

# UNTERRICHTS MATERIALIEN

Biologie Sek. II



Mit welchen Uhren messen wir erdgeschichtliche Zeitalter?  
Datierungsmethoden der Evolutionsbiologie

## Impressum

RAABE UNTERRICHTS-MATERIALIEN Biologie Sek. II

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Für jedes Material wurden Fremdrechte recherchiert und angefragt. Sollten dennoch an einzelnen Materialien weitere Rechte bestehen, bitten wir um Benachrichtigung.

In unseren Beiträgen sind wir bemüht, die in Experimenten verwendeten Substanzen mit den entsprechenden Gefahrenhinweisen zu kennzeichnen. Dies ist ein zusätzlicher Service. Dennoch ist jeder Experimentator selbst angehalten, sich vor der Durchführung der Experimente genauestens über das Gefährdungspotenzial der verwendeten Stoffe zu informieren, die nötigen Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen sowie alles ordnungsgemäß zu entsorgen. Es gelten die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sowie die Dienstvorschriften der Schulbehörde.

Dr. Josef Raabe Verlag GmbH  
Ein Unternehmen der Klett-Gruppe  
Rotebühlstraße 7  
70178 Stuttgart  
Telefon +49 711 62900-0  
Fax +49 711 62900-60  
meinRAABE@raabe.de  
www.raabe.de

Produktion: Jene Zörlein  
Satz: Böser Medien GmbH & Co. KG, Karlsruhe

Illustrationen: Hans Schumacher

Bildnachweis Titel: Getty Images Plus/iStock/Studio Serge Aubert

Konzept: Josef Mayer

# Mit welchen Uhren messen wir erdgeschichtliche Zeitalter?

## Methodisch-didaktische Hinweise

Die Frage „Mit welchen Uhren messen wir erdgeschichtliche Zeitalter“ geht auf Fragen der zeitlichen Entwicklung des Lebens auf der Erde zurück. Verschiedene Datierungsmethoden ermöglichen es, diesen Fragen auf den Grund zu gehen. Schon im 17. Jahrhundert gab es die Vermutung, dass die Erde und das Leben auf der Erde wesentlich älter waren als bisher gedacht. Mit der Formulierung des „Stratigrafischen Grundgesetzes“ und dem Erkenntnis, dass es sich bei Fossilien um Überreste von Lebewesen vergangener Zeiten handelt, wurde die Grundlage für die Einteilung geologischer Erdzeitalter gelegt. Der Vorschlag Rutherfords, den Zerfall radioaktiver Substanzen als absolutes Zeitmaß zu verwenden, war für den Beginn der Bestimmung von Erdzeitalter wesentlich. Radiometrische Messungen sind heute wichtige Methoden zur Erforschung des Alters von Fossilien und Gesteinen. Neben radiometrischen Techniken gibt es noch weitere Methoden. An dieser Stelle soll jedoch nur noch auf die molekulare Uhr, eine molekularbiologische Methode der Zeitbestimmung, eingegangen werden.

Das Unterrichtsmaterial ist als Lernaufgabe konzipiert. Da das Thema insgesamt sehr umfangreich ist, sind die ausgewählten Techniken der Altersbestimmung exemplarischer Natur. Ziel ist eine vertiefte Auseinandersetzung mit den verschiedenen Datierungsmethoden. Es bietet sich an, die Aufgabe zu Beginn der Unterrichtseinheit zur Evolutionsbiologie einzusetzen, da durch die verschiedenen Datierungsmethoden entscheidende Belege für den Ablauf evolutionärer Prozesse auf dem Planeten generiert werden konnten. Kompetenzen, mit welchen Techniken Erkenntnisse zur Geschichte des Lebens in den Teildisziplinen Evolution und Paläontologie gewonnen werden, und welche Grenzen diese Methoden haben, sind für ein vertieftes Verständnis der synthetischen Evolutionstheorie von Bedeutung.

Die heutige Evolutionstheorie wird durch zahlreiche wissenschaftliche Belege diverser Teildisziplinen gestützt. Naturwissenschaftler sind heute überzeugtere Darwinisten, als es Darwin selbst war. Zentrale Aussagen der Theorien des Kreationismus und des Intelligent Design sollten ggf. diskursiv aufgegriffen und an den wissenschaftlichen Erkenntnissen der evolutionsbiologischen Forschung gemessen werden. Wissenschaftliche Theorien unterscheiden sich von ideologisch gefärbten Theorien dadurch, dass sie keine reinen Gedankengebäude sind, sondern auf streng nach den Regeln der Naturwissenschaften geprüften Fakten beruhen und diese nach den Grundsätzen der Logik erklären.

Die Teilaufgaben dieser Einheit können sowohl in einer geschlossenen Unterrichtseinheit als auch separat eingesetzt werden. Zentral ist der Unterrichtsabschnitt M 2, in dem die radiometrischen Datierungsmethoden behandelt werden. Einige Erkenntnisse aus diesen Teilaufgaben werden wiederholt benötigt. Insbesondere die Inhalte von M 7 und M 8 können auch zu anderen Zeitpunkten in einer Unterrichtsreihe zur Evolution eingesetzt werden.

Zur Leistungsüberprüfung werden auf dieses Unterrichtsmaterial genau abgestimmte Klausuren mit verschiedenen Schwerpunkten angeboten:

- I. 3.6** Radiometrische Altersbestimmung – Leistungskontrolle zum Fossilfund KNM-ER 1470
- G. 3.69** Molekulare Uhren – Leistungskontrolle zu Datierungsmethoden der Evolutionsbiologie

M 5 Die  $^{14}\text{C}$ -Methode

Eine Methode, die zur Bestimmung von organischen Substanzen jüngerer Datums entwickelt wurde, ist die  $^{14}\text{C}$ - oder Radiokarbonmethode. Mit dieser Methode lassen sich Funde mit einem Alter von 300 bis 60.000 Jahren datieren. Möglich wird die Datierung dadurch, dass Lebewesen Kohlenstoff aufnehmen. Sie nehmen dabei aus ihrer Umwelt sowohl das Isotop  $^{12}\text{C}$  als auch radioaktives  $^{14}\text{C}$  auf. Radioaktive Kohlenstoffisotope werden in der Atmosphäre fortwährend in sehr geringen Mengen durch kosmische Strahlung gebildet. In der Natur ist das Verhältnis von  $^{12}\text{C} : ^{14}\text{C}$  konstant.

Durch den konstanten  $^{14}\text{C}$ -Gehalt in der Atmosphäre (gebunden in Form von  $\text{CO}_2$ ), kann auch in Lebewesen eine spezielle  $^{14}\text{C}$ -Aktivität gemessen

$$A_{sp} = 0,25 \frac{\text{Bq}}{\text{g}} = \frac{0,25}{60} = \frac{15}{3600} \frac{\text{Bq}}{\text{g}}$$

ermittelt werden. Das bedeutet, dass in 1 g Kohlenstoff in jeder Minute 15 Mal ein Kernzerfall stattfindet. In Lebewesen wird fortwährend die  $^{14}\text{C}$ -Aktivität durch Aufnahme und Abgabe von Kohlenstoff konstant gehalten. Dieser Stoffwechsel endet mit dem Tod des Lebewesens. Von da an nimmt die  $^{14}\text{C}$ -Aktivität aufgrund des radioaktiven Zerfalls stetig ab. Zur Datierung eines toten Lebewesens muss demnach nur die Aktivität der Probe bestimmt werden.

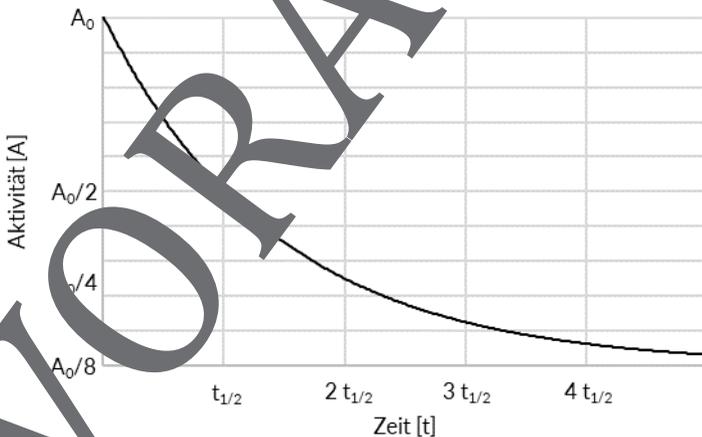


Abb. 15: Graphische Auftragung der Aktivität  $A_0$  gegen die Zeit

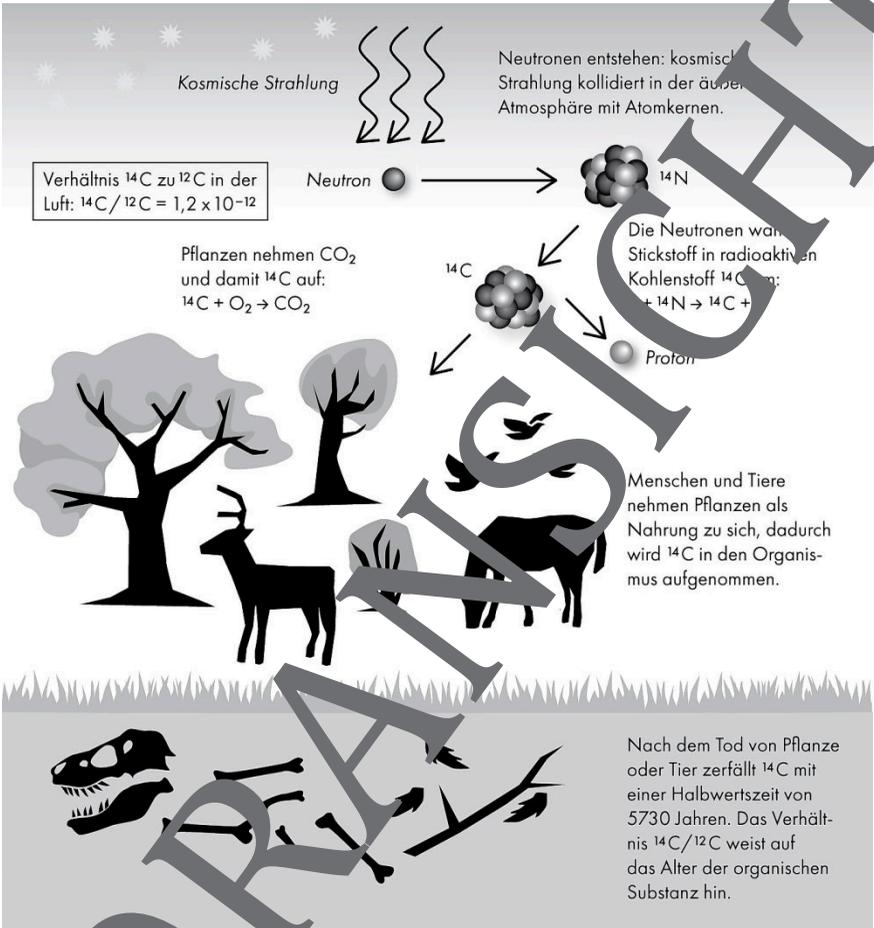


Abb. 16 Entstehung und Zerfall von  $^{14}\text{C}$  (Grafik: Hans Schumacher)

**Aufgaben**

- 1 Beschreiben und erläutern Sie die Radiokarbonmethode und ihre Grundlagen.
- 2 Stellen Sie in einem Begriffsnetz die Faktoren dar, die das Verhältnis von  $^{12}\text{C} : ^{14}\text{C}$  in der Atmosphäre beeinflussen, sowie Auswirkungen, die diese Faktoren für die Radiokarbonmethode haben könnten.
- 3 Die Mumie des 1991 gefundenen „Ötzi“ wurde mithilfe der Radiokarbonmethode erforscht. Eine Gewebeuntersuchung ergab eine spezifische  $^{14}\text{C}$ -Aktivität von  $A_{sp} \approx \frac{0,133}{s \cdot g} \approx \frac{8}{\text{min} \cdot g}$ . Bestimmen Sie rechnerisch das Alter der Mumie.

**Benötigte Formeln und Größen:**

Aktivität (A): Sie gibt die Anzahl des Kernzerfalls pro Zeiteinheit an. Das Verhältnis der Aktivität zur Masse der Probe heißt spezifische Aktivität ( $A_{sp}$ ).

$A_0$ : Spezifische  $^{14}\text{C}$ -Aktivität der Probe des Lebewesens zum Todeszeitpunkt

$A_t$ : Spezifische  $^{14}\text{C}$ -Aktivität der Probe zum Messzeitpunkt

$t_{1/2}$ : Halbwertszeit von  $^{14}\text{C} = 5730$  Jahre

$\Delta t$ : Zeit zwischen Tod und Messung

**Formel 6:**  $\Delta t = \frac{\log \frac{A_t}{A_0}}{\log 0,5} \cdot t_{1/2}$

- 4 Zur Überprüfung der Messgenauigkeit der  $^{14}\text{C}$ -Methode wurde im Jahr 2012 so vorgegangen: Es wurde ein kleines Holzstück von einer Planke des Totenschiffes, in dem 1841 v. Chr. der ägyptische Pharao Sesostri III. beerdigt wurde, untersucht. In einem Gramm Kohlenstoff aus dem alten Holzstück wurde in 36 Stunden 20.660 Mal ein  $^{14}\text{C}$ -Zerfall registriert. In einem Gramm Kohlenstoff aus frischem Holz der gleichen Art konnte in 36 Stunden 31.370 Mal ein  $^{14}\text{C}$ -Zerfall gemessen werden. Bestimmen Sie das Alter des Totenschiffs mithilfe der Radiokarbonmethode. Beurteilen Sie diese Technik mit Blick auf ihre Verlässlichkeit als Datierungsmethode.

## Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



### Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über  
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch  
SSL-Verschlüsselung

**Mehr unter: [www.raabe.de](http://www.raabe.de)**