

Gonoëdrische demonstrative Apparate in Anwendung auf die Krystallographie.

Von

E. Fedorow in St. Petersburg.

Mit Tafel II.

In diesem Jahrbuch 1889. I. 54—65 ist ein Artikel von E. HESS erschienen, in welchem unter dem Namen „Polyëderkaleidoskope“ dieselben gonoëdrischen Spiegel beschrieben werden, welche ich zu Anfang des Jahres 1883 der Kaiserl. Mineralog. Gesellschaft zu St. Petersburg vorgelegt und demonstirt hatte¹.

Wenn die von HESS² empfohlenen Apparate ganz dieselben wären, wie die von mir damals vorgelegten, so würde hier nur die Priorität in Betracht kommen. Aber in der That

¹ s. Protokolle dieser Gesellschaft in den Verhandlungen 1884, N. 19. §. 13. S. 181—183. Ich erlaube mir hier darauf aufmerksam zu machen, dass auch einige andere Gelehrte (CURIE, HECHT, LIEBISCH), welche meine Arbeiten nicht kannten, zu einigen Folgerungen gelangt sind, welche von mir schon früher in russischer Sprache veröffentlicht waren. — In den Sitzungen der Kaiserl. Miner. Gesellsch. in den Jahren 1881 und 1882 habe ich die Theorie der Krystalstructure dargelegt, welche man von einem gewissen Gesichtspunkte aus als eine Erweiterung der Theorie SOHNCKE'S betrachten könnte, aber eine Erweiterung, die mit solcher von L. WULFF und SOHNCKE selbst nichts Gemeinsames hat (Zeitschr. f. Krystallogr. v. GROTH, 1887. 13. 5 u. 6. S. 503—566 und 1888. 14. 5. S. 426—446). Durch vielfache, Beschäftigungen verhindert, konnte ich bis jetzt nicht diese Theorie veröffentlichen, obgleich die geometrischen Grundlagen derselben ausführlich genug im IV. Abschnitt meiner „Elemente der Lehre über die Figuren“ dargelegt sind, so dass ein jeder, der diesen Abschnitt gelesen hat, auch die Grundzüge meiner Theorie kennt.

² Herr E. HESS hat, wie die citirte Abhandlung ergibt, schon 1879 über diesen Gegenstand publicirt und 1882 seinen Apparat demonstirt. D. Red.

sind die meinigen in ihrer Anwendung für krystallographische Zwecke bedeutend vollständiger und ausserdem — den krystallographischen Figuren entsprechend und für die Demonstration aller überhaupt möglichen krystallographischen Systeme und ihrer Abtheilungen bestimmt — von zweierlei Art, während die von HESS sich nur auf die Spiegel beschränken.

In diesem Artikel beabsichtige ich die Apparate so zu beschreiben, wie ich sie 1883 demonstrirt hatte, wobei ich es nicht für nothwendig halte, irgend welche wesentliche Veränderungen hinzuzufügen.

Vorerst muss ich aber natürlich die Frage aufstellen, was eben demonstrirt werden soll, d. h. welche krystallographischen Systeme und welche Abtheilungen derselben überhaupt möglich sind?

Eine vollständige Ableitung aller möglichen krystallographischen Systeme und ihrer Abtheilungen auf genauen mathematischen Grundlagen ist zuerst in der bekannten Arbeit von A. GADOLIN erschienen¹, welche von der Kaiserl. Miner. Ges. zu St. Petersburg prämiirt worden ist (1869).

Diese Ableitung ist von dem Verfasser auf elementarem Wege im dritten Abschnitt der „Elemente der Lehre über die Figuren“ mit einer Erweiterung wiederholt worden, welche sämtliche geometrische Systeme und deren Abtheilungen umfasst. Fast gleichzeitig ist in derselben Richtung eine Erweiterung von CURIE gemacht worden².

¹ Ableitung aller krystallographischen Systeme und ihrer Unterabtheilungen aus einem und demselben Principe. (Verhandl. d. Kaiserl. Mineral. Gesellsch. zu St. Petersburg. 2. Serie. 4. Bd. S. 112—201; auch Protokolle ders. Gesellsch. vom 10. Januar 1867. 3. Bd. S. 408.)

² Bull. de la Soc. minéral. de Fr. 1884. No. 3 u. 8. Obgleich „die Elemente der Lehre über die Figuren“ erst im Jahre 1885 erschienen sind, waren sie doch schon 1883 vollendet und dem Druck übergeben, der in Folge des grossen Umfangs des Werkes und der langen Abwesenheit des Verfassers im Jahre 1884 sehr langsam vorschritt. L. WULFF (Zeitschr. f. Krystallogr. v. GROTH 1888. 13. S. 474—502) führt neue Abtheilungen ein, welche sich von den anderen durch die Lage der Coordinatenaxen unterscheiden. erinnert man sich jedoch, dass die Coordinatenaxen nur Hilfsmittel zum Studium der Figuren sind, so ist es klar, dass ihre Lage gar keine Rolle in der in Rede stehenden Frage spielen kann, und die von L. WULFF eingeführten Abtheilungen mit den früher bekannten, von A. GADOLIN vollständig aufgestellten, nur identisch sind.

Schliesslich erschien in der ersten Hälfte des Jahres 1888 in Separatabdrücken die „Symmetrie der endlichen Figuren“ des Verfassers, in welcher die Symmetrie sämtlicher Abtheilungen der geometrischen Systeme schon einen genauen analytischen Ausdruck erhielt.

Die Erweiterung, welche vom Verfasser und CURIE gemacht worden ist, hat freilich nicht im Geringsten die von A. GADOLIN aufgestellten Systeme und deren Abtheilungen verändert, aber sie führte zu einer allgemeinen Nomenclatur sämtlicher Abtheilungen der geometrischen Systeme, wodurch die Möglichkeit geboten wurde auch die Nomenclatur der krystallographischen Systeme zu vereinfachen.

In der nebenfolgenden Tabelle werden die vom Verfasser vorgeschlagenen Bezeichnungen, Symbole der allgemeinen Figur¹, analytische Ausdrücke² und Charakteristik der Symmetrie sämtlicher Abtheilungen krystallographischer Systeme zusammengestellt:

¹ Verhandl. d. Kaiserl. Mineral. Gesellsch. zu St. Petersburg 1887. Bd. 23. S. 99—116. Da ich nicht die Möglichkeit habe, hier die geometrische Bedeutung dieser Symbole zu erklären, führe ich sie und die analytischen Ausdrücke nur der Vollständigkeit der Tabelle halber an, obgleich das Fehlen derselben das Verständniss des vorliegenden Artikels nicht beeinträchtigen würde.

² Die analytischen Ausdrücke sind aus der „Symmetrie der endlichen Figuren“ des Verfassers angeführt.

Bezeichnung	Symbol der allgemeinen Figur	Analytischer Ausdruck	Charakteristik der Symmetrie.		
			Die Ebenen der Symmetrie	Die Axen der Symmetrie [100] ₄ [111] ₄ [110] ₄	
I. Tessersystem. 1. Holoëdrie S = 48	(m n r) ₄	$\begin{cases} x_0 = n^3 a_i \\ x_1 = n^k a_i + n^m \\ x_2 = n^l a_i + 2 n^m \end{cases}$	(100) ₄	(110) ₄	90° 120° 180°
2. Tetraëdrische Hemieëdrie S = 24	(m n r) ₄	$\begin{cases} x_0 = n^j a_i \\ x_1 = n^k a_i + n^l \\ x_2 = n^j + k^3 a_i + 2 n^l \end{cases}$	—	(110) ₄	180° 120° —
3. Dodekaëdrische Hemieëdrie S = 24	(m n r) ₄	$\begin{cases} x_0 = n^j a_i \\ x_1 = n^k a_i + 1 \\ x_2 = n^l a_i + 2 \end{cases}$	(100) ₄	—	180° 120° —
4. Gyroëdrische Hemieëdrie S = 24	(m' n' r') ₄	$\begin{cases} x_0 = n^j + 1^3 a_i \\ x_1 = n^k + 1^3 a_i + n^l \\ x_2 = n^j + k + 1^3 a_i + 2 n^l \end{cases}$	—	—	90° 120° 180°
5. Tetartoëdrie S = 12	(m n r) ₄	$\begin{cases} x_0 = n^j a_i \\ x_1 = n^k a_i + 1 \\ x_2 = n^j + k^3 a_i + 2 \end{cases}$	—	—	180° 120° —

¹ S ist „die Grösse der Symmetrie“, d. h. die Zahl der gleichen und symmetrisch gleichen Richtungen (Flächen u. dergl.).

Bezeichnung	Symbol der allgemeinen Figur	Analytischer Ausdruck	Charakteristik der Symmetrie.					
			Die Ebenen der Symmetrie	Die Axen der Symmetrie				
II. Hexagonales System ¹ .								
6. Holöëdrie S = 24	$\pm [m n r]_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^k + 1b \\ y_0 = b_i^6 \\ y_1 = b_i^6 + n^k \\ y = n^1 + k b \\ y_0 = b_i^6 \\ y_1 = b_i^6 + n^k \end{array} \right.$	(111) ₃	(110) ₃	(121) ₃	60°	180°	180°
7. Skalenöëdrische (rhomböëdrische) Hemieëdrie S = 12	$[m n r]_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^k \cdot b \\ y_0 = b_i^6 \\ y_1 = b_i^6 + n^k \end{array} \right.$	—	(110) ₃	—	120°	180°	—
8. Trapezoëdrische Hemieëdrie S = 12	$\pm (m' n' r')_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^k \cdot b \\ y_0 = b_i^6 \\ y_1 = b_i^6 + n^k \end{array} \right.$	—	—	—	60°	180°	180°
9. Bipyramidale Hemieëdrie S = 12	$\pm [m n r]_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^k \cdot b \\ y_0 = b_i^6 \\ y_1 = b_i^6 + 1 \end{array} \right.$	(111) ₃	—	—	60°	—	—
10. Rhomböëdrische Tetartöëdrie S = 6	$[m n r]_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^1 b \\ y_0 = b_i^6 \\ y_1 = b_i^6 + 1 \end{array} \right.$	Die zusammengesetzte Symmetrie mit der sechszähligen (60°) Axe [111] ₃ .					

¹ Für dieses System (wie auch für alle anderen) benutze ich die Symbole MULLER'S mit einer kleinen Abänderung, die in einem Artikel (Verhandl. d. Kaiserl. Mineral. Gesellschaft, 1887, Bd. 23, S. 99 ff.) erklärt wurde.

11. Hemimorphie. S = 12	$\pm (m n r)_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = b \\ y_0 = {}^6 b_1 \\ y_1 = {}^6 b_1 + n^k \end{array} \right.$	—	(110) ₃	(121) ₃	60°	—	—
12. Pyramidale Hemimorphie S = 6	$\pm (m n r)_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = b \\ y_0 = {}^6 b_1 \\ y_1 = {}^6 b_1 + 1 \end{array} \right.$	—	—	—	60°	—	—
13. Hemiedrie S = 12	$— [m n r]_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^k + 1 b \\ y_0 = {}^3 b_1 \\ y_1 = {}^3 b_1 + n^k \end{array} \right.$	(111) ₃	(110)	—	120°	180°	180°
14. Trapezoëdrische Tetartoëdrie S = 6	$(m' n' r)_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^k b \\ y_0 = {}^3 b_1 \\ y_1 = {}^3 b_1 + n^k \end{array} \right.$	—	—	—	120°	180°	180°
15. Bipyramidale Tetartoëdrie S = 6	$— [m n r]_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^k b \\ y_0 = {}^3 b_1 \\ y_1 = {}^3 b_1 + 1 \end{array} \right.$	(111) ₃	—	—	120°	—	—
16. Tetartomorphie S = 6	$(m n r)_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = b \\ y_0 = {}^3 b_1 \\ y_1 = {}^3 b_1 + n^k \end{array} \right.$	—	(110) ₃	—	120°	—	—
17. Pyramidale Tetartomorphie S = 3	$(m n r)_3$	$\left\{ \begin{array}{l} y = b \\ y_0 = {}^3 b_1 \\ y_1 = {}^3 b_1 + 1 \end{array} \right.$	—	—	—	120°	—	—

Bezeichnung	Symbol der allgemeinen Figur	Analytischer Ausdruck	Charakteristik der Symmetrie.			
			Die Ebenen der Symmetrie	Die Axen der Symmetrie [001] ₂	[100] ₂	[1'1'0] ₂
III. Tetragonales System. 18. Holoëdrie S = 16	(m n r) ₂	$\begin{cases} y = n^k + 1 b \\ y_0 = b_i \\ y_1 = b_i + n^k \\ y = n^i + k b \\ y_0 = b_i \\ y_1 = b_i + n^k \end{cases}$	(001) ₂	(100) ₂	(1'1'0) ₂	90° 180° 180°
19. Skalenoëdrische Hemi- ëdrie S = 8	(m n r) ₂	$\begin{cases} y = n^k b \\ y_0 = b_i \\ y_1 = b_i + n^k \end{cases}$	—	—	(110) ₂	180° 180°
20. Trapezoëdrische Hemi- ëdrie S = 8	(m' n' r) ₂	$\begin{cases} y = n^k b \\ y_0 = b_i \\ y_1 = b_i + n^k \end{cases}$	—	—	—	90° 180° 180°
21. Bipyramidale Hemi- ëdrie S = 8	(m' n' r) ₂	$\begin{cases} y = n^k b \\ y_0 = b_i \\ y_1 = b_i + 1 \end{cases}$	(001) ₂	—	—	90° — —
22. Tetartoëdrie S = 4	(m n r) ₂	$\begin{cases} y = n^1 b \\ y_0 = b_i \\ y_1 = b_i + 1 \end{cases}$	Die zusammengesetzte Symmetrie mit der vierzähligen (90°) Axe [001] ₂ .			

23. Hemimorphie S = 8	$(mnr)_2$	$\left\{ \begin{array}{l} y = b \\ y_0 = b_1 \\ y_1 = b_1 + n^k \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} y = b \\ y_0 = b_1 \\ y_1 = b_1 + 1 \end{array} \right.$	—	$(100)_2$	$(110)_2$	90°	—	—		
24. Pyramidale Hemimorphie S = 4	$(m'n'r)_2$	—	—	—	—	90°	—	—		
IV. Rhombisches System ¹ .										
25. Holoëdrie S = 8	(mnr)	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^i b \\ z = n^k c \\ v = n^l d \end{array} \right.$	(100)	(010)	(001)	180°	180°	[100]	[010]	[001]
26. Hemieëdrie S = 4	(mnr)	$\left\{ \begin{array}{l} y = n^k b \\ z = n^k + i c \\ v = n^l d \end{array} \right.$	—	—	—	180°	180°	—	—	—
27. Hemimorphie S = 4	(mnr)	$\left\{ \begin{array}{l} y = b \\ z = n^i c \\ v = n^k d \end{array} \right.$	(100)	(010)	—	—	—	—	—	180°

¹ Von Standpunkte der reinen Geometrie müssen das rhombische, monokline und triklin System zu einem „digonalen“ vereinigt werden.

Bezeichnung	Symbol der allgemeinen Figur	Analytischer Ausdruck	Charakteristik der Symmetrie	
			Die Ebene der Symmetrie	Die Axe d. Symmetrie [010]
V. Monoklines System.				
28. Holoëdrie S = 4	(m n r)	$\begin{cases} y = n^i b \\ z = n^i c \\ v = n^k d \end{cases}$	(010)	180°
29. Hemiëdrie S = 2	(m n r)	$\begin{cases} y = b \\ z = c \\ v = n^k d \end{cases}$	(010)	—
30. Hemimorphie S = 2	(m n r)	$\begin{cases} y = n^i b \\ z = n^i c \\ v = d \end{cases}$	—	180°
VI. Triklines System.				
31. Holoëdrie S = 2	[m n r]	$\begin{cases} y = n^k b \\ z = n^k c \\ v = n^k d \end{cases}$	Die zusammenges. Symmetrie mit der unbestimmten zwei-zähligen (180°) Axe.	
32. Hemiëdrie S = 1	(m n r)	$\begin{cases} y = b \\ z = c \\ v = d \end{cases}$	Symmetrie fehlt.	

Zum Verständniss der weiteren Beschreibung führe ich zuerst einige Definitionen an, die den „Elementen der Lehre über die Figuren“ entnommen sind.

Als „Gonoëder“ bezeichne ich das Raumgebilde, das von n aus einem Punkte entspringenden Seitenebenen umfungen ist oder das, was man gewöhnlich unter mehrseitiger körperlicher Ecke versteht. Bei drei Seitenebenen entsteht ein Trigonöeder, bei vier Seitenebenen Tetragonoëder u. s. w.

Als „Centrum der Symmetrie“ bezeichne ich nach den in der „Symmetrie der endlichen Figuren“ angeführten Gründen den Schnittpunkt sämtlicher Ebenen und Axen der Symmetrie. (Bekanntlich wird in der Lehre über die Symmetrie der endlichen Figuren nachgewiesen, dass sämtliche Axen und Ebenen der Symmetrie sich in einem einzigen Punkte schneiden.)

Als „elementaren Gonoëder“ einer symmetrischen Figur bezeichne ich einen solchen, welcher von Ebenen umfungen

ist, die durch das Centrum der Symmetrie und sämtliche Kanten einer und derselben Fläche dieser Figur gehen.

Mit Hülfe dieser Definitionen wird der Satz verständlich, auf welchem die Aufstellung der gonoëdrischen Spiegel beruht, und zwar:

Die gonoëdrischen Spiegel lassen sich nur für solche Abtheilungen der symmetrischen Systeme construiren, in welchen die elementaren Gonoëder constant sind (für sämtliche Figuren einer Abtheilung) und dabei durch die Symmetrieebenen begrenzt werden.

Auf Grund dieses Satzes ist leicht zu schliessen, dass die Aufstellung der gonoëdrischen Spiegel in 11 Fällen theoretisch möglich ist, und zwar in den Fällen 1, 2, 6, 11, 13, 16, 18, 23, 25, 27 und 29 der Tabelle. Im letzteren Falle ist nur eine Symmetrieebene vorhanden, und daher schliesst die Einfachheit der Bedingungen der Symmetrie selbst die Nothwendigkeit besonderer Apparate zur Demonstration aus. Die Demonstration in den Fällen 1, 2, 6, 13, 18 und 25 erfordert trigonoëdrische Spiegel, und in den übrigen 4 Fällen muss man digonoëdrische d. h. zweiflächige Spiegel gebrauchen.

Die Spiegel müssen unter folgenden inneren Flächenwinkeln befestigt werden:

1. Holoëdrie des tesserale Systems	45°	60° u.	90°
2. Tetraëdrische Hemiëdrie des tesserale Systems .	60°	60° "	90°
6. Holoëdrie des hexagonalen Systems	30°	90° "	90°
13. Hemiëdrie " " "	60°	90° "	90°
18. Holoëdrie " tetragonalen "	45°	90° "	90°
25. " " rhombischen "	90°	90° "	90°
Im Falle 11. d. Hemimorphie d. hexagon. S. d. Flächenwinkel zweier Spiegel	30°		
" " 16. " Tetartomorphie " " " " " " "		" "	60°
" " 23. " Hemimorphie d. tetragon. " " " " "		" "	45°
" " 27. " " " rhomb. " " " " "		" "	90°

In den letzten vier Fällen, theoretisch betrachtet, haben die Flächen der einfachen Figur unbegrenzte Dimensionen, was in der Wirklichkeit nicht möglich ist, und daher ist auch in diesen Fällen bequemer zu dem zweiflächigen Spiegel eine dritte Fläche senkrecht zur Kante des Flächenwinkels hinzuzufügen; diese dritte Fläche darf aber keine spiegelnde, sondern besser eine undurchsichtige sein. Bei dieser Bedingung

In den Spiegel wird eine solche Flüssigkeit eingegossen, die eine möglichst flache horizontale Ebene bildet; ich habe unreines Quecksilber dazu angewandt.

Es ist leicht zu ersehen, dass bei passender Aufstellung des Apparates nach drei Punkten der gnomonischen Projection (am besten nach den Punkten (001), (011) und (111)) und bei Betrachtung des Spiegels, wir in demselben diejenige Figur erblicken werden, deren gnomonische Projection die Nadel *E* zeigen wird; folglich werden wir in der auf der Zeichnung dargestellten Stellung ein Hexaëder (welches durch die Symmetrieebenen getheilt ist) sehen, wie durch die Punktirung angegeben ist.

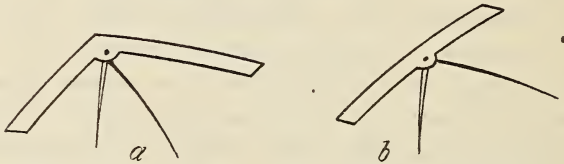
Ich halte das Angeführte für genügend, um mit den vorgeschlagenen gonoëdrischen Spiegeln bekannt zu machen.

Ich gehe jetzt zur Beschreibung eines andern gonoëdrischen Apparats über, welcher dazu dienen soll, um mit allen anderen Abtheilungen der krystallographischen Systeme bekannt zu machen. Die Idee dieses Apparates ist ausserordentlich einfach und befindet sich in so engem Zusammenhang mit der Lehre über die Symmetrie, wie die letztere in den „Elementen der Lehre über die Figuren“ dargestellt ist, dass die vorliegende Darlegung nur das kurze Resumé der Ergebnisse dieser Lehre ist.

Dieser Apparat besteht aus einer hölzernen Kugel mit auf derselben bezeichneten Ebenen und Axen der Symmetrie. Die Symmetrieebenen, falls solche vorhanden sind, werden auf der Oberfläche mit scharfen Linien angegeben; auf den beigetzten Figuren auf Taf. II aber sind diese Ebenen mit doppelten Linien bezeichnet. An den Punkten, die die Pole der Symmetriearien darstellen, werden vermittelst der Nadel kleine Löcher durchgestossen, in welche spitze Stifte eingesteckt werden, die senkrecht an die Ecke des (inneren) Winkels einer dünnen Messingplatte angelöthet werden. Der Winkel, unter welchem die Platte ausgeschnitten ist, entspricht gerade der Symmetriearie selbst, d. h. wird gleich 180° für die (zweizählige) Symmetriearie mit dem Rotationswinkel 180° (in diesem Falle ist die Platte eine gerade, Fig. *b* auf Seite 246), für eine (dreizählige) Axe mit dem Rotationswinkel von 120° schneidet man die Platte unter dem Winkel von 120° u. s. w. Ausser-

dem löthet man an dem Eckpunkte des Winkels einen Messingdraht, welcher den Winkel der Platte halbirt (ist die Platte gerade, wird der Draht senkrecht angelöthet, Fig. *b*); schliesslich wird die Platte und der Draht übereinstimmend mit der Kugelfläche des Apparates gebogen, auf welchem sie befestigt ist.

In den Figuren 1—17 der beigegebenen Tafel II ist die Lage und Grösse der Winkel der Platten (in der stereographischen Projection) in solcher Weise angegeben, wie das zur Demonstration der allgemeinen Figur irgend einer Abtheilung des krystallographischen Systems nothwendig ist; in Klammern sind NN derjenigen Abtheilungen angeführt, welche der oben angegebenen Tabelle entsprechen. Der Apparat gibt den Umriss des elementaren Gonoëders der allgemeinen Figur (mit Symbol (mnr) , wo alle diese Indices verschieden sind), wobei der Schnittpunkt der halbirenden Drähte den



Berührungspunkt (der Pol) einer gegebenen Fläche der Figur bedeutet. In denjenigen Fällen, in welchen nur ein Draht vorhanden ist (innerhalb des Umrisses des elementaren Gonoëders), ist jeder Punkt desselben der Berührungspunkt einer Fläche, die von den Platten und Symmetrieebenen umschrieben wird.

Zum besseren Verständniss führe ich genauer einen Fall an, z. B. den Fall 3 (dodekaëdrische Hemiëdrie des tesseralen Systems Fig. 1). Wenn der Pol einer gegebenen Fläche (mnr) sich im Inneren des elementaren Tetragonoëders (OdH_2b) befindet, muss man, um seinen Umriss zu erhalten, nur durch diesen Pol den Draht Oa ziehen. Behält man den Berührungspunkt im Auge und betrachtet den Umriss des Gonoëders, so ist auch die Form der Fläche (mnr) sich leicht vorzustellen. Befindet sich der Pol auf der Symmetrieebene im Punkte *a*, so ist leicht zu begreifen, dass in diesem Falle zwei nebeneinander liegende Flächen der Figur in eine zu-

sammenfallen, und eine fünfseitige Fläche (des Pentagon-Dodekaëders) entsteht, die dem Gonoëder $OdH_2d'O'b$ entspricht¹. Befindet sich der Pol im Punkte O , so fallen drei nebeneinander liegende Flächen der allgemeinen Figur zusammen, und es erscheint eine dreiseitige Fläche (des Oktaëders), die dem Trigoëder HH_1H_2 entspricht. •

Ich glaube, dass diese kurze Erklärung für das Verständniss der Anwendung des Apparates in allen übrigen Fällen, bei welchen die Symmetrie durch die Ebenen oder Axen der Symmetrie bedingt wird, genügen könnte.

In Fällen der zusammengesetzten Symmetrie (10 und 22) wird die Anwendung des Apparates etwas complicirter. In solchen Fällen werden in den Punkten a und a' (Fig. 7 u. 12) die geraden Platten mit den Drähten nicht unmittelbar an die Kugelfläche befestigt, sondern an eine Querplatte, die mit den Enden einer dritten Platte verbunden ist, welche sich auf der Kugelfläche um den Punkt O bewegt. Auf diese Weise haben in diesen beiden Fällen die drei Platten keine besondere unabhängige Lage im Apparat, sondern drehen sich alle zusammen um den Punkt O , obgleich zwei derselben zu gleicher Zeit noch eine andere Drehung um die beweglichen Punkte a und a' haben.

Die Figuren der monoklinen und triklinen Systeme bedürfen zur Demonstration meiner Ansicht nach keines besonderen Apparates.

St. Petersburg, 24. December 1888.

¹ Falls der Pol im Punkte D sich befindet, so fallen beide Drähte nach der Linie Od' zusammen, ebenso wie die Punkte d und d' mit dem Punkte H_2 zusammenfallen, und eine Rhombenfläche (des Rhombendodekaëders) entsteht, die dem Gonoëder $OH_2O'H_1$ entspricht.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1890

Band/Volume: [1890](#)

Autor(en)/Author(s): Fedorow Jewgraf Stepanowitsch

Artikel/Article: [Gonoedrische demonstrative Apparate in Anwendung auf die Krystallographie 234-247](#)