

Die Radiokarbon-Methode, ihre Ergebnisse und Bedeutung für die spätquartäre Geologie, Paläontologie und Vorgeschichte

Von Hugo Gross, Bamberg

I. Einleitung

Wegen der vergleichsweise außerordentlich geringen Länge des Quartärs braucht der Geologe für diesen Abschnitt der Erdgeschichte sehr viel genauere Zeitbestimmungen als für die übrigen Perioden. Die in Europa aufgestellte Stufenfolge und Chronologie des Quartärs und der Vorgeschichte ist natürlich nicht ohne weiteres auf andere Erdteile übertragbar; sie ermöglicht ja nur relative Datierungen. Die Schwierigkeiten werden schon in Europa um so größer, je weiter man sich von den Vereisungsgebieten entfernt. Daher wurde von den Quartärgeologen die eine absolute Datierung ermöglichende geochronologische Methode von G. De GEER begrüßt, wenn sie auch nur die letzten ca. 16 000 Jahre des Quartärs im nördlichen Europa umfaßt und ihre weltweiten Anwendungsversuche von den meisten Quartärgeologen als verfehlt abgelehnt werden. Ein weiterer Fortschritt war die mit G. De GEER's Geochronologie konnectierte Pollenchronologie, die wenigstens annähernde absolute Datierungen weit über den Bereich hinaus ermöglicht, in dem Warvenzählungen ausführbar sind. Größere Hoffnungen auf eine weltweite absolute Chronologie des gesamten Quartärs setzten viele Quartärgeologen in Europa auf die Strahlungskurve von MILANKOVITCH, die aber von ebenso vielen Quartärgeologen abgelehnt wird. Großes Aufsehen erregte daher 1949 die Nachricht, daß die amerikanischen Kernphysiker Prof. Dr. Willard F. LIBBY, E. C. ANDERSON und Dr. J. R. ARNOLD von der Universität Chicago eine Methode entwickelt haben, die es ermöglicht, auf atomphysikalischem Wege das Alter subfossiler organischer Substanzen zu ermitteln und die mit anderen Methoden ermittelten Datierungen nachzuprüfen.

II. Die Radiokarbon-Methode.

1. Grundlage der Methode.

Radiokarbon C 14 (d. h. Kohlenstoff mit dem Atomgewicht 14) ist ein radioaktives Isotop des gewöhnlichen Kohlenstoffs C 12 (Atomgewicht 12) und bereits seit einer Reihe von Jahren durch Laboratoriumsversuche bekannt und für biochemische und medizinische Forschungen künstlich hergestellt worden. Es zerfällt unter Aussendung von Elektronen (β -Strahlen) und verwandelt sich dadurch in Stickstoff (N 14); als seine Halbwertszeit, d. h. die Zeit, in der genau die Hälfte der ursprünglich vorhandenen gewesenen C 14-Menge in N 14 umgewandelt wird, wurden zunächst 5720 ± 47 Jahre, neuerdings 5568 ± 30 Jahre angegeben (J. R. ARNOLD & W. F. LIBBY 1951).

Im Herbst 1946 entdeckte W. F. LIBBY vom Kernphysikalischen Institut der Universität Chicago das Vorkommen von C 14 in der Natur und zwar zunächst im Methan des Klärwerks von Baltimore, dann im Kalziumkarbonat des Meeres und im Körper lebender Wesen. Dieser C 14-Gehalt stammt aus der Atmosphäre: besonders in etwa 12 000 m Höhe nehmen Stickstoff-Atome Neutronen der kosmischen Höhenstrahlung auf, verwandeln sich dadurch in N 15-Atome, die sofort durch Auswerfen eines Protons in C 14 übergehen. Wie normaler Kohlenstoff C 12 verbindet sich C 14 mit dem Luftsauerstoff sofort zu Kohlendioxyd. Die Konzentration des C 14 in der Atmosphäre beträgt etwa 10^{-12} g auf 1 g C 12 (F. E. ZEUNER 1950 a), der auf der Erde angesammelte Vorrat 80 t

(W. LORCH 1951). Durch die Assimilation des atmosphärischen Kohlendioxyds werden die Pflanzen radioaktiv, und mit der Nahrung gelangt C 14 dann in die Körper der Tiere und Menschen; der Gehalt von C 14 muß in den Organismen prozentual derselbe sein wie in der Atmosphäre und während ihres Lebens konstant bleiben, da die Aufnahme von C 14 aus der Atmosphäre bzw. Nahrung den Verlust an C 14 durch radioaktiven Zerfall kompensiert. Stirbt also ein Lebewesen, so muß der C 14-Anteil seines Kohlenstoffs entsprechend seiner Halbwertszeit im Laufe der Zeit immer kleiner werden, d. h. die Strahlungsstärke abklingen: von seinem ursprünglichen Gehalt an C 14 enthält organische Substanz eines Lebewesens aus dem Jahre 1951 n. Chr. 100%, von 3617 v. Chr. noch 50%, von 9185 v. Chr. noch 25%, von 14 753 v. Chr. noch 12,5%, von 20 321 v. Chr. 6,25% usw., wobei zu beachten ist, daß der ursprüngliche Anteil sehr gering ist. Das Mengenverhältnis von C 14 zu C 12 in toter organogener Substanz ist also eine direkte Funktion der seit dem Tode verfloßenen Zeit; durch möglichst genaue Messung des noch vorhandenen C 14, d. h. der Strahlungsintensität, kann man also den Zeitpunkt des Todes eines Lebewesens ermitteln, d. h. für tote organogene Substanz das Alter bestimmen.

Bei den im Wasser gebildeten Karbonaten hört die Aufnahme von neuem C 14 aus der Atmosphäre bei der Kristallisation auf, und der C 14-Gehalt wird zerstrahlt, falls später keine Auflösung durch kohlenensäurehaltiges Wasser erfolgt. In Karbonaten ist der C 14-Gehalt etwas größer als in organischen Stoffen.

Durch die Messung der Radioaktivität des Kohlenstoffs der zu datierenden organogenen Substanz und Vergleich mit der Strahlungsstärke des Kohlenstoffs rezenten organogener Stoffe und mit der Zerfallskurve von C 14 kann das Alter der untersuchten Probe mit einer Fehlergrenze von 5—10%, bei manchen Proben von weniger als 5% ermittelt werden, d. h. die Unsicherheit beträgt bei einem der Halbwertszeit entsprechenden Alter im allgemeinen höchstens 30 Jahre, steigt aber natürlich mit zunehmendem Alter. Die kurze Halbwertszeit und der ursprünglich sehr geringe Anteil von C 14 im Kohlenstoff sogar in lebender Substanz beschränken die Reichweite der Datierung vorläufig auf höchstens 20 000 Jahre, da nach 3 Halbwertszeiten die Strahlungsstärke so klein geworden ist, daß sie schwer genau zu messen ist.

2. Messung der spezifischen Radioaktivität des Kohlenstoffs zur Altersbestimmung organogener Substanzen.

Das Verfahren ist zeitraubend, kostspielig und schwierig, verlangt daher größte Sorgfalt. Natural History 60, Nr. 5, S. 206—209, 1951, gibt eine kurzgefaßte Beschreibung des Verfahrens an Hand von photographischen Aufnahmen aus dem Lamont Geological Observatory der Columbia-Universität in New York. Aus der organogenen Substanz wird durch Verbrennung CO₂ erzeugt, dieses Gas gereinigt, in großen Glasballons gesammelt und dann in einer Eisenröhre mit Magnesium reduziert; für diese Prozesse sind 2 Tage erforderlich. Der Kohlenstoff wird nach dem Erkalten aus der Reduktionsröhre herausgebrochen und durch Säure von Magnesium und Magnesiumoxyd befreit, dann pulverisiert, gewaschen, getrocknet und gewogen. 8 g dieses Kohlenstoffs werden mit destilliertem Wasser zu einer Paste angerührt und auf die Innenseite der Probenröhre (Oberfläche 400 cm²) aufgetragen und dann durch Warmluft getrocknet. Diese Probenröhre wird in einen Metallzylinder gesetzt und in die Probenröhre der innere Teil eines Geiger-Zählers gesteckt, der nicht, wie sonst, einen einzigen Draht, sondern 33 am Ende durch einen Metallring verbundene Drähte hat, daher sehr empfindlich ist. Die Luft wird aus dem Geiger-Zähler mit einer Hochvakuum-Pumpe entfernt, worauf der Apparat mit einer Mischung von

Argon und Äthylen gefüllt wird; er ist dann für die Zählung der β -Teilchen (Elektronen) fertig. Der Geigerzähler wird dazu in eine ca. 17 t schwere Kammer mit 8 Zoll dicken Eisenwänden gestellt, die die weichen γ -Strahlen der Höhenstrahlung abschirmen; die harten kosmischen Strahlen dringen hindurch und müssen „elektronisch“ abgefiltert werden. Zur Kontrolle verwendet man von Zeit zu Zeit Anthrazitkohle, die infolge ihres hohen Alters (mindestens 250 Millionen Jahre) praktisch nicht mehr radioaktiv ist. Der Geigerzähler in der Eisenkammer ist für die (visuelle) Demonstration mit einem Oszillographen verbunden, auf dessen Schirm die Impulse durch β -Teilchen beim Zerfall von C 14 ein laufendes grünes Zickzackband erzeugen, und für die langwierige Messung der Strahlungsintensität mit einem mechanischen Zählwerk¹⁾ ähnlich wie für die Zählung von Telefongesprächen). 1 g Kohlenstoff mit maximalem C 14-Gehalt strahlt in 1 Minute ca. 12 β -Teilen aus (die kosmischen Strahlen bombardieren einen Geigerzähler ohne Abschirmung dagegen mit ca. 350 Teilchen in der Minute!). Die Genauigkeit der Altersbestimmung wächst mit der für die Teilchenzählung verwendeten Zeit (bisher 48 Stunden). Unangenehm ist die Schwierigkeit, das Magnesiumoxyd vom Kohlenstoff vollständig zu trennen.

Es werden für jede Probe möglichst mehrere (in der Regel 2) C 14-Bestimmungen ausgeführt, die Probe muß also genügend groß sein (etwa 20 g Kohlenstoff sind erforderlich). Durch Verwendung von Kohlendioxyd für die Teilchenzählung und durch Anreicherung des C 14-Gehaltes durch Thermaldiffusion hofft man größere Genauigkeit zu erreichen und auch 20 000 bis 30 000 Jahre alte Proben datieren zu können. Auch wird versucht, an organischer Substanz sehr arme Tiefsee-Bohrkerne und Spätglazialtone zu analysieren.

Auf Grund der Halbwertszeit und des heutigen (maximalen) C 14-Gehaltes organogener Substanz kann die spezifische Radioaktivität (= Zahl der in 1 Minute von 1 g Kohlenstoff ausgestrahlten Elektronen) berechnet werden, die nach einem gegebenen Zeitabstand seit Entfernung der organogenen Substanz aus dem Gleichgewicht mit dem Lebenszyklus (d. h. wahrscheinlich seit dem Tode) zu erwarten ist. Die Untersuchung ägyptischer Holzproben von bekanntem Alter ergab nach W. F. LIBBY, E. C. ANDERSON & J. R. ARNOLD (1949) folgendes:

| Holzprobe | spezifische Radioaktivität |
|--|----------------------------|
| Zypressenholz aus dem Grab von | |
| Sneferu, 4575 \pm 75 Jahre alt | 6,95 \pm 0,40 |
| „ „ „ „ | 7,42 \pm 0,38 |
| „ „ „ „ | 6,26 \pm 0,41 |
| Akazienholz aus dem Grab von | |
| Zoser, 4650 \pm 75 Jahre alt | 7,88 \pm 0,74 |
| „ „ „ „ | 7,36 \pm 0,53 |
| gemessener Durchschnittswert | 7,04 \pm 0,20 |
| berechneter Wert | 7,15 \pm 0,15 |

Das Ergebnis dieser Untersuchung beweist die Brauchbarkeit der Radiokarbonmethode.

Neuere Untersuchungen von Holzproben von bekanntem Alter ergaben folgendes (es sind Proben gewählt worden, für die mehrere C 14-Bestimmungen ausgeführt wurden):

¹⁾ Vermutlich; die bisherigen amerikanischen Veröffentlichungen machen darüber keine Angaben. Eine Beschreibung der Technik der C 14-Methode gibt W. F. LIBBY: Radiocarbon Dating. Univ. of Chicago Press, 1952.

| Nr. | Art der Probe | bekanntes Alter Jahre | Alter nach dem C 14- gehalt (Jahre vor 1950) D = Durchschnitt |
|-----|---|--------------------------|--|
| 159 | Sequoia: innerstes Kernholz eines 1874 gefällten Mammutbaumes | 2928 ± 51 | 3045 ± 210 2817 ± 240 2404 ± 210 D 2710 ± 130 |
| 1 | Akazienholz aus dem Grabe Zosers in Sakkara | 4650 ± 75 | 3699 ± 770 4234 ± 600 3991 ± 500 D 3979 ± 350 |
| 81 | Holz vom Grabschiff Sesostris' III. | 3750 | 3845 ± 400 3407 ± 500 3642 ± 310 D 3621 ± 180 |
| 12 | Zypressenholz aus dem Grabe von Sneferu in Meydum | 4575 ± 75 | 4721 ± 500 4186 ± 500 5548 ± 500 4817 ± 240 D 4802 ± 210 |

Die Altersbestimmung mit Hilfe der C 14-Methode erscheint hiernach befriedigend, die neue Methode also brauchbar.

3. Voraussetzungen und Fehlerquellen.

- Konstanz der kosmischen Strahlungsstärke in den letzten 20 000 Jahren: für sie spricht die gute Übereinstimmung der C 14-Datierung mit der archäologischen bzw. dendrochronologischen für die letzten ca. 5000 Jahre.
- Gleichmäßige Verteilung des C 14 in lebender Substanz: Kohlenstoff von 14 rezenten Holzproben aus verschiedenen geographischen Breiten strahlte je 1 g in 1 Minute $11,5 \pm 0,6$ bis $13,5 \pm 0,6$ β -Teilchen aus, im Durchschnitt $12,5 \pm 0,2$; der C 14-Gehalt lebender organischer Substanz ist also tatsächlich auf der ganzen Erde praktisch gleich, obwohl die kosmische Strahlung in der Nähe der Magnetpole der Erde etwa viermal so stark ist wie am magnetischen Äquator.
- Die Möglichkeit selektiver Aufnahme von C 14 durch die verschiedenen Organismen ist durch die Untersuchung einer viel größeren Reihe rezenter Proben und durch Vergleich von vielen Proben aus demselben Stoff zu prüfen.
- Wiederverwendung von altem Bauholz wie z. B. in den indianischen Pueblos in den holzarmen ariden südwestlichen Staaten der USA, ebenso von altem Holz, das in Wüstengebieten und, wenn auch in geringerem Grade, in trockenen Höhlen unverändert Jahrtausende überdauern kann, für die Anfertigung von Waffen und Geräten (z. B. in Peru: Nr. 322).
- Der Kohlenstoff in Wasserpflanzen mit Kalkausscheidung (Chara, Kalkalgen) und in kalkigen Sedimenten (Seekreide, Kalkgyttja, Kalktuff) sowie im „Caliche“ arider Gebiete stammt fast zur Hälfte aus paläozoischem oder mesozoischem, daher praktisch C 14-freiem Kalk; dadurch wird ein zu hohes Alter dieser Bildungen vorgetäuscht, so daß sie für Altersbestimmungen mit Hilfe der Radiokarbon-Methode wenigstens vorläufig unbrauchbar sind. In-fraaquatische, in kalkreichem Wasser gebildete Torfe müssen für diesen Zweck vorher durch Salzsäure und gründliches Waschen vom Kalk befreit werden wie alle organogenen Stoffe (auch Holzkohle) in kalkigen Schichten (H. H. BARTLETT 1951).
- Nachträgliche Veränderungen des C 14-Gehalts durch chemischen Austausch, Verunreinigung mit jüngeren organogenen Substanzen (Eindringen von Wurzeln rezenter Pflanzen, aber auch von Baumwurzeln aus jüngeren Schichten

überhaupt, Schimmel- und Bakterienbefall sowie Staub, wodurch ein zu geringes Alter vorgetäuscht wird). So kann z. B. die sehr poröse Holzkohle aus podsolierten Böden jüngere Humussubstanzen mit größerem C 14-Gehalt aufgenommen haben, ebenso Torf stark entwässerter Moore (durch Vermittlung des Regenwassers); anscheinend können aber auch ältere Humussubstanzen in nassen Zeiten durch Anstieg des Grundwasserspiegels in jüngere Torfschichten stark entwässerter Moore transportiert werden. Bohrproben, die durch mehrfache Bohrung entnommen wurden, sind in der Regel unzuverlässig, da eine Verunreinigung durch jüngere Schichten kaum jemals vermieden werden kann²⁾. Der ursprüngliche C 14-Gehalt von Conchylienschalen und nicht verkohlter Knochen kann in feuchtem Boden durch Einwirkung von kohlendioxidhaltigem Regenwasser (also mit C 14) verändert werden; denn die C 14-Bestimmungen können bei solchen Objekten auch bei gleichem Alter sehr differieren. Selbstverständlich muß auch bei und nach der Probenentnahme jede Verunreinigung durch kohlenstoffhaltige Substanzen wie jüngere Humussubstanzen, Papier, Baumwolle, Holz und Konservierungsmittel vermieden werden.

- g) Irrtümer in der stratigraphischen Einordnung bei der Probenentnahme können in der Regel durch die Pollenanalyse ausgeschaltet werden.
- h) Irrtümer im Laboratorium werden durch mindestens 2 Untersuchungen für jede Probe weitgehend eingeschränkt.

4. Proben für die Altersbestimmung durch die C 14-Methode.

Da sie bei der Untersuchung zerstört werden, dürfen keine unersetzlichen Gegenstände verwendet werden. Die Proben müssen mindestens je 20 g Kohlenstoff enthalten. Geeignet sind alle organogenen Stoffe, die verkohlt sind oder sich verkohlen lassen: am besten ist Holzkohle (ca. 30—90 g), trockenes Holz oder andere trockene Pflanzensubstanz wie Geflechte, Gewebereste, Getreidekörner (ca. 60 g), trockener Torf, Wurzeln, Leder, Haut, Haare, Nägel, Fleisch, Klauen, Horn (ca. 150—300 g), Geweihe (500—2200 g), stark verkohlte Knochen (mindestens 2200 g). Nicht verkohlte Knochen, ferner Zähne und Konchylienschalen (ca. 120 g)^{2a)} lieferten oft unbefriedigende Ergebnisse. Aus derselben Schicht muß man möglichst verschiedenartige Proben in möglichst großen Mengen (mindestens das Doppelte der oben genannten Beträge) sammeln, damit mehrere Untersuchungen gemacht werden können; selbstverständlich müssen für sehr wichtige Datierungen im Notfall auch kleinere Probenmengen ausreichen. Die Proben sind am besten aus frischen Aufschlüssen sorgfältig zu entnehmen.

Die Proben müssen vollständig trocken, sauber und vor Schimmel- oder Bakterienbefall sowie vor Staub geschützt, ohne Konservierungsmittel, getrennt mit genauer Beschriftung in Zinn- oder Aluminiumfolie oder in Blechschachteln aufbewahrt und versandt werden. Wenn Holzkohle an Feuerstellen im Boden in Form von Flitterchen fein verteilt vorkommt, kann man sie durch Flotation mit Zinkchlorid herausholen. Karbonatproben sind ebenfalls vor Feuchtigkeit zu schützen, da sie sonst radioaktives Kohlendioxid aus der Luft aufnehmen können. Museumsproben sind sorgfältig von Staub zu befreien.

Die Proben müssen (nach vorheriger Vereinbarung) an das Geochronometric Laboratory der Yale-Universität in New Haven (Connecticut)

²⁾ E. S. DEEVEY, JR., und J. E. POTZGER (1951) haben daher einen Hiller-Bohrer anfertigen lassen, mit dem auf einmal 5—10 (engl.) Pfund Gytta aufgenommen werden können; seines Gewichts wegen ist er aber nur bis 6,5 m Tiefe anwendbar.

^{2a)} Letztere müssen einwandfrei Mahlzeitreste sein.

geschickt werden; die Pakete müssen die Aufschrift tragen: „Archäologische Proben. Kein Handelswert. — Archaeological samples. No commercial value.“

5. Organisation.

Die Methode wurde von W. F. LIBBY, E. C. ANDERSON, J. R. ARNOLD und Mitarbeitern im Kernphysikalischen Institut der Universität Chicago entwickelt und befindet sich noch im Versuchsstadium. 1950 ging man von der Untersuchung von Proben bekannten Alters zur Datierung solcher von unbekannter Zeitstellung über. Zur Unterstützung der genannten Kernphysiker wurde von der American Anthropological Association und der Geological Society of America unter dem Vorsitz von Frederick JOHNSON ein Arbeitsausschuß (Committee on Radioactive Carbon 14) gebildet, dem Donald COLLIER und Froelich RAINEY als Anthropologen (Prähistoriker) und R. F. FLINT als Geologe angehören; von den Mitarbeitern sind besonders Edward S. DEEVEY, Jr., von der Yale-Universität und R. J. BRAIDWOOD vom Oriental Institute in Chicago zu nennen. Berichte über die bisherigen Ergebnisse wurden von J. R. ARNOLD & W. F. LIBBY (1950, 1951), R. F. FLINT & E. S. DEEVEY, Jr. (1951), H. GODWIN (1951), F. JOHNSON und Mitarbeitern (1951), Science Digest (Vol. 28, Nr. 6, 1950, pp. 73 und 74) und Science News Letter (Vol. 58, Nr. 16, 20, 23, 1950, vol. 59, Nr. 1, 1951) veröffentlicht. Der wichtigste Bericht ist der von F. JOHNSON 1951 (212 C 14-Datierungen) mit kritischer Auswertung durch zahlreiche Spezialforscher.

Ab 1951 wird die Arbeit von dem durch die Rockefeller-Stiftung finanzierten Geochronometric Laboratory an der Yale-Universität in New Haven, Connecticut, nach der Methode von LIBBY und ARNOLD systematisch weitergeführt, ferner vom Lamont Geological Observatory der Columbia-Universität in New York, in Europa ab 1952 in Kopenhagen (Institut von Prof. Dr. Nils BOHR) und in Bonn (Physikalisches Institut, Prof. Dr. W. RIEZLER).

III. Ergebnisse und Bedeutung der Radiokarbon-Methode für die Geologie und Paläontologie des Spätquartärs.

Im folgenden werden die sehr wenigen offenbar infolge nicht einwandfreier Probenentnahme unzuverlässigen Angaben fortgelassen. Die Nummern bezeichnen die untersuchten Proben und sind den amerikanischen Veröffentlichungen entnommen, auf die bezüglich der Einzelheiten verwiesen werden muß. D. bezeichnet den Durchschnitt von 2 oder mehr Altersbestimmungen; wo nichts anderes gesagt ist, wurde Holzkohle benutzt. Die Daten sind nach dem Alter geordnet, beginnend mit den ältesten; Daten vor Chr. und nach Chr. durch — bzw. + unterschieden.

1. Europa

a) Letztes Interglazial:

- 588: Bourget-See (Isère, SO-Frankreich), Holz und Torf, interglazial
oder interstadial mindestens — 19000
- 597: Genf (Dranse-Tal), Holz aus Torfschicht mindestens — 17000
- 480: Eichenholz aus dem Eem-Maximum des letzten Interglazials aus Histon
Road, Cambridge (England) mindestens 17 000 Jahre alt.
(das Alter dieser Probe ist natürlich sehr viel größer).

b) Würm-Eiszeit: Hochglazial.

- 479: Pflanzenreste aus dem Lea-Tal nördl. von London (Ponder's End-Stufe mit
Elephas primigenius, *Rhinoceros tichorhinus*, *Dicrostonyx henselii* u. a.):
älter als 20 000 Jahre.

c) Würm-Eiszeit: Alleröd-Interstadial.

- 337: Wallensen im Hils (Hannover): Gytjtja 0—4 cm über vulkanischer Tuffschicht, Pollendiagrammzone II b — 9094 ± 500
 341: Hawks Tor (Cornwall) Torf, Diagrammzone II — 7911 ± 500
 444: Neasham (Northumberland) Gytjtja, Diagrammzone II — 8901 ± 630
 355: Knocknacran (Irland) Gytjtja, Diagrammzone II — 9360 ± 720
 356: Lagore (Irland), Gytjtja, angebl. Diagrammzone IV — 9837 ± 470

Die mit einem Torfbohrer entnommene Kalkgyttja Nr. 349 aus Hockham Mere (Norfolk), Pollendiagrammzonen II und III, C 14-Datierung D. 4605 ± 280, war offensichtlich unbrauchbar. Der Durchschnitt für die übrigen Altersangaben (ohne Nr. 356) ist 10 767 d. h. ca. 8 817 v. Chr. Für die dem Alleröd-Interstadial unmittelbar folgende Jüngere *Dryas*-Zeit hat J. DONNER (1951) bewiesen, daß sie der Inlandeis-Randlage im finnischen Eisrandgürtel (Salpausselkä I—III) entspricht, die wohl wie in Schweden ca. 800 Jahre dauerte. Da sie um 8000 v. Chr. endete (nach G. De GEER 1940: 7873 v. Chr., nach Ebba HULT De GEER 1943: 8109 v. Chr.³⁾, nach M. SAURAMO 1939, der jetzt aber dieses Stadium mit dem Beginn des Eisrückzugs vom Salpausselkä III enden läßt: 8150 v. Chr.), fällt der Schluß des Alleröd-Interstadials in die Zeit um 8800 v. Chr., was gut mit der C 14-Datierung übereinstimmt. Diese Tatsache spricht für die Brauchbarkeit der Geochronologie von De GEER (wenigstens vom Alleröd-Interstadial ab) und gegen die Datierung des Endes der fennoskandinavischen Eisrandlage (Schlußvereisung) auf ca. 9000 v. Chr., wie es M. SAURAMO (1949) vorschlägt (J. DONNER 1951) (vgl. auch E. HULT De GEER 1951).

d) Postglazial

- 353: siehe S. 82.
 340: Hawks Tor (Cornwall), Torf, Pollendiagrammzone IV D. — 6325 ± 350
 GODWIN.
 C 14-Datierung ca. 1000 Jahre zu niedrig.
 358: Clonsast (Irland), älterer Hochmoortorf, Diagrammzone VI c oder VI c/VII JESSEN.
 C 14-Datierung ca. 1500 Jahre zu niedrig — 3874 ± 300
 343: Shapwick Heath (Somerset, England), älterer neolithischer Hochmoortorf, Anfang der Diagrammzone VII GODWIN. Torf unter spätbronzezeitl. Bohlenweg.
 C 14-Datierung: viel zu alt — 4094 ± 380
 347: Shapwick Heath (Somerset, England): jüngerer Hochmoortorf unter dem Horizont der römisch-britischen Besiedelung um Chr. Geb. Diagrammzone VIII GODWIN.
 C 14-Datierung: ca. 1400 Jahre zu alt D. — 1360 ± 200

³⁾ E. HULT De GEER hat neuerdings ihre obige Datierung zurückgezogen und benutzt jetzt die Datierung von G. De GEER (von 1940): 7873 v. Chr.; Dauer der Eisrandlage an den mittelschwedischen Endmoränen ca. 800 Jahre; Länge des Gotiglazials: 5379 Jahre (6379 auf Pl. 90 in G. De GEER: Geochronologia Suecica Principes 1940 ist ein Druckfehler), Beginn des Gotiglazials also 13 200 v. Chr.; älteste geochronologisch erfaßte Lokalität: Lübeck (ca. 250 Warwen gezählt), Warw 1 (direkt auf Sandgrund) 13 720 vor Chr. = Zeitstellung von VIERKES Pommerscher Moräne III, Warwenmessung 1938 von Jan De GEER, Datierung von Ebba HULT De GEER September 1951 (briefl. Mitteilung von Frau Prof. E. HULT De GEER vom 28. 10. 1951). H. MUNTHE (1940) gibt für den Beginn des Finiglazials 8540 v. Chr. an. Nach G. De GEER endete also das Alleröd-Interstadial um 8673 v. Chr., nach H. MUNTHE um 9340 v. Chr.

- 449: Melbecker Moor bei Lüneburg: Vorlaufstorf unmittelbar über dem Grenzhorizont, Beginn von Pollendiagrammzone IX FIRBAS + 821 ± 115
- 450: Melbecker Moor bei Lüneburg: oberste 2 cm Grenzstorf. Ende der Diagrammzone VIII FIRBAS D. + -501 ± 200
- Der Grenzhorizont im Melbecker Moor ist von F. OVERBECK & F. FIRBAS für RY III = ca. — 600 gehalten worden; wenn die C 14-Datierung richtig ist, liegt RY II vor (ca. + 400).

Die erheblichen Unstimmigkeiten zwischen den beiden Datierungsarten aller dieser Torfproben sind noch nicht erklärt.

2. Asien

- 629: Pulantien-Bassin in der Süd-Mandschurei: „vermutlich pleistozänes Torflager“ mit vielen Samen von mandchurischem Lotos (verwandt mit dem indischen Lotos *Nelumbo nucifera*); gesammelt von Ichiro OHGA, der mehrere hundert Samen zum Keimen brachte, nachdem er die dicke äußere Schale angefeilt oder 1—5 Stunden lang in konzentrierter Schwefelsäure aufgeweicht hatte. Alter 1040 ± 210
(Dieser Fall erinnert stark an den Mumienweizen!).

3. Nordamerika

a) Proben älter als das Two Creeks Forest Bed-Interstadial (ältere Interstadiale, Sangamon-Interglazial, Illinoisian); alle sind älter als 15 000 bis 20 000 Jahre; es wird versucht, durch Verbesserung der Methode wenigstens das Cary-Maximum der Wisconsin-Eiszeit zu datieren.

- 475: Singletary Lake, North Carolina: in den limnischen Sediten 3 organogene Schichten, Nr. 2 (pollenanalytisch untersucht) versuchsweise zwischen das Cary- und Mankato-Stadium gestellt wie Nr. 3, ist aber älter: älter als — 18000
- 105: Myrtle Beach, South Carolina: Sumpfpfypressenholz mehr als 15 Fuß tief in der marinen Pamlico-Formation (d. h. unter der Pamlico-Terrasse); der stratigraphische Befund zeigt einen 25 Fuß höheren Meeresspiegel als heute an: älter als — 18000
- 299: Fairbanks, Alaska: Holz 80—100 Fuß tief in gefrorenem „muck“ (in der Hauptsache Fließerde) in den Goldgräbereien von Eva Creek: älter als — 18000
- 510: Farm Creek, Illinois: Holz 3—4 Fuß unter der Oberfläche des Farndale Löß (mit Pollen von *Picea*, *Pinus* und *Abies* und mit Lärchenholz nach R. F. FLINT 1948 p. 148); frühestes Stadium der Wisconsin-Vereisung: älter als — 18000
- 509: Farm Creek, Illinois: Holz aus der obersten Schicht des Farndale Löß: älter als — 17000
- 496: Bronson, Minnesota: Holz von Station 1, 88 Fuß unter der Oberfläche unter Mankato-Grundmoräne, aus einem Fichten-Lärchen-Moor: älter als — 17000
- 508: Camden-Moräne (Cary-Stadium), Ohio: Holz: älter als — 15000
- 363: Santee, South Carolina: Holz von einem Sumpfpfypressen-Stubben von 11 Fuß Durchmesser unter 30 Fuß mächtigen Sandablagerungen des Santee River: älter als — 15000

- 466: Illinoian-Grundmoräne in Vermilion Co., Illinois: Holz in Geschiebemergel direkt unter Gumbotil: älter als — 15000
- 481: Skunk Creek, Iowa: Holz unter mutmaßlicher Mankato-Grundmoräne, aus dem letzten Interglazial, am N-Ufer des Skunk Creek: älter als — 15000
- 575: Wedron, Illinois: Holz aus torfiger Ablagerung des Lake Kickapoo (darüber: periglazial deformierter Sand und Schlick, dann Bänderton, schließlich verschiedene Grundmoränen): älter als — 15000
- 528: Clear Creek, Iowa: Holz in Löß unter junger Grundmoräne: älter als — 15000
- 615: Searles Lake, California: organogene Substanz aus Schlammband zwischen 2 Salzsichten, Schlamm mutmaßlich bei Überflutung in der letzten Eiszeit abgelagert: mindestens — 14000
- 438: Bridgeville, Pennsylvania: Torf 17 Fuß unter alluvialer Ablagerung; ins Tazewell- oder Cary-Stadium gestellt: älter als — 14000
- 204: Ciudad de los Deportes bei der Stadt Mexiko: Holz der jüngeren Becerra-Formation (Armenta-Horizont) mit „Mammut“, Wildpferd u. a. älter als — 14000
- 205: Fundort wie 204: Torfprobe 200 m östlich der Fundstelle 204, aus dem Armenta-Horizont — 9053 ± 500
- (421: Tepexpan I bei der Stadt Mexico: Stengel und Wurzeln von Wasserpflanzen im Mergel 48—70 Zoll tief, 4 m von der Fundstelle des fossilen Tepexpan-Menschen entfernt im El Risco-Horizont: viel jünger als erwartet . . . D. — 2168 ± 300)
- 465: Oxford, Ohio: Baumstamm aus Tazewell- oder Cary-Moräne mindestens — 13000
- 535: Wedron (La Salle Co.), Illinois: Holz vom Lake Kickapoo (Fundsicht wie von 575) aus dem frühen Tazewell-Stadium; C 14-Datierung aber viel zu niedrig, Probe offenbar nicht einwandfrei — 11892 ± 780
— 10592 ± 1000
- 301: Fairbanks Creek, Alaska: Holz aus 30—60 Fuß Tiefe, zusammen mit Knochen ausgestorbener Tiere — 10672 ± 750
- 599: Leonard-Abri, Nevada: Fledermaus-Guano unmittelbar auf pleistozänem Kies (wahrscheinlich während des 3. Stadiums des Lake Lahontan und möglicherweise im Mankato-Stadium abgelagert) — 9249 ± 570

Aus der Zeit vor dem Two Creeks Forest Bed-Interstadial dürften die *Elephas*-Reste (meistens *E. columbi*, nördlich vom 40.° n. Br. auch *E. primigenius* nach H. F. OSBORN) Nordamerikas stammen, denn sie sind m. W. niemals in Mooren gefunden worden, und die Moorbildung begann nach dem Wisconsin-Maximum erst im Two Creeks Forest Bed-Interstadial. Bei Lubbock, Texas, liegen *Elephas*-Reste unter der Folsom-Jägerschicht (Nr. 558: — 7933 ± 350) wie bei Clovis, New Mexico.

b) Two Creeks Forest Bed (Cary-Mankato-Interstadial) und Mankato-Stadium.

5 Proben aus Aufschlüssen am westlichen Steilufer des Michigan-Sees im nördlichen Teil des Manitowoc Co., Wisconsin (wenige Zoll dicke Torfschicht mit viel

Fichtenstubben, Stämme abgebrochen nach SW durch das Inlandeis des hier 25 Meilen weit reichenden Mankato-Vorstößes, unter dem Torf nicht entkalkte warwige Sedimente, über dem Torf limnische Sedimente, dann Mankato-Grundmoräne) lieferten folgende Datierungen:

| | |
|----------------------------|----------------|
| 308: Fichtenholz | — 8927 ± 740 |
| 365: Fichtenwurzel | — 9487 ± 770 |
| 366: Torf, in dem 365 stak | — 9147 ± 600 |
| 536: Fichtenholz | — 10218 ± 1500 |
| 537: Torf | — 9492 ± 640 |
| D. | — 9454 ± 350 |

Danach ist das Two Creeks Forest Bed scheinbar 637 Jahre älter als das Alleröd-Interstadial in Europa, aber die Schwankungsbreiten der Datierung beider Interstadiale überschneiden sich so, daß man beide Interstadiale wohl als ungefähr gleichzeitig ansehen kann (R. F. FLINT & E. S. DEEVEY, Jr., 1951 p. 266), ein wichtiger Beweis für die bisher nur vermutete Gleichzeitigkeit spätquartärer Klimaschwankungen in Europa und Nordamerika. Im nördlichen Maine hat E. S. DEEVEY, Jr., (1951) eine spätglaziale Schichtenfolge limnischer Sedimente festgestellt, die der europäischen (Diagrammzonen I—III) entspricht.

497: „Moorhead Interglazial“: Holz aus Moorhead Fundplatz
2 in Minnesota; nach der C 14-Datierung Two Creeks
Forest Bed-Interstadial — 9333 ± 700

Aus dem Ende des letzten nordamerikanischen Interstadials der Wisconsin-Eiszeit soll der bisher älteste Menschenrest Amerikas, der Mensch von Tepexpan bei der Stadt Mexico, stammen, dessen Alter der Entdecker, H. de TERRA, auf ca. 11 000—12 000 Jahre geschätzt hat⁴⁾; eine Torfprobe (205) aus dem Fundhorizont, aber einige m von der Fundstelle entfernt, stammt nach der C 14-Datierung aus der Zeit um — 9053 ± 500 (H. de TERRA 1951).

Aus der Datierung des Two Creeks Forest Bed ergibt sich für das Mankato-Maximum ein Alter von rund 11 000 Jahren (ca. 9 000 v. Chr.), d. h. das Mankato-Stadium fällt zeitlich etwa mit der europäischen Schlußvereisung (= Jüngere *Dryas*-Zeit = Eisrandlage an den großen fennoskandinavischen Endmoränen, geochronologisch datiert ca. 8800 bis 8000 v. Chr.) zusammen. Bis zur Radiocarbon-Datierung des Mankato-Stadiums haben namhafte amerikanische Geologen dieses Stadium dem Pommerschen Stadium in Europa zeitlich gleichgesetzt (z. B. R. F. FLINT 1948) und E. ANTEVS (1935) hat auf Grund unvollständiger Warwenzählungen (mit Extrapolationen) ein Alter von ca. 25 000 Jahren, später (1948) von ca. 20 000 Jahren angegeben, obwohl einige amerikanische Geologen und Pedologen darauf hingewiesen hatten, daß der Grad der Bodenbildung und Erosion der Mankato-Grundmoräne einer so hohen Altersangabe widersprechen (R. F. FLINT & E. S. DEEVEY, Jr., 1951, pp. 260, 261). Trotzdem kam die Umdatierung des Mankato-Stadiums durch die C 14-Methode für die allermeisten Quartärgeologen überraschend; sie wären gar nicht überrascht gewesen, wenn sie bedacht hätten, daß der nordwärts vordringende (subarktische) Wald zu Beginn des Mankato-Stadiums den Inlandeisrand erreicht hatte, was in Europa nicht unmittelbar vor dem Pommerschen Stadium, sondern erst unmittelbar vor dem Fennoskandinavischen Stadium (Schlußvereisung) geschehen ist. Nur ist in Europa bloß ein Fall bekannt (auf dem Berge Billing in Mittelschweden), wo das Inlandeis über

⁴⁾ Vergl. hierzu aber die Kritik von Alex D. KRIEGER in *American Antiquity* 15, pp. 343—349, 1950.

Waldboden vorrückte; in Wisconsin kommt das Two Creeks Forest Bed unter Grundmoräne des Mankato-Vorstößes mehrfach vor (im Süden auf 500 engl. Quadratmeilen); in NW-Minnesota liegt unter der Mankato-Grundmoräne eine Schicht Torf mit „Lignit“ hauptsächlich aus *Picea* und *Larix laricina* mit Moosen und Pilzen; für eine kalte kurze Vegetationsperiode in den letzten 20 Jahren vor der Bedeckung des Waldmoors mit Mankato-Eis sprechen die letzten 20 sehr engen Jahresringe (R. F. FLINT 1948 p. 252). Auch beim Two Creeks Forest Bed im Manitowoc Co. sprechen die Fossilfunde für ein kühles Klima wie heute im nördlichen Minnesota 3 Breitengrade nördlich von diesem Two Creeks Forest Bed (R. F. FLINT 1948 p. 251); die Schichtenfolge ist anscheinend kontinuierlich und umfaßt hier nicht mehr als einige hundert Jahre (R. F. FLINT & E. S. DEEVEY, Jr., 1951, p. 262).

In der spätpleistozänen Stratigraphie nimmt das Mankato-Stadium eine Schlüsselstellung ein, da die Mankato-Grenze für mehr als 1600 km bekannt ist.

Ca. 400 km vom Eisrand entfernt wuchs damals bei Minneapolis Hochwald aus *Picea glauca*, *Abies balsamea*, *Pinus strobus* und *Betula* sp. mit Mooren, auf denen *Larix laricina* und *Picea mariana* vorkamen; diese Vegetation ist heute im nördlichsten Minnesota, 322 km nördlich von Minneapolis, zu finden.

Die Länge der nordamerikanischen Schlußvereisung (Mankato-Stadium) ist auch mit Hilfe der C 14-Methode noch nicht ermittelt worden, ebenso wenig die Schnelligkeit des Eisrückzugs nach diesem Stadium; ebenso fehlt noch eine C 14-Datierung für das Cochrane-Stadium, in dem der riesige Lake Agassiz eisgestaut wurde. Aus der Gleichzeitigkeit des Mankato-Stadiums und des Fennoskandinavischen Stadiums folgt, daß das letztere nicht, wie noch 1948 F. E. ZEUNER nach dem Vorgang von E. HYPPIÄ annahm, das Ergebnis einer vorübergehenden Zunahme der Niederschlagsmenge im baltischen Gebiet infolge der Verkleinerung der skandinavischen Eiskappe und der dadurch bedingten Abschwächung der Antizyklone auf ihr ist, sondern daß beide auf eine sehr starke Abkühlung kosmischen Ursprungs während der Schlußvereisung zurückgeführt werden müssen. Infolgedessen spricht die Schlußvereisung gegen die Richtigkeit der Strahlungskurve von MILANKOVITCH (vergl. F. FIRBAS 1947).

Im heute ariden New Mexico stammen die Folsom-Artefakte der Sandia-Höhle östlich von Albuquerque (nach mündl. Mitteilung von Prof. Dr. Frank C. HIBBEN-Albuquerque) nach der Radiokarbon-Datierung aus der Zeit um 9000 v. Chr., also aus der Schlußvereisung; sie liegen in einer kalkigen Breccie, die für jene Zeit eine sehr viel größere Humidität als heute in der jetzt völlig trockenen Höhle beweist (Frank C. HIBBEN 1941); das letzte pleistozäne Pluvial fällt also zeitlich mit der Schlußvereisung (Mankato-Stadium) zusammen.

Aus dem Beginn dieses Stadiums stammt die Festus-Terrasse, 50 Fuß über dem Missouri unweit seiner Mündung bei Bonfils; denn am Grunde von fluvialen Sedimenten einer gleichalten Terrasse in der Nähe wurde ein Baumstamm (Nr. 385) gefunden, der aus der Zeit um $10\,198 \pm 700$ v. Chr., also aus einem zu Beginn des Mankato-Vorstößes durch den Strom zerstörten Two Creeks Forest-Moor stammt.

221: Dung vom heute ausgestorbenen Bodenfaultier *Nothotherium shastense* (zusammen mit Resten von Wildpferden und 2 Kamelarten in der Gips-Höhle (Gypsum Cave) bei Las Vegas, Nevada: Schlußvereisung

D. — 8505 ± 340

- 474: Singletary Lake, North Carolina: unterer Teil der obersten organogenen Bodenschicht (angeblich nicht rein).
Schlußvereisung - 8274 ± 510

Da bisher die Datierung ältester vorgeschichtlicher Funde in Nordamerika auf die alten Datierungen des Mankato-Stadiums (20 000 oder 25 000 vor der Gegenwart) bezogen worden sind (vergl. die zusammenfassenden Darstellungen von H. M. WORMINGTON 1949, K. MACGOWAN 1950 und S. CANALS Frau 1950), müssen jetzt auf Grund der C 14-Datierungen diese hohen Zahlen meistens ganz erheblich reduziert werden. So wurde z. B. für das Skelett des 1931 ca. 3 m tief in (angeblich) ungestörtem Bänderton eines Eisstausees drei Meilen nördlich von den Pelican Rapids, Minnesota, gefundenen „Minnesota-Mädchens“ ein Alter von ca. 20 000 Jahren angegeben. Aus der Isorecessen-Karte der laurentischen Eisdecke der Wisconsin-Vereisung von R. F. FLINT (1948 Fig. 57) ergibt sich aber, daß die Fundstelle vom Mankato-Eis bedeckt gewesen ist; das Minnesota-Mädchen muß also jünger als das Mankato-Stadium, d. h. weniger als 10 000 Jahre alt sein.

c) Datierungen aus der Zeit nach dem Mankato-Stadium.

Nach der Verbreitungskarte der Funde subfossiler Reste von *Mastodon americanus*, die H. F. OSBORN (1936 Fig. 123 b) veröffentlicht hat, und nach der Isorecessen-Karte des Wisconsin-Eises (R. F. FLINT 1948, Fig. 57) liegen (abgesehen von einem Fund in Alaska, der sicher interglazial ist) die wenigen Fundorte nördlich der Mankato-Grenze nicht weit von dieser; danach muß *Mastodon americanus* bald nach dem Mankato-Stadium (wohl zwischen 8000 und 7000 v. Chr.) ausgestorben sein (H. GROSS 1951).

- 222: Faultierdung aus Gypsum Cave bei Las Vegas, Nevada, aus einem höheren Niveau als Nr. 221 D. — 6577 ± 250
- 526: Bellevue, Ohio: feuchtes Holz von hoher Ufer-Linie des Lake Lundby — 6563 ± 500
- 247: Beim Ausbruch des Vulkans Mt. Mazama im östlichen Oregon (wodurch der Crater Lake erzeugt wurde) verkohltes Holz D. — 4503 ± 250
- 278: Lovelock Cave, Nevada: nichtverbrannter Guano aus einer Schicht vor der Besiedelungszeit D. — 4054 ± 250
- 277: Lovelock Cave, Nevada: wie vor., Guano, aber verbrannt — 2498 ± 250
- 606: Waterton, W-Alberta, Canada: Holz aus glazialem Waldmoor (forest bed). Schichtenfolge: humose Schicht 1 Fuß, Kies 12 Fuß, Seeton 1/2 Fuß, Kies 2 Fuß, sandiger Schlick mit Wirbellosen 2 Fuß, Waldmoor 2 Fuß, dunkelbraune Keewatin-Moräne 9 Fuß; das Holz stammt von *Picea mariana* und *P. glauca* — 1311 ± 250
- 607: Waterton: wie 606, aber Torf — 1377 ± 320
- Pollenanalytisch datierte Moorproben aus der postglazialen Wärmezeit (amerikanische Pollendiagrammzonen B bis C₂, B = *Pinus-Maximum*):
- 336: Cranberry Glades, West-Virginia, Torf der Diagrammzone B, 3375 Fuß über dem Meere, aus einem der außerhalb des ehem. Vereisungsgebietes in Nordamerika sehr seltenen Moore: älteste *Pinus*-Zone — 7484 ± 840
- 478: Upper Linsley Pond, Connecticut: Torf aus 10,35 m mit großer Bohrkammer entnommen; vergl. Proben 36—39. Pollendiagrammzone: früh bis mittel C 1 — 6844 ± 550

| | |
|---|-----------------|
| 39: Upper Linsley Pond bei New Haven, Connecticut, Gyttja der Diagrammzonengrenze B/C | — 6373 ± 400 |
| 332: Cedar Creek bog dicht bei Minneapolis, Minnesota: Gyttja der Diagrammzone B | — 6038 ± 420 |
| 122: Upper Linsley Pond, Connecticut, Gyttja der Diagrammzone B: offenbar unrein | — 4718 ± 250 |
| 334: Johnson Camp bog bei Ely, Minnesota, fast 48° n. Br., Torf der Diagrammzone B | D. — 5178 ± 300 |
| 335: Plissey Pond, Maine, ca. 46° 40' n. Br., Gyttja der Diagrammzone B; C 14-Datierung zu niedrig | — 4012 ± 320 |
| 500: Lake Cicott, Indiana: Torf aus 22—23 Fuß Tiefe, für Torf aus der Pollendiagramm-Zonengrenze B/C1 gehalten | — 3675 ± 310 |
| 332 und 334 liegen in der äußersten Randzone des Rückzugsgebiets des Mankato-Stadiums ca. 350 km von einander entfernt, die übrigen außerhalb. Das Alter des <i>Pinus</i> -Maximums wird also nach Norden hin geringer. | |
| 38: Upper Linsley Pond, Connecticut, Gyttja der Diagrammzonengrenze C 1/C 2 | — 3209 ± 350 |
| 120: wie vor, aus einer zweiten Probenreihe | — 3355 ± 250 |
| 119: wie vor, aus einer 2. Probenreihe, Gyttja der Zone C ₂ | — 191 ± 250 |
| 37: wie vor, aus der 1. Probenreihe, Gyttja der Zone C ₂ | + 150 ± 500 |
| 103: Broken Flute Cave, New Mexico: Douglasfichtenholz, innerster Jahresring 530 n. Chr., äußerster 623 n. Chr. D. + | 908 ± 80 |

Zu beachten ist, daß alle diese Moorproben aus der postglazialen Wärmezeit mit dem Moorbohrer durch mehrfache Bohrung für jede Probe beschafft sind, also nicht alle unbedingt zuverlässig mit der Radiokarbon-Methode datiert werden konnten.

Geschichte der Großen Seen:

Abgesehen vom Südende des Michigan-Sees und vom größeren westlichen Teil des Erie-Sees liegen die Großen Seen im Abschmelzgebiet des Mankato-Stadiums, müssen also größtenteils jünger als dieses sein.

191: Holzkohle aus dem untersten Teil eines vorgeschichtlichen Wohnplatzes auf der kleinen Frontenac-Insel im Cayuga-See im Staate New York (SW von Syracuse) — 2980 ± 260
 Dieser See ist wie der sehr viel größere Ontario-See ein Rest des Iroquois-Eisstauses, dessen Wasserspiegel beträchtlich höher lag als der Spiegel des heutigen Ontario-Sees. Die Insel konnte erst entstehen, als der Wasserspiegel des Lake Iroquois stufenweise nach dem Abschmelzen des Inlandeises nördlich von den Adirondacks absinken konnte (R. F. FLINT & E. S. DEEVEY, Jr., 1951 p. 283); diese beiden Autoren nehmen nun auf Grund der Datierung des Frontenac-Wohnplatzes an, daß der Wasserspiegel des Lake Iroquois gesenkt wurde, während Lake Algonquin das obere Gebiet der Großen Seen einnahm, Lake Algonquin III, durch den Inlandeisrand aufgestaut, also noch um 2980 v. Chr., d. h. in der wärmsten Zeit der postglazialen Wärmezeit existierte. Demgegenüber ist aber einzuwenden, daß der Beweis dafür fehlt, daß die Frontenac-Insel sofort nach ihrem Auftauchen besiedelt wurde; die Besiedelung kann doch sehr wohl mehrere Jahrtausende später erfolgt sein. Es ist außerdem im höchsten Grade unwahrscheinlich, daß um 3000 v. Chr., also in der postglazialen Wärmezeit, der Inlandeisrand noch am Nordufer des Algonquin-Seebeckens lag. Außerdem hatte die wärmezeitliche Kiefernphase (Diagrammzone B) Ely, 80 km vom Nordwestufer des Oberen Sees, um 5178 ± 300 v. Chr. (Nr. 334) erreicht. Algonquin III und Lake Iroquois dürften erheblich älter als 3000 v. Chr. sein.

Das Nipissing-Stadium der Großen Seen (mit nur 1 Abfluß: St. Lorenz-Strom) wurde erreicht, als der Eisrand (des James Bay Lobe) an den Endmoränen von Cochrane in Canada (bis 1950 mit den großen fennoskandinavischen Endmoränen parallelisiert) lag und die riesigen Eisstauseen Agassiz und Ojibway-Barlow existierten (R. F. FLINT 1948, Fig. 56). Die frühere Phase des Nipissing-Stadiums soll nach R. F. FLINT & E. S. DEEVEY, Jr., (1951, p. 284) in die Zeit um 1706 ± 640 v. Chr. fallen; aus dieser Zeit stammt nach der Radiokarbondatierung eine Torfschicht (Nr. 504), die unter der heutigen Oberfläche des Oberen Sees auf Sand Island nahe dem Westende dieses Sees liegt und im frühen Nipissing-Stadium abgelagert worden sein soll; ihre Flora ähnelt der heutigen in dieser Gegend. Auch diese Datierung erscheint viel zu jung, ebenso die des späten Nipissing-Stadiums (1519 ± 230 v. Chr.) auf Grund der C 14-Bestimmung eines vor vielen Jahren als Treibholz gefundenen Eichenstammes (Nr. 364) aus einer jetzt unbekanntem Seeterrasse bei Chicago, R. F. FLINT & E. S. DEEVEY, Jr. (1951 p. 285) halten diese späten Daten für nicht ganz unmöglich. Es ist wohl mit der Möglichkeit zu rechnen, daß beim Abschmelzen des Mankato-Eises eine riesige Toteismasse in den Becken des Oberen, Michigan- und Huron-Sees zurückblieb. Scheinbar spricht dafür ein gepreßter Fichtenholzstamm (*Picea glauca*), der 10 Fuß tief in gebänderten feinen Sedimenten, die älter als die Valder-(Mankato-)Grundmoräne sein sollen, am Ufer des Fox River nördl. von Menasha (nicht weit westlich vom Michigan-See im Mankato-Abschmelzgebiet, ca. 50 km von der äußersten Mankato-Grenze entfernt) gefunden wurde (Nr. 419); ob im Hangenden Grundmoräne lag, ist nicht bekannt. Das Alter dieses Holzes ist 6401 ± 230 Jahre (-4451 ± 230). Schon die Tatsache, daß dieses Holz 4500 Jahre jünger ist als das Mankato-Maximum, spricht gegen Toteiswirkung; außerdem hatte die wärmezeitliche Kiefernphase schon 1600 Jahre früher Ely, 80 km vom Nordwestufer des Oberen Sees, erreicht. Allochthone organogene Substanzen in Flußtälern und See-Terrassen sind für die Datierung spätquartärer Ereignisse zweifellos nicht immer zuverlässig. Das Nipissing-Stadium ist sicher erheblich älter als ca. 4000 Jahre.

3. Südamerika

378: Chincha-Insel, Peru: Guano unter 3 Fuß 6 Zoll Flugsand

älter als — 17000

Im südlichsten Chile in der *Mylodon*-Höhle bei Ultima Esperanza gefundener Faultierdung (Nr. 484) lieferte die Datierungen -8850 ± 570 und -8914 ± 720 , D. — 8882 ± 400 , d. h. diese Höhle war schon damals (möglicherweise in einem Interstadial, das zeitlich dem Two Creeks Forest Bed-Interstadial Nord-Amerikas entspricht) nicht mehr vom Inlandeis verschlossen. 190 km östlich davon wurden 1937 auf vulkanischer Asche in der Höhle Palli Aike unweit der Magalhaes-Straße verkohlte Knochen von Menschen, Wildpferden, Faultieren und Guanaks gefunden, mit Hilfe der verkohlten Knochen (485) wurde für diese vulkanische Asche durch die C 14-Methode die Zeitstellung -6689 ± 450 ermittelt. Nach V. AUER (1950 pp. 109, 190) ist es mehr als wahrscheinlich, daß diese Asche vom Vulkanausbruch I in Fuegopatagonia stammt; in lakustrischen Mooren dieses Gebiets hat V. AUER (1950 pp. 136, 156) diese Ascheschicht durch pollenanalytische Fernkonnektierung mit Finnland auf Grund der Revertenz mit ca. 6800 v. Chr. datiert. Diese Altersangabe stimmt verblüffend gut mit der C 14-Datierung überein.

Das ist eine außerordentlich wichtige Datierung. Denn in den lakustrischen Mooren Fuegopatagoniens liegt die vulkanische Ascheschicht der Eruption I (um 6800 v. Chr.) in Gyttja etwas über dem Ton am Boden des Vorsees. Die Ein-

schwemmung dieses Tons hat (wie die der *Dryas*-Tone im südlichen Ostseegebiet) eine noch nicht geschlossene gehölzfreie oder gehölzarme Pflanzendecke, also subarktische Klimaverhältnisse zur Voraussetzung, während die Gytjtjabil- dung ein gemäßigtes Klima anzeigt. Nach V. AUER (1950 p. 190) ist die Klima- besserung am Ende der letzten Eiszeit in Fuegopatagonia geradezu katastrophal wie im nördlichen Europa gewesen („Los estudios han establecido, que el des- hielo del glacial fué catastróficamente rápido y que le sucedió un período seco y caluroso“). Nach der Lage der vulkanischen Schicht aus der Zeit um 6800 v.Chr. in den lakustrischen Mooren zu urteilen, ist in Fuegopatagonia die Zeitstellung des Übergangs von der Toneinschwemmung zur Gytjtjabil- dung wenigstens an- nähernd dieselbe wie im südlichen Ostseegebiet und in Nordamerika, nachdem dort E. S. DEEVEY, Jr. (1951) im nördlichen Maine dieselbe 3teilige spätglaziale Schichtenfolge wie im südlichen Ostseegebiet nachgewiesen hat, d. h. um 8000 v. Chr. Die letzte Eiszeit endete in Südamerika also zu der- selben Zeit wie in Nordamerika. Das ist ein weiteres gewichtiges Argument gegen die Verwendbarkeit der Strahlungskurve von MILANKOVITCH für die Quartärchronologie; denn nach dieser Kurve sind die Klimaminima auf der nördlichen und südlichen Halbkugel nicht gleich alt, wenn sie auch zeitlich benachbart liegen (M. SCHWARZBACH 1950 p. 180).

IV. Ergebnisse und Bedeutung der Radiokarbon-Methode für die Vorgeschichtsforschung

1. Europa

- 578: France II: La Garenne, St. Marcel (Indre): Magdalénien- Kulturschicht in 1,5—2 m Tiefe; Asche mit Sand, Holz- kohle und verbrannten Knochen von einem Herd . . . — 13897 ± 1200
- 406: Höhle von Lascaux (Dordogne): teilweise verkohltes Holz von *Abies pectinata* aus einer Kulturschicht, die nach H. BREUIL nicht jünger als Magdalénien II ist (R. F. FLINT 1951 p. 835)⁵⁾ . . . — 13566 ± 900
- 579: France III: wie 578; verbrannte Knochen außerhalb des Herdes, aber aus demselben Horizont . . . — 11036 ± 560
- : Les Eyzies (Dordogne): Kulturschicht des „klassischen Magdalénien“ (mündl. Mitteilung von Prof. Dr. Frank C. HIBBEN) . . . — 10000
- 577: France I: Fundstelle wie 578 und 579: 1,5 kg verkohlte Knochen von einem Herd . . . — 9159 ± 480
- 353: Starr Carr (Yorkshire): hölzerne Plattform eines Magle- mose-Seewohnplatzes, Pollendiagrammzone IV GODWIN (älteste pollenanalytisch datierte Kulturschicht Eng- lands). C 14-Datierung stimmt recht gut mit der pollen- analytischen überein . . . D.— 7538 ± 350
- 432: Aamose-Wohnplatz (Dänemark): Kiefernzapfen; Pollen- diagrammzone V JESSEN. C 14-Datierung befriedigend . . . — 5633 ± 380
- 433: Aamose-Wohnplatz (Dänemark): Haselnüsse aus einem mesolithischen Sommerhaus. Diagrammzone VI JESSEN. C 14-Datierung: zu alt, wohl infolge Schichtenstörung durch die Mesolithiker . . . D.— 7979 ± 350

⁵⁾ An anderer Stelle (F. JOHNSON 1951 p. 50) gibt H. BREUIL an, daß die Artefakte dieser Schicht „are either of Upper Périgordian (the more probable) or very old Mag- dalenian type“. Das Altersverhältnis zwischen der Kulturschicht und den Höhlenbil- dern ist noch unbekannt.

- 434: wie 433: Holzkohle aus derselben Schicht. C 14-Datierung etwas zu hoch — 6681 ± 540
- 435: Aamose-Wohnplatz (Dänemark): Birkenholz aus einem zweiten mesolithischen Sommerhaus, Niveau wie 433 und 434. C 14-Datierung: zu alt, Grund wie bei 433 . . . — 7475 ± 470
- 462: Ehenside Tarn (Cumberland): Seeufer-Wohnplatz des Neolithikums A, Holzkohle, vielleicht nicht ganz gleichaltrig mit dem Wohnplatz. C 14-Datierung: vielleicht 1000 Jahre zu alt nach H. GODWIN (1951 p. 305) . . . — 3014 ± 300
- 602: Stonehenge, Wiltshire (England): Holzkohle aus Loch 32 aus der 1. Phase des Monuments, als spät-neolithisch angesehen — 1848 ± 275

Besonders interessant sind die durchweg überraschend niedrigen Altersangaben für das Magdalénien, die gut mit den auf anderem Wege gefundenen Datierungen (H. SCHWABEDISSEN und H. GROSS in diesem Jahrbuch Bd. 1, 1950 pp. 152—171) übereinstimmen und die auf Grund der Strahlungskurve angegebenen Altersbestimmungen als phantastisch hoch erscheinen lassen — F. E. ZEUNER (1950 p. 292) gibt für das Magdalénien eine Dauer von ca. 50 000 bis ca. 20 000 vor der Gegenwart an. Also auch die C 14-Datierungen des Magdalénien sprechen gegen die Brauchbarkeit der Strahlungskurve für absolute Datierungen. Es wird sehr wahrscheinlich möglich sein, mit der C 14-Methode auch Kulturschichten des Spät-Aurignacien zu datieren.

2. Vorderasien

- 113: Jarmo (Irak): Landschneckengehäuse aus dem ältesten Ackerbauerdorf der Welt; unterste Schicht ohne Tonware — 4757 ± 320
— Höhle im Jebel Baradost (Irak): älteste Tonware ca. — 5000
- 183: Alishar (Türkei): Holz aus kupferzeitlichem Horizont 14 eines Ruinenhügels; erwartete Zeitstellung — 3000 . . . — 2569 ± 250
- 115: Alishar (Türkei): Holz aus dem Fundament eines Befestigungswalls der Bronzezeit. C 14-Datum etwa 800 Jahre später, als die meisten Archäologen annehmen D.— 1262 ± 250
- 72: Tayinat (Syrien): Holz vom Fußboden eines Palastes der syrisch-hethitischen Periode, archäologisch datiert — 675 ± 50 D.— 581 ± 150
- 576: Ain Fashkha am Toten Meer (Palästina): Bibel-Schriftrollen (Buch Jesias) aus einer Höhle; Leinenumhüllung + 33 ± 200

3. Ostasien

- 548: Ubayama-Muschelhaufen 10 Meilen westlich von Tokio (Japan): Reste des ältesten Hauses von Japan, vom untersten Teil des Muschelhaufens — 2900 ± 270
— 1988 ± 500
- 603: Fundort wie 548: Horinuchi-Stufe, beginnender Spät-Jomon-Horizont — 2563 ± 300

4. Westafrika

- 581: Mufo (Angola): verkohltes Holz 15 cm tief im Kieslager unter 580 — 12553 ± 560
- 580: Mufo (Angola): verkohltes Holz aus einer Kulturschicht des späten Jungpaläolithikums (Lupembian) . . . — 9239 ± 490

5. Ägypten

- 550 und 551 (cf. 457): Weizen- und Gerstenkörner, Upper K Pit No. 59 und Nr? (verloren), Fayum A-Material . . . — 4441 ± 180
- 457: Fayum A: Weizen- und Gerstenkörner aus der Oberen K-Grube Nr. 13; C 14-Datum etwa 1000 Jahre später als die meisten Ägyptologen annehmenD.— 4145 ± 250
- 463: El Omari bei Kairo: Hausböden (vor-dynastisch) . . . — 3306 ± 230
- 267: Sakkara: Holz von einem Dachbalken des Grabes des Veziers HEMAKA aus der Zeit der 1. Dynastie (ca. 3150 bis 2750 v. Chr.)D.— 2933 ± 200
- 12: Meydum: Zypressenholz vom Grabe SNEFERUS, archäologisch datiert — 2625 ± 75D.— 2852 ± 210
- 1: Sakkara: ausgezeichnet erhaltenes Akazienholz aus dem Grabe ZOSERS, archäologisch datiert — 2700 ± 75, C 14-Datum also zu spätD.— 2029 ± 350
- 81: Grabschiff von Sesostris III, archäologisch datiert — 1800 D.— 1671 ± 180
- 62: Holz eines mumienförmigen Sarges aus der ptolemäischen Zeit, archäologisch datiert — 330 — 240 ± 450

6. Nordamerika

a) Alaska:

- 560: Trail Creek (Seward-Halbinsel): Weiden und Holzkohle aus 80 cm Tiefe in Höhle 9 — 4043 ± 280
- 409: Voraleutischer Wohnplatz (Holzkohle aus 433 cm Tiefe) bei Nikolski auf der Uniak-InselD.— 1068 ± 230
- 505: Gambell (St. Lawrence-Insel): Fichtenholz vom Hügelhang (Okvik-Haus) — 308 ± 230
- 563: Kap Denbigh: Iyatayet-Wohnplatz, Stamm vom Fußboden des Paläoeskimohauses Nr. 7 — 66 ± 250
- 101: Yukon: Holz und Holzkohle aus einer Kulturschicht im
102: FrostbodenD. + 431 ± 150
112: }
- 506: Norton Bay: Iyatayet-Wohnplatz mit echten Stacheln; verkohltes Holz aus mittlerer Schicht + 490 ± 200
- 260: Deering auf der Seward-Halbinsel: Holz aus der Ipiutak-Kulturschicht III + 977 ± 170
- 266: wie vor. Holz aus Grab 51 der Ipiutak-Kultur II . . . + 1038 ± 170

b) USA, westlich vom Mississippi:

- : Sandia-Kulturschicht in Sandia Cave, New Mexico, ca. — 17000 ⁶⁾
- : Yuma-Kulturschicht in New Mexico ca. — 17000 ⁶⁾
- 609: Danger Cave I, bei Wendover (Utah): Holzkohle, Holz und Schafsdung, auf einem alten Ufer des Lake Stansbury — 9503 ± 600
- 599: Leonard Rock, Nevada: Fledermaus-Guano unmittelbar über pleistozänen Kiesen im Abri — 9249 ± 570
- 610: Danger Cave II (Utah): wie 609, aber ohne Holz . . . — 9201 ± 570
- : Folsom-Kulturschicht in Sandia Cave, New Mexico, ca. — 9000 ⁶⁾
- 470: Medicine Creek, Nebraska: Wohnplatz Ft. 50, Holzkohle unter der ältesten Kulturschicht — 8543 ± 1500

⁶⁾ Mündliche Mitteilung von Prof. Dr. Frank C. HIBBEN von der Universität von New Mexico.

| | | | |
|-------|--|-----|-------------|
| 558: | Lubbock, Texas: Folsom-Jägerlager, verkohlte Knochen | — | 7933 ± 350 |
| 471: | Lime Creek, Nebraska: Wohnplatz Ft. 41 unter 47 Fuß mächtiger Lößschicht mit einem begrabenen Boden | D.— | 7574 ± 450 |
| 428: | Fort Reck Cave, Oregon: Schnursandalen unter vulkanischer Schicht (älteste datierte Artefakte Amerikas) | D.— | 7103 ± 350 |
| 281: | Leonard Rock, Nevada (Abri): Fledermaus-Guano mit Artefakten aus Holz | D.— | 6710 ± 300 |
| 222: | Gypsum Cave bei Las Vegas, Nevada: Riesenfaultierung aus der ältesten Gypsum Cave-Kulturschicht | D.— | 6577 ± 250 |
| 108a: | Medicine Creek-Wohnplatz Ft. 50, Nebraska: Schicht B | — | 6324 ± 500 |
| 216: | Sulphur Springs, Arizona: ält. Stufe der Cochise-Kultur | — | 5806 ± 370 |
| 454: | Angostura-Reservoir, South Dakota: Kulturschicht | — | 5765 ± 470 |
| 604: | Long-Wohnplatz im Angostura-Gebiet, South Dakota: Holzkohle von einem Herd und seiner Umgebung | — | 5123 ± 300 |
| 571: | Bat Cave, New Mexico: Holzkohle aus ungestörtem Teil | | |
| 572: | der Kulturschicht. „Die Entwicklung der Mais-Kultur fällt vermutlich in die Zeit der Holzkohle-Datierungen“. Proben aus 48—66 Zoll Tiefe | — | 5500 — 3000 |
| 298: | Leonard Rock, Nevada (Abri): Artefakte aus Hartholz (Atlatl foreshafts) aus derselben Kulturschicht wie 281 | — | 5088 ± 350 |
| 302: | Sage Creek, Wyoming: teilweise verkohlte Bisonknochen von einem Wohnplatz der Yuma-Kultur | D.— | 4926 ± 250 |
| 511: | Sulphur Springs, Arizona: Cochise-Wohnplatz Nr. 6 Nord, Sulphur Springs-Stufe | — | 4393 ± 250 |
| 554: | Leonard Rock III, Nevada: verkohlte Korbware aus oberer Guano-Schicht mit Kindbestattung; spricht für den Beginn des warmen trocknen Altithermals um —4000 | D.— | 3787 ± 250 |
| 65: | Medicine Creek-Wohnplatz Ft. 50, Nebraska: Mischung der Schichten A und B (Abstand 2 Fuß) | — | 3306 ± 350 |
| 377: | Folsom, New Mexico: Holzkohle aus jüngerer Schicht als die Fundschicht der Knochen ausgestorbener Bisonten und der Folsom-Artefakte | D.— | 2333 ± 250 |
| 440: | älteste bekannte californische Kultur | | |
| 522: | Fundplatz SJo — 68 | — | 2102 ± 160 |
| 515: | Cochise-Wohnplatz 12, Chiricahua-Stufe, Arizona | — | 2056 ± 270 |
| 276: | Lovelock Cave, Nevada: Pflanzenmaterial aus der ältesten Kulturschicht | D.— | 532 ± 260 |
| 519: | Cochise-Wohnplatz Nr. 3, San Pedro-Stufe, Arizona | — | 513 ± 310 |
| 612: | Tularosa Cave III, New Mexico: Mais und andere Pflanzenstoffe zusammen mit Artefakten der Chiricahua-Stufe der Cochise-Kultur, vorkeramisch | — | 350 ± 200 |
| 584: | Tularosa Cave I, New Mexico: Maiskolben aus einem geschichteten Abfallhaufen mit 38 000 Maiskolben einer primitiven Sorte zusammen mit Resten anderer Kulturpflanzen, und zwar aus der untersten Schicht | — | 273 ± 200 |
| 164: | Bat Cave, New Mexico: ältester Mais (zu wenig Material, dürfte aus der Zeit —1500 bis —1000 stammen) | — | 299 ± 250 |
| 585: | Tularosa Cave II, New Mexico: Maiskolben und Baumborke aus 6 Fuß 8 Zoll Tiefe: Kulturschicht der Pine Lawn-Phase (mit der ältesten Tonware dieses Gebiets) D.— | — | 195 ± 160 |

| | | |
|--|------|------------|
| 469: Cedar Canyon, Nebraska: Holzkohle von einem Herd des Wohnplatzes Sx — 101 | D. | 197 ± 150 |
| 587: Humboldt Cave, Nevada (10 oder 12 Meilen W von 276): Korbware | + | 3 ± 175 |
| 628: Big Sur, California (Monterey Co.): Holzkohle aus einem Muschelhaufen unter 10 Fuß mächtiger Kiesdecke; jetziger Strandkies bedeckt 4,5 Fuß des Muschelhaufens (Beweis für Küstensenkung) | + | 71 ± 250 |
| 518: San Pedro, Arizona: Cochise-Wohnplatz Nr. 3. San Pedro-Stufe der Cochise-Kultur im Sulphur Springs-Tal | + | 188 ± 430 |
| 153: Davis-Wohnplatz, Texas: Maiskolben | + | 397 ± 175 |
| 151: Tchefuncte Wohnplatz, Louisiana: Muschelschalen aus oberster Mound-Schicht | + | 717 ± 250 |
| 143: Crooks-Wohnplatz, Louisiana: sekundärer Mantel des Mounds A der Marksville-Periode, C 14-Datum wohl zu jung | + | 792 ± 250 |
| 430: Catlow Cave, Oregon: organische Reste aus 2,88 Fuß Tiefe D. | + | 991 ± 150 |
| 150: Tchefuncte Wohnplatz ST2, Louisiana: oberste Küchenabfallhaufenschicht. C 14-Datum wohl zu jung | + | 1317 ± 150 |
| 186: San Francisco Bay: Holzkohle aus der untersten Schicht eines Muschelhaufens | D. + | 1230 ± 130 |
| c) USA östlich vom Mississippi: | | |
| 180: Annis Mound, Kentucky: Muschelschalen aus 3 Fuß Tiefe; viel älter als Schalen aus 6 ¹ / ₂ Fuß Tiefe (Nr. 116), es muß also ein Irrtum (Verwechslung der Proben 116 und 180?) vorliegen. | — | 5424 ± 500 |
| 417: Boston, Boylston Street: Torf unter einem Fischwehr (vergl. 418) | — | 3767 ± 500 |
| 367: Lamoka, New York: älteste Kulturschicht 5 Fuß unter der Oberfläche eines Küchenabfallhaufens | — | 3433 ± 250 |
| 254: Indian Knoll: Geweih aus Oh2 Mound | D. — | 3352 ± 300 |
| 116: Annis Mound, Kentucky: archaische Periode, Muschelschalen aus 6 ¹ / ₂ Fuß Tiefe | — | 3199 ± 300 |
| 191: Frontenac-Insel, New York: älteste Kulturschicht (archaische Periode) | — | 2980 ± 260 |
| 251: Annis Mound, Kentucky: archaische Periode, Hirschgeweih aus 6 ¹ / ₂ Fuß Tiefe (vergl. 116) | — | 2950 ± 250 |
| 288: Lamoka, New York: Herd in 5 Fuß Tiefe, Holzkohleprobe enthielt rezente Würzelchen, Alter daher zu gering (vergl. Nr. 367) | D. — | 2419 ± 200 |
| 418: Boston, Boylston Street: Nadelholzstück aus marinem Schlick über dem Fischwehr | — | 1901 ± 390 |
| 192: Brewerton, New York: Brandgrab 6 der frühen Point Peninsula-Kultur; wohl Ende der archaischen Kultur in diesem Gebiet | D. — | 998 ± 170 |
| 152: Havana, Illinois: Holz aus Hopewell-Mound 9 | — | 386 ± 250 |
| 137: Hopewell-Mound 25, Ohio, Ross Co.: Muschelschalen | — | 335 ± 210 |
| 139: wie vor., aber Borke | — | 94 ± 250 |
| 136: wie vor., aber Holzkohle; C 14-Daten für 136, 137 und 139 und 152 wohl zu alt | + | 1 ± 200 |
| 214: Cowan Creek-Mound, Ohio: Adena-Kultur | + | 441 ± 250 |

- 154: Bynum-Wohnplatz, Mississippi (NO): Pflanzenstoffe vom Grunde des Hopewell Mound B (aus einer Grube im Mound) + 674 ± 150
 126: Drake Mound, Kentucky: Adena-Wohnplatz 11, Borke + 782 ± 150

d) Mexiko:

- 198: Tlatilco bei der Stadt Mexiko: vorkeramische Kulturschicht (Chalco-Kultur) D. — 4440 ± 300
 (Beginn des Ackerbaus um 3000 oder 2000 v. Chr. nach H. de TERRA)
 423: Teotihuacán: Holz aus dem Sonnentempel Quezalcoatl Nuevo (C 14-Datierung: viel zu alt) — 1474 ± 230
 199: Tlalilco: frühe bis mittlere archaische Kultur — 1457 ± 250
 196: Zacatenco I: frühe archaische Periode — 1360 ± 250
 424: Oaxaca (Tilantongo): Tempel X vom Monte Negro, Monte Alban I - Kultur D. — 650 ± 170
 202: Loma del Tepalcate: späte archaische Kultur — 615 ± 200
 200: Cuicuilco: spät archaische Kulturschicht mit Tonware unter Lava — 472 ± 250
 422: Teotihuacán (Atetelco): Boden des Sonnentempels. C 14-Datum zu alt D. — 294 ± 180
 425: Monte Alban bei Oaxaca: Kulturschicht II a — 273 ± 145

7. Südamerika

- 485: Höhle Palli Aike, südlichstes Chile (in der Nähe der Magalhaes-Straße): menschliche Knochen und Artefakte der 2. Siedlungsperiode mit verbrannten Knochen von Riesenfaultier, Wildpferd und Guanako; unter der Asche Holzkohle und einige Stein-Abschläge, die älter sind — 6689 ± 450

C 14-Daten aus der peruvianischen Vorgeschichte nach der Stratigraphie geordnet (bezüglich der Auswertung und Bereinigung vergl. J. BIRD in Frederick JOHNSON 1951 pp. 37—49). a) Kalenderdaten auf Grund der C 14-Bestimmung allein, b) Kalenderdaten auf Grund der C 14-Bestimmung und der Stratigraphie (nach J. BIRD l. c. p. 48):

- | | a | b |
|---|--------------|--------------|
| (Beginn des vorkeramischen Ackerbaus im Chicama-Tal) | | — 3000 ± ?) |
| 598: Huaca Prieta, Chicama-Tal: Feuerstellen an der Basis des Haupt-Mounds, auf Felsuntergrund, Holz und Baumwollgarn | — 2348 ± 230 | — 2478 ± 104 |
| 313: Huaca Prieta: Holz aus der vorkeramischen Schicht Q, H.P.3, aus 36 Fuß Tiefe; möglicherweise älter | — 2307 ± 250 | — 2410 ± 147 |
| 315: Huaca Prieta: Muschelschalen aus der vorkeramischen Schicht M, H.P.3, aus 30 Fuß Tiefe | — 1622 ± 220 | |
| 316: Huaca Prieta: Holz aus derselben Schicht wie Nr. 315; möglicherweise jünger | — 2430 ± 270 | — 2307 ± 147 |

| | | |
|---|--------------|--------------|
| 362: Huaca Prieta: verkohlte <i>Typha</i> -Wurzeln aus der vorkeramischen Schicht K ₂ , H.P.3 | — 2094 ± 300 | — 2056 ± 262 |
| 318b: Huaca Prieta: Holz aus der vorkeramischen Schicht J ₂ , H.P.3, aus 22 Fuß Tiefe | — 1600 ± 600 | — 1705 ± 435 |
| 321: Huaca Prieta: Holz, Rindenzeug, Baumwolle, Kürbisse, Faserbäusche aus der vorkeramischen Schicht D, H.P.3, aus 6 Fuß Tiefe; möglicherweise älter | — 1016 ± 300 | — 1238 ± 78 |
| 322: Huaca Prieta: hölzerner Grabstock vom Haus Nr. 7 im Mound Nr. 5, vielleicht aus altem Holz, fehlt in Schichten ohne Keramik; erste Tonware (Guañape 1) aus der Zeit zwischen Nr. 321 und 322; möglicherweise jünger D. | — 1360 ± 200 | — 1200 ± 40 |
| 75: Huaca Prieta: Hartholz - Dachbalken des unterirdischen Hauses Nr. 5; es erscheinen Mais und Cupisnique-Tonware; möglicherweise älter | — 715 ± 200 | — 848 ± 167 |
| 323: Huaca Prieta: sehr gut erhaltenes Seil (aus <i>Scirpus</i> (cf. <i>americanus</i>) in Schicht D des Mounds Nr. 1 mit Gallinazo-Tonware; älter als erwartet | — 682 ± 300 | — 524 ± 141 |
| 382: Moche: mit Knochen vermischte Asche aus Tonscherben führender Abfallschicht unter der Sonnenpyramide, mit Tonware vom Typ Mochica I; älter als erwartet | — 873 ± 500 | — 373 ± 500 |
| 271: Paracas - Nekropole: Baumwollstoff von einer Mumie; älter als erwartet D. | — 307 ± 200 | — 307 |
| 521: Cahuachi, Nazca-Tal: 2 Wurfholzfragmente aus Grab 12, Fundstelle A, Nazca A-Periode; Werkstoff möglicherweise, altes (totes) Holz; vielleicht zu alt D. | — 261 ± 200 | — 261 ± 200 |
| 460: Cahuachi, Nazca-Tal: Stücke von 4 Speerschäften aus Grab 10, Fundstelle A, Nazca-Periode. Grab 10 ungefähr ebenso alt wie Grab 12 (Probe Nr. 521) | + 636 ± 250 | — 261 ± 200 |

8. Bedeutung der C 14-Methode für die amerikanische Urgeschichte

Bis 1950 differierten die Altersschätzungen der Geologen und Prähistoriker für die allermeisten vorgeschichtlichen Fundplätze Amerikas außerordentlich; so schätzten z. B. 3 Forscher das Alter der Signal Butte I-Speerspitzen auf

10 000—8 000; 8 000—6 000 bzw. 3 000 Jahre (H. M. WORMINGTON 1949). Die Datierungen wurden außerdem vielfach auf das Mankato-Stadium bezogen, dessen Alter, wie die Radiokarbon-Methode jetzt ergab, mit 20 000—25 000 viel zu hoch geschätzt worden ist. Zwischen den spät-pleistozänen und früh-postglazialen (jungpaläolithischen) Kulturen einerseits und den neolithischen andererseits klaffte bisher eine mehrtausendjährige Lücke, die jetzt geschlossen ist; erst durch die Radiokarbon-Methode wurde die amerikanische Ur- und Vorgeschichte auf eine sichere chronologische Grundlage gestellt.

Da für die Zeit der Sandía-Kultur (um 17 000 v. Chr., also zur Zeit des frühesten Magdalénien in Europa) keine Befunde für das Vorhandensein eines Korridors zwischen dem Kordillereneis und dem laurentischen Eisschild sprechen, muß man für die Vorfahren der Sandía-Jäger eine Einwanderung (wenn nicht am Ende des Sangamon-Interglazials) im Peorian-Interstadial annehmen, das anscheinend zeitlich dem europäischen Aurignac-Interstadial entsprechen dürfte. Für eine so frühe Einwanderung sprechen auch mehrere Funde von *Elephas*-Resten (fast immer *E. columbi*) zusammen mit gut gearbeiteten Lanzenspitzen (vom Clovis-Fluted-Typ). Überraschend hoch ist das Alter der vorgeschichtlichen Funde in der Höhle Palli Aike unweit der Südspitze Südamerikas (um 6700 v. Chr.), das ebenfalls für eine sehr frühe Einwanderung der ersten jungpaläolithischen Jäger von Nordost-Sibirien über die Bering-Straße nach Amerika spricht.

Sehr bemerkenswert ist die Tatsache, daß Mahl- und Reibsteine in Nordamerika schon um 6000 v. Chr. (Sulphur Springs-Stufe der Cochise-Kultur im Südwesten der USA), also mindestens 3000 Jahre früher als in Europa auftreten; diese Kultur wird Stämmen zugeschrieben, die sich nicht mit der Jagd befaßten (da in den Kulturschichten Lanzenspitzen fehlen), sondern Sammler waren; der Acker- oder vielmehr Gartenbau begann in Amerika kaum vor dem 3. Jahrtausend v. Chr., meistens sehr viel später.

Auffällig ist nach den bisherigen Untersuchungen das späte Auftreten des Menschen östlich des Mississippi; für einen früheren Beginn der Besiedelung dieses Gebietes (vor 3000 v. Chr.) sprechen zahlreiche den Clovis Fluted- und Folsom-Spitzen sehr ähnliche Lanzenspitzen (Eastern Fluted Points), die aber bisher noch nicht in geologisch datierbaren Schichten oder mit Resten ausgestorbener Tiere zusammen gefunden worden sind. Wichtig ist ferner die Feststellung, daß die Eskimos nicht, wie noch in neuester Zeit einmal behauptet worden ist, die ältesten Einwanderer in Nordamerika sind.

9. Australien und Ozeanien

| | |
|---|--------------|
| 600: Australien A: Holzkohle aus Eingeborenen-Küchenabfallhaufen, Goose Lagoon, West Victoria | + 773 ± 175 |
| 601: Koroit Beach an der Armstrongs Bay, nordwestlich von Warrnambool, Victoria: Küchenabfallhaufen | + 1412 ± 200 |
| 540: Oahu, Hawaiische Inseln: Kiliouou-Abri bei Kuliauw | + 1004 ± 180 |

V. Zusammenfassung

In Anbetracht der Tatsache, daß sich die Radiokarbon-Methode noch im Versuchsstadium befindet und bisher nur extensiv Stichproben untersucht werden konnten, müssen die bisherigen Ergebnisse im allgemeinen als recht befriedigend und die neue Methode als vielversprechend bezeichnet werden. Die allermeisten Radiokarbon-Datierungen entsprechen der stratigraphischen Stellung der benutzten Proben; die meisten Ausnahmen sind sicher auf die Ungeeignet-

heit der Proben (die von Museumsstücken stammen, also nicht etwa für die C 14-Datierung gesammelt waren) bzw. auf ihre falsche stratigraphische Einordnung zurückzuführen. Auch die Übereinstimmung mit den archäologischen Datierungen ist recht befriedigend. Ein Übelstand ist noch der oft große Spielraum der Radiokarbon-Datierung, der hoffentlich durch die geplante Verbesserung der Methode verkleinert werden wird ⁷⁾. Die Verfeinerung des Meßverfahrens wird hoffentlich auch die erstrebte Altersbestimmung von Proben ermöglichen, die älter als 15 000 (bis 30 000) Jahre sind; besonders wünschenswert ist die Radiokarbon-Datierung des Cary-Stadiums in Nordamerika und des ihm vielleicht zeitlich entsprechenden Langeland-Vorstößes (Beginn des Gotiglazials) in Europa, ferner des Spät-Aurignacien.

Die wichtigsten Ergebnisse dürften folgende sein: das Two Creeks Forest-Bed-Interstadial in Nordamerika entspricht offenbar zeitlich dem Alleröd-Interstadial in Europa, das Mankato-Stadium in Nordamerika dem Fennoskandinavischen Halt (= Schlußvereisung), d. h. die letzte Eiszeit endete in Europa und Nordamerika ungefähr gleichzeitig, die großen Klimaschwankungen des Spätglazials waren in beiden Gebieten gleichartig und gleichzeitig. Für Südamerika konnte mit Hilfe der Radiokarbon-Datierung der vulkanischen Asche der Eruption I (nach V. AUER) und der Feststellung ihrer Lage im Profil lakustrischer Moore in Fuegopatagonia nachgewiesen werden, daß die letzte Eiszeit hier zu derselben Zeit endete wie auf der nördlichen Halbkugel; dieser Befund spricht gegen die Brauchbarkeit der Strahlungskurve von MILANKOVICH für die Diluvialchronologie. Andererseits spricht die Radiokarbon-Datierung des Alleröd-Interstadials für die Brauchbarkeit der Geochronologie von G. DE GEER wenigstens von diesem Interstadial ab. Die Ur- und Vorgeschichte Amerikas konnte erst durch die Radiokarbon-Methode auf eine sichere chronologische Grundlage gestellt werden. Diese Methode ist ein großer Fortschritt, der an Bedeutung dem Sieg des Polyglazialismus und der Pollenanalyse gleichkommt; sie dürfte sich schließlich als die größte Errungenschaft des 20. Jahrhunderts auf dem Gebiet der Urgeschichtsforschung herausstellen (R. F. FLINT). Mit Recht sind die beteiligten Forscher in den USA stolz auf diese Leistung, für die ihnen die Geologen und Prähistoriker der Alten Welt zu größtem Dank verpflichtet sind.

VI. Literatur

- ANONYMUS: Atomic Calendar dates Jce Age. - Science Digest 28, pp. 73,74, 1950. — The cosmic clock - what makes it tick? - Nat. History 60, 206—209, 1951.
- ANTEVS, E.: The Spread of Aboriginal Man to North America - Geogr. Review 25, pp. 302—309, 1935. — The Great Basin, with Emphasis on Glacial and post-Glacial Times. - University of Utah Bull. 33, pp. 168—191, 1948.
- ARNOLD, J. R. & LIBBY, W. F.: Age determinations by radiocarbon content: checks with samples of known age. - Science 110, pp. 678—680, 1949. — Radiocarbon dates (September 1, 1950), Institute for Nuclear Studies, The University of Chicago. — Radiocarbon dates. - Science 113, No. 2927, pp. 111—120, 1951.
- AUER, Väinö: Las capas volcánicas como base de la cronología postglacial de Fuegopatagonia. - Revista de Investig. Agríc. 3, No. 2, pp. 49—208, Buenos Aires 1950.
- BARTLETT, H. H.: Radiocarbon Datability of Peat, Marl, Caliche, and Archaeological Materials. - Science 114, No. 2951, pp. 55, 56, 1951.
- CANALS Frau, S.: Prehistoria de America. 588 pp. Buenos Aires 1950.

⁷⁾ Nach J. R. ARNOLD (in F. JOHNSON 1951 p. 59) wäre das aber nur durch erhebliche Verlängerung der Zähldauer von 48 Stunden je Probe zu erreichen (vergl. auch den Anhang u. E. S. DEEVEY, Jr.: Radiocarbon dating. - Scientific American 186, 24-28, 1952.)

- DEEVEY, Edward S., Jr.: Late-glacial and postglacial pollen diagrams from Maine. - American Journ. Sci. **249**, pp. 177—207, 1951.
- DEEVEY, Edward S., Jr. & POTZGER, John E.: Peat samples for radiocarbon analysis; Problems in pollen statistics. - American Journ. Sci. **249**, 473—511, 1951.
- DONNER, J.: Pollen-analytical studies of late-glacial deposits in Finland. - Comptes Rendus de la Soc. géol. de Finlande **24**, pp. 4—92, 1951.
- FIRBAS F.: Über die späteiszeitlichen Verschiebungen der Waldgrenze. - Die Naturwissenschaften **34**, H. 4, 1947.
- FLINT, R. F.: Glacial Geology and the Pleistocene Period. 589 pp. New York and London 1948. — Late Pleistocene Dates Derived from Radiocarbon Assays. - Science **109**, No. 2843, p. 636, 1949. — Dating late-pleistocene events by means of radiocarbon. - Nature **167**, No. 4256, pp. 833—836, 1951. — Pinpointing the past with the cosmic clock. - Nat. History **60**, 200—206, 1951.
- FLINT, R. F. & DEEVEY, Edward S., Jr.: Radiocarbon dating of late-pleistocene events. - American Journ. of Science **249**, pp. 257—300, 1951.
- GODWIN, H.: Comments on radiocarbon dating for samples from the British Isles. - American Journ. of Science **249**, pp. 301—307, 1951.
- GROSS, H.: Mastodon, Mammoth, and Man in America. - Bull. Texas Archeol. and Paleont. Soc. **22**, pp. 101—131, 1951.
- HIBBEN, Frank C.: Evidences of Early Occupation of Sandía Cave, New Mexico, and other Sites in the Sandía-Manzano Region. - Smithsonian Miscell. Coll. **99**, No. 23, 1941.
- HULT De GEER, E.: Conclusions from C 14 and De GEER's Chronology. Dani-Gotiglacial, with datings. - Geol. Fören. Förhandl. **73**, H. 4, pp. 557—570, 1951.
- JOHNSON, Frederick and others: Committee report: Radiocarbon Dating. - American Antiquity **17**, No. 1, part 2, July 1951.
- LIBBY, W. F., ANDERSON, E. C. & ARNOLD, J. R.: Age Determination by Radiocarbon Content: World-wide Assay of Natural Radiocarbon. - Science **109**, Nr. 2827, pp. 227, 228, 1949. — Radiocarbon dates. - Science, **114**, No. 2960, pp. 291—296, 1951.
- LORCH, Walter: Datierung vorgeschichtlicher Funde durch die Radiokarbonmethode. - Kosmos, H. 7, pp. 316—320, 1951.
- MACGOWAN, Kenneth: Early Man in the New World. 260 pp. New York 1950.
- OSBORN, Henry Fairfield: Proboscidea vol. I, New York 1936.
- SAURAMO, Matti: Das dritte Scharnier der Fennoskandinavischen Landhebung. - Soc. Scient. Fennica Årsbok **27 B**, No. 4, pp. 3—26, 1949.
- SCHWARZBACH, Martin: Das Klima der Vorzeit. Stuttgart 1950.
- TERRA, Helmut de: Radiocarbon Age Measurements and Fossil Man in Mexico. - Science **113**, Nr. 2927, pp. 124, 125, 1951.
- WORMINGTON, H. M.: Ancient Man in North America. - The Denver Museum of Natural History, Popular Series No. 4, 198 pp., 3rd ed., Denver, Colo., 1949.
- ZEUNER, F. E.: Recent work on chronology. - The Advancement of Science, **4**, No. 16, pp. 333—335, 1948. — Dating the Past by Radioactive Carbon. - Nature **166**, No. 4227, pp. 756-757, 1950a. — Dating the Past, 2nd ed., 474 pp., London 1950. — Archäologische Zeitbestimmung durch radioaktiven Kohlenstoff. — Archaeologia Austriaca **8**, pp. 82—94, 1951.

Ms. eingeg.: 10. 9. 1951.

Anhang.

Als Anhang werden grundsätzliche Bemerkungen des Geochronometric Laboratory der Yale University, 77 Prospect Street, New Haven, Connecticut, vom 17. Dez. 1951 beigelegt.

Introduction: the present position of radiocarbon dating

The Geochronometric Laboratory was made possible by a grant to Yale University from the Rockefeller Foundation. The Advisory Board is charged with the responsibility of using wisely the limited funds available. Radiocarbon dating, which at present is the sole activity of the Laboratory, is an exciting new discovery, and workers in many fields of historical investigation are deeply interested in it. Not all of them understand what procedures are involved and what the radiocarbon dates can be expected to mean. Few of them realize that under a reasonable scale of operations the number of dates obtainable is limited to about two per week. This statement is prepared as a guide to those who may wish to submit materials for dating.

No essential improvements have been made in the method since its discovery by W. F. Libby. Any improvements likely to occur in the near future will affect the age range within which dating is possible (at present not over 30,000 years) or the amount of material required for a determination (at present a minimum of 8 grams of pure carbon); they are not likely to improve the accuracy of a single date. This accuracy varies somewhat with the time spent in counting; standard procedure involves 48 hours of counting, and leads to a standard error in typical cases of about 10 percent. If the standard error is 10 percent, purely statistical considerations show that in one determination out of a hundred the error can exceed 25 percent. Because of this fuzziness there is little point in spending the week necessary for a radiocarbon assay unless the stratigraphic age of the sample is reasonably certain; radiocarbon dating should be applied to key horizons, and to stratigraphic situations that are well understood and that provide ample opportunity for checking doubtful results.

Apart from statistical considerations, radiocarbon dates may be uncertain for a variety of reasons; the nature of the material dated and the circumstances of its preservation may affect the radiocarbon content of a specimen. In the Geochronometric Laboratory research on the method itself is placed ahead of routine dating.

Policies

1. No material is to be accepted for dating unless its provenience is certainly known; both geographic and stratigraphic information must be accurate and full.
2. Preference is to be given to samples whose dates are of more than local significance; the dates must be as useful as possible in illuminating wide fields of knowledge.
3. The guiding principle in selecting materials, at least for the next few months, is methodologic; not only are more modern assays needed, but in dating samples whose absolute age is unknown, preference is to be given to samples whose dates will throw light on the reliability of dates so obtained. In some cases the methodologic interest of old samples consists in the nature of the material or the circumstances of its preservation; in other cases, however, it consists in the ease with which a closely spaced series of stratigraphically dated samples can be obtained.
4. In general the Advisory Board is competent to decide on the order in which samples are processed. Preference will naturally be given to projects on which some Yale Faculty member can give an informed opinion. In all cases, however, and especially when research projects are suggested by others, the Advisory Board must be assured that a competent stratigrapher (geologist or archaeologist) or historian will be prepared to vouch for the importance of the dates and to discuss their significance as well as their validity.
5. Periodic revision of the priorities list will be essential, and in general the list will be kept confidential. Results will be communicated to collaborators, however, as soon as they are deemed to meet ordinary laboratory requirements of accuracy.
6. Publication of results by the Geochronometric Laboratory will be as rapid as practicable; probably bulletins will be submitted to *Science* every few months, but full discussion of all dates will find its way into appropriate journals. Collaborators will be expected to participate in joint authorship of major articles whenever possible.
7. Specimens should not be shipped until they are requested.

Instructions for Shipping

1. Specimens should be dry when shipped; oven drying is preferred, and samples should be sealed from contact with air as soon as they are dry.
 2. Aluminum foil is admirable for wrapping, but metal cans are satisfactory, and paper is acceptable provided it is not shredded. Excelsior and cotton should be avoided. Samples are ordinarily sealed in polyethylene (frozen food) bags when received.
 3. Parcel post, domestic and international, is ordinarily satisfactory. Specimens from abroad should not be dutiable; they should be marked "scientific specimens, of no commercial value". Shipment should be prepaid.
- Advisory Board:

Richard Foster Flint (Geology), CHAIRMAN
 G. Evelyn Hutchinson (Zoology)
 Henry Kraybill (Physics)
 George Kubler (History of Art)
 Henry C. Thomas (Chemistry)

Edward S. Deevey, Jr. (Zoology), Director