

Zur ^{14}C -Datierung des Würm-II/III-Interstadials mit Hilfe von Radiokohlenstoffmessungen an Höhlensinter und Schlußfolgerungen für die Wasseraltersbestimmung

Von HERBERT W. FRANKE, Kreuzpullach, und MEBUS A. GEYH, Hannover

Mit 1 Abbildung

Zusammenfassung. Die Ergebnisse der ^{14}C -Altersbestimmungen von Kalksinter-Proben aus dem Würm II/III-Interstadial werden diskutiert. Es scheint mit derartigen Untersuchungen möglich zu sein, das bisher vorhandene Bild über das Paläoklima abzurunden oder sogar zu verfeinern. Der Versuch, die ^{14}C -Ergebnisse in Temperaturwerte zu übersetzen, führt zu Widersprüchen mit den bisherigen Vorstellungen, die vermutlich ihre Ursachen in dem komplizierten Mechanismus der Sinterbildung und in der Problematik der Radiokohlenstoff-Datierung von Kalksintern haben.

Summary. First results of ^{14}C -age determinations of stalagmite samples formed during the Paudorf-Interstadial are discussed. By means of such investigations it seems possible to complete the present knowledge available of the paleo-climate. The attempt to interpret the ^{14}C -ages as paleo-temperatures leads to inconsistencies with the existing conceptions. The reasons presumably lie in the complicated mechanism of the formation of calcite and the difficulties in its radiocarbon dating.

Wie früher gezeigt wurde (FRANKE 1966), kann mit Hilfe der Radiokohlenstoffmethode Höhlensinter datiert werden und eine chronologische Gliederung des Jungpleistozäns und des Holozäns erfolgen. Das ist möglich, weil die Sintergenerationen Repräsentanten vegetationsbegünstigender Perioden darstellen. Der Schluß auf klimatische Bedingungen erfolgt allerdings indirekt. Das stärkste Sinterwachstum wird warm-feuchten Zeiten zugeschrieben (FRANKE 1967), doch erfolgt Versinterung auch unter allen anderen, dem Pflanzenwuchs zuträglichen Bedingungen (GEYH & SCHILLAT 1965).

Eine Unterscheidung von Klimaphasen, die sich nur relativ wenig durch Temperaturen und Niederschlagswerte voneinander abheben, wird von der Statistik vieler ^{14}C -Daten erwartet. Zwar liegen heute für die Ermittlung detaillierter Aussagen noch zu wenig Ergebnisse vor, doch ist eine Häufung der ^{14}C -Modellalter von Sinter im warm-feuchten Atlantikum unverkennbar. Viel eindeutiger sollten noch die Grenzen von Hocheiszeiten, in denen nahezu keine Ablagerung von sekundärem Kalk (GEYH & SCHILLAT 1965) erfolgte, gegenüber Interglazialen oder Interstadialen festzulegen sein.

Als Bestätigung dieser Annahme kann die Übereinstimmung der bisher vorliegenden Sinterdaten mit dem gut gesicherten Zeitmaßstab der ausklingenden Eiszeit gelten. Während der eigentlichen Glazialperiode ist so gut wie kein Sinterwachstum nachweisbar. Es setzt erst wieder während des Übergangs zum wärmeren Klima ein (FRANKE & GEYH, i. Dr.). Daß dieser Vorgang allmählich und nicht überall gleichzeitig erfolgt, dürfte auf die unterschiedliche örtliche Entwicklung der postglazialen Vegetation zurückzuführen sein.

Die Chronologie der ausklingenden Eiszeit, für die mehrere Datierungsmethoden — insbesondere die Warvenchronologie und die Radiokohlenstoffbestimmung organischer Proben — übereinstimmende Resultate lieferten, darf heute im großen und ganzen als gesichert angesehen werden. Nicht ganz problemlos ist dahingegen die Einordnung des Würm-II/III-Interstadials in den absoluten Zeitmaßstab. Als Paudorfer Interstadial bezeichnet, wurde ihm in Europa auf Grund von ^{14}C -Datierungen an Meeressedimenten und anderen organischen Stoffen eine Periode zwischen 39 000 bis 27 000 Jahren vor der Gegenwart zugeschrieben (VAN DER HAMMEN u. a. 1967). Auf Grund der ermittelten Isotempentemperaturen von Bohrkernen der Karibischen See dieses Abschnittes (EMILIANI 1965)

konnte der Nachweis für ein weltweites mildes Klima erbracht werden, das zwischen 46 000 bis 25 000 Jahren vor der Gegenwart geherrscht haben soll. Auch die jüngsten biostratigraphischen Analysen von Bohrkernen aus dem Indischen Ozean bestätigen das Vorhandensein des Würm-II/III-Interstadials für eine Zeit zwischen 42 000 und 22 500 Jahren vor heute (FRERICHS 1968). Da sich alle diese Arbeiten auf marine Verhältnisse beziehen, sind ergänzende kontinentale Daten von besonderem Interesse. Sie wurden von Radiokohlenstoffanalysen an Kalksinterproben aus mitteleuropäischen Höhlen erhalten. Neben der schon erwähnten Häufung von Sinteraltern im Bereich zwischen rund 10 000 und 2 000 Jahren vor der Gegenwart¹⁾ wurde eine andere zwischen 40 000 und 25 000 bis 22 000 ^{14}C -Jahren vor der Gegenwart gefunden. Da bei 40 000 Jahren vor der Gegenwart die Meßgrenze der ^{14}C -Methode für Kalksinter liegt, ist der größere Wert nicht signifikant. Die zeitliche Begrenzung zur Gegenwart hin steht in guter Übereinstimmung mit den vorgenannten Anschauungen. Selbstverständlich muß eine Bestätigung dieser Schlußfolgerung mit einer größeren Zahl von ^{14}C -Daten erfolgen, da die Beendigung der Sinterwachstumsphase in diesem Zeitbereich bisher nur durch einige wenige Stalagmitenspitzen verschiedener Höhlen angezeigt wurde (Abb. 1).

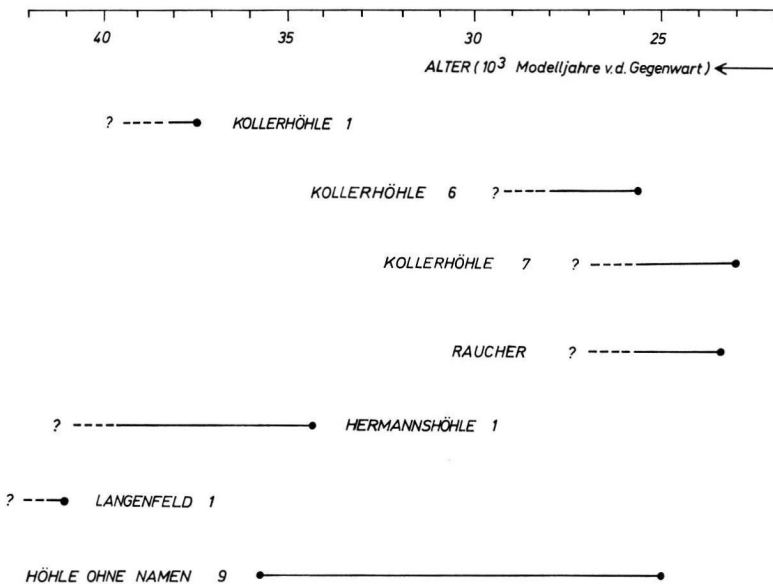


Abb. 1. Graphische Darstellung von ^{14}C -Daten des Paudorfer Interstadials.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen könnten auch im Hinblick auf die Beantwortung der Frage nach den Paläotemperaturen von Bedeutung sein (GEYH & SCHILLAT 1965, LABEYRIE et al. 1966). Es scheint nach den bisherigen Erfahrungen eine Grenztemperatur zu geben, unterhalb derer normalerweise keine nennenswerte Sinterbildung mehr erfolgt (FRANKE 1967). Wenn man die heute in Mittelgebirgshöhlen beobachtbare schwache Kalkausscheidung damit in Beziehung bringt, könnte der Grenzwert im Bereich der derzeit dort herrschenden mittleren Jahrestemperaturen liegen. Merklich wärmer war es im Atlantikum, in dem die stärkste postglaziale Sinterbildung stattfand. Aus dem ebenfalls mächtigen Sintervorkommen im Paudorfer Interstadial könnte demnach gefolgert werden, daß das damalige Klima milder war als das heutige. Die aus dieser Warmzeit stam-

¹⁾ Die ^{14}C -Modellalter von Kalksinter wurden unter der Annahme berechnet, daß die ^{14}C -Konzentration von rezenten Proben dieser Art um 15% kleiner ist als die von organischem Material.

mende Sintergeneration — etwa der Kollerhöhle bei Winzenberg/Niederösterreich — ist mindestens ebenso mächtig wie die aus dem Atlantikum stammende (FRANKE, GEYH & TRIMMEL i. E.). Für das Vorhandensein einer Grenztemperatur für die Bildung von Kalkkonkretionen spricht auch das Ergebnis der Datierung einer Stalagmitenspitze aus der Raucherhöhle, Totes Gebirge/Oberösterreich, die ein ^{14}C -Modellalter von $23\,300 \pm 1\,150$ Jahre vor der Gegenwart aufweist (FRANKE 1967). Da in dieser Höhle — wie auch in anderen Hochgebirgshöhlen — die nacheiszeitliche Sintergeneration fehlt, könnte sogar angenommen werden, daß die mittleren Jahrestemperaturen im Paudorfer Interstadial höher lagen als im postglazialen Klimaoptimum. Hierzu im Widerspruch stehen einige andere Befunde. Nach EMILIANI (1965) lagen die mit Hilfe isopenphysikalischer Untersuchungen ermittelten Meerestemperaturen des Paudorfer Interstadials um 3°C unter den heutigen. BERTALAN & KRETZOI (1965) geben den Unterschied auf dem Kontinent mit 5°C an. Auch mit der von SHEPARD (1960) inzwischen vielfach bestätigten Kurve über die Veränderung der Meeresspiegelhöhe mit der Zeit ist die Temperaturhypothese nicht in Einklang zu bringen.

Eine ander Deutung ergibt sich, wenn man annimmt, daß in dem Interstadial die CO_2 -Produktion in den oberen Bodenschichten hauptsächlich durch Zersetzung von Kalk durch Humussäure erfolgte. Daß dieser Vorgang zumindestens im Mittelgebirge leicht möglich ist, zeigt das Ergebnis einer ^{14}C -Datierung eines rezenten Stalaktiten aus der Charlottenhöhle bei Hürben/Baden-Württemberg (ADAM et al. 1968). Mit einem ^{14}C -Modellalter von 8 700 Jahren vor heute war das Zustandekommen dieses Bildungsprozesses für Kalksinter bestätigt. Die hohen $\delta^{13}\text{C}$ -Werte, die für das Paudorfer Interstadial erwiesen sind, (GEYH & SCHILLAT 1965) unterstützen diese Deutungsmöglichkeit. Geologisch gesehen könnten die starken Bodenbildungen die notwendige Humussäure geliefert haben — unerklärlich wäre nur, warum die mit Hilfe der Kalksinter-Altersbestimmungen gefundene zeitliche Grenze für das Ende des Paudorfer Interstadials mit der mit Hilfe anderer Untersuchungen ermittelten so gut übereinstimmt.

Eine Klärung dieser Diskrepanzen ist dringend erforderlich, da z. B. der Nachweis höherer Temperaturwerte im Würm-II/III-Interstadial beträchtliche Konsequenzen für viele Einordnungsversuche nach sich ziehen würde. Beispielsweise brauchten dann die Knochenlager des Höhlenbären und der Höhlenbärenjäger aus dem Hochgebirge (EHRENBERG 1965) nicht bis ins Riß-Würm-Interglazial zurückgestuft zu werden.

Andererseits wäre mit der Bestätigung der Temperaturhypothese ein weiterer Beweis für die erfolgreiche Anwendbarkeit der ^{14}C -Methode auf Kalksinter und Wasser gefunden.

Die bisherigen, sich teilweise widersprechenden Ergebnisse lassen aber vermuten, daß nicht allein die Temperatur, sondern vielmehr ein kompliziertes Zusammenwirken von Temperatur, Feuchte und Vegetation für die Intensität des Sinterwachstums bestimmend ist. Das schließt nicht aus, daß dabei die Wärme der dominierende Faktor ist.

Zu danken ist der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die die Durchführung der Arbeit finanziell unterstützte, und den Herren Heinz ILMING, Dr. Hubert TRIMMEL und Karl TROTZL, die sich an der Probenentnahme beteiligten.

L i t e r a t u r

- BLEICH, K. E.: Zur Geologie der Charlottenhöhle. Publiziert in: ADAM, K. D., BINDER, H., BLEICH, K. E. & DOBAT, K.: Die Charlottenhöhle bei Hürben. — Abh. z. Karst- u. Höhlenkunde, Reihe A, H. 3, 1—20, München 1968.
- BERTALAN, K. & KRETZOI, M.: Die Bedeutung der ungarischen Karst- und Höhlensedimente für die Geochronologie. — III. Intern. Kongr. f. Speläologie, IV, 63—68, Wien 1965.
- EHRENBERG, K.: Zum Lebensraum von Höhlenbär und Höhlenbärenjäger. — III. Intern. Kongr. f. Speläologie, IV, 21—26, Wien 1965.

- EMILIANI, C.; zitiert nach BERTALAN, K. & KRETZOI, M.: Die Bedeutung der ungarischen Karst- und Höhlensedimente für die Geochronologie. — III. Intern. Kongr. f. Speläologie, IV, 63—68, Wien 1965.
- FRANKE, H. W.: Ein speläochronologischer Beitrag zur postglazialen Klimageschichte. — Eiszeitalter u. Gegenwart, **17**, 149—152, Öhringen 1966.
- FRANKE, H. W.: Isotopenverhältnisse in sekundärem Kalk — geochronologische Aspekte. — Atompraxis, **13**, 363—366, Karlsruhe 1967.
- FRANKE, H. W. & GEYH, M. A.: Grundriß einer Chronologie der Kalksinterablagerungen in Höhlen; i. E.
- FRANKE, H. W., GEYH, M. A. & TRIMMEL, H.: Ergebnisse einer Radiokohlenstoffdatierung von Sintergenerationen der Großen Kollerhöhle bei Winzendorf (N.-Ö.); i. E.
- FRERICHS, W. E.: Pleistocene-Recent Boundary and Wisconsin Glacial Biostratigraphy in the Northern Indian Ocean. — Science **159**, 1456—1458, Washington 1968.
- GEYH, M. A. & SCHILLAT, B.: Messungen der Kohlenstoff-Isotopenhäufigkeit von Kalksinterproben aus der Langenfelder Höhle. — Aufschluß, **17**, 315—323, Göttingen 1965.
- VAN DER HAMMEN, T., MAARLEVELD, G. C., VOGEL, J. C. & ZAGWIJN, W. H.: Stratigraphy, Climatic-Succession and Radiocarbon Dating of the Last Glacial in the Netherlands. — Geol. Mijnbouw, **46**, 79—95, 's-Gravenhage 1967.
- LABEYRIE, J., DUPLESSY, J. C., DELIBRIAS, G., LETOLLE, R.: Etude des températures des climats anciens par la mesure de O^{18} , de C^{13} et de C^{14} dans les concrétions des cavernes. — Radioactive dating and methods of Low-Level-Counting, IAEA Wien, 153—160, Wien 1967.
- SHEPARD, F. P.: Rise of sea level along north-west Gulf of Mexico. — In: Am. Ass. Petr. Geol., 338—344, Tulsa (Oklahoma) 1960, keine Band-Nr. — Sammelband unter Bezeichnung: „Recent sediments, north-west Gulf of Mexico, 1951—1958“.

Manusk. eingeg. 27. 10. 1968.

Anschrift der Verf.: Dr. Herbert W. Franke, 8024 Kreuzpullach, Post Deisenhofen, und Dr. Mebus A. Geyh, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Alfred-Bentz-Haus.