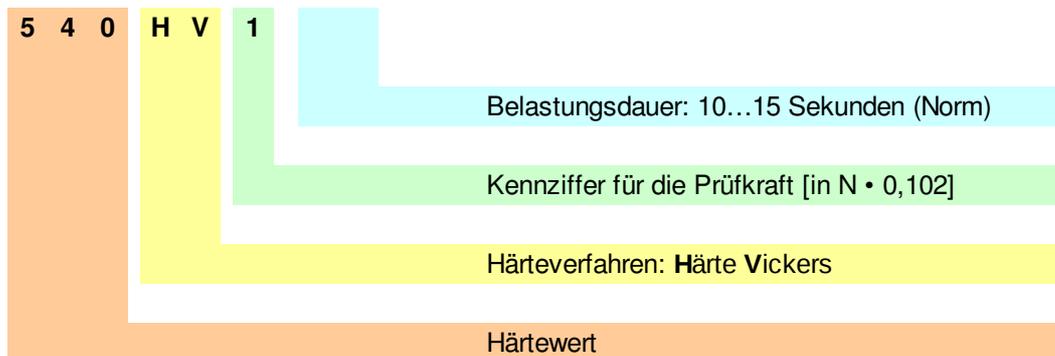


Abb. 5.4.1: Darstellung Brinellhärte mit Normbelastungszeit (10...15 Sekunden)

6. Härteprüfung nach Rockwell

Beim Härteprüfverfahren nach Rockwell stehen verschiedene Eindringkörper zur Verfügung. Als Eindringkörper werden entweder eine Hartmetallkugeln (Durchmesser 1/16 Zoll = 1,59 mm oder 1/8 Zoll = 3,18 mm) oder ein Diamantkegel mit einem spitzen Winkel von 120° verwendet.

Die früher verwendeten Stahlkugeln sind heutzutage nicht mehr zulässig. Dadurch ergeben sich zahlreiche Verfahren zur Härteprüfung nach Rockwell. Bei dem im Werkstoffkundelabor universellsten und wichtigsten Rockwellverfahren, wird als Eindringkörper der Diamantkegel verwendet.

Im Gegensatz zu den Härteprüfverfahren nach Brinell und Vickers wird bei Rockwell nicht die Größe des Eindrucks (Quotient aus Prüfkraft pro Eindruckfläche), sondern die bleibende Eindringtiefe h gemessen und mit Hilfe eines Tiefenmessgerätes abgelesen.

Der Eindringkörper wird mit einer entsprechend genormten Prüfvorkraft F_0 (in N) stoß- und schwingungsfrei in die Oberfläche eingedrückt [Abb. 6.0.1/1]. Dadurch sollen möglichst die Unebenheiten der Oberfläche auf den Härtewert (Zunderschichten und Aufhärtungen) ausgeschlossen werden. Der Diamantkegel definiert so sein Nullniveau. Anschließend wird die Prüzzusatzkraft F_1 (in N) in einem Zeitraum von zwei bis acht Sekunden aufgebracht. Durch die Gesamtlast $F = F_0 + F_1$ (in N) gibt der Werkstoff nach und verformt sich plastisch und elastisch [Abb. 6.0.1/2].

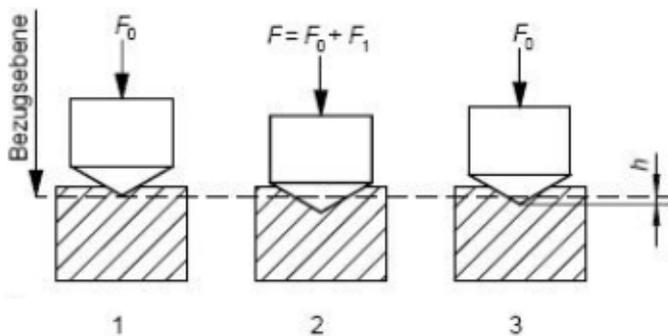


Abb. 6.0.1: Prüfablauf nach Rockwell

Die Prüzzusatzkraft wird anschließend weggenommen, was eine elastische Tiefenrückverformung zur Folge hat [Abb. 6.0.1/3]. Die verbleibende Eindringtiefe bei wirkender Prüfkraft wird erfasst und entsprechend einer festen linearen Beziehung zwischen Eindringtiefe und Rockwellhärte durch die Prüfmaschine berechnet. Der Wert für die Rockwellhärte kann anschließend direkt abgelesen werden.

6.1 Definition der Rockwellhärte

Die Rockwellhärte HR ist definiert als Zahlenwert N , abzüglich dem Betrag aus Eindringtiefe h (in mm) geteilt durch dem Skalenwert S (in mm).

$$HR = N - \frac{h}{S}$$

Prüfverfahren		HRD	HRC
Eindringkörper		Diamantkegel	Diamantkegel
Prüfvorkraft	F ₀ [in N]	98,970	98,070
Prüfzusatzkraft	F ₁ [in N]	882,600	1.372,900
Prüfgesamtkraft	F [in N]	980,700	1.471,000
Zahlenwert	N	100,000	100,000
Skalenteilung	S [in mm]	0,002	0,002
Härtebereich		40...77 HRD	20...70 HRC
Anwendungsbereich		Oberflächengehärtete Teile mit mittleren Härteschicht	Gehärtete und angelassene Stähle (Werkzeuge, hochfeste Baustähle)

Abb. 6.1.1: Auszug aus Rockwelltabelle

6.2 Messvereinbarungen

Um zu gewährleisten, dass man Härtewerte erhält, die vergleichbar und reproduzierbar sind, müssen auch beim Härteprüfverfahren nach Rockwell verschiedene Messvereinbarungen eingehalten werden.

- Härteprüfung bei Raumtemperatur durchführen (23 °C ±5K)
- Mindestabstand der Prüfeindrücke zueinander
4 • Eindruckdurchmesser (mindestens 2mm)
- Mindestabstand der Prüfeindrücke zum Rand des Werkstoffes
2,5 • Eindruckdurchmesser (mindestens 1mm)
- Die zu prüfende Werkstoffprobe sollte eine Mindestdicke haben, die etwa dem 10-fachen der Eindringtiefe entspricht, da es ansonsten zu Verformung an der Rückseite der geprüften Probe kommen kann.

6.3 Darstellung der Messergebnisse

Die Darstellung der Prüfergebnisse erfolgt unter Angabe des Kennbuchstabens des Rockwell-Prüfverfahren (z.B. 50 HRC) und ist nach DIN EN ISO 6508-1 genormt

7. Versuchsdurchführung

Die Aufgabestellung sieht vor, dass die Härte zweier Werkstoffproben (Stahl und Aluminium) jeweils mit der Härteprüfmethode nach Brinell und Vickers zu ermitteln ist. Anhand der Ergebnisse ist zu bewerten, ob die unterschiedlichen Härteprüfverfahren miteinander vergleichbar sind. Mit dem Rockwellprüfverfahren ist die Härte eines Fräsers aus Schnellarbeitsstahl zu messen.

7.1 Prüfeinrichtung

Als Universalprüfmaschine steht eine Wolpert DIA Tronic 2 RC mit Digitalmaßstab SMP 150 und ein handelsüblicher Personalcomputer mit Auswertesoftware zur Verfügung.

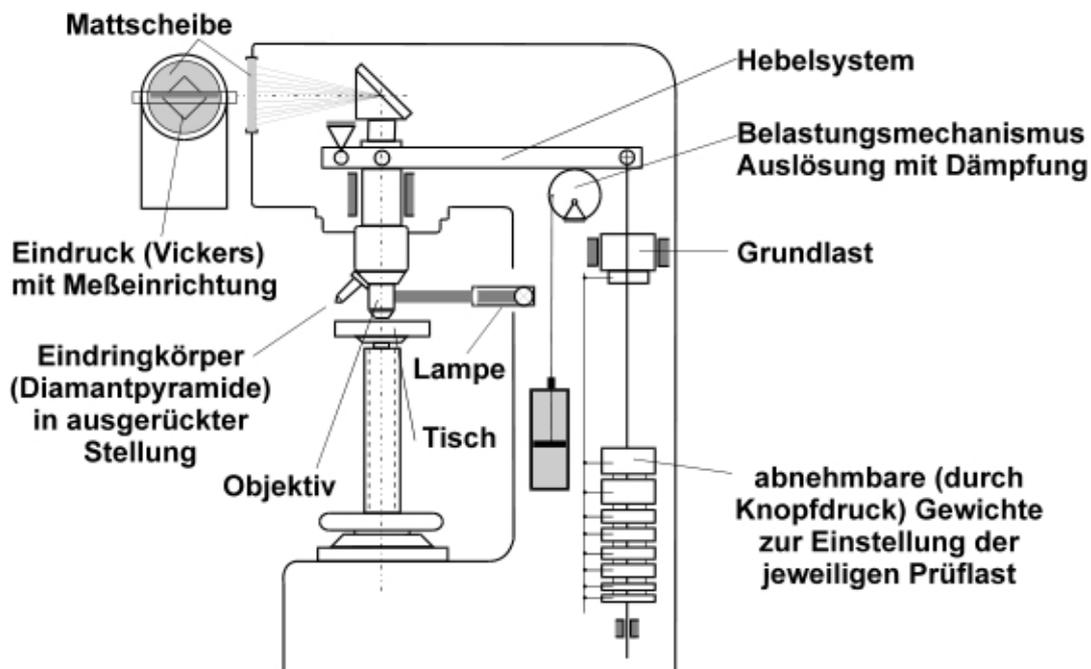


Abb. 7.1.1: Schematischer Aufbau einer Universalprüfmaschine

7.2 Referenzmittel

Als Referenz zur Überprüfung der Messeinrichtung werden DKD-Kalibrierte Härtevergleichsplatten mit nachstehenden Werten benutzt.

- Brinellhärteverfahren: 292 HBW $\pm 2,5$ HBW
- Vickershärteverfahren: 227 HV $\pm 1,9$ HV
- Rockwellhärteverfahren: 61 HRC $\pm 0,31$ HRC

Als Prüfprobe für Brinell und Vickers werden Prüfadapter aus Stahl (C45) und Aluminium (AlCuMgPb) und für Rockwell ein Fräser aus Hochleistungs-Schnellschnitt-Stahl benutzt.

7.3 Prüfdurchführung

Brinell: Bei der Prüfung nach Brinell wird als Eindringkörper eine 2,5 mm Hartmetallkugel verwendet. Die Härtevergleichsplatte und der C45-Stahl werden mit einer Prüfkraft von 1839 N und das Aluminium mit 612,9 N belastet. Die Aufbringzeit beträgt acht Sekunden, die Lasteinwirkzeit 12 Sekunden. Anschließend werden die Diagonalen mit dem Digitalmaßstab (siehe Abb. 7.1.1) vermessen und die Härte berechnet.

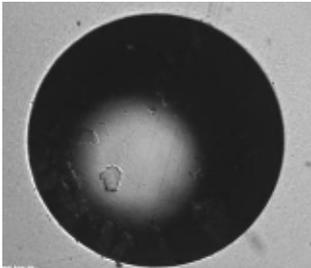


Abb. 7.3.1: Mikroskopischer Brinell-Abdruck

Vickers: Bei der Prüfung nach Vickers wird als Eindringkörper eine Diamandpyramide mit 136° Öffnungswinkel verwendet. Die Härtevergleichsplatte, der C45-Stahl und das Aluminium werden mit einer Prüfkraft von 294,2 N belastet. Die Aufbringzeit beträgt acht Sekunden, die Lasteinwirkzeit 12 Sekunden. Anschließend werden die Diagonalen mit dem Digitalmaßstab (siehe Abb. 7.1.1) vermessen und die Härte berechnet.

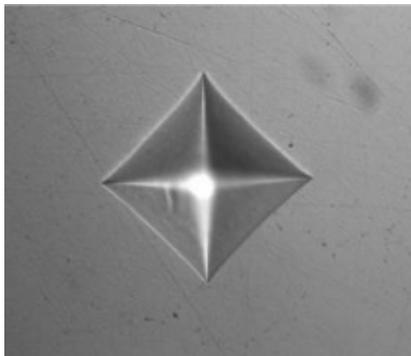


Abb. 7.3.2: Mikroskopischer Vickers-Abdruck

Rockwell: Bei der Prüfung nach Rockwell wird als Eindringkörper ein Diamandkegel mit 120° Öffnungswinkel verwendet. Die Härtevergleichsplatte und der HSS-Fräser werden mit einer Vorkraft von 98,1 N belastet. Als anschließende Prüfkraft werden 1372,9 N für 10 Sekunden aufgebracht. Die Prüfung und Auswertung läuft automatisch ab.

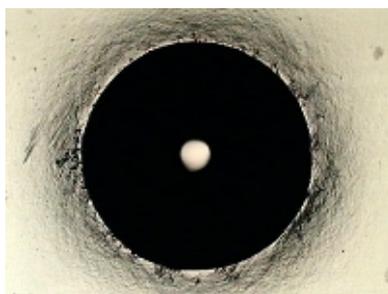


Abb. 7.3.3: Mikroskopischer Rockwell-Abdruck

7.4 Prüfergebnisse

Prüfverfahren: Brinell

Eindringkörper: Hartmetallkugel [D=2,5mm]

Werkstoff	Beanspruchungsgrad [B]	Prüfkraft [N]	Lasteinwirkzeit [s]	Einzelwert	Mittelwert	Rm [Mpa]
Härtevergleichsplatte [292,0 HBW ±2,5 HBW]	30	1.839	12	288,9	289,60	1.013,60
			12	290,3		
C45	30	1.839	12	207,4	202,40	708,40
			12	197,4		
AlCuMgPb	10	613	12	124,7	127,00	469,90
			12	129,3		

Härtevergleichsplatte: 290 HBW 2,5 / 188 / 12

C45: 202 HBW 2,5 / 188 / 12

AlCuMgPb: 127 HBW 2,5 / 63 / 12

Prüfverfahren: Vickers

Eindringkörper: Diamantpyramide [136° Öffnungswinkel]

Werkstoff	Prüfkraft [N]	Lasteinwirkzeit [s]	Einzelwert	Mittelwert	Rm [Mpa]
Härtevergleichsplatte [227,0 HV ±1,9 HV]	294	12	224,1	225,10	787,85
		12	226,1		
C45	294	12	216,0	206,35	722,23
		12	196,7		
AlCuMgPb	294	12	129,7	128,25	474,53
		12	126,8		

Härtevergleichsplatte: 225 HV 30 / 12

C45: 206 HV 30 / 12

AlCuMgPb: 128 HV 30 / 12

Prüfverfahren: Rockwell

Eindringkörper: Diamantkegel [120° Öffnungswinkel]

Werkstoff	Vorkraft [N]	Prüfkraft [N]	Lasteinwirkzeit [s]	Einzelwert	Mittelwert
Härtevergleichsplatte [61% RHC ±0,31RHC]	98,1	1.372,9	10	59,4	59,75
			10	60,1	
HSS-Fäser	98,1	1.372,9	10	61,2	61,85
			10	62,5	

Härtevergleichsplatte: 60 HRC

HSS-Fräser: 62 HRC

7.4 Diskussion der Ergebnisse

Die Mittelwerte der Härtemessungen an den Härtevergleichsplatten für die Prüfmethode Brinell und Vickers lagen innerhalb der entsprechenden Toleranz. Einzelwerte weichen von der Toleranz ab, da die Prüfplatten sehr stark mit Prüfdrücken frequentiert sind und der Mindestabstand zwischen den einzelnen Abdrücken nicht mehr eingehalten werden konnte. Dadurch wurden Eindrücke in bereits kaltverfestigte Bereiche vorgenommen. Auch die Werte der Härtevergleichsplatten bei der Prüfmethode Rockwell wichen wegen Kaltverfestigungen von der Toleranz ab.

Die Härtewerte für den C45-Stahl und das Aluminium, die durch die Härteprüfmethode nach Vickers und Brinell ermittelt wurden, zeigen dass beide Methoden etwa vergleichbare Werte für die Härte liefern.

Durch die ermittelten Härtewerte nach Vickers und Brinell können auch ungefähre Aussagen über die Zugfestigkeit getroffen werden. Diese Angaben sind jedoch Näherungswerte, die einen entsprechenden Zugversuch nicht ersetzen. Um eine ungefähre Aussage über die Zugfestigkeit treffen zu können, müssen die gemessenen Härtewerte für Stahl mit dem Faktor 3,5 und Aluminium mit dem Faktor 3,7 multipliziert werden.

8. Quellenverzeichnis

8.1 Bücher

Prof. Dr.-Ing. habil. Horst-Dieter Tietz
SB: Werkstofftechnik 2
01-0364-002-2

Prof. Dr.-Ing. J.E. Hoffmann
Lehrgebiet Werkstoffkunde
Werkstofftechnik Labor

Prof. Dr. Knipfelberg
Labor für Werkstoffkunde
Härteprüfung nach Brinell

8.2 Abbildungen

3.0.1:	Schematische Darstellung der Härteprüfverfahren.....	03
4.0.1:	Prüfkraft-Zeit Verlaufdiagramm.....	04
4.0.2:	Prinzip des Brinellverfahrens mit Eindruckkörper und Prüfeindruck.....	04
	Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:BrinellHardness.svg	
4.1.1:	Berechnung der Brinell-Eindrucktiefe.....	05
4.2.1:	Verformungsfehler.....	06
	Quelle: TU Berlin, Mechanische Prüfverfahren	
4.3.2:	Beanspruchungsgrad-Tabelle (Teil 1 von 2).....	07
4.3.3:	Beanspruchungsgrad-Tabelle (Teil 1 von 2).....	08
4.4.1:	Darstellung Brinellhärte mit Belastungszeit > 15 Sekunden.....	08
4.4.2:	Darstellung Brinellhärte mit Normbelastungszeit (10...15 Sekunden).....	09
5.0.2:	Prinzip des Vickers-Verfahren mit Eindruckkörper und Prüfeindruck.....	10
	Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Vickers-path-2.svg	
5.2.1:	Vickershärte in Abhängigkeit der Prüfkraft.....	11
	Quelle: Prof. Dr.-Ing. habil. Horst-Dieter Tietz, SB Werkstofftechnik 2, 01-0364-002-2	
5.3.1:	Prüfkraftstufe-Tabelle für Vickershärte.....	12
5.4.1:	Darstellung Brinellhärte mit Belastungszeit > 15 Sekunden.....	12
5.4.2:	Darstellung Brinellhärte mit Normbelastungszeit (10...15 Sekunden).....	12
6.0.1:	Prüfablauf nach Rockwell.....	13
	Quelle: Prof. Dr.-Ing. habil. Horst-Dieter Tietz, SB Werkstofftechnik 2, 01-0364-002-2	
6.1.1:	Auszug aus Rockwell-Tabelle.....	14
7.1.1:	Schematischer Aufbau einer Universalprüfmaschine.....	15
	Quelle: Hochschule Bremen, Laborunterlagen, Prof. Dr. Ing. Schubert, Prof. Dr. Ing. Reinert, Dipl.-Ing. Egberts, Dyke	
7.3.1:	Mikroskopischer Brinell-Abdruck.....	16
	Quelle: BAG GmbH, Braunschweig	
7.3.1:	Mikroskopischer Vickers-Abdruck.....	16
	Quelle: BAG GmbH, Braunschweig	
7.3.1:	Mikroskopischer Rockwell-Abdruck.....	16
	Quelle: BAG GmbH, Braunschweig	