

Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 26 (1946)

Heft: 1

Artikel: Radioaktive Messungen in bezug auf Uranlagerstätten

Autor: Hirschi, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-21663>

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: 27.01.2026

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

Radioaktive Messungen in bezug auf Uranlagerstätten

Von *H. Hirschi*, Erlen

Seit der Nutzbarmachung der Kernenergie von Uranisotopen wird in vielen Ländern fieberhaft nach Uranlagerstätten gesucht. Schon einmal vor 45 Jahren, als das Radium entdeckt wurde und dessen wichtige Anwendungsgebiete erkannt waren, begann, wenn auch nicht in dem heutigen Ausmaße, eine rege Suche nach Uran, dem Mutterelement des Radiums.

Die hierauf besprochenen radioaktiven Messmethoden gestatten nur eine indirekte quantitative Ermittlung des Urans, eine direkte ist allein durch chemische Methoden möglich.

Die radioaktiven Messungen lassen sich in zwei Gruppen trennen:

- I. Messungen an Gesteinspulvern und -Stücken
- II. Messung der Radium-Emanation.

I. Messungen an Gesteinspulvern und -Stücken

Als Messinstrumente kommen empfindliche Elektrometer in Betracht, wie sie in den Blättchen-, Faden- und Schlingenelektrometern vorliegen. Ein auch für Arbeiten im Felde sehr geeignetes Instrument, von durchaus genügender Empfindlichkeit, hat Verfasser dies in dieser Zeitschrift Band V beschrieben. Die Kapazität dieses Elektrometers samt Ionisationskammern liegt zwischen 5 und 10 cm, die Voltempfindlichkeit im Potentialbereich von 200 bis 300 Volt ist ca. 1 Volt/Skalenteil oder weniger. Schon die Ionisation durch einen α -Strahl (etwa 150 000 Ionenpaaren entsprechend) pro Sek. genügt, um über das Uranäquivalent zuverlässig orientiert zu werden. Das würde etwa einem Material im Gewicht von 20 bis 25 g, ausgebreitet auf 50 bis 70 cm², und einem Gehalt von \pm 100 g/Tonne Uranäquivalent entsprechen. Aber auch viel geringere Gehalte lassen sich quantitativ abschätzen, während grössere Gehalte zu immer genaueren Resultaten führen.

Elektrometrische Präzisionsmessungen, mit entsprechend komplizierten Apparaturen, sind für die hier vorliegenden wirtschaftlich-technischen Bedürfnisse nicht opportun, zumal Ionisationseffekte, hervorgerufen durch eine komplexe, äusserst verwickelte Strahlung,

nur als Durchschnittswerte praktisch verwendbar sind. Für radioaktive Messungen an trockenen Proben eignen sich zylindrische oder kugelförmige Ionisationskammern von 1 bis 2 Liter Inhalt. Bei einer Apparatur, wie sie oben erwähnt ist (Empfindlichkeit, Dimensionen der Ionisationskammer etc.), kommt die Ionisation durch die β - und γ -Strahlung nur noch sehr wenig zur Geltung und kann zudem durch einen geeigneten Vergleichsstandard Berücksichtigung finden.

Im Freien kommt eigentlich nur die Entlademethode in Frage, weil die Auflademethode hier umständlich wird durch die notwendigen Trockenbatterien von einigen hundert Volt, die Schaltvorrichtungen, Präzisionsvoltmeter usw. Bei der Entlademethode kann das Instrument mit Ebonitstab, oder noch besser mit Zamboni-säule, leicht aufgeladen werden. Dass im Felde für eine gute Erdung, Abschirmung des Erdfeldes, des direkten Sonnenlichts und der Windströmungen zu sorgen ist, muss nachdrücklich anbefohlen werden.

Wie bei der Probeentnahme von gewöhnlichen Erzen, muss auch beim Uran auf gute Durchschnittsproben gehalten werden, insbesondere bei schiefrig-klüftigem Gebirge, und schichtigen Ablagerungen, da hier der Urangehalt grössern Schwankungen unterworfen sein kann.

Wenn immer möglich, sollten die radioaktiven Messungen an fein gepulverten Proben vorgenommen werden. Einmal lassen sich mit Pulvern mit weniger Material grössere strahlende Flächen herstellen, als dies mit Stücken der Fall ist, während gleichzeitig die Kapazität des Elektrometersystems, also dessen Empfindlichkeit, nur geringfügig beeinflusst wird. Wo aber nicht leicht und rasch feine Gesteinspulver erhältlich sind, genügen zu rascher Orientierung auch dünnere Gesteinssplitter, deren gesamte, einseitige Oberfläche etwa 50 bis 100 cm² beträgt. Die Gesteinspulver kommen, ausgebretet auf Ringschale, die Innenelektrode umschliessend, in die Ionisationskammer. Bei Faden- und Schlingenelektrometern, die eine „upside-down“-Aufstellung ermöglichen, kann der ganze Boden der Kammer mit einer Materialschicht belegt werden, wodurch eine noch grössere Oberfläche der zu messenden Probe geschaffen wird. Bei dieser letztern Aufstellungsart können die das Material tragenden Metallteller ohne Erschütterungen des Elektrometers eingeschoben werden. Die Pulvermethode liefert stets konforme, reproduzierbare Messbedingungen, wenn das Gewicht des Pulvers gleich gehalten und für eine glatte, angepresste, α -satte Schicht (nicht unter 0,5 mm Dicke) gesorgt ist. Frisch ausgeglühte Pulver, aus denen allfällig

störende Gase, inklusive die Radiumemanation, vertrieben sind, strahlen etwa 4 Stunden nach dem Ausglühen nur noch halb so stark wie die ungeglühten. Für radiumhaltige Proben ist dann nach einem Monat die ursprüngliche Strahlungsintensität wieder hergestellt, für die Elemente der Thoriumreihe schon nach 4 Tagen. Aus der Abnahme der Radioaktivität einer Probe nach gründlichem Ausglühen und des Wiederanstiegs des Ionisationseffekts, lassen sich gewisse Anhaltspunkte bezüglich der anwesenden Mengen von Uran und Thorium, im Gleichgewicht mit ihren Folgeprodukten, gewinnen. Für alle radioaktiven Untersuchungen sollten stark bituminöse Gesteine (Schiefer, Kohlen etc.) zuerst verascht werden. Meistens wird man die Beobachtung machen, dass Spaltstücke des zu untersuchenden Materials weit höhere Ionisationswerte liefern wie ihre Pulver von gleich grosser strahlender Oberfläche. Diese Erscheinung betrifft besonders Material mit unregelmässiger Verteilung der radioaktiven Stoffe auf Klüften und Spaltrissen. Ferner nehmen mit wachsender Dicke des zu prüfenden Materials (z. B. über 2 mm) mehr und mehr die härteren β -Strahlen an der Ionisation teil. Überdies darf nicht vergessen werden, dass durch das Pulvern von Gesteinsproben ein erheblicher Teil der radioaktiven Emanationen ausgetrieben und für Ra-Em. erst nach 3 bis 4 Wochen wieder nachgebildet sein wird. Die normale Strahlung des gepulverten Materials ist daher erst nach dieser Zeit wieder erreicht.

Wenngleich sich aus den Apparaturkonstanten, unter Berücksichtigung der anzubringenden Korrekturen, das Uranäquivalent quantitativ errechnen liesse, ist es doch verlässlicher und einfacher, die von einer untersuchten Probe hervorgerufene Ionisation mit einem Präparat (Standard) von genau definierter Strahlungs- und Ionisationsintensität zu vergleichen. Hiezu wählt man am besten eine Pechblende (Uraninit) von bekannter, chemischer Zusammensetzung. Oft wird auch Uranoxyd ($U_I + U_{II}$), nach der Methode HÖNIG-SCHMID gereinigt, als Standardpräparat verwendet. Unter den Pechblenden eignet sich besonders der thoriumfreie Uraninit von Katanga mit 77.761 % Uranelement¹⁾. In diesem Uraninit sind alle Elemente der Uranreihe im Gleichgewicht, wodurch er auch zum Vergleichspräparat einer definierten β -und γ -Strahlung wird, was beim Uranoxyd, das nur α -Strahlen aussendet, nicht der Fall ist. Um Konformität in den Messbedingungen einzuhalten, sollten die Ionisationseffekte von dem zu prüfenden Material und dem Vergleichspräparat

¹⁾ C. W. DAVIS: The Compositions and age of Uranium minerals from Katanga, South Dakota and Utah. Am. Journal of Science, Vol. XI, March, 1926.

von gleicher Größenordnung sein, damit die Ionendichte, bzw. die Sättigungsverhältnisse des Ionisationsstroms (Rekombination der Ionen) ungefähr analoge sind.

Über die Herstellung eines Vergleichsstrahlenpräparats diene folgendes: Ein kleines, ca. 1 bis 2 mm dickes Stückchen Pechblende, genügend für einen Anschliff von etwas über 1 mm^2 , wird in Siegellack eingebettet, eben geschliffen, poliert und mit Bleifolie von ca. $\frac{1}{10} \text{ mm}$ Dicke, aus der ein Fensterchen von 1 mm^2 herausgeschnitten ist, gut anliegend überdeckt. Es ergibt sich so eine strahlende Pechblendefläche von 1 mm^2 , die noch genau ausgemessen wird. Eine 1 mm^2 messende Fläche des Uraninit von Katanga emittiert pro Sekunde eine Strahlung, die annähernd 150 000 Ionenpaare erzeugt, entsprechend etwa einem α -Strahl von ganzer Reichweite. Sehr geeignet erwiesen sich kleine Würfelchen von 2 mm Kantenlänge, die aus der Pechblende geschnitten waren. Seitlich mit $\frac{1}{10} \text{ mm}$ dicker Bleischicht umhüllt und dann in Siegellack eingebettet, gibt eine strahlende Fläche von 4 mm^2 , die mit der Einhüllmasse eine glatte Ebene bildet. Dadurch wird eine Abschirmkorrektur für überhöhten Rand, die beim oben vorgeschlagenen Herstellungsverfahren 10 bis 15 % ausmacht, vermieden.

Bei radioaktiven Messungen an Materialproben wird zuerst deren Netto-Ionisationseffekt, durch Abzug der natürlichen Streuung des Elektrometers vom Gesamteffekt, bestimmt. Hierauf wird das kleine Vergleichspräparat (Standard) zugegeben und selbstverständlich so in der Ionisationskammer plaziert, dass dieses gegenüber der Kammerwand und der Innenelektrode etwa eine Mittellage zur strahlenden Fläche des Pulvers oder der Probenstücke einnimmt. Aus der Relation des Nettoeffektes der Probe zum Zusatzeffekt durch den Standard lässt sich, unter Berücksichtigung der Grösse der beiden strahlenden Flächen und der Schichtdicken, das Uranäquivalent der Probe berechnen.

Uranäquivalent. Nur dort, wo ausschliesslich Uran im Gleichgewicht mit seinen Folgeprodukten vorliegt, ermöglichen die gefundenen Ionisationswerte die Berechnung des wirklichen Urangehaltes einer Materialprobe. Gehören aber die radioaktiven Stoffe einer Probe nur teilweise oder überhaupt nicht der Uranreihe an, so müssen die Ionisationseffekte der Probe, durch Vergleich mit einem Uranstandard, in Gramm-Uranäquivalent ausgedrückt werden. Neben den radioaktiven Elementen der Uranreihe, sind bei den Messungen unter I ausser der Thoriumreihe auch das β -strahlende Kalium zu berücksichtigen, sofern es in einigen % zugegen ist. Wegen

seiner äusserst geringen Bedeutung kann das ebenfalls β -strahlende Rubidium unberücksichtigt bleiben. Die Protactiniumreihe ist in der Uranreihe im Gleichgewicht schon inbegriffen und beteiligt sich mit ca. 0,2 % am Ionisationseffekt der Gesamtstrahlung der Uranreihe.

Während auf primärer Lagerstätte (Eruptivgängen, Pegmatiten, pneumatolytisch-hydrothermalen Bildungen etc.) das Uran allgemein mit Thorium zusammen auftritt, ist dies in den sekundären Lagerstätten nicht, oder doch nur selten, der Fall. Über die sekundären Ablagerungen von Uranfolgeprodukten haben wir nur wenige Kenntnisse, doch muß in Betracht gezogen werden, dass alle radioaktiven Folgeprodukte des Urans, d. h. wenn sie ohne das Mutterelement Uran abgelagert sind, spätestens innerhalb von einer Million Jahre völlig zerfallen und daher verschwunden sein müssten.

Die Verschiedenartigkeit der Elemente Uran und Thorium bezüglich Löslichkeit und Ausfällung muss in den sekundären Lagerstätten zum Ausdruck kommen. Eine Eigenschaft des Urans, die u. a. auch dem Kupfer und Vanadium, nicht aber dem Thorium zukommt, liegt in der Ausfällung durch organische Substanzen (Blätter, Holz, Kohle, Bitumen).

Für die Messungen unter I sind diese Erwägungen über das Getrenntsein von Uran und Thorium (letzteres ist genetisch nicht an Uran gebunden) auf den sekundären Lagerstätten von Bedeutung, indem das hier gefundene Uranäquivalent im allgemeinen mit dem wirklichen Urangehalt gleich gesetzt werden darf. Die leichte Ausfällbarkeit des Urans durch organische Substanzen weist einen Weg zur Auffindung wirtschaftlich bedeutsamer Lagerstätten. Vorbedingung für das Zustandekommen uranreicher, bituminöser Sedimente (Sapropelite, Kohle etc.) ist aber die ursprüngliche Anwesenheit uranreichen Gebirges, aus dem das Ablagerungsbecken seine Wässer empfing. Beispiele hiefür bieten Colorado, Utah, Skandinavien.

II. Messung der Radium-Emanation

In den durch die radioaktiven Messungen unter I als interessant befundenen Proben kann nunmehr durch die Messung der Ra-Em der wirkliche Urangehalt ermittelt werden. Es muss dabei nur die Voraussetzung zutreffen, was wohl meistens der Fall sein wird, dass die Radium-Emanation im Gleichgewicht mit Uran vorliegt.

Die bisher zur Ausbeutung gelangten Uranerze sind alle in Säuren leicht löslich, und es dürfte wohl nur wenige Spezialfälle geben, wo auch schwer aufschliessbare Uranverbindungen wirt-

schaftliche Bedeutung erlangen könnten. Bei Uranvorkommen von geringem Gehalt, wie sie durch radioaktive Messungen ausfindig gemacht werden sollen, muss das Uran durch einfache, billige chemische Prozesse gewonnen werden können, wenngleich es hier meist nur als Nebenprodukt wirtschaftliche Bedeutung haben dürfte.

Für die vorliegenden Messungen der Radium-Emanation kommen daher Aufschliessungsmethoden, die z. B. für Silikatgesteine üblich sind, nicht in Betracht, sondern eine gründliche Behandlung von 50 bis 100 g des feingepulverten Materials mit reiner, heisser, konzentrierter Salzsäure muss genügen. Schwefelsäure darf nicht verwendet werden, da das sich ausscheidende unlösliche Radiumsulfat die Radium-Emanation nicht mehr abgibt. Am salzauren Filtrat von etwa 300 bis 500 ccm wird nach den üblichen Methoden die Emanation elektrometrisch gemessen²⁾. Aus dem salzauren Filtrat könnte nachher das Uran noch chemisch abgetrennt werden. Wurde für das Filtrat 100 g Materialpulver verwendet, sind bei einem Uran gehalt des letztern von beispielsweise 200 g/Tonne, 0,02 g Uran zu erwarten.

Eine richtige Interpretierung der radioaktiven Messungen, inbezug auf den quantitativen Gehalt an Uran, sollte nach den vorangehenden Darlegungen nicht schwierig sein. Die Messungen unter I, an Material, in dem neben den Elementen der Uranreihe noch die strahlenden Elemente der Thoriumreihe und das Kalium anwesend sind, müssen durch die Emanationsmethode (II) vervollständigt werden, um in den meisten Fällen alsdann den wirklichen Urangehalt zu erhalten. Die Heranziehung beider Messmethoden (I und II) wird sich mithin besonders bei schwachen, primären Uranimprägnationen, in eruptiven Bildungen (z. B. auch bei massigen Eruptivgesteinen), als notwendig erweisen. Vielleicht ist die Annahme berechtigt, dass ebenfalls in diesen die Hauptmenge des Urans in säurelöslichen Verbindungen vorliegt, und dass durch rationell geleitete chemische Methoden auch bei Material mit dem geringen Gehalt von nur wenigen 100 g Uran/Tonne eine wirtschaftliche Ausbeutung möglich ist. Über diesbezügliche Versuche soll eventuell später berichtet werden.

Eingegangen: 2. Mai 1946.

²⁾ Siehe u. a. H. HIRSCHI: Radioaktivität einiger Schweizergesteine. Vier- teljahrsschr. der Naturf. Ges. Zürich, LXV (1920).