

Warum der Kreationismus Ozeane zum Kochen bringt

Wie zuverlässig sind radiometrische Altersbestimmungen?

MARTIN NEUKAMM

Inhalt

- Grundlagen radiometrischer Datierung und die Kritik des Kreationismus an ihrer Zuverlässigkeit
- Variable Halbwertszeiten und bewohnbare Universen
- Eine Ausnahme: Der Mechanismus des *electron capture*
- Wenn Ozeane verdampfen
- Naturreaktoren, Meteoriten und Quasare entziehen kreationistischer Spekulation den Boden
- KOTULLAS Einwand erlaubt kein rational-wissenschaftliches Vorgehen
- Sind radiometrische Methoden nicht unabhängig verifizierbar?
- Fehlerhafte Datierungen, die gibt es freilich
- Fazit: Die Zuverlässigkeit radiometrischer Bestimmungsmethoden ist nicht wissenschaftlich anfechtbar...
- Danksagung
- Literatur



Grundlagen radiometrischer Datierung und die Kritik des Kreationismus an ihrer Zuverlässigkeit

Unlängst gab die deutsche Kreationisten-Vereinigung WORT UND WISSEN eine umfangreiche Blattsammlung über die „Gültigkeit und Grenzen“ der geologischen Zeitmessung heraus.¹ Fasst man die Seiten zusammen, lesen sie sich wie der Entwurf für ein „kritisches Lehrbuch der Geologie“. Sie erheben den Anspruch, die Zuverlässigkeit gängiger Datierungsmethoden *wissenschaftlich begründet* infrage zu stellen. Die weltanschauliche Motivation, die dieses Unternehmen antreibt, ist folgende: Der Kreationismus nimmt den Schöpfungsbericht der Bibel wörtlich und vertritt die Ansicht, Gott habe die Welt in sieben Kalendertagen erschaffen. Gestützt auf Quellen des Alten Testaments wird zudem ein Erdalter von nur etwa 10.000 Jahren vertreten. Folglich setzt man sich dafür ein, dass sich auch die Geologie und Kosmologie an diesem Zeitrahmen orientieren. Eine notwendige Voraussetzung dafür ist, dass es gelingt, die sich nach Jahrmilliarden bemessenden Zeiträume der Erd- und Kosmosgeschichte als unglaubliche „Konstrukte“ zu entlarven. In diesem Bestreben setzt sich KOTULLA (2014) insbesondere mit radiometrischen Datierungen (bzw. Methoden) kritisch auseinander. Was hat es damit auf sich?

Die *radiometrische Datierung* ist eine etablierte Methode der Altersbestimmung, sozusagen der „Goldstandard“ zur Messung archäologischer, erdgeschichtlicher und kosmischer Zeiträume. Alle darauf basierenden Methoden nutzen das Wissen, dass instabile (radioaktive) Atomkerne im Laufe der Zeit zerfallen und sich dabei in andere Atomkerne umwandeln. Der Zeitraum, in dem statistisch genau 50 Prozent der Vertreter einer bestimmten Sorte von Atomkernen zerfallen, nennt man *Halbwertszeit*. Die Halbwertszeiten der meisten radioaktiven Elemente sind heute sehr genau bekannt. Das Uran-238² beispielsweise hat eine Halbwertszeit von 4,47 Milliarden Jahren. Das bedeutet, dass sich innerhalb dieses Zeitraums genau die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Stoffmenge an Uran-238 („Mutter-Nuklid“) in das Element Thorium-234 („Tochter-Nuklid“) umwandelt. Dieses ist selbst radioaktiv und verwandelt sich innerhalb von 24 Tagen zur

¹ KOTULLA, M. (2014) Gültigkeit und Grenzen geologischer Zeitbestimmung. Online-Loseblattsammlung, Stand: 2. Lieferung 3/2014. www.wort-und-wissen.de/index2.php?artikel=loseblattsammlung/main.html

² Die Zahlen geben an, wieviele Protonen und Neutronen („Nukleonen“) im Atomkern enthalten sind. Die Zahl der Protonen ist charakteristisch für das jeweilige chemische Element. So enthalten Uran-Kerne immer 92 Protonen. Folglich enthält Uran-238 zusätzlich 146 Neutronen, Uran-235 dagegen 143 Neutronen. Atomkerne mit gleicher Protonenzahl (= Ordnungszahl) aber unterschiedlicher Neutronenzahl nennt man *Isotope*.

Hälfte in das Element Protactinium-234, welches noch rascher zerfällt. Am Ende dieser so genannten *Zerfallsreihe* steht das stabile Blei-206. Man kann also vereinfacht sagen, dass sich die Hälfte der Menge des Elements Uran-238 innerhalb von 4,47 Milliarden Jahren in das Element Blei-206 verwandelt.

Um etwa das Alter einer Gesteinsschicht zu datieren, braucht man im einfachsten Fall nur die Menge von Uran-238 sowie die Menge von Blei-206 in den Gesteinsmineralien zu bestimmen und kann ermitteln, wieviel Prozent der ursprünglich vorhandenen Atomkerne des Uran-238 zerfallen sind. Nach untenstehender Formel (Abb. 1) lässt sich das Alter des Gesteins bzw. Minerals errechnen. (In Wahrheit ist die Bestimmung etwas komplizierter, auf die Details brauchen wir hier nicht einzugehen.)

$$\text{Alter} = \frac{\text{Halbwertzeit}}{\text{zeit}} \cdot \log_2 \left[1 + \frac{D_{\text{jetzt}}}{P_{\text{jetzt}}} \right]$$

Abb. 1: Formel zur Berechnung des Alters einer Mineralienprobe. „ P_{jetzt} “ ist die Stoffmenge des radioaktiven „Mutter-Nuklids“ (z. B. Uran-238) und „ D_{jetzt} “ die Stoffmenge des stabilen „Tochter-Nuklids“ (z. B. Blei-206) in der zu datierenden Probe. Hat man die Stoffmenge beider Nuklide bestimmt, lässt sich über die Halbwertszeit das Alter errechnen. Quelle: www.waschke.de/twaschke/artikel/isochron/isochr_1.htm

Da wie erwähnt die meisten erdgeschichtlichen Datierungen Zeiträume liefern, die für den Kreationismus nicht mehr infrage kommen, muss er die Zuverlässigkeit dieser etablierten Methode anzweifeln. KOTULLA (2014) stellt dazu die *zeitliche Konstanz der Halbwertszeiten* radikal infrage (er selbst bevorzugt den Begriff „Zerfallskonstante“, die ein Maß ist für die Zerfallswahrscheinlichkeit eines Atomkerns und umgekehrt proportional zu seiner Halbwertszeit ist). „Ein Nachweis darüber, dass die Zerfallskonstante während der gesamten Erdgeschichte und in jedem Milieu gleichgeblieben ist“, könne, so KOTULLA, „nicht erbracht werden“.³ Es sei daher „nicht bekannt, in welcher Beziehung radiometrische Alter zum realen Alter stehen“. In einem Übersichtsblatt resümiert er:

„Die Isotopenalter werden von der Geo-Gemeinde inzwischen fast ausnahmslos als reale Alter bzw. reale Zeiträumen dargestellt und kommuni-

³ www.wort-und-wissen.de/loseblattsammlung/4-10_Die_Grundfrage_radiometrischer_Altersbestimmung_v1403.pdf

ziert; 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.⁴

Da sich der Kreationismus auch im universitären Umfeld positioniert und dort für Verwirrung stiftet, soll dies hiermit geschehen. Der vorliegende Beitrag nimmt KOTULLAS Kritik zum Anlass zu untersuchen, ob die These, Halbwertszeiten seien variabel, wissenschaftlich vertretbar ist und wie zuverlässig radiometrische Methoden tatsächlich sind. In unregelmäßigen Abständen erscheinen weitere Beiträge, in denen KOTULLAS Kritik an anderen Datierungsmethoden untersucht wird.

Variable Halbwertszeiten und bewohnbare Universen

Die Behauptung, die Konstanz der Halbwertszeiten radioaktiver Nuklide sei nicht erwiesen, ist aus verschiedenen Gründen ein sehr schwaches Argument. Was die Kreationisten geflissentlich übergehen: Wären die Halbwertszeiten (bzw. Zerfallskonstanten) früher nennenswert verschieden von den heutigen Werten gewesen, hätten sich auch die Verhältnisse der vier Grundkräfte der Physik zueinander fundamental verändert. Die Halbwertszeit eines „Alpha-Strahlers“ wie Uran-238 beispielsweise hängt vom Verhältnis der *starken Kernkraft* zur so genannten Coulomb-Wechselwirkung (*elektromagnetischen Abstoßung*) der Protonen im Kern ab. Eine nennenswerte Verkürzung der Halbwertszeit – ein erforderlicher Schritt, um die geologische Zeitmessung mit den Annahmen des Kreationismus in Einklang zu bringen – würde entweder eine Verringerung der starken Kernkraft oder eine Erhöhung der elektromagnetischen Abstoßung voraussetzen.

Wäre aber die starke Wechselwirkung nur um wenige Prozent schwächer, wäre Wasserstoff das einzige Element im Universum (MCGRATH 2001, 217). Schwerere Elemente wären instabil, Sterne (typische Fusionsreaktoren) hätten sich nie gebildet. Wäre dagegen die elektromagnetische Kraft nur ein klein wenig stärker, wäre der gesamte Wasserstoff im Universum innerhalb weniger Jahre in Helium umgewandelt worden – langlebige Sterne wie die Sonne könnten nicht existieren.

⁴ www.wort-und-wissen.de/loseblattsammlung/4-01_Radiometrische_Methode_Uebersichtsblatt_v1403.pdf

In den meisten Fällen also würden Schwankungen der Halbwertszeiten um bereits wenige Prozent zu einem instabilen, lebensfeindlichen Kosmos führen; analoge Überlegungen lassen sich auch für andere Formen des radioaktiven Zerfalls wie den „Beta-Zerfall“ anstellen.

Gemessen an elementaren Zusammenhängen der Physik gibt es also keinen Spielraum für eine deutliche Veränderung der Halbwertszeiten radioaktiver Nuklide. Eine „isolierte“ Erhöhung oder Erniedrigung der Zerfallskonstanten ist kaum möglich, ohne das filigrane Netz der Naturgesetze und -Konstanten in fataler Weise aus der Balance zu bringen. Es gibt nur eine Zerfallsart, auf die das nicht zutrifft, nämlich den Zerfall über Elektroneneinfang (*electron capture*).

Eine Ausnahme: Der Mechanismus des *electron capture*

Beim Elektroneneinfang wird ein Elektron aus der Atomhülle vom Atomkern aufgenommen, sodass sich ein Proton in ein Neutron und ein Neutrino verwandelt. Diese Halbwertszeit kann sich dramatisch ändern, wenn Elektronen aus der Hülle entfernt werden. Man denke an das extreme Beispiel, dass alle Elektronen aus der Hülle entfernt wurden. In diesem Fall liegt ein „nackter“ Atomkern vor. Dieser kann nicht mehr über Elektroneneinfang zerfallen, da kein Hüllenelektron mehr vorliegt. Die Halbwertszeit wird unendlich und der Kern stabil. Dieses Phänomen wurde experimentell an der GSI 1996 in einem Speicherringexperiment beobachtet (vgl. BOSCH et al.1996). Diese Zerfallsart ermöglicht sogar eine von anderen radiometrischen Datierungsmethoden unabhängige Altersbestimmung des Universums, womit wir wieder bei der Widerlegung des Dogmas vom 10.000 Jahre alten Kosmos angelangt wären...

Wenn Ozeane verdampfen

Nehmen wir *pro forma* einmal an, dass die Halbwertszeiten radioaktiver Nuklide früher tatsächlich um mehrere Größenordnungen niedriger lagen als heute. Welche Auswirkungen hätte dies auf die Erde gehabt? Man kann sich leicht ausrechnen, um welchen Faktor die bei radioaktiven Zerfällen freiwerdende Energie (Bindungsenergie der Nukleonen) höher sein müsste, um die Ergebnisse der Zeitmessung mit den Aussagen der Bibel zu harmonisieren: Da sich das Erdalter auf rund 4,56 Milliarden Jahre datieren lässt, die Welt nach Ansicht des Kreationismus jedoch nur 10.000 Jahre alt ist, wäre eine Verkürzung der Halbwertszeit um fast sechs Zehnerpotenzen (*Faktor eine Million*) erforderlich. Auch die Zerfallsleistung (Energie pro Zeit) würde um diesen riesigen Faktor anwachsen.

Knapp die Hälfte der Erdwärme stammt heute aus dem Zerfall radioaktiver Elemente. Die Leistung, die aus dem radioaktiven Zerfall resultiert, beträgt rund $2 \cdot 10^{13}$ Watt, also 20 Terawatt (GANDO et al 2011). Einen Erdradius von 6.370 km zugrunde gelegt, liegt die geothermische Leistungsdichte des radioaktiven Zerfalls bei etwa 0,040 Watt (40 mW) pro Quadratmeter Erdoberfläche. Eine um sechs Größenordnungen höhere Zerfallsleistung entspräche demnach einer Wärmeleistung von 40.000 W (40 kW) pro Quadratmeter Erdoberfläche.

Wenn man sich vergegenwärtigt, dass dieser Wert ziemlich genau der Leistungsdichte einer modernen Ceranfeld- oder Herdplatte entspricht, kann man sich leicht ausmalen, was passieren würde: Die Ozeane würden innerhalb kürzester Zeit zu kochen beginnen und verdampfen. Anschließend würde sich die Erde allmählich bis zur Weißglut erhitzen und lange davor jede Lebensform vernichtet haben. Jeden Wassers beraubt, das die enorme Hitze aus dem Erdinneren aufnehmen könnte, würde die Erde schließlich selbst verdampfen (ROGNSTAD 2005).

Kurzum: **Der Versuch, radiometrische Datierungen durch willkürliche Annahmen auf ein „biblisches Alter“ herunter zu korrigieren, liegt wissenschaftlich gesehen nicht annähernd im Bereich des Möglichen** - zumindest, solange die Gesetze der Physik Gültigkeit haben.

Mitte des 20. Jahrhunderts gab es ähnliche Überlegungen seitens des Physikers und Nobelpreisträgers Paul DIRAC. Er opferte die Konstanz elementarer Naturgesetze, etwa der Gravitationskonstante. Seine Hypothese hatte nicht lange Bestand, denn Berechnungen zeigten ebenfalls, dass unter seinen Annahmen die Ozeane hätten verkochen müssen (BARROW 2011, 106). Unter der Titelzeile „DIRAC lässt Ozeane kochen“ spitzten diverse Medien das Problem polemisch zu. Danach wurde die Idee verworfen. Sie erinnert an das Bestreben des Kreationismus, an Zerfallskonstanten beliebig herum zu manipulieren, bis die Geologie „zur Bibel passt“. „Kreationisten bringen die Meere zum Kochen“ wäre auch hier der passende Slogan.

DIRAC zog die Lehren aus seinem Irrtum, der Kreationismus jedoch hat immer den weltanschaulichen Joker des TERTULLIAN parat: „Credo, quia absurdum est!“ „Ich glaube, weil es unvernünftig ist!“ Und je absurder eine Annahme, desto fester, so scheint es, glaubt der Kreationismus daran – sofern er sich nur auf die Bibel berufen kann. So wird, um das Problem der „kochenden Ozeane“ zu lösen, vielfach die willkürliche Behauptung aufgestellt, Gott habe einfach die Zerfallsenergien auf ein Millionstel der heutigen Werte gesenkt oder die enorme Hitze auf wundersame Weise beseitigt (so SNELLING 2005, 184). Dies ist zwar physikalischer Unsinn – und jeder dieser Lösungsversuche hat Konsequenzen, die weitere,

noch absurdere Hilfsannahmen nach sich ziehen würden. Doch wie will man etwas Übernatürliches widerlegen? Mit Gottes unergründlichem Ratschluss kann man alles „beweisen“, denn es ist schlichtweg nichts mehr überprüfbar, was da über die übernatürlichen Wirkungen gesagt wird. Willkürliche Annahmen, die nur dazu dienen, ein Weltbild vor Widerlegung zu schützen, selbst aber weder begründet noch unabhängig überprüfbar sind, sind diskursiv nicht vertretbar, bestenfalls Zirkelschlüsse. So verlassen die Kreationisten vollends den Boden der Argumentation, vor allem die Ebene der Wissenschaft – was zu beweisen war.

Naturreaktoren, Meteoriten und Quasare entziehen kreationistischer Spekulation den Boden

Was KOTULLA und vielen anderen Kreationisten ebenfalls entgangen zu sein scheint, ist die Tatsache, dass die Frage nach der Konstanz der Halbwertszeiten **seit Jahren intensiv erforscht** wird. Da bestimmte Formulierungen der String-Theorie innerhalb gewisser Grenzen veränderliche Naturkonstanten nahe legen, wurde nach Möglichkeiten gesucht zu prüfen, ob dem tatsächlich so ist.

Eine Möglichkeit zur Beobachtung bot der *Naturreaktor von Oklo* (Abb. 2). Dabei handelt es sich um einen natürlich entstandenen Kernreaktor, der in einer frühen Ära der Erdgeschichte aktiv war. Im heutigen Gabun enthielt das Flusswasser des Oklo große Mengen löslicher Uran-Komplexe, die in der schlammigen Uferzone zu unlöslichen Verbindungen reduziert wurden. Im Mündungsdelta des Flusses lagerten sich so große Mengen Uran ab, dass die kritische Masse, bei der eine Kettenreaktion einsetzen kann, überschritten wurde. In umliegendes Sandgestein eindringendes Wasser bremste die Neutronen auf die für eine Kettenreaktion erforderliche Geschwindigkeit ab und „schaltete“ so den Reaktor an. Das Wasser verdampfte und sickerte anschließend wieder in das trockene Gestein ein. So wurde der Reaktor über mehrere Hunderttausend Jahre hinweg zyklisch an- und wieder abgeschaltet. Man entdeckte den Naturreaktor, nachdem festgestellt wurde, dass die Lagerstätte gegenüber den übrigen sich auf der Welt befindlichen Uranlagerstätten einen signifikant niedrigeren Gehalt an Uran-235 aufweist.

Um zu prüfen, ob sich die Halbwertszeiten im Lauf der Erdgeschichte verändert haben, braucht man nur die relativen Konzentrationen der verschiedenen Isotope in Oklo zu bestimmen und mit heutigen Isotopenverhältnismessungen zu vergleichen. Beispielsweise können Kerne des Elements Samarium-149 Neutronen einfangen, die bei der Spaltung von Uran-235 freigesetzt werden, und werden dadurch zum Isotop Samarium-150 (BOWLES 2004). Das Mengenverhältnis dieser

und anderer Isotope zueinander wird von der Geschwindigkeit des Neutroneneinfangs sowie von den Halbwertszeiten der Nuklide bestimmt. Wären die Halbwertszeiten langlebiger Nuklide früher anders gewesen, hätte man in Oklo-Proben dramatisch andere Isotopenverhältnisse vorfinden müssen als erwartet. Dem ist aber nicht so. Im Gegenteil, die Reaktionsprodukte längerer Halbwertszeit existieren in genau jenem Isotopenverhältnis, wie man es von einem Kernreaktor mit verbrauchtem Brennstoff erwarten würde. Zerfallsprodukte mit kurzer Halbwertszeit fehlen im umliegenden Gestein, was zeigt, dass der Reaktor vor 1,7 Milliarden Jahren endgültig „abgeschaltet“ wurde. Isotopenverhältnismessungen an Meteoriten bestätigen die Konstanz der Halbwertszeiten ebenfalls.

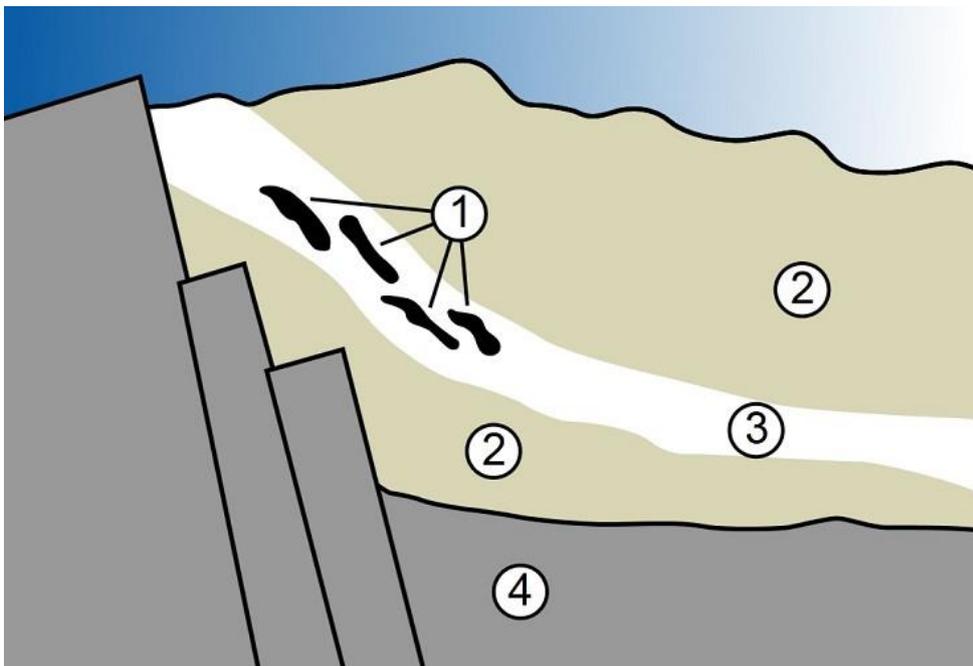


Abb. 2: Geologische Voraussetzungen des Naturreaktors in der Oklo-Mine: (1): Reaktorzone, (2): Sandstein, (3): Erzflöz, (4): Granitstock. Bild: © MesserWoland - Wikipedia (http://de.wikipedia.org/wiki/Naturreaktor_Oklo). Lizenz: CC-BY-SA-2.5, www.creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/deed.de

Es gibt weitere Möglichkeiten nachzuweisen, dass die Halbwertszeiten auf einem Niveau von etwa 10^{-16} bis 10^{-18} ihres Werts konstant geblieben sind. Dazu zählt die Beobachtung der Spektren sehr weit entfernter und somit auch sehr alter Galaxien. Die Absorptionslinien so genannter *Quasare* (Abb. 3) entsprechen jenen, die wir auch im Labor messen können. Die Übergänge hängen empfindlich vom Wert der so genannten *SOMMERFELD'schen Feinstrukturkonstante Alpha* ab, welche die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung angibt. Wie oben besprochen, beeinflusst die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung auch

die Halbwertszeiten radioaktiver Nuklide. Da die Spektren keine nennenswerten Unterschiede zeigen, sind auch die Halbwertszeiten auf hohem Niveau konstant geblieben. Die Invarianz der Feinstrukturkonstante beweist auch die Konstanz weiterer Naturkonstanten, wie etwa der Lichtgeschwindigkeit.⁵



Abb. 3: Zwei Quasare in Falschfarben-Darstellung. Als *Quasare* (quasi-stellare Objekte) bezeichnet man die Zentren „aktiver Galaxien“, die nicht nur im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums große Energiemengen abstrahlen. Sie gehören zu den entferntesten Objekten, die man kennt. Die Auswertung der Absorptionslinien in den Spektren erlaubt den Rückschluss, dass sich elementare Naturkonstanten wie die Feinstrukturkonstante, die Lichtgeschwindigkeit usw. auch im Laufe von Jahrmilliarden sowie in den entlegensten Winkeln des Universums nicht geändert haben. Bilder: NASA/ESA Hubble-Space Telescope / ESO Very Large Telescope (VLT).

⁵ Kreationisten führen oft eigene Befunde ins Feld, die auf einen *beschleunigten* radioaktiven Zerfall hindeuten sollen. Einer davon ist die Anreicherung von Helium in Zirkon-Kristallen aus einem bestimmten Gebiet. Zirkone enthalten Uran, das beim Zerfall das Edelgas Helium produziert. Diffusionsmessungen legen nahe, dass das Helium rascher aus dem Mineral entweichen sollte als es produziert wird. Ein beschleunigter Uranzerfall soll die Helium-Anreicherung erklären (VARDIMAN et al. 2005, 740). Da aber Diffusionsraten hochgradig variabel sind, ist es nicht nachvollziehbar, dass die Autoren ausgerechnet der „Diffusions-Uhr“ eine höhere Verlässlichkeit bescheinigen als radioaktiven „Uhren“. Außerdem ist die Geologie des Untergrunds, dem die Zirkone entstammen, sehr unübersichtlich, so dass auch eine Helium-Verunreinigung in Frage kommt (Isaak 2005, 155f.).

VARDIMAN et al. (2005) erwähnen eine Reihe weiterer Befunde, die sie zugunsten einer „jungen Erde“ deuten. ROGNSTAD (2005) macht dagegen deutlich, dass keiner der Befunde an der Konstanz der Halbwertszeiten und an einem hohen Erdalter rütteln kann.

KOTULLAS Einwand erlaubt kein rational-wissenschaftliches Vorgehen

„In welcher Beziehung stehen radiometrische Alter zum realen Alter?“, fragt KOTULLA suggestiv, womit gesagt wird, es sei nicht entscheidbar, ob überhaupt eine 1:1-Relation bestehe. Wie erwähnt, bezeichnet KOTULLA die Annahme, radiometrische Datierungen hätten etwas mit der Realität zu tun, als „gravierende Grenzüberschreitung“ – geflissentlich ignorierend, dass sie auf sauberen naturwissenschaftlichen (hypothetisch-deduktiven) Schließverfahren beruhen und, wie wir noch sehen werden, **selbstverständlich unabhängig überprüfbar sind!**

Wenn das Zerfallsgesetz gilt, und es ist kein einziger Fall, ja noch nicht einmal ein begründeter Verdacht bekannt geworden, dass es *nicht* gilt, *dann* liefern radiometrische Methoden prinzipiell zuverlässige Ergebnisse über das Alter von Gesteinen und historischen Ereignissen. KOTULLAS Annahme, die Zerfallskonstanten seien räumlich und zeitlich *nicht* konstant, ist lediglich eine Ad-hoc-Annahme, die nur dazu da ist, das biblisch-fundamentalistische Weltbild vor Widerlegung zu schützen. Empirisch oder theoretisch begründet ist sie nicht, im Gegenteil.

Vor allen Dingen lässt sich mit KOTULLAS Einwand alles und nichts anzweifeln; so könnte man genauso gut abstreiten, dass die Gravitationskonstante auf dem Mars oder auf einem anderen Stern gelte. Zweifelsohne nehmen alle Physiker die gleiche „gravierende Grenzüberschreitung“ vor, da sie die Universalität der Gravitationskonstante voraussetzen, obwohl augenscheinlich noch niemand diesbezüglich auf dem Jupiter oder auf dem Sirius Labormessungen durchgeführt hat. Auch *alle irdischen Laborexperimente* ließen sich mit KOTULLAS weltanschaulichen „Joker“ im Handstreich entwerten, denn eine in Fachjournals veröffentlichte Publikation zur Bestätigung des Energieerhaltungssatzes ist ja bereits Stunden nach dem Experiment wieder Makulatur! Da das Experiment *in der Vergangenheit* liegt, hätte der Erhaltungssatz nach KOTULLA'scher Lesart inzwischen schon seine Gültigkeit verlieren können. Zudem könnte eine *Labormessung* zur Geltung des Erhaltungssatzes nutzlos sein, wenn es die energetischen Verhältnisse im *Erdkern* zu beurteilen gilt. Ist es nicht genauso eine „gravierende Grenzüberschreitung“ anzunehmen, der Erhaltungssatz gelte universell?

Um es kurz zu machen: KOTULLAS Einwand erlaubt kein rational-wissenschaftliches Vorgehen. Jedweder experimentellen Rekonstruktion von Naturgesetzen wäre der Boden entzogen. Denn es gilt nicht nur bei radiometrischen Zeitmessungen, sondern in allen Naturwissenschaften der Grundsatz: **Solange nichts Fundiertes gegen die Geltung experimentell belegter, naturgesetzlicher Zusammenhänge ins Feld geführt werden kann (weder empiri-**

sche Daten, noch gut begründete theoretische Erwartungen), ist die metaphysisch sparsamste Annahme (Nullhypothese) des Naturwissenschaftlers immer die Annahme, dass das Naturgesetz bzw. die Naturkonstante in dem betreffenden Referenzrahmen *universell* gilt. Wer dies in Zweifel zieht, trägt seinerseits die Begründungslast.

Geradezu lächerlich wirkt da der belehrende Hinweis, „Wissenschaft“ müsse „kritisch sein und bleiben“. Kritik ja, aber bitteschön durch Fakten untermauert! Wo sind KOTULLAS Belege für die Variabilität der Naturkonstanten? Es gibt sie überhaupt nicht! Und wäre KOTULLA nur annähernd so kritisch wie es die Wissenschaft selbst ist, hätte er den Kreationismus über Bord geworfen, denn für die Notwendigkeit (*oder auch nur Möglichkeit!*) einer tiefgreifenden Revision radiometrischer Datierungen spricht, um es zu wiederholen, absolut nichts.

Sind radiometrische Methoden nicht unabhängig verifizierbar?

KOTULLA freilich ist nicht ungeschickt in seinem Bemühen, die Begründungslast auf die Schultern der Naturwissenschaften abzuwälzen, die seine metaphysisch aufwändige Ad-hoc-Annahme nicht teilen. Die „radiometrische Methode“, so KOTULLA, sei angeblich „nicht verifizierbar“, und dies sei „keine Nebensächlichkeit“. Mehrere Autoren lässt er zu Wort kommen, die ihm bestätigen, dass „jede andere Methode versage“, wenn es um die absolute Datierung erdgeschichtlicher Zeitabschnitte gehe.⁶ Stehen geochronologische Altersangaben also im luftleeren Raum? Stehen uns wirklich keine Möglichkeiten offen, die sich nach Jahrmilliarden bemessenden Zeiträume kosmischer und irdischer Existenz unabhängig von der Geochronologie auf Plausibilität zu prüfen?

Dass KOTULLA hauptsächlich Autoren aus den 1920er bis 1960er Jahren zitiert, ist bezeichnend, denn in der Wissenschaft hat sich seitdem viel getan, was alternative Datierungsmethoden und ihre wechselseitige Überprüfung angeht.

Es gibt zahlreiche Methoden, um die Größenordnungen geologischer Zeiträume unabhängig von radiometrischen Datierungen zu bestätigen. Beginnen wir mit ein paar einfachen Beispielen: Die **Kontinentaldrift** liegt bei wenigen Zentimetern pro Jahr. Damit sich Kontinente um Tausende von Kilometern verschieben und ganze Gebirge auffalten können, braucht es sehr viel Zeit: Hunderte von

⁶ www.wort-und-wissen.de/loseblattsammlung/4-22_Radiometrische_Methode_nicht_verifizierbar_v1403.pdf

Jahrmillionen. Ein Mechanismus, der dies auch „kataklismisch“ – im Rahmen weniger Tausend Jahre – erklären könnte, ist nicht bekannt.

Ein besonders schönes Beispiel ist die **Bremmung der Erdrotation durch den Mond**. Anhand mancher Sedimente lässt sich nachweisen, dass ein Jahr früher deutlich mehr Tage hatte als heute bzw., dass die Tage kürzer waren. Als „Tageszähler“ dienen Fossilien Kalk ausscheidender Organismen wie Korallen, Muscheln und Stromatolithen. Interessant dabei ist, dass die Rate der Kalkfällung bei Korallen täglichen und jährlichen Schwankungen unterliegt. Bei Muscheln erfolgt die Kalkabscheidung nur während der Öffnung; sie variiert täglich und halbmonatlich. Es ergibt sich demnach ein periodisches Muster; die Anzahl der Tagesringe pro Jahr können in fossilen Korallen und Muscheln einfach ausgezählt werden. Zählt man beispielsweise die Tagesringe von Fossilien aus dem Devon, findet man, dass ein Jahr damals etwa 400 Tage hatte, ein Tag somit 22 Stunden (Abb. 4). Zu Beginn des Kambriums zählt man im Mittel 428 Tagesringe pro Jahr (LÖTHER 2004, 78), was einer Tageslänge von 20,5 Stunden entsprach.

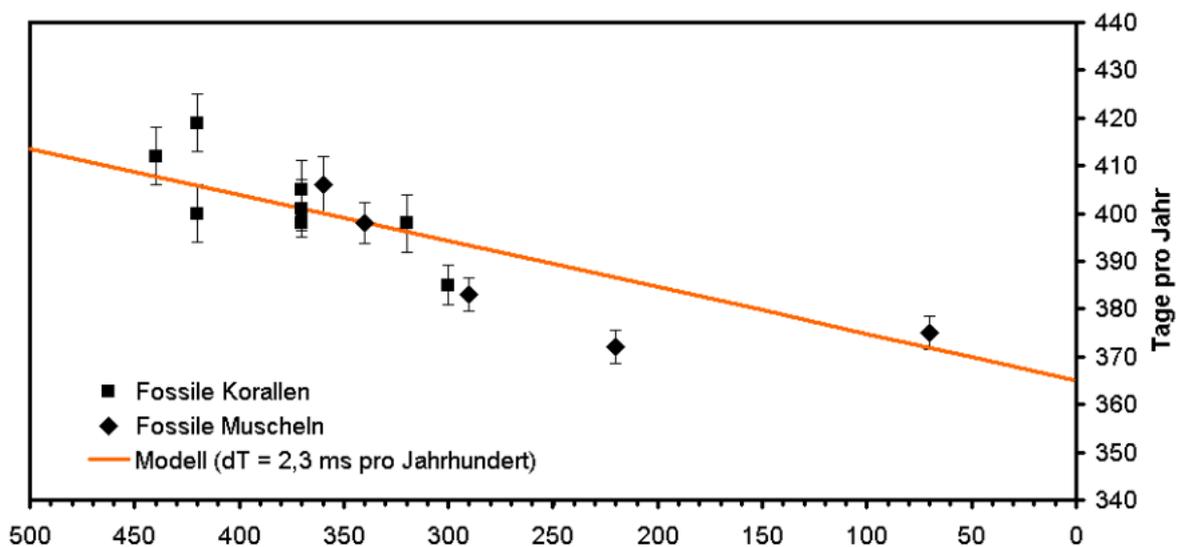


Abb. 4: Anzahl der Tagesringe pro Jahr in fossilen Korallen und Muscheln.

Bild: © Thomas KLÜGEL (2006), geodätisches Informationszentrum Wettzell.
www.giz.wetzell.de/Vortraege/Erdrotation/Rotation_Erde.pdf

Wie ermittelt man daraus das Alter der Sedimente? Durch Auswertung zahlreicher Beobachtungen aus den letzten 3000 Jahren sowie durch Bestimmung der Zunahme der Mondentfernung (3,8 cm pro Jahr) mittels Laser und Reflektoren lässt sich berechnen, wie stark die Verzögerung der Erdrotation durch Gezeitenreibung ungefähr ist: Im Durchschnitt werden die Tage pro Jahrhundert um rund

2 Millisekunden länger (STEPHENSON 2007, 44). Berechnet man anhand dieses Werts, wieviel Zeit verstrichen ist, seit der Tag nur 20,5 bzw. 22 Stunden hatte, erhält man bis auf 15 Prozent genau den allgemein akzeptierten Zeitpunkt des Kambrium-Beginns von vor 545 Millionen Jahren sowie das Alter der Sedimente des Devons von 350 bis 400 Millionen Jahren. Was zu belegen war.⁷

Um die Zuverlässigkeit der Größenordnungen zu beurteilen, die geochronologische Datierungsmethoden durch Isotopenzerfall liefern, kann man sich auch astronomischer und kosmologischer Methoden bedienen. Das Alter von Sternen beispielsweise ermittelt man üblicherweise über ihren *thermonuklearen Zyklus*, das heißt über die nukleare Energieerzeugung. Die Berechnungen sind kompliziert, man benötigt dafür Massen- und Druckgleichungen, Gleichungen über den Energietransport usw. Anhand physikalischer Modelle lässt sich allerdings klar ermitteln, wie lange es dauert, bis ein Stern (in Abhängigkeit von seiner Masse) seinen Wasserstoffvorrat aufgebraucht hat.

Nach HERTZSPRUNG und RUSSELL besteht für die meisten Sterne eine mathematisch präzise Beziehung zwischen ihrer absoluten Helligkeit, Masse und Oberflächentemperatur (Spektraltyp): Je massereicher ein Stern ist, desto höher ist seine Oberflächentemperatur. Und je höher seine Temperatur ist, desto höher ist sein Energieumsatz und desto heller leuchtet er. Trägt man in einem Diagramm die absolute Helligkeit (in Magnituden) gegen die Oberflächentemperatur bzw. den Spektraltyp auf, liegen die meisten Sterne entlang eines schmalen Bandes, der so genannten „Hauptreihe“. Dort verweilt der Stern die meiste Zeit und fusioniert Wasserstoff in Helium. Anschließend verlässt er die Hauptreihe und entwickelt sich zu einem so genannten *Roten Riesen*. Dieser Sterntyp entsteht, wenn „Normalsterne“ einen bestimmten Teil ihres nuklearen Brennstoffs verbraucht haben und auf das so genannte *Heliumbrennen* umsteigen. Dieser Punkt wird umso schneller erreicht, je größer die Anfangsmasse des Sterns war. Physikalischen Berechnungen zufolge entwickeln sich Sterne mit der Masse unserer Sonne nach etwa 11 Milliarden Jahren zu einem roten Riesen. Folglich sind

⁷Zwar ist die Verzögerung der Erdrotation durch die Gezeitenwelle über Jahrtausende hinweg gewissen Schwankungen unterworfen, da sie maßgeblich von der Geometrie der Ozeanbecken beeinflusst wird. In guter Näherung lässt sich aber eine konstante mittlere Verzögerung vertreten, da die mittlere Abnahme der Zahl der Tagesringe pro Jahr in fossilen Muscheln und Korallen relativ gleichförmig ist: Beim Übergang von einer geochronologischen Periode zur nächsten differiert die Tageslänge um durchschnittlich etwa 25 Minuten. Auch Simulationsrechnungen zeigen, dass der Impulsübertrag von der Erde zum Mond (gemessen als Mondstanzänderung pro Jahr) in den letzten 600 Millionen Jahren nur etwa um den Faktor 1,7 schwankte (NERGE 2012).

Sternhaufen, die masseärmere Sterne dieses Typs enthalten, entsprechend älter.

Durch systematische Untersuchungen von Sternhaufen fand man nun heraus, dass eine Massenuntergrenze existiert, das heißt, man findet keine Roten Riesen, die eine bestimmte Masse unterschreiten, weil sie dann älter sein müssten als das Universum. Die Altersdaten, die man für die massenärmsten Roten Riesen ermittelt hat, sind für den Kreationismus nicht weniger schwer verdaulich als radiometrische Daten. Als Resultat findet man, dass die ältesten Sterne bzw. Sternhaufen zwischen 10 und 14 Milliarden Jahre alt sind. Bis vor wenigen Jahren lagen die Alter aus Kugelsternhaufen-Bestimmungen zwar deutlich über diesen Werten, doch Verbesserungen in den Sternmodellen und den Methoden zur Altersbestimmung haben diese Diskrepanz aufgehoben. **Und die Daten decken sich voll und ganz mit den Größenordnungen, die radiometrische Datierungen liefern!**

Der zweitälteste Stern ist HE 1523-0901 mit einem Alter von 13,2 Mrd. Jahren. Sein Alter wurde über die Zerfallsreihe von Uran und Thorium in Kombination mit Neutroneneinfang bestimmt. Es ist wiederum vergleichbar mit jenem Alter, das man mit ganz anderen Methoden für das Universum bestimmt hat, beispielsweise aus seiner Expansionsgeschichte oder der Analyse des kosmischen Mikrowellenhintergrundes. Durch Auswertung der Daten, welche die Raumsonden WMAP und PLANCK geliefert haben, lässt sich das Alter des Kosmos sehr präzise auf $13,80 \pm 0,04$ Milliarden Jahren bestimmen. Diese Zahl passt zu dem Alter, welches man für die ältesten Sterne ermittelt hat.

Wie man es auch dreht, der Kreationismus steht auf verlorenem Posten. Denn die Datierungsverfahren sind derart konsistent, dass es an ihrer Zuverlässigkeit nichts zu kritteln gibt. Wo dies bestritten und behauptet wird, Gott habe vor wenigen Jahrtausenden die Sternhaufen erschaffen, verlieren alle empirischen Daten an Bedeutung. In diesem Fall würde sich das konsistente Theoriennetz der Naturwissenschaft verflüchtigen – und mit ihm das rationale Begreifen der Welt.

Fehlerhafte Datierungen, die gibt es freilich

Wenn wir von „fehlerhaften Datierungen“ sprechen, sind damit *nicht* Fehler im Rahmen der üblichen Messungenauigkeit gemeint, also *zufällig* auftretende Schwankungen der Messgrößen um den wahren Wert, die bei allen Messverfahren auftreten. Vielmehr sind dies *systematisch* auftretende Abweichungen weit jenseits der üblichen Fehlergrenzen, die sich auch nicht bei wiederholter Messung

im Mittel aufheben („heraus mitteln“). Fehler entstehen beispielsweise durch Verunreinigung mit oder Verlust von Nukliden, die für die Altersbestimmung benutzt werden. Es kann auch nie ausgeschlossen werden, dass das „Tochter-Nuklid“ bereits in einer bestimmten Anfangs-Konzentration im zu datierenden Gestein vorlag, die *nicht* auf radioaktiven Zerfall zurück zu führen ist. In diesem Fall würde die allgemeine Datierung ein zu hohes Alter liefern.

Man wundert sich, dass KOTULLA nicht auf solche Fehlerquellen verweist, wie es andere vor ihm taten. Er tat gut daran, darauf zu verzichten, denn es gibt einige elegante Methoden, um solche Fehler zu erkennen und zu eliminieren. Mithilfe der so genannten *Isochron-Methode* beispielsweise können die hier erwähnten Probleme der allgemeinen Datierung vermieden werden (STASSEN 1997). Systematische Fehler können freilich auch mit dieser Methode auftreten, denn es gibt bekannte Vorgänge, die zu falschen Isochron-Altern führen können. Die große Mehrzahl der Ergebnisse von Isochron-Datierungen stimmt jedoch mit den bereits bekannten Daten über Alter und Geschichte der Erde überein.

Alles in allem sind Fehler bei der Datierung also beherrschbar. Sie lassen sich oft durch Maßnahmen wie den Einsatz der Isochron-Methode, durch mehrfache Probenahme, die Verwendung von Standards sowie durch Mehrfachdatierung mittels verschiedener radiometrischer „Uhren“ ausmerzen. Manchmal geschieht dies erst lange nach erfolgter Publikation. Einige Berühmtheit erlangte ein Fall, wonach eine etwa 200 Jahre alte Vulkanlava um mehrere Jahrmillionen fehldatiert wurde. Solche Einzelfälle sind es dann, die von den Kreationisten selektiv in den Mittelpunkt ihrer Betrachtungen gerückt werden, um den Eindruck zu erwecken, radiometrische Datierungen seien *systematisch* unzuverlässig. Dass die große Mehrheit der Datierungsergebnisse dagegen stimmig ist, wird oft übergangen.

Doch selbst wenn sich die Einzelfälle mehren würden, würde dies dem Kreationismus nichts nützen! **Die einzige erfolgversprechende Strategie wäre nachzuweisen, dass alle radiometrischen Methoden systematisch um mehrere Größenordnungen zu hohe Altersdaten liefern.** Damit bürdet sich der Kreationismus eine Beweislast auf, die er nicht schultern kann.

Fazit: Die Zuverlässigkeit radiometrischer Bestimmungsmethoden ist nicht wissenschaftlich anfechtbar...

... denn sonst hätten sich längst derart viele Inkonsistenzen ergeben, dass der Versuch, erdgeschichtliche und kosmische Ereignisse auch nur halbwegs einheitlich zu datieren, im Ansatz stecken geblieben wäre. Die verschiedenen kosmi-

schen und geochronologischen Datierungsmethoden führen unabhängig voneinander mehr oder weniger zu denselben Altersangaben, die wir heute für die Erde, die ältesten Sterne und Sternhaufen sowie den Kosmos – teils bis in den Promille-Bereich genau – ermittelt haben.

Die folgende Auflistung zeigt die Resultate einiger radiometrischer Altersbestimmungen von Meteoritenbestandteilen sowie von Gestein bzw. Mineralien von Erde und Mond (Abb. 5). Die Ergebnisse repräsentieren die Entstehungsalter unseres Sonnensystems sowie von Mond und Erde.

Proben	Methode	Ermitteltes Alter [in Millionen Jahren] Mittelwerte ± Messfehler		
Meteoriten, DALRYMPLE 1991				
Allende	Ar/Ar	4520 ± 20	4530 ± 20	4480 ± 20
Angra dos Reis	Sm/Nd	4550 ± 40	4560 ± 60	
Moama	Sm/Nd	4460 ± 30	4520 ± 50	
Mundrabilla	K/Ar	4500 ± 60	4570 ± 60	4540 ± 40
Saint Severin	K/Ar	4430 ± 40	4380 ± 40	4420 ± 40
Weekeroo Station	K/Ar	4540 ± 30		
Meteoriten (Chondren/CAIs), AMELIN et al. 2002, SCOTT 2007		Alter des Sonnensystems		
Acfer 059	Pb/Pb	4564,7 ± 0,6		
Efremovka	Pb/Pb	4567,2 ± 0,6		
NWA 1296	Pb/Pb	4566,2 ± 0,1		
Shallowater	Pb/Pb	4563,3 ± 0,4		
Mond, KLEINE et al. 2005				
Gestein	Hf/W	4527 ± 10		
Erde, WILDE et al. 2001		Alter der Erdkruste		
Zirkone	U/Pb	4408 ± 8		

Abb. 3: Durchschnittliche Alterswerte verschiedener Meteoriten-Bestandteile sowie Mineralien und Gesteinsproben von Erde und Mond. Die „Methode“ gibt an, welche Nuklide für die Altersbestimmung herangezogen wurden (z. B. „K/Ar“ für den radioaktiven Zerfall von Kalium-40 zu Argon-40).

Wie man sieht, führen die verschiedensten radiometrischen Methoden (z.B. die Kalium-Argon-Methode, Uran-Blei-Methode, die Samarium-Neodym-Methode usw.) auch bei sehr unterschiedlichen Meteoriten- und Gesteinsproben immer wieder zu dem allgemein akzeptierten Alter von Erde, Mond und Sonnensystem. Man beachte insbesondere im Vergleich mit den Daten von DALRYMPLE (1991), dass die Datierungen im Laufe der Zeit immer präziser wurden.

Würden all diese Rekonstruktionen keine realen Ereignisse bzw. Zeiträume widerspiegeln, wäre die Übereinstimmung der ermittelten Altersangaben nicht zu erklären. Denn warum sollten sich die Zerfallskonstanten der verschiedenen für die Altersdatierung verwendeten Nuklide (Uran-235, Uran-238, Kalium-40, Neodym-147 usw.) im Laufe der Zeit ausgerechnet immer so verändert haben, dass man voneinander unabhängig immer die gleichen übereinstimmenden Altersdaten für bestimmte Gesteine oder Ereignisse erhält? Vernünftige Erklärungen dafür hat man von KOTULLA und andere Kreationisten jedenfalls noch nicht gehört.

Und wie ist es zu erklären, dass Altersbestimmungen, die *nicht* auf radiometrischen Datierungen beruhen, wie die Auszählung von Tagesringen pro Jahr bei fossilen Korallen und Muscheln, die Ermittlung der Geschwindigkeit der Kontinentaldrift, die Auswertung des kosmischen Mikrowellenhintergrundes, Warvenanalysen usw. in schöner Regelmäßigkeit die radiometrischen Ergebnisse bestätigen? Es ist wahr: Jede einzelne dieser Methoden ist fehleranfällig. Aber dass sich die Fehler in der Regel so „heraus mitteln“, dass ein einheitliches, in sich stimmiges Bild der Erdgeschichte und kosmischen Entwicklung entsteht, obwohl es sich doch angeblich um illusionäre Zeiträume handelt, ist eines der größten ungelösten Rätsel des Kreationismus.

Der Kreationismus ist nicht nur mit der Evolutionsbiologie, sondern mit praktisch allen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen aus Geologie, Relativitätstheorie und Kernphysik unvereinbar. Er ist eine irrationale, wissenschaftsfeindliche Strömung, unter der ein vernünftiges Betreiben von Naturwissenschaft kaum möglich ist.

Danksagung

Für hilfreiche Sachhinweise danke ich ganz herzlich Prof. Klaus BLAUM vom Max-Planck-Institut für Kernphysik Heidelberg, PD Dr. Josef GABNER von der Ludwig-Maximilians-Universität München sowie Dr. Thomas KLÜGEL vom Geodätischen Observatorium Wettzell. Prof. Andreas BEYER, Dr. Hansjörg HEMMINGER, Wolfgang JÄHNIG sowie Dr. Peter KAISER danke ich für kritisches Gegenlesen.

Literatur

- AMELIN, Y. et al. (2002) Lead isotopic ages of chondrules and calcium-aluminum-rich inclusions. *Science* 297, 1678–1683.
- BARROW, J.D. (2011) *Das Buch der Universen*. Campus-Verlag, Frankfurt.
- BOSCH, F. et al. (1996) Observation of bound-state-beta-decay of full ionized Re-187: Re-187 – Os-187 cosmochronometry. *Physical Review Letters* 77, 5190–5193.
- BOWLES, C. (2004) If the speed of light can change.
www.eurekalert.org/pub_releases/2004-06/ns-its063004.php
- DALRYMPLE, G.B. (1991) *The age of the earth*. Stanford University Press, Stanford.
- GANDO, A.; DWYER, D. A.; MCKEOWN, R. D.; ZHANG, C. (2011) Partial radiogenic heat model for Earth revealed by geoneutrino measurements. *Nature Geoscience* 4, 647–651.
- KLEINE, T. et al. (2005) Hf-W chronometry of lunar metals and the age and early differentiations of the moon. *Science* 310, 1671–1674.
- LÖTHER, R. (2004) *Zeit und Evolution der Lebewesen*. *Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät* 68, 67–78.
- MCGRATH, A. (2001) *Naturwissenschaft und Religion*. Freiburg.
- ISAAK, M. (2005) *The Counter-Creationism handbook*. University of California Press. Claim CD015: www.talkorigins.org/indexcc/CD/CD015.html
- NERGE, P. (2012) *GeOGEM - Modellrechnungen zu den Gezeiten früherer Ozeane und zur Geschichte des Erde-Mond-Systems*.
www.unistuttgart.de/gi/research/Geodaetische_Woche/2012/Session02/Nerge_GW2012.pdf. Zugr. Am. 31.05.2014.
- ROGNSTAD, M. (2005) *Creationism and accelerated decay*.
http://apps.usd.edu/esci/creation/age/content/creationism_and_young_earth/accelerated_decay.html. Zugr. a. 26.05.2014.
- SCOTT, E.R.D. (2007) Chondrites and the protoplanetary disk. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 35, 577–620.
- SNELLING, A. (2005) Radiohalos in granites: Evidence for accelerated nuclear decay. In: VARDIMAN, A. et al. (Hg.), 101–208.
- STASSEN, C. (1997) *Datierung nach der Isochron-Methode*. Ins Deutsche übertragen von Thomas WASCHKE. www.waschke.de/twaschke/artikel/isochron/isochron.htm. Zugr. a. 26.05.2014.
- STEPHENSON, R.F. (2007) Warum die Tage länger werden. *Spektrum der Wissenschaft* 10, 44.
- VARDIMAN, L.; SNELLING, A.; CHAFFIN, E. (2005) *Radioisotopes and the age of the earth, Volume II*. Institute for Creation Research. El Cajon, California.
- WILDE, S. A. et al. (2001) Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the earth 4.4 Ga ago. *Nature* 409, 175–178.

Letzter Stand: 26.06.2014