

Sitzungsberichte
der
mathematisch-physikalischen Classe
der
k. b. Akademie der Wissenschaften
zu **München.**

1884. Heft IV.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1885.

In Commission bei G. Franz.

Sitzung vom 7. Juni 1884.

Herr P. Groth legt eine Abhandlung des correspondirenden Mitgliedes Friedrich Pfaff vor:

„Das Mesosklerometer, ein Instrument zur Bestimmung der mittleren Härte der Krystallflächen“.

In früheren Mittheilungen (Sitzungsber. 1883. S. 55 und 372) habe ich Untersuchungen über die absolute Härte der Krystalle vorgelegt, welche auf einem Verfahren beruhten, das es möglich machte, in jeder beliebigen Richtung die Härte eines Krystalles nach einem bestimmten, für alle gleichmässig verwendbaren Maasse zu ermitteln. Hat man für ein und dieselbe Krystallfläche eine hinreichende Zahl solcher Härtebestimmungen in verschiedenen Richtungen vorgenommen, so kann man daraus auch die mittlere absolute Härte einer Krystallfläche bestimmen, oder genauer, berechnen. Verbindet man nemlich die Endpunkte der Linien, welche in beliebigem, aber natürlich gleichem Maasse von dem Mittelpunkt einer Krystallfläche aus entsprechend den untersuchten Richtungen und dem in ihnen gefundenen Härtegrade aufgezeichnet worden sind, — wie es z. B. Tafel I und II meiner letzten Mittheilung für Kalkspath und Gyps geschehen ist, — durch Linien, so erhält man eine geschlossene Kurve. Offenbar giebt der Halbmesser eines Kreises, welcher gleichen Flächen-

inhalt mit einem dieser Kurven hat, das Maass für die mittlere Härte dieser Fläche an.

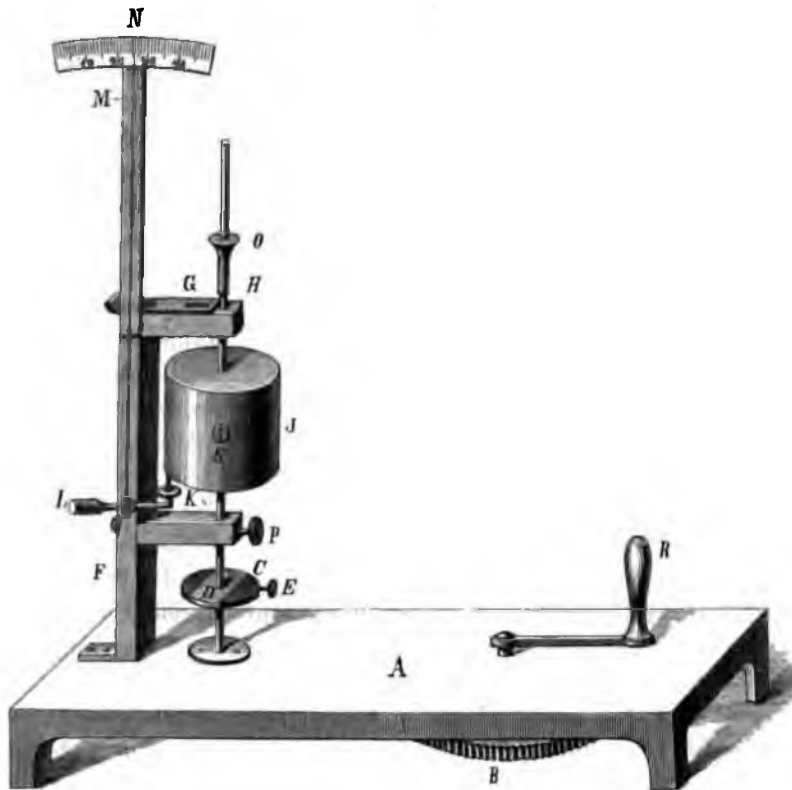
Selbstverständlich kann man aber auf diese Weise nur dann ein genaues Resultat erhalten, wenn man nach möglichst viel Richtungen hin die Härte untersucht hat, oder wenn man sich überzeugt hat, dass die Härteunterschiede nur nach wenigen Richtungen hin verschieden, die Kurve eine sehr einfache ist, welche die Härteverschiedenheiten graphisch darstellt. Nun ist aber gerade für die Vergleichung der Härte der verschiedenen Krystallflächen isomorpher Verbindungen, und auch für die praktische Verwerthung der Härtebestimmung gerade die mittlere Härte einer Krystallfläche von ganz besonderer Bedeutung. Unter diesen Umständen erschien es mir nun sehr wünschenswerth, ein Verfahren aufzufinden, welches es möglich machte, rasch und genau die mittlere Härte einer Krystallfläche mit einem einzigen Versuche zu ermitteln.

Diesem Zwecke entspricht nun, wie ich glaube ganz genügend, ein kleines Instrument, das ich als „Mesosklerometer“ bezeichnen möchte, eben weil es nur die mittlere Härte einer Krystallfläche zu bestimmen geeignet ist. Es beruht wie das früher von mir beschriebene auf dem Principe, die Härte einer Fläche dadurch zu ermitteln, dass man dieselbe als umgekehrt proportional der von einem unter sonst gleichen Umständen über sie hinbewegten Diamantsplitter von einer Krystallfläche fortgenommenen Menge der Substanz annimmt. Während aber das früher beschriebene Instrument stets nur in einer einzigen Richtung wirkte und daher auch nur die Härte nach einer Richtung zunächst anzeigt, soll das Mesosklerometer während eines Versuches gleichmässig nach allen Richtungen wirken und giebt dann auch nur die mittlere Härte einer Fläche an. Offenbar wird eine solche in allen Richtungen eintretende Abtragung einer Fläche durch eine kreisförmige Bewegung des Diamanten über die Fläche

erzeugt, und während das erste Instrument wie ein Hobel in einer Richtung thätig war, arbeitet bei dem Mesosklerometer der Diamant wie ein Bohrer, und auch bei diesem Verfahren werden wir annehmen dürfen, dass bei gleicher Belastung des Bohrers und gleicher Drehungsgeschwindigkeit die mittlere Härte umgekehrt proportional der in gleicher Zeit erzielten Tiefe des Bohrloches, oder, wenn man das Loch bei allen Krystallen gleich tief bohrt, direct proportional der Zahl der Umdrehungen des Bohrers sei.

Das Instrument nun, wie ich es bei zahlreichen Versuchen als wohl brauchbar erprobt habe, ist in folgender einfacher Weise eingerichtet. Da es den grossen Vorzug besitzt, ohne alle Wiegungen in sehr kurzer Zeit die mittlere Härte einer Fläche anzuzeigen und vor dem zuerst beschriebenen auch noch den weiteren, selbst für ganz kleine auch nur 2 mm lange und breite Krystallflächen verwendbar zu sein, dürfte es wohl einen Platz unter den Instrumenten des Mineralogen, wenn auch nur um rasch die Härteverschiedenheiten verschiedener Krystallflächen bei Vorlesungen zu demonstrieren, beanspruchen können. Unter einer starken Messingplatte A der Figur S. 258 befindet sich, gestützt durch eine auf der Unterseite angebrachte, der Mitte der Platte parallel laufende Messingstange ein Zahnrad B. Dieses Zahnrad greift in ein kleines, dessen oberes Achsenende den kleinen abschraubbaren Tisch C trägt. Derselbe ist mit einem kleinen Schlitten D versehen, der durch die Klemmschraube E festgestellt werden kann. Auf die Schlittenplatte D werden die Krystalle befestigt, am besten mit Siegellack. Der Träger F hat 2 Arme G und K, durch welche der unten den Diamantbohrer tragende Stift H hindurchgeht. An diesem Stifte befindet sich ausserdem noch das Gewicht I, welches durch eine Klemmschraube S in verschiedener Höhe fest an dem Stifte gehalten werden kann. Oben bei O hat derselbe noch einen Ansatz, auf den weitere Gewichte aufgesetzt werden

können. Um die Drehung des Stiftes zu verhindern ist derselbe bei H nahezu halb eingefeilt und durch Anschieben der Platte G, welche zwei Schlitzte hat, durch welche zwei Schrauben hindurchgehen, wird der Diamanträger stets in derselben Richtung festgehalten, kann sich aber senkrecht



leicht auf- und abbewegen. Um ein Wackeln des Diamant-Trägers nach längerem Gebrauche verhüten zu können, ist der untere Arm der Stütze halb durchgesägt und mit einer Klemmschraube P versehen.

Um nun das zeitraubende Wiegen des Krystalles vor und nach dem Bohren zu vermeiden, habe ich es vorgezogen in der Weise die Härte zu ermitteln, dass ich die sämtlichen Krystalle stets gleich tief bohrte und die Härte direct proportional der Zahl der Umdrehungen des Zahnrades B setzte, welche erforderlich waren, die gleiche Tiefe des Bohrloches zu erhalten. Um diese nun genau messen zu können wurde der Diamanträger oder richtiger das mit demselben fest verbundene Gewicht I mit einem kleinen Fühlhebel L in Verbindung gesetzt, der mit seinem senkrecht stehenden Arme M um Q sich drehen konnte und in eine feine über die Skala N sich hinbewegende Spitze endete. Beim Anfange des Versuches wurde nun, wenn die Diamantspitze auf dem Krystalle aufruhte, durch die Mikrometerschraube K die Spitze des Zeigers M auf den Nullpunkt der Skala eingestellt und nun mit gleichmässiger Geschwindigkeit das Zahnrad durch die Kurbel R gedreht. Dadurch wird der Krystall unter der Spitze des Diamanten sehr rasch in Drehung versetzt und sie senkt sich so immer tiefer in den Krystall ein. Das hat nun natürlich eine Drehung der Zeigerspitze N über die Skala zur Folge und da derselbe vielmals länger ist, als der kurze Arm zwischen Q und K, so kann man, wenn man die Zeigerspitze stets genau um denselben Theil der Skala durch das Bohren sich vorwärts bewegen lässt, daraus mit hinreichender Sicherheit auch auf die gleiche Tiefe des Loches schliessen und dieselbe bis auf $\frac{1}{120}$ oder $\frac{1}{150}$ mm ermitteln.

Auch bei diesen Versuchen kommt es natürlich wesentlich auf die geeignete Form und sichere Fassung der Diamantspitze und die richtige Belastung derselben an. Namentlich bei Mineralien von dem Härtegrade 6 der gewöhnlichen Härteskala an, überzeugt man sich leicht, dass ein Diamant, der weichere Krystalle noch sehr gut bohrt, bei mässiger Belastung, wie sie eben nur angewendet werden kann, um eine leichte und gleichmässig geschwinde Drehung des Kry-

stalles zu ermöglichen, jene härteren äusserst langsam angreift, wenn er nicht eine gute Schneide besitzt. Bisher habe ich mit zweierlei verschiedenen Belastungen ausgereicht, die allerdings beträchtlich höher als für das Abhobeln der Krystalle gewählt werden mussten. Das Gewicht I wiegt etwa über 100 Gramm, dazu wurden nun bei den weichen Krystallen stets noch 30 Gramm bei O aufgesetzt.

Für die harten Krystalle wurde bei O noch ein Gewicht von 100 Gramm angewendet, also im Ganzen 200 Gramm, bei welcher Belastung sich die Scheibe mit dem Krystalle noch sehr leicht und gleichmässig drehte, während, wenn weiche Krystalle unter gleicher Belastung gebohrt wurden, die Scheibe sich ungleich bewegte und zuweilen stockte. In allen Fällen wurde die Bohrstelle fortwährend mit Oel befeuchtet, wodurch auch bei sehr leicht spaltbaren und spröden Krystallen das Bohrloch ganz glatt erhalten wird.

Um nun aber dasselbe Härtemaass für die unter stärkerer Belastung gebohrten Krystalle zu erhalten, wie für die bei geringerer gebohrten, wurde ein Krystall von mittlerer Härte, nemlich Flussspath zuerst mit der geringeren, dann mit der grösseren Belastung gebohrt. Als Härteeinheit wurde wieder die des Specksteins gewählt, wenn derselbe bei der geringeren Belastung gebohrt wurde, die mittlere Härte des Flussspaths darnach festgesetzt, nachdem derselbe mit der gleichen Belastung gebohrt war. Dann wurde derselbe bei der stärkeren Belastung gebohrt und die geringere Zahl der Umdrehungen, welche für ihn dann hinreichten, das Loch gleich tief zu machen, als Grundlage für die Berechnung der mittleren Härte der härteren Krystalle benützt, die alle mit derselben höheren Belastung gebohrt wurden. Für den Speckstein und den Flussspath wurde das Mittel aus je 10 einzelnen Versuchen festgesetzt, bei den übrigen Krystallen gewöhnlich aus 2 oder 3, die einzelnen Versuche stimmen meist sehr gut mit einander überein. Mit Ausnahme der weichsten Krystalle,

bei denen die Zahl der Umdrehungen des Zahnrades auch bei der geringen Belastung unter 100 fällt, um die Zeigerspitze um 30 Theilstriche der Skala vorrückend zu machen, wurde stets der Stand der Spitze nach je 100 Umdrehungen der Kurbel notirt; man überzeugt sich so leicht von dem gleichmässigen Eindringen der Diamantspitze und nebenbei bemerkt, bei künstlichen Krystallen besonders, von Unregelmässigkeiten im Gefüge des Krystalles, wie es ja häufig bei einzelnen Krystallen vorkommt, dass sie stellenweise einen gitterförmigen etwas lückenhaften Bau zeigen. Ein auffallend rasches Eindringen der Spitze zeigt dieses auch da an, wo das blosse Auge kaum etwas von einer solchen mangelhaften Krystallbildung gewahr wird.

Ich theile zunächst eine Reihe auf diese Weise vorgenommener Bestimmungen der mittleren Härte verschiedener Krystalle mit, wobei, wie ich schon erwähnte, Speckstein als Mineral von der Härte 1 zu Grunde gelegt wurde.

Für die Mineralien der Mohs'schen Härteskala ergaben sich folgende Werthe:

Gyps	I. Bruch	.	.	.	.	5
"	II. Bruch	.	.	.	.	7,6
Steinsalz,	Würfelfläche	.	.	.	.	7
Kalkspath	Endfläche	.	.	.	.	3
"	Rhomboëderfläche	.	.	.	.	8
"	Säulenfläche	.	.	.	.	27
Flussspath	Octoëderfläche	.	.	.	.	19,5
"	Würfelfläche	.	.	.	.	20
Apatit	Endfläche (P)	.	.	.	.	28
"	Säulenfläche (M)	.	.	.	.	48
Adular	auf Fläche P	.	.	.	.	100
"	" " M	.	.	.	.	109
Quarz	auf Endfläche	.	.	.	.	133
"	" Säulenfläche	.	.	.	.	180

Topas auf der Endfläche (P) . . . 240

Korund auf der deutlichsten Spaltungsfläche . . . 340

Ausser den genannten habe ich noch eine grössere Anzahl anderer, theils natürlicher, theils künstlicher Krystalle untersucht, von denen ich ebenfalls noch einige hier beifügen will.

Aus der isomorphen Reihe des Kalkspaths fand sich die Härte

	auf der Endfläche	auf der Rhomboëderfläche
bei Bitterspath	23	33
„ Manganspath	25	43
„ Eisenspath	32	53

Aus der Reihe des Aragonites

Aragonit auf Fläche h ($b : \infty a : \infty c$)	30,5	auf Endfläche	55
Strontianit		„	14,6
Witherit		„	9
Weissbleierz auf Fläche ($b : \infty a : \infty c$)	8,4	„	8,6

Aus der Schwerspathreihe

Schwerspath auf P(11c)	5,7	auf M	4,7	parallel a ¹⁾	5,4	parallel b	3,6
Cölestin	10,2	„	6,5	„	5,6		
Anhydrit							

auf dem I. Bruch 20 auf dem II. 17,7 auf dem III. 13,7

Augit auf der Fläche ($a : \infty b : \infty c$)	77
Hornblende auf der Spaltungsfläche ($a : b : \infty c$)	82
Labrador auf der Fläche P	100
Cyanit auf der Fläche M	162
Zinkblende auf der Spaltungsfläche	12
Magneteisen auf der Octaëderfläche	22
Schwefelkies auf der Würfffläche	58

1) Die Achsen a und b sind hier so gewählt, dass $P = c : \infty a : \infty b$ genommen ist, und in gleicher Weise ist auch Coelectin orientirt gedacht.

Von künstlichen Krystallen erwähne ich

Alaune

Kalialaun	Octaëderfläche	7	Würfelfläche	5,7
Eisenalaun	"	6,9	"	5
Ammoniakalaun	"	5	"	4

Unterschwefelsaure Salze

Unterschwefels.	Kalk (Endfläche)	5,3
"	Strontian	4
"	Blei	3,5

So gering auch die Zahl der hier mitgetheilten Härtezahlen im Vergleich zu der grossen Anzahl der Mineralien und Krystalle ist, so reicht sie doch immerhin aus, uns einige allgemeine Schlüsse zu gestatten. Sie zeigen uns zunächst die Grenzwerte, innerhalb deren sich die Härte der Mehrzahl der festen Körper bewegt. Der nächst dem Diamant, dessen absolute mittlere Härte wir auf diesem Wege natürlich nicht bestimmen können, härteste Körper, Korund hat, den weichsten als Einheit angenommen, eine Härte von 340, und wenn wir uns vergegenwärtigen, dass mit Ausnahme der wenigen Edelsteine alle festen Körper höchstens dem Quarz an Härte nahe kommen, so ist die Grenze noch viel enger gezogen, die mittlere Härte der zahllosen festen krystallinischen Körper schwankt demnach zwischen 1 und 180, also weniger, als man wohl der bisherigen Schätzung nach allgemein anzunehmen geneigt war.

Ein Weiteres, was aus den vorliegenden Beobachtungen hervorgehen möchte, ist das, dass ebensowenig als andere physikalische Eigenschaften der Krystalle, wie z. B. die optischen und thermischen in einem constanten nachweisbaren Verhältnisse zu der chemischen Zusammensetzung stehen, die mittlere Härte ein solches erkennen lasse. Wir bemerken dies sehr deutlich, wenn wir verschiedene Reihen isomorpher Salze mit einander vergleichen.

Nehmen wir z. B. die Reihe des Kalkspathes, so sehen wir bei den 4 hierher gehörigen, dass die 2 bei allen hierher gehörigen Krystallen untersuchten Flächen, Endfläche und Rhomboëderfläche in gleicher Weise an Härte zunehmen; dass die Reihenfolge für beide Flächen dieselbe ist, nemlich Kalkspath, die weichste Endfläche und weichste Rhomboëderfläche besitzt, dann Bitterspath folgt, auf diesen Manganspath und zuletzt Eisenspath. Bei dieser Reihe ist das spezifisch leichteste Mineral auch das weichste, die Härte nimmt zu mit dem spezifischen Gewichte, wenn auch in einem anderen Verhältnisse. Gerade umgekehrt verhält sich aber die Härte in der Aragonitreihe. Dieselbe Fläche ist bei dem spezifisch leichtesten, dem Aragonit die härteste, bei dem schwersten, dem Weissbleierz finden wir dagegen die geringste Härte, bei den 4 aus derselben Reihe untersuchten Mineralien nimmt die Härte mit der Zunahme des spezifischen Gewichtes ab; auch bei den drei Sulfaten von Baryt, Strontian und Kalk nimmt die Härte ab mit der Zunahme des spezifischen Gewichtes. Bei den Alaunen hinwiederum zeigt sich kein constantes Verhältniss zwischen spezifischem Gewichte und Härte.

Bei den Härtebestimmungen, wie sie auf die angegebene Weise vorgenommen werden, macht sich schon etwas bemerklich, was nach anderen Thatsachen für Metalle wenigstens aus der Erfahrung längst bekannt war, nemlich dass das, was man einfach als Härte bezeichnet und als Widerstand gegen einen eindringenden Körper definirt hat, gewissen Modificationen durch die übrigen physikalischen Eigenschaften unterliegt. So ist es eine längst bekannte Thatsache, dass z. B. weiches Kupfer sehr schwer sich auf der Drehbank bearbeiten lässt, dem Drehmeisel grösseren Widerstand entgegensetzt, als das entschieden härtere, d. h. von weichem Kupfer nicht ritzbare Gusseisen. Es macht sich ein wesentlicher Unterschied in dieser Beziehung bemerklich, je nach-

dem ein Körper spröde oder dehnbar und zäh ist. Die Härteuntersuchungen mit Hülfe des Diamant-Bohrers zeigen, dass die Grenzen zwischen spröde und zähe nicht so scharf sind, als man gewöhnlich annimmt und dass sich eine Annäherung an den Zustand der Zähigkeit, in welchem die Moleküle eines festen Körpers sich wohl leicht auf die Seite drängen, aber nicht so leicht von einander losreissen lassen, auch bei Mineralien noch bemerklich macht, die weit entfernt davon sind, Dehnbarkeit zu zeigen, ja bei solchen, welche sehr wohl spaltbar sind. Bei solchen giebt offenbar das Bohren die Härte etwas zu hoch an, eben weil beim Bohren die einzelnen Theilchen des Körpers von einander völlig getrennt werden müssen. Bei dem Gyps sowohl wie bei dem Steinsalz scheint dies entschieden der Fall zu sein und die oben mitgetheilten, allein aus Bohrversuchen abgeleiteten Zahlen dürften daher etwas zu hoch sein. In noch höherem Grade findet das bei dem Bleiglanze statt, bei dem das Bohren bei gleicher Belastung entschieden etwas langsamer von Statten geht und mehr Umdrehungen des Bohrers erfordert, als bei der Zinkblende, die doch entschieden härter als Bleiglanz ist. Nach meinen bisherigen Untersuchungen macht sich dieser Factor jedoch nur bei sehr wenigen der weichsten Mineralien bemerklich, so dass die Bestimmung der mittleren Härte bei den etwas härteren Mineralien mit Hülfe des Bohrers keiner Correction bedürftig sein dürfte.

Ich habe oben erwähnt, dass auch Unregelmässigkeiten im Gefüge der Krystalle sich beim Bohren auch dann verathen, wenn das Auge sie nicht erkennt. Es giebt sich dies dadurch zu erkennen, dass das gleichmässige Eindringen des Bohrers, wie es bei normal gebauten Krystallen Statt hat, aufhört und sehr unregelmässig wird. Wenn man etwa von 100 zu 100 Umdrehungen den Stand des Bohrers an der kleinen Skala notirt, so wird man bei solchen abnormen Krystallen deutlich wahrnehmen, wie einmal der Bohrer durch

100 Umdrehungen etwa um 1 Theilstrich der Skala vorrückt, und wie das 3—4 mal constant bleibt, dann rückt er plötzlich durch die gleiche Zahl von Umdrehungen um 2, 3 oder selbst 4 Theilstriche vor, darauf geht es wieder langsamer und es zeigt sich so eine verschiedene Härte in verschiedenen Schichten. Sehr stark bemerklich machte sich diese Ungleichheit namentlich bei dem Periklin, so dass ich die Untersuchungen der Härte verschiedener Feldspäthe aufschob. Zu 3 verschiedenen Malen erhielt ich immer dieselbe Ungleichheit der Härte, während bei Adular und Labrador dieselbe sich stets gleichmässig zeigte. Es wird jedoch jedenfalls noch einer grösseren Anzahl von Beobachtungen an verschiedenen Individuen bedürfen, um bestimmen zu können, ob das eine constante Eigenthümlichkeit dieser Feldspath-varietät sei, und ob dieselbe auch bei andern Mischlingsfeldspäthen sich finde. Auch die Frage, wie weit die Härte eines und desselben Minerals auf derselben Fläche Schwankungen unterworfen sei, wird sich mit Hilfe des Mesosklerometers wohl einfach ermitteln lassen und bis zur Auffindung besserer Instrumente wird das beschriebene immerhin zu einiger Aufhellung mancher bisher ganz dunkler Verhältnisse der Kohäsion gute Dienste leisten.
