

II. Ueber grosse Enstatit-Krystalle.

Aufgefunden von **W. C. Brögger** und **H. H. Reusch** bei Kjørrestad
im Kirchspiel Bamle, südliches Norwegen.

Von

W. C. Brögger in Christiania und **G. vom Rath** in Bonn.

(Mit Tafel III.)

Wenige Mineralien bieten in der allmäligen Entwicklung unserer Erkenntniss derselben ein so hohes Interesse dar wie die beiden Magnesium-Silicate, der Enstatit $MgSiO_3$ und der Olivin Mg_2SiO_4 . Allbekannt ist unsere wachsende Einsicht in Bezug auf Verbreitung und Wichtigkeit des letzteren Minerals. Anfangs fast ausschliesslich in vulkanischen Gesteinen und in nur kleinen Krystallen bekannt, enthüllte sich seine wichtige Rolle in den plutonischen und krystallinisch-schiefrigen Gesteinen, nachdem QUENSTEDT und G. ROSE die »Serpentin-Krystalle« als Pseudomorphosen nach Olivin richtig gedeutet. Die Gegenwart des Olivins in den Meteoriten und gewisse Folgerungen auf sein herrschendes Vorkommen im Innern unseres Planeten geben diesem merkwürdigen Mineral eine wahrhaft universelle Bedeutung. — Kaum anders verhält es sich mit dem Enstatit, dessen Verbreitung und Wichtigkeit erst der jüngstverganenen Zeit zu erkennen vorbehalten war.

Kaum 22 Jahre sind verflossen, seitdem KENNGOTT für das im Serpentin des Berges Zdjär bei Aloysthal in Mähren eingewachsene Mineral, dessen Zusammensetzung, der Analyse C. von HANER's zufolge, einem normalen Silicate $MgSiO_3$ entspricht, den Namen Enstatit aufstellte (Berichte Ak. Wien, XVI. 462, 1855). Jene eingewachsenen Krystallkörner sind zwar nicht regelmässig begrenzt, besitzen indess zwei sich nahe rechtwinklig schneidende Spaltungsrichtungen. Sie wurden zunächst als ein Magnesia-Augit angesehen und für monoklin gehalten. DES CLOIZEAUX wies durch optische Untersuchung nach, dass der Enstatit rhombisch krystallisire. Indem er die Verschiedenheit zwischen Augit und Enstatit kennen lehrte, wies er auf eine neue Art von Formähnlichkeit hin, welche auch bei Krystallformen verschiedener Systeme besteht (Bull. soc. geol. XXI, 405). Der Enstatit wurde dann wiedergefunden durch FOURNET am

Berge Brezouard bei Markirch in den Vogesen und durch Damour analysirt (Des Cloizeaux, *Minéralogie* S. 45 und 540); ferner als Bestandtheil des Lherzoliths der Pyrenäen sowie der Olivinkugeln von Dreis in der Eifel (ib). Streng wies dasselbe Mineral im Schillerfels des Radauthals im Harze nach (N. Jahrb. f. Min. 1862. 543).*) Das Vorkommen des Enstatits in den Meteoriten (Stein von Bishopville in Süd-Carolina, gefallen 1843) wurde durch eine Analyse von J. Lawrence Smith in Louisville bewiesen. Derselbe hatte bereits 1854 die Vermuthung ausgesprochen, dass der wesentliche Gemengtheil des Steins von Bishopville (Shepard's Chladnit) ein Magnesia-Augit sei (Am. Journ. of scienc. and arts, 1855 March p. 462). Indem er zehn Jahre später die früher mit unzureichendem Material ausgeführte Analyse wiederholte, konstatarie er die Identität des Shepard'schen Chladnits mit dem Enstatit (Am. Journ. 1864, Sept. p. 225. Comptes rendus de l'ac. d. sciences, 3 févr. 1873). Auch Rammelsberg gebührt ein wesentliches Verdienst in Hinsicht der Bestimmung des Enstatits aus dem Bishopviller Stein (Monatsber. d. Ak. 1864; Abh. d. Ak. Berlin 1870, 424; s. auch Kenngott, Uebers. min. Forsch. in den J. 1862—65, S. 466). Nev. Story-Maskelyne fand den Enstatit im Meteoriten von Busti, Hindostan (Phil. Trans. 1870 p. 489), sowie in demjenigen von Shalka (Phil. Trans. 1874, p. 366). Der Enstatit des Meteoriten von Breitenbach wurde durch v. Lang gemessen (Pogg. Ann. 139, S. 345, 1870) und durch Maskelyne analysirt (Proc. Roy. Soc. XVII, 370, 1869). Tschermak fand den dem Enstatit so nahe stehenden Bronzit im Meteoriten von Lodran (Ber. Ak. Wien, LXI, 469, 1870) und einer von uns dasselbe Mineral als ausschliesslich den Meteoriten von Ibbenbüren konstituierend (Ber. Ak. Berlin 1872, 33).

Obgleich das Krystallsystem des Enstatits bereits durch Des Cloizeaux (1862) bestimmt war, so wurde doch erst durch V. v. Lang's mühevollen und scharfsinnigen Untersuchung der Krystalle aus dem Breitenbacher Meteoriten (Pallasit) die äussere Form des Enstatit ermittelt (1869) und das durch optische Untersuchungen gewonnene Resultat Des Cloizeaux's durch krystallographische Messungen bestätigt. Fast gleichzeitig, als v. Lang den kosmischen Enstatit, bestimmte einer von uns die Krystalle des Hypersthens von Laach, $(MgFe)SiO_3$. Beide so verschiedenartige Vorkommnisse erwiesen sich in ihren Winkeln als absolut identisch. So beschränkte sich der Unterschied zwischen den beiden Spezies Enstatit und Hypersthen auf die isomorphe Vertretung eines Theils der Magnesia durch Eisenoxydul.

Diese Vorkommnisse sind theils vulkanisch, theils kosmisch; noch waren keine frei ausgebildeten Krystalle von plutonischer Lagerstätte be-

*) Prof. Th. Kjerulf entdeckte und analysirte Enstatit in zollgrossen rauen Krystallen eingewachsen in körnigem Alirinfels bei Hovden, Horningdal in der Nähe von Hellesylt, Norwegen (Kristiania Vidensk. Selsk. Forhandl 1869. pag. 354).

kannt. Man konnte sich der Zuversicht hingeben, dass, wenn es gelänge, sie aufzufinden, ihre Grösse mindestens in gleichem Maasse überraschen würde, wie die jener bis 20 ctm. grossen Olivine von Snarum. Diese Erwartung sollte nicht getäuscht werden. — Es fanden sich im Herbste 1874 auf der Apatit-Lagerstätte von Kjørrestad zwischen Kragerø und Langesund, Kirchspiel Bamle, Enstatit-Krystalle von solcher Grösse, wie sie nur von sehr wenigen Mineralien (Feldspath, Quarz, Beryll, Kalkspath) erreicht resp. übertroffen wird. Die Fundstätte der grossen Enstatite ist einer jener zahlreichen Apatit-führenden Gänge des südlichen Norwegen. Das herrschende Gestein dieses Theiles der Küste ist Glimmer- und Hornblende-schiefer, in welchem die Apatitgänge, deren Gangmineral vorzugsweise Hornblende ist, auftreten. In der Nähe dieser normalen Gänge findet sich am Haukedalsvand (-see) unfern Vestre Kjørrestad ein wohl ziemlich allein-stehendes Vorkommniss, nämlich ein mächtiger, im Streichen nur wenige Schritte verfolgter Gang, welcher hauptsächlich aus grossen Krystallen von Enstatit und bis kopfgrossen Klumpen und Krystallen von Rutil besteht. Diese Fundstätte lieferte nur wenig Apatit, ferner etwas grünlichweissen Glimmer und Talk. Eine Apatitgewinnung hat hier theils wegen der geringen Ausdehnung des Ganges, theils mit Rücksicht des untergeordneten Anthells, welchen das zur Darstellung des Superphosphats benutzte Mineral an der Gangaufüllung hier nimmt, offenbar nur kurze Zeit stattgefunden. Die bis 0,3 ja bis 0,4 m. grossen Enstatite waren bei der Enstatitgewinnung über die Halde geworfen worden und unbeachtet geblieben, bis sie von Brögger und Reusch bei ihrer Erforschung der Apatit-Lagerstätten Norwegens (s. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. XXVII, 646, 1875) entdeckt wurden. Das fast rechtwinklige, an seinen beiden Kanten abgestumpfte Prisma der grossen Krystalle, sowie die diesem Prisma parallele Spaltbarkeit bedingen, namentlich bei den an beiden Enden verbrochenen Krystallen, eine gewisse Aehnlichkeit mit Skapolith (s. a. a. O. S. 668), wobei es erwähnenswerth, dass auch die eingewachsenen Enstatitkörner vom Berge Zdjär in Mähren anfangs für Skapolith gehalten wurden (s. Kennigott, Uebers. min. Forsch. im J. 1855). Da die Grube von Kjørrestad verschüttet und so die Fundstätte nicht mehr zugänglich, so mussten die Entdecker ihre Beobachtungen über Vorkommen und Mineralassociation des Enstatits auf die Halde beschränken.

Die stets mehr oder weniger prismatisch ausgebildeten und an einem Ende verbrochenen Krystalle waren offenbar ursprünglich sämmtlich aufgewachsen. Sehr wahrscheinlich gehörten sie einer mittleren Partie des Ganges an, in welcher sich auch grosse Krystalle von Rutil ausgebildet. Der Raum zwischen den Enstatit-Krystallen wurde durch silberweissen bis lichtgrünlichen Talk in grossen krummschaligen Blättern erfüllt. Auch im Innern und besonders in der verwitterten Rindenmasse des Enstatits finden

sich kleine Schuppen von Talk; man bemerkt sie mit der Lupe zuweilen auf den prismatischen Spaltungsflächen, häufiger noch auf der unvollkommenen Absonderungsfläche parallel dem Brachypinakoid, diesen Ebenen parallel liegend; offenbar durch eine beginnende Zersetzung des Enstatits entstanden. Dies Vorkommen erinnert an die ähnliche Association des braunen Glimmers (Phlogopit; s. a. a. O. S. 681) mit grünem »wasserhaltigen Enstatit« zu Oedegarden. Dies letztere Mineral, welches auch auf der Lagerstätte von Kjørrestad nicht ganz fehlt, wurde nach seinem hauptsächlichlichen Vorkommen zu Oedegarden ($\frac{1}{2}$ d. M. nordwestlich Kjørrestad) von Brögger und Reusch ausführlich beschrieben (s. a. a. O. S. 683—687 und Taf. XIX). Wenngleich die unvollkommene Ausbildung der Krystalle des »wasserhaltigen Enstatits«, namentlich die Krümmung der Flächen einen genaueren Vergleich mit den grossen Enstatiten, denen dieser Aufsatz gewidmet ist, erschwert, so ist doch die chemische Zusammensetzung einerseits, der allgemeine Charakter der Krystallform andererseits so nahe verwandt, dass an der spezifischen Identität beider Gebilde kaum gezweifelt werden kann. Während die kleinen Krystalle durchaus der Verwitterung anheimfielen, 6—7 p. C. Wasser aufnahmen und die prismatische Spaltbarkeit einbüssten, erstreckte sich die Zersetzung der gigantischen Krystalle nur auf die Rinde, vermochte auch noch nicht die Spaltung zu verwischen und offenbart sich in chemischer Hinsicht nur durch Aufnahme von 4 p. C. Wasser.

Durch ihre ungewöhnliche Grösse ziehen die Enstatite von Kjørrestad zunächst unser Interesse auf sich. Mehrere Krystalle — die Gesamtzahl der von Brögger und Reusch bisher auf der Halde gesammelten Enstatite beträgt etwa dreissig — erreichen eine Länge von 20 ctm. bei einer fast gleichen Breite und einer Dicke von 10—12 ctm. Von den beiden grössten Exemplaren misst das eine mit ausgebildetem Ende 38 ctm. in der Länge, 26 in der Breite, 13 in der Dicke. Das andere ist sogar, obgleich an beiden Enden verbrochen, 40 ctm. lang, muss also ursprünglich von wahrhaft erstaunlicher Grösse gewesen sein.

Die Krystalle zeigen herrschend ein verticales rhombisches Prisma, dessen Kanten nur wenig vom rechten Winkel abweichen. Die stumpfe Prismenkante wird durch das Makropinakoid stark abgestumpft. Das Brachypinakoid tritt gewöhnlich zurück, fehlt zuweilen auch ganz. Die Endkrystallisation dieser mächtigen Gebilde lässt nur in seltenen Fällen eine deutliche rhombische Symmetrie erkennen, meist ist sie mehr oder weniger deform und bietet pseudomonoklines Ansehen dar. Charakteristisch für unsere Krystalle ist die grosse Zahl der sich vielfach wiederholenden Flächen, welche, meist wenig geneigt, eine flachgerundete Scheitelbegrenzung zu bilden streben. Wir werden zur Betrachtung der Krystallform zurückkehren, nachdem wir durch das Studium der physikalischen und chemischen

Eigenschaften die Ueberzeugung gewonnen, dass die Bestimmung als Enstatit keinem Zweifel unterliegt. Die Oberfläche der Krystalle besitzt ein glanzloses, steatitisches Ansehen, so dass — auch abgesehen von ihrer Grösse — keine Fläche sich zur Messung mittelst des Reflexionsgoniometers eignen würde. Diese steatitische Rinde reicht indess nur wenig tief, höchstens 10 mm. und geht allmähig in die frische, lichtgraulichgrüne Substanz des Enstatits über, deren prismatische Spaltungsrichtungen zuweilen selbst noch in der verwitterten Rinde bemerkbar sind. Eine dritte unvollkommenere Spaltbarkeit geht dem Brachypinakoid parallel; sie erzeugt zuweilen 3 und mehr etm. breite Absonderungsflächen, welche sich indess durch ihren nur schimmernden Glanz sogleich von den perlmutterglänzenden prismatischen Spaltungsflächen unterscheiden. Die brachydiagonale Spaltbarkeit bedingt eine verticale Streifung, welche auf den durch Spaltung dargestellten Prismenflächen erscheint. Bemerkenswerth sind noch sehr feine wellig gekrümmte Sprünge, welche dicht geschart, im Allgemeinen horizontal verlaufen und die verticale Streifung der Spaltungsflächen quer durchschneiden. Diese Sprünge, welche weniger dem Innern, vielmehr vorzugsweise der, der verwitterten Rinde nahen Zone der Krystalle angehören, hängen mit der Umänderung des Enstatits in Steatit zusammen. Von grossem Interesse ist die mikroskopische Betrachtung einer horizontal aus dem Krystall geschliffenen Platte, welche zur Hälfte aus frischem Enstatit, zur Hälfte aus der steatitischen Rinde besteht. Man erblickt sehr zahlreiche, nahe rechteckige Felder der frischen Substanz, welche durch die prismatische Spaltbarkeit gebildet werden. Die Umwandlung beginnt auf diesen Spalten sowie auf neu entstehenden Rissen mit einer feinen Querfaserung, welche der chemischen Umwandlung den Weg bahnt. Jene Spalten und Risse sind auch noch erkennbar, wenn bereits die umgebende Masse steatisirt ist. Während nahe der Grenze, rings von Steatit umgeben, einige abgerundet subquadratische Partien des ursprünglichen Minerals sich noch erhalten haben, dringt das wasserhaltige Magnesia-Silicat auf Spalten in den Enstatit ein. Diß hier vorliegenden Erscheinungen sind sehr ähnlich denen, welche der Monticellit bei seiner Umwandlung in Serpentin darbietet (s. Monatsber. d. Ak. d. Wissensch. Gesamtsitz. 19. Nov. 1874 und 26. Oct. 1876). Die Härte des frischen Enstatit steht zwischen Apatit und Feldspath; die verwitterte Rinde besitzt nur die Härte des Kalkspaths. V. d. L. nur sehr schwer an den Kanten schmelzbar; in Säuren unlöslich. Spec. Gew. = 3,453 (übereinstimmend fand Hr. C. Krafft in Christiania 3,45). Die chemische Zusammensetzung ist zufolge einer Analyse von uns (I), sowie nach einer von Hrn. C. Krafft (II):

	I.		II.	
Kieselsäure	58,00	Ox. = 30,02	57,67	Ox. = 30,76
Thonerde	4,35	0,63	4,24	0,56
Eisenoxydul	3,46	0,70	2,89	0,64
Magnesia	36,94	44,76	37,94	45,46
Wasser	0,80	0,74	4,67	4,48
	<u>100,22</u>		<u>101,35</u>	

Das reine Magnesia-Silicat würde bestehen aus 60 p. C. Kieselsäure, 40 p. C. Magnesia. — Zur Vergleichung mögen hier folgende Enstatit-Analysen eine Stelle finden: I. vom Berge Zdjär in Mähren nach v. Hauer; II. aus dem Meteoriten von Bishopville nach Rammelsberg; III. aus dem Meteoriten von Busti nach N. Story-Maskelyne:

	I.	II.	III.
Kieselsäure	56,94	58,84	57,60
Thonerde	2,50	2,78	—
Eisenoxydul	2,76	—	4,29
Kalk	—	0,67	—
Magnesia	35,44	35,60	40,64
Kali	—	0,74	0,39
Natron	—	4,46	0,90
Wasser	4,92	—	—
	<u>99,53</u>	<u>99,76</u>	<u>100,82</u>

Die grossen Krystalle bieten uns also wesentlich dieselbe Mischung dar wie die meteorischen Enstatite sowie das mährische Vorkommen, welches bisher als einziges terrestrisches Beispiel des fast reinen neutralen Magnesia-Silicats galt.

Wir analysirten auch die steatitische Rinde der Enstatite von Kjörrestad.

Spec. Gew. 2,867.	
Kieselsäure	57,62
Thonerde	4,48
Eisenoxydul	4,96
Kalk	0,42
Magnesia	34,72
Wasser	4,38
	<u>100,28</u>

Während die physikalischen Eigenschaften (Härte, spec. Gew. u. s. w.) der verwitterten Rinde wesentlich verschieden sind von denjenigen des unveränderten Enstatits, besteht der Unterschied in chemischer Hinsicht hauptsächlich nur in der Aufnahme einer ansehnlichen Menge von Wasser. Die Rinde, in welcher die Metamorphose offenbar noch nicht vollendet ist, nähert sich der Mischung des Talks oder Steatits (Speckstein).

Der optischen Untersuchung des Enstatits stellen sich erhebliche Schwierigkeiten entgegen, welche theils in der durch die beiden vollkommenen Spaltungsrichtungen erschwerten Darstellung der Präparate, theils in der ungenügenden Durchsichtigkeit derselben begründet sind. Herr Des Cloizeaux, welcher die Güte hatte, die Untersuchung auszuführen, bestimmte das Krystallsystem auf Grund des optischen Verhaltens als rhombisch. Es geschah dies zu einer Zeit, als wir in Bezug auf die Deutung der äusseren Form noch Zweifel hegten und namentlich eine Zurückführung derselben auf die Krystalle des Enstatits und des Hypersthens noch nicht gelungen war.

Nach Hrn. Des Cloizeaux liegen die optischen Axen im Brachypinakoid. Die spitze positive Bissectrix ist parallel der verticalen Prismenkante. Eine Platte, normal zu dieser Kante geschliffen, ergab in Oel:

$$\begin{array}{rcl} \text{Rechte Hyperbole zum Normalen} & 37^{\circ} & 30' \\ \text{Linke Hyperbole} & \text{»} & \text{»} & 44^{\circ} & 0' \\ \hline & & 2 H_{a.r} = & 78^{\circ} & 30' \end{array}$$

Wie bereits erwähnt, zeigen die meisten Krystalle in ihrer Endkrystallisation eine merkwürdige Deformität, welche darin besteht, dass alle den Scheitel bildenden Flächen gleichsam eine Verschiebung oder Drehung erfahren haben, deren Axe die Makrodiagonale ist. Die Makrodiagonale ist — so scheint es — zu einer Klinoaxe geworden. Während die Krystalle in Folge dieser Deformität eine unsymmetrische Ausbildung auf der vorderen und hinteren Seite der makrodiagonalen Ebene zeigen, stellt sich die brachydiagonale Ebene als Symmetrie-Ebene dar. Hat man nur einen oder wenige dieser deformen Krystalle vor Augen, so ist es schwer, an ihren rhombischen Charakter zu glauben; bei Vergleichung einer grösseren Anzahl überzeugt man sich indess bald, auch schon ohne Winkelmessung, dass das Maass jener Verschiebung bei einem jeden Krystall etwas verschieden ist und dass demnach die ganze Erscheinung auf Störungen zurückgeführt werden muss. Nicht alle Krystalle sind indess deform, einige sind von durchaus rhombischem Ansehen und diese gestatten eine Identificirung ihrer Krystallform mit derjenigen des Enstatits von Breitenbach (nach v. Lang; Sitzber. Ak. d. Wissensch. Wien, Bd. LIX, II. Abth. Aprilheft, Jahrg. 1869) und des Hypersthens vom Rocher du Capucin im Mont-Dore und vom Laacher See (nach Des Cloizeaux; Manuel de Minéralogie T. II, p. XIV—XVIII und vom Rath, Pogg. Ann. Bd. 138, S. 529 — Laach — und Bd. 152, S. 29 — Capucin, Mont-Dore), welche drei Vorkommnisse in krystallographischer Hinsicht als identisch zu betrachten sind. Zur Vergleichung der Ausbildungsweise der genannten Vorkommen sowohl unter einander als auch mit den Formen der Enstatite von Kjörrstad stellen wir in den Figg. 1, 2, 3 Taf. III nochmals die Gebilde von Breitenbach (meteorisch), Laach und Rocher du Capucin in schiefen

Projektionen dar. Als Grundform wählen wir diejenige Pyramide, deren

$$\left. \begin{array}{l} \text{makrodiagonale Polkante} = 54^{\circ} 8' \\ \text{brachydiagonale} \quad \quad = 52 \quad 24 \\ \text{Lateralkante} \quad \quad \quad = 404 \quad 48 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{am Enstatit von} \\ \text{Breitenbach.} \end{array}$$

oder

$$\left. \begin{array}{l} \text{makrodiagonale Polkante} = 54^{\circ} 41\frac{1}{2}' \\ \text{brachydiagonale} \quad \quad = 52 \quad 21\frac{1}{2}' \\ \text{Lateralkante} \quad \quad \quad = 404 \quad 25\frac{1}{2}' \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{am Hypersthen} \\ \text{von Laach.} \end{array}$$

Hieraus das Verhältniss der Axen:

$$a : b : c = 0,97046 : 1 : 0,57097$$

für den meteorischen Enstatit von Breitenbach.

$$= 0,971326 : 1 : 0,57000$$

für den Hypersthen von Laach.

Die in den Figg. 4—3 dargestellten Flächen, bezogen auf diese Axen, erhalten folgende Symbole:

$$\begin{array}{ll} o = (111), & P; b^{\frac{1}{2}} \\ i = (211), & 2\bar{P}2; a_3 \\ e = (212), & \bar{P}2; n \\ u = (232), & \frac{3}{2}\check{P}\frac{3}{2}; x \\ x = (221), & 2P \\ m = (110), & \infty P; m \\ c = (001), & oP; p \end{array} \quad \begin{array}{ll} n = (120), & \infty \check{P}2 \\ z = (210), & \infty \bar{P}2 \\ h = (014), & \frac{1}{4}\check{P}\infty; e^4 \\ k = (012), & \frac{1}{2}\check{P}\infty; e^2 \\ a = (100), & \infty \bar{P}\infty; h^1 \\ b = (010), & \infty \check{P}\infty; g^1 \end{array}$$

Zur Vergleichung sind denjenigen Flächen, welche Des Cloizeaux auch beim Hypersthen vom Capucin anführt (a. a. O. p. XVIII) die entsprechenden Symbole beigelegt. v. Lang nimmt in seiner Arbeit über den Enstatit von Breitenbach x als Grundform (111).

An den Krystallen von Kjørrestad liess sich mit dem Reflexionsgoniometer nur ein einziger Winkel, derjenige der beiden prismatischen Spaltungsflächen messen $= 88^{\circ} 20'$ bis $88^{\circ} 35'$. v. Lang bestimmte diesen Winkel am Enstatit von Breitenbach $= 88^{\circ} 46'$; für den Hypersthen von Laach ergab sich die Prismenkante $= 88^{\circ} 20'$. Des Cloizeaux fand als Mittel mehrerer Messungen für den Hypersthen vom Capucin $88^{\circ} 27\frac{1}{2}'$. — Alle anderen Winkel des Kjørrestader Enstatit's liessen sich nur mit dem Anlegegoniometer messen und auch dies — wegen Streifung, Rundung, Oscillation und Wiederholung der zuweilen verwitterten Flächen — nur annähernd.

Unzweifelhafte rhombische Symmetrie besitzt einer der grössten Krystalle, im Besitze des Universitätsmuseum zu Christiania, in der Axe a 42 ctm., in der Axe b 20 ctm. messend. Es wurden, bezogen auf die obige Enstatit-Grundform, folgende Flächen bestimmt, s. Fig. 4:

$$\begin{array}{ll}
 e = (212), & \bar{P}2 \\
 \varepsilon = (343), & \frac{4}{3}\check{P}\frac{4}{3} \\
 \varphi = (016), & \frac{1}{6}\check{P}\infty \\
 \gamma = (027), & \frac{2}{7}\check{P}\infty \\
 k = (012), & \frac{1}{2}\check{P}\infty \\
 q = (023), & \frac{2}{3}\check{P}\infty \\
 m = (110), & \infty P \\
 a = (100), & \infty \bar{P}\infty \\
 b = (010), & \infty \check{P}\infty \\
 c = (001), & o P
 \end{array}$$

Die mit lateinischen Buchstaben bezeichneten Flächen sind bereits beim Enstatit von Breitenbach und den Hypersthenen von Laach und vom Capucin-Felsen bekannt, während die mit griechischen Lettern signirten Flächen neu sind. An diesem Krystall, — dessen gerade Projektion auf die Horizontalebene, mit möglichst getreuer Wiedergabe aller durch Flächenrepetition gebildeten Unregelmässigkeiten, Fig. 4 darstellt — wurde mittelst des Anlegegoniometers eine Reihe von Kanten gemessen, deren zum Theil sehr befriedigende Uebereinstimmung mit den, aus den Axenelementen des Breitenbacher Enstatits berechneten Winkeln der Vergleich mit den nebenstehenden Werthen lehrt:

gemessen	berechnet
$m : m' = 92^0$	$94^0 44'$
$k : b = 74 40'$	$74 4$
$g : b = 69 0$	$69 9\frac{1}{2}$
$q : b = 80 30$	$80 44$
$\varphi : b = 84 30$	$84 34$
$\varepsilon : k = 29 30$	$32 29$
$\varepsilon : b = 57 30$	$56 44$
$e : b = 75 —$	$76 44$
$e : a = 60 30$	$60 29$
$e : \gamma = 28 45$	$30 44$
$e : \varphi = 30 —$	$34 9$
$e : k = 28 —$	$29 30\frac{1}{3}$

Von diesen Messungen zeigen nur zwei, nämlich $\varepsilon : k$ und $e : \gamma$, eine sehr erhebliche Abweichung von den berechneten Werthen; es erklärt sich dies indess durch die Schwierigkeit und Unsicherheit der Messungen von Flächen, deren Lage theils durch Oscillation, theils durch Wölbung gestört ist. Auch darf erwähnt werden, dass die Messung dieses grossen Krystalls in Christiania, die Bestimmung der mit griechischen Buchstaben bezeichneten Flächen in Bonn geschah. Mit Rücksicht auf die unvollkommene Beschaffenheit der Flächen wäre es vielleicht möglich, Messungsergebnisse zu erhalten, welche sich den berechneten Werthen etwas mehr nähern.

In Fig. 5 ist ein Krystall der Bonner Universitätsammlung dargestellt und zwar ist 5a ein portraitähnliches Bild in grader Projektion, während 5 ein ideales Bild in schiefer Projektion gibt. Der Krystall ist eine Combination folgender Flächen:

$\tau = (223); \frac{2}{3}P$	$\varphi = (016); \frac{1}{6}\check{P}\infty$
$k = (012); \frac{1}{2}\check{P}\infty$	$m = (110); \infty P$
$q = (023); \frac{2}{3}\check{P}\infty$	$b = (010); \infty\check{P}\infty$
gemessen	berechnet
$m : m' = 92^0$	$94^0 44'$
$k : b = 74$	$74 \quad 4$
$q : b = 69^0 30'$	$69 \quad 9\frac{1}{2}'$
$\varphi : k = 11$	$10 \quad 30$
$\tau : q =$	$20 \quad 8\frac{1}{3}$
$\tau : m = 60$	$61 \quad 20$

An diesem Krystall macht sich bereits eine beginnende Unsymmetrie bemerkbar, wie aus folgenden beiden Messungen hervorgeht:

	berechnet
$k : m = 78^0 3'$	$78^0 59'$
$k : m' = 80 36$	$1 \quad 7$

Der erstere Winkel ist das Mittel aus 10 Messungen, welche nur zwischen 78 und $78\frac{1}{4}^0$ schwankten; auch der zweite Winkel wurde 10 mal gemessen mit den Grenzen $80\frac{1}{2}$ und $80\frac{3}{4}^0$. Das Oktaëder τ , bisher weder an den Enstatit- noch an Hypersthen-Krystallen beobachtet, wurde bestimmt durch die horizontalen Kanten, welche es mit dem Prisma m bildet, sowie durch den Kantenparallelismus $\tau : q : \tau'$.

Die Dimensionen dieses Krystalls sind: Höhe 7 ctm., Breite 8, Dicke (in der Richtung der Axe a) 9 ctm. Parallel zweien Prismenflächen ist der Krystall verbrochen. — An einem andern ähnlich gebildeten Exemplar wurden folgende Kanten gemessen:

$$\begin{aligned} m : m' &= 92^0 \\ \tau : m' &= 62 \\ \tau : \alpha &= 70\frac{1}{4} \\ (\text{berechnet} &= 69 54\frac{2}{3}') \end{aligned}$$

Auch an diesem Krystall ist die Fläche k etwas verschoben, wie man aus den beiden folgenden Messungen erkennt:

$$k : m = 77^0 \qquad k : m' = 80^0 15'$$

Auch am Krystall Fig. 6 tritt in Combination mit k (012), $\frac{1}{2}\check{P}\infty$ das Oktaëder τ (223), $\frac{2}{3}P$ auf. k ist in seiner Lage nicht bemerkbar gestört:

$$\begin{aligned} k : m &= 79\frac{1}{4}^0 & \tau : m &= 63^0 \\ k : m' &= 79 & \tau : a &= 72 \\ k : b &= 74 & \tau : b &= 70\frac{1}{2} \\ & & (\text{berechnet} &= 70 29') \end{aligned}$$

Bei den bisher angeführten und manchen andern Krystallen gelingt es leicht, wenigstens die Mehrzahl der Flächen auf die Formen des Enstatits zu beziehen, da die, eine pseudomonokline Ausbildung bedingenden Stö-

rungen nur 1 oder wenige Grade betragen. Bei andern Krystallen gelingt es nicht, ohne der Willkür einen zu grossen Spielraum zu gewähren, da die Störungen, d. h. die Differenzen der homologen Kantenwinkel bis 7^0 und in einzelnen Fällen vielleicht noch mehr betragen. Die beiden grossen Enstatite der Bonner Sammlung haben einen solchen durchaus monoklinen Habitus. Einer dieser Krystalle gestattet ziemlich genaue Messungen. Hätte uns nur dies einzige Exemplar zur krystallographischen Bestimmung vorgelegen, so würden wir nicht gewagt haben, dasselbe auf das rhombische System des Enstatit zu beziehen. Dennoch bleibt auch hier kein Zweifel, dass wir es nur mit Störungen zu thun haben. Wir gewinnen diese Ueberzeugung theils durch Vergleichung mit den weniger gestörten und den vollkommen rhombisch ausgebildeten Individuen, theils aber auch durch ein genaueres Studium des gestörten Krystalls selbst, wenn wir versuchen, ihn auf monokline Axenelemente zu beziehen. Wir erhalten nämlich keine entsprechend einfachen Flächensymbole und sind genöthigt, fast für jeden Krystall andere Axenelemente anzunehmen. An dem bestgebildeten der beiden grossen Krystalle der Bonner Sammlung (s. Fig. 7; Projektion auf die Horizontalebene; $7a$ auf das Brachypinakoid) konnten folgende Winkel gemessen werden:

$$m : m' \text{ über } b = 90^0 20'. \quad m' : \chi = 78^0. \quad m : \chi = 71^0.$$

Betrachten wir nun m als Prisma (110) , ∞P und χ als Klinodoma (011) , $(P\infty)$, so erhalten wir folgende Axenelemente:

$$a : b : c = 0,99798 : 1 : 0,41387$$

$$\text{Axenschiefe } (\beta) = 94^0 57'.$$

Für σ , bezogen auf diese monoklinen Axen, lässt sich kein einfacheres Symbol berechnen als (433) , $\frac{4}{3}P\frac{4}{3}$. Unter Voraussetzung dieser Formel ergibt sich:

gemessen	berechnet
$m' : \sigma = 59^0$	$58^0 31\frac{1}{2}'$
$\chi : \sigma = 28$	$28 \quad 0$

Ein Vergleich mit den andern Krystallen und ihrer pseudomonoklinen Ausbildung lässt indess keinen Zweifel, dass die Fläche χ identisch ist mit dem Brachydoma $q = (023)$, $\frac{2}{3}\check{P}\infty$ der normal ausgebildeten Krystalle und dass die Verschiedenheit der Neigungen $\chi : m' = 78^0$ und $\chi : m = 71^0$ sich durch jene Verschiebung des gesammten, den Scheitel bildenden Flächenkomplexes erklärt. Jenen beiden Winkeln entspricht bei normaler Ausbildung unter Voraussetzung der rhombischen Elemente des Breitenbacher Enstatits der Winkel $q : m = 75^0 39\frac{1}{3}'$. — Auch für die gestörte Fläche σ lässt sich die wahre Bedeutung ermitteln; bezogen auf das System des Enstatits erhält sie den Ausdruck (323) , $\bar{P}\frac{3}{2}$; für die Neigung dieser Fläche ergibt sich: $m' : \sigma = 55^0 44'$; $q : \sigma = 28^0 49'$, welche Winkel mit

den obigen Messungen zu vergleichen sind, um das Maass der Störung zu erkennen.

Wie es uns in Bezug auf die — beim Enstatit und Hypersthen bisher nicht bekannte — Fläche σ gelang, so würde es vielleicht möglich sein, durch Studium der bestgebildeten unter den deformen Krystallen noch einige neue Flächen aufzufinden, wenngleich eben in Folge der monoklinen Störung sowie der allgemeinen Unvollkommenheit dieser Flächen der bestimmte Nachweis für die Existenz derselben in jedem einzelnen Falle schwer zu führen sein möchte. Die grosse Menge von Flächen, welche die norwegischen Enstatite mit unvollkommenem Erfolge zur Erscheinung zu bringen streben, erinnert in hohem Grade an den Flächenreichtum der meteorischen Enstatite aus dem Breitenbacher Eisen, deren Entzifferung wir dem Scharfsinn v. Lang's verdanken.

Die Ursache der merkwürdigen pseudomonoklinen Ausbildung unserer grossen Enstatite ist noch völlig verborgen. Am nächsten liegt wohl der Gedanke, dass wir es hier mit einer durch Druck verursachten Störung zu thun haben. Indess müssen wir diese Deutung sofort aufgeben, wenn wir bemerken, dass jene Verschiebung sich nur an den Flächen der Endkrystallisation, nicht aber an den verticalen Flächen zeigt. Ein von aussen wirkender Druck müsste sich auch an diesen letzteren offenbaren. Es scheint demnach jene Anomalie durch innere krystallonomische Gründe bedingt.

Die zum Erliegen gekommene Apatitgrube von Kjörrestad bildet die einzige bis jetzt bekannte Fundstätte der Enstatit-Riesen. Ohne Zweifel wird es gelingen, aufgewachsene Enstatite plutonischer Lagerstätten auch an andern Orten aufzufinden. Wenn es dann möglich sein wird, die Krystalle in den Gangdrusen selbst und nicht nur auf einer Halde wie bei Kjörrestad zu beobachten, so erhalten wir vielleicht eine Andeutung über die jetzt noch vollkommen räthselhafte pseudomonokline Verschiebung der Scheitelflächen. — Die Auffindung des Enstatits in riesigen Krystallen auf einem der mineralreichen Apatitgänge des südlichen Norwegen scheint eine nicht unerwünschte Ergänzung unserer Kenntnisse der Magnesia-Silicate darzubieten.

Erklärung der Tafel III.

Fig. 1. Enstatit aus dem Meteoreisen von Breitenbach (nach Hrn. v. Lang.)

Fig. 2. Hypersthen aus einem Sanidin-Auswurfing vom Laacher See.

Fig. 3. Hypersthen vom Rocher du Capucin, Mont Dore; entdeckt von Hrn. Des Cloizeaux.

Fig. 4. Enstatit von Kjørrestad, Norwegen, Projektion auf die Horizontalebene. Grösster Durchmesser 20 ctm.

Fig. 5, 5 a. Enstatit-Krystall der Bonner Sammlung, mit fast normaler rhombischer Ausbildung. 5 ideale Darstellung.

Fig. 6. Krystall der Univ.-Sammlung zu Christiania.

Fig. 7. Zweitgrösster Krystall der Bonner Sammlung (20 ctm. in der Richtung der Queraxe) mit pseudomonokliner Ausbildung. Projektion auf die Horizontalebene. 7a Projektion auf das Brachypinakoid.