



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Elemente der Mineralogie

Naumann, Carl Friedrich

Leipzig, 1901

§. 135. Elektricität durch Erwärmung

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84232](#)

schwachen Druck zwischen den Fingern eine sehr merkliche und stets positive Elektricität entwickeln. Auch Topas, Aragonit, Flussspath, Bleicarbonat, Quarz u. a. besitzen diese Eigenschaft, jedoch in weit geringerem Grade.

§ 135. Elektricität durch Erwärmung. Durch Erwärmung oder überhaupt durch Temperaturänderung wird die Elektricität in den Krystallen schlecht leitender Mineralien erregt, von welchen man daher sagt, dass sie pyroelektrisch sind. Die Erscheinung zeigt sich nur während eines Wechsels der Temperatur und nicht während dieselbe constant bleibt. Dabei sind beiderlei Elektricitäten auf der Oberfläche in verschiedener Weise vertheilt, immer aber steht die elektrische Erregung derart mit der Symmetrie des Krystals in Beziehung, dass die gleichen Flächen, Kanten und Ecken sich auch unter einander übereinstimmend verhalten¹⁾. Es treten jedoch an jeder einzelnen Stelle successive beide Elektricitäten auf, die eine bei der Erwärmung, die andere, nachdem auf kurze Zeit unelektrischer Zustand geherrscht hat, bei der darauf folgenden Erkaltung. Für die Bezeichnung pflegt man diejenige Elektricität namhaft zu machen, welche sich bei der Abkühlung kund gibt. Doch ist die Vertheilung der Elektricität nicht bei allen Vorkommnissen desselben Minerals übereinstimmend, auch kann das Verhalten durch unvollständige Ausbildung oder durch bedeutende Verletzung der äusseren Gestalt mehr oder weniger modifizirt werden.

Aus *Hankel's* grossen Untersuchungsreihen²⁾ müssen einige Beispiele hervorgehoben werden, wobei sich die Angaben auf diejenige Elektricität beziehen, welche an den vorher erwärmten Krystallen während der Abkühlung auftritt.

Holoëdrische reguläre Krystalle zeigen überhaupt keine Pyroelektricität. — In den tetragonalen und hexagonalen Krystallen bedingt der Gegensatz zwischen Hauptaxe und Nebenachsen die Art der Vertheilung der entgegengesetzten Elektricitäten; an beiden Enden der Hauptaxe wird sich die eine, und ringsum rechtwinkelig von ihr die andere Elektricität entwickeln. So zeigen die vollständig ausgebildeten Vesuviankrystalle vom Wilui auf den Flächen 0P und P positive, auf den Prismenflächen negative Elektricität; ähnliches ergaben die Krystalle des Apophyllits von Andreasberg, Poonah, Bergenhill u. a. O., sowie die sibirischen Berylle und Smaragde; bei den kurzen Beryllkrystallen von Elba und bei den aufgewachsenen Vesuvianen von Ala verhielt es sich dagegen umgekehrt. Auch die meisten untersuchten Kalkspathkrystalle bieten an den Enden der Hauptaxe positive, auf den prismatischen Seitenflächen negative Elektricität dar; die eigenthümlich gestalteten Krystalle von Derbyshire

¹⁾ *Kundt* schlug in sinnreicher Weise vor, in dem Moment, in welchem die durch Temperaturveränderung (oder durch Druck) auf einem Krystall hervorgerufene elektrische Vertheilung bestimmt werden soll, denselben mit einem Gemenge von Schwefel und Mennige zu bestäuben, welches durch ein engmaschiges Sieb von Baumwolle hindurchgesiebt oder mittels eines besonderen Apparats als eine von einem Luftstrom hervorgebrachte Wolke zugeführt wird. Bei diesem Vorgang wird bekanntlich das Schwefelpulver negativ, die Mennige positiv elektrisch, und ebenso wie bei den *Lichtenberg'schen* Figuren setzt sich nun der negative gelbe Schwefel auf die positiven, die positive rothe Mennige auf die negativen Theile der Krystalloberfläche, wobei die Vertheilung der beiden Pulver ein sehr anschauliches Bild von der elektrischen Anordnung auf der Oberfläche gibt. Je stärker die elektrische Spannung auf den Oberflächenstellen ist, desto reichlicher häuft sich das rothe oder gelbe Pulver auf ihnen an.

²⁾ *Hankel* hat bis 1896 nicht weniger als zwanzig umfangreiche Abhandlungen unter dem Titel »Elektrische Untersuchungen« in den Abh. der k. sächs. Ges. d. Wissensch. veröffentlicht, von denen sich die meisten auf die Pyroelektricität der Krystalle, insbesondere auf die polare, beziehen. Vgl. ferner die Untersuchungen von *F. Beijerinck* über das Leitungsvermögen der Mineralien für Elektricität, ihre Unterscheidung in Leiter und Isolatoren, N. Jahrb. f. Min., Beilage. XI. 403.

weisen indessen eine umgekehrte Vertheilung der Elektricität auf. Bei den meisten Apatitkrystallen sind ebenfalls die Endflächen positiv, die Seitenflächen negativ, doch gibt es auch hier abweichende Beispiele eines entgegengesetzten Verhaltens. — An vollständig ausgebildeten Topaskrystallen erweisen sich z. B. die Enden der Verticalaxe und die brachydiagonalen Seitenkanten nebst den angrenzenden Flächentheilen positiv, dagegen die makrodiagonalen Seitenkanten und deren Angrenzungen negativ. Sind aber die Krystalle, wie dies ja gewöhnlich der Fall ist, abgebrochen und an dem einen Ende durch eine Spaltungsfläche begrenzt, so zeigt sich diese Spaltungsfläche gleichwie die makrodiagonalen Seitenkanten negativ, während das entgegengesetzte Ende der Verticalaxe und beide brachydiagonalen Seitenkanten positiv bleiben. — Beim Baryt sind, wenn das Spaltungsprisma als ∞P aufgefasst wird, die Enden der Verticalaxe positiv, die Enden der beiden Horizontalaxen negativ, und die Enden der in der Basis liegenden Zwischenaxen wieder positiv. Doch wird die elektrische Spannung nebenbei noch von der verschiedenen Ausbildung der Krystalle beeinflusst: nach den Enden derjenigen Diagonale hin, nach welcher das Wachsthum des Krystalls stattgefunden hat, nimmt sie stets in negativem Sinne zu oder in positivem ab. — Am Aragonit, welcher fast immer in Zwillingen ausgebildet ist, erscheinen die Flächen des Prismas ∞P längs den brachydiagonalen Seitenkanten positiv, diejenigen des Brachypinakoids $\infty \bar{P} \infty$ negativ, die des Brachydomas $\bar{P} \infty$ theils negativ, theils positiv, theils unelektrisch. — Der Gyps ist auf $\infty \bar{P} \infty$ stets negativ, auf den verticalen Prismen ∞P und $\infty \bar{P} 2$, sowie auf der Hemipyramide P positiv. Beim Adular sind im Allgemeinen die Flächen an beiden Enden der Verticalaxe (∞P und $\bar{P} \infty$), sowie die orthodiagonalen Seitenkanten oder das Klinopinakoid ($\infty \bar{P} \infty$) positiv, die verticalen Prismenflächen ∞P negativ; ganz analog verhält sich der Albit. Bei den Diopsiden walten indessen der Unterschied ob, dass die piemontesischen Krystalle auf $\infty \bar{P} \infty$ positiv, auf $\infty \bar{P} \infty$ negativ elektrisch sind, während die äusserlich gleichgestalteten Individuen aus Tirol gerade umgekehrte Vertheilung zeigen.

Sehr beachtenswerth ist es nun, dass in gewissen Mineralien während einer Temperaturänderung die beiden entgegengesetzten Elektricitäten zugleich an zwei oder mehreren einander gegenüberliegenden bestimmten Stellen des Krystalls erregt werden, welche Modification der Erscheinung mit dem Namen der polaren Pyro- (oder Thermo-) Elektricität bezeichnet wird. Diese Stellen nennt man die elektrischen Pole und es treten auch hier an jedem Pol successiv beide Elektricitäten auf. Um dies Verhältniss auszudrücken, haben *G. Rose* und *Riess* vorgeschlagen, die Pole als analog- oder antilog-elektrische Pole zu bezeichnen, je nachdem sie durch Erwärmung positiv oder negativ elektrisch werden; bezogen auf die Erscheinungen während der Abkühlung würde daher der negative Pol der analoge, der positive der antiloge sein. — Dazu gesellt sich nun die weitere That-sache, dass, wie dieses polare Verhalten gleichsam einen Ausnahmefall im Bereich der Pyroelektricität darbietet, so auch die dasselbe aufweisenden Krystalle auf diejenigen Krystallgruppen beschränkt sind, in denen eine Hemimorphie zur Geltung kommt, oder welche sonst in Folge der Theilflächigkeit eines Symmetriecentrum entbehren. Krystallographisch an ihren Enden ungleichwerthige Axen sind es hier, welche gleichzeitig an ihren Enden ungleichnamige Elektricität entwickeln und somit auch als elektrische Axen bezeichnet werden. Die elektrischen Spannungen an den beiden Enden dieser Axe sind von gleicher Stärke und unabhängig von der Länge der Krystalle, aber proportional dem Querschnitt und dem Maass der Temperaturänderung; nach dem Zerbrechen erscheinen sie auch auf den Trennungsflächen.

Es war ein Zufall, dass gerade zuerst die polare Pyroelektricität an ausgewählten Beispielen untersucht wurde und ein Verdienst *Hankel's*, gezeigt zu haben, dass die Pyroelektricität als solche gar nicht an jene hemimorphen Krystalle allein gebunden, sondern, wie hervorgehoben, sehr wahrscheinlich eine allgemeine Eigenschaft der Krystalle sei. Die interessante Erscheinung der polaren Pyroelektricität ist zuerst und schon seit längerer Zeit am Turmalin beobachtet worden. Bei der Abkühlung erscheint positive Elektricität da, wo die Polkanten, negative da, wo die Flächen des Hauptrhomboëders auf die Flächen des senkrechten dreiseitigen Prismas aufgesetzt sind; im Allgemeinen findet sich am flächenreicherem Ende des Turmalins positive, am flächenärmeren Ende negative Elektricität, in der Mitte der Krystalle eine elektrisch-neutrale horizontale Zone. Fig. 322 zeigt den nach der Anm. auf S. 273 bestäubten



Fig. 322.

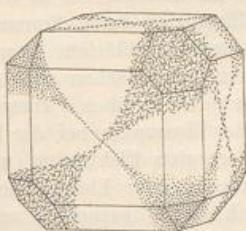


Fig. 323.

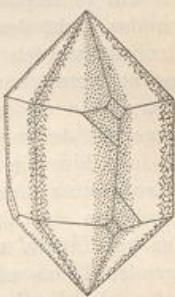


Fig. 324.

Krystall. *Gaugain* fand, dass der Turmalin über eine gewisse Temperatur hinaus so leitend wird, dass die sich ausgleichenden Elektricitäten gar nicht mehr zu beobachten sind. — Bei den aufgewachsenen Krystallen des Kieselzinks (Fig. 12, S. 31) ist stets das obere durch Domen und basisches Pinakoid charakterisierte Ende negativ, die untere Pyramidenspitze positiv elektrisch (vgl. auch *Bauer* und *Brauns*, N. Jahrb. f. Min. 1889, I. 1). Der rhombisch-hemimorphe Struvit besitzt ebenfalls eine stark polar-elektrische Axe in der Richtung seiner Verticalaxe. — Der Boracit hat 8 Pole, welche den Ecken des Hexaëders entsprechen; seine Krystallformen sind durch den Gegen-satz der positiven und negativen Tetraëder u. s. w., überhaupt durch die mit der Hemiëdrie verbundene Entzweigung der trigonalen Zwischenaxen gewissermassen hemimorphisch in der Richtung dieser Axen; die Ecken mit den grösseren glatten Tetraëderflächen werden beim Abkühlen positiv, die mit den kleineren matteren negativ (*Hankel* a. a. O. VI. 1857; *Mack* in Z. f. Kryst. VIII. 1884. 503); vgl. Fig. 323. Auch die Zinkblende besitzt 4 elektrische Axen in den Richtungen der 4 dreizähligen Symmetriearthen. — Ein einfacher Quarzkristall wird an den Prismen- und Pyramidenkanten, an welchen die Trapez- und Rhombenflächen auftreten, negativ, an den abwechselnden positiv elektrisch (Fig. 324); seine trapezoëdrische Tetartoëdrie lässt sich, wie *Hankel* hervorhob, auch als ein Hemimorphismus in der Richtung der drei Neben-axen deuten, welche dadurch in je zwei ungleichwerthige Hälften zerfallen. Der häufige Aufbau scheinbar einfacher Krystalle aus mehreren Individuen complicirt diese Erscheinungen (vgl. auch *v. Kolenko* in Z. f. Kryst. IX. 1884. 1). Andere hemimorphe und polar-elektrische Krystalle sind Prehnit und Spangolith.

Wenn bei Substanzen, welche sich z. B. durch die Aetzeindrücke als zweifellos hemimorph erweisen, dennoch Krystalle vorkommen, die scheinbar nicht hemimorph ausgebildet sind, so ist dies durch Zwillingsbildung nach einer auf der Axe der Hemimorphie senkrecht stehenden Fläche zu erklären und solche Krystalle werden dann auch an beiden Enden dieser Axe gleichnamige Elektricität entwickeln.

Ebenso wie durch Temperaturveränderung werden nach *J. und P. Curie* die an beiden Enden einer Symmetrieaxe verschiedenartig entwickelten Krystalle auch durch einen in der Richtung dieser Axe wirkenden Druck entgegengesetzt polarelektrisch (*Comptes rendus* Bd. 91. 294. 383; Bd. 92. 186. 350; Bd. 93. 204). Diese durch Pressung hervorgerufene Erscheinung wurde Piëzoélectricität genannt und da eine Compression wie eine Temperaturverminderung, eine Dilatation wie eine Temperaturerhöhung wirkt, so entsprechen auch bei beiden Vorgängen die erregten gleichnamigen Elektricitäten einander. Turmalinkrystalle zeigen bei der Pressung senkrecht zu 0R an beiden Enden abweichende Elektricität und zwar wird das Ende, welches bei der Abkühlung positiv wurde, alsdann ebenfalls positiv, beim Nachlassen des Druckes wird es negativ, wie beim Erwärmen. Quarz verhält sich ganz übereinstimmend.

Elektricität durch Belichtung oder Bestrahlung (Aktinoélectricität) hat *Hankel* zuerst am Flussspath, namentlich an den grünen Krystallen von Weardale constatirt; durch das Licht des bedeckten Himmels, durch Sonnenbestrahlung oder elektrisches Kohlenlicht werden die Mitten der Würfelflächen negativ elektrisch, die elektrische Intensität nimmt nach den Rändern der Flächen zu ab, und geht dann dort, sowie an den Ecken oft in eine geringe positive über. Diese Vertheilung sei gerade entgegengesetzt derjenigen, welche der Flussspath bei der Erwärmung aufweist; daher ist denn auch hier die Qualität der erregten Elektricität nach der Belichtung und bei der Erwärmung dieselbe. Die Erregung der Elektricität erfolge durch einen Vorgang, bei welchem der Farbstoff der Krystalle betheiligt sei (a. a. O. XII. 1879. 203) Später hat *Hankel* nachgewiesen, dass auch die einem einfachen Bergkrystall durch dringenden Licht- oder Wärmestrahlen in demselben eine elektrische Spannung hervorrufen, der Vertheilung und Art nach genau übereinstimmend mit der bei der Abkühlung entstehenden pyroélektrischen (ebendas. XII. 1884. 459). Die Erregung ist proportional der Intensität der Strahlung und wesentlich abhängig von der Strahlengattung¹⁾.

§ 136. Leistungsfähigkeit der Elektricität. Ueber die Leistungsfähigkeit der Krystalle hat *G. Wiedemann* sinnreiche Untersuchungen angestellt; er bestreute die Flächen mit einem feinen, schlechteitenden Pulver (Mennige, Lycopodium-Samen) und leitete durch eine Nähnadelspitze die positive Elektricität einer Leidener Flasche auf den Krystall; alsdann wird das Pulver von der Spitze aus nach allen Richtungen mit einer der Leistungsfähigkeit entsprechenden Intensität fortgestossen. Auf den Flächen isotroper Körper (z. B. von Glas, regulärem Alaun, Fluorit u. s. w.) wurde dadurch eine kreisförmige Stelle entblösst, zum Beweise, dass sich in solchen Medien die Elektricität nach allen Directionen gleichmässig fortpflanzt. Ein Kreis erscheint auch auf den basischen Pinakoiden der tetragonalen und hexagonalen Krystalle, wogegen auf den Prismenflächen derselben elliptische Figuren freigelegt werden, welche auch auf allen Flächen der rhombischen, monoklinen und triklinen Krystalle resultiren. Die Analogie mit der Fortpflanzung der Wärme und des Lichtes leuchtet von selbst ein; nach *Wiedemann* scheint auch speciell die Richtung, in welcher sich die Elektricität am schnellsten verbreitet, mit jener der schnellsten Lichttransmission zusammenzufallen.

1) *C. Friedel* und *J. Curie* geben an, dass durch Bestrahlung und durch directe Wärmeleitung im Quarz die gleiche elektrische Vertheilung hervorgebracht werde und sind der Ansicht, dass die auftretende Elektricität in beiden Fällen nur die Folge einer ungleichmässigen Erwärmung resp. Abkühlung und einer damit verbundenen ungleichmässigen Dilatation resp. Compression sei, es sich also nur um eine piëzoélektrische Erscheinung handle. *Hankel* hat dagegen nochmals darauf hingewiesen, dass nach seinen Beobachtungen sowohl bei Erwärmung als bei Abkühlung die Aktinoélectricität der Pyroélectricität entgegengesetzt sei, und dass auch die aktinoélektrischen Spannungen nicht durch ungleiche Erwärmung entstehen können.