

4-01 Radiometrische Methode – Übersichtsblatt

(langlebige radioaktive Isotope)

Sinngeleiche und verwandte Begriffe

Radiometrische Datierung, radiometrische Altersbestimmung, Langzeitdatierung.

Ziel

Versuch, den radioaktiven Zerfall ausgewählter Radioisotope zur Altersbestimmung geologischer Objekte zu nutzen; z. B. Bestimmung der verflossenen Zeit seit Bildung eines Minerals.

Grundlagen

Verständnis des Phänomens Radioaktivität; Messbarkeit der beteiligten physikalischen Größen.

Vorgehensweise

Ermittlung der für das jeweilige Verfahren maßgeblichen Isotopenmengen und Isotopenverhältnisse sowie Auswertung. Mit Kenntnis der mittleren (aktuellen) Zerfallsrate bezogen auf die jeweilige Ausgangsmenge (Zerfallskonstante, Halbwertszeit) Berechnung des jeweiligen Isotopenalters.

Die für die *Geologic Time Scale 2012* (GTS2012) anerkannten Methoden sind das U-Pb-, das $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ - und das Re-Os-Verfahren (Tab. 1).

Basisannahme(n)

Unveränderlichkeit der Zerfallskonstante während der gesamten Erdgeschichte und in jeder Umgebung.

Historie

Entdeckung der Radioaktivität (BECQUEREL 1896), erste publizierte radiometrische Datierungen (BOLTWOOD 1907), Protagonist und Begründer der Geologischen Zeitskala (HOLMES 1913 ff).

Anwendung

Geologie. Konstruktion der Geologischen Zeitskala durch Eichung der stratigraphischen Tabelle anhand ausgewählter radiogener Isotopenalter.

Angabe/Größenordnung der Ergebnisse

Die ermittelten Isotopenalter für die GTS2012 liegen vorwiegend in einem Bereich von Millionen oder Milliarden Isotopenjahren. Beispiel: Hunsrück-schiefer (Devon) in Bundenbach; Zirkone einer

vulkano-klastischen Lage im oberen Teil der Excavatus Conodonten-Zone (KAUFMANN et al. 2005):

- Gewichtetes mittleres $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -Alter von 407,7 ± 0,7 Millionen Jahre

Altersbestimmungsverfahren

Anspruch: Unabhängig, absolut.

Gültigkeit (der Ergebnisse)

a) Absolute Altersbestimmung

Nicht bekannt.

Der Nachweis der Basisannahme konnte bisher nicht erbracht werden.¹ Des Weiteren kann die radiometrische Methode nicht durch ein anderes unabhängiges Altersbestimmungsverfahren verifiziert (bestätigt) werden. Es ist nicht bekannt, in welchem Verhältnis die radiometrischen Alter zum realen Alter stehen.

b) Relative Altersbestimmung

Eingeschränkt gegeben.

Unter strenger Beachtung der Probenentnahme und ihrer stratigraphischen Stellung scheint eine Relation Zunahme des relativen Alters zu Zunahme des Isotopenalters gegeben, sofern die Proben stratigraphisch nicht zu eng beieinanderliegen.

Kritik und Handlungsbedarf

Die Isotopenalter werden von der Geo-Gemeinde inzwischen fast ausnahmslos als reale Alter bzw. reale Zeiträume dargestellt und kommuniziert; dies ist in Anbetracht der unsicheren Erkenntnisse [s. o. unter a)] eine gravierende Grenzüberschreitung. Bei der Kommunikation der Alterswerte gegenüber dem Bildungswesen und der breiten Öffentlichkeit ist auf wissenschaftlich korrekte Darstellung zu achten, insbesondere sind Angaben zu den konkreten Datierungsmethoden, Einheiten, Bedingungen, Annahmen, Schlüssen etc. vorzunehmen. Wegen den weitreichenden Auswirkungen auf das gesellschaftliche Leben sind Entscheidungsträger und Öffentlichkeit aktiv und vollumfänglich über die Gültigkeit der Ergebnisse radiometrischer Altersbestimmungen aufzuklären.

Tab. 1: Angewendete (aktuelle) Zerfallskonstanten in GTS2012 zur Berechnung radiometrischer Alter (nach GRADSTEIN et al. 2012, Table 6.2, und ergänzt)

| Radioisotop | Zerfallskonstante λ | ± Unsicherheit* | Referenz | ± Unsicherheit | Halbwertszeit** $T_{1/2}$ | ± Unsicherheit* |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------|---|----------------|---------------------------|-----------------|
| | [Ga ⁻¹] | [Ga ⁻¹] | | [in Prozent] | [Ga] | [Ga] |
| ^{238}U | 0,155125 | 0,00016 | | 0,1031 | 4,468314 | 0,004609 |
| ^{235}U | 0,98571 | 0,00012 | Mattinson (2010) Schoene et al. (2007) | 0,0122 | 0,703196 | 0,000086 |
| ^{235}U (nicht mehr benutzt) | 0,98485 | 0,00134 | Jaffey et al. (1971) | 0,1361 | 0,703810 | 0,000958 |
| ^{40}K (total) | 0,5463 | 0,0107 | | 1,9586 | 1,268803 | 0,024851 |
| ^{187}Re | 0,016689 | 0,000031 | | 0,1858 | 41,533176 | 0,077148 |

Ga = Gigajahre = 10^9 Jahre; * 2-sigma (95% Konfidenz); ** Umrechnung nach $T_{1/2} = \ln 2/\lambda$

¹Beobachtungen und Stress-Untersuchungen haben bisher keine signifikanten Veränderungen der rezenten Zerfallskonstanten gezeigt.