$\frac{2\pi}{m\omega}$. Allein innerhalb dieser Intervalle wird sich ganz dasselbe Verhältniß wiederholen, wie bei dem mit einmaligem Cyclus abgeschlossenen Quincunx. Je zwei, um $\frac{2\pi}{\omega}$ distante Radian werden genau dieselben Erscheinungen zeigen; im Allgemeinen aber werden die Archispiralen nur mit kurzen Bogen ausgebildet seyn, welche sich in ihrer Form und Lage immer mehr den Radian nähern, je größer die Wiederholungszahl ω und das Verhältniß von $a:b$ sind.

II. *Nachtrag zu der Thermo-Elektricität des Topases; von Dr. Hankel.*

Ich habe im 50sten Bande dieser Annalen (S. 242 — 244) das Ergebniß meiner Versuche über Thermo-Elektricität des Topases mitgetheilt, und gleich im Anfange erwähnt, daß die von mir an diesem Mineral gefundene Vertheilung der Elektricität ganz von derjenigen verschieden sey, welche Erman beobachtet habe. Ich erwähnte auch, daß ich keine Ausnahme von meinem Gesetz bemerkt hätte, obwohl ich zahlreiche Versuche sowohl an sächsischen als sibirischen Krystallen, und zuletzt auch noch an einem schönen brasilianischen angestellt, und daß mir deshalb das von Erman aufgestellte Gesetz nicht richtig zu seyn schiene.

Da diese Versuche über den Topas früher beendet waren, ehe ich die Versuche über den Quarz, den Titanit und der Boracit angestellt hatte, also zu einer Zeit, wo ich ein Vorhandenseyn mehrerer elektrischen Axen beim Topas nicht vermuthen konnte, so begann ich die Untersuchung desselben nochmals, indem Erman's doch

ohne Zweifel sichere Beobachtungen allein in dem Vorhandenseyn mehrerer elektrischen Axen, und in dem Vorherrschen der einen oder der anderen unter ihnen, mir ihren Grund zu haben schienen. Ich suchte mir mehrere brasilianische Krystalle zu verschaffen, und zufällig zeigte gleich der zuerst untersuchte, den ich durch die Gefälligkeit des Hrn. v. Sack erhalten hatte, ziemlich dasselbe Verhalten, das Erman beobachtet hatte. Doch es ist nöthig, die einzelnen Versuche anzuführen, indem weder das von Erman, noch das von mir aufgestellte Gesetz, noch auch beide zusammen vollständig sind.

I.

Der erste Krystall war ein sibirischer von Nertschinsk, dessen Gröfse in Taf. I. Fig. 4. abgebildet ist. Die Prismenflächen sind gewissermafsen abgewickelt, und haben ihre natürliche Gröfse. Die Pyramidenflächen mußten dabei verkleinert, so wie umgekehrt die Flächen des horizontalen Prismas vergrößert werden. Es ergibt sich übrigens aus der Gröfse der Prismenflächen und der Höhe des Krystalles die wirkliche Gröfse dieser in der Zeichnung veränderten Flächen von selbst. Ich wufste keine andere Art der Darstellung, die es mir erlaubte, auch zu gleicher Zeit die elektrischen Pole einzutragen. Es ist stets die erste Fläche links mit 1 bezeichnet, die Fläche rechts daneben mit 2 u. s. w. Das untere durch die Fläche senkrecht gegen die Axe begränzte Ende habe ich *b* (in den Zeichnungen findet sich nur der Buchstabe *b* hingesezt), das obere ausgebildete dagegen im Allgemeinen *a* genannt; hier jedoch, wo es zum grössten Theil durch die zwei Flächen eines horizontalen Prismas gebildet wird, vorzugsweise die gröfsere der beiden Flächen mit *a*, und die kleinere mit *a'* bezeichnet. Ist in Taf. I. Fig. 3. *egfh* der Querschnitt des Prismas $\propto P$, und *gh* die Brachydiagonale, *ef* die Makrodiagonale, so liegen die Flächen 1 und 2 auf der einen Seite des brachydiagonalen Hauptschnittes, und die Flächen 3 und 4

auf der andern. Dasselbe gilt von den Flächen des andern Prismas $\propto P2$, dessen Querschnitt $cdef$ ist; bei ihm ist die Brachydiagonale doppelt so groß als bei dem Querschnitt des Prismas $egfh$. (In dem brachydiagonalen Hauptschnitte liegt zugleich auch die Ebene der optischen Axen.) An dem Krystall I ist die größte Fläche des horizontalen Prismas a diejenige, welche auf der Kante der Flächen 1 und 2 aufsitzt, Taf. I. Fig. 4. Der Krystall wird überhaupt begränzt von den Flächen des verticalen Prismas $\propto P2$ (1—4), (die Flächen des Prismas $\propto P$ waren nur durch die Streifung angedeutet), von den Flächen des horizontalen Prismas $2 P \propto$ (a und a'), und den Flächen der Pyramide P , welche letztern aber sehr klein waren. Die Kanten 1.4 und eben so 3.4 waren verletzt, besonders erstere.

Ich werde, um nicht die Anzahl der Figuren zu sehr zu vermehren, meist nur bei einer Lage des Krystalles durch Zeichnungen die Vertheilung der Elektricität angeben. Der Krystall lag wieder, wie früher, auf einer leitenden Unterlage, so daß durch die Ableitung der Elektricität des aufliegenden Poles (oder auch zweier) die Elektricität der andern Pole geändert wird. Die Erwärmung geschah ziemlich rasch, und stets nur bis etwas über 100°C .

1) Krystall auf b gelegt. Beim Erwärmen alle Flächen — (außer b , dessen + Elektricität abgeleitet wird). Beim Abkühlen alle Flächen + (außer b , dessen — Elektricität jetzt fortgeleitet wird).

2) Krystall auf a gelegt ¹⁾. Beim Abkühlen alle Flächen —. Am stärksten jedoch ist das — auf der

1) Beim Erwärmen gelingt oft wegen Mangels an Zeit die Beobachtung nicht recht, und in solchen Fällen, wo ich nicht die Vertheilung der Elektricität am ganzen Krystall angeben kann, übergehe ich sie lieber ganz. Sie ist auch immer der Vertheilung bei der Abkühlung entgegengesetzt.

Kante 3.4, schwach auf 1.4, und am schwächsten auf 2.3. Selbst a' war —. (Die Endpunkte der Hauptaxe zeigen die ihnen zukommende Elektricität immer stark, daher sie nicht in Vergleich mit den Prismenflächen gesetzt sind.)

3) Krystall auf a' gelegt. Beim Erwärmen Alles $+$, beim Abkühlen Alles —, nur a war ganz in der Nähe der Kante aa' noch $+$.

Diese Versuche beweisen offenbar, daß nach der Hauptaxe eine elektrische Vertheilung stattfindet, und daß das früher von mir aufgestellte Gesetz also richtig (nur nicht ausreichend) ist. Der früher von mir angewendete Krystall glich dem jetzt untersuchten vollkommen, selbst in der Ausdehnung der Flächen. Ich führe die mit demselben angestellten Versuche nicht weiter an, da er zum Theil durch eine zu hohe Temperatur zersprungen war, und nichts Neues sich zeigte.

4) Krystall auf 1 gelegt. Beim Abkühlen a und $a' +$, $b -$; 2 nach 1 hin 0; 2 nach 3 hin $+$; 3 ist 0; 3 nach 4 und 4 nach 3 —, 4 nach 1 ist 0.

Schon bei Nr. 2., wo ein $+$ Pol abgeleitet ist, läßt sich aus der Schwäche der Kanten 2.3 und 4.1 schließen, daß in diesen Kanten die durch Ableitung des $+$ Poles a überwiegende negative Polarität positive Pole zu überwinden hatte, während in 3.4 und 1.2 negative Pole verstärkt wurden. In No. 4. sehen wir wirklich 2 dieser Pole, den einen $+$ Pol auf 2 nach 3 hin, und den einen — Pol auf 3.4 auftreten. Die anderen beiden Pole sind durch die Fläche 1 abgeleitet. Taf. I. Fig. 3. (Das zuerst links stehende Zeichen deutet die Elektricität des Poles beim Erwärmen, das zweite beim Abkühlen an.)

5) Krystall auf 2 gelegt. Beim Abkühlen a und $a' +$, $b -$; die übrigen Pole schwach. Ganz deutlich jedoch war der — Pol auf 3.4 und auch noch der $+$ Pol auf 1.4. Es zeigt sich also auf den Prismenflächen, oder

vielmehr den Kanten, der dritte Pol. Die beiden Pole auf 1.2 und 2.3 sind jetzt abgeleitet.

6) Krystall auf 3 gelegt. Beim Abkühlen a und $a'+$, $b-$. Auf den Prismenflächen werden drei Pole sichtbar. Der $+$ Pol auf 1.4 nicht recht deutlich, dagegen die beiden $-$ Pole auf 1.2 und 4 nach 3 zu stark. Dadurch daß der $-$ Pol auf 3.4 nicht vollständig abgeleitet, sondern nur der $+$ Pol auf 2.3, erklärt sich auch die Schwäche der $+$ Elektrizität auf 1.4, indem die zwei $-$ Pole überwiegen. Daß aber der $+$ Pol auf 1.4 wirklich vorhanden war, zeigte deutlich die Erwärmung, wo die Vertheilung gerade die umgekehrte war. Der $+$ Pol 1.4, der beim Erwärmen natürlich $-$ war, lag nicht genau auf der Kante, sondern auf der Fläche 1 gegen die Kante 1.4 hin.

7) Krystall auf 4 gelegt Taf. I. Fig. 4. Beim Abkühlen a und $a'+$, $b-$; a schwächer als a' . 1 nach 4 hin $+$, 1.2 und 1 und 2 in der Nähe von 1.2 $-$, 2.3 und 2 und 3 in der Nähe von 2.3 $+$, 3 nach 4 $-$. Es sind also in diesem Fall alle vier Randpole, so wie die beiden Pole in den Endpunkten der Hauptaxe deutlich vorhanden.

Daß nicht in jeder Lage auf den Prismenflächen eine gleiche Anzahl von Polen abgeleitet wird und sichtbar bleibt, hat seinen Grund in der Natur der Flächen ¹⁾, die wegen der verticalen Streifung nicht an allen Punkten gleichmäÙig aufliegen. Daß bei der Lage des Krystalles auf der Fläche 4 alle vier Randpole sichtbar bleiben, liegt offenbar darin, daß die Pole auf den Kanten sich befinden, diese aber hier 1.4 sowohl als 3.4, abgebrochen sind, so daß eine vollständige Ableitung beider Pole nicht stattfinden kann. Auch liegen die Pole nicht immer gerade auf den Kanten, sondern auch oft etwas nach den Flächen hinein, wodurch natürlich auch Verschiedenheiten in der Ableitung entstehen müssen.

1) Vielleicht auch zum Theil in der ungleichen Stärke der Pole.

II.

Dieser zweite Krystall Taf. I. Fig. 5. ist gleichfalls ein sibirischer, dessen Fundort ich jedoch nicht angeben kann. Seine Gestalt stimmt mit der Gestalt des ersten überein, nur ist die Höhe seiner Prismenflächen etwas größer, sein Querschnitt aber geringer. Die Flächen des Prismas $\propto P$ sind vorhanden, aber ebenfalls nicht sehr ausgedehnt. — Es läßt sich also erwarten, daß seine Elektrizität mit der Elektrizität des ersten übereinstimmt. Die Bezeichnung der Flächen ist wie bei I.

1) Krystall auf b gelegt. Beim Abkühlen Alles $+$; b natürlich, dessen Elektrizität abgeleitet wird, ist —.

2) Krystall auf a gelegt. Beim Abkühlen Alles — mit Ausnahme der Kante 1.4, wo $+$, das anfangs auf 1 weiter noch verbreitet war als auf 4. Auf 2.3 ist — am schwächsten, oder kein $+$ zu finden. Wir sehen hier in dem einen Endpunkte der Brachydiagonale den einen positiven Pol deutlich, in dem andern dagegen den zweiten $+$ Pol nur durch die Schwäche der — Elektrizität angedeutet, die ihn überwunden hat, da $+$ aus a abgeleitet wurde.

3) Krystall auf a' gelegt. Wie unter No. 2., nur war auf 2.3 nach dem obern Endpunkte hin 0, und nur nach b zu ein schwaches —.

4) Krystall auf 1 gelegt¹⁾. Beim Abkühlen a und $a' +$, $b -$. Die Prismenfläche 4 zum größten Theil nach a' zu $+$, nach b zu —; 3 ähnlich, nur war das — noch mehr ausgedehnt; noch mehr fand dieses auf 2 statt. Der Unterschied zwischen I und II hat vielleicht in der größern Ausdehnung des Krystalles II nach der Hauptaxe seinen Grund.

5) Krystall auf 2 gelegt. Taf. I. Fig. 5. Die Kante der Flächen 2 und b war verletzt, er lag deshalb an b nicht auf. Beim Abkühlen a und $a' +$, $b -$. 1 überall $+$, und so auch 4 gegen 1.4 hin. Die Kante 3.4 und

1) Der Krystall lag nur mit den Flächen des Prismas $\propto P_2$ auf, und nie mit den kleinern von $\propto P$.

ihre Umgebungen auf 3 und 4 waren —, so daß selbst a' in der Nähe von 3.4 — war. Hier treten gerade wie bei I die beiden Pole in 3.4 —, und 1.4 + auf, und zwar der + Pol auf 1.4 hier ausgedehnter und stärker als dort; wie auch nach No. 2. und No. 3. der + Pol auf 1.4 stark zu seyn scheint.

6) Krystall auf 3 gelegt. Die Kante $3b$ liegt nicht auf. Beim Abkühlen a und $a' +$, $b -$, wird aber nach 1 hin +. 1+, doch nach 2 hin erscheint es schon —; 2 nach 1 hin —, nach a hin +, und ebenso nach 3 hin +; 4 ist ganz +. Wir sehen also außer den Polen in der Hauptaxe wieder drei Pole, die beiden positiven auf 1.4 und 2.3, und den einen negativen auf 1.2, der aber durch die beiden positiven sehr geschwächt und beschränkt ist. Daß der — Pol hier auf 3.4 abgeleitet, und nicht eben so sehr der + Pol auf 2.3, hat gewiß seinen Grund in den Flächen des Prismas $\propto P$, welche um 2.3 liegen, und so das Aufliegen dieser Kante auf der Unterlage hindern.

7) Auf 4 gelegt. Beim Abkühlen a und $a' +$, $b -$. Es zeigen sich auf den Prismenflächen alle vier Pole, die um 4 liegenden natürlich nur schwach; so ist — auf 3 nach 4 hin, und + auf 1 nach 4 hin. Die beiden andern — auf 1.2, und + auf 2.3 sind stärker. Es stimmt also dieser Krystall mit Ausnahme von No. 4. ganz vollkommen mit dem Krystall I überein.

Ich glaube, daß aus diesen mitgetheilten Versuchen deutlich das Vorhandenseyn von 6 Polen im sibirischen Topase hervorgeht, von denen die beiden Pole in den Enden der Hauptaxe bei weitem die stärksten sind, da durch die Ableitung des einen derselben der andere den ganzen Krystall beherrscht. Nicht so verhält es sich mit den übrigen Polen auf den Prismenflächen, wo allerdings auch, wenn ein + Pol abgeleitet wird, die — Elektrizität die Oberhand gewinnt, und umgekehrt, aber nicht in solchem Grade, daß der ganze Krystall von einer einzigen Elektrizität beherrscht würde.

Merkwürdig ist hierbei, dafs auf den Prismenflächen nicht entgegengesetzte, sondern gleichnamige Pole einander gegenüber liegen. Dasselbe beobachtete ich auch beim Titanit (Pogg. Ann. Bd. 50. S. 244 ff.), nur glaubte ich damals nicht sowohl zwei elektrische sich kreuzende und an beiden Enden gleichnamige Axen, als vielmehr zwei parallele an den Enden entgegengesetzt elektrische annehmen zu müssen. Hiezu bewogen mich besonders die Umkehrungen der Pole, welche in der einen der beiden parallelen Axen häufiger als in der andern sich finden. Hier beim Topas zeigt sich aber nichts, was uns zu einer ähnlichen Annahme bewegen könnte; wir müßten dann auch die Axen in den Umfang des Krystalles legen, was beim Titanit nicht nöthig war.

Es liegt also beim Topas ein $- +$ 1) Pol in dem obern Endpunkte der Hauptaxe, und zwei gleiche in den Endpunkten der Brachydiagonale, oder in der Ebene der optischen Axen; ein $+ -$ Pol in dem untern Ende der Hauptaxe und zwei gleiche in den Endpunkten der Makrodiagonale, oder in einer Ebene, welche auf der Ebene der optischen Axen senkrecht steht.

Da der brasilianische Topas durch Flächen begrenzt wird, welche im sibirischen beinahe verschwunden sind, und umgekehrt die Flächen des sibirischen Topases beim brasilianischen wenig hervortreten (wenigstens in den von mir untersuchten Krystallen), da ferner zwischen den verschiedenen Topasen überhaupt in Bezug auf die Gröfse des Neigungswinkels der optischen Axen eine Verschiedenheit sich zeigt, so dürfen wir uns wohl nicht wundern, wenn auch in elektrischer Hinsicht der brasilianische Topas Abweichungen zeigt von dem sibirischen. Es findet ja bei den einzelnen Bergkrystallen (Pogg. Ann. Bd. 50. S. 605 ff.), je nachdem die eine oder die andere Dimension mehr entwickelt ist obwohl die Flächen dieselben sind, ein Unterschied statt; die eine der Axen,

1) Das erste Zeichen bezieht sich auf die Erwärmung, das zweite auf die Abkühlung.

ja selbst zwei verschwinden oder ändern ihre Lage. Sollte nun nicht beim Topas das Verschwinden der Flächen des horizontalen Prismas $2P\infty$, und des vertikalen $\infty P2$, die Ausdehnung der Flächen des vertikalen Prismas ∞P und der Pyramide P noch grössere Aenderungen erzeugen können? sollte nicht die gewöhnlich größere Dimension der brasilianischen Krystalle nach der Hauptaxe Abweichungen von den sibirischen mit kurzer Hauptaxe hervorbringen? Bei der Untersuchung liegt ferner der brasilianische Topas gewöhnlich auf einer Fläche des Prismas ∞P , oder auf der Mitte der abgerundeten Fläche, und nur selten auf einer Fläche des Prismas $\infty P2$. Hierdurch müssen nothwendig ebenfalls Aenderungen entstehen. — Es wird sich aber dennoch zeigen lassen, daß es auch beim brasilianischen Topas sechs elektrische Pole gibt, wenn solche auch nicht immer und unter allen Verhältnissen erscheinen.

III.

Der Querdurchschnitt dieses brasilianischen Krystalles (Taf. I. Fig. 6 — 10.) ist nicht bedeutend, seine Länge etwas über einen Zoll. Er wurde begrenzt von den Flächen des Prismas ∞P und $\infty P2$, die aber durch die Streifung der Flächen in einander übergehen, und meistens eine abgerundete Fläche bilden. Nur an den makrodiagonalen Seitenkanten tritt der Winkel des Prismas $\infty P2$ und an den brachydiagonalen der Winkel des Prismas ∞P deutlich hervor. Es schienen beide Prismen gleich weit ausgebildet. Die geneigten Flächen, die nur an dem obern Ende a sich finden, gehören der Pyramide P an.

1) Krystall wurde auf die untere Endfläche b gestellt. Er liefs sich wegen der geringen Stabilität nur schlecht untersuchen, zeigte aber beim Abkühlen deutlich die vier Randpole (Taf. I. Fig. 6.), und zwar auf 1.4 und 2.3 +, auf 3.4 und 1.2 —. (Die Flächen sind

im Verhältniß zu dem brachy- und makrodiagonalen Hauptschnitte auf dieselbe Weise bezeichnet als früher). Die Pyramidenflächen zeigten keine Elektricität. In welcher Höhe die Pole über der Grundfläche b lagen, liefs sich nicht gut bestimmen. Es scheinen nämlich nach andern gleich anzuführenden Versuchen die beiden — Pole (beim Abkühlen) näher an a zu liegen, die beiden + Pole dagegen näher nach b .

2) Krystall auf 4 gelegt. Taf. I. Fig. 7. Er berührte nur mit der Mitte der Fläche die Unterlage, die Kanten 3.4 und 1.4 berührten dieselbe nicht. Beim Abkühlen zeigte sich b —; die beiden negativen Seitenpole lagen hier nach dem obern Ende a zu auf den Kanten 1.2 und 3.4, während der eine sichtbare + Pol auf 2.3 mehr nach unten gerückt war. Dasselbe wurde auch durch die Beobachtung beim Erwärmen bestätigt, wo umgekehrt der — Pol auf 2.3 nach b hin gerückt war, u. s. w. Die Pyramidenflächen zeigten beim Beginn der Abkühlung —, später aber gegen 40° C. sämmtlich +. Es geht also hieraus deutlich hervor, dafs aufser den vier Randpolen noch die zwei Pole in den Endpunkten der Hauptaxe vorhanden sind, aber besonders der + Pol a nicht mehr in solcher Stärke wie beim sibirischen Topase. Er war bei dem brasilianischen bis zu einer Temperatur von ungefähr 40° C. durch die nach a zu liegenden zwei — Pole unterdrückt, und trat erst gegen das Ende der Abkühlung auf, wo ein weniger leichtes Uebergreifen der verschiedenen Elektricitäten statt findet. Ganz ähnliche Erscheinungen haben wir schon bei dem Bergkrystall gefunden (Pogg. Ann. Bd. 50. S. 607 ff.).

3) Krystall auf 3 gelegt. (Taf. I. Fig. 8.) Die Fläche ist gegen die Kante 2.3 zu tief gefurcht. Der Krystall lag mehr mit der Fläche des Prismas $\propto P$ auf, so dafs die Kante 2.3 wohl die Unterlage berührte, aber nicht 3.4. Die Kante 3.4 war nach a zu etwas verletzt. Die Fläche b war beim Abkühlen —, ebenso die

Pyramidenfläche in a , die sich auch bei 30° C. noch nicht umkehrten, so daß sie vollständig unterdrückt waren. Es ist dies erklärlich, weil durch das Aufliegen des Krystalles an der Kante 2.3 mehr $+$ Elektrizität abgeleitet wurde, als von 3.4 $-$. Die beiden negativen Pole liegen auf 1.2 und 3.4 nach oben, die positiven auf 1.4 und 2.3 nach unten. Doch beherrschen auch die Pole noch Theile der Flächen in der Richtung von oben nach unten; so dehnt sich der $-$ Pol über die ganze Kante 1.2 aus, und der $+$ Pol 1.4 beherrscht die an 1.4 anliegende Seite der Fläche 4. Beim Erwärmen verhielt sich der Krystall gerade umgekehrt, so viel wegen der schwächern Elektrizität bestimmt wurde.

4) Krystall auf 2 gelegt. (Taf. I. Fig. 9.) Er lag gegen die Kante 2.3 hin auf, also mit den Flächen des Prisma $\propto P$; b war $-$, die Pyramidenflächen 2 und 3 gleichfalls, aber die Pyramidenflächen 4 und auch zum Theil 1 sind $+$. Der $+$ Pol auf 1.4 beherrschte die Umgebung der Kante 1.4, war aber unten bei weitem stärker und ausgedehnter als oben, und durch Vereinigung mit dem $+$ Pole, der unten auf 2.3 liegt, aber zum Theil abgeleitet war, beherrschte er auch die Theile der Fläche 3, welche nach b hin lagen. Der eine $-$ Pol lag deutlich auf 3.4 nach a hin, während der andere schwach angedeutet schien durch schwache $-$ Elektrizität auf 1 nach 2 zu.

5) Krystall auf 1 gelegt. Er lag mit der Fläche des Prismas $\propto \tilde{P}2$ auf, also mehr nach der Kante 1.2 hin. (Taf. I. Fig. 10.) Der $+$ Pol auf 2.3 war vorhanden, und ungefähr gegen die Mitte der Fläche 2 am stärksten; der $-$ Pol auf 3.4 nach a hin zeigte sich ebenfalls, so wie auch der zweite $+$ Pol unten auf 4, der zugleich in Verbindung mit dem andern $+$ Pole die untern Theile der Fläche 3 beherrscht. Die Pyramidenflächen schienen $-$ zu seyn. Wenn hier, wie in andern Fällen, das $+$ sich noch auf den Pyramidenflächen in a

zeigte, so hätten wir, wenn wir von a nach b über 3 oder 4 gingen, vier verschiedene Elektricitäten; erst in a +, oben auf 3 und 4 —, unten auf 3 und 4 +, und auf b wieder —.

IV.

Dieser ebenfalls brasilianische Krystall (Taf. I. Fig. 11.) hatte ziemlich dieselbe Ausdehnung der Hauptaxe, wie III.; sein Querschnitt war jedoch bedeutender. Es war dieser der schon früher von mir untersuchte. Er ist begrenzt von den Prismen ∞P und $\infty P2$ (letzteres jedoch ist nur sehr wenig ausgedehnt), der Pyramide P und dem horizontalen Prisma $2P\infty$, das nur oben auf der einen Kante 1.2 sich zeigte.

1) Krystall auf b gestellt. Er wurde auch auf dieser Fläche stehend erwärmt, und dann abgekühlt, so daß die von der Erwärmung herrührende Elektricität sich namentlich in den obern Punkten erst lange nach dem Auslöschen der Lampe umkehrte. Er stand nicht mit der ganzen Fläche b auf, sondern nur auf einem kleinen Ansatz an der Kante 3.4, und auf dem untern Theile der Kante 1.2. Es zeigten sich die Pyramidenflächen +, die Prismenflächen 1 ganz +, die obern Theile der Flächen 2, 3, 4 waren —, während die Flächen 3 und 4 an den untern Theilen + Elektricität hatten. 2 zeigte an dem untern Ende 0 ¹⁾).

2) Auf 1 gelegt. Die Pyramidenflächen 1 und 2 +, die beiden andern —; die Prismenflächen 2, 3, 4, und ebenso die Fläche b —. Wenn auch jetzt beim Abkühlen das + auf den untern Theilen der Prismenflächen

1) Bei der frühern Untersuchung stand der Krystall auf gleiche Weise. Ich hatte das + auf den Pyramidenflächen und unten auf den Prismenflächen wohl gefunden, aber das — oben auf den Prismenflächen nicht vermuthet, und also dort gar nicht untersucht. *Il fallait avoir envie de la trouver, pour l'appercevoir* sagt Haüy, in seinem *Traité de minéralogie*, von der Elektricität des Titanites.

chen sich nicht wie in No. 1. zeigte, so trat dasselbe doch deutlich beim Erwärmen (natürlich als —) auf; es waren beim Erwärmen nämlich die obern Theile der Flächen 2, 3 und 4 +, die untern —, und b wieder +.

3) Krystall auf 2 gelegt. Die Pyramidenflächen +; die — Pole zeigten sich oben auf 1 gegen 2 und 3 gegen 4 hin; die + Pole lagen dagegen unten auf 1 und 3. b war —, nur an der Kante von 2.3 noch +, wegen der Nähe des + Poles 2.3. Der — Pol auf 3 nach 4 hatte auch einen Theil der entsprechenden Pyramidenflächen eingenommen. Ging man von dem Pole a über die Pyramidenflächen und die Mitte der Prismenflächen nach b hinab, so fand man deutlich und stark vier verschiedene Elektricitäten, in a +, dann auf den Prismenflächen oben —, unten +, und dann in b wieder —. Beim Erwärmen umgekehrt.

4) Krystall auf 3 gelegt. (Taf. I. Fig. 11.) Alle Pole waren deutlich vorhanden. Die Pyramidenflächen +, die beiden — Pole auf 1.2 und 3.4 nach oben, die + Pole 1.4 und 2.3 mehr nach unten. Diese überwinden hier die — Elektricität in b so weit, daß nur noch ein kleiner Theil derselben an der Kante 3.4 — bleibt, wo das — offenbar noch durch den — Pol auf 3.4 unterstützt wurde. So wie früher der + Pol in a unterdrückt wurde, geschah es also hier mit dem — Pole b ¹⁾.

5) Krystall auf 4 gelegt. Aehnlich wie unter No. 4., nur daß die Fläche b ganz +, also ihr — Pol vollständig unterdrückt war.

V.

Ein ausgezeichnet schöner brasilianischer Topas

- 1) Ich hatte bei dem frühern Versuche fast den ganzen Krystall + gefunden, und nur ein kleiner Theil an b —, wenn er auf einer Seitenfläche lag. Es geht aus den jetzt mitgetheilten Versuchen hervor, daß er zufällig auf der Fläche 3 gelegen hat. Es ist dies um so wahrscheinlicher, da in dieser Lage sich die größten Pyramidenflächen und die Fläche des horizontalen Prismas am besten untersuchen ließen.

(Taf. I. Fig. 12.) von mehr als 3 Zoll Länge. Er wurde begränzt von denselben Flächen wie III. Die Prismenflächen waren sämmtlich abgerundet, so daß er beim Liegen auf einer Prismenfläche ziemlich mit der Mitte derselben auflag. Unter den Pyramidenflächen waren die auf 2 und 3 sitzenden am größten, also die auf einer Seite des makrodiagonalen Hauptschnittes gelegenen.

1) Krystall auf 1 gelegt. Beim Erwärmen war b $+$, beim Abkühlen $-$. Auf den Prismenflächen zuletzt beim Erwärmen fast überall $-$, beim Abkühlen fast überall $+$; ebenso auch die beiden größten Pyramidenflächen.

2) Krystall auf 2 gelegt. (Fig. 12.) Die Pyramidenflächen beim Abkühlen $-$, ebenso auch b , und fast die ganzen Prismenflächen; doch trat deutlich und stark der eine positive Pol unten auf 1.4 und den nächsten Umgebungen, so wie auch auf dem nach b zugelegenen Theile der Fläche 1 auf. Der andere $+$ Pol erschien weniger ausgebreitet ganz unten auf 3 nach 2.3 und b hin. Beim Erwärmen war die Vertheilung umgekehrt, und der beim Erwärmen $+$ (also beim Abkühlen $-$) Pol auf 3.4 war leicht nach dem Ende a zu durch seine Stärke zu bemerken.

3) Krystall auf 3 gelegt. Beim Erwärmen die Pyramidenflächen, b und fast sämmtliche Prismenflächen $+$, nur zeigte sich der $-$ (also beim Erkalten $+$) Pol auf 1.4 und 1 nach b hin. Beim Abkühlen die Pyramidenflächen $+$, b $-$, die Pyramidenflächen zu Ende ganz $+$. Anfangs zeigten sich auf 1 und 4 nach oben zu die $-$ Pole, verschwanden aber ungefähr bei einer Temperatur von 75° C. Von hier an war der ganze Krystall außer b , positiv.

4) Krystall auf 4 gelegt. Beim Erwärmen zuletzt Pyramiden- und Prismenflächen fast überall $-$. Beim Abkühlen Pyramidenflächen und b $-$, die Prismenflächen meist $+$, nur oben noch a zu eine negative Zone.

VI.

Beide Endpunkte dieses brasilianischen Krystalles waren durch die Theilungsfläche senkrecht gegen die Hauptaxe begrenzt. Die Prismenflächen waren $\propto P$ und $\propto P2$, letztere etwas mehr ausgedehnt als erstere.

1) Krystall auf b gelegt. Beim Erwärmen $a +$, die Prismenflächen — mit Ausnahme der Theile der Fläche 4, welche in der Mitte und unten nach 3 hin liegen; diese waren aber auch nur anfangs $+$. Beim Abkühlen $a -$, die Seitenflächen meist $+$; ein starker $+$ Pol deutlich unten auf 2, dagegen auf 3.4 besonders nach oben zu ein schwaches — oder 0, und ebenso auf 1.2 nach oben hin einige Theile 0. Es waren also an diesen Stellen die beiden — Pole durch die $+$ Pole überwunden.

2) Krystall auf a gestellt. Ähnlich wie vorhin, nur war der stärkste $+$ elektrische Punkt auf 2 jetzt näher nach a zu gerückt. b beim Erwärmen $+$, beim Abkühlen —, jedoch war bei oftmaliger Wiederholung des Versuches b auch beim Abkühlen $+$. Ueberhaupt ist in den Stellungen auf a und b die Elektrizität in b und a schwach. Beide Versuche No. 1 und 2. zeigen dasselbe, was Erman fand, die beiden Enden —, die Prismenflächen $+$. Die Ungleichheit in der Stärke der $+$ Elektrizität hat ebenfalls Erman bemerkt ¹⁾.

3) Krystall auf 1 gelegt. Wir haben schon an allen Krystallen bemerkt, dass die verschiedenen Pole auf den Prismenflächen nicht gleiche Stärke zu haben scheinen. Namentlich zeigt sich dies hier wieder, wo gewissermaßen nur eine Randaxe deutlich ausgebildet ist (ganz dasselbe wurde auch früher an einigen Bergkrystallen beobachtet): es scheint beim Abkühlen die — Elektrizität vorzugsweise die beiden Flächen 2 und 3, und die $+$ Elektrizität die beiden Flächen 1 und 4 zu beherrschen. Beim Erwärmen war Taf. I. Fig. 13 a und

1) Poggend. Ann. Bd. XXV. S. 607.

b und 4 +, 2 und 3 —, später auch 4 —; beim Abkühlen Fig. 14. *a*, *b* und 4 —, 2 und 3 +. Das — auf 4 und *b* am stärksten. Da beide Enden verbrochen, so läßt sich nicht bestimmen, welches Ende eigentlich dem *a* und *b* entspricht.

4) Auf 2 gelegt. Beim Erwärmen *a*, *b*, 1 und 4 +, 3 aber —; beim Abkühlen *a*, *b*, 1 und 4 —, 3 +.

5) Auf 3 gelegt. Beim Abkühlen *a*, *b*, 1 und 4 —; 2 besonders nach *b* und 3 hin —.

6) Krystall auf 4 gelegt. Beim Erwärmen *a* und *b* +, Prismenflächen —. Beim Abkühlen *a* und *b* —, sonst +, am stärksten auf 3, am schwächsten auf 1 nach 2, wo ein — Pol liegen sollte.

Einen auf gleiche Weise an beiden Enden durch die Theilungsfläche begränzten Krystall muß Erman ¹⁾ zu seinen Versuchen angewendet haben; es geht dieß auch daraus schon hervor, daß er ihn auf beide Enden stellen konnte. Er untersuchte die Elektricität auf die Weise, daß er den Krystall auf den Teller eines Elektrometers legte, und die einzelnen Punkte des Krystalls ableitend berührte. Lag der Krystall auf einer Seitenfläche, so erhielt er positive Reaction wenn er irgend eines der beiden Enden ableitend berührte, aber keine wenn er irgend eine der andern Seitenflächen berührte. Stand er auf einem Ende aufrecht, so erhielt er keine Reaction durch Berührung des nach oben stehenden Endes, wohl aber eine negative bei jeder ableitenden Berührung der Seitenflächen. Ich untersuchte meinen Krystall auf gleiche Weise und fand:

7) wenn er auf *b* steht, und die Mitte von *a* abgeleitet wird, so theilt *b* dem isolirten Tische schwaches + mit, aber 0, wenn die ganze Fläche *a* mit dem Finger berührt wird. Werden die Seitenflächen berührt, so giebt *b* stets — Elektricität ab.

1) Poggend. Ann. Bd. XXV. S. 607. Jahrbüch. der Berl. Academ. 1829.

8) Auf *a* gestellt. Ebenso, nur durch ableitende Berührung von *a* theilt *b* dem isolirten Tisch auch schwache — Elektricität mit.

9 u. 10) Auf 1 oder 4 gelegt. Durch Ableitung von *a* und *b* der isolirte Tisch + und keine Reaction durch Berührung von 4 oder 1; durch Berührung von 2 und 3 —.

11 u. 12) Auf 2 oder 3 gelegt. Durch Ableitung von *a* und *b* der Tisch +, durch Ableitung von 4 und 1 schwach +, durch Ableitung von 3 oder 2 schwach —. Es ist dieß natürlich, weil 2 und 3 positive, 1 und 4 aber negative Elektricität besitzen. Auch Erman bemerkte Aehnliches, ohne es weiter zu verfolgen. Er sagt: »Zwar ist es einige Mal auch vorgekommen, daß einige Seitenflächen eine etwas stärkere Elektricität bedingten als andere, aber dieß schien bei genauerer Prüfung seinen Grund zu haben in einer zufällig größern Breite der Fläche und der entsprechenden größern Menge der ableitenden Berührungspunkte; auch könnte immerhin eine etwas größere Leitungsfähigkeit an einer Stelle des Krystalles zufällig vorwalten.« Der wahre Grund hiervon liegt in den Polen der Seitenflächen.

VII.

Dieser brasilianische Krystall war an seinen beiden Enden unregelmäßig abgebrochen, und zeigte ebenfalls wie VI an seinen beiden Enden beim Erwärmen +, beim Abkühlen — Elektricität. Auch in der Elektricität seiner Seitenflächen war er dem Krystall VI ziemlich ähnlich, so daß ich die einzelnen Versuche nicht weiter anführen will.

VIII.

Es war noch nöthig auch einen sächsischen Topaskrystall zu untersuchen, und nachzuweisen, daß auch bei ihm dieselbe Vertheilung der Elektricität sich findet. Der angewandte Krystall war ziemlich groß, jedoch nur an seinem obern Ende ausgebildet. Unten wurde er von der Theilungsfläche begrenzt. Die mit der Axe paral-

lelen Flächen waren die drei Prismen $\propto P$, $\propto P2$, $\propto P3$; die gegen die Axe geneigten P , $\frac{2}{3}P$ und $2P\infty$; senkrecht gegen die Axe $0P$.

1) Er wurde auf b gestellt; a war $+$ beim Abkühlen, und eben so die Kanten 1.4 und 2.3. Die Kanten 1.2 und 3.4 waren bei dem ersten Versuche 0, bei spätern aber schwach $-$.

2) Krystall auf a gestellt. b war $-$ beim Abkühlen und eben so stark 1.2 und 3.4; 1.4 und 2.3 sind 0, nur nach a hin zeigt sich auf beiden Kanten noch ein sehr schwaches $-$.

Es geht aus beiden Versuchen sehr deutlich hervor, dafs aufer der Vertheilung der Elektricität nach der Hauptaxe, auch die andern vier Pole in den Seitenkanten vorhanden sind, und zwar ebenso wie früher die beiden positiven auf 1.4 und 2.3, und die beiden negativen in 1.2 und 3.4. Zugleich zeigt auch der zweite Versuch, dafs die negativen Pole auf 1.2 und 3.4 nach dem Ende a zu liegen. (Bei dem ersten hatte ich auf die genaue Lage nicht geachtet.)

Wir sehen oben einen merkwürdigen Unterschied zwischen den sibirischen und brasilianischen Krystallen in Beziehung auf die elektrische Vertheilung in der Hauptaxe (die sächsischen scheinen, wenn ich von dem einen untersuchten Krystall auf die übrigen schliesen darf, ungefähr die Mitte zu halten, so fern ihre Gestalt mit der Gestalt des untersuchten übereinstimmt). Wir finden gleichfalls einen Unterschied zwischen diesen Krystallen in Beziehung auf die Flächen, welche sie begränzen. Es ist also natürlich, dafs wir die elektrischen Abweichungen nur in der Abänderung der Formen zu suchen haben.

In elektrischer Hinsicht unterscheiden sich die sibirischen Krystalle hauptsächlich dadurch von den brasilianischen, dafs bei erstern die elektrische Vertheilung nach der Hauptaxe am stärksten ist, während in den brasilianischen die positive Elektricität des obern Endes (ich

rede jetzt der Einfachheit wegen stets nur von der Elektricität während der Abkühlung) sehr leicht durch die auf den obern Theilen der Kanten gelegenen — Pole überwunden wird. Da nun in den sibirischen Krystallen die Flächen des horizontalen Prismas $2P\infty$ und des verticalen Prismas $\infty P2$ besonders stark ausgebildet sind, bei den brasilianischen diese Flächen aber nur untergeordnet auftreten, ja die Flächen des horizontalen Prismas $2P\infty$ (wenigstens in den von mir untersuchten Krystallen) fast immer fehlen, so liegt es nahe das Verschwinden der positiven Elektricität des obern Endes a von dem Verschwinden der Flächen $2P\infty$ und $\infty P2$ abhängig zu machen. Es läßt sich auch der Grund dieses Zusammenhanges näher angeben. Die Gestalten $2P\infty$ und $\infty P2$ entstehen aus der Grundgestalt durch Verlängerung der Brachydiagonale, die in der Gestalt $2P\infty$ ins Unendliche, in der Gestalt $\infty P2$ aber nur um das Doppelte vergrößert ist. In der Brachydiagonale liegen, wie wir gesehen, aber die beiden positiven Pole. Wir können uns also gar nicht wundern, wenn durch die Vergrößerung der positiven Brachydiagonale die positive Elektricität des obern Endes verstärkt wird, und diese Verstärkung namentlich mehr noch durch die Verlängerung bis ins Unendliche (durch die Gestalt $2P\infty$) als durch die bloße Verdoppelung (in der Gestalt $\infty P2$) hervorgebracht wird. Es stimmt hiermit auch sehr gut überein, daß bei dem Krystall No. IV. sich unter allen brasilianischen am obern Ende die stärkste positive Elektricität fand; er allein trug auch unter allen am obern Ende noch auf der einen Seite die eine Fläche von $2P\infty$.

Ja es scheint, als ob die positive Elektricität des obern Endes allein durch die Gestalten, welche zur brachydiagonalen Krystallreihe gehören, bedingt sey. Be-

trachten wir nämlich die beiden von Haüy beobachteten vollständigen aber unsymmetrischen Topaskrystalle genauer, so sind es wirklich brachydiagonale Gestalten, welche das obere Ende von dem untern unterscheiden.

Bei dem einen sind es die Flächen von $\check{P}\infty$, bei dem andern die Flächen von $\frac{4}{3}P2$, welche nur an dem obern Ende sich finden (in beiden Gestalten hat die Brachydiagonale noch dazu dieselben Werthe als in $2P\infty$ und $\infty\check{P}2$).

In den an beiden Enden durch die Theilungsfläche begränzten Krystallen VI. und VII. finden wir, wenigstens in der Lage auf einer Seitenfläche, an beiden Enden negative Elektricität, dafs aber doch beide Enden nicht ganz gleich sind zeigen die Versuche VI. 1 und 2, bei denen der Krystall auf den Flächen a und b stand. Die Fläche a war —, b dagegen nur im ersten Versuche —, sonst +. Würste man, wie dieses Bruchstück im ganzen Krystall gesessen hätte, so könnte man die Erscheinung sicher erklären. Nehmen wir an, dafs das Ende a wirklich dem obern Ende zunächst gelegen habe, und b dem untern, so wäre die — Elektricität in a Folge des Uebergreifens der negativen Pole auf den Kanten, die sich in der Nähe von a finden, und die + Elektricität in b Folge des Uebergreifens der positiven Pole. Es ist dieß wahrscheinlich, weil, wenn er auf einer Seitenfläche liegt, beide Enden stark — sind, also nur ein Ueberwiegen der — Elektricität über den + Pol a sich zeigt; die negative Elektricität in b bleibt, wie in den meisten der übrigen brasilianischen Krystalle, an denen auch ein solches Ueberwiegen der — Elektricität in der Nähe von a sich findet.

Es ist mir nicht unwahrscheinlich, dafs bei den übrigen Krystallen, in denen ich bis jetzt nur eine elektrische Axe gefunden habe, auch in den übrigen krystallographischen Axen noch elektrische Axen liegen. So hat

vielleicht der Turmalin nach seinen drei Randaxen auch noch schwache elektrische Axen, wie der Bergkrystall außer seinen drei elektrischen Randaxen nach der Hauptaxe eine schwache Vertheilung zeigt. Die Auflindung dieser elektrischen Axen in den übrigen Krystallen wird vielleicht durch die jetzt mitgetheilten Versuche über den Topas erleichtert, wo der krystallographische Zusammenhang der unsymmetrischen Flächen mit der einen Nebenaxe (der Brachydiagonale der Basis) auch zu gleicher Zeit den elektrischen Zusammenhang anzeigt. So sind es beim Zucker und bei der Weinsäure die Flächen des Klinoprismas, welche die Unsymmetrie hervorbringen. Die Orthodiagonale, welche bei ihnen als elektrische Hauptaxe dasteht, ist nun an dem Ende, an welchem das Klinoprisma erscheint, positiv; demnach enthielte dann die Klinodiagonale zwei positive Pole an ihren Enden (wie die Brachydiagonale des Topases), und die Hauptaxe zwei negative Pole (wie die Makrodiagonale des Topases), wenn nicht ein anderes krystallographisches System andere Erscheinungen hervorbringt. Auch können diese Pole sehr versteckt werden durch die Stärke der elektrischen Hauptaxe, so daß sie nur in geeigneten Krystallen sichtbar werden.

Vor allem aber scheinen mir diese Versuche über den Topas neues Licht zu werfen auf die mit dem weinsauren Kali-Natron angestellten. Dieses Salz gehört auch mit dem Topas zu demselben krystallographischen Systeme. Ich fand in dem als Zwilling betrachteten Krystall desselben (Pogg. Ann. Bd. XLIX. S. 502.) 4 Pole, von denen je zwei gegenüberliegende gleichnamig elektrisch waren. Diese damals einzige Vertheilung der Elektricität, die noch dazu ganz mit der Elektricität der Zwillinge des Zuckers und der Weinsäure übereinstimmte, veranlafste mich auch diesen Krystall als Zwilling zu betrachten. Nehmen wir ihn indess als einfachen Krystall,

und stellen ihn so, daß die beiden an den entgegengesetzten Enden gleichnamigen Axen in die krystallographischen Nebenaxen fallen, so stimmt seine Elektricität mit der Elektricität des Topases überein, nur ist die Elektricität nach der neuen Hauptaxe noch nicht bestimmt.

Auch im Titanit scheint außer den bisjetzt bestimmten zwei elektrischen Axen noch eine dritte in der Richtung der Orthodiagonale vorhanden zu seyn. Darauf deuten mehrere der in Pogg. Ann. Bd. L. S. 247 ff. mitgetheilten Beobachtungen, daß nämlich in den Endpunkten dieser Diagonale die Elektricität oft stärker war als in der Ebene des klinodiagonalen Hauptschnittes, der die beiden schon bestimmten Axen enthält. Es liefs sich der Krystall nur nicht in geeignete Lagen bringen, um diese Axe mit Sicherheit zu bestimmen.

III. *Einige Versuche über den Einfluß der Form und der Temperatur auf die Elektricität des Boracits; von Dr. Hankel.*

Es ist für die Elektricität der Krystalle von der größten Wichtigkeit, die elektrischen Pole an den verschiedenen vorkommenden Krystallgestalten eines und desselben Minerals genau kennen zu lernen, indem wahrscheinlich der Grund des Auftretens der verschiedenen Flächen in dem verschiedenen Verhalten der elektrischen Axen liegt. Ich habe diese Untersuchung genauer durchgeführt für den Topas (s. die vorhergehende Abhandlung), und gezeigt, wie mit dem Auftreten der Flächen des horizontalen Prismas $2P\infty$, welche an den sibirischen Krystallen sich finden, eine große Veränderung in den elektrischen Axen verbunden ist; indem nur bei dem deutli-