

yz -Ebene auf den Spiegel fällt. Die Integration erstreckt sich über den Bestäubungsraum.

Auch diese auf eine räumliche Bestäubung anwendbare Formel liesse sich leicht experimentell prüfen mittelst in Flüssigkeiten suspendirter lichtbeugender Körperchen.

Wien, 5. Juni 1882.

**IX. Ueber die actino- und piezoelectrischen
Eigenschaften des Bergkrystalles und ihre Be-
ziehung zu den thermoelectrischen;
von W. G. Hankel.**

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den d. K. Sächs. Ges. d. Wissenschaften
vom 23. April 1881).

In der Sitzung am 23. April des vorigen Jahres habe ich einen allgemeinen Bericht¹⁾ gegeben über Vorgänge an Bergkrystallen, bei welchen eine directe Umwandlung der Schwingungen der strahlenden Wärme in Electricität stattfindet, und ich lege heute der Gesellschaft die Abhandlung²⁾ vor, welche die ausführliche Untersuchung darüber enthält. Wie ich schon in jenem Bericht gezeigt, ist diese durch Wärmestrahlung auf den prismatischen Seitenkanten des Bergkrystalles entstehende Erregung von der von mir bereits im Jahre 1866 festgestellten thermoelectrischen wesentlich verschieden. Ich habe daher die durch Strahlung erzeugte Electricität mit dem Namen der Actinoelectricität bezeichnet.

Im Jahre 1880 hatten die Herren J. und P. Curie gefunden, dass bei hemimorphen Krystallen durch Druck in der Richtung der hemimorphen Axe und Nachlassen desselben electriche Spannungen erzeugt werden, und sie glaubten, dass dieser Vorgang mit der Thermoelectricität derge-

1) Hankel, Ber. d. math.-phys. Cl. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. für 1880 p. 60.

2) Seitdem erschienen im 20. Bd. der Abh. der K. Sächs. Ges. d. Wiss. p. 459 - 547.

stalt zusammenhinge, dass Druck und Erkaltung, weil bei beiden Vorgängen die Molecüle einander genähert werden, und ebenso andererseits Erwärmung und Nachlassen des Druckes (Entfernen der Molecüle) dieselbe Modification der Electricität hervorbrächten. In einer kurzen Mittheilung¹⁾ habe ich gezeigt, dass dieser Regel keine allgemeine Gültigkeit zukommt. Es beruht also auch die durch Druckänderung erzeugte Electricität auf einem besonderen Vorgange, und ich habe sie deshalb als Piëzoelectricität unterschieden.

Die drei beim Bergkrystalle möglichen Erregungsweisen polarer Electricität, durch Aenderungen in der Temperatur, in der Wärmestrahlung und in dem Drucke, stehen in enger Beziehung zueinander und hängen von der eigenthümlichen Bildung des Bergkrystalles ab. In dem ersten Abschnitte meiner Abhandlung gebe ich daher eine genauere Darstellung der krystallographischen Verhältnisse dieses Minerals, während der zweite die thermoelectrischen, der dritte die actinoelectrischen und der vierte die piëzoelectrischen Vorgänge behandelt.

I. Krystallographische Verhältnisse des Bergkrystalles.

Bereits in meiner früheren Abhandlung über die thermoelectrischen Eigenschaften des Bergkrystalles²⁾ habe ich den Nachweis geführt, dass wir die Krystalle desselben als nach den Nebenaxen hemimorph gebildet anzunehmen haben; damit stimmt auch das thermoelectrische Verhalten überein, indem bei Temperaturänderungen an den beiden Enden einer jeden Nebenaxe entgegengesetzt electriche Pole auftreten. Wir können die Enden derselben als beim Erkalten positive oder negative unterscheiden.

Aus der dihexagonalen Pyramide mPn lassen sich durch Wachsen und Verschwinden der abwechselnden Flächen zwei hemiëdrische Gestalten, nämlich zwei hexagonale Trapezoëder herleiten, welche sich durch die Richtung der in ihnen ausgesprochenen Drehung unterscheiden. Betrachten wir die an

1) l. c. p. 144.

2) Hankel, Abh. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. **13**. p. 319. 1866.

jedem Ende der Nebenaxen liegenden vier Flächen als ein zusammengehöriges System, so entsteht das eine hexagonale Trapezoëder, wenn wir die Fläche oben links und unten rechts, und das andere, wenn wir die Fläche oben rechts und unten links bis zum gegenseitigen Durchschnitte wachsen lassen. Um den Sinn der Drehung festzustellen, denken wir uns in die Hauptaxe gestellt und bezeichnen die Drehung, welche eine durch die Hauptaxe und den Schwerpunkt der oberen Fläche gelegte Ebene um die Hauptaxe ausführen muss, um den Schwerpunkt der unteren Fläche zu erreichen, durch die Buchstaben l (links) und r (rechts). Die dihexagonale Pyramide zerfällt dann in die beiden hexagonalen Trapezoëder $l \frac{m P n}{2}$ und $r \frac{m P n}{2}$. Tritt nun an diesen Gestalten in der Richtung der Nebenaxen eine hemimorphe Bildung ein, indem die zu jedem Eckpunkte einer solchen gehörigen Flächen nur an dem zuvor als positiv, oder an dem als negativ bezeichneten Ende erhalten bleiben, so entstehen vier trigonale Trapezoëder, welche sich durch die Symbole:

$$+ r \frac{m P n}{2}, \quad - r \frac{m P n}{2}, \quad + l \frac{m P n}{2} \text{ und } - l \frac{m P n}{2}$$

völlig bestimmt bezeichnen lassen, wobei das Vorzeichen dasjenige Ende der Nebenaxen angibt, an welchem die Flächen vorhanden sind.

Wird für die beiden hemiëdrischen Gestalten $r \frac{m P n}{2}$ und $l \frac{m P n}{2}$ der Ableitungscoëfficient $n = 1$, so gehen die beiden hexagonalen Trapezoëder in eine der gewöhnlichen hexagonalen Pyramide mP an Gestalt gleiche sechsseitige Pyramide über, die sich aber dadurch von der gewöhnlichen hexagonalen unterscheidet, dass bei ihr nur die an jedem Eckpunkte der Nebenaxen oben links und unten rechts, oder oben rechts und unten links gelegenen Flächen zusammen gehören. Die Symbole für diese beiden scheinbaren hexagonalen Pyramiden würden also sein:

$$\left(r \frac{m P n}{2} \right)_{n=1} \text{ und } \left(l \frac{m P n}{2} \right)_{n=1};$$

und wenn $m = 1$ ist:

$$\left(r \frac{P n}{2} \right)_{n=1} \text{ und } \left(l \frac{P n}{2} \right)_{n=1}.$$

Tritt nun an diesen Gestalten eine nach den Nebenaxen hemimorphe Bildung ein, so entstehen vier scheinbare Rhomboëder:

$$+ \left(r \frac{m P n}{2} \right)_{n=1}, \quad - \left(r \frac{m P n}{2} \right)_{n=1}, \quad + \left(l \frac{m P n}{2} \right)_{n=1}$$

und:
$$- \left(l \frac{m P n}{2} \right)_{n=1},$$

wo wieder das Vorzeichen diejenigen Axenenden bezeichnet, an welchen die Flächen erhalten bleiben.

Wird $n = 2$, so entsteht die Pyramide $m P 2$, in welcher keine Drehung ausgesprochen ist. Durch hemimorphe Bildung entstehen die beiden trigonalen Pyramiden $+ m P 2$ und $- m P 2$ (die sogenannten Rhombenflächen beim Bergkrystalle, wenn $m = 2$).

An den Bergkrystallen zeigt sich nun die hemimorphe Bildung dadurch, dass an den negativen Enden der Nebenaxen grosse Flächen $- \left(r \frac{P n}{2} \right)_{n=1}$ bei sogenannten rechten, und $- \left(l \frac{P n}{2} \right)_{n=1}$ bei linken Krystallen auftreten, dass dagegen an den positiven Enden der Nebenaxen kleine Flächen $+ \left(r \frac{P n}{2} \right)_{n=1}$ bei rechten, und $+ \left(l \frac{P n}{2} \right)_{n=1}$ bei linken, sowie die Flächen $+ 2 P 2$ und die Flächen trigonaler Trapezoëder, sowohl rechter als linker $+ \left(r \frac{m P n}{2} \right)$ und $+ \left(l \frac{m P n}{2} \right)$ erscheinen.

II. Thermoelectricität.

Im zweiten Abschnitte habe ich zunächst die specielle Untersuchung der thermoelectrischen Vorgänge auf sowohl an beiden Enden der Hauptaxe ausgebildeten, als auch an dem einen Ende verbrochenen einfachen Bergkrystallen mitgetheilt.

Die Beobachtungen der electricen Spannungen sind nach dem in meinen früheren Abhandlungen beschriebenen Verfahren ausgeführt; die Krystalle wurden bis auf die zu prüfende Fläche oder Kante in Kupferfeilicht eingesetzt, in einem kleinen Ofen bis 120° erhitzt und dann während des Erkaltens den verschiedenen Punkten der freien Oberfläche das abgerundete Ende eines mit dem Goldblättchen des von

mir construirten Electrometers in leitender Verbindung stehenden Platindrahtes mittelst einer Hebelvorrichtung genähert.

Bei vollkommen normal gebildeten Bergkrystallen, wo jedes Ende der Hauptaxe drei grosse Pyramidenflächen abwechselnd mit drei kleinen trägt, wächst auf den oberen grossen Flächen $-\left(l\frac{Pn}{2}\right)_{n=1}$ bei linken Krystallen die negative Spannung von links nach rechts und zieht sich über die rechts anliegende Seitenkante des Prismas¹⁾ und ihre Umgebung in der Richtung von links nach rechts hinab, bis zu der entsprechenden grossen Fläche $-\left(l\frac{Pn}{2}\right)_{n=1}$ des unteren Endes, auf welcher dann die negative Spannung nach rechts hin abnimmt. Auf den oberen kleinen Flächen $+\left(l\frac{Pn}{2}\right)_{n=1}$ wachsen die electricen Spannungen in der Richtung von links nach rechts in positivem Sinne und ziehen sich über die rechts anliegenden, Rhomben- oder Trapezoëderflächen tragenden Seitenkanten von links nach rechts bis zu der entsprechenden kleinen Fläche $+\left(l\frac{Pn}{2}\right)_{n=1}$ am unteren Ende.²⁾

In gerade entgegengesetzter Richtung ändern sich die electricen Spannungen bei den rechten Krystallen; es wachsen also auf den oberen grossen Flächen $-\left(r\frac{Pn}{2}\right)_{n=1}$ die negativen, und auf den kleinen Flächen $+\left(r\frac{Pn}{2}\right)_{n=1}$ die positiven Spannungen von rechts nach links, und die electricen Zonen ziehen sich über die links anliegenden Kanten des Prismas nach den entsprechenden Flächen am unteren Ende; dabei gehen die positiven Zonen, ebenso wie bei den linken Krystallen, über diejenigen Kanten hinweg, welche Rhomben- und Trapezoëderflächen tragen.

Wenn ein einfacher Bergkrystall keine Rhomben- und Trapezoëderflächen besitzt, also kein äusseres Anzeichen trägt,

1) Dieselbe trägt keine Rhomben- oder Trapezoëderflächen.

2) Eine Umkehrung des Krystalles, bei welcher das untere Ende zum oberen gemacht wird, lässt selbstverständlich die beschriebene Vertheilung unverändert.

welches erkennen lässt, ob er ein linker oder ein rechter ist, so genügt, wie aus dem Vorstehenden erhellt, die thermo-electrische Prüfung einer einzigen grossen Pyramidenfläche, um zu entscheiden, welcher Abtheilung derselbe angehört.

Wir können dem Bergkrystalle im Allgemeinen drei polare electriche Axen, welche mit den drei Nebenaxen zusammenfallen, beilegen. An denjenigen Enden der Nebenaxen, an welchen die Rhomben- oder Trapezoëderflächen auftreten, liegen beim Erkalten die positiven, an den drei anderen die negativen Pole.

Bei steigender Temperatur sind überall die electriche Polaritäten die entgegengesetzten.

Weicht die Bildung des einen Endes eines Bergkrystalles von der oben beschriebenen ab, so zeigt sich auf den Flächen dieses Endes eine mehr oder weniger grosse Störung der normalen electriche Vertheilung.

Einer besonderen Prüfung habe ich ferner die äusserlich im ganzen einfach erscheinenden, aber aus zwei um 60 oder 180° gegen einander gedrehten Individuen zusammengesetzten Bergkrystalle unterzogen; jedoch standen mir nur solche Exemplare zur Verfügung, bei denen beide verwachsene Individuen derselben Abtheilung angehörten, also beide linke oder beide rechte Krystalle waren. Die electriche Vertheilung auf dem ganzen Krystalle erscheint durch die Einschaltung eines oder zweier Stücke eines zweiten Individuums verändert, weil jedes Flächenstück die ihm zukommende Polarität beibehält. Infolge der Zusammensetzung des Krystalles können also zwei benachbarte Kanten dieselbe Polarität zeigen, wobei eine entgegengesetzt electriche Zone in der Mitte der zwischen ihnen liegenden Fläche erscheint. Aus den Abweichungen von der normalen electriche Vertheilung lässt sich, wie ich in der Abhandlung speciell nachweise, ein sicherer Schluss auf die Lage und die Grösse der eingeschobenen Stücke machen.

Schliesslich habe ich auch die electriche Vorgänge in der Richtung der Hauptaxe, nach welcher der Bergkrystall nicht hemimorph gebildet ist, genauer untersucht. Bei vollkommen normal gestalteten Krystallen zeigen die beiden

Enden der Hauptaxe positive Electricität, und es erstreckt sich diese Beschaffenheit durch den ganzen Krystall hindurch, sodass auf senkrecht gegen die Hauptaxe gemachten Querschnitten die Mitte beim Erkalten positive Spannung besitzt. Wenn dagegen nur das eine Ende normal, das andere aber abweichend gestaltet ist, so ist die Mitte der Querschnitte, wenn dieselben in der Nähe des ersteren Endes gemacht werden, noch positiv. Wenn der Querschnitt sich weiter vom ersteren Ende entfernt, so nimmt die positive Spannung in der Mitte desselben ab und geht bei Annäherung an das andere Ende, wenn dieses infolge der abweichenden Bildung bereits selbst negativ ist, gleichfalls ins Negative über.

III. Actinoelectricität.

Bei der Untersuchung der actinoelectrischen Vorgänge waren die Krystalle gewöhnlich in verticaler Stellung ihrer Hauptaxe mittelst Siegelacks auf kleine Metallscheiben aufgekittet; bisweilen befanden sie sich aber auch, gerade wie bei den thermoelectrischen Versuchen, bis auf die zu prüfenden Kanten oder Flächen in Kupferfeilicht eingesetzt. Die electricen Spannungen wurden theils auf der Seite, auf welcher die Wärmestrahlung einfiel, theils auf der gegenüberliegenden beobachtet, indem die Vertheilungswirkung gemessen wurde, welche der Krystall auf einen an die betreffende Stelle angelegten, mit dem Goldblättchen des Electrometers in leitender Verbindung stehenden Draht (oder Kugel) ausübte.

Wenn die Strahlung der Sonne, des electricen Kohlenlichtes, einer Flamme oder eines erhitzten Körpers einen einfachen Bergkrystall durchdringt, so erscheinen gleichzeitig auf allen sechs Kanten desselben electriche Pole, und es ist für die Entstehung derselben überhaupt gleichgültig, in welcher Richtung die Strahlen durch den Krystall gehen; sie können selbst parallel mit der Hauptaxe, also senkrecht gegen die Nebenaxen gerichtet sein. Diese sechs electricen Pole sind abwechselnd positiv und negativ, sodass jede Nebenaxe an dem einen Ende einen positiven, an dem anderen einen negativen Pol trägt, und zwar stimmen dieselben in Bezug auf die Art der in ihnen auftretenden Electricität

mit der bei der Abkühlung an denselben Stellen entstehenden thermoelectrischen überein. Es zeigen also beim Eintritt der Strahlung und während der Dauer derselben diejenigen drei Kanten des Prismas, an welchen die Rhomben- und Trapezöederflächen auftreten, positive, die drei anderen aber negative Spannung.

Ich habe oben nachgewiesen, dass der Bergkrystall nach seinen drei Nebenaxen hemimorph gebildet ist, und dass in Folge dessen die beiden Enden jeder Nebenaxe in einem Gegensatze stehen, wie ein solcher auch in den thermoelectrischen Vorgängen sich gezeigt hat, wo stets an einer Nebenaxe das eine Ende die positive, das andere die negative Polarität besass. Ein solcher Gegensatz zwischen den beiden Enden einer Nebenaxe tritt nun nicht ein, wenn wir die von Briot zur Erklärung der Drehung der Polarisationssebene des Lichtes im Bergkrystalle gemachte Annahme einer in der Richtung der Radien der Basis spiralförmig angeordneten Lagerung der Aethermoleculë aufstellen, weil eine Spirale, von aussen gesehen, an jedem ihrer Enden in gleicher Weise erscheint. Dagegen lässt sich eine Anordnung, welche den geforderten Gegensatz gibt, gewinnen, wenn wir den Aether in den Bergkrystallen durch den Einfluss der krystallisirten materiellen Substanz so constituirt annehmen, dass seine Theilchen um die Nebenaxen leichter in der einen als in der anderen Richtung beweglich sind. Die Richtung der leichteren Drehung würde dann von dem einen Ende der Axe betrachtet z. B. rechtsum, von dem anderen Ende aus aber linksum erscheinen.

Wenn wir nun die Electricität als kreisförmige Schwingung des Aethers unter Betheiligung der materiellen Moleculë auffassen, so unterscheiden sich die beiden Modificationen der Electricität nur durch den Sinn der Drehung. Eine solche kreisförmige Schwingung erfolgt von der einen Seite gesehen rechtsum, von der anderen gesehen linksum, stellt also auf der einen Seite die positive, auf der anderen die negative Modification der Electricität dar.

Wenn beliebig gerichtete Wärmeschwingungen einen Bergkrystall durchdringen, so werden sie die Aethertheilchen unter Betheiligung der materiellen Moleculë stets im Sinne

der leichteren Drehung in Bewegung setzen, und es müssen dann an den Enden einer jeden Nebenaxe entgegengesetzt electriche Pole sich zeigen, wie solche zuvor angegeben wurden.

Diese actinoelectricischen Spannungen erreichen in sehr kurzer Zeit (30 bis 40 Secunden) ihr Maximum und bleiben auf demselben, so lange die Bestrahlung in gleicher Stärke anhält; jedoch tritt nach und nach eine Schwächung durch den Umstand ein, dass durch die beginnende Erwärmung der Masse des Krystalles eine thermoelectriche Spannung hervorgerufen wird, welche in ihrem Vorzeichen der actinoelectriche gerade entgegengesetzt ist. Beim Beginn der Bestrahlung ist die Zunahme der Actinoelectricität am stärksten und nimmt dann ab, wie folgender Versuch zeigt:

Nach Beginn der Bestrahlung verflissen	Stärke der Actinoelectricität
0 Minuten	0
5 "	+18,7
10 "	+28,5
15 "	+34,5
20 "	+37,5
25 "	+39,5
30 "	+41,0

Wird die Strahlung aufgehoben, so verschwindet die Actinoelectricität in derselben Weise, anfangs rascher, später langsamer abnehmend.

Diese Vorgänge weisen auf einen Widerstand hin, welcher durch die Strahlung bei der Erregung der Actinoelectricität überwunden werden muss und durch die Betheiligung der materiellen Molecüle an den electriche Schwingungen bedingt ist; derselbe wächst, je schneller die Schwingungen werden, und kann durch eine gegebene Bestrahlungsintensität nur bis zu einer gewissen Höhe überwunden werden. Dauert die Strahlung ungeändert fort, so bleibt die actinoelectriche Spannung auf gleicher Höhe, und die fortwährend zur Erhaltung der electriche Schwingungen verwendete Arbeit der Wärmestrahlung setzt sich in eine Erhöhung der Temperatur der Molecüle um. Dieser Widerstand der materiellen Molecüle bewirkt auch nach dem Aufheben der Strahlung das Verschwinden der actinoelectriche Schwingungen in der zuvor bezeichneten Weise.

Das Maximum, welche durch eine gegen 40 Secunden anhaltende Strahlung erzeugt wird, ist der Intensität der Strahlung proportional.

Die Erregung dieser Actinoelectricität erfolgt durch die Wärmestrahlen, wie sich leicht durch Einschaltung mehr oder weniger diathermaner Substanzen in die Bahn der Strahlen nachweisen lässt. So ist z. B. die electriche Spannung dieselbe, wenn die Strahlen einer Gasflamme durch eine farblose, und dann durch eine ebenso dicke mittelst Jod tief dunkelroth gefärbte Schicht von Schwefelkohlenstoff hindurch gehen. Die Reihenfolge der auf die Stärke ihrer Absorption der actinoelectricischen Strahlen untersuchten Substanzen war dieselbe, wie bei Einschaltung derselben in die auf eine Thermosäule fallenden Strahlen; für die Strahlung einer Gasflamme waren aber die Procentsätze nur nahe zwei Drittel der auf die Thermosäule wirkenden. Wenn also für die freie Strahlung die erzeugte Actinoelectricität und die in der Thermosäule erregte Wärme = 100 gesetzt wird, so sank z. B. bei Einschaltung einer fast farblosen Glasplatte die actinoelectricische Wirkung auf 25, während die Wärmewirkung noch 36 betrug.

Die Strahlung des electricchen Kohlenlichtes (gleich 4000 Normalkerzen) erzeugte eine Actinoelectricität, deren Stärke siebenmal grösser war, als die durch die Flamme eines einfachen Schnittbrenners in gleichem Abstände hervorgerufene. Die Strahlung der Sonne (30. Mai Mittags) rief ungefähr dieselbe actinoelectricische Spannung hervor, wie die oben genannte Flamme in 244 mm Abstand vom Krystalle.

Die actinoelectricischen Spannungen sind auf den prismatischen Seitenkanten am stärksten; der Verlauf der verschiedenen electricchen Zonen entspricht im allgemeinen den oben für die thermoelectricischen angegebenen.

Durch Zwillingsbildung, durch Einlagerung von Stücken eines zweiten um 60 oder 180° gedrehten Individuums wird auf dem ganzen Krystalle die Vertheilung der actinoelectricischen Spannungen in genau gleicher Weise gestört, wie die der thermoelectricischen, weil jedes Stück die ihm seiner krystallographischen Stellung noch zukommende Polarität beibehält.

Wenn eine heisse Kugel der Kante eines kalten Bergkrystalles genähert oder auf dieselbe aufgelegt wird, so entsteht, wie oben angedeutet, sofort durch die von ihr ausgehende Strahlung eine actinoelectriche Spannung, welche mit der bei sinkender Temperatur auftretenden thermoelectricen in ihrem Vorzeichen übereinstimmt. Dieser Vorgang lässt sich umkehren: wird eine kalte Kugel der Kante eines erhitzten Bergkrystalles genähert oder auf dieselbe aufgelegt, so entsteht infolge der Strahlung gegen die kalte Kugel auf dieser Kante eine electriche Polarität, wie sie daselbst thermoelectriche beim Erhitzen auftritt. Die Beobachtung dieses Vorganges wird aber sehr erschwert durch die fortwährend sich einmischenden thermoelectricen Spannungen des seine Temperatur ändernden Bergkrystalles.

In einem heissen Bergkrystalle wirken alle Theilchen strahlend auf die übrigen und rufen infolge dessen actinoelectriche Schwingungen von entsprechender Geschwindigkeit hervor. Nach aussen hin kann aber diese Actinoelectricität nur gemischt mit der Thermoelectricität wirksam werden. Unmittelbar nach dem Beginn der Erkaltung eines erhitzten Bergkrystalles wird infolge der isolirenden Eigenschaften desselben die während der Erhitzung erzeugte Electricität noch stark angehäuft sein; ihr entgegengesetzt ist die bestehende Actinoelectricität; die Wirkung nach aussen entspricht also der Differenz zwischen der Thermoelectricität und der Actinoelectricität. Wird nun eine kalte Kugel genähert, so werden sofort die actinoelectricen Schwingungen vermindert; die Kante zeigt also eine Aenderung in ihrer electricen Spannung, und zwar eine Zunahme, als ob ihre Temperatur erhöht würde. Ist nach etwas längerer Dauer der Abkühlung die von der Erhitzung herrührende Thermoelectricität durch die infolge des Erkaltens auftretende überwunden, so wirkt nach aussen die Summe der Thermoelectricität und der freilich sehr verringerten Actinoelectricität. Bei Annäherung einer kalten Kugel wird nun die letztere noch mehr geschwächt; die electriche Spannung nimmt also ab, wie dies durch eine neue Erhitzung eintreten würde.

Ein sehr eigenthümlicher Vorgang entsteht durch kurzes

Ueberstreichen der Kante eines Bergkrystalles mit einer Alkoholflamme. Durch die Annäherung der Flamme wird in dem Krystalle eine starke Actinoelectricität hervorgerufen; zugleich führt aber die Flamme als Leiter soviel entgegengesetzte Electricität auf die Kante und deren Umgebung, dass dieselbe, wenn die Strahlung unverändert fort-dauerte, nach aussen keine electricische Wirkung zeigen würde. Sobald nun aber die Flamme zurückgezogen wird, verschwinden auch die actinoelectrischen Schwingungen im Krystalle; dagegen bleibt infolge der isolirenden Eigenschaft die auf der Oberfläche angehäuften entgegengesetzte Electricität zurück und kann frei nach aussen hin wirken.

IV. Piëzoelectricität.

Um die durch Druck und Nachlassen des Druckes bei hemimorphen Krystallen entstehende Piëzoelectricität nachzuweisen, bedürfen die Krystalle keiner weiteren Zubereitung; ich konnte daher die für die thermo- und actinoelectrische Prüfung benutzten Bergkrystalle in dem gegebenen Zustande auch für die Untersuchung ihres piëzoelectrischen Verhaltens verwenden. Um den ausgeübten Druck genau messen zu können, wurde ein kleiner einarmiger Hebel angewandt; auf seiner unteren Seite war eine durch Hartgummi isolirte Zinnplatte oder Zinnschneide angebracht, welche auf die zu prüfende Stelle der Kante oder Fläche des Krystalles aufgelegt wurde.

Am stärksten tritt bei einfachen Bergkrystallen die Piëzoelectricität auf, wenn der Druck in der Richtung einer Nebenaxe vergrössert oder verringert wird, und zwar erscheint auf denjenigen Seitenkanten des Prismas, welche Rhomben- und Trapezoëderflächen tragen, bei Vergrösserung des Druckes negative, bei Verminderung desselben positive Spannung; die anderen drei Kanten, an welchen keine Rhomben- und Trapezoëderflächen liegen, verhalten sich gerade umgekehrt. Hiernach widerspricht also der Bergkrystall der von den Herren J. und P. Curie aufgestellten Regel, wonach Druck und Erkaltung, und andererseits Nachlassen des Druckes und Erwärmung stets dieselbe Polarität hervorrufen

sollen. Beim Bergkrystalle ist vielmehr die durch Druck erzeugte Polarität mit der bei Erwärmung, und die durch Nachlassen des Druckes erzeugte mit der bei der Erkaltung auftretenden gleichnamig.

Die auftretenden electricischen Spannungen sind, wie schon J. und P. Curie angegeben, den Druckänderungen proportional. Beim Bergkrystalle reicht schon eine Aenderung des Druckes um 1 Gramm aus, um eine noch wahrnehmbare piëzoelectrische Spannung zu erzeugen.

Wenn ein Bergkrystall in der Richtung einer Nebenaxe gedrückt wird, so entstehen an den gedrückten Kanten die zuvor angegebenen der Zunahme des Druckes entsprechenden electricischen Spannungen; dagegen erscheinen an den vier anderen Kanten die dem Nachlassen des Druckes (der Ausdehnung) entsprechenden. Ebenso zeigt sich, wenn ein Bergkrystall in der Richtung einer Zwischenaxe (durch Auflegen der Zinnplatte auf eine prismatische Seitenfläche) zusammengedrückt wird, an den Enden der um 90° von dieser Zwischenaxe abstehenden Nebenaxe die der Ausdehnung zugehörige electricische Spannung.

Bei zusammengesetzten Bergkrystallen treten infolge der eingeschobenen Stücke eines zweiten um 60 oder 180° gedrehten Individuums bei Aenderungen des Druckes ebenso wie bei der Thermo- und Actinoelectricität Abweichungen von dem normalen Verhalten ein, weil jedes Stück die ihm zukommende piëzoelectrische Beschaffenheit bewahrt.

X. *Notiz über eine Explosion einer mit flüssiger Kohlensäure gefüllten Glasröhre;*
von L. Pfandler.

Eine mit flüssiger Kohlensäure zu ungefähr zwei Drittel des Volumens gefüllte zugeschmolzene Glasröhre, wie sie von Lenoir und Forster in Wien geliefert wird, wurde einige Centimeter tief in ein Bad von Kohlensäure und Aether, welches unter dem Recipienten der Luftpumpe auf eine Temperatur unter -100° gebracht worden war, nach vorausgegangener Abkühlung eingetaucht, um krystallisirte