

DAS SKLEROMETER,

EIN APPARAT ZUR GENAUEREN MESSUNG

DER

HÄRTE DER KRYSTALLE.

VON

J. GRAILICH und F. PEKÁREK.

1858 ?

(Mit 1 Tafel.)

(Aus dem Julihefte des Jahrganges 1854 der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften [Bd. XIII, 410] besonders abgedruckt.)



Das Sklerometer, ein Apparat zur genaueren Messung der Härte der Krystalle.

Von **J. Grailich** und **F. Pekárek**.

(Mit 1 Tafel.)

Begriff der Härte und Härtemessung.

Unter die Reihe jener relativen Begriffe welche durch die Abstraction irgend einer nach Abstufungen (Graden) verschiedenartigen Wahrnehmung entstehen, wie warm und kalt, hell und dunkel, gross und klein u. s. w. gehört auch hart und weich. So lange es sich nur um den Ausdruck einer ästhetischen Thatsache handelt, müssen diese Begriffe in ihrer Relation aufgefasst werden.

Geht man aber von der Wahrnehmung zur Beobachtung über, vom Betrachten zum Messen, so tritt das Bedürfniss einer allgemeineren Auffassung ein, und mit der Bestimmung einer durchaus beliebigen Einheit verwandeln sich jene relativen Begriffe für den Forscher in absolute. Die Einheit kann aber nur durch die Erkenntniss der Wirkungen gewonnen werden, welche die, jenen sinnlichen Wahrnehmungen zu Grunde liegenden Ursachen, auch auf andere ausser uns liegende Objecte üben. So entstanden für die Physik längst die Begriffe der Wärme, der Lichtintensität u. s. w., denen sich die Kälte, das Dunkel etc. höchstens wie die Nulle der Zahl, aber nicht wie ein Negatives dem Positiven entgegengesetzten.

Als in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die Gliederung innerhalb des Gesamtkörpers der Naturwissenschaften abschloss, fand die Naturgeschichte fast alle Begriffe für ihre Terminologie durch die Physik geläutert und sie brauchte blos diese richtig anzuwenden und ihrem Principe dienstbar zu machen, um sofort die Grundrisse ihres Baues zu gewinnen.

Nur die Härte, dieses wichtige Merkmal für die Mineralogie, figurirte noch in den Werken der Physiker in der Ursprünglichkeit der ersten Kindheit. Musschenbroek¹⁾ hat noch keine Ahnung von einer Feststellung des absoluten Begriffes; nachdem er die Natur des Harten und Weichen dargethan, sagt er selbst: *limites autem quando desinit mollities et contra, designi nequeunt, argilla humida vocatur mollis sed quousque est exsiccanda ut appelletur dura? Adulto, robustiorique molle dicitur quod durum est imbecilli infanti; elephanto lutum videbitur molle quod omnino durum est muscæ formicæque; adeo durities et mollities relationem ad nostros sensus, nostrasque vires habent. Es ist nicht das Verdienst der Physiker, wenn heut zu Tage eine allgemeine Ansicht möglich geworden. Von Agricola²⁾, „dem Vater aller metallurgischen Wissenschaft³⁾“, der die Kennzeichen der Mineralien in 3 Kategorien vertheilt: sinnliche, dann *qualitates a vi vel imbecillitate nominatæ*, und morphologische, und *durities et mollitudo* in die erste unter die Wahrnehmungen des Tastsinnes, Spaltbarkeit aber unter die zweite einreicht; von Gehler⁴⁾, der die Härte dem Gesichtssinne allein zuweist; von Linné⁵⁾, der schon Structur und Härte als besondere mineralische Hauptmerkmale aus der Reihe der übrigen sondert, ähnlich wie Peithner⁶⁾ und Hill⁷⁾; bis auf Werner⁸⁾, der die Härte zum ersten Mal deutlich als den Widerstand definirt, den die Körpertheile einer in sie eindringen wollenden Kraft entgegensetzen; Waller⁹⁾ der, wenn er auch noch zwischen*

1) *Introductio ad philosophiam naturalem auctore Petro van Musschenbroek. Lugd. Batav. 1762, 1, Cap. XVI. De Corpore duro, fragili, molli, flexibili, elastico 733.*

2) *De natura fossilium. Basil. 1546. fol.*

3) Werner in „von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien.“

4) *De characteribus fossilium externis. Lps. 1737.*

5) *Systema naturae. Holmiae 1768, 8. III, pag. 29, 30. Eigentlich die ersten Andeutungen schon in den Amoenitates academ. Holmiae 1750.*

6) *Erste Gründe der Bergwerkswissenschaften, zweite Abhandlung über die Mineralogie. Prag 1770.*

7) *Fossils arranged according to their obvious characters. London 1771.*

8) *Von den äusserlichen Kennzeichen der Fossilien. Leipzig 1774.*

9) *Brevis introductio in historiam litterariam mineralogicam etc. Holm. 1779. Die angezogene Stelle heisst: Haec diversitas mineralium corporum dependet vel ad ipsa particularum duritie, ut in arenaceis et saxis; aut mollitie ut in Fissilibus, Steatite et Corneis; vel a particularum fortiori vel debiliori nexu qui diversus observatur in diversis speciebus, ut in Calcaris, gypseis etc., ac dependet vel a natura ipsius glutinis diversa, vel a circumstantiis extrinsecis*

Weich und Hart, als terminologischen Gegensätzen, unterscheidet, doch schon als Ursache derselben auf die Structur und Krystallisation hinweist; Naumann¹⁾, dem Härte das Mass der absoluten Cohärenz und Breithaupt²⁾, nach dem sie der Grad des Widerstandes ist, den ein Körper bei der Trennung einzelner Theile an der Oberfläche leistet; — ist es nur der Mineraloge, der sich mit der Feststellung des Begriffes dieser allgemeinen Eigenschaft der Körper beschäftigt. Nach unseren Untersuchungen ist Härte von der Grösse der Elasticität abhängig, und wo diese nach verschiedenen Richtungen verschieden ist, wie bei krystallisirten Substanzen, muss auch die Härte eine verschiedene Grösse zeigen.

Sobald man Härte dem Widerstande der der Trennung unterworfenen Körpertheile gleichsetzte, war auch die Möglichkeit die Härte zu messen gefunden. Linné unterschied die Körper noch nach zufälligen auf die Härte bezüglichen Erscheinungen, als: *scintillantia*, *rasilia*, *dura*, *fragilia*, *sectilia*, *friabilia*, *rigida*, *flexibilia*, *malleabilia*, *inquantia*, und zwar *inquantia scriptura* oder *tritura* je nachdem sie leichter oder schwieriger einen Strich lieferten; Werner, der in seiner tabellarischen Aufzählung die Härte unter die Merkmale einreihet, welche auf den Zusammenhang der festen Körper im engeren Sinne (Individuen, *Mohs*) sich beziehen, entwirft die erste Härtescale, welche 6 Glieder enthält:

Hart. Demanthart. Greifen die Feile an. Geben Funken. Demant. Saphir.

Hart. Quarzhart. Lassen sich kaum oder nur wenig feilen. Geben Funken. Granat. Quarz.

Hart. Feldspathhart. Lassen sich feilen. Lassen sich mit dem Messer nicht schaben. Geben mit dem Stahl Funken. Feldspath. Schwefelkies.

Halbhart. Geben mit dem Stabe nicht Funken und lassen sich mit dem Messer ein wenig schaben. Zinkblende. Flussspath.

quibus induratio glutinis promovetur aut retardatur; vel a generationis modo diverso: probabile enim est mineralia per coagulationem et crystallisationem producta, firmiori gaudere nexu ut a Quarzo, Crystallis patet, quam quae per precipitationem seu appositionem externam sunt generata ut conspicimus in calcareis aliisre.

1) Lehrbuch der Mineralogie, Berlin 1828.

2) Vollständiges Handbuch der Mineralogie. Dresden und Leipzig 1836.

Weich. Lassen sich mit dem Messer leicht schaben, widerstehen aber dem Fingernagel. Kupferkies. Bleiglanz.

Sehr weich. Lassen sich nicht nur sehr leicht schaben, sondern gestatten auch Eindrücke mit dem Fingernagel. Gyps. Kreide.

So brauchbar diese Unterscheidungsmethode auch für eine oberflächliche Untersuchung ist, so konnte sie doch in keiner Weise befriedigen, da die Prüfungsmittel: Feile, Messer, Fingernagel verschiedene Härten haben können und das Funkenschlagen nicht allein von der Härte, sondern auch von der geringen Theilbarkeit abhängt; sehr theilbare Körper von grosser Härte springen ab, ehe sie noch einen Stahlfunken abgerissen. Darum musste Haüy's¹⁾ Verfahren willkommen sein, der die relative Härte der Körper durch sie selbst prüfte indem er versuchte einen durch den andern zu ritzen; er erhielt auf diese Weise folgende Tafel:

1. Substances qui raient le quartz. Communément étincelantes.

Diamant, Corindon, Telesie, Cymophane, Rubis.

2. Substances qui raient le verre.

a) Communément étincelantes.

Quartz, Peridot, Idocrase, Euclase, Axinite.

b) Quelque fois étincelantes.

Prehnite, Sphéne, Amphigéne, Amphibole.

3. Subétances qui raient la chaux carbonatée. Non étincelantes.

Diallage, Lazulite, Chaux phosphatée, Harmotome.

4. Substances qui ne raient pas la chaux carbonatée. Non étincelantes.

Talc, Chaux sulfatée, Mica.

Die hier angegebene Idee griff Mohs²⁾ auf, entwickelte sie in ihrer Reinheit und indem er das nicht hereingehörige Glas ausschloss, schuf er die noch jetzt allgemein gebräuchliche Scale von 10 Gliedern:

1. Prismatischer Talkglimmer (Talk).

2. Prismatisches Euklas-Haloid (Gyps) oder Steinsalz.

3. Rhomboedrisches Kalk-Haloid (Kalkspath).

¹⁾ Traité de minéralogie. Paris 1801.

²⁾ Grundriss der Mineralogie 1.

4. Oktaedrisches Fluss-Haloid (Flussspath).
5. Rhomboedrisches Fluss-Haloid (Apatit).
6. Orthotomer Feldspath (Adular).
7. Rhomboedrischer Quarz (Bergkrystall).
8. Prismatischer Topas.
9. Rhomboedrischer Corund (Sapphir).
10. Oktaedrischer Demant (Demant).

Jedes der Glieder dieser Scale ritzt alle vorhergehenden und wird von allen folgenden geritzt; ein Mineral, welches von irgend einem derselben noch, von den vorhergehenden schon nicht mehr, geritzt wird, findet daher leicht seine Stelle in dieser Reihe; Mohs bezeichnet die Härten mit Zahlen ¹⁾ und lässt für die mittleren Werthe auch Brüche zu, so dass er z. B. die Härte des Schrift-Erzes mit 5·7—5·8, die des Wasserbleies mit 4·4—4·6 bezeichnet; doch bediente er sich zur Bestimmung der Decimalstellen der Feile, indem er selbst (Leichtfassliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreiches, Wien 1832, I, p. 333) bemerkt, dass das blosser Ritzen der Minerale an einander nicht hinreichte um feinste Unterscheidungen zu machen. Hat man nämlich die ganzen Zahlen mittelst der Scale bestimmt, so werden die beiden Scalenglieder möglichst in derselben Gestalt wie der zu prüfende Körper genommen und nun alle drei auf einer Feile mit gleichem Drucke hingeführt: aus dem Widerstande der Feile, sowie aus dem Geräusche des gestrichenen Minerals wird auf die Härte geschlossen, da ein grösserer Widerstand und lauterer, kreischenderes Geräusch eine grössere Härte annehmen lassen. Es wird dabei die Härte der Feile nicht wie in Werner's Methode mit der des Minerals, sondern die Härte verschiedener Minerale unter einander vermittelt der Feile verglichen.

Diese Scale hat sich wegen ihrer leichten Anwendbarkeit und relativen Sicherheit bald allgemeine Anerkennung errungen. Zwei Umstände aber beeinträchtigen die Genauigkeit der nach dieser Methode erlangten Resultate; erstens ist, wie Mohs selbst bemerkt, die Härte der Flächen und Ecken an demselben Minerale gar verschieden, und es wird zuweilen möglich dasselbe durch sich selbst

¹⁾ Die erste Idee, Zahlen für die Härtegrade zu setzen, rührt von Kirwan; Anfangsgründe der Mineralogie, übersetzt von L. v. Crell, 1, 52. Vergleiche Hausmann's Handbuch der Mineralogie. 2te Ausgabe. Göttingen 1828, p. 333,

zu ritzen, wie z. B. Glimmer, Gyps, Disthen, so dass man ein und dasselbe Mineral nothwendig in mehre Scalen-Abtheilungen setzen muss und consequenter Weise bei manchen Härteangaben mitgetheilt werden sollte mit welcher Ecke oder Kante des ritzenden eine bestimmte Fläche des geritzten Körpers geprüft wurde; dadurch fällt zum Theil die Sicherheit und Bündigkeit, für den bestimmenden Mineralogen fort. Zweitens sind die Distanzen zwischen den Härtegraden ungleich und in der Scale auch gar keine Möglichkeit gegeben, diese Ungleichheit mit Sicherheit zu schätzen, so dass die durch sie gewonnenen Daten zwar für die Bestimmung der Minerale brauchbar und werthvoll, für die Erforschung der physikalischen Constitution der Körper aber als zusammenhangslos von untergeordneter Bedeutung werden, was nebst dem doch noch immer sehr geringen Grade der Empfindlichkeit für den Physiker den Werth dieser Scale vermindert.

Es sind darum auch zu verschiedenen Zeiten Versuche gemacht worden, durch Veränderungen in der Scale, oder durch ganz neue Verfahren ein feineres, zuverlässigeres Mass zu gewinnen. Hier wäre freilich noch zu bedenken, ob durch eine geringe Veränderung in dem Baue der Scale die Nachteile einer unvermeidlichen Sprachverwirrung aufgewogen, ob durch eine Annäherung an scheinbar grössere Gleichförmigkeit in den Scalen-Intervallen die wirklichen, für den Mineralogen empfindlichen Mängel, die aus der Verschiedenheit der Härte an einem und demselben Stücke entspringen, gehoben werden. Es scheint, dass das Urtheil der *Republica literaria* verneinend lautet; wenigstens hat Breithaupt's ¹⁾ emendirte Scale von zwölf Gliedern, die sich nur dadurch von der Mohs'schen unterscheidet, dass zwischen Gyps und Kalkspath als drittes Glied Talkglimmer, und zwischen Apatit und Adular als siebentes Glied Skapolith eingeschoben wurde, so dass die Vergleichungsreihe beider

Mohs:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Breithaupt:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ist — weder in Deutschland noch im Auslande Beifall gefunden, und es bedient sich z. B. Dufrénoy in Frankreich, Brooke und Miller in England, Dana in Nordamerika nach wie vor der Mohs's-

¹⁾ Vollständiges Handbuch der Mineralogie. Dresden und Leipzig 1836.

sehen Scale, und wie es scheint, ohne Nachtheil für die Genauigkeit und Brauchbarkeit ihrer Angaben.

Anders ist es mit den Versuchen, das Haüy-Mohs'sche Princip verlassend, ein neues bildungsfähigeres aufzufinden; diese geschehen ohne alle Prätension in der Mineralogie eine allgemeine Veränderung hervorzurufen und lehnen mehr an das Bedürfniss des Physikers, wenn es gleich zugegeben werden muss, dass man nicht dem einen Zweige des grossen wissenschaftlichen Organismus dienen kann, ohne die übrigen mittelbar zu fördern. Man fand, dass schnell rotirende Bleischeiben sehr harte Körper anzugreifen im Stande sind, doch liess die Form des Experimentes nichts für absolute Härtenbestimmungen hoffen. Man versuchte es mit Nadeln aus verschiedenen Metallen zu ritzen; der erste, der dies ausführte ist Pansner¹⁾, der darauf sogar den Versuch gründet einen analytischen Schlüssel zur Bestimmung der Minerale mit Hülfe der beiden Merkmale der Härte und Dichte zu entwerfen. Er stellt ein Verzeichniss von circa 600 Mineralien zusammen, die er nach diesen Merkmalen ordnet: zur Prüfung der Härte bedient er sich des Diamants, gehärteter Stahl-, Kupfer- und Bleinadeln und theilt die Minerale in 4 Classen, je nachdem sie von diesen geritzt werden; in jeder Classe sind die Unterabtheilungen 1, 2 welche dem Dichten-Index entsprechen. So hat er für die Classe *D* in der Ordnung 4 den gemeinen Zircon, Zirconit, Rubin, Sapphir — in der Ordnung 3 den Chrysoberyll, Chrysolith, Spinell, Topas u. s. f. Es ist ein schwacher erfolgloser Versuch. Später hat Krutsch²⁾ den Vorschlag gemacht, Zinn-, Zink-, Eisen- und Stahlnadeln anzuwenden; wie es scheint ohne Beachtung.

Erst Frankenheim³⁾ hat diese Methode mit Erfolg zur Prüfung der Härten der Krystallflächen nach verschiedenen Richtungen angewandt. Es scheint, dass vor ihm Niemand ausser Huyghens⁴⁾ auf diese Verschiedenheit aufmerksam gemacht hat; die verschiedenen Härten verschiedener Flächen desselben Krystalles waren jedoch

¹⁾ Resultate der Untersuchung über Härte und specifische Schwere der Mineralien Petersburg 1813. 80.

²⁾ Mineralogischer Fingerzeig. Dresden 1820. Vergl. Breithaupt. Vollst. Hdb.

³⁾ De crystallorum cohaesione, dissertatio inauguralis. Bratislaviae 1829. Deutsch. Baumgartner's und Ellingshausen's Zeitschrift für Physik und Mathematik. Bd. 6 Wien 1841.

⁴⁾ Tractatus de Lumine. Paris, p. 72.

schon von Haüy und Mohs vorübergehend erwähnt worden. Frankenheim hat mit Scharfsinn und, wenn man die Unzulänglichkeit seiner Methode in Erwägung zieht, mit Genauigkeit eine Anzahl höchst interessanter Resultate gefunden. Er selbst gibt in folgenden Worten von seiner Beobachtungsweise Rechenschaft: *Haud difficile erat apparatus excogitare, cui crystallus et corpus stringens affixa, vi semper æquali stringerentur. Sed ut duritiei varietates cognoscerentur, cum necesse esset crystalli positione saepe mutari et variis corporibus stringi nullum fuit compositoris apparatus commodum. Etiam manus ipsius, inde a pueritia ut eadem vi semper moveatur, consuetæ tactus ea est subtilitate in his experimentis nullo egeat auxilio. Corporibus stringentibus usus sum bacillis et acubus zinci, plumbi, stanni, auri, argenti, cupri, ferri variae duritiei et ad duriora corpora topazo et sapphyro. E quibus vel ea elegi, quæ crystallum quem investigarem duritie quam minime superarent, vel si duriora essent ea vi strinxi ut rationes in differentia duritierum crystalli et corporis stringentis maximæ evaderent. In omni crystallo autem eæ tantum observationes comparabantur, quæ ope ejusdem bacilli vel acus et brevissimo temporis intervallo factæ sunt. — Hanc viam secuti etiam si non eo pervenerint et cohæsiõnum rationes ad calculum revocare possint, tantum tamen proficiunt ut vel minimas duritiei differentias apprehendant. Modo plana observanda laevissima sint, purissima et si fieri possit recens nudata. (§. 4.)* Es wird nicht überflüssig sein, hier in Kürze die Resultate, die auf solche Weise gewonnen wurden, zusammenzustellen.

Jene Linien, die für den Krystallographen gleichwerthig sind, sind es auch in sklerometrischer Beziehung, und wo verschiedene Härten stattfinden, da entsprechen ihnen immer auch verschiedene Krystalrichtungen. Körper von gleicher Gestalt und ungleicher Zusammensetzung zeigen gleiche Härteverhältnisse, wenn die Spaltungsrichtungen gleichfalls übereinstimmen; sonst nicht. So stimmen die Härteverhältnisse von CaF und NaCl nicht überein, wohl aber die von CaO, CO₂ und NaO, NO₅; von CaF und SrO, NO₅.

In Bezug auf die Härte differenzen auf einer und derselben Fläche fand Frankenheim: die grösste Härte folgt den Linien, nach welchen die Körper sich spalten; sollten mehre Spaltungsrichtungen vorhanden sein, so ist das Maximum in der Richtung der leichtesten, das Minimum in der schwierigsten Theilbarkeit. Im pyramidalen und

tessularen Systeme treten daher immer gepaarte Maxima und Minima auf.

Betreff der Härte verschiedener Flächen desselben Krystalles aber: die Härte jener Flächen ist die grösste, zu welchen parallel die geringste Spaltbarkeit stattfindet oder die am meisten von den Spaltungs-Ebenen abweichen.

Hieran reihen wir die Aufzählung der einzelnen Resultate:

Tessularsystem: CaF (Theilungsgestalt O) H härter als O; in H: Maximum parallel den Rändern, Minimum parallel den Diagonalen. — Dasselbe gilt von SrO, NO₃. — NaCl. (Theilungsgestalt H). H: Maximum parallel den Diagonalen, Minimum parallel den Rändern. — PbS. Theilungsgestalt (H.) zeigt gar keine Differenz. — ZnS (Theilungsgestalt D). D: Maximum grössere Diagonale, Minimum kleinere Diagonale.

Rhomboedrisches System: die R—∞ Flächen zeigen keine Differenz („verum inde non sequitur differentiam esse nullam.“ Vergl. unsere Resultate unten) CaO, CO₂ (Theilungsgestalt R, stumpf). R+∞ viel härter als R. — R: Grösste Härte in der grösseren Diagonale, kleinste in der kürzeren Diagonale. — Ebenso NaO, NO₃.

Pyramidalsystem: Zwei Maxima und zwei Minima in der P—∞ Fläche.

Orthotypes System. Zwei ungleiche um 90° Grad von einander abstehende Maxima in den P—∞ Flächen, dazwischen 2 gleiche Minima. BaO, SO₃, (Theilungsgestalt $\check{P}r+\infty P-\infty$) P—∞: grösseres Maximum in der grösseren Diagonale. Ebenso CaO, CO₂; KO, NO₃. Glimmer zeigt in P—∞ keine Differenz.

CaO, SO₃ (Theilungsgestalt $\check{P}r+\infty . \check{P}r+\infty P-\infty$) Pr+∞. Maximum parallel der Combinationskante $\check{P}r+\infty . \check{P}r+\infty$. Minimum parallel der Combinationskante Pr+∞ . P—∞. Dabei soll eine der Pr+∞ Flächen etwas härter sein als die andere (?).

Hemiorthotypes System. NaO, BO₃ (Theilungsgestalt $\check{P}r+\infty$). P—∞: Maximum parallel den Combinationskanten mit $\check{P}r+\infty$. — 2Al₂O₃ SiO₃ (Cyanit. Theilungsgestalt $\check{P}r+\infty$ sehr vollkommen, $\frac{P+\infty}{2}$ weniger, $\frac{Pr}{2}$ am wenigsten vollkommen) die Flächen unter einander sehr verschieden hart, $\check{P}r+\infty$ parallel zur Theilungsrichtung am weichsten — CaO, SO₃ + 2HO (Theilungsgestalt $\check{P}r+\infty$ höchst vollkommen, — $\frac{\check{P}r}{2}$. $\check{P}r+\infty$ unvollkommen; ersteres faserig, letz-

tere muschelrig). Grosse Verschiedenheit in der Härte der einzelnen Flächen, am weichsten $\check{P}_r + \infty$; das Maximum der Härte liegt in dieser fast parallel $-\frac{\check{P}_r}{2}$ doch der Unterschied vom Minimum kaum merklich. In den beiden anderen Spaltungsflächen ist die Richtung gegen die stumpfen Ränder hin weicher als die gegen die Spitzen. — Feldspath (Theilungsgestalt $-\frac{\check{P}_r}{2}$ sehr vollkommen $\check{P}_r + \infty$ vollkommen, zuweilen muschelrig) die Theilungsfläche $-\frac{\check{P}_r}{2}$ weicher als $\check{P}_r + \infty$, und beide viel weicher als die übrigen Flächen. — Sphen ($\frac{P}{2}$ weniger deutlich; $\frac{\check{P}_r}{2}$ und $-\frac{\frac{1}{3}P-2}{2}$). Grosser Unterschied in der Härte der verschiedenen Flächen. Die Flächen des unsymmetrischen Prismas viel weicher als die glänzenden Flächen des symmetrischen.

Seit Frankenheim hat Niemand auf diesem Wege die Untersuchung fortgesetzt. Da sie bei einiger Empfindlichkeit dennoch alle Vorwürfe treffen, die man der Mohs'schen machen kann und sie für den Mineralogen letztere in keiner Weise zu ersetzen vermag, indem man nicht jederzeit die Nadeln auf eine so kurze und einfache Weise wiederherstellen kann als dort die abgenutzten Scalenglieder. Auch darf keine Methode auf allgemeinen Beifall rechnen, die eine gewisse Virtuosität voraussetzt, wie diese in dem feinen Gefühle der Hand, so lange populäre Methoden bekannt sind. Dagegen hat kurze Zeit darauf Seebeck ¹⁾ ein Verfahren angegeben, das eine weitere Vervollkommnung zulässt und zu Resultaten von ungeahnter Schärfe führen kann. Er bringt einen Hebel über einem Brette an, das einen Schlitten trägt, auf dem der Krystall befestigt wird; zugleich ist in dem Schlitten ein Metallkreis eingesetzt und die Platte, auf welcher der Krystall ruht, innerhalb dieses Kreises drehbar, so dass man den Krystall durch alle Azimuthe führen kann. Die Spitze des Hebels wird belastet und der Krystall mit der Hand langsam darunter weggezogen, und das Gewicht gesucht, welches eben noch einen Ritz zu erzeugen im Stande ist. „Bei der hier angeordneten Bestimmungsmethode ist es nur der Druck der Spitze gegen die Fläche welcher gemessen wird;

¹⁾ Über Härteprüfung an Krystallen, eine physikalische Abh. v. Dr. A. Seebeck im Prüfungs-Programme des Berliner Real-Gymnasiums 1833.

etwas anderes würde es sein, wenn bei constantem Drucke die zum Verschieben nöthige Kraft gemessen würde; auch hier würde man wohl, wenigstens bei einem ziemlich starken Drucke zwischen den verschiedenen Richtungen des Krystalls, Unterschiede finden, andere zwar als die vorigen, aber mit ihnen zusammenhängende. Bei der Prüfung mit der Hand (Frankenheim) werden sich beide Wirkungen durch das Gefühl ziemlich vermischen, wenn man auch vorzüglich auf den gegen die Fläche ausgeübten Druck achtet.“ (S. 7.) Seebeck hat in der angegebenen Weise den Kalkspath, Gyps und das Steinsalz untersucht.

Neuenter Zeit hat Franz¹⁾ ein Instrument angegeben und ausführen lassen das im Wesentlichen das Seebeck'sche ist, nur mit dem Unterschiede, dass er den Schlitten nicht mit der Hand, sondern mit einer Kurbel in Bewegung setzt, wodurch er eine grössere Gleichförmigkeit in dieser erzielt, und dass er, statt wie Seebeck, Nadeln zu nehmen, eigene konische Spitzen benützt, die einen längeren und sicherern Gebrauch gewähren; für sehr harte Körper wird ein Diamantsplitter eingesetzt. Sehr weiche Substanzen, die bei dieser Vorrichtung keine Differenzen wahrnehmen lassen, werden nach der zweiten von Seebeck vorgeschlagenen Weise geprüft, zu welchem Ende ein Zusatz-Apparatchen erfunden wurde, das wegen seiner Leichtigkeit eine besonders feine Beobachtung zulässt. Nur dürfte es seiner äusserst labilen Constitution wegen sich nicht praktisch erweisen; Franz hat es auch nur in seltenen Fällen in Anwendung gebracht. Seine Untersuchungen erstrecken sich über eine grössere Zahl von Mineralien; nebst den Gliedern der Mohs'schen Scale wurde noch Disthen, Alaun, Honigstein, Diopas, Diopsid, Pistazit, Zircon, Turmalin und Beryll in das Bereich derselben gezogen. Im Allgemeinen fanden sich die Resultate Frankenheim's bestätigt (zuweilen auch berichtigt), und das Verdienst dieser Arbeit beruht hauptsächlich darauf, jene ungefähren Schätzungen auf absolute Zahlenwerthe zurückgeführt zu haben.

1) De corporum duritie eamque metiendi methodo. Dissertatio inauguralis auctore D. R. Franz, Bonnae 1850. Deutsch in Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXVII.

Bedingungen der Richtigkeit eines sklerometrischen, nach Seebeck's Princip construirten Apparates.

Dieselben lassen sich zurückführen auf folgende Punkte :

1. Empfindlichkeit des Hebels. Sie wird erreicht durch genaue Aufhängung desselben in seinem Schwerpunkte; durch die Reduction der Reibung zwischen Axe und Hebel auf ein Minimum; durch möglichste Verringerung der Masse. Da für geringere Härten die Empfindlichkeit grösser sein muss als für grössere, und letztere auch eine bedeutende Belassung der Spitze fordern, welche einem Hebel von geringster Masse leicht verderblich werden könnte, so empfiehlt sich der Gebrauch von zweien, einem leichteren und stärkeren Hebel.

2. Ebene und glatte Beschaffenheit der Oberflächen. Man erlangt diese entweder durch frische Theilung oder wo diese nicht möglich ist oder nicht ausreicht, durch Schliff. Geprüft wird sie durch Spiegelung, wobei alle Bilder rein umgrenzt und unverzogen erscheinen müssen. Beim Schleifen ist die höchste Sorgfalt darauf zu verwenden, dass die Fläche wirklich diejenige Lage gegen die Axen des Krystalles behalte oder erhalte, welche man der Untersuchung zu unterziehen beabsichtigt. Eine vollkommen geschliffene Fläche weicht von der natürlichen in gleicher Vollkommenheit spiegelnden in den Härteverhältnissen fast nicht oder gar nicht ab; wenigstens sind die beobachteten Abweichungen immer innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler gefunden worden.

3. Die ritzende Spitze oder Schneide sei der untersuchten Fläche an Härte so weit überlegen, dass die Abnützung, die sie beim Gebrauche erfährt nicht zu schnell merklich werde. Wendet man daher Stahl und Diamant an, so wird Stahl nur bis zu einer Härte von 4, höchstens 5 (Mohs) zu benützen sein, sonst wird die Spitze nach oder während jeder Beobachtung so sehr alterirt, dass nur eine sehr geringe Genauigkeit zu erwarten steht. Am zweckmässigsten haben wir Spitzen zwischen 20—30° Öffnung befunden; ein geringerer Winkel macht die Spitzen gegen die Rückwirkung der geritzten Fläche zu sehr empfindlich, ein grösserer ist wieder zu unempfindlich.

4. Die Spitze soll möglichst viele und stets bestimmte Lagen gegen die Oberfläche einzunehmen fähig sein. Dazu ist erforderlich, dass die Mittel zu einer genauen Einstellung, und da vorzüglich

der Widerstand gegen eine senkrecht eindringende Spitze gemessen werden soll, zu einer bequemen und sicheren Horizontalstellung der Krystallfläche einerseits und andererseits zu einer beliebigen Richtungsveränderung der Spitze gegeben seien. Dies ist der Hauptpunkt für die praktische Anwendbarkeit eines solchen Instrumentes.

5. Die Geschwindigkeit, mit der der Krystall unter der Spitze weggezogen wird, hat, sobald sie innerhalb gewisser, ziemlich weiter Grenzen bleibt, nach unseren Erfahrungen wenig Einfluss auf die Richtigkeit und Übereinstimmung der Resultate; erst, wenn sich Stöße und Risse mit einer geschwinderen Bewegung combiniren, wird die Beobachtung unsicher und fehlerhaft. Man muss daher ein Mittel besitzen, einerseits die Bewegung des Krystalles nach Belieben zu reguliren, andererseits zu beurtheilen ob dieselbe gleichförmig ohne momentane Beschleunigung und Verzögerung vor sich geht.

6. Der Apparat erlaube Körper der verschiedensten Gestalt und Dimensionen der Prüfung zu unterziehen. Obschon mehr für den Physiker und beschreibenden Mineralogen als für den gewöhnlichen mineralogischen Hausgebrauch bestimmt, denen in der Regel die zu untersuchenden Stücke zu etwas freierer Verfügung stehen, ist es doch eine werthvolle Bedingung, dass ein solcher Apparat in seiner Anwendbarkeit nicht auf zu enge Grenzen bezüglich dessen, was er aufnehmen soll, beschränkt sei.

Seit mehreren Jahren hat der an der Spitze dieses Aufsatzes Genannte sich mit der Idee eines nach diesen Principien gebauten Apparates getragen und dieselbe auch zwei Professoren des polytechnischen Institutes und correspondirenden Mitgliedern der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften mit der Bitte um Ausführung derselben vorgelegt. Da es nicht möglich war in diese Bitte einzugehen, so ruhte das Project, bis der Genannte ins physikalische Institut eintrat, er seinen Freund Pekárek zur Theilnahme an demselben aufforderte und nach manchen Besprechungen es dem Director, Herrn Regierungsrathe von Eттingshausen vorlegte, der es auch in seinen freundlichen Schutz nahm und durch den Mechaniker Merker ausführen liess.

Erst beim Studium der Literatur auf die Arbeit von Franz aufmerksam geworden, können wir doch, da wir in der Veröffentlichung um mehrere Jahre zu spät kommen, unsere Arbeit nur an die seine reihen, sowie wir in der kurzen historischen Besprechung die von

Franz an die Seebeck'sche schliessen mussten, ob er schon die seine selbstständig ersonnen und ausgeführt hat.

Wir nennen unseren Apparat Sklerometer ($\sigma\kappa\lambda\eta\rho\omicron\varsigma = \text{hart}$).

Beschreibung unseres Apparates.

Eine Messingscheibe A von 6'' Durchmesser sitzt auf einer kleineren Scheibe a so auf, dass sie, wenn die Schraube S_1 gelüftet wird, auf dieser um die Axe der Schraube beweglich ist. Die Scheibe a wird von 3 Füßen g getragen, die durch Stellschrauben T auf einer hölzernen Unterlage unverrückbar aufgestellt werden.

Die Scheibe A trägt 3 parallele, vollkommen polirte dreikantige Prismen p von gehärtetem Stahle, welche als Schienen von möglichst geringer reibender Oberfläche dienen. Sie sind mit grosser Sorgfalt geschliffen und justirt, so dass ihre nach aufwärts gerichteten Schneiden möglichst in eine Ebene fallen.

An einem Ende der Schienen befindet sich eine mit der Scheibe A unverrückbar verbundene hohle Säule K , in der ein solider messingener Cylinder C auf und ab bewegt werden kann. Seine Bewegung wird vermittelt durch eine Schraubenmutter c , die durch das mit A verbundene Messingstück k an ihrer Stelle festgehalten wird, und in welcher das untere schraubenförmige Ende des Cylinders C steckt, so dass eine Drehung der Mutter c den Cylinder hebt oder senkt, so weit es das schraubenförmige Ende desselben zulässt, das eine Länge von 2·5 Zollen hat.

Der solide Cylinder C trägt oben 2 Backen B und B' , welche dazu dienen, zwei Schrauben b aufzunehmen, die mit gehärteten Stahlspitzen enden, und so justirt sind, dass sie eine Axe bilden für eine messingene Hebelstange HH' (oder hh' Fig. 2), die senkrecht gegen ihre Längenrichtung, in der Linie die den Schwerpunkt derselben in sich enthält, zwei stählerne hohle konische Einsatzstücke trägt, so dass der Hebel zwischen den konischen Schraubenspitzen mit kleinster Reibung schwebt. Die Backe B' trägt einen Gradbogen; ausserdem sind beide bei $\beta\beta'$ noch einmal durchbohrt um zwei Schrauben aufzunehmen, von denen die eine β in ein elliptisches Cylinderstück eingeschraubt ist, während die andere β' nur dazu dient, das Stück centrirt zu stützen. Wird β' herausgeschraubt, so kann auch β , indem man das Cylinderstück m festhält, heraus-

geschraubt, und dadurch der vordere Raum zwischen den beiden Backen frei gemacht werden.

Der Hebel HH' trägt an seinem vorderen Ende H eine Schale h die an ihrem Stiele einen Gradbogen hat und um r mit bedeutender Reibung bewegt werden kann. Nach abwärts dagegen ist senkrecht gegen die Längenrichtung des Hebels ein Zapfen z gerichtet, dessen Ende schraubenförmig geschnitten ist, so dass an denselben die konische Spitze angeschraubt werden kann, die zum Ritzen der Flächen dienen soll. Auf der anderen Seite trägt der Hebel eine Libelle L mit kurzer Blase und eine Schraubenmutter H' mittelst deren der Schwerpunkt in die Aufhänge-Axe gebracht werden kann, wenn er aus derselben durch irgend eine die Länge der beiden Arme afficirenden Ursache verrückt worden sein sollte. Über dem Mittelpunkte sowie im Punkte r sind stählerne Zungen und etwas seitwärts vom Mittelpunkte, doch noch über dem Ende des Cylinders C eine Schraube t , mittelst deren und der Schrauben $\beta \beta'$ der Hebel verhindert wird, allzu grosse Ausschläge zu machen, und beim Transport festgehalten werden kann. Das Gewicht des ganzen Hebels beträgt 41·623 Grammen.

Der Hebel $h h'$ ist ein dünnes $\frac{3}{4}$ '' hohes, $\frac{1}{3}$ '' breites Stahlprisma, das bei h' in eine feine Schraube ausläuft, an welcher eine messingene Mutter sich befindet. An das Prisma ist eine kurze Scheide v gesteckt, die die konischen Bohrungen für die Drehungsaxe und oben eine Zunge trägt; die Drehungsaxe geht hier wieder durch den Schwerpunkt, so dass die Hebelstange in jeder Lage stehen bleibt. Am vorderen Ende ist eine ähnliche Scheide angesteckt und durch ein Schräubchen an das Prisma befestigt; es trägt das Schälchen h , das um r mit Reibung drehbar ist; nach unten befindet sich der Zapfen z , an den die Spitze geschraubt werden kann. Das Gewicht des ganzen Hebels ist 4·573 Grammen.

Der zweite Hauptbestandtheil unseres Apparates ist der Wagen, der den zu untersuchenden Krystall trägt. Er besteht aus folgenden Theilen:

Eine Scheibe B , welche an ihrer untern Seite drei Füße entsprechend den drei Schienen trägt, welche dazu dienen, die stählernen Räder R aufzunehmen, die zwischen Spitzen laufen und deren Peripherie eine Rinne ist, deren Öffnung etwa 10° grösser ist als die Schneide der Schienen; die beiden hinteren Räder laufen auf den

äusseren, das vordere auf der mittleren Schiene. Oben trägt die Scheibe *B* eine Kreistheilung in ganze Grade.

Die Axe dieser Scheibe ist durchbohrt und lässt einen cylindrischen Stift durch, der unten eine Schraubenbohrung besitzt, in welche die Schraube S_2 eingeführt wird. Dieser Stift endigt nach oben in eine Kugel, welche in eine Nuss eingelassen ist; die Nuss aber trägt die Scheibe *D*. An dem Stifte steckt mittelst einer Einzahnung unverrückbar eine Scheibe *C* die auf der Scheibe *B* aufliegt und diametral zwei Linien-Indices hat. Wird die Schraube S_2 angezogen, so kann *C* mit dem Stifte gedreht werden und der Linien-Index wandert an der Peripherie des getheilten Kreises herum.

Die Scheibe *D* trägt einen Supportschlitten *V*, *V* und hat in Abständen von 120° drei Bohrungen, in welche Schrauben *d*, *d*, *d* eingeführt sind, die auf der Scheibe *C* stehen. Mit Hilfe dieser wird, wie unten gezeigt werden wird, der auf dem Supportschlitten befestigte Krystall horizontal eingestellt und zugleich die Scheibe *D* an *C* festgeklemmt, so dass keine Drehung um die Nuss, sondern einzig um die Axe in *B* geschehen kann; es wird daher der Index auf *C* die Drehung des Krystalles auf der Theilung von *B* angeben.

Der Schlitten *V* ist mittelst der Schraube *v* auf der Scheibe *D* verschiebbar; er trägt eine Messingplatte, die senkrecht gegen seine Längenrichtung liegt und in der ein zweiter Schlitten *V'* mittelst der Schraube *v'* bewegt wird, dieser Schlitten trägt einen messingenen Reif *F*, in welchen die Krystallträger *N* und *N'* zu stecken sind.

N ist eine kreisrunde Platte auf einer Trommel, die in den Reif *F* genau passt und in demselben nur schwer verschoben werden kann (die Verschiebbarkeit kann durch eine einfache Einzahnung ganz beseitigt werden). *N'* ist ganz wie *N*, nur trägt die Platte vier kleine, um 90° von einander abstehende Aufsätze, in welchen Schrauben stecken, mittelst deren ein kleinerer Reif *f* festgeklemmt werden kann.

Die Scheibe *B* trägt vorne, an der der Säule *K* abgewandten Stelle einen Messinghaken, an welchen ein Faden geschlungen werden kann, der über die feste Rolle *P* geht und eine Schale *Q* trägt. In dem hölzernen Untersatz, in welches die Stellschrauben *T*, *T*, *T* eingelassen sind, ist unter der Schale *Q* eine Schraube mit flachem grossen Kopfe eingeführt, welche der Schale *Q* als Ruhe-

lager dient, und mehr oder minder in die Unterlage versenkt werden kann.

Gebrauch des Apparates.

Die hölzerne Unterlage wird auf einen festen, nicht zitternden Tisch gestellt und durch eine Schraube, die statt des vierten Fusses durch dieselbe geführt ist, solid aufgestellt.

Hierauf wird der Wagen aus den Schienen gehoben und mittelst einer Libelle und der Stellschrauben *T* die Schienenscheibe *A* horizontal eingestellt. Man kann hierzu unmittelbar die Libelle des Hebels benützen, sobald man sich markirt hat, welchen Theilstrich die Zunge derselben auf den Gradbogen des Backens *B* bei vollkommener Horizontalstellung der Schienenscheibe und durch die Schraube β geschehener Einstellung der Libelle anzeigt. Man braucht dann nur vor jeder Horizontalstellung mittelst β den Hebel so zu stellen, dass die Zunge den entsprechenden Grad notirt (bei der ursprünglichen Justirung des Instrumentes ist dies 0° ; es ist jedoch rathsam von Zeit zu Zeit mit Hülfe einer auf die Schienenscheibe gesetzten guten Libelle zu prüfen ob nichts verändert worden), und die Schienenscheibe auf der Unterscheibe *a* einmal in die Richtung zweier Stellschrauben, das anderemal senkrecht dagegen zu stellen und so durch Beobachtung der Luftblasen in *L* die Scheibe *A* in eine horizontale Lage zu bringen. Da dabei das untere schraubenförmige Ende des soliden Cylinders *C* an die Füße *g* stossen könnte, so wird mittelst *c* der Cylinder so hoch geschraubt, dass dies nicht möglich wird. Ist die Scheibe horizontal gestellt, so wird sie so gedreht, dass die mittlere Schiene gegen die Schraube *U* und den Beobachter gerichtet ist, wesshalb man sogleich bei der ersten Aufstellung die hölzerne Unterlage so setzt, dass die Schraube *U* zunächst dem Beobachter, und der ganze Apparat nicht seiner Länge sondern seiner Höhe nach vor diesen zu stehen kommt.

Nun wird der Wagen sammt dem daran befestigten Krystalle auf die Schienen gesetzt. Ist der Krystall gross, so wird entweder seine untere (der zu untersuchenden Fläche entgegengesetzte) Seite abgeschliffen, oder wo dies nicht angeht durch Ansetzen von Wachs eine Fläche geschaffen, mittelst deren er auf die Platte *N* aufgesetzt werden kann. Die Platte wird zu dem Zwecke vorläufig mit einer dünnen Wachsschicht überzogen, indem man sie über den Schmelz-

punkt des Wachses erwärmt und dann einigemal mit einem Wachsstücke darüber hinfährt; auf diese Wachsschicht wird die untere Fläche des Krystalles gelegt, wo sie sofort bei Erkalten des Wachses adhärirt und jedesmal wieder leicht durch geringes Erwärmen abgenommen werden kann. Sollte die untere Fläche auch benützt werden zur Härtebestimmung, so wird das anklebende Wachs durch Abwaschen mit warmem Spiritus und vorsichtiges Abwischen wieder gereinigt und im Nothfalle nachpolirt.

Es ist dabei, besonders wenn der Krystall bedeutende Dimensionen hat, schon beim Aufkleben wohl darauf zu achten, dass die zu untersuchende Stelle desselben möglichst über den Mittelpunkt der Scheibe N zu liegen komme. Denn oft hat man zwar grosse Flächen vor sich, aber nur einige Stellen derselben besitzen die für eine solche Untersuchung nöthige Politur und Beschaffenheit, wo es dann leicht geschehen kann, dass bei Nichtbeachtung der hier empfohlenen Vorsicht gerade diese Stelle, sehr unbequem, ausser die Drehungs-Axe des Scheibensystemes fällt.

Ist der Krystall nach allen Seiten hin durchsichtig, so werden die Spiegelungen der verschiedenen Flächen desselben, in sofern sie sich auf die beobachtete Fläche projiciren, so wie gewisse innere sichtbare Strukturverhältnisse dem Beobachter störend und es ist nothwendig, solche Krystalle zu schwärzen bis auf die beobachtete Fläche, indem man sie mit einer Schicht von Kienruss, der in Gummivasser oder Terpentinlösung vertheilt wurde, zu überziehen. Es lässt sich dieselbe immer leicht wieder unbeschadet der Politur der Krystallflächen nach der Beobachtung entfernen.

Liegen nur kleine Krystalle der Untersuchung vor und geht es nicht leicht, sie nahezu horizontal aufzukleben, so kann man sich der Aufsatzplatte N' bedienen. Es wird nämlich der Reif f mit einer plastischen Masse von Gyps, Harz oder Wachs oder was eben nach der Natur der zu untersuchenden Substanz am passendsten erscheint, angefüllt und in diese der Krystall versenkt; ein Verfahren, das besonders bei der Untersuchung chemischer Präparate, die sehr weich sind, anzuwenden ist.

Der auf irgend eine der angegebenen Arten befestigte und vorläufig nach dem Augenmass horizontal eingestellte Krystall muss nun vollkommen horizontal gestellt werden, theils damit die ritzende Spitze auch bei der Drehung des Krystalles stets dieselbe Richtung gegen

die Flächen behalte, theils um mit Sicherheit die Lage der Spaltungsflächen gegen die Direction der eindringenden Spitze jederzeit angeben zu können. Zu dem Zwecke wird zuerst mittelst der Schraube β der Hebel, auf dessen Gewichtsschale ein geringes Gewicht gelegt wird, um das freie Schwanken, das aus der Bewegung der Libellenblase entspringt, zu verhindern, so eingestellt, dass die Blase in der Mittellage einspielt, und hierauf mittelst der Schraubenmutter c der Cylinder C so lange gehoben oder gesenkt, bis die Spitze nahezu auf die zu ritzende Fläche trifft. Nun zieht man den Wagen vorsichtig (um das Austossen der Spitze an die Krystallfläche bei schiefer Lage der Letzteren zu vermeiden) auf den Schienen weiter und beobachtet ob das Spiegelbild der Spitze in der blanken Krystallfläche immer in gleichem Abstände von der wirklichen Spitze sich hält: sollte dies der Fall sein, so dreht man die Scheibe C um 90° und versucht es nun auch in dieser Lage; wenn auch hier die Entfernung sich gleich bleibt, so ist an der Einstellung nichts weiter zu ändern. Sollte aber, wie dieses wohl in den meisten Fällen geschehen wird, die vorläufige nach freiem Augenmass geschehene Einstellung ungenau sein, so bringt man zuerst zwei der Stellschrauben d in die Richtung der Schienen und bringt durch abwechselndes Nachlassen und Anziehen derselben die Horizontalstellung erst für die eine Richtung in Ordnung; dann dreht man den Krystall um 90° und corrigirt die jetzt sich ergebende Abweichung mit der dritten Schraube. Hierbei ist nur darauf zu achten, dass einerseits nicht Gewalt gebraucht werde, da bei der Weichheit des Materials, aus dem die Scheiben gefertigt sind und der mächtigen Wirkung, die mit einer feinen Schraube ausgeübt werden kann, leicht alles verbogen wird, so dass es immer rathsam ist, ehe man eine Schraube anzieht, erst die andere oder die anderen nachzulassen; andererseits aber nach vollendeter Horizontalstellung alle 3 Schrauben anzuziehen, damit nicht die Drehung um die Nuss stattfinde, welche nur zur Ermöglichung der Horizontalstellung dienen darf.

Ehe man mit dem also eingestellten Krystalle zu operiren beginnt, muss die Richtung der Ritzlinie gegen die Krystallkante bestimmt werden, um einen Zusammenhang zu behaupten zwischen den untersuchten Richtungen und den Axen und Flächen des Krystalles. Zu dem Ende wird eine der die zu untersuchende Fläche begrenzenden Kanten, oder wenn etwa parallel zu einer derselben

deutliche Spaltungslinien an der Oberfläche wahrnehmbar sind, eine solche mit Hilfe der Schrauben der beiden Schlitten V und V' und einer entsprechenden Drehung der Scheibe C , parallel zur Richtung der durch die gespiegelte Spitze bestimmten Ritzlinie gestellt und hierauf an dem Index von C die Lage dieser Kante abgelesen und notirt. Auf diese Normalstellung wird sodann alles andere zurückgeführt. Hätte man z. B. einen Steinsalzkrystall auf der Aufsatzplatte, so wird man mittelst V , V' und der entsprechenden Drehung die Lage desselben so verrücken, dass die gespiegelte Spitze bei einer Bewegung des Wagens knapp neben der Kante, und parallel an dieser sich fortbewegt; zeigt der Index an C etwa 35° , so wird man, um die Spitze in die Richtung der Diagonale zu bringen, die Scheibe C nur in $35 \mp 45 = -10^\circ$ oder $\pm 80^\circ$ einzustellen haben; ist man an die nächste Kante gelangt, so dreht man noch um $\pm 45^\circ$, und stellt somit den Index auf -55° oder $+125^\circ$. Wäre aber ein Alaunkrystall zu untersuchen, und zeigte der Index in der Normalstellung $+35^\circ$, so würde um die Spitze in die zu den beiden anderen Kanten parallele Lage zu bringen, eine Drehung um $35 \pm 60^\circ$ nöthig u. s. f.

Man sieht, dass dieses Instrument zugleich mit grosser Genauigkeit die Messung ebener Winkel an gut polirten Flächen zulässt.

Ist der Krystall auf diese Weise eingestellt, so wird der Hebel bei vollkommenem Einspielen der Luftblase (oder bei Anwendung des kleineren Hebels, bei vollkommenem Einspielen der Zunge) mittelst c bis zur wirklichen Berührung herabgelassen, die an der geringsten Verrückung der Luftblase (oder Zunge) wahrgenommen wird. Nun kann die Untersuchung auf dreierlei Weise geführt werden.

Erstens. Constantes Minimum des Auflagegewichtes. Man bestimmt beiläufig das Gewichts-Minimum, mit welchem nach irgend einer Richtung noch eine Ritze möglich ist. Hierauf lässt man den Krystall zu wiederholtenmalen unter der mit diesem Minimum auf ihn niedergedrückten Spitze weglaufen, indem man mittelst β die Spitze immer hebt, wenn der Wagen zurückgeschoben wird, und notirt die Zahl der auf diese Weise wiederholten Risse, welche endlich einen sichtbaren Ritz liefern. So fanden wir an einem kleinen Kalkspathkrystalle nach dieser Methode bei einem Auflagegewichtes von 0.6 Grammen (die Richtung vom stumpfen (Axial-) Eck zum spitzen (Seiten-) Eck 0° gesetzt):

bei 0° . . . 18·5	bei 360° . . . 15
„ 15° . . . 17·5	„ 345° . . . 18
„ 30° . . . 17·5	„ 330° . . . 18·5
„ 45° . . . 14	„ 315° . . . 12·5
„ 60° . . . 15·5	„ 300° . . . 16
„ 76° . . . 14	„ 285° . . . 12
„ 90° . . . 10	„ 270° . . . 11·5
„ 105° . . . 9·5	„ 255° . . . 9·5
„ 120° . . . 9	„ 240° . . . 9
„ 135° . . . 7	„ 225° . . . 10
„ 150° . . . 7·5	„ 210° . . . 7
„ 165° . . . 7	„ 195° . . . 8
„ 180° . . . 6	„ 180° . . . 6,

d. i. bei 0° lief der Krystall im Mittel 18·5mal unter der mit 0·6 Grammen auf ihn niedergedrückten Spitze weg, bis ein deutlicher Riss entstand. Das Mittel ist überall aus 4 Beobachtungen genommen, indem der Krystall nach jeder einzelnen mittelst V und V' parallel verschoben wurde. Die Abweichungen der zweiten Columnne von der ersten rühren daher, dass die Krystallfläche durch die ersten Beobachtungen schon so zerkratzt war, dass dadurch minder zuverlässige Daten resultirten. — Diese Beobachtungsweise hat den Übelstand, dass sie die Spitzen erstens sehr abnützt, zweitens viel Zeit kostet und bei einem einigermaßen raschen Arbeiten ein Stossen der Spitzen gegen die Krystallfläche unvermeidlich ist; drittens dass sie das vollkommene Wiedertreffen der Spitze auf dieselbe Stelle des Krystalles fordert was wieder die vollkommene Unverrückbarkeit des Hebels und Krystalles voraussetzt, wovon das erstere wohl leicht und sicher, das letztere aber um so weniger verbürgt werden kann.

Zweitens. Constantes Maximum des Auflagegewichtes. Man bestimmt beiläufig das Gewichts-Maximum, mit welchem nach irgend einer Richtung ein Ritz möglich ist, d. i. das Gewichts-Minimum, mit welchem die härteste Richtung des Krystalles noch angegriffen wird. Hierauf hängt man die Schale Q an den Apparat und bestimmt die Gewichte, die aufgelegt werden müssen, um den Krystall unter der mit jenem Maximum auf ihn drückenden Spitze noch wegziehen zu können. Offenbar ist die Härte desto grösser je geringer dieses Gewicht ist, denn desto seichter ist die Furche, welche in diesem Falle die Spitze gräbt. Bei einem Auflagegewicht von 20 Grammen

fanden wir an demselben Krystalle, dessen Flächen durch Spaltung erneuert und vollkommen geschliffen worden :

bei 0° . . . 10·53	bei 360° . . . 11·20
„ 15° . . . 10·59	„ 345° . . . 10·99
„ 30° . . . 11·62	„ 330° . . . 11·57
„ 45° . . . 13·22	„ 315° . . . 12·59
„ 60° . . . 13·92	„ 300° . . . 14·50
„ 75° . . . 14·15	„ 285° . . . 14·25
„ 90° . . . 14·09	„ 270° . . . 15·08
„ 105° . . . 14·56	„ 255° . . . 15·61
„ 120° . . . 14·79	„ 240° . . . 15·23
„ 135° . . . 16·25	„ 225° . . . 16·13
„ 150° . . . 16·53	„ 210° . . . 18·21
„ 165° . . . 16·65	„ 195° . . . 18·01
„ 180° . . . 18·90	„ 180° . . . 18·90.

Um den Wagen allein in Bewegung zu setzen, bedurfte es eines Gewichtes von 8·53 Grammen; um den Wagen sammt einer Belastung von 20 Grammen fortzubewegen, war ein Gewicht von 9·69 Grammen nothwendig. Die Zahlen sind wiederum Mittelwerthe aus 4 Beobachtungen. Die Abweichungen der zweiten Columne entspringen aus derselben Quelle, wie im ersten Falle. Es fand sich, dass diese Methode nicht so genau wie die vorige ist, wenn sie auch weniger Zeit kostet; dass sie die Spitzen ungefähr ebenso abnützt, dass sie vollkommene Horizontalstellung der Schienenscheibe fordert; dass sie die zu untersuchenden Krystalle tiefer ritzt und folglich mehr beschädigt; dass eine geringe Zunahme in der Reibung zwischen Schienen und Rädern die mögliche Genauigkeit zerstört.

Drittens. Verschiedenes Auflagegewicht und Ermittlung des Minimums, welches nach einer gegebenen Richtung den Krystall noch ritzt. Diese von Seebeck zuerst und dann von Franz in Anwendung gebrachte Methode (die zweite ist auch schon von Seebeck angegeben und auf derselben gründet sich der veränderte Apparat von Franz) bewährte sich als die brauchbarste und es sind die sogleich mitzutheilenden Untersuchungen sämmtlich nach derselben gemacht worden. Sie erfordert nicht die strenge Einstellung der Scheibe A; nützt die Spitzen am wenigsten ab; verletzt die Krystallfläche nur wenig und lässt eine rasche Arbeit zu. Ich konnte mit

derselben Spitze im Durchschnitt 160 Beobachtungen machen, welche heiläufig 6 Stunden kosteten.

Um die Spitzen zu prüfen, bedienten wir uns des schönen brasilianischen Glimmers, der so gleichförmige und reine Flächen liefert als man nur immer wünschen kann. Gyps ist wegen seiner geringen Elasticität und daraus entspringenden Brüchigkeit in den kleinsten Dimensionen von uns nicht brauchbar befunden worden. Die Probeplatte wurde immer in der Richtung der grossen Diagonale geritzt, die sich mit Hülfe der Turmalinzange ein für allemal bestimmen lässt, und die Spitzen nach je 20 Beobachtungen an der Probeplatte versucht. Zeigte sich eine Veränderung, so wurden sie abgeschraubt und durch Schleifen wieder hergestellt, oder was wir zuletzt auch thunlich fanden, es wurden nach den Angaben der Probeplatte die Resultate reducirt.

Soll endlich die Untersuchung bei schief eindringender Spitze geführt werden, so wird β und β' herausgeschraubt und der Hebel so gestellt, dass die Spitze die geforderte Richtung erhält; hierzu dient der Bogen am Backen B' . Damit die Gewichte auf der Schale nicht abgleiten, dreht man letztere um die Drehungsaxe ihres Stieles bis sie die entsprechende Sicherheit gewährt; bei dem grösseren Hebel ist zu dem Ende auch noch unter der Gewichtsschale ein Gradbogen angebracht.

Sklerometrische Durchforschung des Kalkspathes.

Wir haben viele Stücke isländischen Spathes untersucht und gefunden, dass die Härte derselben ziemlich variabel ist; constant sind nur die Verhältnisse in den Gewichten, die in bestimmten Flächen und Richtungen einen Ritz zu erzeugen noch fähig waren. Wir werden hier nur jene Untersuchungen im Detail mittheilen, welche an einem grossen Doppelspath gewonnen wurden, dessen Dimensionen es erlaubten, nebst den Flächen der Theilungsgestalt noch andere anzuschleifen und der Prüfung zu unterziehen; gelegentlich schliessen sich dann die an kleinen Stücken erhaltenen, abweichenden Daten an. Sämmtliche Zahlen sind Mittelwerthe aus 4—10 Versuchen und es ist zu bemerken, dass die Abweichungen von diesen nicht in einer Unzuverlässigkeit des Instrumentes ihren Grund finden, sondern vielmehr aufs Innigste mit Structur-Verschiedenheiten zusammenhängen, da eine und dieselbe Spitze, abwechselnd an den abweichenden

Stellen versucht, ausnahmslos immer dieselbe Abweichung angab. Die Versuche wurden entweder in der Weise angestellt, dass jede Richtung mehrfach geprüft und erst nach einer genügenden Anzahl (4—10) von Beobachtungen zur nächsten Richtung fortgeschritten wurde; oder dass der Reihe nach jede Richtung nur einmal, aber derselbe Cyklus mehrmal durchgenommen wurde. Letztere Methode kostet mehr Zeit, lässt aber vollkommener alle Veränderungen der Spitze eliminiren, indem sie den Einfluss derselben über alle Beobachtungen gleichförmig vertheilt: erstere ist kürzer und gewährt bei gehöriger Vorsicht kaum minder genaue Resultate.

c) Rhomboeder R.

Nach Frankenheim liegt die grösste Härte in der längeren, die geringste in der kürzeren Diagonale; nach Seebeck ist die härteste Richtung von der stumpfen Ecke gegen die spitze Seitenecke, die weichste in der längeren Diagonale; nach Franz fällt das Maximum in dieselbe Richtung wie Seebeck angibt, das Minimum dagegen in die entgegengesetzte, während die Härte längs der längeren Diagonale einen Mittelwerth behauptet. Unsere Beobachtungen bestätigen völlig die letzteren Angaben; wir erhalten nämlich die Richtung von der stumpfen Ecke nach abwärts als Ausgang nehmend.

0° (kleine Diagonale, nach abwärts) . . .	285	Centigrammes
39° (senkrecht zur Kante)	250	„
51° (parallel zur Kante)	213	„
90° (grössere Diagonale)	152	„
129° (parallel zur Kante)	137	„
141° (senkrecht zur Kante)	126	„
180° (kleine Diagonale, nach aufwärts) . . .	96	„

Zur Beurtheilung der Unregelmässigkeiten in diesen Verhältnissen theilen wir hier die einzelnen Beobachtungen mit, aus denen die obigen Mittelwerthe gewonnen wurden.

0°	305	265	300	290	285	265	275	305	290	280
39°	280	242	222	260	258	240	238	261	274	205
51°	245	215	200	235	215	212	212	215	200	200
90°	170	160	135	150	155	140	135	130	195	118
129°	150	140	120	100	140	120	140	130	140	148
141°	150	125	120	115	140	120	135	115	125	125
180°	100	105	120	80	115	80	80	100	100	90

Die jenseits 180° fallenden Richtungen wurden nicht untersucht, da sie der Krystall-Symmetrie wegen mit den der anderen Hälfte stimmen müssen; einzelne zur Versicherung über diese Annahme unternommene Beobachtungen lassen hierüber keinen Zweifel übrig.

An anderen Krystallstücken erhielten wir (Mittelwerthe aus je 6 Beobachtungen).

I. Maximum $0^\circ = 372$	Minimum $180^\circ = 147$
II. „ = 365	„ = 150
III. „ = 354	„ = 140
IV. „ = 340	„ = 138
V. „ = 307	„ = 124
VI. „ = 300	„ = 120
VII. „ = 297	„ = 115
VIII. „ = 295	„ = 97
IX. „ = 290	„ = 85

Es gehört somit unser grosser Doppelspath, an dem die zunächst mitzutheilenden Untersuchungen ausgeführt wurden, unter die weichsten Stücke dieses Minerals.

b) Endfläche $R - \infty$.

Frankenheim fand gar keine Differenzen; Seebeck und Franz haben sie nicht untersucht.

Wir erhielten:

0° (senkrecht zur Dreieckseite) . . .	= 492 Centigrammen
30° (parallel zur Dreieckseite) . . .	= 445 „
60° (Halbirungslinie des Dreieckwinkels)	= 350 „
90° (parallel zur Dreieckseite) . . .	= 432 „
120° (senkrecht zur Dreieckseite) . . .	= 487 „
150° (parallel zur Dreieckseite) . . .	= 450 „
180° (Halbirungslinie des Dreieckwinkels)	= 376 „

Diese Mittelwerthe verhalten sich ähnlich wie die bei R zu den Einzeldaten.

Offenbar ist, wie es schon aus der krystallographischen Anschauung folgt, 0° , $120^\circ - 30^\circ$, 90° , $150^\circ - 60^\circ$, 180° identisch; nimmt man aus diesen die Mittel, so findet man:

Härte-Maximum, senkrecht vom Scheitel des Dreieckes zur Dreieckseite, also parallel zur Prismafläche $P + \infty = 489$.

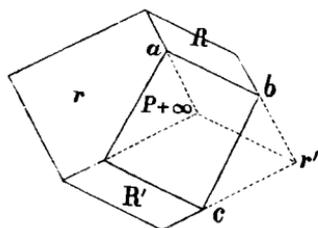
Mittlere Härte parallel zur Dreieckseite, also parallel zur Prismafläche $R + \infty = 442$.

Härte-Minimum, senkrecht von der Dreieckseite gegen den Scheitel des Dreieckes, ebenfalls in der Prismafläche $P + \infty = 363$.

c) Prismafläche $P + \infty$.

Sie übertrifft R und $R - \infty$ bei weitem; eine Erfahrung, die jeder macht der sich mit dem Schneiden und Schleifen des Kalkspathes beschäftigt, da der Widerstand den die Feile dort und hier erfährt so auffallend verschieden ist, dass ihn die Hand beim ersten Striche gewahr wird. Frankenheim erwähnt dieser Verschiedenheit.

Wir erhielten:



in der Richtung ab (parallel der Combinationskante $R . P + \infty$) 650 Centigrm.;

in der Richtung bc (parallel der Combinationskante $r . P + \infty$) 780 Centigrm.;

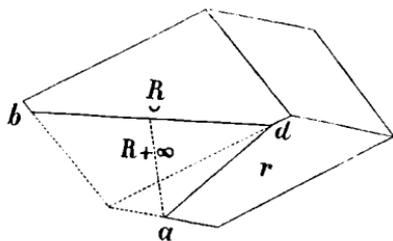
in der Richtung ba (parallel der Combinationskante $R . P + \infty$) 575 Centigrm.;

in der Richtung cb (parallel der Combinationskante $r . P + \infty$) 750 Centigrm.

Die Mittelwerthe weichen aber hier viel mehr von den Einzeldaten ab, wie folgende Tafel zeigt.

Richtung ab	600	580	710	640	690	670
" bc	750	680	690	840	800	910
" ba	580	620	600	510	420	720
" cb	720	750	680	800	730	820

Diese Unsicherheit mag wohl von der Erschütterung und Auflockerung der in die Fläche mündenden Spaltungsblätter beim Schlitze herrühren. Die zwischenliegenden Härteverhältnisse sind so unregelmässig, dass wir die Resultate unserer oftmal wiederholten Messungen gar nicht mittheilen.



d) Prismenflächen $R + \infty$. Die härteste Fläche des Krystalles.

Wir erhielten in derselben: in der Richtung ac , parallel zur Axe, senkrecht gegen die Combinationskante $R . R + \infty$ 580 Centigrm.

$\frac{1}{3}$ natürl. Gröfse.

