



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Vorlesungen über technische Mechanik**

**Föppl, August**

**Leipzig, 1900**

§. 73. Die Härte der Körper, besonders der Metalle.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84594](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-84594)

Vorausgesetzt wird dabei, dass die Platte hinreichend dick ist, so dass die Spannungen sich nahezu so vertheilen, als wenn die Dicke unendlich gross wäre.

### § 73. Die Härte der Körper, besonders der Metalle.

Der Begriff der Härte läuft neben den anderen Arten der Festigkeit ohne rechten Zusammenhang her; wenigstens war es so vor der Untersuchung, die Hertz darüber angestellt hat. Die Mineralogen prüften die Härte der Gesteine durch Ritzversuche und sie haben eine besondere Härtescala aufgestellt, in die die einzelnen Mineralien nach Ordnungsnummern eingereiht werden. Bei dieser Art der Prüfung und Eintheilung fehlt jede Uebersicht über den Zusammenhang der Härte mit den übrigen elastischen und Festigkeitseigenschaften der Körper. Von den Metallen wird der Begriff der Härte namentlich beim Stahle vielfach gebraucht. Man versteht dann unter der Härte im Allgemeinen den Widerstand gegen eine Bearbeitung durch schneidende Werkzeuge auf der Drehbank, der Hobelmaschine, der Bohrmaschine u. s. w. Da es sich gezeigt hat, dass diese Eigenschaft des Stahls besonders von dem Gehalte an Kohlenstoff (aber auch an Mangan, Chrom, Wolfram u. s. f.) abhängt, begnügt man sich häufig damit, die Härte des Stahls einfach durch Angabe des Kohlenstoffgehalts zu kennzeichnen.

Dieser Unsicherheit in der Feststellung des Begriffes der Härte hat Hertz durch seine Untersuchung abgeholfen. Er machte darauf aufmerksam, dass es sich bei der Härte immer um eine Festigkeitseigenschaft handelt, die sich bei der Berührung zweier Körper von gleicher oder verschiedener Art unter einem gewissen Drucke geltend macht. Wird unter einem bestimmten Drucke bei der Berührung ein bleibender Eindruck hervorgerufen, so entsteht ein Ritz oder überhaupt eine sich der Länge nach hinziehende Beschädigung, wenn man den einen Körper unter diesem Drucke über den anderen fortbewegt. Wenn man sich über die Eigenschaft der Härte Rechenschaft ablegen will, muss man daher zunächst den Spannungs-

und Zwangszustand untersuchen, der bei dem Aufeinanderdrücken zweier Körper entsteht. Diese Aufgabe hat aber Hertz durch die Entwicklungen gelöst, von denen im vorigen Paragraphen die Rede war.

Um zu einer absoluten Messung der Härte zu gelangen, schlug Hertz vor, jeden Stoff nur mit sich selbst zu prüfen, also zwei Stücke desselben Materials aufeinanderzudrücken. Die Oberflächen beider Stücke an der Berührungsstelle sollten so gewählt werden, dass die Druckflächen kreisförmig würden. Dann soll der Druck zwischen beiden Körpern allmählich so weit gesteigert werden, bis bleibende Formänderungen entstehen. Die nach den Formeln des vorigen Paragraphen berechnete grösste Druckspannung  $\sigma_0$  in der Mitte der Druckfläche bei dieser Grenzbelastung gilt nach Hertz als das absolute Maass der Härte des Körpers.

Hertz selbst hat dieses Verfahren nur an Glas geprüft. Später hat es Auerbach auf verschiedene Mineralien und eine Reihe von weichen und harten Glassorten angewendet. Im Allgemeinen wurde dabei die Hertz'sche Theorie bestätigt; es zeigte sich aber unerwarteter Weise, dass die absoluten Dimensionen der Probekörper von Einfluss auf die Härteziffern waren. Dies kann nur durch das besondere Verhalten der Oberflächenschicht bedingt sein; die Erscheinung lässt sich mit den Capillaritätserscheinungen in Parallele stellen. Wäre nämlich ein solcher Grund für die Abweichung nicht vorhanden, so liesse sich gar kein Einfluss der absoluten Dimensionen der Probekörper — so lange man das Eigengewicht immer noch vernachlässigen kann — erwarten. Man brauchte sich ja nur z. B. jedes Volumenelement in doppelter linearer Vergrösserung zu denken, alle  $\xi \eta \zeta$  zu verdoppeln, die specifischen Spannungen aber in gleicher Grösse zu lassen, um sofort eine Lösung zu erhalten, die ebenfalls mit allen Grenzbedingungen zutrifft, wenn dies von der vorigen galt. Wenn man nicht einen principiellen Fehler in der Hertz'schen Darstellung nachzuweisen vermag, ist man daher zu der Annahme genöthigt, dass sich die äussersten Oberflächenschichten eines festen

Körpers, auf die es bei den Härteerscheinungen besonders ankommt, anders verhalten als die inneren Theile des Körpers. Darin liegt auch nichts Ueberraschendes, denn dass es bei den flüssigen Körpern ebenso ist, weiss man schon lange. Dort kann sich der Unterschied durch die verschiedenen Capillaritätserscheinungen nur viel deutlicher bemerklich machen als bei den festen Körpern, bei denen er vorher der Beobachtung entgangen ist.

Bei den vorher genannten spröden Stoffen lässt sich die Härte ohne Schwierigkeit in Uebereinstimmung mit der Hertz'schen Definition bestimmen. Die erste bleibende Formänderung eines solchen Körpers besteht in dem Auftreten eines Sprunges, dessen Eintritt leicht festgestellt werden kann. Für die Prüfung der Metalle auf ihre Härte lässt sich das Verfahren in dieser Gestalt aber nicht benutzen, da es an jedem sicheren Kennzeichen für den Eintritt der ersten bleibenden Formänderung fehlt.

Auf Grund von Versuchen, die ich zuerst selbst mit verschiedenen Eisen- und Stahlsorten anstellte und deren Weiterführung ich hierauf einem meiner Schüler, Herrn Ingenieur Schwerd, übertrug, hat sich inzwischen ein Verfahren zur Härteprüfung von Metallen herausgebildet, das allen berechtigten Ansprüchen zu genügen scheint. Man entnimmt dem Stoffe, der geprüft werden soll, zwei kleine Plättchen, die auf einer Breitseite cylindrisch abgedreht oder abgeschliffen und hierauf gut polirt werden. Der Halbmesser der Cylinderfläche wird stets zu 20 mm gewählt. Diese beiden Plättchen legt man kreuzweise übereinander, so dass sie sich in einem Punkte der polirten Cylinderfläche berühren. Dann setzt man sie einem gewissen Drucke aus und beobachtet den Durchmesser der Druckfläche. Um dies bequem ausführen zu können, überzieht man vorher die eine Cylinderfläche mit einer dünnen Russchicht. Die Druckflächendurchmesser lassen sich nach Beendigung des Versuchs leicht mit dem Zirkel abgreifen. Dann wird der Versuch mit wachsenden Druckkräften nochmals wiederholt, so lange bis Druckflächen von 3—4 mm Durch-

messer entstanden sind. Man überzeugt sich nun, dass von den kleinsten Durchmessern bis zu etwa  $1\frac{1}{2}$ –2 mm abgesehen, die Inhalte der Druckflächen ziemlich genau proportional mit dem angewendeten Drucke wachsen. Dies steht nur scheinbar im Widerspruche mit den Formeln des vorigen Paragraphen, denn diese beziehen sich nur auf rein elastische Formänderungen, während es sich hier um bleibende handelt. Man dividirt nun jeden Druck mit dem Inhalte der zugehörigen Druckfläche in Quadratmillimetern. Diese Zahlen weichen bei den Druckflächen zwischen etwa 2 und 4 mm Durchmesser nur unerheblich voneinander ab. Man nimmt von ihnen das arithmetische Mittel und hat damit jene spezifische Druckbelastung gefunden, die als Maass für die Härte des Metalls angesehen werden kann.

Der Einfluss der absoluten Dimensionen der Probestücke hat sich auch bei diesen Versuchen gezeigt. Bei drei Versuchen mit derselben Bronze ergab sich die nach dem vorher beschriebenen Verfahren ermittelte Härte bei einem Halbmesser der Cylinderfläche von

	10	20	40 mm
zu	94	77	63 kg/qmm.

Es ist daher durchaus nöthig, dass man bei dem Versuche an dem Normalradius von 20 mm festhält, um zu vergleichbaren Zahlen zu gelangen. Nöthigenfalls kann man auch die Härte auf den Normalradius umrechnen, indem man berücksichtigt, dass die gefundenen Ziffern ziemlich genau der dritten Wurzel des Radius umgekehrt proportional sind. — Aehnlich verfährt man, wenn an Stelle der Cylinder Kugeln (die bekannten Gussstahlkugeln für Kugellager) auf Härte zu prüfen sind. (Siehe die Zeitschrift „Baumaterialienkunde“, II. Jahrg., S. 177, 1897/98, worin ich über solche Versuche ausführlich berichtet habe.)

#### § 74. Spannungszustand in einem lockeren Erdkörper.

An dieser Stelle kann es sich nicht darum handeln, eine vollständige Theorie des Erddrucks zu entwickeln; nur soweit