

7. Sekundärliteratur

**Zu der öffentlichen Prüfung, welche mit den Zöglingen
der Realschule I. Ordnung im Waisenhouse zu Halle am ...
in dem Versammlungssaale des neuen ...**

Halle (Saale), 1838

Die electrisch-vielaxigen Krystalle.

Nutzungsbedingungen

Die Digitalisate des Francke-Portals sind urheberrechtlich geschützt. Sie dürfen für wissenschaftliche und private Zwecke heruntergeladen und ausgedruckt werden. Vorhandene Herkunftsbezeichnungen dürfen dabei nicht entfernt werden.

Eine kommerzielle oder institutionelle Nutzung oder Veröffentlichung dieser Inhalte ist ohne vorheriges schriftliches Einverständnis des Studienzentrums August Hermann Francke der Franckeschen Stiftungen nicht gestattet, das ggf. auf weitere Institutionen als Rechteinhaber verweist. Für die Veröffentlichung der Digitalisate können gemäß der Gebührenordnung der Franckeschen Stiftungen Entgelte erhoben werden.

Zur Erteilung einer Veröffentlichungsgenehmigung wenden Sie sich bitte an die Leiterin des Studienzentrums, Frau Dr. Britta Klosterberg, Franckeplatz 1, Haus 22-24, 06110 Halle (studienzentrum@francke-halle.de)

Terms of use

All digital documents of the Francke-Portal are protected by copyright. They may be downloaded and printed only for non-commercial educational, research and private purposes. Attached provenance marks may not be removed.

Commercial or institutional use or publication of these digital documents in printed or digital form is not allowed without obtaining prior written permission by the Study Center August Hermann Francke of the Francke Foundations which can refer to other institutions as right holders. If digital documents are published, the Study Center is entitled to charge a fee in accordance with the scale of charges of the Francke Foundations.

For reproduction requests and permissions, please contact the head of the Study Center, Frau Dr. Britta Klosterberg, Franckeplatz 1, Haus 22-24, 06110 Halle (studienzentrum@francke-halle.de)

urn:nbn:de:hbz:061:1-181344

stalle*) abgebildet Fig. 8—12. in jener Dissertation. Die Unsymmetrie tritt bei ihnen auf eine ausgezeichnete Weise auf. Die einfachen Krystalle zeigen an dem einen Ende der Hauptaxe die Fläche senkrecht gegen dieselbe, und horizontale Prismen, die meist nur einer Axe parallel sind; am andern Ende findet sich nur die Fläche senkrecht gegen die Hauptaxe, entweder glänzend oder parallel den Seiten der rechtwinkligen Basis gestreift. Man ist anfangs geneigt, die Zwillinge für die einfachen Krystalle zu halten, indem diese als vollständige symmetrische Krystalle erscheinen; sie sind aber durch zwei einfache mit der Grundfläche zusammengesetzte Krystalle gebildet. Auch die äußere Form deutet die Zwillingbildung, wenn auch schwach, doch deutlich an. — Das obere Ende der Axe des einfachen Krystalles, welches die Flächen der horizontalen Prismen trägt, ist +, —; das untere dagegen —, +.

Die Temperaturerhöhung darf nur äußerst gering seyn, indem die Electricität ebenso schnell als sie auftritt, wegen der leichten Schmelzbarkeit des Salzes auch wieder verschwindet.

Die Electricität aller drei künstlichen Krystalle, des Zuckers, der Weinsäure und des Seignettesalzes ist stark.

Die electrisch:vielsaxigen Krystalle.

Wir können diese Krystalle wieder eintheilen nach der Zahl ihrer Axen, indem von den vier hieher gehörigen Krystallen der erste zwei (wenigstens innerhalb gewisser Temperaturgränzen), der zweite drei, die beiden letzten sogar noch mehrere Axen besitzen.

1) Der Titanit. Hauy fand ihn electrisch, aber nicht in allen seinen Formen; er schreibt die Electricität nur den im Aeußern unsymmetrisch gebildeten zu. Bei oft wiederholten Versuchen gelang es mir indeß zuletzt auch, die einfachen grünen, mit Chlorit gemengten, regelmässigen Krystalle electrisch zu finden. Hauy giebt nichts Näheres über die Vertheilung der Electricität an, die sich ihm nur so schwach darbot, daß er sagt, man müsse Lust haben, sie zu finden, um sie wahrzunehmen.

*) Das Verhältniß der Hauptaxe zu der einen Diagonale der Basis ist 1 : 0,8098. Es finden sich die Gestalten OP , $\frac{P\infty}{2}$, $\frac{2P\infty}{2}$, $\infty P\infty$, $\infty P\infty$.

Die von mir zur Untersuchung angewandten grünen Krystalle gleichen in der Form dem in G. Rose's*) Inaugural-Dissertation über den Titanit Fig. 2., und daraus in Raumann's Krystallographie Fig. 773. abgebildeten Krystalle; nur sind die Prismenflächen noch niedriger. Beim Erwärmen dieser einfachen Krystalle ist die Electricität nicht stark genug, um deutlich wahrgenommen werden zu können; das selbe gilt auch von dem Anfange des Erkalts, wenn sie stark erhitzt worden sind. Bei weiterer Abkühlung aber, ungefähr in einer Temperatur von 58° C., zeigen sie vier electrische Pole, zwei positive und zwei negative, von denen merkwürdig genug die beiden positiven und die beiden negativen einander diametral gegenüberliegen. Die positiven Pole liegen auf der Fläche P und P', oder auf den Kanten gebildet durch die Flächen P und x', und P' und x; die beiden negativen dagegen auf den Flächen y und y' oder den Kanten gebildet von y und x, und y' und x'. Ihre Lage läßt sich nicht genau bestimmen, und ich hege die Vermuthung, daß sie vielleicht in den Endpunkten der beiden schiefwinkligen Axen liegen. Gehen wir also um den Krystall in der Ebene des klinodiagonalen Hauptschnittes herum, so treffen wir zwei positive Pole, welche mit zwei negativen abwechseln.

Die Zwillinge des Titanits, welche im Allgemeinen eine stärkere Electricität zeigen, geben für diese Beobachtung eine neue Bestätigung. Ein Zwillingsskrystall, an dem der eine Krystall groß war, der andere sehr kleine aber auf der einen Seite des größern auffaß, gab für den größern Krystall folgende Resultate.

Temperatur.	Electricität in			
	P.	y.	P.	y'
$25^{\circ} - 50^{\circ}$	+	+	-	-
$50^{\circ} - 100^{\circ}$	-	-	+	+
100°	.	.	.	.
. . . . 100°	.	.	.	.
$100^{\circ} - 50^{\circ}$	+	-	+	-
$50^{\circ} - 25^{\circ}$	-	-	+	+

Die Temperaturen sind nur ernährend, und bezeichnen keinesweges genau die Gränze dieser Wechsel. Darauf kommt es jetzt auch weniger an.

Betrachten wir den Krystall zu Anfang des Erwärmens und zu Ende des Erkalts, so finden wir einen vollständigen Gegensatz; nicht so dagegen innerhalb der Temperatur $50 - 100^{\circ}$. Innerhalb dieser Temperatur zeigt sich beim Erkalten

*) De sphenis atque titanitae systemate crystallino. Berol. 1820.

die an den einfachen Krystallen beobachtete merkwürdige Electricitätsvertheilung. Man könnte geneigt seyn, nicht die gegenüberliegenden Pole als zusammengehörig und eine Aze bildend aufzufassen, sondern die zwei neben oder vielmehr unter einander liegenden, so daß die eine electricische Aze von P' gegen y' , die zweite dagegen von P gegen y gerichtet wäre. Wir erhielten dann zwei parallele Azen, die an ihren beiden Endpunkten stets entgegengesetzte Electricität hätten, sowohl beim Erwärmen als auch beim Erkalten.

Die Durchwachsung der Zwillinge, oder die Ausbildung der Zwillingsskrystalle über die Zusammensetzungsfläche hinaus ist gleichfalls ein neuer Beweis für diese Vertheilung, und die Vertheilung der Electricität in diesen Zwillingen konnte nur so der Vertheilung derselben in den übrigen Krystallen gleich werden. Doch davon nachher.

An den einfachen grünen Krystallen konnte ich keine unsymmetrischen Flächen bemerken; wohl aber an den Zwillingen. Es lag auf der Fläche x (d. h. auf der Seite, auf welcher der kleine Krystall aufgewachsen ist, und P' und y sich finden) nach rechts und links zu eine gegen x nur sehr schwach geneigte Fläche; ihre krystallographische Bestimmung war nicht möglich. Auf der entgegengesetzten Seite x' finden sich keine Spuren davon.

2) Der Bergkrystall. Nicht minder eigenthümlich als im Titanit fand ich die Vertheilung der Electricität im Bergkrystall. Es hat dieser nämlich drei electricische Azen, welche ungefähr mit den drei Randaxen des Krystalles zusammen fallen. Ob noch eine vierte Aze nach der Hauptaxe sich finde, darüber später mehr.

Wir haben also sechs Pole, drei positive und drei negative, welche mit einander auf den Prismenflächen abwechseln. Es scheint anfangs, als könnte man die Electricität einer Prismenfläche nicht aus der Krystallgestalt bestimmen, da sie ja alle gleichartig sind. Es gelingt dieß indeß doch durch die Unsymmetrie, welche in der Ausbildung der Flächen sowohl der Pyramide als des Prismas herrscht.

Am stärksten electricisch habe ich bis jetzt die Krystalle von Striegau in Schlesien gefunden, die durch ihre Größe und vollkommene Ausbildung an beiden Enden nicht minder ausgezeichnet sind, als durch die constante Unsymmetrie der Flächen. An dem einen Endpunkte nämlich, den ich den obern A nennen will, sind drei Flächen der sechsseitigen Pyramide abwechselnd groß, und die drei dazwischenliegenden klein, so daß sie das Ansehen zweier Rhomboeder erhalten. Am untern Endpunkte B dagegen sind meist nur zwei gegenüberliegende Flächen groß, die übrigen vier aber klein, so daß statt der Polecke eine Kante entsteht. Die beiden größten Pyramidenflächen in B sitzen dann auf den beiden breitesten gegenüberliegenden Flächen des Prismas. Eine dieser breitesten Prismenflächen trägt dann auch in A eine große Pyramidenfläche,

die andere dagegen eine kleine. Bezeichnen wir nun diese breiteste Prismenfläche, welche sowohl in A als B eine große Pyramidenfläche trägt mit 1, die gegenüberliegende mit 4, und denken uns den Krystall mit der Fläche 4 so vor uns auf den Tisch gelegt, daß das Ende B auf uns zu, A aber von uns abgewandt ist, so sey die rechts neben 1 liegende Fläche 2, die zwischen 2 und 4 (rechts unter 2) liegende 3; die links neben 1 liegende 6, und die zwischen 6 und 4 (links unter 6) liegende 5. Die Pole liegen nun nicht in der Mitte der Fläche, sondern stets rechts nach derjenigen Kante hin abgelenkt, deren anliegende Fläche durch die größere Zahl bezeichnet ist. Es liegt also der Pol von 1 nicht mitten in der Fläche 1, sondern abgelenkt nach der Kante, gebildet durch die Flächen 1 und 2, und beherrscht sogar noch einen kleinen Theil der Fläche 2, welcher an der Kante 1.2 anliegt; der Pol auf 2 liegt ebenso nach der Kante 2.3 abgelenkt u. s. w. Ich will der Kürze halber den Pol auf 1 (der aber nach 1.2 abgelenkt ist) bezeichnen durch 1, und so auch die übrigen. Dann ist 1 +, —; 2 —, +; 3 +, —; 4 —, +; 5 +, —; 6 —, +.

Am regelmäsigsten, obwohl schwächer, kann man alle sechs Pole wahrnehmen, wenn der Krystall an den Endpunkten seiner Hauptaxe gehalten ist. Liegt der Krystall dagegen auf einer Seitenfläche, so wird die daselbst befindliche Electricität mehr oder weniger abgeleitet, und die entgegengesetzte gewinnt dadurch die Oberhand; hiedurch werden dann oft Pole unterdrückt, die aber gleich wieder hervortreten, sobald der Krystall auf eine andere Fläche gelegt wird. Wird ein + Pol durch die Unterlage abgeleitet, so zeigt der Krystall stark die negativen Pole; an der Stelle der positiven findet sich entweder noch sehr schwache positive Electricität, oder keine, oder selbst negative, die aber bedeutend schwächer ist, als auf den negativen Polen. Das Umgekehrte geschieht, wenn ein negativer Pol abgeleitet wird.

Es sind ferner nicht alle Pole gleich stark; es scheint im Allgemeinen die stärkste electricische Axe mit der größten Randaxe zusammen zu fallen. Die Pyramidenflächen sind in den Theilen, welche dem Prisma zunächst liegen, den entsprechenden Prismenflächen gleichnamig electricisch; doch entstehen Unregelmäßigkeiten hierin, indem die Pole nicht immer mitten auf den Prismenflächen grade zwischen beiden Endpunkten der Hauptaxe liegen, sondern dem einen Endpunkte näher gerückt erscheinen, als dem andern. Sollte nicht diese Verschiebung der Pole in Verbindung stehen mit der Lage der eigenthümlichen plagiedrischen Flächen, welche das Verhalten des Bergkrystalles zum Licht anzeigen? Mitunter fand ich die Pole gerade da, wo diese Flächen auftreten. Es ist indeß unmöglich die Lage der Pole genau zu bestimmen. Die beim Erkalten negativen lassen sich im Allgemeinen genauer bestimmen als die positiven. Es finden sich nämlich außer den drei Prismenflächen auch gemeiniglich noch die beiden

Endpunkte der Hauptaxe beim Erkalten positiv, so daß die Größe der Fläche, über welche die positive Electricität ausgebreitet ist, bedeutend größer ist als die, welche die negative beherrscht.

Ich möchte auch behaupten, daß nach der Hauptaxe noch eine electrische Axe, wenn gleich schwächer ausgebildet, sich finde. Ich habe zwar so eben angeführt, daß beide Enden gewöhnlich beim Erkalten positiv sind, muß aber noch hinzufügen, daß A an Stärke B übertrifft, was man freilich als natürliche Folge der Ausbildung von A als Ecke und B als Kante ansehen könnte. An zwei Krystallen indeß fand ich den untern Endpunct negativ. Dazu kommt noch ein anderer Versuch. Ich ließ einen Bergkrystall durchschneiden, und die Durchschnittsflächen waren etwas conver, so daß, wenn beide Theile auf die neuen durch den Schnitt entstandenen Flächen gestellt wurden, sie nur mit den Puncten die Metallplatte berührten, die ungefähr die Mitte der Schnittflächen ausmachten. In beiden Hälften zeigte sich bei dieser Stellung eine ganz verschiedene Erscheinung. Der Theil, welcher A enthielt, ward beim Erkalten ganz —, beim Erwärmen dagegen +; es mußte also der Gegensatz abgeleitet seyn. Der Theil, welcher B enthielt, war beim Abkühlen ganz +, es mußte also — abgeleitet seyn. Die ableitenden Puncte hatten früher aneinander gesessen, und doch leitete der eine +, der andere — ab. Deutet dieß nicht ebenfalls auf eine electrische Polarität nach der Hauptaxe? Als die Krystalle auf die Prismenflächen gelegt wurden, zeigten sie sich wieder vollkommen regelmäßig, und ebenso, als die Convergität hinweggeschliffen war, so daß die Kanten aller sechs Prismenflächen aufstanden.

Die untersuchten Krystalle hatten mehr als 1", ja oft mehr als 2" in der Länge, und oft auch mehr als 1" im Durchmesser. Die Temperatur, welche zum merkbaren Erscheinen der Electricität des Bergkrystalles erfordert wird, ist nicht bedeutend. Bei einem seit 24 Stunden nicht erwärmten Krystalle genügte schon eine Erhitzung bis 37° C. Beim wiederholten Erhitzen kann sie bedeutend niedriger seyn.

3) Der Rhodicit. Dieß von G. Rose*) entdeckte und von ihm gleichfalls in Bezug auf seine Electricität untersuchte Mineral krystallisirt in deutlichen Dodekaedern, an denen nur die abwechselnden dreiflächigen Ecken durch sehr glatte und glänzende Flächen eines Tetraeders schwach abgestumpft sind. Die electrischen Axen verbinden zwei entgegengesetzte dreiflächige Ecken des Dodekaeders, sind also der Zahl nach vier. Diejenigen Ecken, an welchen sich die Tetraederflächen finden, werden bei

*) Pogg. Annal. 39. 321.

abnehmender Temperatur positiv electrisch, bei zunehmender negativ, die nicht abgefrumpften sind beim Erkalten negativ, beim Erwärmen positiv.

Ich habe bis jetzt keine Krystalle dieses Mineralen untersuchen können, weiß also nicht, ob die neuen am Boracit von mir aufgefundenen Verhältnisse auch von den Krystallen des Rhodocits gelten. Die Gleichheit seiner Form indeß mit der Form des Boracits, und die Uebereinstimmung beider in der Lage der schon beobachteten electrischen Axen macht die Vermuthung mehr als wahrscheinlich, daß auch in den vierflächigen Ecken des Rhodocits neue electrische Pole liegen, und daß sämtliche Pole mehrfachen Wechselln unterworfen sind.

4) Der Boracit. Haüy nahm vier electrische Axen an, welche ebenso liegen und dieselbe Polarität haben, wie sie G. Rose an den Krystallen des Rhodocits fand. Die Würfecken mit den unsymmetrischen Flächen sind beim Abfühlen positiv, beim Erwärmen negativ; die vier andern verhalten sich umgekehrt.

Es fiel mir bei Wiederholung dieser Versuche ein, daß auch in der Mitte der Würfel Flächen, oder was dasselbe ist in den vierflächigen Eckpunkten des Dodekaeders neue Pole sich finden könnten. Meine Vermuthung ward durch die Versuche bestätigt. Ja ich bin der Meinung, (und die deßhalb angestellten Versuche sind nicht dagegen), daß auch in der Mitte der Würfelkanten, oder der Mitte der Dodekaederflächen, oder in den 12 Trapezoederecken noch 12 neue Pole liegen.

Als ich indeß die schwache Kraft der Pole in der Mitte der Würfel Flächen zu verstärken suchte, bemerkte ich merkwürdige Umkehrungen. Eine genauere Untersuchung gab Resultate, welche ich lieber durch Darlegung einzelner derselben, als durch Beschreibung mittheilen will. Ich wähle hiezu zunächst die mit den Zahlen XIX und XX in obigen Abhandlungen bezeichneten und an einem Dodekaeder angestellten Versuche, wo also die Mitten der Würfel Flächen als octaedrische vierflächige Ecken ausgebildet waren. Ich bezeichne die Flächen mit den Zahlen 1—12, und die Ecken durch die Zahlen der umliegenden Flächen. Im Versuch XIX stand diejenige Aze des Krystalles, welche durch die dreiflächigen Ecken 1.2.5. und 7.11.12. geht, vertical, so daß die Ecke 1.2.5. die obere war. Die sieben hier angeführten Ecken bilden die obere Hälfte. Im Versuch XX stand dieselbe Aze vertical, aber die Ecke 7.11.12. war die obere. Die sieben hier angeführten Ecken bilden die andere Hälfte.

XIX.

Beim Erwärmen.

1.2.5.	— — — — + + — — — + + + + + etc.
2.3.6.	+ + — — + + — — — — 0 0 — — etc.
1.2.3.4.	+ — — — + + — — + + + + + + etc.
1.4.8.	+ — — — + + — — — — — — — — etc.
1.8.9.5.	+ — — — + + — — — — — 0 0 — — ¹⁾ etc.
9.5.10.	+ — — — + + — — — — — — — — etc.
5.2.6.10.	+ — — — + + — + + + + + + + etc.

Beim Erfalten.

1.2.5.	+ + — + + + + + + + + etc.
2.3.6.	— — — + + + + + — — — etc.
1.2.3.4.	+ — — + + + + + — — — etc.
1.4.8.	— — — + + + + — — — — etc.
1.8.9.5.	+ — + + + + + + — — — etc.
9.5.10.	— — + + + + + — — — — etc.
5.2.6.10.	+ — + + + + + + + — — etc.

XX.

Beim Erwärmen.

7.11.12.	²⁾ 0 + + 0 — — — — — etc.
8.9.12.	— + + — — — + 0 0 + etc.
8.12.7.4.	— + + — — — — 0 — + etc.
4.7.3.	— + + — — — + + 0 + etc.
3.6.7.11.	— + + — — + + + + + etc.
6.11.10.	— + + — — + + + + + etc.
10.11.12.9.	³⁾ 0 + + — — + + + + + etc.

Beim Erkalten.

7.11.12.	— + — — — — — — — — — — etc.
8.9.12.	0 + — — — — — — + + + + + etc.
8.12.7.4.	+ + — — — — — — — — — — 0 etc.
4.7.8.	+ + — — — — — — — + + + + etc.
8.6.7.11.	+ + — — — — — — — — — — 0 etc.
6.11.10.	+ + — — — — — — — + + + + etc.
10.11.12.9.	+ + — — — — — — — — — — 0 etc.

Betrachten wir diese Versuche genauer, so finden wir an allen Würfecken gleich viel Wechsel. Die einen sind beim Erwärmen — + — +, beim Erkalten + — +; die andern vier dagegen + — + — beim Erwärmen, und — + — beim Erkalten. Die sechs octaedrischen oder vierflächigen Ecken dagegen zeigen eine merkwürdige Verschiedenheit. Die drei Ecken in XIX sind beim Erwärmen + — + — +, beim Erkalten + — + —; die drei in XX beim Erwärmen — + — +, und beim Abkühlen + — 0. Scheinbare Ausnahmen finden sich in diesen Versuchen an den mit 1, 2 und 8 bezeichneten Stellen. Eine vorher angestellte specielle Untersuchung jeder einzelnen Ecke (die ich ebenfalls in jener Abhandlung mitgetheilt habe) zeigt jedoch, daß diese Ecken durchaus keine Ausnahmen machen; es sind die Wechsel hier nicht beobachtet, weil sie während der Untersuchung der übrigen Ecken Statt fanden. Noch muß ich darauf aufmerksam machen, daß nicht die Wechsel an allen Polen zu gleicher Zeit eintreten; nur der letzte Wechsel beim Erwärmen und Erkalten zeigt sich überall ziemlich gleichmäßig, was noch mehr bei den einzelnen Untersuchungen als hier hervortrat. Die drei octaedrischen Ecken, welche zuletzt beim Erkalten Null sind, haben wahrscheinlich in tieferer Temperatur noch einen Wechsel. Man könnte vermuthen, ihre negative Electricität sey durch die positive der übrigen unterdrückt. Es geht aber aus den speciellen Versuchen hervor, daß gegen Ende des Erkaltes gerade die negative Electricität stärker ist, gegen Ende der Erwärmung dagegen die positive. Wir werden diese Thatsache auch recht gut verstehen, wenn wir obige Versuche ansehen, und gegen Ende des Erwärmens zehn positive Pole gegen vier negative, gegen Ende des Erkaltes dagegen zehn negative gegen vier positive finden.

Betrachten wir nun die Vertheilung der Electricität an diesem Dodekaeder genauer, so werden wir sogleich zu der Meinung geführt, daß die Boracitkrystalle wirklich eine Hauptaxe haben, welche mit einer der Ecken- oder rhomboedrischen Aen

des Würfels zusammen fällt, und in unserm Fall durch die Ecken 1.2.5. und 7.11.12. geht. Nehmen wir bloß auf die Electricität der Würfecken Rücksicht, so ist es gleich, welche von den Aegen man als Hauptage wählt. Dieß ist aber nicht mehr der Fall, so bald wir den Unterschied, welcher sich zwischen den Octaederecken findet, ins Auge fassen; wir müssen dann drei gleiche Octaederecken um den einen Endpunct der Hauptage, und die drei andern um den andern vertheilen. Mit dieser Ansicht stimmt auch, wie schon oben bemerkt wurde, die Beobachtung der doppelten Strahlenbrechung, wobei Brewster die eine optische Aeg zwischen zweien gegenüberliegenden Eckpuncten des Würfels fand.

Es ist noch nöthig, auch Versuche über die Electricität eines Boracitwürfels mitzutheilen. Ich hatte ihn ebenso wie das Dodekaeder durch die Güte des Herrn Professor Germer erhalten. Es sind hier nicht so viele Wechsel beobachtet, weil die Temperatur nicht so sehr erhöht wurde, als in den Versuchen über das Dodekaeder. Ich habe hier die Ecken mit den Zahlen 1—8 bezeichnet, und die Flächen mit den Buchstaben a, a'; b, b'; c, c'; so daß a und a' sich gegenüberliegen. Die Eckpuncte der Fläche a waren 1, 2, 3, 4 u. s. w. Bei den Versuchen lag der Krystall jedes Mal auf der Fläche, welche sich der untersuchten gegenüber befindet. Die Nummer der Versuche bezieht sich gleichfalls auf jene Abhandlungen.

XLI.

Temperatur Grade	25,6.	46,5.	69,8.	93,0.	116,3.	139,5.	162,8.	139,5.	116,3.	93,0.	69,8.	46,5.	23,1.
1.	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	+	+	etc.
2.	+	+	+	—	—	0+	+	+	+	—	—	—	etc.
3.	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	+	+	etc.
4.	+	+	+	—	—	0+	+	+	+	—	—	—	etc.
a.	—	—	...	+	+	...	—	—	—	—	—	—	etc.

XLII.

Temperatur	28.	46,5.	69,8.	93,0.	116,3.	139,5.	165,1.	139,5.	116,3.	93,0.	69,8.	46,5.	30,3.
5.	+	+	+	—	—	— ¹⁾	+	+	+	+	—	—	etc.
6.	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	+	+	etc.
7.	+	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	—	etc.
8.	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	+	+	etc.
a'	+	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	etc.

XLIII.

Temperatur	25,6.	46,5.	69,8.	93,0.	116,3.	139,5.	165,1.	139,5	116,3.	93,0.	69,8.	46,5.	30,3.
1.	—	—	—	+	+	—		—	—	—	—	+	etc.
2.	+	+	+	—	—	0	0	+	+	+	+	—	etc.
6.	—	—	—	+	+	—		—	—	—	—	+	etc.
5.	+	+	+	—	—	—	0	0	+	+	+	—	etc.
b.	0	0	0	+	?	0	0	0	?	?	+	+	etc.

XLIV.

Temperatur	30,3.	46,5.	69,8.	93,0.	116,3.	139,5.	162,8.	139,5.	116,3.	93,0.	69,8.	46,5.	23.
3.	—	—	—	+	+	—		—	—	—	—	+	etc.
4.	+	+	+	0	—	0	+	0	+	+	—	—	etc.
8.	—	—	—	+	+	—		—	—	—	—	+	etc.
7.	+	+	+	—	—	—	0	—	+	+	+	—	etc.
b'	—	—	—	+	0	0	+	+	+	+	+	+	etc.

XLVI.

Temperatur	30.	46,5.	69,8.	93,0.	116,3.	139,5.	167,5.	139,5.	116,3.	93,0.	69,8.	46,5.	30,3.
1.	—	—	—	+	+	—		—	—	—	+	+	etc.
4.	+	+	+	—	—	—	— ⁴⁾	+	+	+	—	—	etc.
8.	—	—	—	+	+	—		—	—	—	+	+	etc.
5.	+	+	+	—	—	—	— ⁵⁾	+	+	+	—	—	etc.
c.	..	..	..	—	—	+	0	+	+	+	+	+	etc.

XLVI.

Temperatur	25,6.	46,5.	69,8.	93,0.	116,3.	139,5.	146,2.	139,5.	116,3.	93,0.	69,8.	46,5.	30,3.
2.	+	+	+	—	—	— ⁶⁾		+	+	+	+	—	etc.
3.	—	—	—	+	+	+		—	—	—	—	+	etc.
7.	+	+	+	—	—	—		+	+	+	+	—	etc.
6.	—	—	—	+	+	+		—	—	—	—	+	etc.
e'	—	—	—	+	+	+	0	—	—	—	+	+	etc.

An den mit den Noten 1—6 bezeichneten Stellen war die Temperatur nicht hoch genug gestiegen, so daß der zweite Wechsel beim Erwärmen noch nicht eintret; bei fortgesetztem Erwärmen wäre er aber sogleich erfolgt. Ferner muß ich noch bemerken, daß die Umkehrungen selten so gleichzeitig erfolgen als es hier in den kurz dargestellten Versuchen aussieht; es waren nämlich die einzelnen Pole bedeutend öfter untersucht, als es hier dargestellt ist. Ich wählte diese Form nur der leichtern Uebersicht wegen. — Auch hier zeichnen sich wieder die Mitten dreier Würfel Flächen vor den übrigen aus, was schon aus der Unterdrückung der Electricität der Würfelcken gegen Ende der Erkaltung hervorgeht.

Es gilt von allen thermoelectrischen Krystallen, daß die Electricität nie gleich beim ersten Erwärmen in ihrer ganzen Stärke auftritt; beim ersten Abkühlen scheint sie schon ziemlich entwickelt zu seyn. Sie wächst beim wiederholten Erwärmen. Hiermit hängt es auch zusammen, daß sie beim ersten Erwärmen erst in höherer Temperatur wahrgenommen wird als bei wiederholtem; sie ist schwächer, und es bedarf daher einer größerer Temperaturveränderung, um sie so zu verstärken, daß sie am Electrometer wahrnehmbar wird. Der Grund der stärkern Electricität bei wiederholtem Erwärmen ist kein anderer, als daß die Theile des Krystalles leichter in einen andern Zustand übergehen, wenn sie schon vorher in demselben gewesen sind; dieser Uebergang, diese Veränderung ist aber eben die Ursache der electrischen Polarität. Wir finden eine ähnliche Erscheinung bei den von *Munck af Rosenschild**) untersuchten Ladungsphänomenen. Er will bemerkt haben, daß ein Körper, der schon einmal stark geladen gewesen, leichter eine neue Ladung annimmt. (Auch bei der Ladung ist die Richtung nicht gleichgültig, indem ein Stück krystallisirten Zinnober eine viel stärkere Ladung annimmt, wenn die Vertheilung in der Richtung der Krystallnadeln geschieht, als senkrecht darauf.)

Ich habe nie genau messende Versuche über den Zusammenhang zwischen der Stärke der Electricität und der Größe des Krystalles und seiner Temperatur angestellt. *Dequere***) zählte die Schwingungen eines in einem erhitzten Glase aufgehängenen erkaltenden Turmalines, welche er zwischen zwei Eisplatten machte, die mit den Polen einer Zambonis'schen Säule in Verbindung waren. Er glaubt dadurch bewiesen zu haben, daß die Stärke der Electricität nicht proportional der Schnelligkeit der Temperaturabnahme sey. Gleich nach dem Beginn der Abkühlung, wo die

*) Pogg. Annal. 43. 220.

**) Becq. Traité d'electr. et du magn. II. 62.

Temperatur am schnellsten abnimmt, fand er sehr geringe Electricität; bei einem bis 115° erhitzten Turmalin fand er das Maximum der Stärke zwischen $70-40^{\circ}$. Ich glaube aber nichts destoweniger, daß dennoch die Stärke proportional der Abkühlungsgeschwindigkeit sey. Wenn nämlich der Turmalin, der isolirt aufgehangen ist, anfängt zu erkalten, so entwickelt er die umgekehrte Electricität als beim Erwärmen und hat also im Anfange des Erkaltens die von der Erwärmung herrührende entgegengesetzte Electricität zu neutralisiren. Dazu kommt noch, daß die heißere und dünnere Luft mehr Electricität fortleitet, als später die weniger verdünnte*). Es muß also nothwendig im Anfange der Abkühlung die Electricität sehr schwach seyn. Becquerel hat nicht diejenige Quantität der Electricität gemessen, welche der Krystall bei jeder Temperatur entwickelte, sondern die Summe dieser und der in den vorhergehenden Zeitmomenten entwickelten, und von der Luft nicht fortgeführten Electricität. — Ferner glaubt Becquerel, daß die Stärke der Electricität mit der Länge der Krystalle abnehme; eine Meinung, welcher die Versuche des Forbes**) widersprechen. Forbes glaubt, daß mit der Größe des Querschnittes die Electricität zunehme, was mir aber nicht aus seinen Versuchen zu folgen scheint. — Will man diese Verhältnisse bestimmen, so scheint mir vor allem nothwendig, daß man vollkommen ausgebildete Krystalle, und nicht Bruchstücke anwendet, und seine Aufmerksamkeit nicht bloß auf Länge und Dicke, sondern auch auf das Vorhandensein und die Ausdehnung der unsymmetrischen Flächen richtet.

Ferner muß hiebei auch genau auf die Art und Weise, wie der Krystall gestellt ist, und mit leitenden Körpern in Verbindung steht, geachtet werden. Schon oben beim Bergkrystall habe ich auf die Wirkung aufmerksam gemacht, welche die Ableitung eines Poles auf das Erscheinen und die Stärke der übrigen ausübt. Dieß gilt von allen Krystallen, und der Grund, warum Priestley glaubte, daß der Turmalin an beiden Seiten positiv sey, findet in der stärkeren Ableitung des negativen Poles ebenso seine Erklärung als die von Erman beobachtete Vertheilung der Electricität am Topase. Bei einem auf einer Seitenfläche liegenden und am +, — Ende verbrochenen Topaskrystall ist es beim Erkalten oft nicht möglich, Spuren von negativer Electricität wahrzunehmen, während der ganze Krystall gleich — ist, sobald er auf das ausgebildete Ende (—, +) gestellt, und seiner positiven Electricität beraubt wird.

*) Priestley (Geschichte der Electricität S. 461.) stellte den Versuch unter dem ausgetrumpften Recipienten der Luftpumpe an; die Electricität schien auf die Hälfte vermindert.

**) Transact. of the royal Society of Edinb. XIII. The London and Edinb. Philos. Mag. and Journ. V. 183. Becquerel Traité II. 502.

Auf eine ganz merkwürdige Weise zeigte sich dieser Einfluß bei einem Herrn Prof. Schweigger gehörigen, ausgezeichnet schönen und großen Boracitwürfel mit abgestumpften Kanten. Lag er auf einer Ecke oder Fläche, so zeigten sich alle Pole, in den Ecken sowohl als in den Flächen, beim Erwärmen ganz regelmäßig $+$ $-$ $+$; beim Abkühlen herrschte im ersten Fall das $+$, im zweiten das $-$ vor. Die Wechsel waren nur durch eine stärkere und schwächere Electricität angedeutet, und nur selten (in einigen Stellungen) gelang es, die Umkehrungen wirklich zu beobachten. Nicht so einflußreich zeigte sich die Ableitung bei den Versuchen, die ich weiter oben ausführlich mitgetheilt habe. Kennt man indeß die Erscheinungen an dem Boracit, so erkennt man an jenem Stärker- und Schwächerwerden stets noch recht gut die Wechsel, und dieß tritt in derselben Temperatur ein, bei welcher die Wechsel an andern Krystallen beobachtet werden.

Wichtig scheinen mir die durch die Umkehrung des einen Poles bei ungleich erwärmten Krystallen hervorgerufenen Erscheinungen zu sein. Versuche dieser Art wurden zuerst von Priestley, und später von Becquerel angestellt. Wird nämlich der eine Pol des Turmalines schnell erhitzt, und dann von der Wärmequelle entfernt, so zeigen beide Enden desselben dieselbe Electricität, welche das der Flamme dargebotene Ende beim Erkalten hat. Becquerel*) glaubt, es würde hierbei nur eine Electricität entwickelt, und diese Gleichheit beider Pole fände nur so lange statt, bis der andere nicht unmittelbar der Wärmequelle dargebotene Pol durch die Mittheilung der Wärme des andern Endes eine so hohe Temperatur erhalten habe, daß seine eigene Electricität hervortrete. Es schien mir zu wunderbar, daß in diesem einzigen Falle nur die eine der beiden Electricitäten entwickelt werden sollte. Bei genauer Erwägung aller Umstände ergibt sich auch augenblicklich, daß die Sache nicht so seyn kann. Das eine Ende des Turmalines kühlt sich nämlich ab, und muß in seinen nächsten Theilen seinen electrischen Gegensatz haben, der es auch zu gleicher Zeit für den andern Pol ist, welcher, da er sich erwärmt, dem ersten welcher sich abkühlt, gleichnamig ist. Der Versuch bestätigte meine Meinung, mit dem merkwürdigen Unterschiede, daß der Versuch nur gelang, sobald das beim Erkalten positive Ende das heißere war. Es zeigte sich dann, wenn der Krystall aus der Flamme genommen, dieses Ende als abkühlend $+$, die mittleren Theile waren $-$, und das andere Ende als sich erwärmend wieder $+$. Wurde dagegen das beim Erkalten negative Ende stärker erhitzt, so konnte ich in dem andern Ende entweder gar keine oder nur schwache positive Electricität finden. Es hängt diese jedoch wahrscheinlich nur von dem oben schon angegebenen Um-

*) Traité II, 64.

stande ab, daß die positive stärker hervortritt als die negative. Ich behaupte durchaus nicht, daß die Vertheilung, wo beide Enden negativ und die Mitte positiv gefunden wird, unmöglich sey; dieß geht jedoch bestimmt aus obigen Versuchen hervor, daß der Krystall leichter und stärker an beiden Enden positiv wird als negativ. Ueber den Topas habe ich keine Versuche in dieser Absicht bis jetzt angestellt, glaube aber nicht, daß er in seinem Verhalten vom Turmalin abweichen wird, weil auch bei ihm, und meist noch in höherem Grade als beim Turmalin, die positive Electricität sowohl beim Erkalten als auch beim Erwärmen vorherrscht, sobald der Krystall auf einer Seitenfläche liegt. Wichtig scheinen mir diese Versuche zu seyn für die Erklärung der Entstehung von Zwillingkrystallen. Ich weiß sonst von keinem andern Gesichtspuncte etwas über ihre Bildung zu sagen. Es gilt nämlich bei allen Zwillingkrystallen, soviel ich deren bis jetzt untersucht habe, das Gesetz, daß die Krystalle sich stets mit einem und demselben unsymmetrischen Ende zusammen legen, so daß ihre electricischen Axen eine gerade Linie bilden. Es liegen also stets zwei gleichnamige Pole zusammen, und die zwei andern auch gleichnamigen nach außen. Beim Zucker, bei der Weinsäure und dem Seignettefalte, sind die nach außen liegenden Pole $+$, $-$; die verwachsenen dagegen $-$, $+$. Beim Topas habe ich Krystalle gefunden, die freilich im Aeußern nichts zeigten, was auf einen Zwilling hindeutete, außer der verschiedenen Färbung der beiden Theile, in welche diese Krystalle stets durch eine Fläche senkrecht gegen die Axe getheilt scheinen. Ihr electricisches Verhalten ließ aber deutlich ihre Zwillingbildung erkennen. Die beiden äußern freien Enden sind $-$, $+$; die verwachsenen $+$, $-$. Hiemit stimmt Hauy's weiter oben angegebene Vertheilung der Electricität an einem Krystalle nur überein, wenn die Wärme im Krystall noch stieg. Eine neue Bestätigung für diese Zwillingkrystalle ist der von Forbes beobachtete Zwilling des Turmalins, an welchem beide Enden verbrochen*), und keine Zeichen einer Zwillingbildung, außer dem electricischen Verhalten vorhanden waren. Es waren bei diesem Krystall gleichfalls, wie beim Topas die freien Enden $-$, $+$; die verwachsenen $+$, $-$ **).

Die durchwachsenen Zwillinge des Titanites konnten nur durch die Ausbildung von zwei electricischen, und an beiden Enden gleichnamigen Axen demselben Gesetz gehorchen.

*) Man hätte die Zwillingbildung durch die Lage der geneigten Flächen erkennen können, indem die Krystalle gegen einander um 180° gedreht seyn mußten. Wie sind die Flächen der dreiseitigen Prismen?

**) Es scheint also in der Lage der electricischen Pole zwischen den Zwillingen der natürlichen und künstlichen Krystallen ein Unterschied zu seyn.

hen. Auf diese Weise sind die einspringenden Winkel auf beiden Seiten des Krystalles (gebildet von den Flächen y) —, die nach außen gewandten Flächen P aber +.

Noch will ich bemerken, daß die in den Zwillingen verwachsenen Enden auch die sind, mit welchen die Krystalle sonst verwachsen, mit Ausnahme des Turmalins, der in Bezug auf seine Verwachsung keine solche allgemeine Regelmäßigkeit zeigt; vielleicht in Folge der großen Stärke seiner Electricität *).

Rehren wir jetzt zu dem oben angeführten Versuche mit dem ungleichförmig erwärmten Turmalin zurück. Die Electricitätsvertheilung, welche ich in dem Falle hervorbrachte, daß das beim Erkalten positive Ende das stärker erhitzte war, stimmt ganz mit der von Forbes an dem Zwillingsskrystalle beobachteten Vertheilung überein. Denken wir uns nun, daß bei der Bildung von Turmalinkrystallen an einer Stelle plötzlich eine Temperaturerhöhung Statt findet, und daß sie das beim Erkalten positive Ende eines Krystalles trifft, so wird auch das andere Ende durch Mittheilung der Erwärmung positiv, und die neu sich anlegenden Theilchen müssen diesem letzten Ende ihre negative Seite zuwenden. Trifft die Temperaturerhöhung das negative Ende, so kann die Vertheilung, daß das andere Ende auch negativ ist, wie wenigstens aus unsern Versuchen hervorgeht, nicht auftreten, und kein Zwilling sich bilden. Es gibt also nur Zwillinge, deren freie Seiten beim Erkalten positiv sind. Dasselbe gilt vom Topas. Bei dem Zucker, der Weinsäure und dem Seignettesalz muß ein umgekehrtes Verhalten sich zeigen. Diese Temperaturerhöhung kann durch das plötzliche Festwerden und Erstarren größerer Mengen hervorgerufen werden.

Man hat die electrischen Krystalle sehr passend mit dem Magnet verglichen, indem jedes abgebrochene Stück derselben gleiche Pole zeigt, wie die ganzen Krystalle, sobald man auf die durch neu entstandene Flächen veränderte Ableitung Rücksicht nimmt. Es hat sich dieß bei jedem Zerbrecen und Zerspringen der verschiedensten Krystalle bewährt, es mochten die Bruchstücke auch noch so unregelmäßig seyn. In selbst einen in den feinsten Staub verwandelten Turmalin fand Brewster noch electrisch, indem dieses feine Pulver einer erwärmten Glasplatte anhing und sich beim Umrühren mit einem festen Körper gleichfalls an diesen anhing und zusammen häufte. Ähnlich verhielt sich das Pulver des Mesotyp, selbst nachdem es seines Krystallwassers beraubt war.

*) Vielleicht ist die durch Berührung der aufgelösten Krystallmasse und des umliegenden Gesteines entstandene Electricität Ursache des Aufwachsens mit einem bestimmten Ende. Die Electricität des Turmalines ist stärker als diese Berührungselectricität, und macht das umliegende Gestein entgegengesetzt electrisch.

Zum Schlusse sey es mir noch erlaubt auf den Zusammenhang aufmerksam zu machen, welcher zwischen den optischen Erscheinungen und der Krystallelectricität Statt zu finden scheint. Betrachten wir zunächst die optisch einaxigen Krystalle, so finden wir hier eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen der Lage der Aze der größten Elasticität und den electricischen Azen. Im Turmalin als optisch negativen Krystalle liegt die größte Elasticitätsaxe in der Richtung der Hauptaxe, und mit ihr fällt die electricische Aze zusammen; beim Bergkrystall, der optisch positiv ist, finden wir die größten Elasticitätsaxen senkrecht auf die Hauptaxe, und dieselbe Anordnung haben auch die electricischen Azen. Da der Boracit, wie Brewster gefunden, einaxig und optisch positiv ist, so stimmt auch er in seiner Electricitätsvertheilung ganz mit dem Bergkrystall überein, wenn wir auf die Pole Rücksicht nehmen, welche in den Würfecken liegen. Schon oben habe ich angegeben, es sey mir sehr wahrscheinlich, daß nach der Hauptaxe des Bergkrystalles noch eine schwächere vierte electricische Aze liege, und ich muß auch bemerken, daß die electricische Aze, welche mit der als Hauptaxe im Boracit angenommenen zusammenfällt, keinesweges sich durch ihre Stärke auszeichnete. Gerade der untere dreiflächige Eckpunct dieser Aze im Dodekaeder 7.11.12. schien der schwächste unter allen zu seyn. Auf das Verhältniß der plagiedrischen Flächen des Bergkrystalles zu den electricischen Polen habe ich schon oben aufmerksam gemacht.

Zu dem prismatischen System gehörig und in ihrem optischen Verhalten bestimmt sind der Topas und das Seignettesalz. Der Topas ist optisch positiv, das Seignettesalz optisch negativ. Betrachten wir die Zwillinge von beiden, so liegen im Topas beim Erkalten die positiven Pole nach außen, beim Seignettesalz dagegen die negativen. Es sind also die nach außen liegenden Pole des Zwillings beim Erkalten gleichnamig mit dem optischen Namen.

Im Zucker, der zum monoklinodrischen Systeme gehört, fand ich die Ebene der optischen Azen in dem klinodiagonalen Hauptschnitt (oder in der Ebene, welche die Krystalle in 2 symmetrische Hälften trennt, wenn wir von den unsymmetrischen Flächen absehen). In der Weinsäure dagegen steht die Ebene der optischen Azen senkrecht auf jenem klinodiagonalen Hauptschnitt. Ich konnte wegen Mangel an hinlänglich durchsichtigen Krystallen die Ringe in den Krystallen der Weinsäure nicht beobachten; ich wünschte dieß um so mehr, da wahrscheinlich die Ungleichheit beider Hälften jedes Ringsystemes mit der polarischen Electricität zusammenhängt.

Ueber die übrigen electricischen Krystalle ist in optischer Beziehung nichts bekannt. Ich möchte wohl wissen, wie sich die Krystalle des Titanits innerhalb derjenigen Tem-

peratur verhalten, bei welcher sie 2 electrische Arien darbieten. Wegen Mangel an durchsichtigen Krystallen konnte ich jedoch Versuche hierüber nicht anstellen.

Ueberhaupt möchte ich die Erscheinung der polarischen Electricität an den unsymmetrischen Krystallen vergleichen mit der Polarisation und der Doppelbrechung des Lichtes in Medien, deren Elasticitätsverhältnisse nicht nach allen Richtungen gleich sind. So wie durch die Verschiedenheit der Elasticität die Strahlen des gemeinen Lichtes getrennt werden, so wird die Electricität durch die Ungleichheit der Form in ihre beiden Theile zerlegt. In regelmäßigen oder vollkommen symmetrischen Krystallen würde sie hiernach nie erscheinen können. Denken wir uns die beiden Krystalle, welche z. B. den Zwilling des Zuckers bilden, in der Lage, welche sie als Zwilling haben, durcheinander geschoben, so verschwindet nicht nur die Unsymmetrie der Flächen, sondern auch die Schiefwinkligkeit der beiden Arien. Wir erhalten dann einen vollständigen, regelmäßigen Krystall. Aber ein solcher Krystall kann keine electrische Polarität zeigen, indem jetzt das —, + Ende des einen Krystalles mit dem +, — Ende des andern zusammenfällt, und umgekehrt. Es wäre die electrische Kraft allerdings bei jeder Temperaturveränderung vorhanden, würde aber wegen des gleichzeitigen Vorhandenseyns beider Electricitäten in demselben Puncte nicht merkbar seyn. Nur wenn das umgebende Medium mehr von der einen als von der andern fortführte, oder die eine der beiden Electricität (was jedoch nicht wahrscheinlich) stärker wäre, würde die zurückbleibende oder überwiegende Electricität am Electrometer wahrnehmbar sein. Vielleicht ist dieß der Grund der in den symmetrischen Krystallen des Granates und Flußspathes gefundenen Spuren von positiver Electricität, die beim Erwärmen und Erkalten dieselben waren.