Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1909)
Heft: 1701-1739

Artikel: Beiträge zur Kenntnis der Thermolumineszenz
Autor: Zürcher, Johann
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319195

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Johann Zürcher.

Beiträge zur Kenntnis der Thermolumineszenz.

Einleitung.

Boyle[1]) entdeckte das Phänomen der Thermolumineszenz im Jahre 1663 am Diamant. Seither haben sich eine ganze Reihe von Physikern mit dieser Erscheinung beschäftigt. Wir finden die ältere Literatur vorzüglich zusammengestellt in dem Werke von E. Becquerel «La Lumière, ses causes et ses effets», 2 Bände, Paris 1867, dem ich die folgenden historischen Notizen zum grossen Teil entnehme. Es sei ausdrücklich bemerkt, dass die folgenden Zeilen keine vollständige Literaturübersicht bieten sollen.

Dufay[2]) wies die Thermolumineszenz bei verschiedenen Edelsteinen nach und entdeckte die wichtige Tatsache, dass durch Glühen die Eigenschaft der Thermolumineszenz zerstört wird.

Canton fand, dass durch Belichten den geglühten Mineralien die Fähigkeit zu thermoluminesziereu wiedergegeben werden kann.[3])

Wichtige Beiträge zur Kenntnis der Thermolumineszenzerscheinungen brachten die von der Pariser Akademie der Wissenschaften im Jahre 1809 preisgekrönten Arbeiten von Dessaignes[4]) und Placidus Heinrich[5]). In beiden Arbeiten wurde die Tatsache mitgeteilt, dass der elektrische Funke die Eigenschaft besitzt, den überhitzten Mineralien die Fähigkeit zu ther-

[1]) E. Becquerel «La Lumière», I, p. 19. Boyle, Opera omnia, Bd. 3, p. 152.

[2]) Mémoire de l'Académie des Sciences, t. 53, p. 352, 1735. Becquerel «La Lumière», I, p. 23.

[3]) Becquerel «La Lumière», t. I, p. 28.

[4]) Journal de Physique, t. 68, p. 465, 1809. Becquerel «La Lumière», t. I, p. 23.

[5]) Journal de Physique, t. 74, p. 301. Becquerel «La Lumière», t. I, p. 23.

molumineszieren wiederzugeben.[1]) Über diesen Punkt hat der Engländer Pearsall zwei Arbeiten veröffentlicht.[2])

E. Becquerel hat eine ganze Reihe von Versuchen die Thermolumineszenz betreffend ausgeführt, über die er in seinem Buche «La Lumière» zusammenfassend berichtet.

E. Hagenbach[3]) untersuchte speziell das Thermolumineszenzlicht des Flusspates und fand, dass, wenn auch beim Erhitzen verschiedene Stücke und dasselbe Stück bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Farbennuancen zeigen, das Spektrum des ausgesandten Lichtes doch stets aus denselben neun Banden von konstanter Lage aber wechselnder Intensität besteht.

H. Becquerel[4]) wies nach, dass das Thermolumineszenzlicht der Flusspate aus den gleichen Banden zusammengesetzt ist, wie das im Phosphoroskop beobachtete. Er zog daraus den Schluss, dass Thermolumineszenz und Photolumineszenz identisch sind. Es kann die Thermolumineszenz als eine Phosphoreszenz bei hoher Temperatur oder umgekehrt aufgefasst werden.

E. Wiedemann und G. C. Schmidt[5]) haben speziell die Thermolumineszenz nach vorhergehender Bestrahlung durch Licht und Kathodenstrahlen einer Untersuchung unterzogen. Sie haben insbesondere die Thermolumineszenz fester Lösungen untersucht.

Borgmann beobachtete, dass die Uranstrahlen Thermolumineszenz erregen.[6])

Über die Erzeugung der Thermolumineszenz durch Röntgenstrahlen berichten J. Trowbridge und J. E. Burbank.[7])

---

[1]) Nach Poggendorff ist Lane der Entdecker dieser Tatsache. (Anmerkung zu der Arbeit Pearsalls, Pogg. Ann., Bd. 22, Seite 567, 1831).

[2]) Pogg. Ann., Bd. 20, Seite 252, 1830. Pogg. Ann., Bd. 22, Seite 566, 1831.

[3]) E. Hagenbach, Arch. de Genève (2) LX, p. 297—98, 1877. Beibl. *2*, Seite 31, 1878.

[4]) H. Becquerel, C.-R., *52*, p. 557, 1891.

[5]) E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Wied. Ann., Bd. 54, Seite 604, 1895. E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Wied. Ann., Bd. 56, Seite 201, 1895. E. Wiedemann, Wied. Ann., Bd. *38*, Seite 488, 1889.

[6]) Borgmann, Journal de Physique, 3me série, t. VII, p. 671, 1897.

[7]) J. Trowbridge u. J. E. Burbank, Phil. Mag. *45*, p. 100—102, 1898. Beibl. *22*, Seite 176, 1898.

Die thermolumineszenzerregende Eigenschaft der Radiumstrahlen wurde wohl erstmals von H. Becquerel beobachtet.[1])

In der vorliegenden Arbeit soll eine in unserer Kenntnis der Thermolumineszenz vorhandene Lücke ausgefüllt werden, indem der Versuch gemacht wird, Werte für die den verschiedenen Phasen der Thermolumineszenzerscheinung entsprechenden Temperaturen zu gewinnen. Es wird dann im weitern die zu diesem Zwecke ausgearbeitete Methode benutzt, um den Einfluss der Kathodenstrahlen auf das Thermolumineszenzvermögen verschiedener Mineralien, speziell der Flusspate, und die Veränderungen, die die mit Hilfe der Kathodenstrahlen künstlich erzeugte Thermolumineszenz mit der Zeit erleidet, genauer zu untersuchen.

I. Versuchsanordnung.

Die Untersuchungen wurden stets an pulverisiertem Material vorgenommen. Die Mineralien wurden vorerst im Stahlmörser möglichst zerkleinert und dann im Achatmörser zu einem gleichmässigen Pulver zerrieben.

Heizapparat. Zum Erwärmen der thermolumineszierenden Substanzen diente eine Einrichtung, die im wesentlichen einer von Weber[2]) angegebenen entsprach. Über einen Bunsenbrenner wurde zum Abblenden des schwachen Lichtes der Bunsenflamme ein Blechzylinder gestülpt, der am untern Rande einen Ausschnitt zum Einführen des gaszuleitenden Kautschukschlauches besass. Auf den Zylinder wurde ein Blechtrichter gesetzt, dessen obere, engere Öffnung einen Durchmesser von za. 4 cm besass. In dem obersten Teil des Blechmantels war ein Rohr eingesetzt, das als Abzugskanal für die Verbrennungsgase diente. Die obere Öffnung des Blechtrichters konnte durch eine za. 5 mm dicke Kupferplatte geschlossen werden, auf die das zu erwärmende Material gebracht wurde. Während der Beobachtung wurde auf die Kupferplatte ein Blechtrichter mit seiner weitern Öffnung nach oben so aufgesetzt, dass die Kupferplatte die untere etwa 3 cm weite Öffnung vollständig abschloss. Dadurch wurde von

[1]) C. R. *129*, p. 912, 1900.

[2]) Weber, Wied. Anm., Bd. 32, Seite 262. G. A. Badertscher, Berner Diss., 1889.

der Bunsenflamme seitlich austretendes Licht vollständig von den Augen des Beobachters, der seinen Kopf in den Trichter hineinsenkte, abgehalten. Mit Hilfe eines Regulierhahnes mit langem Hebel, der im Bereich des Beobachters angebracht war, konnte die Gaszufuhr in weiten Grenzen verändert werden.

Temperaturmessung. Die Bestimmung der Temperaturen geschah auf thermoelektrischem Wege.

Die angewendeten Thermoelemente bestanden aus einem Neusilberdraht von 1 mm Durchmesser und 1 m Länge, an dessen Enden gleich starke, isolierte Kupferdrähte von je 3 m Länge hart angelötet waren. Die eine Lötstelle wurde in einem längs eines Durchmessers geführten Einschnitt der Heizplatte so befestigt, dass sie möglichst genau in die Mitte der Platte zu liegen kam, also stets die Temperatur der Platte besitzen musste. Die andere Lötstelle wurde, um sie vor Beschädigung zu schützen, mittelst Paraffin in einem Glasrohr festgeschmolzen. Während der Beobachtung wurde sie auf konstanter Temperatur gehalten, indem man sie in schmelzendes Eis steckte.

Zum Messen der Thermoströme waren die beiden Kupferdrähte des Thermoelementes mit einem im Nebenzimmer aufgestellten, gut aperiodischen Drehspulgalvanometer von Keiser und Schmidt verbunden.

Das Jüstieren der Thermoelemente geschah im Sandbad, dessen Temperatur mit Hilfe eines genauen Quecksilberthermometers bestimmt wurde. Das Sandbad wurde dem Ölbad deshalb vorgezogen, weil es in der Anwendung bequemer ist und vergleichende Versuche ergaben, dass sich damit eine genügende Genauigkeit erreichen lässt. Die Thermoelemente konnten mit leichter Mühe bis zu Temperaturen von 550° jüstiert werden. Um die Ausschläge des Galvanometers innert brauchbaren Grenzen zu halten, wurden zweckmässig gewählte Widerstände vorgeschaltet. Sowohl bei steigender als bei fallender Temperatur wurde von 10° zu 10° der Galvanometerstand abgelesen. Es ergab sich, dass die gefundenen Werte mit grosser Genauigkeit der Formel

$$n = at + bt^2$$

genügten, wenn t die Temperatur, n den zugehörigen Galvanometerausschlag und a und b zwei dem Thermoelement eigen-

tümliche Konstanten bedeuten. Aus verschiedenen zusammengehörigen Werten von t und n wurden die Konstanten a und b berechnet.

Um umgekehrt aus den abgelesenen Galvanometerausschlägen leicht die zugehörigen Temperaturen finden zu können, wurde die Formel nach t aufgelöst

$$t = \frac{-a \pm \sqrt{a^2 + 4bn}}{2b}$$

und mit Hilfe dieses Ausdruckes von Skalenteil zu Skalenteil fortschreitende Tabellen ausgerechnet und zusammengestellt.

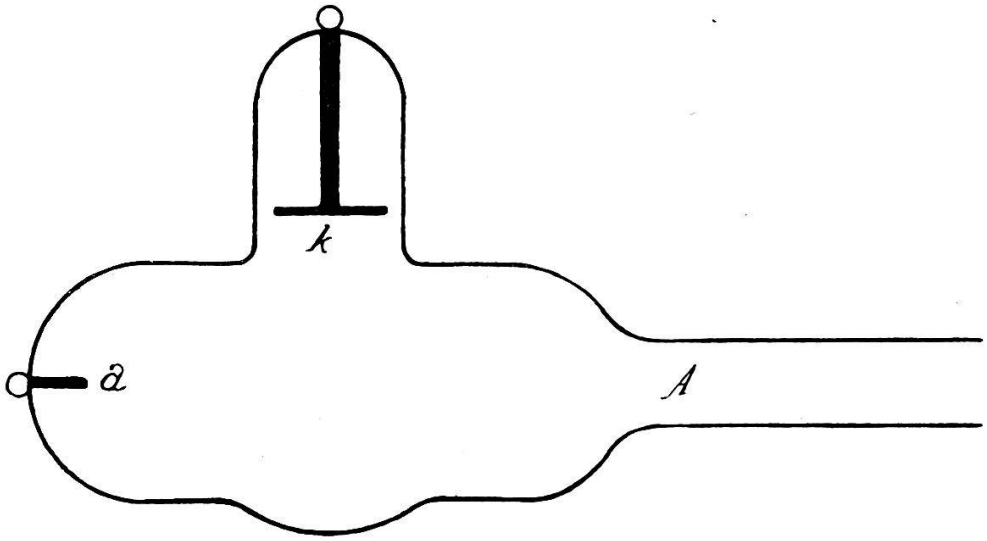
Die Versuche gestalteten sich in folgender Weise:

Der eine Beobachter befand sich im vollständig verdunkelten Zimmer. Beim schwachen, roten Licht einer Glühlampe mit Rubinglasbirne brachte er eine Probe (za. 0.2 gr) der zu untersuchenden Substanz auf die Heizplatte, direkt auf die in die Platte versenkte Lötstelle. Dabei wurde Sorge getragen, dass die Substanz in möglichst gleichmässig dicker Schicht die Platte bedeckte. Hierauf wurde die Glühlampe ausgedreht, in vollständigem Dunkel die Platte auf den Heizapparat aufgesetzt, der Beobachtungstrichter darübergestülpt und die Bunsenflamme, die bis dahin klein gebrannt hatte, vergrössert. Während des Versuchs wurde die Flamme so reguliert, dass eine angenähert gleichmässige Temperatursteigerung der Kupferplatte stattfand. Über die beobachteten Erscheinungen wurde laut berichtet und die Referate von einer im Nebenzimmer befindlichen Person notiert. Ein zweiter Beobachter las zu gleicher Zeit die Galvanometerausschläge ab und diktierte sie in die gleiche Feder.

Um über den Verlauf der Thermolumineszenzerscheinung einen bessern Überblick zu gewinnen, wurden in einem Koordinatensystem die beobachteten Intensitäten als Ordinaten, die zugehörigen Temperaturen als Abszissen eingetragen. Die beigegebene Tafel zeigt die auf diese Weise gewonnenen Intensitätskurven für den farblosen Flusspat. Der Vollständigkeit wegen sei ein Versuchsprotokoll, das der ersten Kurve der Tafel entspricht, mitgeteilt.

Zeit		Temperatur
5 U. 36 M.	Aufsetzen	25°
37	Schwacher Schimmer	127°
37,5	Wird langsam stärker	184°
	Schwach, blassviolett	241°
	Zl. stark, »	284°
38	Stark, blassviolett	299°
	Violett, gesättigter	343°
38,5	Wird schwächer	354°
39,5	Ganz schwach, blassorange	423°
40,5	Erloschen	480°

Bestrahlung. Zur Bestrahlung der Substanzen mit Kathodenstrahlen wurden Röhren verwendet, die nur wenig von der bekannten Form der Goldsteinschen Röhren abweichen.[1]) Untenstehende Figur gibt einen Schnitt in natürlicher Grösse. *k* ist die Kathode aus Aluminium, *a* die Anode. Die Ausbuchtung



gegenüber der Kathode wurde angebracht, um das zu bestrahlende Pulver durch Schütteln der Röhre leicht an die Stelle der intensivsten Wirkung der Kathodenstrahlen bringen zu können.

Die Substanzen wurden durch das Ansatzrohr *A* eingeführt und hierauf das Rohr *A* an die Luftpumpe angeschlossen.

[1]) Die Röhren wurden von der Firma F. Müller, Dr. Geisslers Nachfolger in Bonn geliefert.

Die Luftpumpe war eine Duplex-Geryk-Ölluftpumpe von der Firma Pfeiffer in Wetzlar. Die Anwendung dieser Pumpe brachte grosse Vorteile mit sich. Infolge der grossen Leistungsfähigkeit war das notwendige Vakuum sehr rasch erreicht (za. 5 Minuten). Aus dem gleichem Grunde war ein Anschmelzen des Rohres an die Trockenröhre der Luftpumpe nicht notwendig. Es genügte zur Verbindung ein Stück ganz gewöhnlichen Kautschukschlauchs; nur musste, um ein Einknicken des Schlauchs zu vermeiden, das Rohr A mit dem Ansatzrohr der Trockenröhre zur Berührung gebracht werden. Der Schlauch wurde schliesslich zur Erhöhung der Dichtheit mit gewöhnlichem Luftpumpenfett bestrichen. Wurde während der Bestrahlung das Vakuum schlechter, so genügten einige Pumpenzüge, um das richtige Vakuum wieder herzustellen. Übrigens wurde meist während der ganzen Dauer der Bestrahlung langsam weitergepumpt.

Dieser Anschluss der Kathodenstrahlenröhre liess genügenden Spielraum, um während der Bestrahlung das Rohr beständig in Bewegung erhalten und so immer neue Partieen des Materials in den Bereich der Kathodenstrahlen bringen zu können. Es wurde dadurch der Wärmeeffekt der Kathodenstrahlen nach Möglichkeit ausgeschaltet und überdies eine sehr gleichmässige Bestrahlung des Materials erzielt.

Zur Erzeugung der Kathodenstrahlen diente ein Ruhmkorffscher Apparat mit Neefschem Unterbrecher. Der Apparat gab bei einem primären Stromverbrauch von za. 1 Ampère eine Funkenlänge von 2—3 cm.

Schema der Versuchsreihen. Alle in die Untersuchung einbezogenen Mineralien wurden nach dem gleichen Schema behandelt.

Zunächst wurde die Thermolumineszenz des natürlichen Minerals untersucht.

Hierauf wurde eine Partie des natürlichen Minerals (immer in Pulverform) den Kathodenstrahlen ausgesetzt (5—60 Min.) und die Thermolumineszenz direkt nach der Bestrahlung untersucht.

Das bestrahlte Material wurde in zwei annähernd gleiche Teile zerlegt. Der eine Teil wurde in einem mittelst eines

Korkes verschlossenen Präparatengläschen in ein Fenster der Südostseite des Gebäudes gelegt. Der andere Teil wurde ebenfalls in ein Präparatenglas gebracht, dieses mit schwarzem Papier sorgfältig umwickelt und das ganze in einer Kartonschachtel, die ihrerseits wieder mit einer Papierhülle versehen wurde, in dasselbe Fenster gestellt. Durch diese Anordnung sollte erreicht werden, dass die beiden Proben möglichst gleichen Temperaturverhältnissen unterworfen waren.

Nach Verlauf mehrerer Wochen wurden die Proben wieder auf ihre Thermolumineszenz untersucht. Um die Thermolumineszenz der beiden Substanzen besser miteinander vergleichen zu können, wurde (leider erst bei den spätern Versuchen) je eine Probe von beiden Substanzen gleichzeitig auf die Heizplatte gebracht, so dass das Leuchten der beiden Proben gleichzeitig beobachtet werden konnte. Bei den Flusspaten wurde nach einer zweiten Pause von mehreren Wochen eine dritte Untersuchung durchgeführt.

Von jedem untersuchten Mineral wurde eine zweite Partie im Platintiegel so weit erhitzt, dass die natürliche Thermolumineszenz vollständig verschwunden war. (Das Erhitzen wurde im vollständig dunkeln Raume vorgenommen). Das so präparierte Material wurde dann in genau gleicher Weise behandelt wie das natürliche Mineral, d. h., es wurde zunächst bestrahlt und auf Thermolumineszenz untersucht, dann eine Probe im Licht, eine andere im Dunkel aufbewahrt und von Zeit zu Zeit die Thermolumineszenz kontrolliert.

Auch von den Mineralien, die im natürlichen Zustande nicht thermolumineszierten, wurde eine Partie vor der weitern Behandlung geglüht.

II. Versuche mit Flusspaten.

Die Versuche erstreckten sich über die folgenden Flusspate:

1. *Farbloser Flusspat*, Ursprungsort unbekannt.

Der Flusspat war auch in grösseren Stücken klar durchsichtig. Beim Erhitzen im Reagensglas ergab er eine starke violettfarbene Thermolumineszenz, die in Orange abklang.

2. *Chlorophan vom Ural.*

Farbe: Hellbraun bis dunkelbraun. Beim Erwärmen im Reagensglas leuchtete er in sehr starkem grünem Licht.

3. *Flusspat von Weardale*, Durham.

Farbe: In der Durchsicht blaugrün. Schöne tiefblaue Fluoreszenzfarbe. Sehr schöne hellviolette Thermolumineszenz, die in Kornblumenblau abklang.

4. *Flusspat von Rauris*, Salzburg.

Farbe: Blassblau, einzelne Stellen dunkler, andere (namentlich an den Kanten) fast farblos. Sehr schöne Thermolumineszenz: Hellgrün, Hellrosa, Orange.

5. *Gelber Flusspat von Annaberg*, Sachsen.

Farbe: Schöne Bernsteinfarbe. Thermolumineszenz war keine zu beobachten.

1. Farbloser Flusspat.

A. *Natürliche Thermolumineszenz* (vergl. die Tafel).

Die ursprüngliche Lumineszenz setzte bei za. 130° ein. Mit zunehmender Temperatur stieg die Intensität, bis sie bei 270° ihr Maximum (stark) erreichte. Bei 340° begann das Leuchten sehr rasch abzunehmen; es erlosch bei 480°.

Bei Beginn der Erscheinung wurde blassviolettes Licht beobachtet, das allmählich in gesättigtes Violett überging. Bei 370° ging das Violett in Orange und dieses schliesslich in Strohfarbe über.

B. *Thermolumineszenz des natürlichen bestrahlten Flusspates* (vergl. die Tafel).

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 25 Min.

Farbe:[1]) Blassblauviolett.

Das Leuchten begann bei za. *40°* und zwar mit grünem Licht. Die Intensität stieg sehr rasch bis 130°, um von da an längere Zeit konstant (sehr stark) zu bleiben. Bei za. 210° ging das Grün in intensives Gelb über, das bei 300° dem ursprünglichen violetten Lichte Platz machte. Während des Überganges von Grün in Gelb trat eine vorübergehende Abnahme der Intensität ein. Bei 320° begann die Intensität sehr rasch abzunehmen. Das Abklingen erfolgte in orangefarbenem Licht (von 390° an). Erlöschen bei 480°.

b. Nach 36 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Nicht beobachtet.

Das Leuchten begann bei 60° und erreichte ein erstes Maximum bei 120° (stark). Bei 170° setzte eine leichte Abnahme ein; hierauf stieg die Intensität sehr rasch zu einem zweiten sehr starken Maximum (250°–320°) an. Von 320° an nahm das Leuchten beständig ab bis zum Erlöschen (480°).

Das anfänglich blassgrüne Licht ging mit steigender Temperatur in gesättigtes Grün über. Bei 210° ging das Grün durch Gelbgrün in Hellgelb über, das bei 300° durch Violett abgelöst wurde. Das Abklingen erfolgte in Orange (400°--480°).

---

[1]) Unter «Farbe» ist die Färbung verstanden, die das Mineralpulver infolge der Bestrahlung mit Kathodenstrahlen erhielt (Nachfarbe nach Goldstein).

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Bläulichgrau.

Die Erscheinung unterschied sich von der eben beschriebenen nur dadurch, dass das erste Maximum an Intensität dem zweiten gleichkam.

c. Nach 92 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Das Leuchten begann bei 60°, nahm bis 130° rasch zu, blieb dann längere Zeit konstant (stark), um von 230° an zu einem Maximum anzusteigen (sehr stark 270°—320°). Von 320° an sank die Intensität sehr rasch. Erlöschen bei 480°.

Im Beginn der Erscheinung war das ausgestrahlte Licht blassgrün. Bei 210° trat kurze Zeit violettes Licht auf, das sofort in Grüngelb überging. Bei 300° wechselte das Grüngelb mit Violett. Abklingen in Orange.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Schwach violett.

Die Leuchterscheinung setzte bei 60° ein und erreichte ein erstes Maximum (stark) bei 130°. Von 170° an sank die Intensität auf einen Minimalwert (schwach) bei 190°, um von da an aufsteigend bei 240° ein zweites Maximum (sehr stark) zu erreichen. Bei 320° setzte eine rasche Abnahme ein. Erlöschen bei 480°.

Die beobachteten Farben waren Grün (erstes Maximum), das durch Blassgrün (Minimum) und Gelblich-Grün in Grünlich-Gelb überging. Bei 280° erfolgte der Farbwechsel Grünlichgelb-Violett. Abklingen in Orange.

Zusammenfassung.

Zur Gewinnung eines bessern Überblickes über die mitgeteilten Erscheinungen sind die wichtigsten Daten in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle I. — **Thermolumineszenz des natürlichen farblosen Flusspates.**

		Beginn	I. Maximum	II. Maximum	Erlöschen	Farbwechsel		
						Grün-Gelb	Gelb-Violett	Violett-Orange
Natürlich		130°	—	stark 270°—340°	480°	—	—	370°
a	Direkt nach der Bestrahlung	40° grünlich	130°—320° sehr stark		480°	210°	300°	390°
b Nach 36 Tagen	Probe I im Licht	60° grünlich	120°—170° stark	250°—320° sehr stark	480°	210°	300°	400°
b Nach 36 Tagen	Probe II im Dunkel	60° grünlich	120°—170° sehr stark	250°—320° sehr stark	480°	210°	300°	400°
c Nach 92 Tagen	Probe I	60° grünlich	130°—? [1]) stark	270°—320° sehr stark	480°	bei 210° kurze Zeit Violett, dann Grünl.-Gelb	300°	?
c Nach 92 Tagen	Probe II	60° grünlich	130°—170° stark	260°—320° sehr stark	480°	—	280°	?

[1]) Keine bestimmte Grenze.

Eine Vergleichung der Versuche a—c lässt folgende Schlüsse ziehen:

Bei der Bestrahlung mit Kathodenstrahlen lagert sich über die ursprüngliche Thermolumineszenz (Violett) des farblosen Flusspates eine zweite (Grün, Gelb) bei niedrigerer Temperatur beginnende. Zugleich wird die Intensität des Leuchtens bedeutend erhöht.

Die durch die Kathodenstrahlen erzeugte Thermolumineszenz geht mit der Zeit zurück und zwar gleichgültig, ob der Flusspat nach der Bestrahlung im Dunkeln oder im Licht aufbewahrt wird.

Das Licht scheint das Zurückgehen der durch die Kathodenstrahlen erzeugten Lumineszenz zu beschleunigen (Versuch b).

Sowohl die Kathodenstrahlen als auch die Lichtstrahlen haben keinen Einfluss auf denjenigen Teil der ursprünglichen Thermolumineszenz, der bei Temperaturen über 300° zur Ausgabe gelangt. Für diese Behauptung spricht die in der mitgeteilten Tabelle deutlich hervortretende Konstanz der Überhitzungstemperatur.

C. *Thermolumineszenz des überhitzten bestrahlten Flusspates.*

Auch hier wurden zwei Versuchsreihen ausgeführt. Da ihre Resultate teilweise nicht übereinstimmen, sollen sie beide aufgeführt werden.

1. Versuchsreihe.

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 15 Min.

Farbe: Blassviolett.

Die Lumineszenz begann bei 60°, wuchs rasch bis 120° (stark), zeigte bis 200° eine vorübergehende Intensitätsabnahme, erreichte bei 250° das Maximum (stark bis sehr stark), nahm von 320° an zuerst rasch, dann langsamer ab und erlosch bei 465°.

Die anfangs blassgrüne Farbe verwandelte sich in Grün, ging bei 230° in Gelb über, das bei 300° durch Violett abgelöst wurde, und klang in Orange ab.

b. Nach 38 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos.

Das Leuchten begann bei 80°, nahm rasch zu bis 120°, blieb dann einige Zeit konstant (ziemlich stark), nahm von 210° an nochmals zu, erreichte bei 260° das Maximum (stark) und nahm von 320° an bis zum Erlöschen (450°) ab.

Das Licht war anfangs grün, ging bei 230° in Gelb, bei 310° in Violett über und klang in Orange ab.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Deutlich violett.

Die Erscheinung war nicht merklich von der bei Probe I beschriebenen verschieden.

c. Nach 94 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos.

Das Leuchten begann bei 70°, nahm bis 130° zu, blieb bis zu 210° konstant (schwach), stieg zu einem Maximum an (ziemlich stark, 260°—320°) und nahm von 320° an bis zum Erlöschen (430°) ab.

Das Lumineszenzlicht war anfangs grünlich-weiss, ging durch Grün und Blassgrün in Grünlichgelb (Maximum) und schliesslich in einen bläulichen Farbton über. Abklingen in Weisslich.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Blassviolett.

Beginn des Leuchtens bei 60° mit grünlichem Licht. Die Intensität stieg bis 150° (hellgrün) und blieb dann bis 320° konstant (ziemlich stark). Von 320° an erfolgte zunächst rasches, dann langsames Abnehmen bis zum Erlöschen (430°).

Es wurden folgende Farben beobachtet: Helles Grün, das bei 200° blasser wurde und bei 275° in Blassviolett überging. Abklingen in Weisslich.

2. Versuchsreihe.

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 45 Min.

Farbe: Rötlichviolett.

Die Thermolumineszenz begann bei 50° mit grünem Licht. Die Intensität wuchs bis 120°, blieb dann konstant (ziemlich stark) bis 280°. Hier setzte eine Steigerung der Intensität ein; gleichzeitig trat an Stelle des Grün ein intensives Gelb. Das Abklingen setzte bei 320° ein, und zwar ging das Gelb allmählich in Orange über. Erlöschen bei 450°.

b. Nach 60 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Schwach violett.

Es war nur noch eine schwache Leuchterscheinung zu beobachten, so dass die Farben schwer zu bestimmen waren.

Beginn des Leuchtens bei 80°. Die Intensität stieg langsam bis 120°, blieb dann längere Zeit konstant (ganz schwach), nahm von za. 210° an wieder zu, erreichte bei 270° das Maximum (schwach) und nahm von 320° an langsam bis zum Erlöschen (440°) ab.

Die beobachteten Farben sind: Grünlich, Grünlichweiss. Weisslich (Maximum, ist an die Stelle von Gelb bei a getreten). Bei 320° zeigte das Licht einen Stich ins Violette.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Schwach violett, stärker als I.

Die Leuchterscheinung war schwach, aber merklich stärker als bei Probe I, wie durch gleichzeitige Beobachtung beider Proben festgestellt wurde.

Die Intensitätsschwankungen waren denjenigen von Probe I analog; die absoluten Intensitätswerte waren durchwegs grösser.

Beginn des Leuchtens bei 65°. Das anfänglich hellgrüne Licht wurde bei 200° blasser und erhielt bei 300° einen bläulichen Ton. Abklingen in Weisslich. Erlöschen bei 440°.

Zusammenfassung.

Die wichtigsten Daten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt

Tabel'e II. — **Thermolumineszenz des überhitzten bestrahlten Flusspates.**

				Beginn	I. Maximum	II. Maximum	Erlöschen	Farbwechsel		
								Grün-Gelb	Gelb-Violett	Abklingen
a	Reihe 1.	Direkt nach der Bestrahlung		60°	120°—190°za. stark	250°—320° sehr stark	465°	230°	300°	Orange
b	Reihe 1.	Nach 38 Tagen	Probe I	80°	120°—? zieml. stark	260°—320° stark	450°	230°	310°	Orange
			Probe II	75°	120°—? zieml. stark	260°—320° stark	460°	230°	310°	Orange
c	Reihe 1.	Nach 90 Tagen	Probe I	70°	130°—? schwach	260°—320° zieml. stark	430°	?	?	Weisslich
			Probe II	60°	150°—320° ziemlich stark		430°	?	275°	Weisslich
a	Reihe 2.	Direkt nach der Bestrahlung		50°	120°—? zieml. stark	250°—320° stark	450°	230°	—[1])	Orange
b	Reihe 2.	Nach 60 Tagen	Probe I	80°	120°—? ganz schwach	270°—320° schwach	440°	?	Bei 320° Stich in Violett	Weisslich
			Probe II	65°	Wie I, nur etwas stärker		450°	?	Bei 300° ein bläulicher Ton	Weisslich

[1]) Violett wurde nicht beobachtet.

Die beiden Versuchsreihen geben übereinstimmend folgende Resultate:

Der überhitzte farblose Flusspat erhält durch Bestrahlen mit Kathodenstrahlen die Fähigkeit zu thermolumineszieren.

Die so erzeugte Lumineszenz nimmt mit der Zeit ab.

Das Licht befördert diese Abnahme.

Vergleichen wir noch Tabelle II mit Tabelle I, so ergeben sich weitere Schlüsse:

Die beim überhitzten Flusspat erzeugte Thermolumineszenz stimmt mit derjenigen überein, die sich beim natürlichen Flussspat über die schon vorhandene lagert. (Man vergleiche namentlich die Erscheinungen, die bei Temperaturen unter 300° auftreten).

Die Überhitzungstemperatur der beim überhitzten Flusspat künstlich erzeugten Thermolumineszenz liegt unter der Überhitzungstemperatur des natürlichen Flusspates. Sie scheint überdies mit der Zeit tiefere Werte anzunehmen.

Aus diesem Verhalten der Überhitzungstemperatur muss der Schluss gezogen werden, dass die Kathodenstrahlen die ursprüngliche Thermolumineszenz nicht wieder herstellen.

In einem Punkte widersprechen sich die Resultate der beiden Versuchsreihen, nämlich im Auftreten der auch beim natürlichen Flusspat beobachteten violetten Lumineszenzfarbe. Für die Tatsache, dass bei Reihe I Violett in ganz gleicher Weise auftrat wie beim natürlichen bestrahlten Flusspat, während es bei Reihe II fehlte, kann ich keine sichere Erklärung geben. Möglicherweise wurde bei Reihe I das Material zu wenig geglüht.

2. Chlorophan.

A. *Natürliche Thermolumineszenz.*

Der natürliche Chlorophan zeigte eine ausserordentlich schöne Thermolumineszenz.

Das Leuchten setzte bei za. 60° mit hellgrünem Licht ein. Während die Intensität bis 320° stetig bis zu ausserordentlicher Stärke stieg, ging das Hellgrün durch gesättigtes Grün in pracht-

volles Smaragdgrün über. Von 370° an nahm die Intensität stetig bis zum Erlöschen (510°) ab. In der Nähe von 400° nahm die Farbe einen bläulichen Ton an, um bei 420° in ein helles Orange überzugehen.

B. *Thermolumineszenz des natürlichen bestrahlten Chlorophans.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 10 Min.

Farbe: Schwach blassviolett.

Das Material leuchtete schon bei Zimmertemperatur in grünlichem Licht. Beim Erwärmen stieg die Intensität sehr rasch, bis bei za. 150° ein erstes Maximum (ausserordentlich stark) erreicht wurde. Die Farbe des Lichtes ging durch gelbliches Grün in ein gesättigtes Grün, hierauf in schönes Smaragdgrün über. Bei 200° trat eine kleine Abnahme der Intensität ein. Von 250° an erneutes Steigen der Intensität bis zu einem zweiten Maximum (ausserordentlich stark) bei 290°. Bei 320° begann ein stetiges Fallen der Lichtstärke, das bis zum Erlöschen (500°) anhielt. Bei 370° ging das Smaragdgrün in einen blauvioletten Farbton über; von 400° an Abklingen in Orange.

b. Nach 41 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Etwas bläulich.

Das Leuchten begann bei 50°, nahm ziemlich rasch zu bis 135°, blieb dann einige Zeit konstant (stark), stieg von 200° an von neuem, erreichte bei 280° das Maximum (ausserordentlich stark) und nahm von 320° stetig ab. Erlöschen bei 500°.

Die Leuchterscheinung begann mit hellgrünem Licht, das allmählich in gesättigtes Grün und schliesslich in schönes Smaragdgrün überging. Bei 370° erfolgte der Übergang in einen bläulichen Farbton. Abklingen in Orange.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Blauviolett.

Die Thermolumineszenz setzte bei 45° ein, nahm rasch zu bis 165°, blieb einige Zeit konstant (sehr stark), wurde von 240° an noch stärker, erreichte das Maximum bei 290°, begann bei 320° abzunehmen und erlosch bei 505°.

Das anfangs hellgrüne Licht ging durch gesättigtes Grün in schönes Smaragdgrün (Maximum) und schliesslich in schmutziges Blaugrün über. Abklingen in Orange.

c. Nach 101 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Nicht beobachtet.

Das Leuchten begann bei 50° mit hellgrünem Licht. Die Intensität stieg langsam bis zu einem Maximum (250°—340°, ausserordentlich stark); zugleich veränderte sich die Farbe von Hellgrün durch Grün in schönes Smaragdgrün. Bei 340° begann die definitive Abnahme der Intensität. Erlöschen bei 500°. Bei 370° ging das Grün in Blauviolett über, das bei 400° Orange Platz machte.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Nicht beobachtet.

Das Leuchten begann bei 30°, erreichte ein erstes Maximum (sehr stark) bei 150°, ging bei 210° durch einen Minimalwert, erreichte bei 260° ein zweites Maximum (sehr stark) und fiel von 320° an langsam bis zum Erlöschen (510°).

Die beobachteten Farben sind: Hellgrün, Grün, Smaragdgrün. Bei 370° erfolgte der Übergang von Smaragdgrün in Blauviolett, von 400° an Abklingen in Orange.

Zusammenfassung.

Tabelle III gibt eine Übersicht über die beim natürlichen Chlorophan beobachteten Erscheinungen.

Tabelle III. — **Thermolumineszenz des natürlichen Chlorophans.**

		Beginn	I. Maximum	II. Maximum	Erlöschen	Farbwechsel	
						Grün-Violett	Violett-Orange
Natürliche Thermolumineszenz		60°	320°—370° ausserordentlich stark		510°	?	420°
a. Direkt nach der Bestrahlung		Leuchtet bei Zimmertemperatur	150°—200° ausserordentlich stark	290°—320° ausserordentlich stark	500°	370°	400°
b. Nach 41 Tagen	Probe I	50°	135°—? stark	280°—320° ausserordentlich stark	500°	370°	420°
	Probe II	45°	165°—? sehr stark	290°—320° ausserordentlich stark	505°	?	410°
c. Nach 101 Tagen	Probe I	50°	250°—340° ausserordentlich stark		510°	370°	400°
	Probe II	30°	150°—190° za. sehr stark	260°—320° ausserordentlich stark	510°	370°	400°

Aus den mitgeteilten Beobachtungen gehen folgende Tatsachen hervor:

Die Bestrahlung mit Kathodenstrahlen verstärkt denjenigen

Teil der Thermolumineszenz des natürlichen Chlorophans, der bei einer Erwärmung bis za. 250° zur Geltung kommt. Zu dem Maximum bei 300° tritt ein zweites Maximum bei 150°.

Die durch die Kathodenstrahlen erzeugte Thermolumineszenz geht mit der Zeit zurück und zwar im Licht bedeutend rascher als im Dunkel. Es scheint, dass sich mit der Zeit der ursprüngliche Zustand wieder einstellt (vergl. Versuch c, Probe I).

Die Überhitzungstemperatur des natürlichen Chlorophans liegt bei za. 510°. Sie wird weder von den Kathodenstrahlen noch vom Lichte beeinflusst.

C. *Thermolumineszenz des überhitzten bestrahlten Chlorophans.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 11 Min.

Farbe: Stich ins Violette.

Kurze Zeit nach der Bestrahlung war im völlig dunkeln Raum ein schwaches Leuchten in grünlichgelbem Lichte zu beobachten.

Beim Erwärmen steigerte sich das Leuchten sehr rasch und erreichte ein Maximum (ausserordentlich stark) bei 170°. Von 200° an nahm die Intensität stetig bis zum Erlöschen (500°) ab.

Die anfänglich hellgrüne Farbe ging bei 100° in Smaragdgrün, bei 250° in Blaugrün über. Zwischen 340° und 380° wurde Violett beobachtet. Von 380° an folgten sich nacheinander gelbliche, gelborange und grünlichgelbe Töne.

b. Nach 41 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos.

Das Leuchten begann bei 50° und stieg bis zu einem Maximum (stark) bei 180°. Bei 190° setzte eine vorübergehende Abnahme ein. Bei 280° wurde ein zweites, etwas stärkeres Maximum erreicht. Von 310° an nahm die Intensität stetig bis zum Erlöschen (480°) ab.

Das anfänglich hellgrüne Licht ging bei steigender Temperatur in Smaragdgrün über, nahm bei 300° einen bläulichen Ton an, um bei 440° wieder in blasses Grün überzugehen. Ein Abklingen in Orange konnte auch im Reagensglas nicht beobachtet werden.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Schwach blauviolett.

Das Leuchten setzte bei 50° ein und stieg rasch zu einem Maximum (160°—200°, sehr stark) an. Bei 200° begann eine zunächst rasche, von 250° an langsamer erfolgende Abnahme, die bis zum Erlöschen (490°) anhielt.

Die beoachteten Farben sind: Hellgrün, Smaragdgrün, Blaugrün (zwischen 250° und 300°), Blassgrün, Weiss.

c. Nach 122 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos.

Das Leuchten begann bei 70°, stieg langsam bis 170° (ziemlich stark), blieb dann einige Zeit konstant (bis 220°), um hierauf von neuem zu steigen und bei 280° ein Maximum (stark) zu erreichen. Von 310° an erfolgte eine stetige Abnahme bis zum Erlöschen (450°).

Die beobachteten Farben sind: Grünlichweiss, Grün, Blaugrün, Grünlich, Weisslich.

Probe II: Im Dunkeln aufbewahrt.

Farbe: Farblos.

Beginn des Leuchtens bei 40°. Hierauf rasches Ansteigen zu einem Maximum bei 185°. Von 200° an nahm die Intensität kontinuierlich ab. Das Leuchten erlosch bei 460°.

Als Farbenfolge wurde notiert: Hellgrün, Grün, Smaragdgrün (Maximum). Abklingen in Hellgrün.

Zusammenfassung.

Die wichtigsten Beobachtungen am überhitzten Chlorophan sind in Tabelle IV zusammengestellt.

Tabelle IV. — **Thermolumineszenz des überhitzten bestrahlten Chlorophans.**

		Beginn	I. Maximum	II. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
a. Direkt nach der Bestrahlung		Zimmertemperatur	170° - 200° a. stark	—	500°	Hellgrün, Smaragdgrün, Blaugrün, Violett, Gelborange, Grünlichgelb
b. Nach 41 Tagen	Probe I	50°	180°—190° stark	280°—310° sehr stark	480°	Hellgrün, Smaragdgrün, Bläulichgrün, Blaugrün.
	Probe II	50°	160°—210° sehr stark	—	490°	Hellgrün, Smaragdgrün, Blaugrün, Blassgrün, Weiss
c. Nach 122 Tagen	Probe I	70°	170°—? zieml. stark	280°—310° stark	450°	Grünlichweiss, Grün, Blaugrün, Grünlich, Weisslich
	Probe II	40°	185°—200° sehr stark	—	460°	Hellgrün, Grün, Smaragdgrün (Maximum), Hellgrün

Der überhitzte Chlorophan erhält durch Bestrahlen mit Kathodenstrahlen eine Thermolumineszenz, deren Maximum bei 170° liegt.

Aus den Versuchen geht deutlich hervor, dass diese Thermolumineszenz mit der Zeit zurückgeht. Das Licht beschleunigt den Rückgang namentlich bei demjenigen Teil der Thermolumineszenz, der bei Temperaturen unter 250° zur Geltung kommt. Diesem Umstand ist wohl das Auftreten eines zweiten Maximums (280°—310°) bei der im Licht aufbewahrten Probe zuzuschreiben. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass das Maximum zu Stande kommt, indem das Licht die in dem Temperaturintervall 250°—300° auftretende Thermolumineszenz verstärkt.

Die Überhitzungstemperatur ist nicht konstant. Sie nimmt mit der Zeit niedrigere Werte an und zwar im Licht rascher als im Dunkeln.

Vergleicht man die Thermolumineszenzerscheinungen des natürlichen, des natürlichen bestrahlten und des überhitzten bestrahlten Chlorophans miteinander, so findet man, dass sich die Thermolumineszenz des natürlichen bestrahlten Chlorophans als Kombination der Thermolumineszenz des natürlichen mit derjenigen des überhitzten bestrahlten Chlorophans darstellt, d. h., die Thermolumineszenz, die beim überhitzten Chlorophan erzeugt wird, ist gleich derjenigen, die sich beim natürlichen Chlorophan über die schon vorhandene lagert.

3. Fluorit von Weardale.

A. *Thermolumineszenz des natürlichen Fluorits.*

Die ursprüngliche Thermolumineszenz des natürlichen Fluorits begann bei 70°, erreichte ein Maximum bei 280°, nahm von 310° an beständig, zunächst rasch, von 350° an langsamer ab und erlosch bei 540°.

Das Licht erschien anfangs grünlich bis bläulich und ging durch Blassviolett in gesättigtes Violett über. Mit der Abnahme der Intensität wurde das Violett blasser und ging bei 400° in Hellblau und schönes Kornblumenblau über.

B. *Thermolumineszenz des natürlichen bestrahlten Fluorits.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 25 Min.

Farbe: Schwach blaugrün.

Das Leuchten begann bei 25°, stieg rasch bis za. 100°, blieb dann einige Zeit konstant (stark), um bei 190° abzunehmen. Bei za. 210° wurde ein Maximum (schwach) erreicht. Von da an stieg die Intensität bis zu einem zweiten Maximum (270°—320°, stark). Das Abklingen begann bei 320°. Überhitzungstemperatur 540°.

Das anfangs grünliche Licht ging zunäscht in Violett, dann bei 110°, in Hellgelb (1. Maximum) über. Bei 170° wurde das Hellgelb wieder durch Violett verdrängt, das sich in ein sattes Blauviolett (2. Maximum) verwandelte. Bei 400° erfolgte der Übergang in Hellblau.

b. Nach 40 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Die Lichterscheinung begann bei 60°, stieg zu einem ersten Maximum (ziemlich stark, 110°—180°) an, zeigte nach vorübergehender Abnahme (Minimum bei 215°) ein zweites Maximum (stark, 300°—320°) und wurde von 320° an stetig schwächer bis zum Erlöschen bei 540°.

Die Farbe des Lichtes war im Anfang gelblich, wurde dann hellgelb (1. Maximum), ging bei 190° in Blassviolett und Blauviolett über (2. Maximum). Mit Beginn des Abklingens trat mehr und mehr ein blauer Farbton hervor, der durch Kornblau in Blauweiss überging.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Bläulich.

Von 50° an stieg die Intensität zu einem Maximum (stark, 130°—170°) an, sank dann auf ein Minimum (210°), stieg hierauf zu einem zweiten Maximum (stark bis sehr stark, 260°—310°) auf, fiel zwischen 320° und 350° sehr rasch, um nachher langsam abzuklingen. Erlöschen bei 540°.

Die Leuchterscheinung begann mit bläulichweissem Licht und nahm bald einen gelblichen Ton an (1. Maximum); ein ausgesprochenes Gelb war nicht zu beobachten). Bei 200° ging die Farbe in Blassviolett, später in Blauviolett über. Mit steigender Temperatur wurde der blaue Ton vorherrschend. Abklingen in Kornblau und Blauweiss.

c. Nach 96 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos.

Die Lumineszenz begann bei 70° und stieg langsam zu einem zwischen 260° und 300° gelegenen Maximum (stark) an. Zwischen 310° und 350° fiel die Intensität rasch und nahm dann langsam bis zum Erlöschen (540°) ab.

Die Leuchtfarbe war im Anfang Grünlich; bei 130° ging sie in Violett über. Die Farbe blieb dann einige Zeit unbestimmt. Einzelne Partieen erschienen blassviolett, andere gelblich. Während der maximalen Lichtstärke war das Licht blauviolett. Während des Abklingens ging die Farbe in ein schönes Hellblau (400°) über.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Farblos.

Die Leuchterscheinung begann bei 50° und stieg zu einem ersten Maximum (stark, zwischen 150° und 190°) an. Bei 190° begann eine rasche Abnahme, die bis zu einem Minimum (schwach, 210°) anhielt. Von da an stieg die Intensität zu einem zweiten Maximum (zwischen 270° und 310°, stark). Von 310° an erfolgte ein rasches Abnehmen bis 350°, hierauf langsames Abklingen bis 540° (Erlöschen).

Das anfängliche Hellgrün ging in Hellgelb über (1. Maximum). Bei 180° folgte auf das Hellgelb Violett, das in Blauviolett (2. Maximum) und schliesslich durch bläuliche Töne in Hellblau überging.

Zusammenfassung.

Die wichtigsten Daten sind in Tabelle V zusammengestellt.

Tabelle V. — **Thermolumineszenz des natürlichen Flusspates von Weardale.**

		Beginn	I. Maximum	Minimum	2. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
Natürliche Thermolumineszenz		70°	—	—	280°—310° stark	540°	Grünlich, Blauviolett, Violett, Hellblau, Kornblumenblau
a. Direkt nach der Bestrahlung		25°	100°—? stark	210° schwach	270°—320° stark	540°	Grünlich, Violett, Hellgelb, Blassviolett, Blauviolett, Hellblau
b. Nach 40 Tagen	Probe I	60°	120°—180° zieml. stark	215°	300° - 320° stark	540°	Gelblich, Hellgelb, Blassviolett, Blauviolett, Grünlich, Violett
	Probe II	50°	130°—170° stark	210° schwach	260°—310° stark—sehr stark	540°	Bläulichweiss, Gelblich, Blassviolett, Kornblumenblau, Blauweiss
c. Nach 96 Tagen	Probe I	70°	—	—	260°—310° stark	540°	Grünlich, Violett, Blauviolett, Hellblau
	Probe II	50°	150°—190° stark	210° schwach	270°—310° stark	540°	Hellgrün, Hellgelb, Violett, Blauviolett, Hellblau

Der natürliche Fluorit erhält durch Bestrahlung mit Kathodenstrahlen zu der ursprünglichen Thermolumineszenz eine neue, deren Einfluss sich aber bei höhern Temperaturen als 220° kaum geltend macht.

Die durch die Kathodenstrahlen erzeugte Thermolumineszenz verschwindet mit der Zeit und zwar im Licht bedeutend rascher als im Dunkel. Die im Licht aufbewahrte Probe zeigte nach 96 Tagen merklich die gleiche Leuchterscheinung wie der natürliche Flusspat. Bei der im Dunkel aufbewahrten Probe war das durch die Kathodenstrahlen erzeugte Maximum nach der gleichen Zeit noch eben so stark wie das von Anfang an vorhandene natürliche. Eine Schwächung war aber unverkennbar. Sie zeigte sich deutlich in dem spätern Beginn des Leuchtens und dem bedeutend langsameren Zunehmen der Intensität. Während direkt nach der Bestrahlung die maximale Leuchtstärke schon bei 100° erreicht wurde, war es nach 96 Tagen erst bei 150° der Fall.

Auf die Überhitzungstemperatur haben sowohl Kathoden- als auch Lichtstrahlen keinen Einfluss.

C. *Überhitzter bestrahlter Fluorit.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 15 Min.

Farbe: Blaugrau.

Die bestrahlte Substanz leuchtete schon bei Zimmertemperatur in schwach grünlichem Lichte.

Beim Erwärmen stieg die Intensität sehr rasch, erreichte bei 80° ein erstes Maximum (sehr stark), fiel von 160° an rasch ab, um bei 250° zu einem zweiten, bedeutend schwächern Maximum (ziemlich stark) anzusteigen. Von 320° an erfolgte ein stetiges Fallen bis zum Erlöschen (520°).

Die Farben wechselten sehr rasch. Das anfangs grünliche Licht machte einem Hellgelb Platz, das bei 60° in Violett überging. Bei 110° trat wieder Hellgelb auf, auf das bei 160° neuerdings Violett folgte. Mit steigender Temperatur nahm das Violett gesättigtere Töne an und wurde bei 260° durch Hellblau verdrängt. Bei 380° trat ein gelblicher Ton auf, der während des Abklingens einen Stich ins Grün erhielt.

b. Nach 40 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Das Leuchten begann bei 60° und stieg zu einem Maximum an (ziemlich stark), das bei 130° erreicht wurde. Bei 165° begann die Intensität rasch zu fallen. Bei 250° war ein schwaches Zunehmen der Intensität zu beobachten. Die definitive Abnahme setzte bei 320° ein. Erlöschen bei 510°.

Die Farben waren: Bläulich, Gelborange (1. Maximum), das bei 165° in einen bläulichen Farbton überging. Weitere Farbänderungen konnten wegen der geringen Leuchtstärke nicht beobachtet werden.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Vom Beginn des Leuchtens (40°) stieg die Intensität zu einem intensiven Maximum (140°—160°, sehr stark) an. Bei 160° begann eine rasche Abnahme (Minimum bei 210°). Zwischen 250° und 320° wurde ein zweites Maximum (ziemlich stark) beobachtet. Von 320° an nahm das Licht beständig bis zum Erlöschen (520°) ab.

Die anfangs grünliche Farbe ging bald in Hellgelb (1. Maximum) über, das bei 160° durch rötliche Töne in Violett überging. Auf das Violett folgte Blauviolett und (im 2. Maximum) Hellblau, das in Blauweiss abklang.

c. Nach 96 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Das Leuchten begann bei 71°, ergab ein Maximum (ziemlich stark) zwischen 130° und 160°, um darauf rasch abzunehmen. Ein zweites Maximum zwischen 250° und 320° gab sich nur durch eine ganz schwache vorübergehende Zunahme der Lichtstärke zu erkennen. Das Abklingen begann bei 320°. Erlöschen bei 500°.

Die Leuchtfarbe war im Anfang Grünlich, wurde bei 110° Hellgelb und ging bei 160° in Violett über. Weiterhin war die

Farbe nicht zu bestimmen, weil die Leuchterscheinung zu schwach war.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Bei 50° beginnend, erreichte das Leuchten ein Maximum (stark) zwischen 120° und 160°, wurde von 160° an rasch schwächer bis zu einem Minimum bei 210°; hierauf stieg die Intensität wieder zu einem zweiten Maximum (ziemlich stark) zwischen 250° und 320°. Bei 320° begann das endgültige Abnehmen. Erlöschen bei 520°.

Die Farbe ging von Grünlich durch Gelb mit Stich ins Grün (zwischen 110° und 160°) in Blassviolett über, das bei 270° gegen Hellblau zurücktrat. Von 350° an stimmte die Lumineszenz vollkommen mit derjenigen von Probe I überein, wie durch Doppelversuche festgestellt wurde.

Zusammenfassung.

Die Resultate der mit dem überhitzten Flusspat ausgeführten Versuche sind in Tabelle VI übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle VI. — **Thermolumineszenz des überhitzten bestrahlten Fluorits von Weardale.**

		Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge[1])
a. Direkt nach der Bestrahlung		Zimmertemperatur	80°—160° sehr stark	?	250°—320° zieml. stark	520°	Grünlich, Hellgelb (60°), Violett (110°), Hellgelb (160°), Violett (260°), Hellblau (380°), Gelblich
b. Nach 40 Tagen	Probe I	60°	130°—165° zieml. stark	?	250°—320° schwach	510°	Bläulich, Gelborange (165°), Bläulich
	Probe II	40°	140°—160° sehr stark	200°	250°—320° ganz schwach	520°	Grünlich, Hellgelb (160°), Violett, Blauviolett, Hellblau, Blauweiss
c. Nach 96 Tagen	Probe I	70°	130°—160° zieml. stark	?	250°—320° ganz schwach	500°	Grünlich (110°), Hellgelb (160°), Violett
	Probe II	50°	120°—160° stark	210°	250°—320° zieml. stark	520°	Grünlich (110°), Gelb (160°), Blassviolett (270°) Hellblau

[1]) Die in Klammern beigefügten Zahlen geben die Temperaturen, bei denen die Farbwechsel stattfinden.

Die Kathodenstrahlen erregen im überhitzten Flusspat eine kräftige Thermolumineszenz, deren Maximum unter 200° liegt. Die Farben sind Grün, Gelb und Violett. Die über 200° liegende Lumineszenz ist bedeutend schwächer. Sie zeigt ein schwaches Maximum (Hellblau) von 250°—320°, das in seiner Lage ziemlich mit dem Maximum der Thermolumineszenz des natürlichen Flusspats zusammenfällt.

Im Licht geht die durch die Kathodenstrahlen erregte Thermolumineszenz rasch zurück. Der Einfluss des Lichtes erstreckt sich nur auf die Intensität, nicht aber auf die Farbe des Lichtes.

Der Rückgang der Thermolumineszenz findet auch im Dunkeln statt, aber bedeutend langsamer als im Licht. Die Abschwächung macht sich namentlich bei demjenigen Teil der Thermolumineszenz geltend, der bei niedrigen Temperaturen ausgegeben wird.

Auf die Tatsache, dass der Beginn des Abnehmens nach dem ersten Maximum (160°) mit einem Farbenwechsel (Gelb/Violett) zusammenfällt, sei noch besonders hingewiesen.

Eine zweite Versuchsreihe ergab eine sehr gute Übereinstimmung mit den mitgeteilten Beobachtungen. Ein einziger Unterschied besteht darin, dass im zweiten Maximum (250°—320°) überall Violett oder Blauviolett notiert wurde statt, wie in den obigen Versuchen, Hellblau.

4. Fluorit von Rauris.

A. *Thermolumineszenz des natürlichen Fluorits.*

Die ursprüngliche Thermolumineszenz begann bei 70°, erreichte ein erstes Maximum bei 130°, nahm von 190° an vorübergehend ab, erreichte bei 290° ein zweites Maximum, um von 380° an bis zum Erlöschen (510°) abzunehmen.

Farben: Hellgrün (1. Maximum) bis 190°, Lila bis 390°, Orange.

B. *Thermolumineszenz des natürlichen bestrahlten Fluorits.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 7 Min.

Farbe: Graublau.

Das bestrahlte Material leuchtete bei Zimmertemperatur in grünlichem Licht. Beim Erwärmen nahm das Leuchten rasch zu und erreichte ein erstes Maximum bei 130° (stark bis sehr stark). Bei 190° begann das Licht schwächer zu werden, und es erreichte bei 230° ein Minimum; hierauf erfolgte wieder ein Zunehmen der Intensität bis zu einem zweiten Maximum (ziemlich stark bis stark) bei 290°. Bei 360° setzte das definitive Abnehmen ein. Bei 510° erlosch das Leuchten.

Das anfangs grünliche Licht ging bei 70° in Gelb, dieses bei 120° wieder in Grün über. Bei 200° wurde das Grün durch Lila abgelöst, das durch rötliche Töne bei 400° in Orange überging.

b. Nach 41 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Bläulich.

Das Leuchten begann bei 60°, erreichte ein erstes Maximum (stark) bei 160°, fiel von 190° an auf ein Minimum bei 230°, stieg hierauf zu einem neuen Maximum (stark, zwischen 310° und 370°) an, um von 370° an stetig abzunehmen und bei 510° zu erlöschen.

Das anfangs grünliche Licht ging im ersten Maximum in Grünlich-Gelb über, wechselte bei 200° durch Orange und Violett mit Lila, das bei 400° durch Orange abgelöst wurde.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Bläulich.

Die Erscheinung verlief derjenigen von Probe I analog. Nur war die Farbe im ersten Maximum ausgesprochener gelb als bei Probe I. Die Farbe wurde als Hellgelb mit Stich ins Grün notiert.

c. Nach 96 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Die Leuchterscheinung begann bei 60°. Mit steigender Temperatur wuchs die Intensität bis zu einem Maximum (stark), das bei 180° erreicht wurde. Von 190° an sank die Intensität auf ein Minimum (230°—240°) und erreichte bei 210° ein zweites Maximum. Bei za. 400° setzte die definitive Abnahme ein, die stetig bis zum Erlöschen (510°) anhielt.

Die Farbe war anfänglich Grünlich, nahm im ersten Maximum einen gelblich-grünen Ton an und ging bei 200° durch Violett in Lila über, das bei 400° durch Orange verdrängt wurde.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Die gleichzeitige Beobachtung ergab folgende Unterschiede von den bei Probe I geschilderten Erscheinungen:

Das erste Maximum war bedeutend intensiver als bei Probe I (sehr stark).

Das im Anfang ausgestrahlte Licht erschien bei Probe II, grün, bei Probe I gelblich.

Oberhalb 230° waren absolut keine Unterschiede zu beobachten.

Eine zweite Versuchsreihe ergab Resultate, die mit den mitgeteilten sehr gut übereinstimmen.

Zusammenfassung.

Tabelle VII gibt eine Übersicht über die mitgeteilten Beobachtungen.

Tabelle VII. — **Thermolumineszenz des natürlichen Fluorits von Rauris.**

		Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
Natürliche Thermolumineszenz		70°	130°—190° stark	210° schwach	290°—380° zieml. stark—stark	510°	Hellgrün (1. Max. 190°), Lila (390°), Orange
a. Direkt nach der Bestrahlung		Zimmertemperatur	130°—190° stark—sehr stark	230° schwach	290°—360° zieml. stark—stark	510°	Grünlich (70°), Gelb (120°), Grün (200°), Lila (400°), Orange
b. Nach 41 Tagen	Probe I	60°	160°—190° stark	230° schwach	310°—370° stark	510°	Grünlich, Gelb (200°), Lila (400°), Orange
	Probe II	60°	160°—190° stark	230° schwach	310°—370° stark	510°	Grünlich, Gelb, Lila, Orange
c. Nach 96 Tagen	Probe I	60°	180°—190° stark	230°—240° schwach	310°—400° stark	510°	Grünlich, Gelblich—Grün (200°), Lila (400°), Orange
	Probe II	60°	180°—190° sehr stark	230°—240° schwach	310°—400° stark	510°	Wie I, nur im Anfang mehr Grün

Die Thermolumineszenz des natürlichen Flusspates von Rauris zeigt zwei Maxima (130°—190° und 290°—380°) und ein Minimum bei 210°. Sie beginnt bei 70° und erlischt bei 510°.

Die Wirkung der Kathodenstrahlen besteht in einer Verstärkung des ersten Maximums, die sich in dem frühern Beginn des Leuchtens (unter Zimmertemperatur) und einem raschen Ansteigen zu sehr grosser Intensität zu erkennen gibt. Das zweite Maximum und das Abklingen der Thermolumineszenz wird von den Kathodenstrahlen nicht beeinflusst.

Die durch die Kathodenstrahlen hervorgerufenen Veränderungen gehen mit der Zeit zurück und zwar im Licht rascher als im Dunkeln.

Bei der im Licht aufbewahrten Probe war nach 96 Tagen der Einfluss der Bestrahlung nicht mehr zu konstatieren. Die im Dunkel aufbewahrte Probe zeigte diesen Einfluss noch deutlich in der bedeutend grössern Intensität des ersten Maximums.

Auf die Überhitzungstemperatur haben Kathoden- und Lichtstrahlen keinen Einfluss.

C. *Thermolumineszenz des überhitzten bestrahlten Fluorits.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 5 Min.

Farbe: Bläulich.

Direkt nach der Bestrahlung begann die Thermolumineszenz bei 40° und erreichte ein Maximum (ziemlich stark) bei 120°. Von 210° an nahm die Intensität zunächst rasch, von 250° an langsamer bis zum Erlöschen (450°) ab.

Farben: Grün, Hellgrün, Grünlichgelb.

b. Nach 52 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Das Leuchten begann bei 70°, erreichte nach langsamem Ansteigen ein Maximum (schwach) bei 150°. Von 210° an nahm die Helligkeit allmählich bis zum Erlöschen (430°) ab.

Die Farbe war anfangs bläulich und ging durch Grün (Maximum) in Gelblichgrün über.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Die Erscheinung unterschied sich von der bei Probe I beschriebenen durch ihre grössere Intensität. Beginn bei 70°. Maximum 140°—210° (ziemlich stark); Erlöschen bei 440°.

Die beobachteten Farben sind: Bläulich, Blaugrün (Maximum), Gelblich, Weisslich.

c. Nach 98 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Die Leuchterscheinung war im allgemeinen schwach. Sie begann bei 80°, erreichte ein Maximum (schwach) bei 150°, nahm oberhalb 200° langsam ab und erlosch bei 420°.

Die Leuchtfarbe war im Maximum Grünlichweiss, daneben Weisslich.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Die Leuchterscheinung verlief derjenigen von Probe I analog und unterschied sich nur durch ihre merklich grössere Intensität, wie durch Doppelversuche festgestellt wurde.

Beginn bei 70°. Maximum (schwach—ziemlich stark) 150° —220°. Erlöschen bei 435°.

Eine zweite Versuchsreihe (Bestrahlungsdauer 25 Min.) ergab im wesentlichen dieselben Erscheinungen. Ein Unterschied zeigte sich nur darin, dass das Maximum des Leuchtens nur bis 160°, statt wie oben bis 220°, anhielt und bei 110° das grüne Licht in gelbes überging.

Zusammenfassung.

Tabelle VIII gibt eine Übersicht über die am überhitzten Fluorit von Rauris gemachten Beobachtungen.

Tabelle VIII. — **Thermolumineszenz des überhitzten Fluorits von Rauris.**

		Beginn	Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
a. Direkt nach der Bestrahlung		40°	120°—210° ziemlich stark	450°	Grün, Hellgrün, Grünlichgelb
b. Nach 52 Tagen	Probe I	70°	150°—210° schwach	430°	Bläulich, Grün (Maximum), Gelblichgrün
	Probe II	70°	140°—210° ziemlich stark	440°	Bläulich, Blaugrün (Max.), Gelblich, Weisslich
c. Nach 96 Tagen	Probe I	80°	150°—210° schwach	420°	Grünlichweiss (Maximum), Weisslich
	Probe II	70°	150° · 220° schwach—zieml. stark	435°	Wie I.

Der überhitzte Flusspat von Rauris erhält unter Einwirkung der Kathodenstrahlen eine Thermolumineszenz, deren Maximum zwischen 120° und 210° liegt. Sie beginnt bei za. 40° und erlischt bei 450°.

Diese Thermolumineszenz geht mit der Zeit zurück und zwar im Licht rascher als im Dunkel.

Die Abschwächung erstreckt sich über die ganze Ausdehnung der Thermolumineszenz, was im Hinaufrücken der Anfangstemperatur und im Sinken der Überhitzungstemperatur zu erkennen ist.

5. Gelber Flusspat von Annaberg.

In natürlichem Zustande nicht thermolumineszierend.

Es war von grossem Interesse, das Verhalten eines Flussspats zu untersuchen, der in natürlichem Zustande nicht thermolumineszierend. Auch bei diesem Flusspat wurde eine parallele Versuchsreihe mit Material, das vor der Bestrahlung geglüht worden war, durchgeführt.

A. *Thermolumineszenz des natürlichen bestrahlten Flusspates.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 7 Min.

Farbe: Schwach gelblich (nat. Farbe).

Das Leuchten begann bei 50°, erreichte ein Maximum bei 150° (stark), fiel von 160° an sehr rasch (180° = ganz schwach) und hielt dann als schwacher Schimmer bis zum Erlöschen bei 425° an.

Das anfangs weissliche Licht ging durch Hellgelb in ein schönes Hellorange (Maximum) über.

b. Nach 41 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Gelblich.

Die Leuchterscheinung begann bei 90°, stieg zu einem Maximum (schwach) an, um sofort wieder abzunehmen und bei 210° zu erlöschen.

Die Leuchtfarbe konnte wegen der ausserordentlich geringen Intensität nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Gelblich.

Das Leuchten begann bei 80°, stieg zu einem Maximum (140°—160°, ziemlich stark—stark) an, fiel von 160° an sehr rasch und war von 180° an als schwacher Schimmer zu beobachten. Erlöschen bei 420°.

Während des stärksten Leuchtens war das Licht hellorange.

c. Nach 91 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Nicht beobachtet.

Die ganze Leuchterscheinung war sehr schwach. Sie begann bei 100°, erreichte ein Maximum (ganz schwach) bei 150°. Zwischen 220° und 250° war sie nur noch als ganz schwacher Schimmer wahrzunehmen. Bei 300° wurde die Intensität merklich stärker. Erlöschen bei 415°.

Während der grössten Intensität erschien das Licht gelblich mit einem Stich in Orange.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Nicht beobachtet.

Das Leuchten begann bei 85°, erreichte ein Maximum (schwach) bei 150°. Bei 160° begann die Intensität rasch abzunehmen. Von 190° an war nur ein schwacher Schimmer zu beobachten. Erlöschen bei 420°.

Das Licht war gelblich; es erschien, als die Beobachtung mit Probe I zugleich ausgeführt wurde, grünlich.

Zusammenfassung.

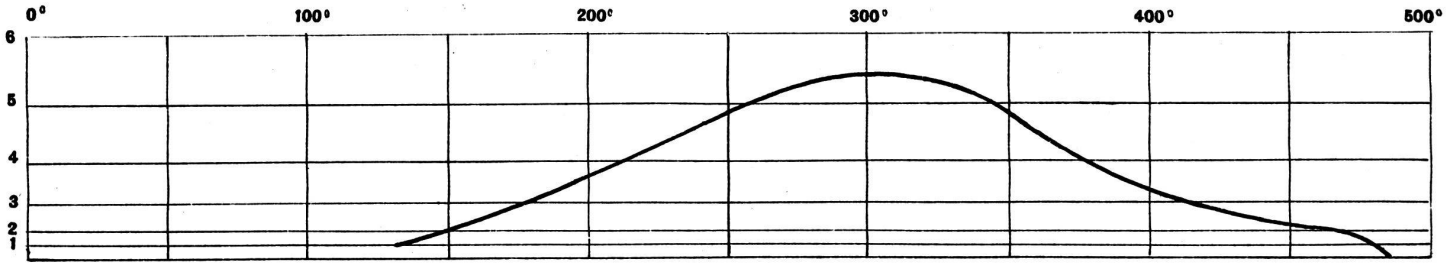
In Tabelle IX sind die wichtigsten Daten übersichtlich zusammengestellt.

Intensitätskurven der Thermolumineszenz des farblosen Flusspates.

Intensitätsstufen:

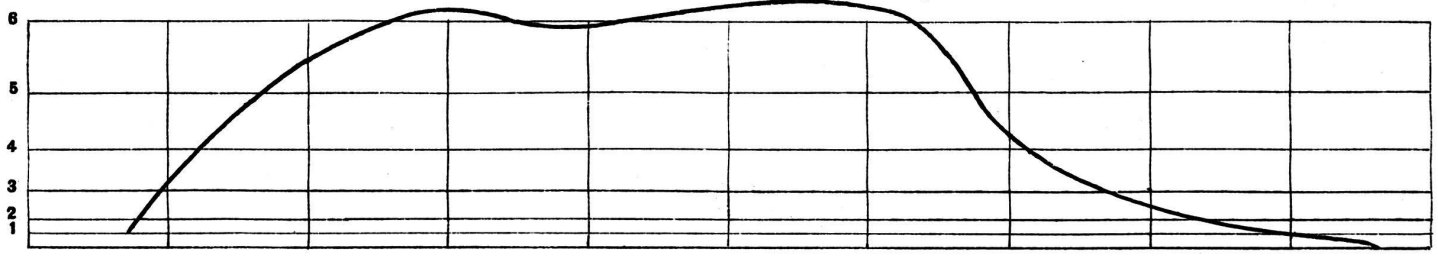
1 schwacher Schimmer
2 ganz schwach
3 schwach
4 ziemlich stark
5 stark
6 sehr stark

A. Natürliche Thermolumineszenz.



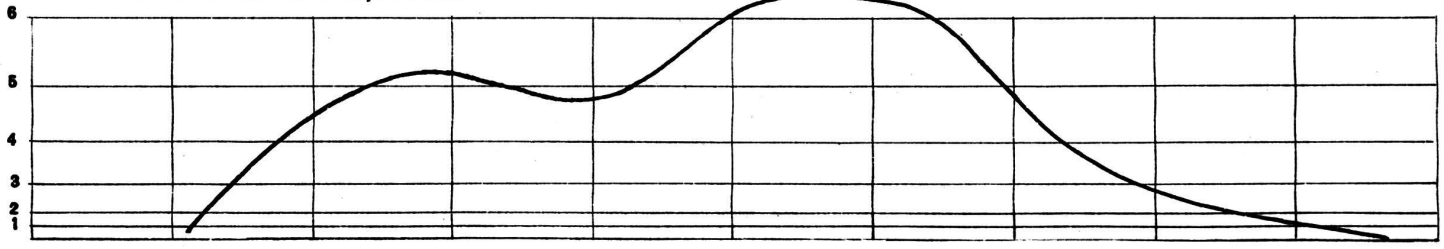
B. Thermolumineszenz nach der Bestrahlung.

1. Direkt nach der Bestrahlung

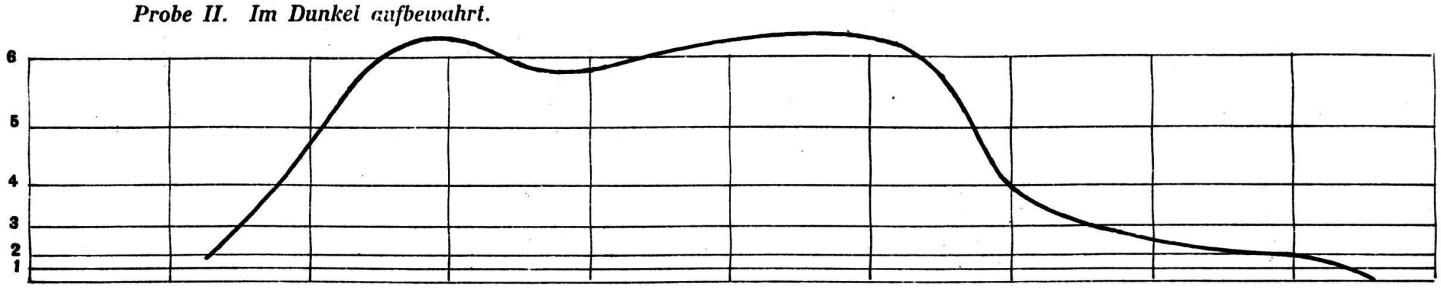


2. Nach 36 Tagen.

Probe I. Im Licht aufbewahrt.

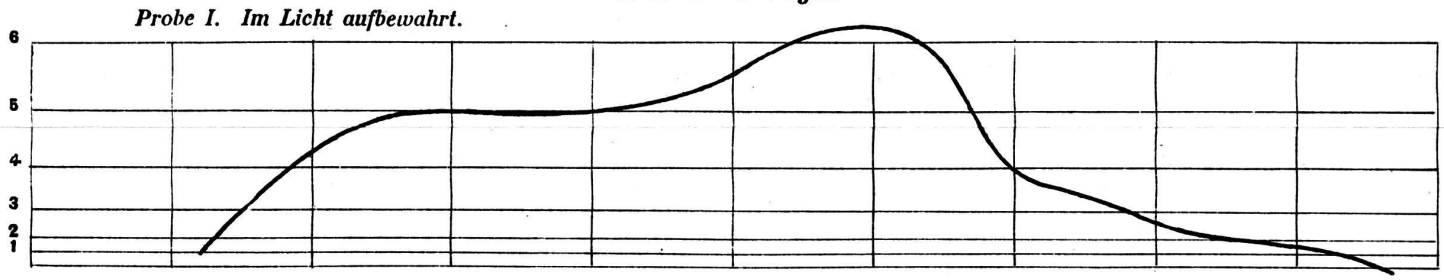


Probe II. Im Dunkel aufbewahrt.



3. Nach 92 Tagen

Probe I. Im Licht aufbewahrt.



Probe II. Im Dunkel aufbewahrt.

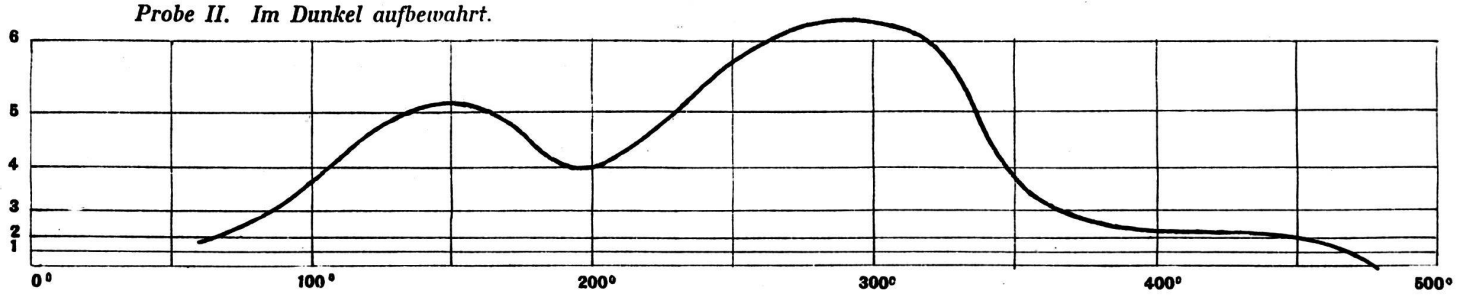


Tabelle IX. — **Thermolumineszenz des natürlichen bestrahlten Flusspates von Annaberg.**

		Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
a. Unmittelbar nach der Bestrahlung		50°	150°—160° stark	—	—	425°	Weisslich, Hellgelb, Gelborange (Maximum)
b. Nach 41 Tagen	Probe I	90°	140° schwach	—	—	210°?	
	Probe II	80°	140°—160° zieml. stark	—	—	420°	Im Maximum Hellorange
c. Nach 91 Tagen	Probe I	100°	150° ganz schwach	220°—250° ganz schwacher Schimmer	300°	415°	Im Maximum Gelblich mit Stich in Orange
	Probe II	85°	150°—160° schwach	—	—	420°	Gelblich, neben I grünlich

Eine Vergleichung der Versuche b I und c I gibt zu einer Bemerkung Anlass. Bei dem ersten wurde als Überhitzungstemperatur 210° beobachtet, bei dem zweiten 415°. Es scheint also durch Einfluss des Lichtes eine Thermolumineszenz erzeugt

worden zu sein, die zwischen 210° und 415° auftritt. Eine zweite Versuchsreihe, deren Ergebnisse sehr gut mit den mitgeteilten Beobachtungen übereinstimmen, bestätigte diese Annahme nicht. Es liegt wahrscheinlich im Versuch b I ein Beobachtungsfehler vor. Es wurde jedenfalls mit zu wenig ausgeruhten Augen beobachtet.

Interessant ist das Auftreten eines zweiten Maximums (Versuch c I) bei der im Licht aufbewahrten Probe. Es ist diese Erscheinung jedenfalls so zu erklären, dass das Licht denjenigen Teil der Thermolumineszenz, der unter 250° zur Ausgabe kommt, relativ rasch schwächt, während es auf den übrigen Teil sozusagen keinen Einfluss ausübt. Man kann sich leicht vorstellen, dass sich unter dieser Voraussetzung ein Zustand einstellt, bei dem zwischen dem stark geschwächten ursprünglichen Maximum und dem von der Lichtwirkung unberührten Teil der Thermolumineszenz sich eine Zone schwächerer Lumineszenz einschiebt.

Mit Sicherheit lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Der im natürlichen Zustande nicht thermoluminesziernde gelbe Flusspat wird durch Bestrahlen mit Kathodenstrahlen zu kräftiger Thermolumineszenz erregt, die zum weitaus grössten Teil bei Temperaturen unter 200° zur Ausgabe gelangt.

Beim Liegen geht die Thermolumineszenz zurück.

Das Licht übt auf das Verschwinden der Thermolumineszenz einen beschleunigenden Einfluss aus.

B. *Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Flusspates von Annaberg.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 17 Min.

Farbe: Grau, Stich in Violett.

Das Leuchten begann bei 25° und nahm im Anfang sehr rasch zu. Zwischen 110° und 130° war die Intensität ausserordentlich stark. Bei 130° begann eine sehr rasche Abnahme. Von 160° an wurde ein ganz schwaches Leuchten beobachtet, das bei 425° erlosch.

Das anfängliche Blassorange ging bei steigender Temperatur in gesättigtes Orange über (Maximum), an dessen Stelle bei 140° eine grünliche Farbe trat.

b. Nach 39 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Stich in Blauviolett.

Die Leuchterscheinung setzte bei 70° ein. Die Intensität stieg rasch und erreichte ihr Maximum zwischen 110° und 130° (ziemlich stark). Sie ging bei 160° durch einen Minimalwert, nahm dann wieder etwas zu, um von 230° an endgültig abzunehmen. Erlöschen bei 430°.

Im ersten Maximum wurde sattes Orange beobachtet, das während des Minimums in Grün überging.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Bläulichviolett.

Das Leuchten begann bei 60° und stieg rasch zu einem Maximum (ziemlich stark—stark) an. Bei 130° setzte eine rasche Abnahme ein. Von 160° an war ein sehr schwaches Leuchten zu beobachten, das bei 430° erlosch.

Das Licht war anfänglich grün, wurde bei 110° orange und nahm bei 160° wieder einen grünlichen Ton an.

c. Nach 97 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Nicht beobachtet.

Die Leuchterscheinung war im allgemeinen schwach. Sie begann bei 75°, stieg zu einem Maximum an (110°—140°, schwach), nahm zwischen 140° und 160° sehr rasch ab, hielt lange Zeit mit sehr kleiner Intensität an und erlosch bei 420°.

Während des maximalen Leuchtens war die Farbe hellorange. Bei 160° trat ein grünlicher Farbton auf.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Nicht beobachtet.

Das Leuchten begann bei 65° und erreichte ein Maximum bei 120° (ziemlich stark). Von 140° an sank die Intensität zu einem sehr schwachen Leuchten. Erlöschen bei 420°.

Im Maximum des Leuchtens wurde gelbliches Licht beobachtet, das später in Grün überging.

Zusammenfassung.

Die wichtigsten Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle X. — **Thermolumineszenz des überhitzten bestrahlten Flusspates von Annaberg.**

		Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
a. Direkt nach der Bestrahlung		25°	110°—130° ausserordentlich stark	—	—	425°	Blassorange, Orange (140°), Grünlich
b. Nach 39 Tagen	Probe I	70°	110°—130° ziemlich stark	160°	200°	430°	Orange, Grün
	Probe II	60°	—130° zieml. stark —stark	—	—	430°	Grün (110°), Orange (160°), Grünlich
c. Nach 97 Tagen	Probe I	75°	110°—140° schwach	—	—	420°	Hellorange (160°), Grünlich
	Probe II	65°	120°—140° ziemlich stark	—	—	420°	Gelblich, Grün

Es zeigen sich hier im allgemeinen dieselben Erscheinungen wie bei dem ungeglühten Material.

Durch Bestrahlung mit Kathodenstrahlen wird eine kräftige Thermolumineszenz erregt, die zum grössten Teil bei Temperaturen unter 200° abgegeben wird.

Auch hier geht die Thermolumineszenz mit der Zeit zurück und zwar im Licht rascher als im Dunkeln.

Die Übereinstimmung zeigt sich auch in der Leuchtfarbe, die während des maximalen Leuchtens beobachtet wurde (Orange).

Auffallend ist die gute Übereinstimmung der Überhitzungstemperaturen, die mit der Zeit ganz langsam sinken.

Daneben sind Unterschiede unverkennbar. Einmal geht beim geglühten Material das im maximalen Leuchten beobachtete Orange bei za. 180° in einen deutlich grünen Farbton über. Dann zeigt sich, dass beim ungeglühten Material das Maximum des Leuchtens (140°—170°) bei wesentlich höherer Temperatur liegt als beim geglühten Flusspat (100°—130°). Es ist nicht zu entscheiden, ob zur Erklärung dieser Erscheinung die Tatsache hinreicht, dass der ungeglühte Flusspat 7 Minuten, der geglühte aber 17 Minuten bestrahlt wurde, oder ob wir es mit einer Wirkung des Glühens zu tun haben.

III. Versuche mit Quarz.

Eine zweite einheitliche Gruppe der untersuchten Mineralien bilden die Quarze. Es wurden folgende Vertreter dieses Minerals in den Kreis der Untersuchungen gezogen:[1])

1. *Farbloser Bergkristall* unbekannter Herkunft.

Der verwendete Kristall war wohlausgebildet und wasserklar. Er zeigte in natürlichem Zustande eine starke Thermolumineszenz.

2. *Rauchquarz* von Tavetsch, Graubünden.

Schöner, typischer Kristall, schwach thermolumineszierend.

3. *Morion* von Mutschen, Etzlital (Uri).

Schöner, typischer Kristall, schwach thermolumineszierend.

4. *Rosenquarz* von Utah.

Er zeigte in natürlichem Zustande keine Thermolumineszenz.

1. Farbloser Bergkristall.

A. *Natürliche Thermolumineszenz.*

Das Leuchten begann bei 110°, erreichte ein Maximum (stark) bei 170°, nahm von 210° an rasch ab, zeigte bei 270° ein Minimum, nahm nachher wieder etwas zu, um von 400° an definitiv abzunehmen und bei 490° zu erlöschen.

Das Licht war anfangs gelblichgrün, nahm bei steigender Temperatur einen gelblichen Farbton an und ging bei 300° in ein starkes Orange über, das bis zum Erlöschen (490°) anhielt.

B. *Thermolumineszenz des bestrahlten farblosen Bergkristalls.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 25 Min.

Farbe: Stich in Blau.

Die Leuchterscheinung setzte bei 40° ein, erreichte ein Maximum bei 150° (ziemlich stark—stark), nahm zwischen 200°

[1]) Die Nummern 2 und 3 wurden bezogen vom Comptoir minéralogique et géologique in Genf.

und 250° rasch ab, blieb dann längere Zeit konstant und nahm schliesslich oberhalb 400° langsam bis zum Erlöschen (490°) ab.

Das anfangs gelblichweisse Licht ging in Gelblichgrün (Maximum), später in Gelb und schliesslich bei 300° in Orange über.

b. Nach 52 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Das Leuchten begann bei 55°, erreichte ein Maximum (ziemlich stark) bei 160°, fiel von 200° an rasch zu einem Minimum (za. 250°), nahm nachher nochmals zu, um von 400° an stetig abzunehmen. Erlöschen bei 490°.

Die beobachteten Farben sind: Grünlich, Grün (Maximum), Blassgrün, Gelblich.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Die Intensitätsänderungen waren ganz denjenigen von Probe I analog. Ein Doppelversuch ergab bei den tieferen Temperaturen ein deutlich stärkeres Leuchten als bei Probe I. Bei höheren Temperaturen zeigte sich vollständige Übereinstimmung.

Die beobachteten Farben sind: Grünlich, Blassblaugrün, Blassgrün, Gelblich.

Beim Doppelversuch erschien Probe I während des ersten Maximums gelblich, Probe II grünlich.

Das Abklingen in Orange wurde weder bei Probe I noch bei Probe II beobachtet.

Zusammenfassung.

Tabelle XI gibt eine übersichtliche Zusammenstellung der am farblosen Bergkristall gemachten Beobachtungen.

Tabelle XI. — **Thermolumineszenz des natürlichen bestrahlten farblosen Bergkristalls.**

		Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
Natürliche Thermolumineszenz		110°	170°—210° stark	270°	300°—400°	490°	Gelblichgrün, Gelblich (300°), Orange
a. Direkt nach der Bestrahlung		40°	150°—200° zieml. stark —stark	?	?	490°	Gelblichweiss, Gelblichgrün (Maximum), Gelb (300°), Orange
b. Nach 52 Tagen	Probe I	55°	160°—200° ziemlich stark	za. 250°	300°—400°	490°	Grünlich, Grün (Maximum), Blassgrün, Gelblich
	Probe II	50°	160°—200° ziemlich stark	za. 250°	300°—400°	490°	Grünlich, Blassblaugrün, Blassgrün, Gelblich

Durch Bestrahlen mit Kathodenstrahlen wird die Thermolumineszenz des farblosen Bergkristalls verstärkt, namentlich die Anfangstemperatur bedeutend herabgesetzt.

Die so erzeugte Thermolumineszenzfähigkeit wird mit der Zeit schwächer.

Das Licht befördert die Schwächung. Dieser Einfluss ist viel weniger stark als beim Flusspat, aber doch merklich. Überdies hat das Licht einen Einfluss auf die Farbe des Lumineszenzlichtes.

C. *Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Bergkristalls.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 25 Min.

Farbe: Schwach rötlich.

Das Leuchten begann bei 30°, erreichte ein Maximum (ziemlich stark) bei 145°, fiel zwischen 180° und 240° rasch zu einer geringen Intensität ab, blieb dann längere Zeit konstant und erlosch bei 450°.

Das Licht war anfangs grüngelb und ging durch Grün (Maximum) in Gelblichweiss und schliesslich in Hellgelb über.

b. Nach 52 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Gelblichgrau.

Die Leuchterscheinung setzte bei 60° ein, erreichte das Maximum (ziemlich stark) bei 160°, nahm von 180° an sehr rasch ab, blieb längere Zeit konstant und erlosch bei 450°.

Das ausgestrahlte Licht war anfangs grünlich, dann gelblich (Maximum) und schliesslich weisslich.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Schwach gelblichgrau.

Die Erscheinung unterschied sich von der bei Probe I beschriebenen nur durch ein früheres Beginnen des Leuchtens und die Farbe des Lichtes. Die Farben waren: Grünlich, Blassblaugrün, Grünlich, Grünlichweiss.

Zusammenfassung.

Die wichtigsten Daten sind in Tabelle XII zusammengestellt.

Tabelle XII. — **Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Bergkristalls.**

		Beginn	Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
a. Direkt nach der Bestrahlung		30°	145°—180° zieml. stark	450°	Grüngelb, Grün (Max.), Gelblichweiss, Hellgelb
b. Nach 52 Tagen	Probe I	60°	160°—180° zieml. stark	450°	Grünlich, Gelblich (Max.), Weisslich
	Probe II	50°	160°—180° zieml. stark	450°	Grünlich, Blassblaugrün, Grünlich, Grünlichweiss

Die Kathodenstrahlen erteilen dem überhitzten Bergkristall die Fähigkeit zu thermolumineszieren. Diese Thermolumineszenz unterscheidet sich von der des natürlichen Bergkristalls dadurch, dass ihr Maximum bei niedrigerer Temperatur liegt (140°—180° statt 160°—210°) und dass ihre Überhitzungstemperatur tiefer liegt (450° statt 490°). In den Farben stimmt sie im grossen und ganzen mit der natürlichen Thermolumineszenz überein; nur fehlt das Abklingen in Orange.

Auch hier geht die von den Kathodenstrahlen erzeugte Thermolumineszenz mit der Zeit zurück. Das Licht scheint den Rückgang zu beschleunigen (höhere Anfangstemperatur bei der im Licht aufbewahrten Probe).

Auf die Farbe übt das Licht denselben Einfluss aus wie bei dem bestrahlten natürlichen Bergkristall.

2. Rauchquarz.

A. *Natürliche Thermolumineszenz.*

Das Leuchten begann bei 180°, nahm anfangs langsam an Intensität zu, blieb dann lange Zeit konstant (ganz schwach) und fing bei 400° an rasch abzunehmen; bei 410° war das Licht erloschen.

Erhitzen im Reagensglas ergab ein Leuchten in ganz schwachem, gelblichem Licht.

B. *Thermolumineszenz des bestrahlten natürlichen Rauchquarzes.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 30 Min.

Farbe: Grauviolett.

Beginn des Leuchtens bei 40°. Die Intensität stieg bis 140° (schwach), blieb von da an konstant bis 400° und nahm hierauf rasch bis zum Erlöschen (465°) ab.

Im Anfang wurde gelblichweisses Licht beobachtet, das später in Gelb bis Orange überging.

b. Nach 58 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Schwacher Stich in Blaugrau.

Das Leuchten begann bei 100° und blieb längere Zeit konstant (schwacher Schimmer). Es erlosch bei 420°.

Soweit die Farbe des Lichtes festgestellt werden konnte, war sie grünlich.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Schwacher Stich in Blaugrau.

Die Erscheinung setzte bei 90° ein, erreichte ein Maximum (150°—200°, ganz schwach), sank auf eine sehr kleine Intensität, blieb lange Zeit unverändert (schwacher Schimmer) und erlosch bei 420°.

Während des maximalen Leuchtens erschien das Licht grünlich.

Zusammenfassung.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Beobachtungen übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle XIII. — **Thermolumineszenz des natürlichen Rauchquarzes.**

		Beginn	Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
Natürliche Thermolumineszenz		180°	200°—400° ganz schwach	410°	Gelblich
a. Direkt nach der Bestrahlung		40°	140°—400° schwach	465°	Gelblichweiss, Gelb bis Orange
b. Nach 58 Tagen	Probe I	100°	konstant schwacher Schimmer	420°	Grünlich
	Probe II	90°	150°—200° ganz schwach	420°	Grünlich

Durch Bestrahlen mit Kathodenstrahlen wird die Thermolumineszenz des Rauchquarzes verstärkt und zwar wird das Temperaturintervall, in dem die Lumineszenz auftritt, sowohl nach unten als auch nach oben erweitert.

Die Thermolumineszenz geht beim Liegen zurück. Das Licht befördert den Rückgang namentlich in den Teilen, die unter 250° liegen.

Es scheint, dass das Licht nicht nur die künstlich durch die Kathodenstrahlen erzeugte, sondern auch die ursprüngliche Thermolumineszenz zerstört (Versuch b I).

C. *Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Rauchquarzes.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 30 Min.

Farbe: Schwach orange.

Der Beginn des Leuchtens wurde bei 40° beobachtet. Die Intensität stieg zunächst bis 70°, blieb dann einige Zeit konstant

(ganz schwach), begann bei 140° weiter zu steigen, erreichte ein Maximum (schwach, 180°—230°), fiel auf einen Minimalwert (schwacher Schimmer, 280°), stieg dann nochmals zu einem Maximum (schwach, 330°—400°) an, um von 400° an endgültig zu sinken und bei 480° zu erlöschen.

In der Farbe erschien das Licht gelblichweiss. Oberhalb 400° trat ein bläulicher Farbton auf. Erhitzen im Reagensglas ergab ein schwaches Leuchten in blaugrünem Licht.

b. Nach 52 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Das Leuchten begann bei 80°, nahm anfänglich etwas zu und blieb während des ganzen Versuchs konstant (ganz schwach). Erlöschen bei 450°.

Die Farbe des Lichtes war gelblichgrün.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Beginn des Leuchtens bei 75°. Zunächst erfolgte langsames Zunehmen bis za. 130°, dann blieb die Intensität längere Zeit konstant (ganz schwach). Bei 270° wurde eine vorübergehende Abnahme der Intensität beobachtet. Die definitive Abnahme setzte bei 430° ein. Erlöschen bei 450°.

Die Leuchtfarbe war grünlich.

Das Leuchten war im allgemeinen etwas stärker als bei Probe I.

Zusammenfassung.

Tabelle XIV gibt eine Übersicht über die wichtigsten Beobachtungen.

Tabelle XIV. — **Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Rauchquarzes.**

		Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
a. Direkt nach der Bestrahlung		40°	180°—230° schwach	280° schwacher Schimmer	330°—400° schwach	480°	Gelblichweiss (400°), Bläulich
b. Nach 52 Tagen	Probe I	80°	ganz schwach			450°	Gelblichgrün
	Probe II	75°	130°—? ganz schwach	270°	?—430°	450°	Grünlich

Es zeigt auch diese Substanz das Verhalten der bisher betrachteten Materialien.

Die Kathodenstrahlen rufen eine Thermolumineszenz hervor, die aber wesentliche Unterschiede von der ursprünglichen durch Glühen zerstörten aufweist.

Die durch die Kathodenstrahlen erzeugte Fähigkeit zu thermoluminesziereu nimmt verhältnismässig rasch ab. Das Licht beschleunigt diese Abnahme.

Es sei noch besonders darauf aufmerksam gemacht, dass das Licht der belichteten Probe mehr gegen Gelb geht als das der im Dunkeln aufbewahrten Probe.

3. Morion.

A. *Natürliche Thermolumineszenz.*

Farbe des Pulvers: Hellgrau.

Die Thermolumineszenz des natürlichen Minerals war im allgemeinen schwach. Sie begann bei 160° und stieg anfangs auf eine bestimmte Intensität (ganz schwach), die bis 320° bestehen blieb. Von 320° an nahm das Leuchten langsam bis zum Erlöschen (390°) ab.

Beim Erhitzen im Reagensglas ergab sich ein schwaches Leuchten in hellgelbem Licht.

B. *Thermolumineszenz des bestrahlten natürlichen Morions.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 25 Min.

Farbe: Stark grau, Stich in Violett.

Das Leuchten begann bei 85°. Im Laufe der Erscheinung ergaben sich zwei Maxima, 150°—240° (schwach) und 320°—350° (schwach), zwischen die ein Minimum (schwacher Schimmer, 275°) eingeschoben war. Erlöschen bei 430°.

Erhitzen im Reagensglas ergab schwaches Leuchten in gelblichem Licht.

b. Nach 51 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Weiss, etwas grau.

Beginn des Leuchtens bei 120°. Das Leuchten war während des ganzen Versuchs ausserordentlich schwach und erlosch bei 415°.

Neben Probe II erschien das Licht deutlich gelblich.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Weiss, etwas grau.

Das Leuchten begann bei 100° und zeigte ein Maximum zwischen 150° und 240°. Bei höheren Temperaturen war die Erscheinung mit der bei Probe I mitgeteilten identisch. Erlöschen bei 415°.

Neben Probe I erschien das Licht deutlich grünlich.

Zusammenfassung.

Die wichtigsten Daten sind in Tabelle XV zusammengestellt.

Tabelle XV. — **Thermolumineszenz des natürlichen Morions.**

		Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Erlöschen	Farben
Natürliche Thermolumineszenz		160°	?—320° ganz schwach			390°	Hellgelb
a. Direkt nach der Bestrahlung		85°	150°—240° schwach	275° schwacher Schimmer	320°—350° schwach	430°	Gelblich
b. Nach 51 Tagen	Probe I	120°	ausserordentlich schwach			415°	Gelblich
	Probe II	100°	150°—240° ganz schwach—schwach	—	— Wie I	415°	Grünlich

Durch die Bestrahlung mit Kathodenstrahlen wird die Thermolumineszenz des Morions merklich verstärkt. Es wird das Temperaturintervall, in dem die Thermolumineszenz zu beobachten ist, nach oben und nach unten erweitert.

Beim Liegen geht diese Thermolumineszenz zurück.

Das Licht befördert den Rückgang, und man erhält den Eindruck, dass im Licht der Rückgang über den ursprünglichen Zustand hinausgeht.

Auch hier strahlt die belichtete Probe ein mehr gelbliches Licht aus als die im Dunkel aufbewahrte.

C. *Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Morions.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 25 Min.

Farbe: Ziemlich stark rötlich.

Das bestrahlte Pulver leuchtete schon beim Erwärmen mit der Hand in ganz schwachem, gelblichem Licht. Auf der Heizplatte nahm die Intensität bis za. 120° zu, blieb konstant (ziemlich stark) bis 210°, nahm dann sehr rasch bis zu einem Minimalwert (240°) ab, stieg sofort wieder bis 260°, um von da an konstant schwach zu bleiben bis zum Beginn der definitiven Abnahme (420°). Erlöschen bei 470°.

Das anfängliche Grünlich-Gelb ging während des Maximums durch Gelblich in Hellgelb über.

b. Nach 56 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Rötlich.

Das Leuchten begann bei 70°, erreichte das Maximum bei 120°, wurde von 210° an schwächer und war von 240° an als schwacher Schimmer sichtbar. Erlöschen bei 470°.

Während des maximalen Leuchtens war das Licht grünlichweiss.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Rötlich.

Das Leuchten begann bei 60° und erreichte das Maximum bei 100° (merklich stärker als bei Probe I). Von 200° an war die Erscheinung identisch mit der bei Probe I beschriebenen.

Zusammenfassung.

Tabelle XVI gibt eine Übersicht über die mitgeteilten Beobachtungen.

Tabelle XVI. — **Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Morions.**

		Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Erlöschen	Farben
a. Direkt nach der Bestrahlung		Handwärme	120°—210° ziemlich stark	240°	260°—420° schwach	470°	Grünlich-Gelb, Gelblich, Hellgelb
b. Nach 56 Tagen	Probe I	70°	120°—210° ganz schwach	Von 240° an schwacher Schimmer		470°	Grünlich-weiss
	Probe II	60°	100°—200° ganz schwach—schwach	Wie I		470°	Grünlich-weiss

Wir finden auch beim überhitzten Morion die für alle bisher betrachteten Substanzen typischen Erscheinungen. Die Kathodenstrahlen erzeugen die Fähigkeit zu thermolumineszieren. Diese Fähigkeit geht mit der Zeit wieder verloren, im Licht rascher als im Dunkel.

Vergleichen wir Tabelle XVI mit Tabelle XV, so finden wir, dass die Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Morions annähernd mit derjenigen des bestrahlten natürlichen übereinstimmt. Dies gilt nicht nur für die direkt nach der Bestrahlung beobachtete Thermolumineszenz, sondern auch für das Verhalten der beiden Thermolumineszenzerscheinungen beim Aufbewahren im Licht oder im Dunkeln. Ein Unterschied liegt darin, dass die Intensitätsänderungen beim überhitzten Morion bei tieferen Temperaturen (die Differenz beträgt za. 30°) erfolgen als bei dem natürlichen Morion. Von dieser Regel macht nur die Überhitzungstemperatur eine Ausnahme. Bemerkenswert ist auch, dass trotz gleicher Bestrahlungsdauer der überhitzte Morion kräftiger thermolumineszieret als der natürliche. Es scheint, dass das Glühen das Erregen der Thermolumineszenz erleichtert, dass dann aber die erregte Thermolumineszenz leichter, d. h. bei tiefern Temperaturen ausgegeben wird, als es ohne vorausgehendes Glühen der Fall sein würde.

4. Rosenquarz.

Der Rosenquarz thermolumineszierte in natürlichem Zustande nicht.

A. *Thermolumineszenz des bestrahlten natürlichen Rosenquarzes.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 20 Min.

Farbe: Grau, Stich in Violett.

Das Leuchten begann bei 50°, erreichte bei 180° ein Maximum (ziemlich stark, 180°—230°), fiel zwischen 230° und 270° rasch, blieb dann einige Zeit konstant (schwach), um von 380° an bis zum Erlöschen (460°) abzunehmen.

Das Licht war zu Beginn der Leuchterscheinung grünlich, wurde dann hellgrün (Maximum), ging gegen das Ende der Erscheinung in Gelbgrün über und klang in Gelblich ab.

b. Nach 51 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Grau mit rötlichem Stich.

Die Leuchterscheinung setzte bei 90° ein und wurde langsam stärker. Zwischen 180° und 360° war die Intensität konstant (schwach). Von 360° an nahm das Leuchten stetig ab. Erlöschen bei 470°.

Bei Beginn des Leuchtens wurde Hellgrün beobachtet. Später folgte Grün, das bei höherer Temperatur (300°) in Blassgrün überging.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Grau mit rötlichem Stich.

Das Leuchten begann bei 80°, erreichte ein Maximum bei 190° (ziemlich stark), nahm zwischen 230° und 270° rasch ab, blieb dann einige Zeit konstant (schwach), um von 370° an stetig abzunehmen und bei 470° zu erlöschen.

Die beobachteten Farben sind: Grünlich, Blaugrün (Maximum), Grün, Blassgrün.

Zusammenfassung.

Tabelle XVII gibt die beschriebenen Beobachtungen in übersichtlicher Weise.

Tabelle XVII. — **Thermolumineszenz des bestrahlten natürlichen Rosenquarzes.**

		Beginn	Maximum	Erlöschen	Farben
a. Direkt nach der Bestrahlung		50°	180°—230° ziemlich stark	460°	Grünlich, Hellgrün (Max.), Gelbgrün, Gelblich
b. Nach 51 Tagen	Probe I	90°	180°—360° schwach	470°	Hellgrün, Grün (300°), Blassgrün
	Probe II	80°	190°—230° ziemlich stark	470°	Grünlich, Blaugrün (Max.), Grün, Blassgrün

Die durch die Kathodenstrahlen erregte Thermolumineszenz wird mit der Zeit schwächer, namentlich diejenigen Teile, die bei niedrigen Temperaturen zur Geltung kommen (Hinaufrücken der Anfangstemperatur).

Das Licht beschleunigt den Rückgang der Thermolumineszenz. Bei höheren Temperaturen als 250° ist sein Einfluss während 51 Tagen nicht merklich.

B. *Thermolumineszenz des geglühten Rosenquarzes.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 20 Min.

Farbe: Nicht beobachtet.

Bei 40° beginnend nahm das Leuchten mit steigender Temperatur zu und erreichte bei 180° ein Maximum (stark). Zwischen 230° und 270° fiel die Intensität rasch und blieb nachher längere Zeit (270°—370°) konstant (schwach). Von 370° an nahm das Leuchten langsam ab. Es erlosch bei 450°.

Die beobachteten Farben sind: Grünlich, Hellgrün, Grün (Maximum), Blassgrün. Abklingen in gelblichem Licht.

b. Nach 51 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt

Farbe: Schwach grau mit rötlichem Stich.

Das Leuchten begann bei 80°, nahm an Intensität zu bis 190°, blieb dann konstant (schwach) bis 350° und nahm von 350° an stetig bis zum Erlöschen (470°) ab.

Die Farbe des Lichtes war blassblaugrün (bei 200°) und ging später in Blassgrün über.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Schwach grau mit rötlichem Stich.

Die Thermolumineszenz setzte bei 80° ein, erreichte ein Maximum (ziemlich stark) bei 190°, nahm zwischen 220° und 240° rasch ab, blieb dann einige Zeit konstant, um von 350° an langsam bis zum Erlöschen (470°) abzunehmen.

Das anfangs blassblaugrüne Licht wurde bei ca. 250° blassgrün und nahm schliesslich einen gelblichen Farbton an.

Zusammenfassung.

Die Beobachtungen über den geglühten Rosenquarz sind in Tabelle 18 zusammengestellt.

Tabelle XVIII. — **Thermolumineszenz des bestrahlten geglühten Rosenquarzes.**

		Beginn	Maximum	Erlöschen	Farben
a. Direkt nach der Bestrahlung		40°	180°—230° stark	450°	Grünlich, Hellgrün, Grün(Max.), Blassgrün, Gelblich (Abklingen)
b. Nach 51 Tagen	Probe I	80°	190°—350° schwach	470°	Blassblaugrün, Blassgrün
	Probe II	80°	190°—220° ziemlich stark	470°	Blassblaugrün, Blassgrün, Gelblich

Eine Vergleichung dieser Tabelle mit Tabelle XVII ergibt eine auffallende Uebereinstimmung der beiden. Es scheint also das Glühen des Rosenquarzes auf die Fähigkeit, thermoluminesziernd zu werden, keinen Einfluss zu haben.

Woher das Steigen der Ueberhitzungstemperatur rührt, kann nicht mit Sicherheit entschieden werden. Vermutlich liegt ein Beobachtungsfehler vor, der in verschiedener Empfindlichkeit des beobachtenden Auges seinen Grund hat.

IV. Verschiedene Mineralien.

Es soll in diesem Abschnitt über die Versuche, die mit den folgenden Substanzen ausgeführt wurden, berichtet werden:

1. Kalkspat von Island (Doppelspat).
Wasserklare schöne Kristalle. Thermolumineszierт in natürlichem Zustande schwach.

2. Topas aus Brasilien.
Farbe: Helles Rotbraun.
Zeigt in natürlichem Zustande keine Thermolumineszenz.

3. Glas.

1. Kalkspat.

A. *Natürliche Thermolumineszenz.*

Der natürliche Doppelspat ergab eine schwache Thermolumineszenz in orangefarbenem Licht, die bei 230° begann, bei 340° ihr Maximum erreichte (schwach) und bei 420° erlosch.

B. *Thermolumineszenz des bestrahlten natürlichen Kalkspats.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.
Bestrahlungsdauer: 20 Min.
Farbe: Rötlich.

Das bestrahlte Material leuchtete schon bei Zimmertemperatur. Auf der Heizplatte nahm die Intensität sehr rasch zu, erreichte ihr Maximum (sehr stark) bei 120°, fiel von 140° an sehr rasch, erreichte bei 200° ein Minimum (ganz schwach), nahm dann wieder zu, erreichte ein zweites Maximum (260°—300° schwach) und nahm schliesslich von 300° an stetig bis zum Erlöschen (420°) ab.

Die Farbe des Lichtes war im Beginn Weisslich, das mit zunehmender Intensität in sattes Orange (1. Maximum) überging. Im Minimum erschien das Leuchten gelblich, im zweiten Maximum blassorange.

b. Nach 50 Tagen.
Probe I: Im Licht aufbewahrt.
Farbe: Weiss.

Das Leuchten begann bei 80°. Es nahm ganz langsam zu und erreichte bei za. 250° das Maximum. Bei 290° setzte die definitive Abnahme ein. Erlöschen bei 415°.

Während des Maximums war das Licht hellorange.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.
Farbe: Schwach lila.

Die Lumineszenz setzte bei 70° ein, nahm bis 130° zu und blieb dann einige Zeit konstant (schwach). Nach einer vorübergehenden leichten Abnahme (bei 200°) stieg die Intensität weiter und erreichte ihr Maximum bei 250° (ziemlich stark). Bei 290° begann die definitive Abnahme. Erlöschen bei 415°.

Das Licht war im ersten Maximum orange und wurde im Minimum blassorange.

C. *Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Kalkspats.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.
Bestrahlungsdauer: 15 Min.
Farbe: Gelblich.

Das bestrahlte Material leuchtete schon bei Zimmertemperatur in gelblichweissem Licht. Beim Erwärmen nahm das Leuchten sehr rasch zu, und erreichte bei 120° ein Maximum (sehr stark), fiel von 140° an sehr rasch auf einen Minimalwert (200°), erreichte bei 240° ein zweites Maximum (schwach) und nahm von 280° an langsam bis zum Erlöschen 420°) ab.

Das zum Beginn gelbliche Licht ging in schönes Rotorange (1. Maximum) über, wurde im Minimum blasser, war im zweiten Maximum blassorange und klang in Gelblichweiss ab.

b. Nach 51 Tagen.
Probe I: Im Licht aufbewahrt.
Farbe: Schmutziggelb.

Das Leuchten begann bei 80°, erreichte ein erstes Maximum bei 160° (schwach), ein Minimum bei 210°, ergab ein zweites Maximum zwischen 240° und 280° und erlosch bei 415°.

Das Licht war im ersten Maximum orange. Das Orange ging im Minimum in Gelborange (2. Maximum) über. Abklingen in Gelblichweiss.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.
Farbe: Nicht beobachtet.

Die Erscheinung unterschied sich von der bei Probe I beschriebenen nur durch die grössere Intensität des 1. Maximums.

Zusammenfassung.

In Tabelle 19 sind die am Kalkspat gemachten Beobachtungen übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle XIX. — **Thermolumineszenz des Kalkspats.**

			Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
A. Natürliche Thermolumineszenz			230°	—	—	340° schwach	420°	Orange
B. Bestrahlt natürlich	a. Direkt nach der Bestrahlung		Zimmertemperatur	120°—140° sehr stark	200° gz. schwach	260°—300° schwach	420°	Weisslich, sattes Orange (I. Max.), Gelblich (Min.), Blassorange (II. Max.)
	b. Nach 50 Tagen	Probe I	80°	—	—	250°—290° schwach	415°	Hellorange
		Probe II	70°	130°—? schwach	200°	240°—280° schwach	415°	Orange (I. Max.), Blassorange (II. Max.)
C. Bestrahlt überhitzt	a. Direkt nach der Bestrahlung		Zimmertemperatur	120°—140° sehr stark	200°	240°—280° schwach	420°	Gelblich, Rotorange (I. Max.), Blassorange (II. Max.), Gelblichweiss
	b. Nach 51 Tagen	Probe I	80°	160° schwach	210°	240°—280° schwach	415°	Orange (I. Max.), Gelborange (II. Max.), Gelblichweiss
		Probe II	Wie I, nur im I. Maximum stärker zieml. stark.					

Der natürliche Kalkspat zeigt eine schwache Thermolumineszenz zwischen 230° und 420° in oranger Farbe.

Durch die Kathodenstrahlen wird eine sehr starke Thermolumineszenz erzeugt, die unter 200° auftritt (Maximum 260°—300°) und deren Leuchtfarbe ebenfalls Orange ist.

Diese Thermolumineszenz geht mit der Zeit zurück.

Das Licht befördert den Rückgang.

Der geglühte Kalkspat verhält sich nach der Bestrahlung ganz gleich wie der bestrahlte natürliche Kalkspat. Die Übereinstimmung zeigt sich auch in der Gleichheit der Überhitzungstemperaturen, die übrigens konstant zu sein scheinen.

2. Topas.

Der Topas thermolumineszierte in natürlichem Zustande nicht.

A. *Thermolumineszenz des natürlichen bestrahlten Topas.*

Bestrahlungsdauer: 20 Min.

Farbe: Rötlich.

Die Thermolumineszenz begann bei 50°, nahm bis 140° langsam zu, blieb lange Zeit (bis 400°) konstant (schwach), begann bei 400° langsam abzunehmen und erlosch bei 510°. Die Farbe änderte von Blassgrün in Orange, Orangerot und Rot.

b. Nach 52 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Schmutziggrau, Stich ins Rötliche.

Das Leuchten setzte bei 80° ein und wurde langsam stärker bis 140°. Von da an blieb die Intensität einige Zeit konstant (ganz schwach), zeigte bei 280° eine vorübergehende Abnahme erreichte bei 350° das Maximum (schwach) und nahm von 440° an langsam bis zum Erlöschen (510°) ab.

Das Licht war anfangs gelblichweiss und veränderte seine Farbe durch Gelblich, Gelb (bei 350°) in Orange (von 380° an).

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Schmutziggrau, Stich ins Rötliche.

Die Intensitätsverhältnisse unterschieden sich in keiner Weise von den bei Probe I beschriebenen. Ein kleiner Unterschied zeigte sich nur in der Leuchtfarbe. Bei einem Doppelversuch erschien zu Beginn des Leuchtens (bis za. 250°) das von Probe II ausgesandte Licht neben dem gelblichen Licht von Probe I deutlich grünlich.

B. *Thermolumineszenz des bestrahlten überhitzten Topas.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer 20 Min.

Farbe: Rötlichviolett.

Das Leuchten begann bei 60°, wurde langsam stärker bis 130°, blieb konstant (schwach) bis 270°, begann bei 270° langsam abzunehmen und erlosch bei 460°.

Zu Beginn des Leuchtens wurde grünliches Licht beobachtet, später (130°) helles Orange und schliesslich Gelblich.

b. Nach 56 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Rötlichgrau.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Blassorange.

In der Thermolumineszenz zeigten die beiden Proben keinen merklichen Unterschied.

Das Leuchten begann bei 90°, stieg langsam bis 140°, blieb einige Zeit konstant (ganz schwach), nahm von 240° an etwas ab, um oberhalb 350° wieder stärker zu werden und bei 470° zu erlöschen.

Die Erscheinung war so lichtschwach, dass keine bestimmte Farbe konstatiert werden konnte.

Zusammenfassung.

Die den Topas betreffenden Beobachtungen sind in Tabelle XX übersichtlich zusammengestellt.

Die Kathodenstrahlen erzeugen beim Topas nur eine verhältnissmässig schwache Thermolumineszenz. Diese Thermolumineszenz geht mit der Zeit zurück und zwar speziell der Teil, der bei Temperaturen unter 300° auftritt. Der Einfluss des Lichtes ist sehr klein. Er äusserte sich bei dem natürlichen Topas nur in der Farbennüance. Beim geglühten Mineral war er überhaupt nicht zu beobachten. Ein Einfluss des Glühens kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Der kleine Unterschied, der zwischen den Beobachtungen am natürlichen und dem überhitzten Topas besteht (die Thermolumineszenz des vor der Bestrahlung geglühten Topas fällt bei niedrigerer Temperatur ab und erlischt bei tieferer Temperatur als diejenige des natürlichen bestrahten Topas), kann von einem Unterschied in der Bestrahlung herrühren.

Tabelle XX. — **Thermolumineszenz des Topas.**

			Beginn	I. Maximum	Minimum	II. Maximum	Er-löschen	Farbenfolge
A. Topas natürlich	a. Direkt nach der Bestrahlung		50°	140°—400° schwach			510°	Blassorange, Orange, Orangerot, Rot
	b. Nach 52 Tagen	Probe I	80°	140°—270° za	280°	350°—440° schwach	510°	Gelblichweiss, Gelblich, Gelb (bis 350°), Orange
		Probe II	Wie Probe I					Neben I bis 250° deutlich grünlich, dann wie I
B. Topas geglüht	a. Direkt nach der Bestrahlung		60°	130°—270° schwach			460°	Grünlich, Orange (bis 130°), Gelblich
	b. Nach 56 Tagen	Probe I	90°	140°—240° ganz schwach	280°	350°—?	470°	Farbe unbestimmt, weil zu schwach
		Probe II		Wie Probe I				Wie I

3. Glas.

Mit der Thermolumineszenz der Gläser haben sich eingehend E. Wiedemann und G. C. Schmidt[1]) beschäftigt.

Es soll hier über Versuche berichtet werden, die mit Glas von einer gewöhnlichen Biegeröhre (sogenanntes Thüringerglas) angestellt wurden. Überdies sollen einige Beobachtungen über die Thermolumineszenz alter Crookes'scher Röhren beschrieben werden.

1. Thüringerglas.

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 30 Min.

Farbe: Grau.

Das Leuchten begann bei 50°, erreichte das Maximum (ziemlich stark) bei 170°, nahm von 250° an langsam ab und erlosch bei 430°.

Die Farbe des Lichtes wechselte von Grünlichgelb in schönes Hellgelb.

b. Nach 75 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos weiss.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Schwacher Stich in Grau.

In der Thermolumineszenz zeigten die beiden Proben keinen merklichen Unterschied. Sie begann bei 65°, stieg bis 140°, blieb zwischen 140° und 260° konstant (schwach), nahm von 260° an langsam ab und erlosch bei 420°.

Die Leuchtfarbe war Hellgrün.

Das Leuchten war unzweifelhaft schwächer als direkt nach der Bestrahlung.

2. Glas von Crookes'schen Röhren.

Von dem Glase zweier alten Crookes'chen Röhren wurden drei Stücke auf ihre Thermolumineszenz untersucht. Zwei Stücke stammten von den den Kathoden gegenüberliegenden Teilen der Röhren, das dritte wurde dem Fuss[2]) der einen Röhre entnommen.

---

[1]) E. Wiedemann, Wied. Ann. 38, Seite 488, 1889.
E. Wiedemann und G. C. Schmidt, Wied. Ann. 54, Seite 624, 1895.

[2]) Der Fuss konnte von den in der Röhre erzeugten Kathodenstrahlen nicht direkt getroffen werden.

Die beiden ersten Proben zeigten nahezu identische Erscheinungen.

Das Leuchten begann bei 100° (140°). Das Maximum lag zwischen 190° und 280°. Zwischen 280° und 310° fiel die Intensität rasch. Dann erfolgte die Abnahme langsamer bis zum Erlöschen bei 400°.

Die dritte Probe zeigte eine ganz schwache Lumineszenz, die bei 300° einsetzte und bei 420° erlosch.

Die mitgeteilten Daten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle XXI. — **Thermolumineszenz von Glas.**

			Beginn	Maximum	Erlöschen	Farben
Thüringerglas	a. Direkt nach der Bestrahlung		50°	170°—250° ziemlich stark	430°	Grünlichgelb, Hellgelb
	b. Nach 75 Tagen	Probe I	65°	140°—260° schwach	420°	Hellgrün
		Probe II	Wie Probe I			
Glas von der Antikathode der Crookes'schen Röhre I			100°	190°—280° ziemlich stark	400°	Grünlichgelb
Glas von der Antikathode der Crookes'schen Röhre II			140°	190°—280° ziemlich stark	410°	Grünlichgelb
Glas vom Fuss der Crookes'chen Röhre I			300°—420° schwacher Schimmer			

Auch das Glas verliert also, wie schon E. Wiedemann und G. C. Schmidt fanden[1]), mit der Zeit die ihm von den Kathodenstrahlen erteilte Thermolumineszenz. Ob mit der Zeit die Thermolumineszenz vollständig verschwinden würde, ist fraglich. Das Verhalten des Glases der Crookes'schen Röhren, das jedenfalls sehr lange Zeit nicht mehr von Kathodenstrahlen getroffen worden war, deutet darauf hin, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen ein gewisser Teil der Thermolumineszenz unbeschränkte Zeit erhalten bleibt.

Das Licht scheint auf die Thermolumineszenz des Glases keinen besonderen Einfluss auszuüben.

---

[1]) E. Wiedemann und G. C. Schmidt. Wied. Ann. 54, Seite 624, 1895, «bei Glas nahm die Helligkeit der Thermolumineszenz innerhalb sechs Wochen beträchtlich ab».

V. Versuche mit Chlorkalium.[1])

Von der Gruppe der Alkalihaloide wurde nur das Kaliumchlorid zu systematischen Versuchen herangezogen und zwar in drei verschiedenen Proben:

1. Material aus einem Kathodenstrahlenrohr, das zur Untersuchung der Nachfarben gedient hatte.
2. Material aus einem Rohr ohne Kathode.
3. Käufliches Kal. chlorat. purissimum.

1.

Das Chlorkalium war bei frühern Versuchen mehrmals kräftig bestrahlt worden. Vor der Untersuchung der Thermolumineszenz wurde es nochmals längere Zeit unter fortwährendem Umschüttelen bestrahlt, bis es eine stark heliotrope Färbung angenommen hatte.

a. Direkt nach der Bestrahlung.

Farbe: Stark heliotrop.

Zwei Stunden nach der Bestrahlung ergab die Untersuchung der Thermolumineszenz folgendes Resultat:

Das Leuchten begann bei 50°, erreichte ein Maximum (schwach) bei 120° und nahm von 210° an langsam bis zum Erlöschen (380°) ab.

Es konnte keine bestimmte Leuchtfarbe festgestellt werden.

b. Nach 3 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Fast farblos.

Die Thermolumineszenz bestand in einem ganz schwachen Leuchten, das bei 150° begann und bei 270° erlosch.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Blass heliotrop.

Die Lumineszenz begann bei 65°, erreichte ein Maximum (schwach) bei 110°, fiel von 210° an langsam bis zum Erlöschen (380°).

Als Leuchtfarbe wurde Weisslich notiert.

---

[1]) Die Tatsache, dass Alkalichloride durch Bestrahlung mit Kathodenstrahlen thermolumineszierend werden, wurde von E. Wiedemann und G. C. Schmidt entdeckt und mit den bekannten Nachfarben in Verbindung gebracht. Wied. Ann. 54, Seite 618, 1895.

c. Nach 41 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Farblos.

Zeigte keine Thermolumineszenz.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Nur die grösseren Stückchen sind noch deutlich heliotrop.

Die Thermolumineszenz bestand in einem ganz schwachen Leuchten, das bei 110° begann und bei 380° erlosch.

d. Nach 97 Tagen.

Probe I: Zeigte keine Thermolumineszenz.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Ganz schwach heliotrop.

Es wurde ein ganz schwaches Leuchten zwischen 110° und 150° beobachtet.

e. Nach 137 Tagen.

Die beiden Proben waren vollständig farblos. Sie wurden nur im Reagensglas auf Thermolumineszenz untersucht. Beide zeigten ein ganz schwaches Leuchten in weisslichem Licht.

2.

Das Material war zu andern Zwecken kräftig bestrahlt worden. Es wurde 40 Tage nach der letzten Bestrahlung zum ersten Mal auf Thermolumineszenz untersucht. Während der 40 Tage blieb das Salz im Rohr (also im Vakuum) meist im Dunkeln.

a. 40 Tage nach der Bestrahlung.

Farbe: Blaugrau, einzelne Kristalle heliotrop.

Das Leuchten begann bei 110°, erreichte ein Maximum bei 170°, nahm von 220° an langsam ab und erlosch bei 380°.

Als Lumineszenzfarbe wurde Weiss notiert.

b. Nach 78 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Ganz schwach violett.

Es wurde nur ein ganz schwaches Leuchten zwischen 160° und 310° beobachtet.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Ganz schwach heliotrop, einzelne Kristalle kräftig gefärbt.

Die Lumineszenz begann bei 140°, erreichte bei 200° ein Maximum (schwach) und nahm dann langsam bis zum Erlöschen (380°) ab.

c. Nach 134 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Vollkommen farblos.

Es konnte ein ganz schwacher Schimmer zwischen 140° und 370° festgestellt werden.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Spur heliotrop.

Das Leuchten begann bei 130°. ergab ein Maximum bei 200° (ganz schwach) und erlosch bei 380°.

d. Nach 184 Tagen.

Die Untersuchung auf Thermolumineszenz wurde nur im Reagensglas vorgenommen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Vollkommen farblos.

Schwaches Leuchten in violettem Licht.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Vollkommen farblos.

Ziemlich starkes Leuchten in violettem Licht.

3.

Das Chlorkalium war mit purissimum bezeichnet und thermolumineszierte in natürlichem Zustande nicht. Um es wasserfrei zu erhalten, wurde es im Porzellantiegel geschmolzen und hierauf pulverisiert.

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

Bestrahlungsdauer: 10 Min.

Farbe: Das Salz zeigte in seiner ganzen Masse eine stark heliotrope Färbung.

Das Salz leuchtete schon bei Zimmertemperatur in weisslichem Licht. Beim Erwärmen stieg die Intensität und erreichte

ein Maximum (ziemlich stark) bei 120°. Von 200° nahm sie langsam ab. Das Leuchten erlosch bei 380°.

Das anfänglich weissliche Licht nahm bei 100° einen ausgesprochen violetten Farbton an.

b. Nach 55 Tagen.

Probe I: Im Licht aufbewahrt.

Farbe: Vollkommen farblos.

Die Thermolumineszenz war als schwacher Schimmer zwischen 70° und 380° wahrnehmbar.

Probe II: Im Dunkel aufbewahrt.

Farbe: Heliotrop.

Das Leuchten begann bei 60°, erreichte ein Maximum (ziemlich stark) bei 150°, nahm von 170° an zunächst rasch, dann langsamer ab und erlosch bei 380°.

Zusammenfassung.

In Tabelle XXII sind die wichtigsten Daten der drei Versuchsreihen übersichtlich zusammengestellt.

Alle drei Versuchsreihen ergeben das gleiche Bild. Maximum zwischen 120° und 210°, Erlöschen bei 380°, Leuchtfarbe (soweit sie mit Sicherheit konstatiert werden konnte) Violett. Die Thermolumineszenz geht im Licht rascher zurück als im Dunkeln. Ob sie mit der Zeit vollständig verschwindet, bleibt dahingestellt. Sicher ist, dass sie 184 Tage nach der Bestrahlung noch erkennbar ist (Reihe 2). Es sei noch darauf hingegewiesen, dass die Thermolumineszenz nicht mit der Nachfarbe verschwindet.

Die Reihen 1 und 2 geben zu einer Bemerkung Anlass. Nach den mitgeteilten Beobachtungen scheint es, dass das Licht zunächst die Thermolumineszenz zerstöre, um sie nachher wieder zu erzeugen (Reihe 1) oder zu verstärken (Reihe 2). Dieser Schluss darf kaum gezogen werden. Es ist zu berücksichtigen, dass beim Erhitzen im Reagensglas das Leuchten immer stärker ist als bei der Benützung des Heizapparates, aus dem Grunde, weil im Reagensglas die Temperatur viel rascher steigt als auf der Heizplatte und daher die Lichtmenge, die die Probe abgeben kann, in kürzerer Zeit ausgestrahlt wird. Diese Tatsache erklärt die in Frage stehende Unregelmässigkeit vollkommen.

Tabelle XXII. — a. **Thermolumineszenz von Chlorkalium I.**

Zeit nach der Bestrahlung	Probe	Beginn	Maximum	Erlöschen	Farbe der Thermolumineszenz
2 Stunden	—	50°	120°–210° schwach	380°	Farbe unbestimmt
3 Tage	I	150°	ganz schwach	270°	—
	II	65°	110°–210° schwach	380°	Weisslich
41 Tage	I	Keine Thermolumineszenz			
	II	110°	ganz schwach	380°	—
97 Tage	I	Keine Lumineszenz			
	II	110°	ganz schwach	250°	—
137 Tage	I	Im Reagensglas erhitzt: Ganz schwaches Leuchten in weisslichem Licht			
	II				

b. **Thermolumineszenz von Chlorkalium II.**

Zeit nach der Bestrahlung	Probe	Beginn	Maximum	Erlöschen	Farbe der Thermolumineszenz
40 Tage	—	110°	170°—220° schwach	380°	Weiss
78 Tage	I	160°	ganz schwach	310°	—
	II	140°	200° schwach	380°	—
134 Tage	I	140°	ganz schwacher Schimmer	370°	—
	II	130°	200° gz. schwach	380°	—
184 Tage	I	Im Reagensglas:	Schwaches Leuchten in violettem Licht		
	II		Ziemlich starkes Leuchten in violettem Licht		

c. **Thermolumineszenz von Chlorkalium III.**

Zeit nach der Bestrahlung	Probe	Beginn	Maximum	Erlöschen	Farbe
0	—	Zimmertemperatur	120°—200° zieml. stark	380°	Weisslich (bis 100°), Violett
55 Tage	I	70°	schwacher Schimmer	380°	—
	II	60°	150°—170° zieml. stark	380°	—

VI. Einfluss der Bestrahlungsdauer.

Ein systematischer Versuch zur Feststellung des Einflusses der Bestrahlungsdauer auf die erregte Thermolumineszenz wurde nur mit farblosem Flusspat ausgeführt.

Eine grössere Partie des pulverisierten Flusspates wurde zunächst 5 Min. unter beständigem Umschütteln bestrahlt, dann dem Rohr eine Probe des Minerals entnommen. Hierauf wurde die Bestrahlung fortgesetzt und nach einiger Zeit eine neue Probe ausgeschieden usw. Man erhielt so drei Proben, die beziehungsweise 5 Min., 15 Min., und 40 Min. bestrahlt worden waren. Beim natürlichen Flusspat wurde der im Rohr bleibende Rest nachher noch weitere 45 Min. bestrahlt und zwar in der Weise, dass nur von 5 Min. zu 5 Min. umgeschüttelt wurde.

A. *Natürlicher Flusspat.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

1. Bestrahlungsdauer: 5 Min.

Die Lumineszenz begann bei 30°, erreichte bei 110° ein Maximum (stark), nahm von 160° an ab, erreichte ein Minimum bei 200°, zeigte ein zweites Maximum zwischen 260° und 320°, fiel von 320° an stetig und erlosch bei 480°.

Die Leuchtfarbe war anfangs blassgrün, verwandelte sich dann in starkes Grün (1. Maximum), ging bei 180° in Blassviolett über, verwandelte sich im zweiten Maximum in gesättigtes Violett und klang in Orange ab.

2. Bestrahlungsdauer: 15 Min.

Farbe: Rötlichviolett.

Das Leuchten begann bei 50°, stieg rasch bis 130°, blieb einige Zeit konstant (stark), fing bei 190° nochmals an zu steigen, erreichte das Maximum (sehr stark) bei 240°, nahm von 290° an beständig ab und erlosch bei 480°.

Das Licht war anfangs grün, verwandelte sich bei 190° in Gelb, ging bei 290° in Violett über und klang in Orange ab.

3. Bestrahlungsdauer: 45 Min.

Farbe: Blauviolett.

Leider wurden bei diesem Versuch die Temperaturen nicht bestimmt.

Die Intensitätsänderungen waren denjenigen unter 2 analog; nur war das Maximum (gelb) stärker.

Farbenfolge wie bei 2.

4. Bestrahlungsdauer: 90 Min.

Während der letzten 45 Min. nur von 5 Min. zu 5 Min. umgeschüttelt.

Farbe: Tief blauviolett.

Das Leuchten begann bei 60°, erreichte ein Maximum bei 210° (ziemlich stark), begann bei 350° abzunehmen und erlosch bei 480°.

Das Licht war anfänglich grün, wurde bei 250° gelb und klang in Orange ab.

b. Nach 90 Tagen.

1. (5 Min.) Farbe: Farblos weiss.

Die Lumineszenz begann bei 40°, erreichte ein Maximum (ziemlich stark) bei 120°, nahm von 170° an bis zu einem Minimalwert (200°, schwach) ab, erreichte bei 240° ein zweites Maximum (ziemlich stark) und nahm von 310° an langsam bis zum Erlöschen (480°) ab.

Die Farbe war anfangs grünlichweiss, während des ersten Maximums grün, ging im Minimum durch Bläulichgrün in Blauviolett (2. Maximum) über und klang in Strohfarbe ab.

2. (15 Min.) Farbe: Farbloss weiss.

Das Leuchten begann bei 40°, erreichte ein Maximum bei 120° (ziemlich stark), nahm von 180° an bis zu einem Minimalwert (200°) ab, erreichte ein zweites Maximum (stark) bei 240°, nahm von 290° an zunächst rasch und dann langsamer bis zum Erlöschen (480°) ab.

Die während des ersten Maximums grüne Farbe verwandelte sich bei 220° in Gelb und ging bei 280° in Violett über. Abklingen in gelblicher Farbe.

3. (45 Min.) Farbe: Farblos weiss.

Die Thermolumineszenz setzte bei 40° ein, ergab zwischen 120° und 180° ein Maximum (ziemlich stark bis stark), stieg, nachdem bei 200° ein Minimalwert überschritten worden war, zu einem zweiten Maximum (sehr stark, 250°--290°) an, fiel von 290° an erst sehr rasch (bis 320°), dann langsamer und erlosch bei 480°.

Die Farbe war anfangs blassgrün, während des ersten Maximums grün. Das Grün verwandelte sich in Gelb (2. Maximum, Übergang bei ca. 230°), das bei 295° in Violett überging, auf das Blauviolett folgte. Abklingen in Gelblich.

4. (90 Min.) Farbe: Stark blauviolett.

Das Leuchten begann bei 55°, erreichte bei 140° das Maximum (schwach bis ziemlich stark), nahm zwischen 220° und 280° rasch ab und wurde dann langsam schwächer. Erlöschen bei 480°.

Die beobachteten Farben sind: Grün, Blassgrün (Maximum), Gelblich.

B. *Überhitzter Flusspat.*

a. Unmittelbar nach der Bestrahlung.

1. Bestrahlungsdauer: 5 Min.

Farbe: Schwach violett.

Das Leuchten begann bei 60°, nahm bis 130° zu, blieb dann längere Zeit konstant (ziemlich stark), nahm von 350° an langsam ab und erlosch bei 450°.

Das anfängliche Blassgrün ging bei 315° in Gelb über.

2. Bestrahlungsdauer: 20 Min.

Farbe: Violett (stärker als 1).

Die Intensitätsänderungen waren nicht merklich von den bei 1. beschriebenen verschieden.

3. Bestrahlungsdauer: 40 Min.

Farbe: Violett.

Die Thermolumineszenz begann bei 40°, stieg bis 130°, blieb hierauf längere Zeit konstant (stark) und nahm von 330° an langsam bis zum Erlöschen (450°) ab.

Das anfängliche Grün ging bei 250° in Gelb über.

Die Intensität war merklich stärker als bei 1. und 2.

b. Nach 78 Tagen.

Alle drei Proben farblos weiss. In bezug auf die Thermolumineszenz ergaben alle dieselbe Erscheinung.

Das Leuchten begann bei 70°, nahm anfangs etwas zu, blieb dann konstant (ganz schwach) und erlosch bei 440°.

Die Leuchtfarbe war anfangs grünlich und wurde bei höherer Temperatur blasser.

Zusammenfassung.

Tabellen 23a und 23b geben eine Übersicht über die in Abschnitt VI mitgeteilten Beobachtungen.

Tabelle XXIIIa. — **Natürlicher Flusspat.**

	Nr.	Bestrahlungsdauer	Beginn	1. Maximum	Minimum	2. Maximum	Erlöschen	Farbenfolge
Direkt nach der Bestrahlung	1.	5 Min.	30°	110°—160° stark	200°	260°—320° stark	480°	Blassgrün, Grün (1. Max.), Blassviolett, gesättigtes Violett, Orange. Gelb fehlt.
	2.	20 Min.	50°	130° stark	—	240°—290° sehr stark	480°	Grün (190°), Gelb (190°—290°), Violett, Orange.
	3.	45 Min.	?	?	?	? ausserordentlich stark	?	Grün, Gelb, Violett, Orange.
	4.	90 Min.	60°	210°—350° ziemlich stark			480°	Grün, Blassgrün, Gelblich.
90 Tage nach der Bestrahlung	1.	5 Min.	40°	120°—170° zieml. stark	200° schwach	240°—310° zieml. stark	480°	Grünlichweiss, Grün (1. Max.), Bläulichgrün, Blauviolett (2. Max.), Strohfarbe. Gelb fehlt.
	2.	20 Min.	40°	120°—180° zieml. stark	200°	240°—290° stark	480°	Grün (1. Max.), Gelb (220°—280°), Violett, Gelblich.
	3.	45 Min.	40°	120°—180° ziemlich stark—stark	200°	250°—290° sehr stark	480°	Blassgrün, Grün (1. Max.), Gelb (230°—295°) Violett, Gelblich.
	4.	90 Min.	55°	140°—280° schwach—ziemlich stark	—	—	480°	Grün, Blassgrün (Max.), Gelblich

Tabelle XXIII b. — **Überhitzter Flusspat.**

	Nr.	Bestrahlungsdauer	Beginn	1. Max.	Min.	2. Max.	Erlöschen	Farbenfolge
Direkt nach der Bestrahlung	1.	5 Min.	60°	130°—350° ziemlich stark			450°	Blassgrün (315°), Gelb
	2.	20 Min.		Wie 1				Grün (280°), Gelb
	3.	40 Min.	40°	130°—330° stark			450°	Grün (250°), Gelb
78 Tage nach der Bestrahlung	1.	5 Min.	70°	ganz schwach			440°	Grünlich, bei höherer Temperatur blasser.
	2.	20 Min.						
	3-	40 Min.						

Ziehen wir zum Vergleiche noch Tabelle 1 heran, so finden wir, dass die Kathodenstrahlen bei dem natürlichen farblosen Flusspat zunächst eine Thermolumineszenz erzeugen (Grün), die unterhalb 200° abklingt, so dass wir zu dem ursprünglichen Maximum (bei 300°) noch ein zweites erhalten. Eine länger dauernde Bestrahlung verstärkt das Grün (namentlich bei den höheren Temperaturen) und verändert den Teil der Thermolumineszenz, der zwischen 200° und 300° zur Ausgabe gelangt. Es wird in diesem Intervall die Thermolumineszenz verstärkt, und statt des ursprünglichen Violett tritt Gelb auf. Je länger die Bestrahlungsdauer wird, desto mehr verschmelzen die beiden Maxima miteinander, und es scheint, dass die Übergänge Grün-Gelb und Gelb-Violett nach höheren Temperaturen rücken.

Beim Liegen im Licht wird die durch die Kathodenstrahlen erzeugte Thermolumineszenz schwächer und zwar so, dass nach

einiger Zeit bei allen Proben zwei getrennte Maxima zu beobachten sind.

Wird während der Bestrahlung das Pulver nicht umgeschüttelt, so wird, unzweifelhaft infolge des Wärmeeffektes der Kathodenstrahlen, die ursprüngliche Thermolumineszenz vernichtet, und wir erhalten eine Erscheinung, die an das Verhalten des bestrahlten überhitzten Flusspates erinnert.

Beim überhitzten Flusspat wird durch die Verlängerung der Bestrahlungsdauer die Intensität der Thermolumineszenz ebenfalls erhöht.

Es scheint, dass überdies der Übergang Grün-Gelb durch länger dauernde Bestrahlung nach niederen Temperaturen verlegt wird.

Beim Liegen im Licht geht die Thermolumineszenz bei allen Proben rasch zurück, und es ist der Endzustand von der Bestrahlungsdauer unabhängig.

VII. Nachfarben.

Bei allen untersuchten Mineralien wurde das Auftreten von Nachfarben beobachtet.

Die Flusspate zeigten je nach der Bestrahlungsdauer mehr oder weniger blauviolette Färbung.

Bei den natürlichen Quarzen wurden bläuliche und grauviolette Farben beobachtet, während die geglühten Quarze rötliche Nachfarbe ergaben.

Kalkspat und Topas zeigten rötliche Farben; Glas wurde unter dem Einfluss der Kathodenstrahlen grau.

Alle beobachteten Nachfarben erweisen sich als mehr oder weniger lichtempfindlich. Die meisten wurden mit der Zeit auch im Dunkeln schwächer.

Eine Ausnahme wurde beim farblosen Flusspat, der ohne Umschütteln bestrahlt wurde, beobachtet. Seine tief blauviolette Nachfarbe war nach 80 Tagen nicht merklich schwächer geworden. Vermutlich handelt es sich hier um die Nachfarbe zweiter Klasse nach Goldstein.

Eine eigentümliche Beobachtung wurde an dem käuflichen Chlorkalium gemacht, dessen Thermolumineszenz im vorhergehenden Abschnitt unter 3. beschrieben wurde.

Bei der Bestrahlung färbte sich das Salz zunächst an der ganzen von Kathodenstrahlen getroffenen Oberfläche heliotrop. Bei längerer Bestrahlung trat direkt unter der Kathode ein rundlicher Fleck von intensiv gelber Färbung auf, umgeben von einem schmutzig blaugrauen Saum, der nach aussen in die heliotrope Farbe überging. Indem man jedesmal das Rohr umschüttelte, wenn direkt unter der Kathode die intensiv gelbe Färbung erzeugt worden war, wurde erreicht, dass die grössern Partikel des Pulvers teilweise gelb, teilweise stark heliotrop gefärbt waren, während die Grundmasse grauviolett erschien.

Nach 55 Tagen erschien das Salz im ganzen gelb; nur einzelne Kristalle zeigten eine schwach heliotrope Färbung. Bei der im Licht aufbewahrten Probe war die Farbe schmutziggelb. Es scheint also diese gelbe Nachfarbe sehr stabil zu sein.

Die Nachfarben wurden namentlich mit Rücksicht auf die Frage, ob den Nachfarben und der Thermolumineszenz die gleiche Veränderung des Minerals zu Grunde liege oder nicht, beobachtet.

Meine Beobachtungen führen mich zu der Verneinung der Frage und zwar aus folgenden Gründen:

1. Die meisten Mineralien zeigen noch Thermolumineszenz, nachdem die Nachfarbe schon lange Zeit verschwunden ist. Das auffallendste Beispiel ist Chlorkalium, das sich namentlich am Licht sehr rasch entfärbt und das 128 Tage nach der Entfärbung noch thermoluminesziernd gefunden wurde. Mit Chlorkalium wurde auch der Versuch gemacht, die Temperatur zu bestimmen, bei der die Färbung vollständig verschwindet. Es ergaben sich folgende Zahlen:

Zeit nach der Bestrahlung	Farbe wird blasser	Weiss	Thermolumineszenz
2 Stunden	60°	189°	48°—372°
3 Tage	81°	239°	66°—400°

Diese Versuche ergeben, dass beim Erwärmen die Farbe vor der Thermolumineszenz verschwindet.

2. Würde den Nachfarben die gleiche Ursache entsprechen wie der Thermolumineszenz, so müsste beim gleichen Mineral einer stärkern Färbung auch eine lebhaftere Lumineszenz entsprechen. Damit stimmt die Beobachtung, die mit farblosem Flusspat (Abschnitt VI A, Probe 4) gemacht wurde, nicht überein. Die Probe, die durch kräftige Bestrahlung ohne Umschütteln tief blauviolett gefärbt wurde, leuchtete deutlich schwächer als die andern, kürzere Zeit bestrahlten und schwächer gefärbten Proben.

Resultate.

Die Versuche ergeben, dass sich nach der angewandten Methode die wichtigsten Phasen der Thermolumineszenzerscheinung mit befriedigender Genauigkeit feststellen lassen. Namentlich die Intensitätsänderungen lassen sich genau bestimmen, und sie geben ein gutes Charakteristikum der ganzen Erscheinung. Die Farbenänderungen eignen sich weniger zur Charakterisierung der Thermolumineszenzerscheinung. Für einen bestimmten Farbwechsel ist selten eine feste Temperatur zu bestimmen, und überdies ist die Bestimmung der Farbennüance sehr stark von dem momentanen Zustand des beobachtenden Auges abhängig.

Es seien zunächst die untern und obern Grenztemperaturen der beobachteten Thermolumineszenzerscheinungen zusammengestellt.

Tabelle XXIV.

Mineral	Natürliche Thermolumineszenz	Thermolumineszenz des bestrahlten natürlichen Minerals	Thermolumineszenz des bestrahlten geglühten Minerals
Flusspat 1	130°—480° stark	40°—480° sehr stark	60°—460° sehr stark
Flusspat 2	60°—510° sehr stark	Zimmertemperatur—510° ausserord. stark	Zimmertemperatur—500° ausserord. stark
Flusspat 3	70°—540° stark	25°—540° stark	Zimmertemperatur—520° sehr stark
Flusspat 4	70°—510° stark	Zimmertemperatur—510° sehr stark	40°—450° ziemlich stark
Flusspat 5	—	50°—425° stark	25°—425° ausserordentlich stark
Bergkristall	110°—490° stark	40°—490° ziemlich stark—stark	30°—450° ziemlich stark
Rauchquarz	180°—410° ganz schwach	40°—465° schwach	40°—480° schwach
Morion	160°—390° ganz schwach	85°—430° schwach	25°—470° ziemlich stark
Rosenquarz	—	50°—460° ziemlich stark	40°—450° stark
Kalkspat	230°—420° schwach	Zimmertemperatur—420° sehr stark	Zimmertemperatur—420° sehr stark
Topas	—	50°—510° schwach	60°—460° schwach
Glas	—	50°—430° ziemlich stark	—
KCl	—	—	50°—380° ziemlich stark

Die natürliche Thermolumineszenz der untersuchten Mineralien geht nie über eine Temperatur von 540° hinaus, und es darf jedenfalls 550° als obere Grenze der Überhitzungstemperatur betrachtet werden.

Die Versuche bestätigen die alte Erfahrung, dass Färbung und Thermolumineszenzfähigkeit eines Minerals unabhängig von einander sind. Farbloser Flusspat, Bergkristall und Kalkspat thermolumineszieren in natürlichem Zustande, während der gelbe Flusspat, die farbigen Quarze und Topas entweder nur ganz schwach (Rauchquarz und Morion) oder gar nicht thermolumineszieren.

Die Kathodenstrahlen verstärken die schon vorhandene Thermolumineszenz, bei den verschiedenen Mineralien in etwas verschiedener Weise. Bei den Flusspaten zeigt sich ihre Wirkung hauptsächlich bei Temperaturen unter 250°; alle bestrahlten Flusspate zeigen eine Zone maximalen Leuchtens zwischen 100° nnd 200°. Ganz gleich verhält sich Kalkspat und ähnlich auch der Bergkristall. Bei Rauchquarz und Morion erstreckt sich die Verstärkung bei schwacher Wirkung auf das ganze für die Thermolumineszenz in Betracht fallende Temperaturintervall. Dieser Unterschied kommt auch im Verhalten der Überhitzungstemperaturen, die bei Rauchquarz und Morion durch die Bestrahlung eine beträchtliche Steigerung erfahren, während sie bei den übrigen Mineralien konstant bleiben, zum Ausdruck.

Mineralien, die in natürlichem Zustande keine Thermolumineszenz zeigen, erhalten durch die Kathodenstrahlen die Fähigkeit zu thermolumineszieren. Flusspat sehr stark (Maximum zwischen 100° und 200°), Rosenquarz und Glas etwas schwächer, Topas nur schwach. Das der Bestrahlung vorausgehende Glühen scheint diese Substanzen in bezug auf Thermolumineszenz leichter erregbar zu machen. Das Verhalten des Topas lässt aber eine Verallgemeinerung dieses Schlusses nicht zu.

Überhitzte Mineralien werden durch Bestrahlen mit Kathodenstrahlen wieder thermolumineszierend; sehr stark die Flusspate und Kalkspat, schwächer die Quarze und Topas. Diese Thermolumineszenz klingt gewöhnlich (namentlich bei den Flusspaten) bei niedrigeren Temperaturen ab als die ursprüngliche Thermolumineszenz. Bei den Flusspaten (eine Ausnahme macht

der farblose Flusspat) wird der grösste Teil der Thermolumineszenz unter 250° abgegeben (Maximum 100°—200°). Ganz gleich verhalten sich Kalkspat, Bergkristall, Chlorkalium und Topas. Bei farblosem Flusspat, Rauchquarz und Morion verteilt sich die Lumineszenz ziemlich gleichmässig über das ganze Temperaturintervall, in dem sie beobachtet wird. Bei den Flusspaten ist die nach dem Glühen künstlich erregte Thermolumineszenz nicht identisch mit der natürlichen, während bei den übrigen Mineralien kein wesentlicher Unterschied zu konstatieren ist. Im allgemeinen lässt sich feststellen, dass sich die Thermolumineszenz des bestrahlten natürlichen Minerals durch Kombination seiner ursprünglichen Thermolumineszenz mit der beim geglühten Material künstlich erzeugten finden lässt.

Die durch die Kathodenstrahlen erzeugte Thermolumineszenz nimmt mit der Zeit ab und zwar in erster Linie diejenigen Teile, die bei niedriger Temperatur zur Geltung kommen. Bei den zuvor geglühten Mineralien ist häufig (speziell bei den Flussspaten) infolge dieser Abnahme ein Sinken der Überhitzungstemperaturen zu beobachten.

Durch Beleuchten wird die Abnahme des Thermolumineszenzvermögens beschleunigt. Die Schwächung macht sich namentlich bei den Temperaturen bis 300° geltend. Zugleich ruft das Licht häufig in demjenigen Teil der Thermolumineszenz, der unter 300° erscheint, eine Änderung der Lumineszenzfarbe hervor, indem das ursprünglich grünliche Licht nach einiger Zeit mehr gelblich erscheint.

Bei den meisten Mineralien beginnt die Thermolumineszenz nach der Bestrahlung mit grünlichem Licht.

Die Thermolumineszenz ist im allgemeinen unabhängig von der Nachfarbe.