

Was vermögen die radioaktiven Methoden der Altersbestimmung von Mineralien heute zu leisten?

Von Gerhard Kirsch*)

I.

Das Alter einiger Pechblenden. Genauigkeit der Methode.

Uran und Thor, die Muttersubstanzen der radioaktiven Elemente, zerfallen bekanntlich mit einer bekannten Geschwindigkeit. Die stabilen Endprodukte dieses Zerfalles, Helium und Blei, sammeln sich in den Uran und Thor enthaltenden Mineralien an und geben uns — besonders das nicht flüchtige Metall — ein Mittel an die Hand, aus der seit der Bildung des Minerals angesammelten Menge das Alter desselben zu bestimmen. Um sicher zu gehen, ist hierbei noch nötig, das Atomgewicht des Bleies zu bestimmen, um auf diese Weise zu entscheiden, wieviel von dem Blei zum Beispiel eines Uranminerals RaG vom Atomgewicht 206.00, also radioaktiven Ursprungs ist. Durch Atomgewichtsbestimmung des Pb kontrollierte Altersbestimmung findet sich unseres Wissens in der Literatur nur eine einzige und diese ist am Bröggerit von Moss (Südnorwegen) von E. Gleditsch und T. W. Richards ausgeführt worden und ergab für das Alter des Bröggerits den Wert

950 Millionen Jahre.

Eine Neuberechnung mit den derzeit anerkannten Daten für die Zerfallskonstante des Urans und Thoriums ergibt den Wert

895 Millionen Jahre.

Für die St. Joachimstaler Pechblende erhielten wir durch Kombination sämtlicher uns zugänglicher wissenschaftlicher Pechblendeanalysen von diesem Fundort mit Hönigschmids Atomgewichtswert ein Alter von

207 Millionen Jahren,

für das Morogorberz durch Kombination des Mittels unserer Analysen an Hönigschmids Material mit seinem Atomgewichtswert das Alter von

605 Millionen Jahren.

*) Auszug aus einem Vortrag, gehalten am 4. Dezember 1922 in einer gemeinsamen Sitzung der Geologischen und der Mineralogischen Gesellschaft in Wien. Eine ausführliche Behandlung des Themas in der Zeitschrift „Naturwissenschaftler“, Nummer vom 18. Mai 1923.

Von den Ergebnissen am Bröggerit von Moss wird noch die Rede sein.

Angesichts der Unsicherheit des Atomgewichts von reinem RaG ist die Genauigkeit der oben gegebenen Altersziffern auf etwa 5% zu schätzen; von dieser Fehlerquelle abgesehen, die ja alle Altersbestimmungen prozentuell gleich beeinflusst, sind die relativen Altersverhältnisse heute als auf 1% genau bestimmbar anzusehen.

Von der in Katanga (Oberkongo) neu entdeckten Pechblende liegt zwar noch keine Atomgewichtsbestimmung des Pb vor, aber Hönigschmid fand, daß die dortselbst abgebauten sekundären Uranmineralien fast reines RaG enthalten. Daher ist in diesem Falle wohl der Schluß gerechtfertigt, daß die Katanga-Pechblende ebenfalls nahezu reines RaG enthält. Die Kenntnis dieses Umstandes erlaubt die Berechnung des Alters dieses Vorkommens zu zirka

550 Millionen Jahren.

Da es sich hier wahrscheinlich ebenso wie in St. Joachimstal um eine wässerige Bildung handelt, so bedeutet dieser Wert für das Alter der Intrusionsformation, dem das Lager angehört, natürlich einen Minimalwert.

II.

Die Halbwertszeit des Thoriums und das Alter des Ceyloner Thorianites.

In folgender Tabelle sind in den ersten vier Zeilen die Resultate von Untersuchungen O. Hönigschmids an drei Ceyloner Thorianiten wiedergegeben.

Thorianit	I	II	III
1. Th-Gehalt	68·9	62·7	57 0
2. U-Gehalt	11 8	20·2	26·8
3. Pb-Gehalt	2 3	3·1	3 5
4. At. Gew. des Pb . . .	207·21	206·91	206·84
5. RaG/Pb-Verhältnis . .	39·5%	54·5%	58·0%
6. RaG/U-Verhältnis . .	0 077	0·084	0 076
7. ThD/Th-Verhältnis . .	0·920	0·0225	0·026
8. RaG/U : ThD/Th. . .	3·7	3 6	2·8
9. RaG/U (Alter in 10 ⁶) .	0·077 (550)	0·079 (560)	0·058 (420)
10. RaG/U (Alter in 10 ⁶) .	0·06 (400)	0·084 (600)	0·061 (440)

Wir fassen zunächst Thorianit I ins Auge, dessen Bleigehalt beinahe das Atomgewicht von gewöhnlichem Blei aufweist. Hätten wir einen Thorianit vor uns, dessen Blei genau das Atomgewicht 207.18 hätte, so vermöchte uns derselbe über sein Alter aus den Ziffern seiner Zusammensetzung heraus gar nichts zu sagen, er würde uns nur mit unbedingter Gewißheit angeben, daß RaG und ThD in ihm auf jeden Fall in dem Verhältnis anwesend sind, daß das Gemisch beider das Atomgewicht 207.18 besitzt. Betrachten wir die Atomgewichte von RaG und ThD als gegeben, so ist damit ihr Mengenverhältnis gegeben. Nimmt man das bekannte Th/U-Verhältnis dazu, so erhält man auf diesem Wege eine unbedingt sichere Kenntnis von der Lebensdauer des Thoriums, die des Urans als bekannt vorausgesetzt.

Wir erhalten aus den Daten von dieser Probe für die Halbwertszeit des Thoriums:

$$T = (1.65 \pm 0.05) \cdot 10^{10} \text{ Jahre.}$$

Das aus dem Thorianit I berechnete Verhältnis $\lambda_U : \lambda_{Th}$ muß natürlich auch bei den anderen beiden Proben dasselbe sein und erlaubt nun bei diesen die Beimischung von gewöhnlichem Blei und damit ihr Alter zu bestimmen. Unter der Annahme, der Thorianit I sei frei von gewöhnlichem Blei, erhält man die in obiger Tabelle, Zeile 9, gegebenen Werte, unter der Annahme, er enthalte 25% Pb commune, die in Zeile 10 angeführten Ziffern für das Alter der Thorianite II und III. Es ist also sicher, daß diese beiden letzten Proben sich im Alter um zirka 150 Millionen Jahre unterscheiden.

Wir möchten hier noch ein Beispiel dafür geben, wie durch Zusammenfassung von Altersbestimmungen von Mineralien Ergebnisse gezeitigt werden können, die für die Geologie vielleicht von bedeutendem Interesse werden können. Wir haben nunmehr aus dem Gebiete der ehemaligen afrikanisch-indisch-australischen Tafel das Alter der Gänge von Morogoro in Ostafrika zu zirka 600 Millionen Jahren, das Alter der Intrusion von Katanga zu mindestens 550 Millionen Jahren, von Cylon wahrscheinlich zwei verschiedenen Perioden angehörende Pegmatitgänge mit den beiläufigen Altern 430 und 580 Millionen Jahren. Schließlich liegt noch eine Analyse einer australischen Pechblende vor mit dem Pb/U-Verhältnis 0.085. Wenn dieselbe keine wesentliche Menge gewöhnliches Blei enthält, so würde sie ebenfalls ein Alter von

600 Millionen Jahren haben. Abgesehen also von der einen jüngeren Intrusionsperiode von Ceylon, fallen die übrigen vier, die wir aus dem ehemaligen Kontinent Gondwanaland kennen gelernt haben, alle zeitlich nahe zusammen in die Zeit von 550 bis 600 Millionen Jahren vor der Gegenwart, also wahrscheinlich in eine geologische Periode. Es liegt nahe, zu fragen, mit welchem geologischen Ereignisse größten Stiles, das dieser Kontinent erlebte, die Bildung der erwähnten Granitintrusionen verknüpft war, — eine Frage, die zu beantworten wir dem Geologen von Fach überlassen müssen.

III.

Der genetische Zusammenhang zwischen Uran und Thor.

Wir gehen nun zu etwas anderem über und werfen die Frage auf, ob nicht das Th eine Muttersubstanz in der U-plejade besitzt, aus der es durch α -Strahlung entsteht. Nach seinem Atomgewicht würde ein solches Thoriumuran (ThU) zwischen U I und U II stehen und sollte eine Halbwertszeit von etwa 10^8 Jahren haben.

Es wird angenommen, daß das Uran ebenso wie alle anderen Elemente, deren Werden nicht noch wie bei den radioaktiven Elementen im Flusse ist, auf der ganzen Erde das gleiche Atomgewicht hat, das heißt überall den gleichen Prozentsatz aller Uranisotopen enthält. Haben diese Isotopen verschiedene Lebensdauer, so ändert sich die Zusammensetzung des Urans bloß mit der Zeit. Sein Gehalt an ThU muß sich im Laufe der geologischen Entwicklung nach dem bekannten Zerfallsgesetze geändert haben. Diejenigen Uranerze nun, von denen man infolge ihrer Reinheit annehmen kann, daß sie bei ihrer Entstehung primär kein Thor aufnahmen, müssen heute soviel Thor enthalten, als das Uran bei der Entstehung des Erzes ThU enthielt. Ihr Thorgehalt, genauer ihr Th/U-Verhältnis, muß also mit ihrem Alter gesetzmäßig zusammenhängen.

Eine möglichst genaue Berechnung aus den Daten betreffs des St. Joachimstaler Erzes und des Morogoroerzes einerseits, des letzteren mit den Daten über Bröggerit andererseits liefert zwei unabhängig voneinander gewonnene Werte für die Halbwertszeit des ThU, die unter sich um nicht mehr als 1% abweichen und

$T_{ThU} = 6.3 \cdot 10^8$ Jahre
ergeben.

Auch die Verhältnisse innerhalb der Bröggerite von Moss lassen sich in quantitative Übereinstimmung mit diesem Werte bringen. Infolgedessen können wir der sogenannten Pb-Methode der Altersbestimmung die Thoriummethode, wie wir sie nennen wollen, an die Seite stellen, deren Anwendbarkeit allerdings eine beschränktere ist, weil nicht jede Pechblende so rein ist, daß sie primär kein Thor enthält.

Da die Wahrscheinlichkeit, daß es sich um Thorium radioaktiven Ursprungs handelt, einstweilen nur nach einer Altersbestimmung des fraglichen Vorkommens nach der Bleimethode erschlossen werden kann, so ist klar, daß die Thoriummethode gewöhnlich nicht zur Bestimmung des absoluten Alters einer Formation verwendungsfähig ist. Wie das Beispiel der Bröggerite von Moss zeigt, ist aber bei primär thorfreien Pechblenden die Thoriummethode zur relativen Altersbestimmung verschiedener Lokalitäten (Gänge) desselben Vorkommens an Genauigkeit bedeutend — um zirka eine ¹⁰-Potenz — überlegen, weil die Änderung des Thorgehaltes mit dem Alter eine viel raschere ist als die Änderung des Pb-Gehaltes. Während der Pb-Gehalt zwischen 9 und 10% schwankt, ändert sich der Th-Gehalt von 3 bis 10% bei den Bröggeriten.

Auch wenn man von der Anwendung der Thoriummethode absieht, ergibt sich doch unabweisbar der Schluß aus der Zusammensetzung des von uns untersuchten Bröggeritmateriales, daß die große Intrusion des sogenannten Frederickshaldgranites viele Millionen Jahre (vielleicht sogar 60 bis 100 Millionen Jahre) lang Pegmatitgänge gebildet hat. Denn manche von den untersuchten Stücken haben ein deutlich kleineres Pb/U-Verhältnis als das von E. Gleditsch auf Grund der Atomgewichtsbestimmung für ihre Probe berechnete RaG/U-Verhältnis.

Die sogenannten Cleveite von Arendal zeigen nun allerdings ein größeres Pb/U-Verhältnis als die Bröggerite von Moss. Diese Tatsache wäre, wenn man aus dem Pb/U-Verhältnis auch auf ein höheres Alter schließen müßte, mit unserer Annahme eines genetischen Zusammenhanges zwischen Th und U unverträglich. Nun werden aber Cleveite stets ausdrücklich als stark verwittert bezeichnet und haben wohl nie ihren ursprünglichen Substanzbestand erhalten. Wir möchten daher das höhere Alter der Cleveite von Arendal gegenüber den Bröggeriten von Moss be-

streiten und die großen südnorwegischen Granitintrusionen des Frederickshald. und des Telemarkgranites, sowie auch die Intrusionen, zu denen die Pechblendefunde von Villeneuve (Canada) und Llano Co. (Texas) gehören, allesamt als gleichalterig ansehen, da die beiden letzteren, in bezug auf ihre Zusammensetzung bis in alle Einzelheiten den an seltenen Erden reichsten, verwitterten, norwegischen Thoruraninen entsprechen. Wir haben hier ein zweites Beispiel, in dem sich räumlich weit auseinanderliegende Formationen nach der radioaktiven Altersbestimmungsmethode zusammenfassen lassen. Diese Pegmatitgangbildungen, die über Kontinente ausgedehnt und viele Jahrmillionen hindurch stattfanden, mit bestimmten großzügigen geologischen Ereignissen in Verbindung zu bringen, sowie etwa Schlüsse auf einen stetigen und sehr langsamen Verlauf im Großen zu ziehen, müssen wir wiederum dem Geologen von Fach überlassen.

Anhangsweise wollen wir auch noch bemerken, daß es uns nicht aussichtslos erscheint, die Bedingungen für den Heliumverlust eines Minerals exakt zu fassen und auf diese Weise auch die Heliummethode der Altersbestimmung auf gleiche Leistungsfähigkeit mit den anderen Methoden zu bringen.
