

DIE HÖHLE

ZEITSCHRIFT FÜR KARST- UND HÖHLENKUNDE

Jahresbezugspreis: Österreich S 15,—
Deutschland DM 3,—
Schweiz und übriges Ausland sfr 3,—
Organ des Verbandes österreichischer Höhlenforscher / Organ des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher

AUS DEM INHALT:

C¹⁴-Datierung von Kalkabscheidungen (Franke, Münnich, Vogel) / Bestimmung von Paläotemperaturen mit Aragonit (Franke) / Neuere Tierfunde aus ungarischen Höhlen (Dudich) / Über Speleologie in Österreich (Hrenberg) / Die Seeriegelhöhle im Stuhleck (Trimmel) / Kurzberichte / Schriftenschau

9. JAHRGANG

MÄRZ 1958

HEFT 1

Auflösung und Abscheidung von Kalk – C¹⁴-Datierung von Kalkabscheidungen

Von H. W. Franke (Kreuzpullach), K. O. Münnich und
J. C. Vogel (Heidelberg)

Sowohl die Auflösung als auch die Abscheidung von Kalk durch das Wasser wird durch folgende chemische Reaktionsgleichung beschrieben:



Das CO₂ auf der linken Seite der Gleichung ist letzten Endes atmosphärischen Ursprungs, enthält also radioaktiven Kohlenstoff C¹⁴. Dieses C¹⁴ gelangt bei der Kalkauflösung in das entstehende Kalziumbikarbonat. Wenn der daraus abgeschiedene Kalksinter für die Zeit nach seiner Abscheidung ein abgeschlossenes System darstellt, d. h. wenn er mit seiner Umgebung chemisch nicht mehr im Austausch steht, so bleibt sein Gehalt an C¹⁴ ungestört und nimmt allein durch den radioaktiven Zerfall gesetzmäßig ab (in etwa 5000 Jahren auf die Hälfte). Eine Datierung durch C¹⁴-Analyse ist dann möglich¹.

Bei der C¹⁴-Datierung von organischem Kohlenstoff, also von Holz und ähnlichen Substanzen, ist der C¹⁴-Anfangsgehalt sehr weitgehend bekannt, denn aller Kohlenstoff von Lebewesen stammt über die Assimilation aus dem CO₂ der Atmosphäre. Die Atmosphäre enthält auf je 10¹² gewöhnliche Kohlenstoffatome (C¹²) ein radioaktives C¹⁴-Atom.

¹ Franke, H. W.: Naturw. 38, 527 (1951).

Das Verhältnis der beiden Isotope in der Atmosphäre $[C^{14}]/[C^{12}] = 1,2 \cdot 10^{-12}$ war in den letzten Jahrzehnttausenden bis auf allenfalls wenige Prozent konstant. Eine Veränderung dieses Verhältnisses beim Einbau von Kohlenstoff in einen Organismus kann nur durch Isotopen-trenneffekte, die bekanntlich sehr klein sind, eintreten; auch laufen die Lebensvorgänge, gemessen an der Halbwertszeit des C^{14} , so rasch ab, daß das Verhältnis $[C^{14}]/[C^{12}]$, welches wir kürzer oft als „ C^{14} -Konzentration“ oder „ C^{14} -Gehalt“ bezeichnen, praktisch dasselbe bleibt, bis der Organismus „stirbt“, sich von der Umwelt abschließt und zumindest keinen Kohlenstoff mehr aufnimmt. Man darf also ohne wesentlichen Fehler den C^{14} -Anfangsgehalt allen biogenen Kohlenstoffs als gleich ansehen. Wenn somit z. B. ein Stück Holz gerade halb so viel C^{14} enthält als ein anderes, so muß das erstere um die Halbwertszeit älter sein.

Nicht so einfach liegen die Dinge bei Kalksedimenten, denn hier ist der Kohlenstoff nur zum Teil atmosphärischen Ursprungs. Man würde nach der Reaktionsgleichung (1) annehmen, daß die C^{14} -Konzentration etwa halb so groß ist wie in Holz. Die andere Hälfte des Kohlenstoffs kommt aus dem Kalkstein und dieser ist praktisch C^{14} -frei, falls er nicht in den letzten Jahrzehnttausenden gebildet wurde. Eine genauere Betrachtung der Reaktion (1) zeigt aber, daß die Sache insofern etwas komplizierter ist, als Kalziumbikarbonat nur bei Vorhandensein eines Überschusses an gasförmig gelöstem CO_2 bestehen kann^{2, 3, 4}. Dadurch wird der C^{14} -Gehalt in Wasser insgesamt größer. In Abb. 1 (aus⁴) sind die Verhältnisse graphisch dargestellt. Aus dieser Darstellung ergibt sich eine ganze Anzahl sehr interessanter Folgerungen, die bereits von Bögli² gezogen wurden. Die wichtigste ist, daß Sinterbildung an das Vorhandensein von Pflanzenwuchs gebunden ist. Der Vorgang ist dieser: Auflösung von Kalk in der belebten obersten Bodenschicht, wo ein CO_2 -Gehalt der Luft von einigen Prozent CO_2 aus der Bodenatmung häufig vorkommt; Abscheidung von Kalk in einem tiefer liegenden, belüfteten Hohlraum, wo der CO_2 -Gehalt der Luft geringer ist, jedoch mindestens 0,03% (normaler CO_2 -Gehalt der Atmosphäre) beträgt. Kalkhartes Wasser mit mehr als 4⁰ temporärer deutscher Härte kann sich überhaupt nur in belebtem Boden bilden, abgesehen von Gegenden, wo vulkanisches CO_2 eine Rolle spielt. Die Existenz von größeren Sintermengen erlaubt uns also den Schluß, daß die Oberfläche zur Zeit ihrer Bildung bewachsen war.

Messungen des C^{14} -Gehaltes von hartem Grundwasser in Heidelberg³ ergaben noch höhere C^{14} -Gehalte als selbst bei Berücksichtigung des Vorhandenseins zusätzlicher stabilisierender Kohlensäure zu erwarten ist.

² Bögli, A.: Die Höhle 5, Heft 3/4, 36 (1954).

³ Münnich, K. O.: Naturw. 44, 32 (1957).

⁴ Münnich, K. O.: Dissertation Heidelberg (1957).

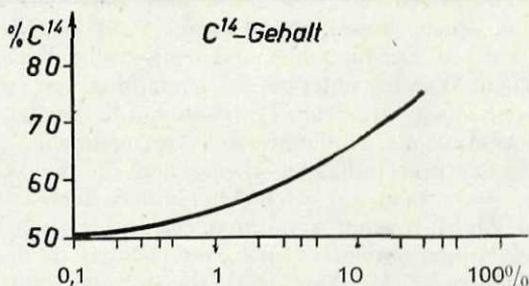
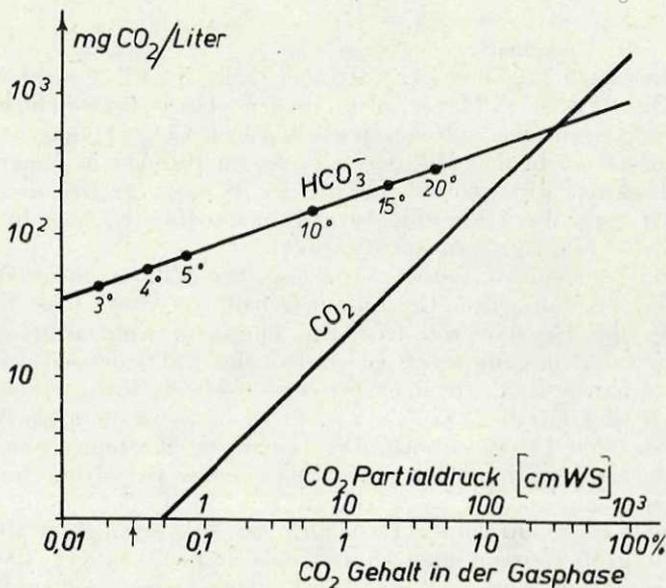


Abb. 1.

Diagramm: Gehalt des Wassers an CO_2 : als Gas gelöst = Gleichgewichts- oder „freie zugehörige“ Kohlensäure (untere Gerade) und als HCO_3^- gebunden = Bikarbonat- oder „halbgebundene“ Kohlensäure (obere Gerade), jeweils gemessen in mg CO_2 /Liter Wasser. Der gesamte CO_2 -Gehalt ist die Summe beider Werte. Die Werte gelten im Gleichgewicht unter der Voraussetzung, daß das Wasser mit CaCO_3 in Berührung steht und keine weiteren, das Gleichgewicht beeinflussenden Salze (z. B. CaSO_4 oder MgCO_3) enthält. Die Werte sind gegeben als Funktion des CO_2 -Partialdruckes über der Lösung. Als Abszissenskala ist der entsprechende prozentuale CO_2 -Gehalt (bei Atmosphärendruck) der Luft eingezeichnet. Der normale CO_2 -Gehalt der Atmosphäre ist durch einen Pfeil (0,03%) gekennzeichnet. Temperatur $\approx 15^\circ \text{C}$. Die entstehende Kalkhärte ist in [° deutsche Härte] angegeben.

Unteres Diagramm (Abszissenskala wie oben): C^{14} -Gehalt in Prozenten des Gehaltes biogenen Kohlenstoffs unter der Annahme, daß der Kohlenstoff aus dem CaCO_3 C^{14} -frei, dagegen das CO_2 aus der Gasphase biogen ist, und daß die Veränderung des C^{14} -Gehaltes im Wasser infolge Isotopenaustausches mit der Gasphase keine Rolle spielt.

Die beobachteten C^{14} -Gehalte liegen durchwegs höher.

Dies hat zwei Ursachen³:

1. Der nach Reaktion (1) aufgelöste Kalk ist selbst nicht C^{14} -frei.
2. Das Wasser steht vor allem in den oberen Bodenschichten mit überschüssig nach oben entweichenden biogenen CO_2 (Atmungs- CO_2 von den Pflanzenwurzeln und Mikroorganismen im Humus) in innigem Austausch. Dadurch wird der C^{14} -Gehalt des Wassers größer und könnte schließlich sogar den Gehalt biogenen Kohlenstoffs erreichen. In ³ und ⁴ werden diese Einflüsse genauer diskutiert.

Streng genommen müßte man also bei Kalkausscheidungen aus hartem Wasser mit einem C^{14} -Anfangsgehalt von etwas über 50% bis zu 100% des Gehaltes von frischem, biogenem Kohlenstoff rechnen. Will man aus dem gemessenen C^{14} -Gehalt des Kalks die seit seiner Bildung verstrichene Zeit errechnen, so ergibt sich als Unsicherheit gerade etwa die Halbwertszeit (5570 Jahre), je nachdem ob man als Anfangswert 50% oder 100% einsetzt. Die bisherigen Messungen von hartem Wasser liegen aber innerhalb eines Spielraumes von 70% bis 85%: wenn dies allgemein gilt, so verringert sich die Datierungsunsicherheit auf weniger als 1500 Jahre. Tatsächlich ist die Genauigkeit aber noch wesentlich größer, wenn man zum Vergleich den heutigen C^{14} -Gehalt des Wassers, aus dem sich der Kalk abgeschieden hat, mißt. Man macht dann die naheliegende Annahme, daß sich der C^{14} -Gehalt des Wassers an einem bestimmten Ort im Lauf der Zeit nicht wesentlich geändert hat, da Einzugsgebiet und geologische Verhältnisse i. a. keinem sehr raschen Wandel unterworfen sind. Man hat also, falls man C^{14} -Datierungen etwa in einer Tropfsteinhöhle vorhat, nach Möglichkeit eine C^{14} -Analyse des Höhlenwassers vorzunehmen.

Die etwas umständlichen Vorarbeiten für die Wasseranalyse erspart man sich, wenn man nur nach Altersunterschieden einer Schichtenfolge fragt. Zu Absolutwerten kann man demnach auch ohne Wasseruntersuchung kommen, wenn es eine Sinterschicht in der Folge gibt, deren Alter bekannt ist. Meistens liegt diese Bezugsschicht in Form einer rezenten Oberflächenschicht vor. Die Altersreichweite ist nahezu die gleiche wie bei der C^{14} -Analyse organischer Substanzen, nämlich 30.000 oder sogar 50.000 Jahre. Beispielsweise ist die Entscheidung, ob ein Kalksinter postglazial oder älter ist, ohne Schwierigkeit möglich.

Die Datierungsaussichten für Kalkabscheidungen erscheinen also sehr günstig, doch haben wir uns noch die Frage vorzulegen, ob nicht vielleicht eine Fälschung durch nachträglichen Austausch zwischen dem Kohlenstoff im Wasser und dem abgeschiedenen Kalk eintreten kann. Sollte dies der Fall sein, so würde die Datierung natürlich sehr unzuverlässig. Man kann von vornherein sagen, daß bei kompaktem, oft fast glasklarem Quellkalk diese Gefahr sicherlich praktisch nicht besteht, eher bei porösem Material oder feinverteiltem Kalk.

Um diese Frage experimentell zu prüfen, wurde in Heidelberg eine Auswahl von Proben aus Bodenschichten nahe der Oberfläche unter-

sucht. Aus Schichten, die kalkhaltig sind, aber auf Grund ihres Alters kein oder nur wenig C^{14} im Kalk enthalten sollten (humushaltige Verwitterungsschichten auf Muschelkalk, Löß), wurde feines Material ausgesiebt und dessen C^{14} -Gehalt bestimmt. Der C^{14} -Gehalt war sehr gering, so daß man auf Grund dieser Ergebnisse in einem extremen Fall — fein verteilter fester Kalk in ständigem, engem Kontakt mit C^{14} -reichem, hartem Wasser — bei größerer Kalkablagerung einen ungestörten C^{14} -Gehalt erwarten darf. Einige bereits vorliegende Datierungen von einem Stalagmiten und von Kalksinterschichten werden in ⁵ mitgeteilt.

Les auteurs discutent les possibilités de datation des formations stalagmitiques et stalactitiques moyennant les measurements à l'aide du carbon radioactif. Les expériences ont montré qu'en général un sédiment calcaire a une certaine teneur en C^{14} qui n'a pas été modifiée par des influences postsédimentaires.

⁵ Männich, K. O., Vogel, J. C.: Naturwissenschaften (in Vorbereitung). Über die speleologisch wichtigen Ergebnisse wird in der „Höhle“ berichtet werden.

Bestimmung von Paläotemperaturen mit Aragonit

Von Herbert W. Franke (Kreuzpullach)

Schon vor mehreren Jahren wurde die prinzipielle Möglichkeit angedeutet, auf Grund von Aragonitvorkommen Rückschlüsse auf die Bildungstemperaturen zu ziehen¹. Die ersten Ergebnisse einer amerikanischen Forschungsreihe liegen nun vor²; darüber soll kurz berichtet werden.

Den Untersuchungen liegt die Eigenschaft von Kalziumkarbonat zugrunde, sich bei tieferen Temperaturen in der Kristallform Kalzit, bei höheren Temperaturen dagegen als Aragonit abzusetzen. In den westlichen USA wurden Proben aus 29 Höhlen genommen. Dabei stellte sich heraus, daß man drei Gruppen unterscheiden kann:

Gruppe 1 — Höhlen, in denen sich heute noch Aragonit bildet.

Gruppe 2 — Höhlen, in denen Aragonit vorkommt, doch heute nur mehr Kalzit entsteht, und

Gruppe 3 — Höhlen, in denen es nur Kalzit gibt.

Es zeigt sich, daß die Höhlen der Gruppen 1 und 2 durch die $16^{\circ}C$ -Isotherme der Jahresdurchschnittstemperatur regional getrennt

¹ Franke, H. W.: Aragonitausblühungen am Schotter in der Tantalhöhle; Höhle 1 (1952): 4.

² Moore, G. W.: Aragonite Speleothems as Indicators of Paleotemperature; American Journal of Science, Vol. 254 (1956): 746.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1958

Band/Volume: [009](#)

Autor(en)/Author(s): Franke Herbert W., Münnich O., Vogel J. C.

Artikel/Article: [Auflösung und Abscheidung von Kalk - C14-Datierung von Kalkabscheidungen 1-5](#)