

nach obiger Methode zu verfahren, wenn es sich darum handelt, neben Pb auch Ca zu bestimmen.

5. Die  $\text{SO}_4$ -saure Lösung neutralisiert man mit  $\text{NH}_3$  unter Zusatz von Methylorange und entfernt nach Zusatz von etwas  $\text{NH}_4\text{Cl}$  das Fe. Bei viel Fe wird die Fällung nach bekannter Vorschrift wiederholt. Dann kommen noch  $20 \text{ cm}^3 \text{ NH}_3$  hinzu, und nun wird  $\text{H}_2\text{S}$  bis zur Sättigung eingeleitet, bis der Geruch nach  $\text{H}_2\text{S}$  auftritt. Meist ist neben Mo auch etwas Zn vorhanden, das bestimmt werden muß. Es werden daher vor dem  $\text{H}_2\text{S}$ -Einleiten auf je  $100 \text{ cm}^3$  Flüssigkeit 5 g Ammonrhodanat zugesetzt, um das ZnS auszusalzen und nach dem Einleiten 12—14 Stunden stehen gelassen; vom ZnS wird durch ein Filter abgegossen und mit der von F. P. TREADWELL vorgeschriebenen Waschflüssigkeit (5 g  $\text{NH}_4\text{CNS}$ ,  $2 \text{ cm}^3$  farblosen  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  in  $100 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}$ ) gewaschen. Das ZnS wird am besten nach VOLLHARD mittels  $\text{HgO}$  in ZnO übergeführt. Im Filtrat fällt man nach bekannter Methode das Mo durch Anäuern der ammoniakalischen Lösung<sup>1</sup>.

Mineralogisches Institut der Universität Wien.

## Ueber die Funken und den Geruch beim Aneinanderschlagen von Mineralien.

Von A. Johnsen in Kiel.

### I.

Obwohl R. J. HAUY bereits im Jahre 1787 jedes Mineral in eine von vier Härtegruppen einordnete, je nachdem es Quarz, Glas, Kalkspat zu ritzen oder nicht zu ritzen vermochte, wären doch bis zu der sich hieran anlehnenden Härtestufung durch F. MOHS (1822) das Kratzen mit dem Fingernagel, das Ritzen auf einer Glasscheibe, das Schaben mit dem Messer und das Schlagen am Feuerstahl die üblichen Methoden der Härteprüfung. Die hierbei speziell dem Stahl zugeschriebene Rolle wird aus A. G. WERNER's Feststellung (1774) ersichtlich, daß Diamant, Korund, Granat, Quarz, Flint, Schwefelkies und Feldspat die Feile unter Funkenbildung angreifen, daß dagegen Flußspat und Zinkblende dies nicht tun, sondern sich mit dem Messer schaben lassen. Ähnlich äußern sich C. v. LINNÉ (1770), R. KIRWAN (1785) u. a. Später fand man, daß die Stahlfeile nur von denjenigen Mineralien angegriffen wird, deren Härte in der MOHS'schen Skala mindestens an  $H = 6$  heranreicht. Dementsprechend sagt C. HINTZE in seinem Handbuch (1904) vom Arsenkies mit der Härte  $H \leq 6$  ausdrücklich, daß er am Stahl funke.

<sup>1</sup> Diese Methode hat gegenüber der Druckmethode unlegbare Vorteile.

Allen diesen Angaben liegt offenbar die Tatsache zugrunde, daß die Funken, die beim Schlagen mit Stahl entstehen, erhitzte, losgerissene und an der Luft verbrennende Eisenteilchen nach Art der sog. Staubmeteoriten sind.

## II.

Verwickelter werden die Vorgänge beim Aneinanderschlagen zweier gleichartiger Mineralien.

Führt man ein Paar Stücke Feuerstein halb schlagend, halb wetzend aneinander hin, so blitzen im Dunkeln und sogar bei Tageslicht an den Berührungsstellen gelbe Lichtpünktchen auf. Diese Eigentümlichkeit zeigt sich ebenso unter Wasser wie an Luft und stellt somit eine „kalte Strahlung“ dar, die nach ihrer Erregungsart als Tribolumineszenz oder Reibungslumineszenz bezeichnet wurde, nach heutiger Ansicht aber im Grunde nicht durch Reibung, sondern durch Zerbrechung entsteht. A. IMHOF<sup>1</sup> fand diese Lumineszenz außer am Flint besonders deutlich an Quarz, Opal, Quarzglas, Apatit, Flußspat und Zinkblende<sup>2</sup>; ich beobachtete sie ebenso ausgeprägt am Achat der Melaphyre wie am organogenen Feuerstein, am pyrogenen Quarz der Liparite wie am Bergkristall von Madagaskar und den Alpen, am Sanidin der Eifel wie am Adular vom St. Gotthard und recht kräftig auch an Obsidianen von Island, Lipari, Eriwan und Ascension sowie am Moldawit von Budweis in Böhmen, während Flaschenglas, Fensterglas, Spiegelglas und Tempaxglas (Aluminiumborosilikatglas) äußerst schwach oder gar nicht tribolumineszierten. Das Aufblitzen, das am Diamant während des sog. Graumachens oder Rauhmachens beim Abspringen schadhafter Stellen<sup>3</sup> auftritt, gehört wohl ebenso hierher wie das Leuchten beim Zerbrecen von Rohrzucker<sup>4</sup> und Weinsäurekristallen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> A. IMHOF, Physikal. Zeitschr. 18. p. 78. 1917.

<sup>2</sup> Abnorm stark tribolumineszieren gewisse Zinkblendens vom Radautal im Harz, von der Otavigrube bei Tsumeb in Deutsch-Südwestafrika und von Mexiko.

<sup>3</sup> Diese Kenntnis verdanke ich einer freundlichen Anskunft der Diamantschleiferei von J. u. S. GINSBERG in Hanan.

<sup>4</sup> Vgl. F. HAYASHI, „Beobachtungen über Pyroelektrizität“. Inaug.-Dissert. p. 45. Göttingen 1912. Die hier geprüfte W. VOIGT'sche Theorie der Tribolumineszenz berührt sich mit den piezoelektrischen Deutungen von W. VERNADSKY (Bull. Acad. Sciences. St. Pétersbourg. 4. p. 1037. 1910), B. LINDNER (ebenda, p. 999) und J. OSTROMYSSLENSKY (Journ. Russ. Phys. Chem. Ges. 42. p. 591. 1910), während P. LENARD (Sitzungsber. Heidelberger Akad. Wiss. p. 39. Anm. 67. 1914) und A. IMHOF (l. c. p. 374) zwei abweichende Theorien entwickelten. H. SCHMIDT (Physikal. Zeitschr. 19. p. 399. 1918) machte die LENARD'sche Zurückführung auf elektrische Doppelschichten gegenüber der IMHOF'schen Deutung wahrscheinlich, die sich an die LENARD'sche Phosphoreszenzlehre anschloß. A. ANDREOCCI (Gazz. chim. 29. I. p. 516. 1899) behauptete einen Zusammenhang der Tribolumineszenz

und die Lumineszenz beim Kristallisieren von Kaliumsulfat, Arsen-trioxyd u. a. Diese kalten Lichtblitze entstehen naturgemäß auch beim Aneinanderschlagen des weicheren Flußspates mit dem härteren Stahl.

Fliegende „Funken“ sieht man in allen jenen Fällen sehr selten und dann stets nur äußerst kurze Zeit; das Leuchten der abspringenden Partikeln erlischt offenbar sogleich ( $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{100}$  Sekunde) nach ihrer Loslösung, denn die Erregungsdauer ist beim Zerschlagen naturgemäß sehr kurz und in solchen Fällen treten nach P. LENARD<sup>1</sup> nur die Momentanbanden der Phosphoreszenz auf; außerdem existiert für jede tribolumineszierende Substanz eine bestimmte „Mineral-korngröße“, die nach A. IMHOF<sup>2</sup> beim Quarz etwa 0,1 mm beträgt, so daß feineres Pulver beim weiteren Zerstoßen nicht mehr leuchtet.

Unabhängig von der Lumineszenz tritt natürlicherweise eine gewisse Erhitzung ein. So berichtet L. HOPF<sup>3</sup>, daß es ihm, allerdings nach langer Bemühung, gelungen sei, mittels zweier Flintsteine Feuer zu erzeugen, und erwähnt ähnliche Angaben von VERGIL, SENECA, PLINIUS u. a., spricht sich aber über die Natur des feuerfangenden Stoffes nicht aus. Da jedoch gerade hierauf alles ankommt, stellte ich fest, daß man sowohl mit zwei Feuersteinen als auch mit zwei Bergkristallen einen mit Schwefelkohlenstoff getränkten Wattebausch, auf den man die Mineralteilchen überspringen läßt, binnen einigen Sekunden zum Brennen bringen kann, nicht aber trockene Watte. Die Entflammungstemperatur des Schwefelkohlenstoffs ergab sich für diese Bedingungen zu etwa 350 bis 400°, da schmelzendes Zink im Gegensatz zu schmelzendem Blei die Entzündung herbeiführte und ihre Schmelzpunkte bei 419° und 327° liegen.

Somit kommt der Zustand zahlreicher Quarz- und Feuersteinpartikeln nach dem DRAPER'schen Grundgesetz der Temperaturstrahlung (1847) mindestens der dunklen Rotglut nahe, wobei nach der statistischen Thermodynamik in geringerer Anzahl auch noch heißere Teilchen auftreten müssen. Vergleicht man die Zündfähigkeit von Flint und Quarz mit derjenigen des härteren Korunds und des weicheren Orthoklases und Flußspates, so erscheint sie bei den zwei erstgenannten Mineralien am größten. Offenbar steigt zwar die Erhitzung mit der Härte, die Anzahl der abspringenden Funken

lumineszenz mit optischem Drehungsvermögen, wie auch LINDENER (l. c.) und OSTROMYSSLENSKY (l. c.) die häufige Abwesenheit des Symmetrie-zentrums hervorhoben, und M. TRAUTZ (Zeitschr. f. physikal. Chem. 53. 1. 1905) betonte den elektrostatischen Charakter jener Lumineszenz, die allen guten Leitern fehle.

<sup>1</sup> P. LENARD, Sitzungsber. Heidelb. Akad. Wiss. p. 33. 1909.

<sup>2</sup> A. IMHOF, l. c. p. 78.

<sup>3</sup> L. HOPF, Kosmos, p. 304. Stuttgart 1907.

nimmt jedoch mit wachsender Härte ab, und zwar derart, daß die Härte  $H = 7$  des Quarzes und des Feuersteins das Optimum darstellt; würde man die Geschwindigkeit des Aneinanderschlagens und somit die lebendige Kraft dadurch steigern, daß man die Manipulation durch eine maschinelle Vorrichtung ersetzt, so könnte sich jenes Optimum möglicherweise nach höheren Härten hin verschieben. Die spezifischen Wärmen der genannten Mineralarten spielen keine Rolle, da sie sich nur um etwa 15 % unterscheiden; ebensowenig fällt die Wärmeleitfähigkeit ins Gewicht, weil die Erhitzung der abspringenden Partikelchen nahezu adiabatisch erfolgt. Übrigens lumineszieren gerade die zündenden Quarzteilchen am geringsten, da nach A. IMHOF<sup>1</sup> die Tribolumineszenz dieses Minerals bereits bei  $+400^{\circ}$  merklich schwächer ist.

Aus unseren Versuchen scheint hervorzugehen, daß die Entflammung von Zunderschwamm, Pflanzenmark, zerstoßenen dünnen Blättern und ähnlichen Stoffen trotz ihrer großen Oberfläche bei Benutzung zweier Flintstücke wohl mindestens viel Zeit, Mühe und Übung erfordern dürfte; es wird vielleicht darauf ankommen, die Mineralpartikeln möglichst schnell hintereinander auf eine und dieselbe Stelle der zu entzündenden Substanz springen zu lassen. Wenn sich prähistorische Menschen mit jenen Mitteln Feuer bereitet hätten, so würde man wohl unter den Grabbeigaben zwei Flintsteine finden. Das war aber bisher nicht der Fall; dagegen wurden sowohl in der nordischen Ganggräberzeit als auch in der nordischen Bronzeperiode den Toten häufig eine Feuersteinscherbe und eine — inzwischen stark zersetzte — Schwefelkiesknolle mitgegeben. Mit diesem weitverbreiteten Mineral läßt sich in der Tat unschwer Feuer bereiten. Später hat der Schwefelkies, den DIOSKORIDES und PLINIUS mit „Pyrites“, d. h. „Feuerstein“ bezeichneten, zusammen mit Stahl lange Zeit zur Feurgewinnung gedient.

### III.

Während Arsenkies nur am Stahle Funken gibt, funkt Schwefelkies auch beim Aneinanderschlagen mit Flint sowie mit seinesgleichen. Die Reibungswärme leitet die Verbrennung der abspringenden Schwefelkiesteilchen ein und die Oxydation erzeugt Gelbglut. Obwohl die Verbrennungswärme dieses Minerals von der gleichen Größenordnung ist wie diejenige des Eisens ( $10^4$  bis  $10^5$  g-cal pro Gramm-Molekül), hält das Leuchten seiner Funken z. T. viel länger an als dasjenige der Stahlpartikeln, so daß man sie oft fast bis zum Fußboden herniederschweben sieht; sie erreichen wohl größere Ausmaße als jene. Ihre gleichförmige Fallgeschwindigkeit  $v$  beträgt etwa 50 cm/sec. Der Partikeldurchmesser  $d$  läßt

<sup>1</sup> A. IMHOF, l. c. p. 78.

sich aus dem STOKES'schen „Gesetz vom Fall im widerstehenden Mittel“ (1843) annähernd berechnen, indem man in der Gleichung

$$d = 6 \sqrt[4]{\frac{\gamma \cdot v}{2 \rho \cdot g}}$$

die Dichte des Schwefelkieses gleich  $\rho = 5$ , den Reibungskoeffizienten der Luft<sup>1</sup> im absoluten Maße gleich  $\gamma = 1,7 \times 10^{-4}$  und ebenso die Erdbeschleunigung  $g = 981$  setzt. Der Durchmesser ergibt sich dann zu etwa  $\frac{1}{20}$  mm. Genauer gilt die STOKES'sche Widerstandsformel nur für kugelförmige Körper.

Bei jener Funkenbildung des Schwefelkieses entsteht naturgemäß wie beim Rösten dieses Erzes der Geruch nach schwefliger Säure.

#### IV.

Beim Zusammenschlagen und Reiben zweier Feuersteine macht sich oft ein brenzlicher oder „empyreumatischer“ Geruch bemerkbar, der an schwach angesengtes Horn erinnert. Man erhält ihn in geringerem Maße dadurch, daß man die Ränder der beiden Scherben aneinander schlägt als vielmehr dadurch, daß man ihre muscheligen Flächen halb stoßend halb wetzend aneinander hinfahren läßt und diese Bewegung möglichst schnell und oft wiederholt; hierbei entsteht verhältnismäßig viel mehlartiges Pulver, während im ersteren Falle hauptsächlich größere Fragmente abspringen. Der Geruch hält nach dem Aufhören jener Manipulation nur einige Sekunden an. Man darf ihn ebensowenig wie das Leuchten auf ein Verbrennen organischer Reste im Feuerstein zurückführen, denn reine Bergkristalle sowie pyrogener Quarz liefern den gleichen Geruch. Dieser kann auch mit der chemischen Zusammensetzung jener Mineralien nicht in Verbindung stehen, denn Adulare und Sanidine sowie Korund riechen unter den geschilderten Bedingungen ebenfalls nach erhitztem Horn.

Stellt man durch Zerkleinern größerer Flintknollen ganz frische Bruchflächen her, so läßt sich jener Geruch nicht erzielen; er tritt aber deutlich auf, wenn man vor dem Aneinanderschlagen die beiden Scherben — etwa wie ein Stück Seife beim Waschen — zwischen den Händen gerieben hat. Horn versengt bereits unterhalb 200°, während sich die Feuersteine, wie oben gezeigt wurde, stellenweise bis über 300° erhitzen. Also rührt der brenzliche Geruch den man dem Flint als solchem zuschrieb, von der Versengung anhaftender Hornhautschüppchen her. Daß gerade der Feuerstein besonders intensiv riecht, erklärt sich

<sup>1</sup> Das CUNNINGHAM'sche Zusatzglied durfte vernachlässigt werden, da der Partikeldurchmesser  $d$  mindestens hundertmal so groß als die freie Weglänge der Luftmolekeln bei Zimmertemperatur ist.

nicht nur aus seiner Härte, sondern zugleich aus seiner Aggregatnatur, da die Kriställchen von der gleichen Größenordnung (1—10  $\mu$ ) wie die Epidermisschuppen sind und diese daher von der mikroskopisch rauhen Aggregatoberfläche in großer Zahl erfaßt werden; weichere Massen, wie z. B. dichter Alabaster, greifen natürlich schwerer an und erhitzen sich beim Aneinanderwetzen weniger, so daß Geruch wie Zündfähigkeit schwächer ausfallen.

Kiel, Mineralog. Institut d. Universität, 11. März 1919.

## Die Veränderung der Interferenzfarben in Kristallen im parallelstrahligen polarisierten Licht beim Drehen der Nicols.

Von **Alfred Wenzel** in Brandenburg a. H.

Mit 8 Textfiguren.

Die Interferenzfarben in Kristallplatten und -keilen im polarisierten Licht zwischen gekrenzten und parallelen Nicols sind oft Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Quantitativ wurden sie unter Heranziehung der A. König'schen Grundempfindungen für die vier Haupttypen der Apophyllite<sup>1</sup>, für Quarz und Natriumchlorat<sup>2</sup> und für Gips<sup>3</sup> berechnet. Es erscheint nun von Interesse, auch die Farbenfolgen festzustellen, die man in einer Kristallplatte im parallelstrahligen polarisierten Licht beobachten kann, wenn man den Analysator dreht. Dabei sind drei Fälle zu unterscheiden. Liegt ein anisotroper, optisch inaktiver Kristall ohne merkliche Absorption im sichtbaren Spektralbereich vor, so wird das Drehen des Analysators um 180° nur den Sättigungsgrad und die Helligkeit der sonst gleichbleibenden Interferenzfarbe bzw. ihrer Komplementärfarbe ändern. Sie durchläuft dagegen den ganzen Farbenkreis, wenn eine Platte eines optisch aktiven Kristalls ohne merkliche Absorption im sichtbaren Spektrum zur Beobachtung dient. Bei einer optisch inaktiven Platte mit Absorption wird die Interferenzfarbe wesentlich durch die Absorption modifiziert. Dieser Einfluß wird noch erheblich größer bei Anwendung einer optisch aktiven Platte mit Absorption. Ist die Absorption jedoch so stark, daß der Kristall selbst in sehr dünnen Schichten eine intensive Färbung zeigt, dann erscheint nur die mehr oder weniger veränderte Eigenfarbe des Kristalls mit wechselndem Helligkeits- und Sättigungsgrade.

<sup>1</sup> A. WENZEL, N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. 41. 565—627. 1917.

<sup>2</sup> TH. LIEBISCH und A. WENZEL. Sitzungsber. Akad. d. Wiss. Berlin. 1917. 3—22. 777—807.

<sup>3</sup> A. WENZEL, Phys. Zeitschr. 18. 472—479. 1917.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [1919](#)

Autor(en)/Author(s): Johnsen Arrien

Artikel/Article: [Ueber die Funken und den Geruch beim Aneinanderschlagen von Mineralien. 227-232](#)