

Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse vom 9. Jänner 1964

Sonderabdruck aus dem Anzeiger der math.-naturw. Klasse der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1964, Nr. 1

(Seite 1 bis 12)

Das wirkl. Mitglied F. Machatschki legt eine kurze Mitteilung vor, und zwar:

„Über die Einwirkung von Gammastrahlen auf Mineralien.“ Von Dipl.-Ing. G. Pistulka, Linz.

Über die Einwirkung von UV-, Kathoden-, Radium- und Röntgenstrahlen auf Mineralien liegen zahlreiche Veröffentlichungen vor. Sie befassen sich besonders mit den hervorgerufenen Verfärbungen und Lumineszenzerscheinungen.

Für den Bergmann, den Geologen oder Mineralogen sind hievon besonders Berichte über Arbeiten mit α -, β - oder γ -Strahlen von Interesse, denn ihnen sind Minerale in der Lagerstätte nicht selten ausgesetzt und sie sind es, die verschiedene Phänomene hervorrufen, die das Experiment zu reproduzieren oder beweisen vermag.

Wer die einschlägige Literatur auf Angaben der jeweils erforderlichen Dosisleistungen für die beschriebenen Erscheinungen durchsucht, wird nur Weniges finden. Das ist kein Zufall, da die bisher angewandten Dosisleistungen zu gering waren, um derartigen Angaben besonderes Interesse abzugewinnen.

Radium ist als Strahlenquelle verhältnismäßig teuer und kann daher in großen Dosen nicht angewandt werden. Außerdem stehen uns derzeit schon Strahler mit höherem Energieinhalt, bezogen auf die Gewichtseinheit, zur Verfügung. Nach dem derzeitigen Stande der Dinge sind Untersuchungen mit Radium als Gammastrahlendonator überholt¹. Industrieröntgenröhren

¹ Die durch Röntgenstrahlen und andere Strahlenarten bewirkten Verfärbungen sind zusammenfassend im Buche von Przißram: „Verfärbung und Lumineszenz“, Springer Verlag 1953, enthalten, das auch alle früheren Publikationen über Arbeiten mit Röntgen-, β - und UV.- sowie Hochfrequenzstrahlen nachweist.

hingegen sind zwar kräftigere Strahler, aber ihre kurze Lebensdauer verhindert angesichts des hohen Preises die Verwendung zum gedachten Zweck. Als weitere Strahlenquellen kommen schließlich noch radioaktive Isotope in Betracht. Ihr hoher Energieinhalt ermöglicht die Anwendung großer Strahlenmengen in kurzer Zeit. Außerdem sind sie verhältnismäßig wohlfeil.

Das Arbeiten mit so großen Aktivitäten wie bei den nachfolgend beschriebenen Versuchen ist allerdings aus schutztechnischen Gründen nur in eigens eingerichteten Sonderlaboratorien möglich, die das Verbringen des Strahlers in die Arbeitsstellung von einem wohlabgeschirmten Stand von außen her gestatten. Für die nachfolgend beschriebenen orientierenden Versuche erhielt der Verfasser von Herrn stellvertretenden Generaldirektor Prof. Dr. Hohn die Erlaubnis zur Benützung des Strahlenlabors der Österreichischen Stickstoffwerke A. G., wofür auch an dieser Stelle herzlichst gedankt sei. Für die kostenlose Beistellung von Material dankt der Verfasser der Österreichischen Salinenverwaltung, den Herren Oberbergrat Brandt, Bergrat Schaubberger, der Bleiberger Bergwerksunion, den Flußspatwerken Schwarzenberg, der Salzdethfurt A. G., Herrn Obersteiger Franke (Schwarzenberg), der Metallgesellschaft (Frankfurt/M) und anderen mehr noch. Als Strahler wurden 500 Curie ^{60}Co verwendet. Zum Vergleich sei angeführt, daß diese Aktivität etwa 500 g Radium entspricht. Die Dosierung in 20 cm Abstand von der Strahlenquelle beträgt etwa 10.000 rad pro Stunde (mittlere letale Dosis beim Menschen 450 rad). Das Versuchsgut konnte während der Expositionszeit mittels zweier Spiegel, die an den Abschirmkulissen — Schwerbetonwänden — angebracht sind, beobachtet werden. Den Durchblick durch die außerdem noch vorhandene Bleitüre ermöglicht ein fix angebrachtes Winkelprismenfernrohr, das das Auge vor dem Reststrahlenbündel schützt. Alle Expositionen fanden im Dunklen bei etwa 10°C und geringer Luftfeuchtigkeit statt und wurden mit einer Ausnahme mit nicht vorbehandeltem Material vorgenommen.

Allgemeines über Mineralverfärbungen durch Isotope.

Nach heutigen Ansichten beruht die Verfärbung von Mineralien durch ionisierende Strahlen auf zufällige Leerstellen im Kristallgitter, die durch nicht lokalisierte Elektronen eingenommen werden, welche mit einem der sie umgebenden Ionen Atome bilden.¹

¹ Finkelburg, Einführung in die Atomphysik, Springer-Verlag 1958.

Die zur Erzielung bestimmter Effekte erforderliche Dosisleistung schwankt innerhalb weiter Bereiche und ist nicht nur vom Mineral selbst, sondern auch von dessen zufälligen Verunreinigungen abhängig. Daraus ergibt sich die Zweckmäßigkeit, für die einschlägigen Beobachtungen möglichst reines, d. h. kristallisiertes Material zu verwenden.

Die berichteten Verfärbungen treten naturgemäß nicht plötzlich, sondern allmählich auf; ihre Intensität steigt anfänglich mit der applizierten Dosisleistung, bleibt aber dann meist stehen. In einigen Fällen lassen sich unter bestimmten Voraussetzungen sehr satte Farben bis zu fast reinem Schwarz erzielen.

Des öfteren tritt Radiolumineszenz auf. Ihre fehlerfreie Beobachtung noch während des Bestrahlungsvorganges stößt aus schutztechnischen Gründen auf Schwierigkeiten, denn die Sicht auf das Objekt ist nur über Spiegel und ein Monokular aus größerer Entfernung möglich.

Ein schädliches Nachstrahlen nach Entfernung aus der ^{60}Co -Quelle tritt selbstredend nicht ein. Die farblichen Veränderungen sind bei Liegen im Tageslicht oft rückgängig. Der Zeitverlauf des Ausblassens geht asymptotisch vor sich, also anfänglich verhältnismäßig rasch. Die letzten Farbspuren verschwinden hingegen nur sehr langsam. Beim Liegen im Dunklen konnte ein Zurückgehen der Verfärbung bisher nicht beobachtet werden. Ihre Haltbarkeit ist außer vom Licht noch von der Temperatur abhängig. Die durch γ -Strahlung verursachte Färbung wasserlöslicher Substanzen verschwindet ausnahmslos beim Auflösen.

Beschreibung der Versuche.

Halogenide.

Steinsalz: Farblose Steinsalze xx von verschiedenen Lagerstätten, darunter auch rezent gebildetes, werden nach Exposition mit 10.000 rad weingelb, nach 20.000 rad bernsteinfarben; 50.000 rad führen nur mehr zu unwesentlicher Vertiefung des Farbtones. Nach Dosiserhöhungen bis in die Größenordnung von Megarad treten nach mehrtägigem Liegen im Dunklen Trübungen, wie von einzelnen bituminösen Einschlüssen herührend, auf. Ebenso wie das natürliche lichtempfindliche gelbe Steinsalz ¹ verblaßt auch das durch γ -Strahlen gefärbte beim Liegen im Tageslicht derart, daß nach etwa 3 Wochen nur mehr ein schwacher Gelbton wahrnehmbar ist. Die Dauer der Entfärbung ist

¹ Schauburger, Berg- und Hüttenm. Jb. 83, 4, 115—117.

unter gleichen Versuchsbedingungen unterschiedlich für Stufen verschiedener Lagerstätten. Rezent gebildete Steinsalze xx entfärben sich nach 3 bzw. 5 Stunden. Ein als jüngeres Steinsalz aus Hannover bezeichnetes Exemplar blich nach einigen Tagen gänzlich aus.

Steinsalz violett, sog. Blättersalz von strahlig-schaliger Struktur, von verschiedenen österreichischen Lagerstätten: Dosisleistung je 80.000 rad. Ergebnis: Farbumschlag in bernsteinfarben. Die ursprüngliche zarte Hellviolett-färbung ist vollständig überdeckt. Wie beim vorgenannten Material keine Lumineszenz im wahrnehmbaren Bereich. Beim Liegen im Tageslicht verschwindet die Bestrahlungsfarbe bei einer Probe (Lagerstätte Dürnberg-Hallein, Teufe 250 m) schon nach Tagen, bei einer anderen (Hallstatt, Teufe 300 m) nach mehreren Wochen, und die Stufen gewinnen ihr ursprüngliches Aussehen wieder.

Kristallines Steinsalz aus Aussee, mit etwa 5 Megarad bestrahlt, verändert seine Farbe vom ursprünglichen Ocker zu einem dunklen Nelkenbraun, das nach mehrtägigem Liegen im Tageslicht noch dunkler, fast schwarz, wird. Nach mehreren Monaten ist die tiefe Verfärbung noch nicht zurückgegangen. Beim Zerschlagen tritt leichter Chlorgeruch auf, womit einmal mehr eine Stütze der Hypothese über die feinstrukturellen Veränderungen durch Exposition mit ionisierenden Strahlen gegeben ist.

Druck- oder schlagbeanspruchte Stellen verfärben sich nach mehreren Tagen weißlich-violett bis zart lavendelfarben. Diese an Ecken und Kanten lokalisierte Färbung tritt auch dann auf, wenn die Druck- oder Schlagbeanspruchung nach der Exposition mit γ -Strahlen erfolgte.

Sylvin: Kristallisierter Sylvin wird schon von 10.000 rad prachtvoll blau. Bei weiterer Bestrahlung bis auf etwa 70.000 rad vertieft sich die Farbe noch zu einem tiefdunklen Nachtblau. Beim Liegen im Tageslicht weitgehende Entfärbung innerhalb einer Viertelstunde. Nach 1—2 Stunden sind die exponierten Stufen vom unbestrahlten Ausgangsmaterial nicht mehr zu unterscheiden. Dauer des Ausbleichens ähnlich wie beim Steinsalz je nach Lagerstätte unterschiedlich. Hingegen ist die Farbintensität verschiedener Stufen unmittelbar nach der Bestrahlung gleich, sofern die Exposition mit derselben Dosisleistung erfolgte.

An Stufen mit verteiltem Sylvin-Steinsalzgehalt tritt die räumliche Abgrenzung der beiden Stoffe gegeneinander schon nach einer Exposition mit etwa 10.000 rad mit denkbar scharfen

Umrißlinien zwischen den Gelb des NaCl und Blau des KCl in Erscheinung. Bei der Beurteilung lagerkundlicher Fragen könnte dies von Interesse sein; jedenfalls kann hier das Arbeiten mit γ -Strahlen die Aussagen der chemischen Analyse ergänzen und erweitern.

Analysenreines NaCl und ebensolches KCl (Merck) zeigen analoge Erscheinungen wie Steinsalz und Sylvin.

Wahrnehmbare Lumineszenzerscheinungen treten bei der Bestrahlung von Sylvin und Steinsalz nicht auf.

Carnallit: Strahlenexposition 70.000 rad. Leichte Blaufärbung, die im Tageslicht rasch verschwindet. Hinsichtlich der übrigen Beobachtungen gilt das unter Sylvin bereits Gesagte.

Flußspate: Auch an Flußspaten bewirken bereits geringere Strahlenmengen kräftige Verfärbungen. Schon 10.000 rad färben farblose xx merkbar blau, 30.000 rad tiefdunkelblau. Bei dieser Dosis ist das reinste und tiefste Blau erzielt. Die weitere Belastung, etwa bis 150.000 rad, verändert das äußere Aussehen der bestrahlten Stufen kaum mehr. Ist das Ausgangsmaterial leicht angefärbt, z. B. hellgrün wie die Spate aus dem Gasteiner Tal oder viele Wölsendorfer Stufen, dann erhält man zunächst Mischfarben, die bei weiterer Bestrahlung mehr und mehr vom immer dunkler werdenden Blau übertönt werden. Die Färbung klingt bei Tageslicht im Verlaufe von Tagen bis Wochen ab. Während und nach der Bestrahlung tritt lebhaft Lumineszenz mit weißem Lichte auf; Abklingen innerhalb von etwa 2 Tagen.

Auch beim Flußspat erweist sich der diagnostische Wert der Bestrahlung mit ^{60}Co . So wurde im Zuge der gegenständlichen Arbeiten u. a. eine kleine Kalzitstufe bestrahlt, bei der skalenoedrische xx auf einer Unterlage dichten Kalkes aufsitzen. Nach Exposition mit 150.000 rad zeigte die dichte hellgraue Unterlage einzelne scharf umgrenzte dunkelblaue Partien, die sich, wie zu erwarten war, als Flußspateinlagerungen herausstellten. Nach Abklingen der Verfärbung durch Belichtung waren diese Stellen von der Umgebung nicht mehr zu unterscheiden.

Wird die Strahlenbelastung weiter gesteigert, dann tritt — etwa ab 200.000 rad — allmähliche Umfärbung in dunkles russischgrün ein. In diesem Zustand können bei derbem Flußspat beigemischte Verunreinigungen, z. B. Körner von Kalzit oder Quarz, durch die farbliche Kontrastwirkung ausgezeichnet wahrgenommen werden. Bei weiterer Dosiserhöhung in der Größenordnung von Megarad schlägt die Farbe in dunkelgrauviolett und schließlich in schmutziges Violettschwarz um.

Das Aussehen solcher Stufen gleicht weitgehend dem des Wölsendorfer Stinkspates.

Wie bei diesem ist beim Zerschlagen ein leichter Fluorgeruch wahrnehmbar. Die Entfärbung durch Tageslicht nimmt bei höherer Strahlenexposition mehrere Wochen in Anspruch. Die Rückbildung der Farbe erfolgt abermals über Russischgrün; Blau tritt bei der Entfärbung hingegen nicht in Erscheinung. Beim Liegen in der Dunkelheit sind die Bestrahlungsfarben bisher stabil geblieben. An einzelnen Spaten sowohl Wölsendorfer als auch alpiner Herkunft heben sich bei der Bestrahlung scharf umgrenzte Partien von leuchtendem Pistaziengrün gegen die schwärzlich-violette Umgebung ab. Diese auffällige Erhöhung des Glanzes ist nicht zu übersehen. Der Ursache konnte bisher noch nicht nachgegangen werden; sollte sie in der Beimischung bestimmter seltener Erden zu suchen sein, dann könnte auch dieses Phänomen lagerkundliches Interesse beanspruchen.

Kryolit: Lagerstätte Ivigtut.

Unterliegt keinen wahrnehmbaren Veränderungen durch γ -Strahlen. Keine Lumineszenzerscheinungen im wahrnehmbaren Bereich.

Oxyde.

Quarz, Synthese von Rauchquarzen und Amethysten: Kristallisierte Tieftemperaturquarze werden durch γ -Strahlen zu Rauchquarzen gefärbt^{1 2}. Die Absorptionsspektralkurven solcher Stufen zeigen sowohl im UV.- wie auch im sichtbaren Wellenbereich denselben charakteristischen Verlauf.

Die zur Erzielung bestimmter Farbintensitäten erforderliche Dosisleistung hängt in starkem Maße vom Eisengehalt ab. In stark ockerschüssigen Klüften gebildete xx, z. B. die aus dem Gasteiner Tal, wurden schon von etwa 300.000 rad zu „Rauchquarzen“ durchschnittlicher Farbtiefe; ein mit etwa 2.000.000 rad bestrahlter x würde die Bezeichnung „Morion“ verdienen. Andererseits sind praktisch eisenfreie Quarze (mit weniger als 0,01% Fe) selbst mit sehr hohen Dosen nicht oder nur mehr schwach färbbar. Beispiel: Die kleinen, lebhaft glänzenden xx von der sog. Knappenkuchl in Tirol, Bergkristalle vom Kolmkar in Salzburg. Mehrstündiges Erhitzen vor der Bestrahlung — es wurden mehrfache Versuche zwischen 400 und 1400 ge-

¹ Przibram, Verfärbung und Lumineszenz, Springer 1953.

² Choduba, „Der Aufschluß“, 1961, 475—525.

macht — ändert nichts an dem Ergebnis. Zitrine sind nur schwer, d. h. nur mit hohen Strahlendosen, anzufärben, und die Farbtiefe bleibt ab einer gewissen Nuance trotz des relativ hohen Eisengehaltes stehen. Lumineszenzerscheinungen sind weder während noch nach der Bestrahlung wahrnehmbar. Beim mehrstündigen Erhitzen auf 300°C gibt der bestrahlte Quarz seine Färbung ab. Die Lösung in Flußsäure sowohl vom natürlichen wie auch durch Bestrahlung mit ^{60}Co hergestellten Rauchquarz ist wasserklar und farblos.

Natürlich vorkommender Hochquarz — untersucht wurde mangels größeren Versuchsmaterials nur eine Hohlraumdruse in Diabas — wird durch γ -Strahlen ähnlich wie Tieftemperaturquarz verändert, doch spielt die Farbe mehr ins Graue und ist gegenüber den violettbraunen Tieftemperaturquarzen unansehnlich. Dasselbe gilt für die SiO_2 -Füllungen der Thüringer Porphyrkugeln.

Werden Bergkristalle geschmolzen und sodann mit etwa 2—5 Megarad bestrahlt, erhält man „Amethyste“. Auch hier ist die unter sonst gleichen Voraussetzungen erzielte Farbtiefe vom Eisengehalt abhängig. So war an einem Exemplar mit 0,015% Fe nach Exposition mit 5 Megarad nur ein schwacher Violettschimmer wahrnehmbar, während ein anderes Stück, ebenfalls mit 5 Megarad bestrahlt, in der Farbtiefe etwa dem dunklen brasilianischen Amethyst entsprach. Während und nach der Strahlenexposition lumineszieren die Amethyste mit violetterm Licht. Beim Erhitzen in der Gasflamme tritt Entfärbung unter lebhafter violetter Thermolumineszenz auf. Die in der beschriebenen Weise hergestellten Rauchquarze und Amethyste sind, soweit das bislang beurteilt werden konnte, lichtbeständig; nur bei dauerndem Liegen im Licht bei erhöhter Temperatur geht die Farbe etwas zurück, besonders bei solchen Stücken, die nur mit hohen Strahlendosen angefärbt werden konnten, wie z. B. bei Zitrienen. Hellere alpine Amethyste dunkeln durch ^{60}Co nach, werden dabei aber etwas trübe und verlieren an Glanz. Die Bestrahlung einer Melaphyrmandel (Fundort Seiser Alm) mit violetten Kristallspitzen, auf einer darunter gelegenen ungefärbten Quarzzone, die von der Melaphyrhülle umschlossen wird, ergab eine Farbvertiefung der amethystfarbenen xxspitzen und die Verbreiterung der angefärbten Zone, also das Übergreifen auf die vor der Bestrahlung farblos gewesene Schichte. Solche Mandeln besitzen oft eine schwach grün gefärbte Zone, die bei der Bestrahlung ebenfalls an Farbtiefe gewinnt.

„Amethyste“ aus geschmolzenem Quarz haben im UV Licht und im sichtbaren Bereich gleichen Verlauf der Absorptionskurve wie natürliche Amethyste; für bestrahlte Spezies der oben beschriebenen Art gilt dies jedoch nur mit gewissen Einschränkungen (siehe auch Dainton und Rawbottom: „The Kinetics of the Coloration and Luminescence of vitreous silica . . etc.“ Transactions of the Faraday Society 377, Vol. 50, Part 5, May 1954).

Derber Quarz und amorphe Varietäten: Bei der Bestrahlung von Quarzdrusen wird die Basis, das derbe Material, wesentlich weniger angefärbt als die xx. Pegmatitischer Quarz wird, gleichen Fe-Gehalt vorausgesetzt, besser angefärbt als die derbe Unterlage von xx, was für eine gewisse Orientierung im Sinne eines x-Gitters im Quarzpegmatit spricht. (Diese Annahme wird beim Zerschlagen stark verwitterten Pegmatitquarzes bestätigt, wobei des öfteren aus dem äußerlich formlosen Material xx herausgeschlagen werden können, was besonders gut beim Hagendorfer Quarz aus dem Tagbau des dortigen Pegmatits gelingt.)

Rosenquarz gewinnt bei der Bestrahlung eine Mischfarbe und wird schmutzig violettgrau. Die erforderliche Dosisleistung richtet sich naturgemäß nach der Farbe des Ausgangsmaterials; beim vergleichsweisen hellen Zwieseler Rosenquarz sind hiezu etwa 400.000 rad erforderlich. Beim Erhitzen verschwindet die beim Liegen im Licht resistente Mischfarbe, und das ursprüngliche Aussehen des Rosenquarzes wird wiederhergestellt.

Hyalit und helle Chalzedone werden durch die Bestrahlung getrübt, unansehnlich und violettgrau (bzw. mischfarbig). Diese Veränderung ist — so weit dies bisnun schon beurteilt werden kann, annähernd lichtbeständig, kann jedoch durch vorsichtiges Erhitzen rückgängig gemacht werden.

Blauquarz (untersucht wurde nur Material von der Lagerstätte Golling von dunkelblauer Farbe) erfährt durch die Bestrahlung keine sichtbare Veränderung.

Karbonate.

Kalzite: Die erzielbaren Verfärbungen sind weitgehend vom Eisengehalt abhängig. Dies zeigte sich besonders bei der Bestrahlung eines großen, zonar durch Ocker verschieden stark gefärbten Kristalls (Fundort Salzachstollen der Tauernkraftwerke). Die bänderartige, zarte Zeichnung wurde durch die Gammastrahlenexposition wesentlich vertieft, kontrastreicher gestaltet und in Richtung zu braunrot geändert. Hingegen

konnte der praktisch eisenfreie Lafatscher Marmor auch durch extrem hohe Dosen — bis zu 20 Megarad — farblich kaum verändert werden, während z. B. eisenreicher Hutkalzit aus Bleiberg, Grube Josef, schon durch 150.000 rad intensiv braunrot bis violettrot gefärbt wird. Die Abhängigkeit der Verfärbung vom Eisengehalt ermöglicht Aussagen über ungefähre Höhe und örtliche Verteilung von Verunreinigungen durch Fe bequem zu erhalten. Die bewirkten farblichen Veränderungen sind nach anfänglichem leichtem Nachlassen der Farbintensität resistent gegen gedämpftes Tageslicht (mehrmonatiges Liegen im Zimmer).

Während der Bestrahlung tritt starke Radiolumineszenz mit signalrotem Licht auf. Solcherart können eingelagerte gleichgefärbte Mineralien, wie z. B. Silikate oder Sulfate, die diese Erscheinungen nicht zeigen, gut sichtbar gemacht werden. Nach Beendigung der Exposition erfolgt weitere Abstrahlung roten Lichtes, die erst nach mehreren Stunden bis Tagen abklingt. Derber Kalzit luminesziert nicht.

Stronzianit: Verhält sich wie Kalzit. Auffallend ist eine Intensivierung des Glanzes durch Gammastrahlen, die ungefähr im Verlaufe eines Tages abklingt.

Aragonit: Zeigt keine Radiolumineszenz. Die geringfügige, ebenfalls vom Eisengehalt abhängige Verfärbung (sehr helles Ocker) ist ziemlich resistent.

Dolomit: Durchsichtige Dolomitkristalle (Höllgraben/Werfen, Sunk, Eisenerz) werden schmutzig violettgrau und undurchsichtig. Nach monatelangem offenem Liegen im Zimmer sind die Verfärbungen bisher weitgehend, aber nicht vollständig zurückgegangen. Keine wahrnehmbare Radiolumineszenz.

Magnesit: (Einzelbeobachtung an einer Stufe von Oberdorf/Laming): Verfärbung nach braunrosa und auffallende Zunahme des Glanzes bis zum Diamantglanz, der innerhalb eines Tages wieder abklingt. Die Verfärbung ist nicht ganz lichtresistent. Dosisleistung 240.000 rad.

Hanksit: Dosisleistung 160.000 rad. Das Versuchsgut wird tief dunkelblau. Nicht ganz vollständiges Zurückgehen der Verfärbung im Tageslicht nach monatelangem Liegen im Zimmer in Fensternähe.

Sulfate.

An Sulfaten konnten trotz Anwendung hoher Dosisleistungen, die mit Röntgenröhren aus Gründen der Wirtschaftlichkeit in dieser Höhe nie angewendet werden können, keinerlei Farbveränderungen oder Lumineszenzerscheinungen beobachtet wer-

den. Die an einer grob kristallinen Langbeinitstufe hervorgerufene Blauverfärbung, die im Tageslicht rasch verschwand, dürfte wohl auf eine Verunreinigung durch Sylvin zurückzuführen sein.

Die von Przibram berichtete Blaufärbung von Baryt¹ durch Röntgenstrahlen konnte trotz sukzessiver Erhöhung der Dosisleistung bis auf 15 Megarad nicht erzielt werden². Sehr reiner Baryt kann selbst durch sehr hohe Strahlendosen nicht verfärbt werden.

Eisenschüssiges Material zeigte eine ganz geringfügige Intensivierung der Ockertönung nach extrem starker Exposition.

Silikate.

Die bereits mehrfach erwähnte Beeinflussung der Verfärbung durch das allgegenwärtige Eisen zeigt sich auch bei der Bestrahlung von Silikaten. Meist handelt es sich um die Intensivierung einer an sich schon vorhanden gewesenen Ockertönung mit Änderung der Farbnuance in Richtung auf Rostrot. Die hierzu erforderlichen Dosisleistungen sind hoch, meist über 500.000 rad. Die bewirkten Veränderungen sind ziemlich farb-resistent.

Zum Unterschied von der leichten Ansprechbarkeit der Halogenide auf Gammastrahlen bleiben die meisten Silikate mit der oben erwähnten Ausnahme unverändert. Radiolumineszenz im sichtbaren Bereich konnte an Silikaten bisher überhaupt noch nicht beobachtet werden.

Folgende Verfärbungen wurden studiert:

Adular: Die Kristalle werden undurchsichtig und schmutzig grauviolett. (Auffallende Ähnlichkeit mit bestrahlten Dolomitenkristallen!) Zurückgehen der Erscheinung nach monatelangem Liegen im Tageslicht. Ein in einem Einzelfall beobachtetes Verfärben nach grün erwies sich als von einem anfänglich nicht beachteten Anflug von Flußspat herrührend.

Beryll: Eine größere farblose wasserklare Kristallgruppe aus Minas Geraes wurde von 35.000 rad kaum merklich hellgrün

¹ Przibram: Verfärbung und Lumineszenz.

² Die Blaufärbung könnte von fluoritischen, ursprünglich farblos gewesenen Aufwachsungen hergerührt haben. Flußspat wird durch geringe Gammastrahlendosen blau. Höhere Dosisleistungen (die Röntgenröhren nicht abverlangt werden können) hätten den Irrtum ebenso offenbart wie die Erwägung, daß der in der Lagerstätte starken radioaktiven Einwirkungen ausgesetzte, mit Stinkfluß vergesellschaftete Wölsendorfer Baryt bekanntlich keineswegs blau ist.

und von etwa 300.000 rad intensiv blaugrün gefärbt. Damit parallel ging eine merkbare Erhöhung des Glanzes. Die Stufe gewann hierbei ein Aussehen, das in ästhetischer Hinsicht dem von Smaragd in keiner Weise nachstand. Im Tageslicht ging der Glanz innerhalb von Stunden wieder zurück und die Verfärbung innerhalb eines Tages. Zart apfelgrüner durchscheinender Beryll (Pyseck/Mähren und Zissingdorf/Oberösterreich) zeigte ähnliche Erscheinungen. Habachtaler Smaragde bleiben, von der oben erwähnten reversiblen Glanzerhöhung abgesehen, unverändert.

Topas: Es stand nur verschiedenes Beobachtungsgut aus dem Vogtland zur Verfügung. Hellgelbes bis honigfarbened Ausgangsmaterial. Durch Exposition mit 200.000 rad wurden die Kristalle dunkel bernsteinfarben. Nach wochenlangem Liegen im gedämpften Tageslicht kein merkbare Zurückgehen der Farbe.

Amblygonit (rhodesisches und kanadisches Material): Bei 35.000 rad noch keine sichtbaren Änderungen. Nach 185.000 rad beim rhodesischen Material kaum merkbarer Blaustich, die kanadische Stufe noch ohne Befund. Nach 300.000 rad blieb der erstgenannte Amblygonit schwach blaustichig, der kanadische war hellviolett geworden.

Spodumen: Wird durch 300.000 rad grün. Bei niedrigeren Dosen zeigen sich Mischfarben zwischen der Bestrahlungs- und der Ausgangsfarbe.

Eukryptit: 35.000 rad ohne Befund. 185.000 rad kaum merkbar trübblau. Nach weiterer Strahlenexposition keine weiteren Veränderungen.

Pollucit: Verändert sich bei Bestrahlung mit ^{60}Co nicht.

Kastor: Befund: Nach 35.000 rad schwach lavendelfarben, nach 185.000 rad keine weitere Veränderung, nach 300.000 rad grauviolett.

Andesin: Dosisleistung 2,7 Megarad. Weiß-violette Radio-lumineszenz. Farbe unmittelbar nach der Bestrahlung dunkel pistaziengrün bis smaragdfarben. Glanz bis zum Diamantglanz erhöht. Farb- und Glanzvertiefung bewirken zusammen einen optischen Eindruck, der nach Ansicht des Verfassers durch keinen natürlich vorkommenden Edelstein erreicht wird. Abklingen der beschriebenen Erscheinungen am Tageslicht innerhalb einer Stunde.

Abschließende Betrachtung.

Die oben beschriebenen, hauptsächlich auf das Phänomenologische ausgerichteten Untersuchungen wären durch reproduzier-

bare Versuche mit definierten Ausgangssubstanzen zu erweitern, um exakte Behelfe für die historische Geologie zu gewinnen. Leider fehlt dem Verfasser aus beruflichen Gründen die Zeit, sich dieser reizvollen Aufgabe zu unterziehen.

Hingegen sind die berichteten Unterscheidungsmerkmale unter Zuhilfenahme von Bestrahlung mit ^{60}Co an farblosen oder gleichgefärbten Mineralien für die Praxis ohne weiters anwendbar. Zur Beantwortung bestimmter lagerkundlicher Fragen dürfen sie auch das Interesse des Bergmannes beanspruchen, weil sie dort noch Auskunft gibt, wo die analytische Chemie nicht anwendbar ist.

Dem Verfasser obliegt es schließlich noch, dem Leiter des Strahlenlabors der Österreichischen Stickstoffwerke Aktiengesellschaft, Herrn Dipl.-Ing. Dr. Glawitsch, zu danken. Ohne seine tatkräftige Hilfe und fachlichen Ratschläge hätten die berichteten Untersuchungen nicht durchgeführt werden können.