

Die Fortschritte der Radiokarbon-Methode 1952–1956

Von HUGO GROSS, Bamberg

Mit 3 Abbildungen

Zusammenfassung. 1946 wies W. F. LIBBY darauf hin, daß die durch die Höhenstrahlung gebildeten Neutronen Stickstoff-Atome der Atmosphäre in radioaktiven Kohlenstoff mit dem gleichen Atomgewicht, also in C^{14} , verwandeln müssen. 1947 gelang es W. F. LIBBY mit seinen Mitarbeitern, in der Natur C^{14} experimentell nachzuweisen; in den folgenden Jahren entwickelten sie die C^{14} -Datierungsmethode und gaben 1950 die ersten C^{14} -Daten bekannt. Die folgenden 6 Jahre haben mit verbesserten Verfahren in vielen Laboratorien den Beweis erbracht, daß die Radiokarbon-Methode vor allem für die spätquartäre Geologie, Paläontologie, Paläoklimatologie und Vor- und Frühgeschichte von allergrößter Bedeutung ist. Voraussetzung ist, daß einwandfreie Proben, die möglichst von einem Quartärgeologen bzw. Prähistoriker mit genauer Kenntnis der zu beachtenden Kautelen zu entnehmen sind, für die C^{14} -Datierung beschafft werden. Mit einer Reichweite von 40 000 bis 50 000 Jahren ermöglicht es diese Methode, die Chronologie der Letzten Eiszeit und damit auch die Geschichte der ältesten (jungpaläolithischen) Kulturentwicklung des *Homo sapiens* auf eine sichere Grundlage zu stellen. Die C^{14} -Chronologie der Letzten Eiszeit weicht von der auf der Sonnenstrahlungskurve basierenden so sehr ab, daß letztere aufgegeben werden muß. Die C^{14} -Methode hat aber die Richtigkeit der Warwengeochronologie (was die Größenordnung betrifft) zunächst für die letzten 11 000 Jahre bestätigt.

Summary. In 1946, W. F. LIBBY published the conception of the neutrons released by the cosmic radiation being bound to transform the atmospheric nitrogen atoms into radioactive carbon of the same atomic weight, i. e. C^{14} . In 1947, W. F. LIBBY and his coworkers succeeded in proving the existence of natural radiocarbon (C^{14}) by experiment; during the next years, they developed the radiocarbon dating method and published the first C^{14} dates in 1950. Improved techniques devised in many laboratories during the following six years have proved the radiocarbon method to be of eminent importance for the late-quaternary geology, for paleontology, and prehistoric archaeology. A presupposition must be stressed: unobjectionable samples for radiocarbon dating have to be collected, if possible, by a quaternary geologist or prehistorian, respectively, thoroughly aware of the precautions involved. The range being extended to 40 000 — 50 000 years, this method enables the expert to establish the chronology of the Last Glaciation and, therefore, of the most ancient (upper palaeolithic) cultural development of *Homo sapiens* on a solid base. The chronology of the Last Glaciation established by radiocarbon differs so widely from the chronology based on the solar radiation curve that the latter has to be abandoned; but the C^{14} method has verified the reliability of the geochronology (as for the range) established by the measurement of varves, as yet for the last 11 000 years.

Résumé. En 1946, le Dr W. F. LIBBY émit la théorie que les neutrons produits par la collision des rayons cosmiques et des éléments de l'atmosphère doivent transformer des atomes de l'azote de masse 14 en carbone radioactif de la même masse, c'est à dire en C^{14} . En 1947, le Dr LIBBY et ses associés ont réussi à démontrer l'existence du radiocarbone naturel par expérience; durant les années suivantes ils ont développé la méthode de datation par le C^{14} et publièrent leurs premières dates en 1950. Des techniques perfectionnées qui étaient inventées et appliquées dans un grand nombre de laboratoires pendant les six années suivantes, ont prouvé l'importance extraordinaire de la méthode radiocarbone pour la géologie du pleistocène avancé, pour la paléontologie et pour l'archéologie préhistorique. Mais une condition doit être respectée scrupuleusement: il faut que les échantillons, pour être sans fautes, soient pris par un expert en géologie quaternaire ou par un préhistorien conscients des précautions impliquées de point en point. Sa portée maximum étant dilatée jusqu'à 40 000 — 50 000 années, cette méthode met l'expert en état d'établir la chronologie de la dernière époque glaciale et, par conséquent, aussi du développement culturel le plus ancien (c'est à dire du Paléolithique supérieur) de *Homo sapiens* sur une base solide. La chronologie de la dernière période glaciale établie à l'aide du C^{14} dévie tant de la chronologie basée sur la courbe de radiation solaire que celle-ci doit être abandonnée; mais la méthode radiocarbone a vérifié la certitude de la géochronologie (quant à l'ordre d'étendue), obtenue par la mesure de varves, du moins pour les derniers 11 000 ans.

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung	142
A. Fortschritte der Methodik	144
I. Die Meßverfahren und ihre Reichweite	144
II. Prüfung der Methoden auf Zuverlässigkeit	145
III. Erfahrungen bei der Auswahl der Proben	147
IV. Organisation	149
B. Auswahl besonders wichtiger und interessanter C ¹⁴ -Daten	150
I. Geologische und paläontologische C ¹⁴ -Daten	150
1. aus Europa	150
2. aus Asien	151
3. aus Afrika	151
4. aus Nordamerika	151
5. aus Australien	154
II. Prähistorische C ¹⁴ -Daten	154
1. aus Europa	154
2. aus Asien	157
3. aus Afrika	159
4. aus Amerika	161
5. aus Australien und Ozeanien	163
III. Spätquartäre Terrassen und Niveauänderungen	164
1. in Europa	164
2. in Amerika	164
3. in Australien und Ozeanien	166
4. Tiefsee-Zirkulation	167
IV. C- und O-Isotopen-Chronologien der Letzten Eiszeit	167
1. C ¹⁴ -Chronologie der Wisconsin-Eiszeit	167
2. C ¹⁴ -Chronologie der Würm-(Weichsel-)Eiszeit	170
3. Kombinierte C ¹⁴ - und O ¹⁸ -Chronologie des Pleistozäns	172

Auf Wunsch des Herausgebers dieses Jahrbuchs setze ich im Folgenden meinen Bericht über die C¹⁴-Datierung von 1952 (dieses Jahrb. 2, S. 68—92) für die Zeit von 1952 bis 1956 fort, in der ganz wesentliche methodische Verbesserungen eingeführt worden sind. Durch sie wurde die Zuverlässigkeit der C¹⁴-Datierung noch erhöht und die Reichweite der Methode von etwa 16 000 bis etwa 50 000 Jahre vergrößert. Von den vielen hundert in der Berichtszeit gemessenen C¹⁴-Daten (das Buch von W. F. LIBBY 1955 allein enthält 375) sind hier solche ausgewählt, die für die Urgeschichte und Quartärgeologie (vor allem für die Kenntnis des Ablaufs der Letzten Eiszeit) besondere Bedeutung haben; es sind ferner C¹⁴-Daten vorgeschichtlicher Kulturhinterlassenschaften aufgeführt, die mit archäologischen Methoden ebenso datiert waren und so die Brauchbarkeit der C¹⁴-Methode für die Vorgeschichtsforschung beweisen.

Man hat inzwischen erkannt daß die Schwierigkeiten der C¹⁴-Datierung noch größer sind, als man ursprünglich angenommen hatte; auf sie haben besonders Ch. B. HUNT (1955) und F. E. ZEUNER (1955) hingewiesen. Die Schwierigkeiten liegen nicht nur in der Messung der äußerst schwachen spezifischen Radioaktivität organogener kohlenstoffhaltiger Proben (die Beseitigung des Einflusses der Höhenstrahlung und der natürlichen radioaktiven Verunreinigung der Zählrohrbaustoffe ist nicht leicht), sondern schon in der Beschaffung wirklich einwandfreier Proben. Sehr selten ist für eine solche ein

C¹⁴-Datum gemessen worden, das auf Grund von Kontrollmessungen in anderen C¹⁴-Laboratorien mit anderen Methoden oder auf Grund eines Vergleichs mit den C¹⁴-Daten von Proben, die nach der Stratigraphie oder dem archäologischen Befund ganz ähnliche oder gleiche Zeitstellung haben müssen, als zweifellos falsch erkannt wurde, ohne daß man die Ursache finden konnte. Ein Beispiel ist die falsche Datierung des Eem-Torfs aus dem Nordostpolder (siehe B IV 2). Proben von 2 großen Holzblöcken unbekanntes Alters, die unter der St. Walburg Kerk in Groningen gefunden waren, wurden im Laufe von 2 Jahren mit verschiedenen Methoden mit C¹⁴datiert; man erhielt Altersbestimmungen von 820 ± 90 bis 1200 ± 150 Jahren, W. F. LIBBY in Chicago aber 2220 ± 200 , 3133 ± 300 , 2500 ± 270 und 2053 ± 345 Jahre; die Ursache für die stark abweichenden Daten aus Chicago ist noch nicht geklärt (Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN 1954).

Die Altersangaben werden weiterhin mit einer C¹⁴-Halbwertszeit von 5568 (± 30) Jahren errechnet aus dem Verhältnis des (durch die Bestimmung der spezifischen Radioaktivität der zu datierenden Probe) gemessenen C¹⁴-Gehalts der Probe zu einem C¹⁴-Standardgehalt rezenten organogenen Kohlenstoffs. W. F. LIBBY (1955) benutzt für die Bestimmung seines Standardwertes die spezifische Radioaktivität (cpm/g C oder dpm/g C = counts oder disintegrations per minute per gram C = Ausschläge oder Atomumwandlungen pro Minute und Gramm Kohlenstoff) von heutigem Holz = $15,3 \pm 0,1$ (für Molluskenschalen $16,1 \pm 0,5$); das Heidelberger C¹⁴-Laboratorium verwendet einen C¹⁴-Standard-Gehalt, der ungefähr dem C¹⁴-Gehalt im 19. Jahrhundert lebender Pflanzen entspricht, bevor die Industrie durch die Verbrennung ungeheurer Kohle- und Erdölmengen mit „totem“ (d. h. nicht mehr radioaktivem) Kohlenstoff den C¹⁴-Gehalt der Biosphäre meßbar verkleinern konnte (H. E. SUESS 1955, K. O. MÜNNICH 1957). H. E. SUESS (1955) fand mit der Azetylen-Methode für rezentes Holz einen Standardwert von $14,7 \pm 0,4$ dpm/g C.

Für die Messung der äußerst schwachen Radioaktivität zur Ermittlung des C¹⁴-Gehalts der zu datierenden Probe stellt man mit dem Zählrohr nicht die Zahl der Atomzerfälle in einer Minute je g C fest, sondern, um Meßfehler möglichst zu verkleinern, in 24, in den meisten C¹⁴-Laboratorien in 48 Stunden. Die statistische Schwankung der Messung des C¹⁴-Gehalts einer Probe (bedingt durch die Akausalität des radioaktiven Zerfalls) wird durch die Angabe des „mittleren Fehlers“ (die mit \pm dem C¹⁴-Datum hinzugefügte Zahl, die nicht symmetrisch zu benutzen ist, sondern einen Genauigkeits-Index für die Messung darstellt) berücksichtigt, der also keine Fehlergrenze ist. Dieser in der Physik allgemein übliche „mittlere Fehler“ ist für den Nicht-Physiker etwas mißverständlich. Herr Diplom-Physiker K. O. MÜNNICH, Leiter des Heidelberger C¹⁴-Laboratoriums, war so freundlich, mir darüber folgende Aufklärung zu geben:

Es „läßt sich mathematisch a priori angeben, wie weit ab die statistisch gewonnenen Meßergebnisse vom richtigen Wert liegen werden. Die Verteilungskurve ist die sogen. GAUSS-Kurve. Ihre Form ist immer dieselbe, sie wird jedoch immer schmaler, das Meßergebnis immer genauer und sicherer, je mehr Ereignisse man beobachtet (Gesetz der großen Zahl). Beispiel: Der C¹⁴-Gehalt einer Probe sei gerade so groß, daß sich nach obiger Beziehung in genau 10 Stunden im Mittel gerade 10 000 Atome umwandeln. Wir zählen nun 10-stundenweise und wiederholen diese Messung ungezählte Male. Die Häufigkeit, mit der eine bestimmte Größe der Abweichung des Meßwertes vom richtigen Wert 10 000 auftrat, zeichnen wir als Kurve auf. Wir erhalten die Verteilungskurve, die man auch theoretisch im voraus berechnen kann. Letzten Endes sind dann 68% aller vorgekommenen Abweichungen kleiner als ± 100 (d. s. $\pm 1\%$), 95% sind kleiner als ± 200 , und Abweichungen größer als ± 300 sind schon äußerst unwahrscheinlich (nur 0,3%). Da die Form der Verteilungskurve immer dieselbe ist, genügt es, ihre Breite anzugeben. Hätten wir statt je 10 Stunden je 20 Stunden gezählt, so wäre sie um den Faktor $\sqrt{2} = 1,4$ schmaler, bei je 40 Stunden halb so breit. Als Maß für die Breite gibt man üblicherweise den mittleren Fehler an. Er entspricht (ungefähr) dem Abstand vom Scheitel bis zur halben Höhe der Kurve; er ergibt sich mathe-

matisch am einfachsten und ist, wie sein Name sagt, alles andere als eine Fehlergrenze; was man bei dieser Fehlerverteilung als Grenze ansehen will, ist eine Ermessensfrage, am einfachsten wählt man den doppelten m. F. (wird nur mit 5% Wahrscheinlichkeit überschritten). In unserem obigen Beispiel wäre das Ergebnis einer 10stündigen Einzelmessung $9\ 890 \pm 100$ oder $10\ 050 \pm 100$ usw.

Die Unsicherheit in der Bestimmung des C^{14} -Gehaltes geht natürlich bei der Altersbestimmung auf den Alterswert über. Eine Altersangabe $20\ 000 \pm 500$ Jahre bedeutet also: 70% Wahrscheinlichkeit zwischen 19 500 und 20 500, mit 95% zwischen 19 000 und 21 000, mit ... usw.“

Weitere Unsicherheitsfaktoren sind vor allem die Ungewißheit, ob der C^{14} -Gehalt von heutigem Holz auch der Anfangsgehalt der untersuchten Probe war, und eine gewisse Unsicherheit in der Halbwertszeit; da aber diese Fehler nach den bisherigen Erfahrungen relativ klein sind, spielen sie bei älteren Proben keine wesentliche Rolle (K. O. MÜNNICH). Im übrigen sei auf die ausgezeichneten methodologischen Ausführungen von H. E. SUESS (1956b) verwiesen.

Die Skeptiker, denen hiernach die C^{14} -Daten nicht genau genug sind, sollten bedenken, daß die bisher üblichen, im absoluten Zeitmaß angegebenen archäologischen und geologischen Datierungen in den meisten Fällen als Schätzungen unvergleichlich viel ungenauer sind; das gilt besonders für die Datierungen mit Hilfe der Sonnenstrahlungskurve.

A. FORTSCHRITTE DER METHODIK

I. Meßverfahren

Bis 1952 arbeiteten alle C^{14} -Laboratorien, heute nur noch wenige nach der Methode von W. F. LIBBY („black-carbon method“), d. h. reduzierten das durch Verbrennung der zu datierenden Probe erzeugte CO_2 mit Magnesium zu festem C zur Messung der spezifischen Radioaktivität. Zur Verminderung der Meßfehler ist die Zählapparatur verbessert worden (W. F. LIBBY 1955, C. BALLARIO & Mitarb. 1955 u. a.). Bei jeder Messung der spezifischen Radioaktivität einer Probe unbekanntes Alters wird gleichzeitig die Radioaktivität von rezenten organogem C und von sehr altem „totem“ (Anthrazit oder Lampenruß aus Petroleum) gemessen. Dieses Verfahren hat gewisse Nachteile, die bisweilen die Genauigkeit der Altersbestimmung vermindern können: 1 g aus CO_2 reduzierter Kohlenstoff hat eine Oberfläche von über $200\ m^2$, kann daher Radon oder radioaktiven Staub aus der Luft nach Atombombenversuchen absorbieren; ferner enthält dieser Kohlenstoff etwas (weniger als 10%) „Asche“ (W. F. LIBBY 1955).

1951 mußten die C^{14} -Datierungen in Amerika zweimal unterbrochen werden (H. R. CRANE & E. W. MCDANIEL 1952, H. R. CRANE 1956) und 1954 und 1955 sogar in Kopenhagen (H. TAUBER 1956), weil die Luft nach Atombombenversuchen mit radioaktiven Substanzen verunreinigt war, so daß Fehler von 1000—2000 Jahren die Folge waren, wenn nicht sehr sorgfältige Vorsichtsmaßnahmen getroffen und mehrfache Messungen einer Probe ausgeführt wurden (M. BLAU & Mitarb. 1953, W. S. BROECKER & Mitarb. 1956). Daher gingen seit 1953 die meisten C^{14} -Laboratorien dazu über, sich auf die Messung mit einem Gas-Proportionalzählrohr umzustellen, was viele Monate erforderte. Dieses Verfahren ist aus mehreren Gründen der alten Methode von W. F. LIBBY überlegen: 1. der Wirkungsgrad bei der Messung ist 100% statt 6%, 2. der Einfluß radioaktiver Verseuchung der Luft wird durch Luftabschluß beseitigt, 3. es können auch Proben mit einem C-Gehalt von nur 0,5—1 g datiert werden. (W. S. BROECKER & Mitarb. 1956). Reichweite und Genauigkeit hängen vom Volumen des Zählrohrs (0,5—5 l), vom Fülldruck (mindestens 1 atü) und von der Zähldauer (mindestens 24, in der Regel 48, seltener mehr Stunden) ab; die Reichweite beträgt maximal 45 000—50 000 Jahre (z. B. in Groningen), in der Regel werden aber nur Daten bis ca. 35 000 angegeben, da

die älteren noch nicht sicher genug zu sein scheinen. H. L. MOVIOUS Jr., teilte auf dem IV. INQUA-Kongreß in Rom 1953 mit, daß Prof. J. L. KULP von der Columbia-Universität ein neues Meßgerät für die C^{14} -Bestimmung (alternating mercury frequency counter) konstruierte, das eine Reichweite von 70 000—100 000 Jahren haben sollte (Actes du IV Congr. Intern. du Quaternaire 1953, II, Fußn. S. 857, Rom 1956); derartige C^{14} -Daten sind aber von seinem C^{14} -Laboratorium bisher noch nicht veröffentlicht worden.

Am häufigsten wird mit bestem Erfolg zur Füllung des Zählrohrs CO_2 nach dem Vorgang von Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (*Physica* **18**, 1952, und **19**, 1953) verwendet, das aber auf das sorgfältigste gereinigt werden muß; das Verhältnis Meßeffect/Nulleffect kann ohne Gefahr durch Steigerung des Fülldrucks erhöht werden.

Ebenfalls sehr gute Resultate liefert die von H. E. SUESS (1954) im C^{14} -Laboratorium von U.S. Geological Survey in Washington ausgearbeitete und von R. S. PRESTON & Mitarb. (1955) verbesserte Azetylen- (C_2H_2 -) Methode. Da aber die Erzeugung des Fülldrucks mit Explosionsgefahr verbunden ist, wird die Verwendung von CO_2 meistens vorgezogen. Göteborg und Houston a (Texas) benutzen Methan (CH_4).

Noch größere Genauigkeit und (wie man früher glaubte) Reichweite ist mit dem Szintillationszähler zu erzielen. (H. E. SUESS 1954, J. R. ARNOLD 1954, B. L. FUNT & Mitarb. 1955). Für ihn muß der Kohlenstoff der zu datierenden Probe (mit mindestens 47 g C) in einen flüssigen Kohlenwasserstoff, meistens Toluol ($C_6H_5 \cdot CH_3$), übergeführt werden; diese Synthese ist aber höchst umständlich und zeitraubend, außerdem mit Fehlern behaftet, die nachträglich korrigiert werden müssen. Da außerdem der Nulleffect noch immer ziemlich groß ist, kann die Reichweite nicht größer als bei einem Gaszählrohr sein. Aus diesen Gründen wird der Szintillationszähler nicht für Routine-Datierungen benutzt (Prof. Dr. Hl. DE VRIES, briefl. Mitteil. 1956). Die auf eine Notiz in *Science* **119** (1954) S. 116 zurückgehende Mitteilung in der deutschen Tagespresse, daß in der Universität von Manitoba mit diesem Verfahren bei einer Reichweite von 40 000 Jahren eine Altersbestimmung von Durchschnittsproben auf 10 Jahre genau ausgeführt werden könne, ist leider eine physikalische Utopie (Prof. Dr. E. S. DEEVEY, Jr., briefl. Mitteil.).

Einen automatischen Zähler für C^{14} -Bestimmungen haben H. R. CRANE & E. W. MCDANIEL (1952) beschrieben.

II. Prüfung der Methoden auf Zuverlässigkeit

Jedes neu eingerichtete C^{14} -Laboratorium hat sich natürlich zunächst mit Proben von bekanntem Alter eingearbeitet. Ein Beweis für die Zuverlässigkeit der Methode ist die Tatsache, daß bei ungestörten Profilen die C^{14} -Daten mit der Stratigraphie im Einklang stehen, z. B. 8 Daten von Nazca in Peru und zahlreiche Daten von Proben aus Tiefsee-Bohrkernen (W. S. BROECKER & Mitarb. 1956), ferner für das Profil in der Haua Fteah-Höhle (siehe II 3), in der Belt- und Shanidar-Höhle (siehe II 2). Beispiele für besonders gute Übereinstimmung von C^{14} -Daten mit archäologischen sind im Abschnitt B II 1 (hauptsächlich aus Groningen und Heidelberg) angeführt. Ein besonders überzeugender Beweis für die Zuverlässigkeit der C^{14} -Methode ist die Tatsache, daß ca. 20 in verschiedenen Laboratorien mit verschiedenen Methoden und verschiedenem Material ermittelte C^{14} -Daten von Proben aus Alleröd-Schichten verschiedener Länder um 11 000 Jahre vor heute liegen, d. h. um 9000 v. Chr.; die warwengeochronologische Datierung der Alleröd-Wärmeschwankung des Spätglazials ist ca. 8800 bis 10 000 v. Chr.; auch die C^{14} -Datierungen der Zeitgrenze zwischen Alleröd und Jüngerer Dryaszeit sowie zwischen letzterer und dem Präboreal (also für das Ende der Würm-Eiszeit für Mitteleuropa) stimmen in Dänemark mit den warwengeochronologischen überein (siehe B IV 2 und Johs. IVERSEN 1953).

In den allermeisten Fällen stimmen die mit CO_2 und festem C ermittelten C^{14} -Daten (innerhalb der experimentellen Fehlergrenze) gut überein, ebenso die C^{14} -Datierungen einer und der selben Probe in verschiedenen Laboratorien mit verschiedenen Methoden und (abgesehen von Molluskenschalen) mit verschiedenem Material (Beispiele bei W. S. BROECKER & Mitarb. 1956).

Manche Prähistoriker sind geneigt, die C^{14} -Daten von W. F. LIBBY (mit festem C ermittelt) in Bausch und Bogen abzulehnen. Daß das nicht berechtigt ist, zeigen besonders eindrucksvoll die C^{14} -Daten, die mit verschiedenen Methoden in verschiedenen Laboratorien für verschiedenartige Proben aus der dünnen Waldtorfschicht des Two Creeks Forest Bed zwischen minerogenen Ablagerungen (womit eine zu junge Datierung, wie sie z. B. außer E. ANTEVS auch Ch. B. HUNT 1955, S. 246 annimmt, ausgeschlossen wird) ermittelt worden sind:

C-308:	— 8927 ± 740	Fichtenholz
C-365:	— 9487 ± 770	Baumwurzel
C-366:	— 9147 ± 600	Torf von C-365
C-536:	—10218 ±1500	Fichtenholz
C-537:	— 9492 ± 640	Torf
Durchschnitt:	— 9454 ± 350	
W- 42:	— 9400 ± 120	morsches Holz
W- 43:	— 9460 ± 180	gut erhaltenes Holz
Durchschnitt:	— 9420 ± 100	
Y-227:	— 9180 ± 350	Fichtenholz

Damit ist das Two Creeks Forest Bed-Interstadial wie das gleichzeitige Alleröd-Interstadial ein sehr wichtiger Leithorizont für die Chronologie der Letzten Eiszeit (H. GROSS 1954).

Um die Grenze der Genauigkeit der C^{14} -Methode (mit festem C) zu ermitteln, hat W. F. LIBBY (1954 und 1955) für 2 C^{14} -Daten eine Meßdauer von mehreren Wochen angewandt: C-752 Nippur (siehe B II 2); für 3 Proben eines verkohlten Balkens wurde die spezifische Radioaktivität getrennt fast 1 Monat ununterbrochen gemessen, Ergebnis: $4,029 \pm 0,05$, $4,085 \pm 0,07$ bzw. $4,156 \pm 0,13$ cpm/g C; C—948 und 949 (siehe B II 4 a); für 2 Proben desselben Holzstücks wurde die spezifische Radioaktivität je 6 Wochen lang gemessen, diese Messungen ergaben ein Alter von 1485 ± 120 bzw. 1521 ± 170 Jahren. Diese Beispiele zeigen, daß es zweckmäßig ist, besonders wichtige Daten aus dem Durchschnittswert von 2 oder mehr Messungen zu errechnen.

Ebenso ist es notwendig, von Schichten, die nach dem geologischen oder archäologischen Befund aus der gleichen Periode stammen, Proben von verschiedenen Fundstellen mit C^{14} zu datieren; einzelne unbrauchbare und daher durch neue Messungen nachzuprüfende Daten werden dann leicht an ihrer starken Abweichung von den übrigen erkannt. Der Größenordnung nach gut übereinstimmende unerwartete C^{14} -Daten (wie 3 für die Linear-Bandkeramik in Mitteleuropa) müssen als zuverläßig angesehen werden.

Ferner ist es unbedingt notwendig, der mit C^{14} zu datierenden Probe eine Profil-Zeichnung von der Entnahmestelle mit Beschreibung (besonders des Hangenden) und Angabe der Schichtenmächtigkeiten, der Lage der Probe im Profil, der geologischen und pollenanalytischen bzw. archäologischen Datierung, des Meßtischblatts und der in Betracht kommenden Veröffentlichungen beizufügen. Zur Kontrolle empfiehlt es sich, auch aus den unmittelbar oben und unten an die Fundschicht grenzenden Schichten, falls sie für die C^{14} -Datierung geeignet sind, je 1 Probe mitzusenden.

Daß die Genauigkeit der Datierung mit dem Gewicht des Kohlenstoffs einer Probe zunimmt, haben J. L. KULP & Mitarb. (1952 S. 414) nachgewiesen. Für die Altersbestimmung mit festem Kohlenstoff sind mindestens 8 g C notwendig (= 20—40 g Holzkohle, die aber auf absorbierte organische Substanz geprüft werden muß, = 100 g Holz oder 200—300 g lufttrockener Torf nach J. L. KULP 1952); das C¹⁴-Laboratorium Kopenhagen verlangte folgende Mindestmengen: Holzkohle (trocken, rein) 30 g, Holz (trocken) 40 g, Torf (sonnengetrocknet) 100 g, Gräser und Seepflanzen (sonnengetrocknet) 60 g, Gytjtja (trocken) 100—300 g; für die Datierung mit CO₂: 5—10 g Holzkohle oder 20—30 g Holz, Getreide oder Haselnüsse (W. MATHIAS 1955). Selbstverständlich ist es aber besser, den C¹⁴-Laboratorien weit größere Probemengen zur Verfügung zu stellen, damit Kontrollmessungen möglich sind und Teile für spätere verbesserte Messungen aufgehoben werden können.

III. Erfahrungen bei der Auswahl der Proben

Die wichtigste Voraussetzung für eine zuverlässige C¹⁴-Datierung ist natürlich die einwandfreie Beschaffenheit der Probe vor und nach ihrer Entnahme, d. h. sie darf nicht verunreinigt sein in der Fundschicht durch jüngere oder ältere organische Substanzen (rezente Würzelchen, die viele Meter in den Boden dringen können, z. B. bei Schilf- und Bruchwaldtorf, auf- und absteigendes Grund- bzw. Oberflächenwasser, besonders in entwässerten Mooren) und nach der Probenentnahme (durch kohlenstoffhaltige Substanzen wie Packmaterial, Schimmel, Staub und Konservierungsmittel, wenn auch Paraffin und Leinöl aus Museumsmaterial entfernt werden können). Quartärgeologische Proben müssen von einem Quartärgeologen, prähistorische von einem Prähistoriker entnommen werden. Auf die Zufuhr von rezentem C¹⁴ durch in den Boden eindringendes Oberflächenwasser infolge der Bodenbildung (A-Horizont) in Gebieten mit humidem temperiertem Klima hat Ch. B. HUNT (1955) hingewiesen. Daher hat das Wasser im Boden einen sehr hohen C¹⁴-Gehalt, so daß auch hartes Wasser ein scheinbares Alter von nur 1000—3000 Jahren haben kann (K. O. MÜNNICH 1957).

Auf die Einwirkung dieses C¹⁴-reichen Grundwassers dürfte die fast ausnahmslose Herabsetzung des C¹⁴-Alters kalkhaltiger Objekte wie Knochen und Geweihe im Boden zurückzuführen sein; daher ist dieses Material höchstens ganz ausnahmsweise für die C¹⁴-Datierung von Fundschichten geeignet, wie die Untersuchungen in Washington (M. RUBIN & H. E. SUESS 1956) und in Heidelberg (K. O. MÜNNICH 1957) ergeben haben, auch wenn ihr Kalk teilweise oder ganz mit HCl beseitigt worden war. So wurden in Washington z. B. folgende C¹⁴-Alter festgestellt:

Meiendorf (Hamburger Stufe I) in Schleswig-Holstein		
a. mit Gytjtja:		W-172: 15750 ± 800
b. mit Rengeweih:		W-264: 11790 ± 200
		W-281: 11870 ± 200
Poggenwisch (Hamburger Stufe II) in Schleswig-Holstein		
a. mit Gytjtja:		W- 93: 15150 ± 350
b. mit Rengeweih:		W-271: 11750 ± 200
Nur mit Rengeweih bestimmt:		
Munzingen (frühes Magdalénien unter 4 m Löß):		W-266: 10100 ± 250
Kniegrötte bei Döbritz in Thüringen (Spät-Magdalénien)		W-269: 8800 ± 200
Petersfeld bei Engen (Spätmagdalénien):		W-267: 8200 ± 200
Bockstein-Höhle im Lonetal (verschiedene Aurignacien-Schichten):		
oberer Horizont:		W-275: 13400 ± 800
mittlerer Horizont:		W-279: 24000 ± 3000
unterster Horizont:		W-277: >25000
(Übergang z. Moustérien)		

In Heidelberg mit C¹⁴ datierte Rengeweihstücke von einigen dieser Fundorte ergaben mit den obigen gut übereinstimmende Daten; nur H 85/91 organische Substanz von

Rengeweihe aus der Spät-Magdalénien-Schicht am Martinsberg in Andernach lieferte mit $11\,300 \pm 220$ Jahren ein mit der geologischen Datierung übereinstimmendes C^{14} -Datum, während die Kalkfraktion eines Knochens aus der gleichen Kulturschicht (H 193/178) das scheinbare Alter von nur $4\,330 \pm 360$ Jahren hatte; von einem Mammutknochen (H 145/117 und 127) aus kalkhaltigem Löß in Heidelberg ergab die organische Substanz („Eiweiß“) ein Alter von $7\,480 \pm 200$ und der Kalk ein Alter von $3\,370 \pm 90$ Jahren (K. O. MÜNNICH 1957). Geweihe und erst recht unverkohlte Knochen sind also für C^{14} -Datierungen ungeeignet.

Verkohlte Knochen aus Kulturschichten sind normalerweise ebenso gut wie Holzkohle (J. L. KULP 1952). Die nachträgliche Verkohlung von Knochen und Elfenbein im Laboratorium vor der C^{14} -Bestimmung (H. R. CRANE 1955, I. MAY 1955) dürfte nur dann einen Sinn haben, wenn die Objekte aus trockenen Höhlen arider Gebiete stammen.

Molluskenschalen sind ebenfalls mit Vorsicht zu verwenden. Süßwasserschnecken-Gehäuse geben, wie die Datierungen von Jarmo (siehe B II 2) zeigen, brauchbare C^{14} -Daten (ob immer?), wenn ihre spezifische Radioaktivität auf den Standardwert von rezemtem Holz bezogen wird. Rezente marine Molluskenschalen haben in manchen Gebieten die gleiche (Hl. DE VRIES & G. W. BARENSEN 1954, M. BLAU & Mitarb. 1953), in anderen eine 1–2% höhere (W. S. BROECKER & Mitarb. 1956, W. F. LIBBY 1955, J. L. KULP & Mitarb. 1951) und wieder in anderen eine niedrigere spezifische Radioaktivität (M. RUBIN & H. E. SUESS 1956, H. R. CRANE 1956, J. L. KULP & Mitarb. 1952, E. S. DEEVEY & Mitarb. 1954, M. BLAU & Mitarb. 1953). Im letzteren Fall haben die Schalen lebender Mollusken ein scheinbares Alter von 1000–2000 Jahren (J. L. KULP & Mitarb. 1952, M. RUBIN & H. E. SUESS 1956, E. S. DEEVEY & Mitarb. 1954). Nimmt man also ohne weiteres für Molluskenschalen die gleiche spezifische Radioaktivität wie für rezentes Holz an, so wird man meistens ganz falsche Daten erhalten; z. B. fanden J. L. KULP & Mitarb. (1952) für eine Kulturschicht im Virú-Tal in Peru mit Molluskenschalen (L-122 A u. B) das C^{14} -Alter $5\,750 \pm 180$, mit Holzkohle aber $3\,150 \pm 90$ Jahre, für den Sonnentempel von Pachacamar in Peru (archäologische Datierung: 444 ± 25 Jahre vor heute) mit Conchylienschalen das C^{14} -Alter $3\,800 \pm 200$, mit Pflanzen- und Landtierresten 500–900 Jahre! Daher muß man die Altersbestimmung mit Conchylien auf die spezifische Radioaktivität der Schalen im Untersuchungsgebiet lebender Conchylien beziehen (H. E. SUESS 1954, W. S. BROECKER & Mitarb. 1956).

Nach den Untersuchungen von E. S. DEEVEY & Mitarb. (1954) an lebenden Wasser- und Sumpfpflanzen sowie Muscheln in Süßwasser verschiedener Härte in Neu-England ist in hartem Wasser, weil dieses als Bikarbonat gelösten Kalk mit „totem“ C enthält, die spezifische Radioaktivität von untergetauchten Wasserpflanzen (also nicht von Sumpfpflanzen wie *Carex* und *Scirpus*) wegen ihrer CO_2 -Entnahme aus Bikarbonat zur Assimilation kleiner als in weichem Wasser und bei Landpflanzen; denn CO_2 aus Bikarbonat und Karbonat im Wasser hat nur $77 \pm 2\%$ der spezifischen Radioaktivität von rezemtem Holz, junge Seekreide, rezente Muschelschalen und untergetauchte Wasserpflanzen aus einem alten Hartwasser-See können nach dem C^{14} -Gehalt scheinbar bis zu 2000 Jahre älter sein als sie wirklich sind (vergl. auch M. BLAU & Mitarb. 1953). Material, das beim Wachsen C aus Kalziumbikarbonat aufgenommen hat, ist also für die C^{14} -Datierung in der Regel unbrauchbar (W. F. LIBBY 1955). Es gibt aber Ausnahmen, wie der Vergleich von Seekreide mit Holz und organogener Gytija aus der gleichen spätglazialen Periode zeigte (Johs. IVERSEN 1953).

Ein ernstes Problem ist die Beschaffung wirklich einwandfreier Holzkohleproben aus Kulturschichten von Höhlen und Abris (H. L. MOVIUS & Sh. JUDSON 1956); aus dem Jungpaläolithikum liegen nur zwei offenbar zuverlässige Altersbestimmungen vor (Périgordien IV im Abri Pataud in Les Eyzies, Dordogne: W-151 = $21\,650 \pm 800$ v. Chr., das C^{14} -Datum einer zweiten Probe W-191 = $22\,050 \pm 1000$ v. Chr. bestätigt

die Richtigkeit des Datums von W-151); es ist nur ein einziges zweifellos einwandfreies C^{14} -Datum für das „klassische“ Magdalénien in S-Frankreich ermittelt worden! Holzkohle L-188 B und Holz L-188 E aus einer Kulturschicht der frühen Bronzezeit, nach dem archäologischen Befund schätzungsweise aus der Zeit um 1900 v. Chr., aus der Höhle Suquet-Coucolière bei Montpellier lieferten die C^{14} -Daten 250 ± 300 bzw. 200 ± 300 nach Chr.! Höchst wahrscheinlich ist die Ursache die Zufuhr organogener Stoffe aus jüngster Zeit durch Wasser oder wühlende Tiere; Rotbuchen-Holzkohle ist in einem Fall (Weinberg-Höhlen bei Mauern) sogar in einer würmeiszeitlichen Höhlenschicht mit der Hauptmasse der Lemming-Reste gefunden worden. Man wird in Kulturschichten von Höhlen wohl im allgemeinen nur dann einwandfreie Holz- oder Holzkohle-Proben finden, wenn im Hangenden keine jüngeren Kulturhinterlassenschaften vorhanden sind.

Allgemein gilt als Regel für die Probenbeschaffung zur C^{14} -Datierung, daß Holz das allerbeste Material ist, ebenso andere Pflanzensubstanz (Getreide, Haselnüsse, Borke), dann kommt Holzkohle, dann Torf.

IV. Organisation

Es gibt jetzt in der Welt eine große Anzahl von C^{14} -Laboratorien, ein Beweis für das große Vertrauen, das die Fachleute (soweit sie nicht voreingenommen sind) in diese Datierungsmethode setzen; es ist zu beachten, daß die Einrichtung eines solchen Laboratoriums und die Ausführung einer Datierung recht kostspielig sind. Folgende C^{14} -Laboratorien sind bisher bekannt geworden (die vorangestellten Buchstaben sind die Abkürzung für das Laboratorium, die in Klammern hinzugefügte Abkürzung bezeichnet die Methode, soweit bekannt):

1. Europa

- BM = British Museum (Natural History) in London (C_2H_2)
- G = Göteborg (Gothenburg) (CH_4)
- GL = Geochronol. Labor. of the Royal Institution, London (C_2H_2)
- Gro = Groningen (früher C, jetzt CO_2)
- H = Heidelberg (CO_2)
- K = Kopenhagen (früher C, jetzt CO_2)
- ?Le = Leningrad
- ?Po = Poznan (Posen)
- Q = Cambridge, England (C_2H_2)
- R = Rom (C)
- S = Stockholm (C, später CO_2)
- T = Trondheim (C)
- ?Wa = Warszawa (Warschau)

Das geologische Landesamt in Hannover besitzt seit einigen Jahren ein C^{14} -Laboratorium, das aber wegen der Wahl des Raumes praktisch nicht arbeiten kann.

2. Amerika

- C = Chicago (C)
- ?Ha = Houston (a), Texas, Labor. of the Magnolia Oil Co. (CH_4)
- ?Hb = Houston (b), Texas, Research Inst. of the Humbel Oil Co. (CO_2).
- L = Lamont Geol. Observatory, Columbia Univ., Palisades, N. Y. (C, dann CO_2)
- ?Me = Mexico, D. C.
- M = Univ. of Michigan, Ann Arbor (zuerst C, dann CO_2)
- P = Univ. of Pennsylvania, Pittsburg (zuerst C, dann CO_2)
- W = Washington, D. C., U.S. Geological Survey (C_2H_2)
- Y = Geochronometric Labor. of Yale Univ., New Haven, Conn. (C, dann CO_2).

3. Australien

Neu-Seeland (CO_2).

Die C^{14} -Daten werden weiter in Science (Washington, D.C.) und Nature (London) veröffentlicht.

Konferenzen von Leitern von C¹⁴-Laboratorien und Mitgliedern der Kommissionen für C¹⁴-Datierungen haben 1954 in Andover, Mass. (W. F. LIBBY 1955) und in Kopenhagen (H. GODWIN 1954), 1955 in Cambridge, England (H. LEVI 1955) und 1956 wieder in Andover, Mass., stattgefunden; sie waren für die weitere Arbeit der C¹⁴-Laboratorien sehr fruchtbar.

B. AUSWAHL BESONDERS WICHTIGER UND INTERESSANTER C¹⁴-DATEN AUS DER ZEIT VON 1952 BIS 1956 (MIT EINIGEN NACHTRÄGEN VON 1951)

Alle C¹⁴-Daten (ursprünglich: Jahre vor heute) sind einheitlich auf das Jahr 1950 n. Chr. bezogen. Ein — vor dem Datum bedeutet Jahre vor Chr., + bedeutet Jahre nach Chr., > = älter als, < = jünger als. Sci. = (amerikanische Zeitschrift) Science (Washington, D.C.).

I. Geologische und paläontologische Daten

	1. Europa (siehe auch II, 1, W-173 und IV dieses Abschnittes)	
Gro-	Taschenboden aus dem Übergang von der Alleröd zur jüngeren Tundrenzeit (nach der Stratigraphie) S von Apeldoorn (Niederlande), abgebildet bei P. WOLDSTEDT 1954 Abb. 77 S. 159; diese stratigraphische Datierung wird durch die C- ¹⁴ -Bestimmung bestätigt.	—8820 ± 120
	Briefl. Mitteil. von Dr. MAARLEVELD vom 16. 8. 56.	—8605 ± 130
Gro-458	Vulkanausbruch und Alter des Schalkenmehrener Doppelmaares in der Eifel, pollenanalytisch datiert rund 11 500 Jahre vor heute, wurde durch die C ¹⁴ -Bestimmung von 1 kg Mudde unmittelbar auf der Tuffsand-schicht datiert:	—8820 ± 250
	H. STRAKA und HL. DE VRIES (1956).	
H-126/143	Geislingen/Steige, Württemberg, Rohrachtal: Holz aus der Basismudde unter Kalktuff (erste postglaziale pollenanalytisch datierbare Ablagerung: Präboreal, Diagrammzone IV FIRBAS). - K. O. MÜNNICH 1957.	—7340 ± 190
K-	Vulkanische Aschenschicht Hekla H ₅ auf Island. - M. SCHWARZBACH (1955).	—4450
K-140	Vulkanische Aschenschicht Hekla H ₄ auf Island. - Sci. 122 (1955) S. 958.	—1880 ± 120
H-146/124	Hredavatn, West-Island: torfiges Band in Sedimenten die mit den Lavaschichten der Grábrók-Vulkane verknüpft werden konnten; die Ausbrüche sind wahrscheinlich jünger als die Torfschicht. - M. SCHWARZBACH (1955), K. O. MÜNNICH (1957).	—1750 ± 120
Y-85	Vulkanische Aschenschicht Hekla H ₃ aus Island, vom ausgedehntesten Aschenregen, auf Grund pollenanalytischer Befunde in die Zeit vor 2500 bis 3000 Jahren gestellt. - Sci. 122 (1955). Weitere tephrochronologische C ¹⁴ -Daten in Sci. 122 (1955) S. 960 und bei S. THORARINSSON (1954, 1955), ferner bei H. STRAKA (1956), F. FIRBAS (1953) und R. S. PRESTON & Mitarb. (1955).	—770 ± 130
—	Jüngster Kiefernstubben im Moor von Clonsast (Irland). - G. F. MITCHELL (1956).	ca. ± 365

2. Asien

- L-182 Hotu-Mensch (*Homo sapiens*) der Hotu-Höhle an der S-Küste des Kaspischen Meeres in Iran, Holzkohle vom Herd unter und mit den Skeletten Nr. 2 und 3. —7550 ± 200
- Sci. **124** (1956) und E. RALPH (1955) —7240 ± 590

3. Afrika

- L-271, B, C, D: *Homo (Africanthropus) helmei* von Florisbad (30 engl. Meilen NW von Bloemfontein): die meisten um eine Solquelle abgelagerten Schichten (schwarze und braune, I-IV, Tonschichten, fälschlich als „Torf“ bezeichnet, wechsellagernd mit bräunlichem und gelblichem Sand, Liegendes eine dünne schwarze Tonschicht) sind pollenführend:
- B: I mit dem Schädel des *Homo helmei*, vielen Stein-geräten und zahlreichen Resten ausgestorbener Tierarten >—33050
- C: II (Diese mit CO₂ ermittelten Daten sind erheblich älter als die mit festem C bestimmten C-851 u. C-852). —26500 ± 2200
- D: III - Sci. **124** (1956) 164, E. M. VAN ZINDEREN BAKKER —17580 ± 650 (1956).

- W-85 Haa Fteah-(Bäcker-)Höhle in der Cyrenaica, Nordafrika: in 23 Fuß (7,10 m) Tiefe 3,3—4 Fuß (ca. 1—1,24 m) unter einem Herd mit typischem Levalloiso-Moustérien aus der Zeit von —32050 ± 2800 (oder möglicherweise früher) wurde ein neandertalider Unterkiefer gefunden, Zeitstellung nach den datierten Tiefen (siehe II, 3) ca. —38000
- folglich nicht ins Interstadial W 2/3 (Mc Burney), sondern in das Ende von Altwürm oder in den Anfangsabschnitt des Göttweiger Interstadials zu stellen. Nach der archäologischen Stratigraphie wird angenommen, daß der Neandertaler hier bis ca —28000 gelebt habe. - H. E. SUESS (1954), MC BURNEY in Nature **172**, 1953, S. 889 f.

4. Nord-Amerika (siehe auch III)

a. Alaska

- L-127 Gefrorener „muck“ am Dome Creek bei Fairbanks mit Fellstücken und getrocknetem Fleisch eines ausgestorbenen „Superbison“, nach der Ablagerung dieses „muck“ vom Beginn der 2. Wisconsinphase ununterbrochen Dauerfrostboden in diesem Gebiet(vgl. aber L-117 J). - J. L. KULP (1952). >—26050
- L-101 B Eagle River: Torf einer lokalen Warmzeit. - J. L. KULP (1952). —12350 ± 600
- L-117 J Fossiler Biberdamm im „muck“ am Fairbanks Creek; das Klima war damals etwas wärmer als heute. - Sci. **116** (1952) S. 412. —11650 ± 600

- L-137 H Cape Greig an der Bristol Bay: Torf auf Grundmoräne und unter 35 Fuß Sand und Kies (unterste Schicht wohl fluvioglazial), Torf also wohl interstadial. - Sci. **124** (1956). —10800 ± 1100
- C-301 Fairbanks Creek: Holz aus 30—60 Fuß Tiefe zusammen mit Resten ausgestorbener Tiere W. F. LIBBY (1952). —10672 ± 750
- L-137 L Ninilchik, Kenai-Halbinsel: Holz von der Basis einer ca. 3 m mächtigen Torfschicht. - Sci. **124** (1956). —7650 ± 650
- L-117 E Seward-Halbinsel: Holz aus begrabenem Biberdamm (50—100 engl. Meilen N von der heutigen Biber-Nordgrenze). - Sci. **124** (1956) 156 f. —1650 ± 500
- L-117 C u. D, L-137 F, G, N u. E beweisen, daß auf der Seward-Halbinsel muck-Schichten in Tälern vor mehr als 10200 Jahren bis vor weniger als 450 Jahren gebildet wurden, als offene Wälder von Birken und Pappeln (heute fehlend) vor 9500 bis 8300 vor heute und vor 3600 Jahren vor heute wuchsen. - Sci. **124** (1956) S. 156.
- b. Canada
- L-248 A, 254 A-D, 261 A-C, 266 A-C: Treibholz auf Ellesmere Land. >—31050 bis
- Sci. **124** (1956) 162. +970 ± 100
- M-38 Ausgestorbener *Bison crassicornis* bei Fairbanks in Alaska: Hornscheiden aus goldführenden Kiesen. - H. R. CRANE (1956). —14450 ± 2000
- M-288 Beginn der Absenkung des Lake Algonquin auf das Niveau des Lake Chippewa, als der Abfluß über North Bay eisfrei geworden war. - H. R. CRANE (1956). —5975 ± 350
- L-192 B Eisinsel T 3, 1947 im nördlichen Eismeer entdeckt, ca.
L-213 B 11×5 engl. Quadratmeilen groß und 170 Fuß (ca. 51 m) dick, auf der Oberfläche Schmutz mit pflanzlichen und tierischen Resten, in den obersten 27 m ca. 85 Schmutzschichten, unter 33 m Tiefe nach dem Bohrungsergebnis aber schmutzfrei; einzige lebende Pflanze das Moos *Hygrohypnum polare*, also befand sich die Eisinsel früher in Landnähe (war wahrscheinlich ein Teil des Eisschelfs im N von Ellesmere-Land, nach der dendrochronologischen Datierung von N. POLUNIN losgelöst zwischen 1935 und 1947). Daten von 2 Schmutzproben L-192 B —3780 ± 300
A. P. CRARY, J. L. KULP, E. M. MARSHALL L-213 B —1100 ± 200
(1955), N. POLUNIN in Sci. **122** (1955), 1184-1186 und in Nature **176** (1955) 22.
- L-219 James Bay, Quebec: unterster Torf eines 3 m mächtigen Moores beim Rupert River 18 Meilen O von Rupert House, 52,70 m über d. M. Beginn der Bewaldung des Hochlandes. - Sci. **124** (1954). —480 ± 100
- c. U. S. A.
- W-244 Santa Rosa Island vor der kalifornischen Küste S von Sta. Barbara: Holzkohle aus marinen Schichten (Pleistozän) mit Zwergfauna (u. a. ca. 2 m hohe Mammute!). Im Fundhorizont asphaltartiges Material (ein Teil der Probe in CS₂ gewaschen ergab Erdölgehalt, das C¹⁴-Alter daher möglicherweise zu hoch. - Sci. **123** (1956). >—36050

L-244	Santa Rosa Island, Calif.: Holz aus der Basis von Alluvionen mit Zwergmammut im Tecolote Canyon 1 Meile landeinwärts. - Sci. 124 (1956).	—13870 ± 280
Y-285	Totoket, Conn.: Gytja vom unteren Teil der Fichten-Pollenzone von Durham in 2,75-3 m Tiefe unmittelbar über dem 2. NBP-Maximum. - Sci. 122 (1955).	—11600 ± 460
L-239 A	White Pine, Mich.: Baumstamm unter 10,54 m Ton. - Sci. 124 (1956). Two Creeks-Interstadial.	—10650 ± 1200
L-	Midland, Texas: Paläoindianerin (Schädel und einige andere Skelettreste) datiert mit Süßwasserschnecken-Gehäusen aus der unmittelbar darunterliegenden Schicht (ältester Paläoindianer-Rest Amerikas, <i>Homo sapiens</i> natürlich) Alex D. KRIEGER, Austin (Texas) briefl. Mitteil. vom 20. 4. 56: etwas jünger als	—10550 ± 1200
W-255	Block Island, R. I.: Holz aus der Basis der Ausfüllung eines Toteislochs. - Sci. 123 (1956).	—10140 ± 200
L-269 A	Moss Lake, Wash.: basale Torfschicht. - Sci. 124 (1956) Two Creeks-Interstadial!	—9950 ± 360
Y-293 A	Torf in South Haven, Mich. - Nicht —7550 ± 250, wie in Sci. 122 (1955) S. 954 angegeben. - Sci. 123 (1956) S. 464.	—8840 ± 200
Y-251	Hartford, Conn.: Baumstamm in Alluvionen (anscheinend Connecticut River-Terrasse von 9-12 m auf Bänder-ton. - Sci. 122 (1955) S. 957.	—8700 ± 320
L-269 D	Covington, Wash.: Torf aus ca. 16,40 m Tiefe auf fluvioglazialen Sand und Kies, in Eisrandnähe gebildet. - Sci. 124 (1956) 161.	—8250 ± 500
W-223	Pictograph Claim, Craven Canyon, Fall River: Moschus-ochsen-Knochen. - Sci. 123 (1956) 446.	—7750 ± 600
M-66	<i>Mastodon americanus</i> von Orleton farms, Madison Co., Ohio: Holz unmittelbar unter dem Skelett 80 cm unter der Oberfläche (Datum a mit festem C, b mit CO ₂ gemessen. - H. R. CRANE (1956), E. S. THOMAS (1952).	—6470 ± 400a —6510 ± 400a —7650 ± 500b
M-282	<i>Mastodon-Stoßzahn</i> von der J. W. BRUGEMAN-Farm, Lenawee Co., datiert durch Holz, das unmittelbar über dem Stoßzahn lag. - H. R. CRANE (1956).	—7618 ± 1000
M-67	<i>Mastodon-Stoßzahn</i> (Bruchstück) aus Sand- und Kieslager (outwash) 12 Meilen SW von Ann Arbor im Washenaw Co., Michigan; zur Datierung wurden die säurelöslichen Karbonate benutzt (Datum a mit C, b mit CO ₂ bestimmt, beide sicher zu jung). - H. R. CRANE (1956).	—4150 ± 400a —4350 ± 500b
M-138	„Richmond- <i>Mastodon</i> “ von Cromwell, Noble Co., Indiana: Holz aus der Fundschicht. C ¹⁴ -Datum zweifellos zu jung. - H. R. CRANE (1956).	—3350 ± 400
C-823	Burnet Cave, Guadalupe Mts., Eddy Co., N. M.: Holzkohle aus 2,40—2,70 m Tiefe mit Wildpferd, Bison, Kamel, Höhleirsch, vierhörniger Antilope und Moschus-ochs. - Sci. 119 (1954) 138.	—5482 ± 300
M-289	Kiefern-Zeit in Michigan. - J. H. ZUMBERGE & J. E. POTZGER (1955).	—4380 ± 400

- L-141 C Torf (unterste 15 cm) über Fort Thompson-Mergel 10 engl. Meilen S vom Lake Okeechobee im Palm Beach Co., Florida: Torfbildung begann vor ca. 6000 Jahren. - Sci. **116** (1952) 409 f. —3100 ± 200
- C-675 Plum Creek, Dyer, Indiana: Holz aus Alluvionen in 3 m Tiefe (0,60 m über der Oberkante des Glazialdiluviums) mit Mammut-Zähnen, vielen Hirschgeweihen und Mollusken. - W. F. LIBBY (1952 a). +100 ± 480

Petroleum-Bildung: Bisher herrschte durchaus die Ansicht vor, daß zur Umbildung des organischen Anteils mariner und Brackwasser-Sedimente ein Druck von mehreren tausend Fuß Wasser und eine Dauer von mehreren Millionen Jahren nötig seien; noch 1934 konnte eine chemische Untersuchung von 2000 postglazialen („Recent“) marinen Sedimentproben aus allen Teilen der Welt keine Spuren flüssiger Kohlenwasserstoffe finden, woraus geschlossen wurde, daß sich Petroleum höchst wahrscheinlich nicht in Sedimenten zur Zeit ihrer Ablagerung bildet. Paul V. SMITH, Jr. (1952) gelang es aber in 10 spät- und postglazialen Sedimentproben von 4 Stellen im Golf von Mexiko an und vor der Küste von Texas und Louisiana in Tiefen von ca. 0,10—30 m flüssige aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe nachzuweisen. Kohlenwasserstoffe, die aus mehreren Teilen eines ca. 30 m langen Bohrprofils extrahiert wurden, hatten nach ihrem C¹⁴-Gehalt ein Alter von 11800—14600 ± 1400 Jahren.

5. Australien (siehe auch III)

- L-271 E u. G: Murray Valley, Süd-Australien, zur Kontrolle rezente Molluskenschalen (Radioaktivität ca. 10% größer als bei rezentem Holz). Die C¹⁴-Daten sind die Basis für die archäologische Kulturabfolge in ganz Australien. - Sci. **124** (1956) S. 164. —4080 ± 120
—2340 ± 140
- L-129 Mageninhalt einer großen Moa (*Dinornis*) aus dem Pyramid Valley-Sumpf bei North Canterbury auf Neu-Seeland aus ca. 1,50 m Tiefe. - Sci. **116** (1952) 409 f. +150 ± 150
- Y-129 A Wie vor. Teil der Probe L-129. - BLAU, DEEVEY and GROSS (1953). — Probe entkalkt. +1280

II. Prähistorische Daten

1. Europa

- W-173 Moustérien-Lagerplatz mit Mammut und Nashorn (Altwürm) im Liegenden einer Torflinse, die 6 Fuß (ca. 2 m) unter der Basis des Jüngeren Löss II (Hauptwürm) in einem Kanalbau-Aufschluß in Godarville (Belgien) gefunden wurde, durch frostgestörte Sedimente vom Löss und dem Moustérien-Lagerplatz getrennt. - M. RUBIN & H. E. SUESS (1955). >—34050
- W-151 u. 191 Périgordien IV (spätes „Aurignacien“) im Abri Pataud in Les Eyzies, Dordogne: aschenhaltiges Material mit Holzkohlespuren von einem Herd, gesammelt und in *Archaeology* **7**, 82, 1954 beschrieben von H. L. MOVIUS, Jr. - Sci. **121** (1955) 487. —22050 ± 1000
—21650 ± 800
- W-172 Meiendorf bei Ahrensburg in Holstein: Gytja aus der Kulturschicht der Hamburger Stufe I. - Sci. **121** (1955) 487. —13800 ± 800

W-93	Poggenwisch bei Ahrensburg: Hamburger Stufe II. - H. E. SUESS (1954).	-13200 ± 350
Gro-468	Magdalénien-Station an der Schussenquelle in Württemberg: unterster Braunmoostorf auf der Hauptkulturschicht. - Prof. Dr. DE VRIES briefl. Mitteil. 1955.	-12520 ± 385
L-336 C	Französisches Spät-Magdalénien (M V/VI): von R. ROBERT, Tarascon-sur-Ariège, zur Verfügung gestellte Probe XXX-2 aus der Höhle La Vache bei Niaux (Ariège); wahrscheinlich erstes zuverlässiges C ¹⁴ -Datum des französischen „klassischen“ Magdalénien! - Prof. Dr. H. L. MOVIVS, Jr. (briefl. Mitteil. 27. 2. 57).	-9700 ± 200
H-21/18	Rissen bei Hamburg: Gytjtja aus einem Horizont unter	
H-18/11	der Kulturschicht des Spätmagdalénien (Federmesser-	
H-75/68	gruppe, H. SCHWABEDISSEN 1954); gehört nach der Pollenanalyse (R. SCHÜTRUMPF) in die Alleröd-Zeit:	
H-21/18	Gytjtja, karbonatfrei, Kohlenstoffgehalt ca. 90%	-9600 ± 280
H-18/11	Holz aus dieser Gytjtja-Schicht	-9980 ± 290
H-75/68	Verkohltes Holz aus der Kulturschicht (Grabung H. SCHWABEDISSEN). - K. O. MÜNNICH 1957.	-9500 ± 180
H-85/91	Magdalénien-Station Andernach am Rhein (datiert mit der organischen Substanz von Rengewei). - C ¹⁴ -Datum mit dem geologischen übereinstimmend. - Briefl. Mitteil. von K. O. MÜNNICH 1956.	ca. -9350
C-353	Ältester Maglemose-Wohnplatz in England: Star Carr am Lake Pickering, Yorkshire. - Sci. 113 (1951)	-7538 ± 350
H-23/22	Duvensee, Kr. Herzogtum Lauenburg, Schleswig-Hol-	
H-26/23	stein: Wohnplatz der mittleren Steinzeit, nach Pollenanalyse (S. SCHNEIDER) frühes Boreal, Diagrammzone V FIRBAS.	
H-23/22	Birkenbrett mit Rinde vom Boden einer Hütte	-7250 ± 300
H-26/23	Haselnußschalen und etwas Holzkohle - K. O. MÜNNICH 1957.	-7080 ± 350
Gro-	Haule, Niederlande: mesolithische Kulturschicht, nach dem Pollendiagramm etwas älter als 7000 Jahre. - Nature 174 (1954) S. 1140.	-5575 ± 200
—	Mesolithischer Herd in Toome Bay, Londonderry, Irland, Pollendiagrammzone VI. - G. F. MITCHELL (1956).	-5730 ± 110
Gro-	Verkohlter Weizen aus einer Vorratsgrube einer frühbandkeramischen Siedlung bei Westeregeln bei Magdeburg. - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954), W. ROTHMALER (1956).	-4250 ± 200
Gro-	Verkohltes Holz aus einer frühbandkeramischen Kulturschicht bei Wittislingen, Landkreis Dillingen a. d. Donau. - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954), W. ROTHMALER (1956).	-4080 ± 110
Gro-	Bandkeramik in Sittard, Niederlande. - W. ROTHMALER (1956)	-4000
Gro-	Stichbandkeramik in Zwenkau (Mitteldeutschland) - W. ROTHMALER (1956).	? -3500

Gro-	Rössener Kultur in Wahlitz Kreis Burg (Mitteldeutschland). - W. ROTHMALER (1956).	—3300
H-125/107 H-61/149	Ehrenstein bei Ulm/Donau: jungsteinzeitliche Siedlung, nach archäologischer Datierung ca. 2000 v. Chr. (wegen aber das Fehlen der Buche spricht):	
H-125/107	Holz von einem Hausrest	—3250 ± 200
H-61/149	Holzprobe (a) aus der Kulturschicht - K. O. MÜNNICH (1957).	—3190 ± 130
H-27/25 H-28/33 H-29/146 H-30/145 H-27/25	Heidmoor, Gem. Berlin, Kr. Segeberg, Schleswig-Holstein: Moorsiedlung der jüngeren Steinzeit. Grabung H. SCHWABEDISSEN: Angekohltes Holz 5 cm über oberster Kulturschicht mit Glockenbecherkultur	—1770 ± 150
H-28/33	Holz aus Schicht 5 cm unter Glockenbecherkultur, Holz ragte in die Glockenbecher-Kulturschicht hinein	—2020 ± 170
H-29/146	Holz aus einer Schicht der Trichterbecherkultur	—3190 ± 115
H-30/145	Holzkohle aus der Schicht der Trichterbecherkultur - K. O. MÜNNICH (1957).	—3070 ± 105
Gro-	Pfahlbau Weiher bei Thayngen, Schweiz (Michelsberger Kultur). - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954).	—2785 ± 130
GL-18	Älteste Cortaillod-Kultur in der Schweiz: Eschenpfahl aus dem Pfahlbau Egolzwil 3 im Wauwiler See. - F. E. ZEUNER (1955). Ein dortiger vom stratigraphischen und archäologischen Standpunkt für gleich alt gehaltener Eichenpfahl ergab das C ¹⁴ -Datum —2050 ± 110. —	—2700 ± 110
K-115, 116, 118, 121	Wie GL-18 (Eschenpfahl): unmittelbar nach dem ersten starken Sinken der <i>Fagus</i> -Pollenkurve; Durchschnitt von 9 Messungen. - H. TAUBER (1956).	—2740 ± 90
K-123-129, 131, 132	Wohnplatz Muldbjerg I (Mul. I) auf einer ehemaligen schwimmenden Insel: frühestes dänisches Neolithikum (Phase A, späte Ertebølle-Kultur, vor der Dolmenzeit), im Pollendiagramm Horizont der absinkenden Ulmen-Kurve. Durchschnitt von 11 Messungen. - H. TAUBER (1956).	—2620 ± 80
L-188 A L-188 D	Höhle La Madeleine bei Montpellier: spätneolithische Chasseyen-Keramik datiert mit verkohltem Weizen (A), mit Molluskenschalen (D). - Sci. 124 (1956) S. 160.	—2250 ± 500 —2750 ± 400
Stockholm	Mittelschwedischer Pfahlbau im Dagsmosse bei Alvastra, Östergötland (archäologische Datierung: zwischen 2200 und 1800 v. Chr.). - Svensk Botan. Tidskr. 50 , 1956, S. 98.	—2230 ± 130
Gro-	Ganggrab in Diever, Niederlande, archäologisch datiert: ca. 1850 v. Chr. - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954).	—1900 ± 150
Gro-	End-Neolithikum von Burgliebenau, Mitteldeutschland. - W. ROTHMALER (1956).	—1900
Gro-	Spätneolithisches Hünengrab in Oudemolen, Drenthe, Niederlande. - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954).	—1670 ± 120

Gro-	30 Hügelgräber in Toterfout-Halve Mijl, Nord-Brabant, Niederlande:	
	Tumulus 4, pollenanalyt. datiert ca. 1500 v. Chr.	—1425 ± 200
	„ 8, Bronzezeit, ca. 1100 v. Chr.	—1105 ± 90
	„ 1 B, nach Pollenanalyse etwa ebenso alt wie 4. - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954).	—1500 ± 85
Gro-	Spätneolithisches Hünengrab bei Hijken, Drenthe, Niederlande, archäol. datiert 1400 oder 1500 v. Chr. - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954).	—1350 ± 150
GL-12	Hallstatt A oder früh B: Seewohnplatz der späten Bronzezeit in Zug-Sumpf, Schweiz. - F. E. ZEUNER (1955).	—1220 ± 110
Gro-	Grootebroek, Nord-Holland, bronzezeitl. Hügelgrab, C ¹⁴ -Datum stimmt mit der archäolog. Datier. durch Prof. VAN GIFFEN überein. - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954).	—1050 ± 140
Gro-	Wohnplatz Jemgun (Ostfriesland): Marschensiedlung vor der Zeit der ersten Wurten (terpen), von Dr. HAAR-NAGEL erwartetes Datum. - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954).	—385 ± 70
Gro-	Gruppe von Hügelgräbern bei Wijster, Drenthe, Niederlande. Pollenanalyt. Datierung: Eisenzeit, archäolog.: La Tène. - Hl. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954).	— 35 ± 150 — 75 ± 175 —180 ± 140
H-59/57	Mainz: Balkenreste der Römerbrücke, die im 1. Jahrh. n. Chr. schon stand, später mehrmals zerstört und wieder errichtet wurde, bis sie um ca. 300 n. Chr. ganz verschwand. - K. O. MÜNNICH 1957.	+60 ± 60
H-8/7	Groningen, Niederlande: Holz von der St. Walburg Kerk, nach dem früheren Rezentstandard nach dem jetzigen Standardwert. - K. O. MÜNNICH 1957:	+885 ± 130 +705 ± 130
H-87/76	Höhbeck, Kr. Lüchow, Niedersachsen: Holzkohle von der Sohle eines Grabens des Kastells aus der Karolingerzeit (nach archäologischer Datierung). - K. O. MÜNNICH 1957.	+880 ± 80
H-63/36	Kassel: Eichenbalken aus der Brüderkirche, mittleres Wachstumsjahr der äußeren Ringe; C ¹⁴ -Alter durch Vergleich des C ¹⁴ -Gehaltes von Eichenholzproben aus dem 16. und 19. Jahrh. ermittelt. Dendrochronologisch im Forstbotanischen Institut München bestimmtes Endjahr 1392 n. Chr. - K. O. MÜNNICH 1957:	+1447 ± 85
2. Asien		
W-224	Kara Kamar, Afghanistan: Abri 8 engl. Meilen N von	—31050 ± 3000
W-225	Haibak an der Nordflanke des Hindukusch: jungpaläolithische Klingenkultur. - Sci. 123 (1956) 447.	—30050
W-226		—32050 ± 3000
P-54	Wie vor. Kultur I: typol. Mesolithikum	—790 ± 300
P-53	Wie vor. Kultur II: C. S. COON & K. RALPH (1955).	—8630 ± 720

- W-179 Shanidar-Höhle in den Zagros-Bergen in Kurdistan,
 W-178 Irak: 4 Hauptkulturschichten im ca. 13,50 m mächtigen
 W-180 Profil:
 W-179: frühe Zarzi-Kultur (Gravettien) —10050 ± 400
 W-178: späte Baradost-Kultur (scheint mit dem Auri-
 gnacien von Europa gleichzeitig zu sein) —27550 ± 1500
 W-180: frühe Baradost-Kultur in ca. 4,5 m Tiefe. — >—32050
 Sci. **121** (1955) 488.
- C-818 Hazer Merd: Höhle in Sulimaniyah, Irak: Moustérien. -
 Sci. **119** (1954) 136. >—23050
 Jericho „die älteste Stadt der Welt“: nach den Ausgra-
 bungen von Miss Kathleen KENYON 1953—1955 stam-
 men die ältesten Befestigungsanlagen mit massivem
 Turm sowie soliden Häusern aus dem vorkeramischen
 Neolithikum (8. Jahrtausend v. Chr.); älteste geschlos-
 sene städtische Organisation (von der zweiten Bevölke-
 rungsschicht geschaffen) um —6250
 - Illustr. London News vom 19. 5. und 13. 10. 1956;
 Neue Züricher Zeitg. vom 12. 1. 1957.
- P-19, 19 a u. b, 20, 20 b, 24, 24 a, 26 u. 26 a: Belt-Höhle in Iran:
 P-19, 19 a u. 19 b: Früh-Neolithikum (Software Neolithic) mit indi-
 rekten Beweisen für Ackerbau und Viehzucht —5330 ± 260
- P-26 u. 26a: Beginn des vorkeramischen Neolithikums mit indirek-
 ten Beweisen für Ackerbau und Viehzucht —5840 ± 330
- P-24 u. 24a: Mesolithikum mit *Gazella subgutterosa* —6620 ± 380
- P-20 u. 20b: Mesolithikum mit Seehund und großem Haushund (?)
 E. RALPH (1955). —9530 ± 550
- P-37, 12 u. 39: Hotu-Höhle in Iran an der S-Küste des Kaspischen
 Meeres:
 P-37 Früh-Neolithikum (Sub-Neolithic) —6120 ± 500
 P-12 Herd unter den menschl. Skeletten Nr. 2 und 3
 (Wühlmaus-Esser) —7240 ± 590
- P-39 Mesolithikum (Seehundjäger) E. RALPH (1955). —9910 ± 840
- C-919: Beer-Sheba: Holzkohle von der untersten von 3 Schich-
 ten eines chalkolithischen Wohnplatzes in Khirbet el-
 Bitar, Israel, mit Tonscherben, die an das Ghassulien
 von O-Palästina erinnern. - Sci. **120** (1954) 734. —5470 ± 520
- C-113, 742, 743: Jarmo im Irak zwischen Kirkuk und Sulimaniyah:
 ältestes Ackerbauerdorf des Nahen Ostens. Profil des
 Tells 7,10 m hoch mit ca. 12 „Fußböden“ oder Haus-
 erneuerungen; Tonwaren nur im oberen Drittel des
 Profils.
 C-113: Jarmo I: 7. Fußbodenschicht am Rande des Tells, da-
 tiert mit Gehäusen von Süßwasserschnecken: —4757 ± 320
 C-742: Jarmo II: Holzkohle aus derselben Schicht wie C-113: —4656 ± 330
 C-743: Jarmo III: Holzkohle von der 5. Fußbodenschicht der
 Grabung II (6. Fußboden noch 3,2 m über dem ge-
 wachsenen Boden: —4745 ± 360
 W. F. LIBBY (1952a), J. R. BRAIDWOOD (1952).

- C-817 Tepe Gawra: Asche zwischen den Fußbodenschichten 17 und 18 datiert das erste Aufblühen der Ubaid-Kultur im nördlichen Irak und den Übergang vom Dorf zur Stadt mit Tempelbauten. - *Sci.* **120** (1954) S. 734. —3450 ± 325
- C-819 Byblos, Libanon: erste Stadtperiode dieses Hafens, der mit Syrien und Ägypten Handel trieb; frühe Bronzezeit I in Palästina = Übergang von der vordynastischen Zeit zur frühdynastischen Zeit I in Ägypten. - W. F. LIBBY (1954). —3367 ± 300
- W-245 Beer-Sheba in Palästina: Ackerbauer-Wohnplatz im Negev-Gebiet bei Kirbet el-Bitar; Holzkohle in der untersten Schicht in Silo 50, ungestört und nicht verunreinigt; Wohnplatz mit meist unterirdischen Wohnungen und Silos. Fundmaterial verwandt mit dem Ghassulien = Übergang von der Stein- zur Bronzezeit in Palästina. - *Sci.* **123** (1956) S. 448. —3330 ± 150
- M-240 Kamo-Fundplatz in Toyodamura, Präfektur Chiba, Japan, nach Ansicht der Prähistoriker aus der Zeit zwischen 2000 und 1500 v. Chr. - H. R. CRANE (1956). —3150 ± 400
- C-815 Mundiyak, Afghanistan: spätestens Beginn der Bronzezeit in der Provinz Kandahar. - *Sci.* **119** (1954) S. 136. —2630 ± 200
- L-180 C Mian Ghundai in Pakistan: Wohnplatz der mittleren Quetta-Kultur (Damb Sadaat II) zeitlich entsprechend der Harappa-Kultur im Indus-Gebiet. - *Sci.* **124** (1956) S. 160. —2100 ± 400
- C-752 Nippur: Datierung der Thronbesteigung von Hammurabi; die mesopotamische Königsliste ist eine schwebende Chronologie, die von den verschiedenen Autoren verschieden datiert wird (Spielraum 350 Jahre!). Das mit C¹⁴ datierte Holz stammt aus der Zeit ca. 250 Jahre vor der Thronbesteigung Hammurabis, die also um 1745 v. Chr. erfolgt ist. - *Sci.* **119** (1954) S. 135-136. —1995 ± 106
- L-188 Hoifung, Süd-China: Ende des Neolithikums. - *Sci.* **124** (1956) S. 160. —1000 ± 400
- L-274 Masbate Island, Philippinen: spätes Neolithikum in einer Höhle. - *Sci.* **124** (1956) S. 164. —760 ± 100
- M-241 Holz aus dem Grabe von WANG HSU in Lolang, Korea, aus dem Jahre 69 nach Chr. - H. R. CRANE (1956). +100 ± 250

3. Afrika

- W-85, 86, 89, 97, 98, 104: Haua Fteah -(Bäcker-) Höhle in der Cyrenaica, Nordafrika (vergl. C. B. M. McBURNEY in *Nature* **172**, 1953, S. 889 f.) Die Schichten von 0—10 Fuß zeigen einen allmählichen Übergang zum heutigen Klima an, die Schichten von 10—16 Fuß eine starke Zunahme der Häufigkeit und Schärfe des Winterfrostes, die Schichten von 16-28 Fuß ein feuchtes temperiertes Klima ohne nennenswerte Winterkälte.
- W-98: 6,5—7,3 Fuß Tiefe: Spuren einer frühneolithischen (wahrscheinlich) Erzeugungswirtschaft, —4850 ± 350

- W-89: 7,3—8,0 Fuß: entwickelte Klingenindustrie mit mikrolithischen und anderen für das Gebiet neuen Kulturelementen, ohne Keramik, —5350 ± 300
- W-104: 9,4—10,0 Fuß: entwickelte Klingen- und Stichelindustrie, im wesentlichen von jungpaläolithischem Charakter, —8650 ± 400
- W-97: 11,2—12,0 Fuß: ungefähr wie W-104, —10350 ± 350
- W-86: 15,5—16,0 Fuß: Kulturhinterlassenschaft für eine Einstufung zu gering, liegt unter einer mutmaßlichen Diskordanz; ein Teil der Funde zeigt auffallend starke chemische Verwitterung, —26550 ± 800
- W-85: 19,0—19,7 Fuß: Herd mit echtem Moustérien (Levalloiso-Moustérien), dieses erstmals mit C¹⁴ datiert: möglicherweise
>—32050 ± 2800
- H. E. SUESS (1954).
- W-283 Lake Edwards, Belg. Kongo: Molluskenschalen von der
W-284 Ishango-Terrasse am N-Ufer aus einer Kulturschicht mit einem „einzigartigen Mesolithikum“ mit Resten von Mensch, Säugern und Fischen, Spitzen und Harpunen aus Knochen, Mahl- und Reibsteinen; Hangendes: vulkanischer Tuff, aus klimatologischen Erwägungen in die europäische Schlußvereisung gestellt.
- W-283: Molluskenschalen aus der Kulturschicht —19050 ± 500
- W-284: rezente Molluskenschalen vom heutigen Ufer —1050 ± 200
daher W-283 höchstens —16050
Sci. **123** (1956) S. 448.
- C-924-927 Cave of the Hearths, Potgietersrus, Südafrika, I-IV: —9650 ± 700
„Middle Stone Age“ I-IV bis —14861 ± 960
- Sci. **120** (1955) S. 741.
- L-134 Jüngerer Capsien von El Mekta bei Capsa in Tunesien: Holzkohle aus einem großen Muschelhaufen). Das Capsien ist schätzungsweise nicht älter als 10000 ± 1000 Jahre. - Sci. **116** (1952) S. 409 f. —6450 ± 400
- L-133 B Jüngerer Capsien bei Dra-Mta-el Ma el Abiod in Tunesien (Holzkohle aus dem untersten Teil einer solchen Kulturschicht. - Sci. **116** (1952) S. 409 f. —5050 ± 400
- L-135 Typisches Neolithikum mit Capsien-Tradition im Abri des Jaatcha bei Metlaoui in Süd-Tunesien. - Sci. **116** (1952) S. 409 f. —3050 ± 150
- C-911 Buschmann-Malereien in der Philipp Cave bei Ameib im SO der Erongo-Berge bei Windhoek: Holzkohle aus der Kulturschicht mit Ocker für die Höhlen-Fresken. - Sci. **120** (1954) S. 742. —1418 ± 200
- C-917 Zimbabwe, Südafrika: Holz vom „Tempel“; die Datierungen der Archäologen schwanken zwischen 9. und 15. Jahrhundert. C-613 aus dem Jahre 1952 ergab +589 ± 120, C-917: +456 ± 305 mit einer anderen Holzprobe, das Mittel beider Datierungen ist +574 ± 107
- Sci. **120** (1954) 742.

4a Nordamerika

- Houston
b Lewisville, Denton Co., Texas: erster Fund eines Lagerplatzes der Clovis- oder Llano-Kultur (Elefanten-Jäger) mit etwa 14 Herden (kreisrunde Herdgruben, Tiefe bis 0,46 m, Durchmesser 1,2—3 m, mit Holzkohle) und Resten von Elefant, *Bison taylori*, Wildpferd, Kamel, Riesengürteltier, ausgestorb. Antilope, Bär, ferner Hirschen, Wolf, Coyote, Dachs, Waschbär, Skunks, Kaninchen, Präriehund, Waldratte, Feldmäusen, Vögeln, Eierschalen, Schnecken, Süßwasser-Muscheln, Schildkröten, Graszlange, vielen verkohlten Zürgelbaum- (*Celtis spec.*) Samen, einer steinernen Clovis-Speerspitze (die hier erstmals mit C^{14} datiert wurde). Bisher ist dieses wohl der älteste prähistorische Fundplatz der Neuen Welt, der sicher datiert werden konnte; er wurde bei einem Dammbau in ca. 7,6 m Tiefe entdeckt und planmäßig von Fachleuten ausgegraben. (Dallas Archaeolog. Society). - A. D. KRIEGER (1956), H. GROSS (1956), *Sci.* **124** (1956) S. 396, 397. >—35050
- Michigan-Labor.: Sandía-Kultur in der Sandía-Höhle in Neu-Mexiko: 2 Holzkohleproben 1948 für die C^{14} -Datierung zur Verfügung gestellt, ergaben ein C^{14} -Alter von mehr als 17000 bzw. 20000 Jahren; diese Zahlen wurden nicht in Amerika veröffentlicht, da sie bei dem damaligen Stand der Methodik nicht zuverlässig genug erschienen. F. C. HIBBEN teilte dem Verf. 1951 mündlich als Mittel beider Daten ca. 19000 vor heute mit (H. GROSS 1952). Weil keine weiteren Holzkohleproben vorhanden waren, wurden Elfenbeinstücke (*Elephas* oder *Mastodon*) von der Jagdbeute der Sandía-Jäger datiert: >—33050
F. C. HIBBEN (1955), H. R. CRANE (1955).
Für dieses hohe Alter spricht auch die Stratigraphie (Lage der Sandía-Kulturschicht unter einer bis 60 cm mächtigen Höhlenlehmschicht, von F. C. HIBBEN als Ocker bezeichnet. H. GROSS 1956).
- L- Zwergelafanten-Jägerlager auf der Santa Rosa-Insel vor der kalifornischen Küste S von Santa Barbara: Herd an einer Fundstelle, >—35000
bei Survey Point, —27700 ± 2500
desgl. im Tecolote Canyon —13850 ± 200
- A. D. KRIEGER (1956).
- C-914 Tule Springs in Nevada: Kameljägerlager in der Wüste mit Resten von Mammut, *Camelops*, *Bison sp.*, 1 Hirschart, 2 Wildpferdarten; Kulturschicht bedeckt gewesen von 4—6 m mächtigen Sedimenten eines pluvialen Sees: >—21850
Sci. **119** (1954) nr. 3083; *Amer. Antiquity* **21** (1955) S. 202.
- W-142 La Jolla, Kalifornien: 13 Fuß unter der Oberfläche eines Abfallhaufens mit Holzkohle. - *Sci.* **121** (1955) S. 487. —19550 ± 700

- L-245 Fishbone cave (Fischgrätenhöhle) 250 Fuß über dem Boden des ausgetrockneten Lake Winnemucca, der ein Teil des pluvialen Lake Lahontan war; Kulturschicht mit Holz, Korbwerk, Netzwerk, Holzgeräten und Knochen von Wildpferd, Kamel, und Mensch in den tieferen Höhlenschichten; Wohnplatz vom Menschen angeblich ganz kurz nach dem Sinken des Wassers aus dem Niveau des Höhlenbodens. - Sci. **124** (1956) S. 163. —9250 ± 250
A. D. KRIEGER (1956).
- C-611 Danger Cave III: bei Wendover in Utah, Boden vom Ufersand des ehem. Lake Stansbury gebildet; Holzkohle aus der untersten Schicht des 15 Fuß mächtigen Abfalls: —7839 ± 630
W. F. LIBBY (1952 b).
- M- Danger Cave, Tooele Co., Utah: viele Korbfragmente, mehrere hundert flache Mahlsteine, zahlreiche verschiedenartige Flintgeräte wie im NW der U.S.A., Reibsteine. - H. R. CRANE (1956). —7000
- M-130 Graham-Höhle, Montgomery Co., Missouri: Herdstelle auf dem ursprünglichen Höhlenboden mit verschiedenen geformten steinernen Wurfgeschöß-Spitzen (auch mit Kerben am Grunde bzw. an den Seiten), Schabern, Klinge, Mahl- und Reibsteinen. - H. R. CRANE (1956). —7750 ± 500
- L- Folsom-Jägerlager bei Lubbock in Texas: Süßwasserschnecken-Gehäuse aus der Mitte der Kulturschicht (verkohlte *Bison*-Knochen aus der untersten Schicht lieferten das C¹⁴-Datum —7933 ± 350). - A. D. KRIEGER (1956). —7350 ± 200
- C-827 Wohnplatz von Lind Coulee, Washington. —6750 ± 400
- Sci. **120** (1954).
- M-388 Midland, Texas: Hinterlassenschaften mehrerer Paläoindianer-Kulturen. - F. WENDORF & Mitarb. (1955),
M-411 H. R. CRANE (1956).
- M-388: Knochen aus dem „weißen Sand“ (mit Resten von Wildpferd, Kamel, ausgestorbener Antilopenart, Mammot u. a.) unter der Fundschicht von Paläoindianer-Resten —6720 ± 600
- M-411: konzentrierter Kohlenstoff, im Laboratorium gewonnen aus Tierknochen der „grauen Sandschicht“, mit den Menschenresten dieser Schicht für gleichalterig gehalten. —5150 ± 1000
Beide Daten dürften viel zu jung sein, da der „graue Sand“ diskordant von einer Schicht mit Folsom-Artefakten überlagert wird und durch die C¹⁴-Bestimmung von Süßwasserschnecken aus dem „weißen Sand“ für diesen das C¹⁴-Datum von einem anderen Laboratorium (L) ermittelt worden ist. (A. D. KRIEGER, Austin, Texas, briefl. Mitteil. vom 20. 4. 56); das letztere Datum erscheint auch deswegen zuverlässiger, weil es nicht mit Hilfe von Knochen ermittelt worden ist. —10550 ± 1200
- L- Paläoindianer-Abfallhaufen unter 3,6 m Alluvium auf der Steilküste der Santa Rosa-Insel vor der kalifornischen Küste S von Santa Barbara. - A. D. KRIEGER (1956). —4870 ± 160

C-795	Horner-Wohnplatz im Park Co., Wyoming mit Resten von 180 erbeuteten Bisons und Scottsbluff- sowie Eden-Spitzen. - Sci. 119 (1954) S. 139.	—4970 ± 500
C-794	Paläoindianer-Jägerlager bei Pt. Peninsula am Red Lake im Jefferson C., N.Y. - W. F. LIBBY (1954).	—2450 ± 260
C-792	Denbigh Flint I: Iyatayet-Wohnplatz in Alaska, Kulturschicht in 2—2,13 m Tiefe	—1559 ± 230
C-793	Desgl., Flint II, 15 m von C-792 entfernt in 1,4 m Tiefe. - Sci. 119 (1954).	—2708 ± 220
M-320	Kupfergrube der Paläoindianer im Minong-Erzgebiet, Isle	—1050 ± 350
M-371 e	Royale, Keewenaw Co., Michigan. - H. R. CRANE (1956)	—1850 ± 500
C-942	Toepfer Mound II: Holzkohle 1,37 m über der Basis eines Adena-mounds in Columbus, Ohio. - Sci. 120 (1955) 737.	—830 ± 410
C-759	Kentucky Adena I: Adena mound in Dover,	
C-760	C-759: Mason Co.	—700 ± 170
	C-760: Kentucky Adena II: Fundort von C-759, aber von anderer Stelle. - W. F. LIBBY (1954)	—219 ± 175
M-19	Drake mound (Fa. 11), Fayette Co., Kentucky: kupferne Brustplatte eines Grabes der Adena-Kultur. - H. R. CRANE (1956).	—250 ± 250
L-113	Maya-Datum 9.15.10.00 des Maya-Kalenders (= 30. 6. 741 n. Chr. nach GOODMAN-THOMPSON, = 30. 8. 481 n. Chr. nach SPINDEN) auf einem Türrahmenstück aus ca. 30 Jahre altem Holz vom Bauwerk 10 in Tikal, Guatemala. - Sci. 114 (1951) S. 565 f. Das C ¹⁴ -Datum spricht für die Korrelation von SPINDEN.	+ 480 ± 200
C-948, 949	Wie L-113, aber von einem anderen Türrahmen mit dem gleichen Maya-Datum; 2 Proben wurden je 6 Wochen gemessen, um die Grenze der Empfindlichkeit der C ¹⁴ -Methode zu ermitteln. - Sci. 120 (1955).	
	C-948	+ 469 ± 120
	C-949	+ 433 ± 170
	Mittel	+ 451 ± 110
4 b. Südamerika		
Y-42 bis 44	Saladero-Kultur in Venezuela: Proben aus einem kleinen Abfallhaufen unter einer Kulturschicht der Barrancas-Kultur; unerwartet frühes Datum für die älteste Keramik und den ältesten Pflanzenbau in diesem Gebiet. - Sci. 122 (1955)	—930 ± 130
	bis	—620 ± 130
5. Australien und Ozeanien		
M-341	Kulturschicht in 60 bis 75 cm Tiefe (die unterste in 120 cm Tiefe) an der W-Küste von Neu-Kaledonien. H. R. CRANE (1956).	—850 ± 350
C-721	Blue Site, Tinian-Insel, Marianen: Tridacna- (Riesenschale-)Schale aus 0,5 m Tiefe, in der Kulturschicht ein Menschen-Skelett mit Befund für Frambösie, eine tropische der Syphilis ähnliche auch durch eine Spirochäte erregte Infektionskrankheit. Das C ¹⁴ -Datum ist	

- für die Erforschung des Ursprungs der durch Spirochäten hervorgerufenen Krankheiten wichtig. - W. F. LIBBY (1952 b). + 852 ± 145
- Y-204 Wairau, Neu-Seeland: Holzkohle von einem Herd (earth oven) der vornaorizeitlichen Moa-Jägerkultur; nach R. DUFF erfolgte die Dezimierung der Moas vor der Ankunft der „Großen Flotte“ 1350 n. Chr. Die C¹⁴-Daten vom Pyramid Valley (besonders Y-129 A, 670 Jahre vor heute) zeigen, daß die Moas bis nach der Zeit des Wairau-Wohnplatzes und bis fast 670 Jahre vor heute lebten. - Sci. **122** (1955) S. 960. + 1010 ± 110
- M-374 Vunda auf der Insel Viti Levu, Provinz Lautoka, Fid-schi: nach der Überlieferung Platz der ersten Besiedlung (Holzkohle aus 60—75 cm Tiefe). - H. R. CRANE (1956). + 1280
- + 1250 ± 300

III. Spätquartäre Terrassen und Niveauänderungen

1. Europa

- L-246 Massaciuccoli-See in der Bassa Versilia zwischen Pisa und Viareggio: zusammengepreßtes von *Pholas* durchlöchertes Torfstück aus marinen (Küsten-)Sanden mit *Purpura haemastoma* subsp. *consul* und *Vitis* aus 12 bis 26 m Tiefe in Torre del Lago; der Torf enthält Reste eines Waldes, in dem *Pinus* über *Abies*, *Picea* und *Betula* dominierte, der höchsten Waldformation der heutigen (Süd-)Alpen. Nach A. C. BLANC vermutlich Epi-Würm II oder Epi-Würm III. - Sci. **124** (1956) S. 161. —16400 ± 400
- Y-249 Seltjörn, Island: Gytja vom Boden eines Moorprofils bei Reykjavik im Niveau des Niedrigwassers; datiert das Ende der isostatischen Landhebung. - Sci. **122** (1955) S. 960. —7080 ± 280

HL. DE VRIES & G. W. BARENDSEN (1954) haben ca. 40 Proben (Torf- und Molluskenschalen) mit C¹⁴ datiert und, wo möglich, gleichzeitig pollenanalytisch untersuchen lassen, um die relative Senkung der Küste Nord-Hollands zu untersuchen. Die Kurve, die sie auf Grund der Ergebnisse ihrer Untersuchungen gezeichnet haben, zeigt, daß ca. 7000 Jahre vor heute die Niveauänderung ca. 35 cm im Jahrhundert beträgt, während sie heute nur ca. 10 cm im Jahrhundert erreicht (vergl. L. M. J. U. VAN STRAATEN in Geol. en Mijnbouw, N.S., **16**, 1954, S. 247). 4 Torfproben aus der Zeit zwischen 7000 und 8000 vor heute stammen aus 16—17 m Tiefe, die jüngste (ca. 500 Jahre alte) Torfprobe aus 1,5 m Tiefe. Bisher ergaben die C¹⁴-Messungen keine Beweise für einen höheren Stand des Meeresspiegels zur Zeit des postglazialen Klimaoptimums. Vergl. auch H. E. SUESS (1956 b S. 546).

2. Amerika

a. Grönland:

- W-72, 74, 75: Schalen von *Mya arctica* aus gehobenen marinen Ablagerungen an der N-Küste von Saunders Island vor NW-Grönland:
- W-75: 4,6 m über der heutigen Küstenlinie >—30050
- W-74: 15,25 m über der heutigen Küstenlinie >—30050
- W-72: 24,4 m über der heutigen Küstenlinie — 6620 ± 200
- H. E. SUESS (1954).

W-48 Wal unter 2,6 m mächtigem Dauerfrostboden begraben, 13,3 m über der heutigen und 21,2 m unter der höchsten Küstenlinie im Thule-Gebiet in NW-Grönland. - H. E. SUESS (1954). —6550 ± 200

b. Kalifornien:

L-114 A: Unterste Terrasse (75 Fuß = 22,9 m über der heutigen Küstenlinie) in S-Kalifornien. - J. L. KULP (1952). >—28050

c. Mississippi-Delta:

L-125 J: Vermutlich tiefster Meeresspiegelstand in der Wisconsin-Eiszeit mindestens 273 Fuß (=83,21 m) unter dem heutigen Meeresspiegel; Bohrprobe aus dieser Tiefe mit Holz eines Baumstumpfes, der offenbar auf einer verwitterten Oberfläche in der Zeit vor Haupt-Wisconsin wuchs. - Sci. **124** (1956) S. 161. >—37050

L-125 G: Molluskenschalen aus 73 Fuß (=22,25 m) Tiefe. - J. L. KULP (1952). —7050 ± 200

L-125 A: Holz aus 25 Fuß (=7,62 m) Tiefe. - J. L. KULP (1952). —950 ± 300

L-175 A-G: Nach den C¹⁴-Daten lag der Meeresspiegel beim Mississippi-Delta vor ca. 10000 Jahren ca. 100 Fuß (=30,48 m) tiefer als heute; das heutige Meeresniveau wurde vor ca. 5300 Jahren erreicht; auch andere geologische Befunde sprechen dafür, daß der Meeresspiegel in den letzten 5000 Jahren konstant geblieben ist. - Sci. **124** (1956) S. 158.

d. Florida

L-141 A: Unterste Schicht von Everglades-Torf (mit einer Süßwasser-Schneckenart) auf Felsboden in 1,68 — 1,83 m Tiefe. (Vorher lag dieses Gebiet unter Wasser). - J. L. KULP (1952), J. L. KULP & Mitarb. (1952). —2950 ± 200

L-162 C Mangrove-Torfproben aus S-Florida von der Mündung des Shark River (SW-Küste) aus 15 Fuß (4,6 m) mächtigem autochthonem Torf, der bei Hochflut wasserbedeckt ist; er liegt auf ertrunkenem Felsboden. Mangroven wachsen nur in wenigen Fuß Wassertiefe, daher beweist dieser Torf eine schnelle Senkung des Landes und zusammen mit dem Stillstand oder der Hebung an der SO-Küste eine Kippung der Florida-Halbinsel und der submarinen Plateaus. Tropische Torfe können in einer Periode relativer Senkung sehr rasch wachsen (2,54 cm in 20 Jahren!)

Torf in 89—127 cm Tiefe +450 ± 350
Torf in 213—239 cm Tiefe +250 ± 400

- Sci. **124** (1956) S. 159.

e. Bermuda

L-111 A Ausgebaggerter subfossiler Zedernstamm aus dem weit verbreiteten untermeerischen Zedernwald von Greater Bermuda, jetzt unter 3—9 m Wasser und 3—6 m Schlamm (Sci. **114**, 1951, S. 567; J. L. KULP 1952 gibt aber an: in 70—90 Fuß Tiefe=21,34—27,43 m); wahr-

- scheinlich ertrank dieser Wald, als der Ozeanspiegel gegen Ende der Wisconsin-Eiszeit anstieg. Synchron mit dem Two-Creeks-Interstadial. —9550 ± 700
- L-111 B Wie L-111 A aus dem Hafeneingang von St. George's Harbor ausgebagelter Torf, aber aus einem Niveau über dem Zedernwald von L-111 A. Langsamer Anstieg des Meeresspiegels. - Sci. **114** (1951) S. 565 f. —4950 ± 150

f. Labrador

- Terrassen im Melville-Seegebiet: Baumstämme aus 25 bis 30 Fuß (=7,62—9,14 m) über dem Meere im Steilufer beim Crooked River auf und in Ton bzw. Sand ohne marine Mollusken, im Mittel 1914 ± 127 Jahre alt; also in 100 Jahren ca. 1,25 Fuß (=38 cm) Landhebung (im Gebiet der Hudson-Bai aber 3 Fuß = 91 cm). - W. BLAKE (1955). +36 ± 127

g. Ablauf des Meeresspiegelanstiegs im Postglazial:

Um ihn zu ermitteln, haben F. P. SHEPARD & H. E. SUESS (1956) die auf das heutige Meeresniveau bezogenen C¹⁴-Daten von Holz und Molluskenschalen benutzt, die mutmaßlich im wesentlichen im gleichzeitigen Niveau des Meeresspiegels abgelagert worden sind; Sedimentsackung und Senkung aus anderen Gründen wurden nicht berücksichtigt. Außer in Holland (s. III 1) sind solche Untersuchungen am Golf von Mexiko ausgeführt worden. Mit Ausnahme mehrerer L-Daten ergaben sich annähernd gleiche Beträge für den Anstieg des Meeresspiegels im Jahrhundert an den verschiedenen Orten. Daraus folgern die Autoren, daß eher ein eustatisches Steigen des Meeresspiegels infolge des Schmelzens der letzten Inlandeisreste anzunehmen ist als Sackung oder tektonische Bewegungen; es sind aber noch viel mehr Messungen an viel mehr Orten notwendig, um festzustellen, ob und wo die Eustasie durch Tektonik oder Sackung modifiziert ist. Möglicherweise ist vor 7000 oder 8000 Jahren (vielleicht infolge des Cochran-Halts) das Niveau des Meeresspiegels zeitweilig unverändert geblieben; für die Zeiten vor 10000 Jahren ist das Bild recht unklar. Auch die Proben von der Küste des Golfs von Mexiko gaben für das Klimaoptimum keine Andeutung eines höheren Standes des Meeresspiegels als heute; von 10000 v. Chr. an stieg er ziemlich gleichmäßig aus ca. 35 m Tiefe an. Vergl. auch H. E. SUESS (1956 b S. 546).

3. Australien und Ozeanien

- W-95 Baumstumpf vom Yarra River (*Eucalyptus rostrata*) ausgegraben 63 Fuß (=19,20 m) unter der heutigen Niedrigwasser-Marke; der Meeresspiegel muß mindestens 3 m unter diesem Niveau gelegen haben, als der Baum wuchs. - Sci. **120** (1954) S. 468. —6830 ± 200
- W-169 Keilor-Terrasse, Victoria: Holzkohle zur Datierung des Keilor-Schädels (der für den ältesten *Homo sapiens* gehalten worden ist). An der Fundstelle dieses Schädels ist keine Holzkohle angetroffen worden, es ist aber kein Grund für die Annahme vorhanden, daß der Schädel wesentlich älter als die datierten Herde ist. - Sci. **121** (1955) S. 488. —6550 ± 250
- C-669 Chalan Piao-Wohnplatz, Saipan-Insel: Austerschale aus 46 cm Tiefe ca. 1/2 Meile landeinwärts, mit Tonscherben (!); nach ihrer Ablagerung ca. 183 cm eustatische Senkung des Meeresspiegels. - W. F. LIBBY (1952 b). —1529 ± 200

- L-258 A: Das Raroia-Atoll im S-Pazifik erreichte ungefähr die heutige Form und Ausdehnung vor 2680 ± 90 Jahren; danach 15—20 cm Hebung oder eustatische Senkung des Meeresspiegels (Beginn beträchtlicher Erosion des Riffrandes und Entstehung von Inseln durch Ablagerung des groben Korallensandes vor ca. 2000 Jahren). Maximalalter der Hauptinsel 900 ± 130 Jahre. -
- L-258 B: Sci. **124** (1956) S. 162. +1050 \pm 130

4. Tiefsee-Zirkulation

Die Messung ihrer Geschwindigkeit ist nur mit Hilfe der C^{14} -Bestimmung möglich; für jede Messung sind 200 Gallonen (=ca. 760 l) Meerwasser notwendig. Die Untersuchungen haben ergeben, daß das Meerwasser, das im Polargebiet auf den Meeresboden sinkt und am Boden zum Äquator fließt, in ca. 1500 Jahren die Breite von Neufundland erreicht. Diese Langsamkeit der Zirkulation spricht gegen eine Wärmezufuhr von der Felsmasse unter dem Ozean und damit für das Fehlen von Granit am Meeresboden (J. L. KULP 1952). Das Ozean-Tiefenwasser ist merklich ärmer an C^{14} als das Oberflächenwasser (J. L. KULP & Mitarb. 1952 S. 413).

Es scheint, daß längs den Küsten mit nahen tiefen Trögen (z. B. Japan, Aleuten, Kalifornien, Peru) das Aufsteigen „alten“ Wassers aus der Tiefsee den C^{14} -Gehalt des Karbonats erheblich herunterdrückt, so daß Schalen von lebenden Konchylien ein scheinbares Alter von 1000—3000 Jahren haben. An einer mitten im Ozean liegenden Insel oder an einer Küste mit breitem Festlandschelf wie an der atlantischen ist diese Erscheinung nicht beobachtet worden. (J. L. KULP 1952, J. L. KULP & Mitarb. 1952 S. 413).

IV. C- UND O-ISOTOPEN-CHRONOLOGIEN DER LETZTEN EISZEIT

1. C^{14} -Chronologie der Wisconsin-Eiszeit

Charles B. HUNT (1955) hat bemängelt, daß die bisher veröffentlichten C^{14} -Daten planlos gesammelt worden sind (was bei der Einführung dieser großartigen Methode nur zu natürlich war) und mit der spätquartären Stratigraphie öfters in Widerspruch stehen, so daß nicht weniger als 4 C^{14} -Chronologien für die Wisconsin-Eiszeit zur Auswahl zur Verfügung stehen. Ein halbes Jahr vorher hatten aber R. F. FLINT & M. RUBIN (1955) über ihre Auswertung von fast 50 C^{14} -Daten planmäßig für eine solche Chronologie gesammelter Proben (zum großen Teil Holzproben, die im Gegensatz zu Europa in den vereist gewesenen Gebieten Nordamerikas so häufig zu finden sind) ausführlich berichtet; diese C^{14} -Daten sind in Washington mit Verwendung von Azetylen nach dem Verfahren von H. E. SUESS (1954a) ermittelt, das die Reichweite der C^{14} -Methode von 3 Halbwertszeiten (bei Verwendung von festem Kohlenstoff nach W. F. LIBBY) auf mehr als 6 (d. h. auf mehr als 33000 Jahre) erhöht hat.

Der wichtigste Leithorizont für die C^{14} -Chronologie der Wisconsin-Eiszeit ist das Two Creeks-Interstadial, für das 5 mit festem C ermittelte C^{14} -Daten aus Chicago von 1951 (Mittel: 11404 ± 350), 2 mit C_2H_2 gemessene Daten aus Washington von 1955 (Mittel: 11370 ± 100) und das C^{14} -Datum Y-227 von 1955 (11130 ± 350) vorliegen (Jahre vor heute). Diese mit mehreren Proben von Holz und Torf aus einer geringmächtigen Waldtorfschicht zwischen 2 minerogenen Ablagerungen ermittelten so gut übereinstimmenden C^{14} -Daten müssen im Gegensatz zu den Skeptikern, die sie wie Ch. B. HUNT (1955) für zu jung halten, als unbedingt zuverlässig betrachtet werden.

R. F. FLINT & M. RUBIN (1955) werteten 16 Daten einer jungen Gruppe von 11952 bis 16720 Jahren vor heute, 17 Daten einer mittleren Gruppe von 18050 bis 27500 vor heute und 16 Daten einer alten Gruppe >31000 bis >40000 Jahre vor heute aus. Sie gelangten zu folgenden Ergebnissen: eine größere Wisconsin-Vereisung des östlichen

und mittleren Nordamerika begann vor mindestens 25000 Jahren, erreichte ihr Maximum ca. 20000 bis 18000 Jahre vor heute und zog sich mit Oszillationen zwischen 13000 und 12000 vor heute endgültig zurück.

Die meisten C^{14} -Daten der alten Gruppe gelten vermutlich für eine frühe Wisconsin-Vereisung (Altwisconsin), die älter ist, als von der Wisconsin-Eiszeit in Illinois bisher bekannt war, und die von der jüngeren Wisconsin-Eiszeit (Haupt-Wisconsin) durch einen längeren Zeitraum mit milderem Klima getrennt war. Denn das C^{14} -Datum W-188 (23000 ± 800 Jahre vor heute) ist für einen Inlandeis-Vorstoß ermittelt worden, der bei Sidney, Shelby Co. in Ohio, einen Fichtenwald auf einem Boden überfuhr, der nach seinem Verwitterungsgrad nicht mit dem im Sangamon-Interglazial entstandenen Gumbotil auf Illinoian-Grundmoräne vergleichbar ist, also als interstadial aufgefaßt werden muß; die mindestens 9 m mächtige ältere Wisconsin-Moräne ist 122 cm tief ganz und 183 cm tief teilweise entkalkt. Dieser begrabene fossile interstadiale Waldboden ist wahrscheinlich gleichalterig mit dem begrabenen fossilen Boden der Fox-Serie auf Kieslagern im ganzen südlichen und mittleren Ohio; diese Kieslager dürften von der älteren Wisconsin-Vereisung abgelagert worden sein. Die bei Sidney vorherrschende zu Tage liegende Grundmoräne ist vermutlich kurz vor der Bildung der Wabash-Moräne (C^{14} -Datum: 14300 ± 450 vor heute) abgelagert, also ca. 14000 Jahre alt, und hat eine Verwitterungsrinde von ca. 109 cm; auf der 10000 Jahre alten Mankato- (richtiger: Valders-) Grundmoräne ist die Verwitterungsrinde 76 cm mächtig. Aus den genannten Zahlen läßt sich für den begrabenen fossilen Boden von Sidney, also für das Interstadial zwischen Alt- und Haupt-Wisconsin ein Alter von ca. 16000 Jahren roh berechnen (R. F. FLINT & M. RUBIN 1955). Nach der Dauer und Zeitstellung entspricht dieses Sidney-Interstadial von Nordamerika dem Göttweiger Interstadial in Europa (H. GROSS 1956); die Haupt-Wisconsin-Eiszeit begann vor mindestens 25000 Jahren mit der Ablagerung des Farmdale-Löß.

Die folgende Liste ist nur eine kleine Auswahl von C^{14} -Daten aus der Wisconsin-Eiszeit.

- | | | |
|-------|---|---------|
| W-139 | Independence, Iowa: Torf und Schluff unter Iowan-Grundmoräne und Ton, jünger als Illinoian. - R. F. FLINT & M. RUBIN (1955). | >—36050 |
| W-100 | Port Talbot, Ontario: in der Steilküste des Erie-Sees, von 30,5 m Grundmoräne (zweischichtig) bedeckt, Gytta nahe der Basis der unteren Grundmoräne von Plum Point (W-177), stammt aus einer Waldzeit mit vorherrschender Bankskiefer und Fichte (wohl Sidney-Interstadial). - Sci. 120 (1954) S. 471. | >—30050 |
| W-121 | Toronto Subway, Ontario: zwischen 2 Grundmoränen Torf mit viel Pollen von <i>Pinus</i> und <i>Betula</i> , dazu reichlich <i>Picea</i> und <i>Abies</i> (Klima wie das heutige in Toronto), also wohl Sidney-Interstadial. - R. F. FLINT & M. RUBIN (1955). | >—28050 |

Weitere C^{14} -Daten der gleichen interstadialen Waldzeit in Alaska, Canada und U.S.A. sind nach H. E. SUESS (1956a S. 355) z. B. W-157, 189, 76, 77, 174 u. a.

- | | | |
|-------|--|-------------------|
| W-177 | Plum Point, Ontario: am N-Ufer des Erie-Sees Aufschluß mit 2 Grundmoränen (obere: Cary), getrennt durch ein paar Fuß Seeton; 3,66 m unter der Oberkante der unteren Grundmoräne Lärchen-Holzstücke. - R. F. FLINT & M. RUBIN (1955). | —25550 \pm 1200 |
|-------|--|-------------------|

Mit der Ablagerung des Farmdale-Löß vor mindestens 25000 Jahren begann in den U.S.A. die Haupt-Wisconsin-Vereisung.

- W-69 Farmdale-Löß bei Farm Creek, Illinois: Holz in 0,90 bis 1,22 m Tiefe. - Sci. **120** (1954) S. 470. —23150 ± 800
- W-68 Farmdale-Löß wie W-69, obere Schicht. - Ibidem. —20950 ± 900
- W-71 Cleveland, Ohio: am S-Ufer des Erie-Sees Bänderton unter 2 m Grundmoräne auf Farmdale-Löß. - Sci. **120** (1954) S. 469. —22650 ± 800
- W-141 Hancock, Iowa: oberste Schicht von 8,5 m Löß mit schwacher Bodenbildung auf Loveland-Löß (ebenso alt wie der Farmdale-Löß in Illinois). - R. F. FLINT & M. RUBIN (1955). —22550 ± 800

Zwischen der Ablagerung des Farmdale- und des Iowa-Löß ist kein langer Zeitraum nachweisbar (R. F. FLINT & M. RUBIN 1955).

- W-37 Camden-Moräne 6 Meilen S von Dayton, Ohio: Holz unter fast 5 m Cary-Moräne. - Sci. **120** (1954) S. 469. —18750 ± 600
- W-187 Farmdale Dam, Illinois: unterste Schicht der Tazewell-Grundmoräne. - R. F. FLINT & M. RUBIN (1955). —17250 ± 700

Iowan und Tazewell sind nahezu synchron, zwischen Tazewell und Cary in Illinois nur ein kurzes Intervall. Letzter Cary-Vorstoß in der Zeit zwischen 12000 und 10000 v. Chr. (R. F. FLINT & M. RUBIN 1955).

Eine Reihe von C^{14} -Daten zur Ermittlung der Zeitstellung der Mankato-Grundmoräne in Minnesota haben H. E. WRIGHT, Jr., & M. RUBIN (1956) veröffentlicht. Aus ihnen geht folgendes hervor: das Gebiet von Chicago Co., Isanti Co. und Minneapolis ist im Two Creeks-Interstadial bereits eisfrei gewesen (C^{14} -Daten: W-454: —9840 ± 200, W-466: —9880 ± 200, W-354: —10080 ± 200, W-389: 10750 ± 250). Der Eisstausee Lake Agassiz begann sich noch etwas früher zu bilden (C^{14} -Daten: Y-165: —11280 ± 600, C-497: —9333 ± 700); nach bisheriger Annahme sollte dieser Eisstausee erst beim Rückzug des Mankato-Eises entstanden sein, aber nach allen oben genannten C^{14} -Daten handelt es sich um das Inlandeis der Cary-Phase; auch die Grundmoräne, auf der die Stadt Mankato steht, ist vom Cary-Eis abgelagert. Daher empfehlen H. E. WRIGHT, Jr. (1955) und H. E. WRIGHT & M. RUBIN (1956) die Schlußphase der Wisconsin-Vereisung Valders-Phase zu nennen.

- C-596 Skunk River, Iowa: Holz aus dem untersten Teil der bis 9 m mächtigen Valders-Grundmoräne. - W. F. LIBBY (1952a). —10002 ± 500
- L-221 D: Fraser Valley, British Columbia: Eisvorstoß im unteren Fraser-Tal: Schlußvereisung (Valders-Phase). - Sci. **124** (1956) S. 157. —9550 ± 1100
- L-221 E: —9050 ± 900
- M-287: Bowmanville: Niedrigwasser-Phase des Michigan-Sees. - J. H. ZUMBERGE & J. E. POTZGER (1955). —9250 ± 600
- C-800 Valders-Grundmoräne bei Appleton, Wisconsin: Picea-Holz 4,3 m unter der Ebene des Eisstausees Lake Oshkosh, der vor der Front des weichenden Valders-Eises entstanden ist. - Sci. **119** (1954) S. 139. —8906 ± 410
- C-630 Treibholz des Eisstausees Lake Oshkosh aus 3 m Tiefe einer 7,6 m mächtigen Bändertonschicht bei Kimberley, Wisconsin. - W. F. LIBBY (1952 b). —8726 ± 750
- Y-222 Cochrane-Phase: Torf aus 3,3 m Tiefe eines Moors auf Grundmoräne der letzten Vereisung im Cochrane-Gebiet bei Dugwal, Ontario. - Sci. **122** (1955) S. 957. —4780 ± 350

W-136	Cochrane II: Waldtorf auf Bänderton in Ontario	
W-176	Probe aus ca. 1,00 m Tiefe	—4430 ± 350
	Probe aus ca. 0,60 m Tiefe	—3350 ± 300
	- Sci. 121 (1955) S. 485.	

Die Cochrane-Phase wurde früher allgemein mit dem viel älteren Salpausselkä-Stadium parallelisiert.

H. E. SUESS (1956) gibt für die Maxima der Haupt-Wisconsin-Stadien auf Grund seiner C¹⁴-Daten folgende Zeitstellungen (Jahre vor heute) an:

Cochrane	6500—7500	(W-136, W-145)
Mankato (Valders)	10000—11000	(W 42, W-83 W-49)
Cary	13500—14500	(W-198, W-33)
Tazewell	17000—18000	(W-187, W-165, W-91).

Bekanntlich gibt es sehr tiefe Seen, in deren Sedimenten der Klimawandel des letzten Teils (oder gar des ganzen) Pleistozäns registriert sein muß; mit Pollenanalyse und C¹⁴-Bestimmung muß es hier möglich sein, wenigstens für die letzte Eiszeit eine C¹⁴-Chronologie aufzustellen. Das haben K. H. CLISBY & P. B. SEARS (1956) im westlichen Teil des Staates Neu-Mexiko in dem ehemaligen San Augustin-See versucht, der im späten Pleistozän eine Wasserfläche von 255 engl. Quadratmeilen hatte und jetzt durch kalkhaltige Sande und schluffige Tone völlig ausgefüllt ist; diese Sedimente sind über 365 m mächtig. Von einem 196,6 m langen Bohrprofil wurden bisher 137 m pollenanalytisch untersucht und leider nur 2Horizonte (weil dazu geeignete Schichten in derartigen Sedimenten nur sehr selten zu finden sind) mit C¹⁴ in Houston (a) datiert: 5,8 m: —17750 ± 1600 und (weniger zuverlässig) 8,5 m: —25050 ± $\frac{5000}{3200}$. Im Flächendiagramm der obersten 91 m sind in genügend dichtem Probenabstand in Prozenten der gesamten Pollensumme der *Picea*-Anteil (hier als Kälte-Indikator, weil dort *Picea* nur in der subalpinen Region vorkommt) und der Nichtbaum-Pollenanteil einer halbwüstenartigen Pflanzendecke, wie sie heute den alten Seeboden bedeckt, (als Ariditäts-Indikator) graphisch dargestellt. Die *Picea*-Pollenkurve ist mehrfach unterbrochen, ihre Ausschläge nehmen auffälligerweise von oben nach unten stark ab; sie zeigt von 1,5 bis 21,3 m eine letzte glaziale Kaltzeit, von 38—47 m eine zweite, aber von 47 m bis mindestens 137 m keine glaziale Kaltzeit an. Unter der (sicher nicht völlig korrekten) Annahme konstanter Sedimentationsgeschwindigkeit ergeben sich (was die beiden Autoren aber nicht berechnet haben) mit Hilfe des C¹⁴-Datums vom Horizont 5,8 m für die durch die *Picea*-Pollenkurve angezeigte letzte Kaltzeit (Wisconsin) folgende Daten: Ende: —3250, letztes Interstadial (Horizont 3,66 m): —10492, vorletztes (durch 2 kurze Kälteperioden unterbrochenes) Interstadial (Horizont 12,8—15,85 m): ca. —52000 bis —41600, Beginn der letzten glazialen Kaltzeit (Horizont 21,44 m): —72000. Man vergleiche diese Zahlen mit den in den folgenden Abschnitten auf Grund von Tiefsee-Bohrkernen angegebenen; wie diese können sie natürlich keinen Anspruch auf Genauigkeit erheben, vor allem nicht die erstgenannte, aber sie regen doch an, diese Untersuchungen in lakustrischen Sedimenten fortzusetzen, in denen mehr für die C¹⁴-Datierung geeignete Schichten vorkommen.

2. C¹⁴-Chronologie der Würm- (Weichsel-) Eiszeit

Hiermit befassen sich die C¹⁴-Laboratorien von Groningen und Kopenhagen planmäßig.

Gro-	Ende des Eem-Interglazials: Torfschicht mehrere Meter über den marinen Eem-Ablagerungen bei Amersfoort (Niederlande).)—50050
------	---	---------

- Früher wurde in einem Eem-Profil aus dem Nordost-Polder für das Klimaoptimum des Eem-Interglazials das C^{14} -Datum 43000 Jahre vor heute und für die Kaltzeit davor die Zeitstellung um 50000 vor heute ermittelt. Nach dem C^{14} -Datum für den Moustérien-Fundplatz aus dem Altwürm-Stadial bei Godarville in Belgien (siehe B II, 1) W-173 älter als 36000 Jahre vor heute ist das Amersfoorter C^{14} -Datum zuverlässiger; die abweichenden C^{14} -Daten vom Nordost-Polder sind noch unerklärlich, eine einfache Verunreinigung mit jüngerem Material liegt nicht vor. Jedenfalls kann das Eem-Interglazial noch nicht mit C^{14} datiert werden. - Prof. Dr. Hl. DE VRIES, Groningen (briefl. Mitteil. vom 12. 11. 56).
- Gro-1222 Holzkohle aus dem Jüngeren Löß I unmittelbar unter der Göttweiger Verlehmungszone eines Löß-Profils bei Senftenberg (Nieder-Österreich), von Dr. F. BRANDTNER-Wien beschafft
- Prof. Dr. Hl. DE VRIES-Groningen (briefl. Mitteil. vom 19. 2. 57).
—46350 ± 2000
- Nach der vorläufigen Datierung des Göttweiger Interstadials in Groningen (ungefähr —40000 bis —26000) ist die Göttweiger Verlehmungszone entgegen der in den letzten Jahren erneut verfochtenen Auffassung jünger als das letzte Interglazial (Riß/Würm), also in einem Interstadial in der Vorrückungsphase der Würm-Eiszeit entstanden.
- W-173 Godarville in Belgien (siehe B II, 1): Jüngerer Löß II jünger als —34050
und das Altwürm-Stadial (Jüngerer Löß I fehlt hier) >—34050
- K- Das Herning-Profil in Jütland (K. JESSEN & V. MILTHERS 1928; P. WOLDSTEDT „Das Eiszeitalter“ 1929 S. 183) mit 2 warmzeitlichen Schichten, die durch eine kaltzeitliche getrennt sind, wurde von den genannten Autoren und von fast allen Quartärforschern außer H. GAMS in das letzte Interglazial (Eem) gestellt. Pollenanalyse und C^{14} -Bestimmung haben aber ergeben, daß die jüngere Warmzeit (Pollenzonen 1, m und n von K. JESSEN) das große Würminterstadial mit temperiertem Waldsteppenklima ist (also das Göttweiger Interstadial). C^{14} -Datierung noch nicht abgeschlossen. Die Veröffentlichung der endgültigen C^{14} -Daten wird in Science und in Danmarks Geologiske Undersøgelse erfolgen. - Sv. Th. ANDERSEN, Charlottenlund (briefl. Mitt. vom 28. 9. 56).
- Gro-1260 Intramoränale Torfschicht in der Würm-Moräne im Karrestobel bei Baidnt in Württemberg (H. GROSS 1956a S. 92), von A. PENCK (in PENCK & BRÜCKNER 1909 S. 422) in seine würmeiszeitliche Laufen-Schwankung gestellt, die er 1922 dem Riß/Würm-Interglazial zugewiesen hat
- Prof. Dr. Hl. DE VRIES (briefl. Mitteil. 12. 2. 57).
—27950 ± 500

W-151	Erste Hälfte des Hauptwürm-Stadials: Périgordien	—22050 ± 1000
W-191	IV im Abri Pataud in Les Eyzies (siehe B II, 1)	—21650 ± 800
W-172	Älteste Dryaszeit (Pollenzone Ia FIRBAS) in Meiendorf (Holstein) mit Hamburger Stufe I aus der baumlosen Tundrenzeit. - Sci. 121 (1955) S. 487.	—13800 ± 800
W-93	Älteste Dryaszeit (Pollenzone Ia FIRBAS Endabschnitt) in Poggenwisch bei Ahrensburg (Holstein) mit Hamburger Stufe II aus baumloser Tundrenzeit. - H. E. SUESS (1954).	—13200 ± 350
Gro-468	Älteste Dryaszeit (Pollenzone Ia FIRBAS): Magdalénien Station an der Schussenquelle aus baumloser Tundrenzeit. - Prof. Dr. Hl. DE VRIES (briefl. Mitteil. 1955).	—12520 ± 385
H-106/89	Beginn des Bölling-Interstadials (zwischen Ältester und Älterer Dryaszeit) mit dem ersten Baumbirken-Vorstoß im ehemaligen Gaterslebener See, Kreis Aschersleben, Mitteldeutschland. - F. FIRBAS & Mitarb. (1955)	—10750 ± 320
H-77/54	Ende des Bölling-Interstadials von H-106/89. - F. FIRBAS & Mitarb. (1955).	—10350 ± 260
K-106	Alleröd-Interstadial von Ruds-Vedby auf Seeland: Pollendiagramm-Horizont IIa/IIb unmittelbar vor dem Optimum. - Johs. IVERSEN (1953).	—9930 ± 340
K-101 A, B, C:	Ende des Alleröd-Interstadials von K-106 und Beginn der jüngeren Dryaszeit (Pollenzongrenze II/III). - Johs. IVERSEN (1953). Durchschnitt	—8880 ± 200
	Dieses C ¹⁴ -Datum stimmt mit der warwengeochronologischen Datierung von DE GEER überein.	
W-81	=K-102 (—8550 ± 400): torfige Gytjtja.	—9220 ± 180
W-82	=K-101 (—8940 ± 200): Holz.	—8310 ± 200
W-84	=W-82	—8560 ± 180
	Durchschnitt W-82—84 (etwas zu niedrig!). - Sci. 120 (1954) S. 472.	—8450 ± 160
K-111	Ende der jüngeren Dryaszeit d. h. Ende der Letzten Eiszeit = Grenze Spätglazial/Postglazial (Pollenzongrenze III/IV FIRBAS) im ehemaligen Böllingsee in Jütland. - Johs. IVERSEN (1953).	—8350 ± 350
	Die Warwengeochronologie gibt dafür jetzt das abgerundete Datum —8000 an (E. H. DE GEER 1954).	

3. Kombinierte Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotopen-Chronologie des Pleistozäns

Die C¹⁴-Chronologie der Würm- (Weichsel-) Eiszeit steht im Widerspruch zur Sonnenstrahlungskurve von M. MILANKOVITCH, deren Brauchbarkeit für die Gliederung und Chronologie (im absoluten Zeitmaß) von sehr vielen namhaften Quartärgeologen seit ihrer ersten Anwendung in der Quartärgeologie 1924 angezweifelt bzw. bestritten worden ist (M. SCHWARZBACH 1950, P. WOLDSTEDT 1929 u. 1954). Das ist natürlich für die Quartärgeologie sehr bedauerlich, da sie noch keinen anderen „Kalender“ besitzt, der als zuverlässig angesehen werden kann. Man hat nun seit 1941 versucht, einen Radioaktivitäts-Kalender für das Pleistozän mit Hilfe von Tiefsee-Sedimenten auszuarbeiten, nachdem es schwedischen und amerikanischen Expeditionen gelungen ist, über 1000 Tiefsee-Bohrkerne, darunter mit Hilfe des Kolbenlots von KULLENBERG bis

20 m (!) lange Bohrkerne, aus dem Tiefseeboden auszustanzten; in ihnen muß je nach der Länge ein Teil oder die gesamte Länge des Pleistozäns mit seinem Klimawandel registriert sein, wofür schon der Wechsel „warmer“ und „kalter“ Foraminiferen-Gesellschaften in den Bohrkernen spricht. Die Untersuchungsmethoden sind von F. E. ZEUNER (1952 S. 336—341) kurz beschrieben worden.

Für die Datierungen (bis ca. 38000 Jahre vor heute) des obersten Teils möglichst homogener Bohrkerne, die keine Störung in der Sedimentation erkennen lassen, wird die C^{14} -Methode verwendet, wobei man den abgeseibten groben Anteil (mit mehr als 74 Mikron großen Foraminiferen-Gehäusen) verwendet und für das noch nicht genau bekannte Mengenverhältnis $C^{14} : C^{12}$ für in der Gegenwart aus dem Meere abgeschiedenen Karbonats den gleichen Wert nimmt wie für rezentes Holz (H. E. SUESS 1955, Sci. 122 S. 415, W. S. BROECKER & Mitarb. 1956) oder rezenter Molluskenschalen; der feinkörnige Anteil des Sediments enthält eine Beimischung von altem C und hat daher ein um fast 2000 Jahre höheres scheinbares Alter. Zur Datierung der älteren Teile der Bohrkerne benutzt man die mit C^{14} festgestellte Sedimentations-Geschwindigkeit des oberen Teils unter der (unbewiesenen) Annahme, daß sie wenigstens annähernd konstant gewesen ist (H. E. SUESS 1956). Die Datierung kann auch nach der Methode von W. D. URRY durch die Messung ihres Jonium-Gehalts vorgenommen werden, dessen Indikator (wie für den Radium-Gehalt) die Radium-Emanation (Radon) ist. Diese „Percent of Equilibrium Method“ geht aber von 3 Annahmen aus, von denen man noch nicht weiß, ob oder wie weit sie zutreffend sind (1. Konstanz der jährlich von den Tiefsee-Sedimenten aus dem Meerwasser aufgenommenen Mengen Uran, Jonium und Radium, 2. konstante Sedimentationsgeschwindigkeit während der ganzen zu messenden Zeit und 3. keine Diffusion von Radium und Ionium). Wie weit diese Datierungen von Sedimenttiefen in Bohrkernen zuverlässig sind, kann man nur an einer Anzahl von durchdatierten Bohrkernen des gleichen Gebiets feststellen.

Es ist bereits eine große Anzahl von C^{14} -Daten für bestimmte Sedimenttiefen zahlreicher Tiefsee-Bohrkerne ermittelt worden (z. B. J. L. KULP & Mitarb. 1951, 1952, M. RUBIN & H. E. SUESS 1955 u. 1956, W. S. BROECKER & Mitarb. 1956). Als Beispiele seien zwei C^{14} -Datenreihen von zwei Tiefsee-Bohrkernen aus dem Atlantischen Ozean von W. S. BROECKER & Mitarb. (1956) mitgeteilt:

Bohrkern A-180-74 aus 3330 m Tiefe, 0° 03' S, 24° 10' W, Mittelatlant. submariner Höhenzug		Bohrkern R-10-10 aus 4755 m Tiefe 41° 24' N, 40° 06' W, submariner Cañon	
0— 5 cm	L-295 A : 3630 ± 170	0— 7 cm	L-212 G : 4160 ± 190
18— 21 cm	L-295 B : 11260 ± 460	35— 39 cm	L-212 H : 4360 ± 200
38— 41 cm	L-295 C : 15000 ± 500	60— 70 cm	L-202 : 8100 ± 120
57— 64 cm	L-295 D : 18910 ± 680	90—100 cm	L-212 A : 10680 ± 180
77— 83 cm	L-295 E : 23000 ± 1100	112—120 cm	L-212 C : 10550 ± 420
97—103 cm	L-295 F : 26700 ± 1800	120—125 cm	L-212 D : 11800 ± 480
114—125 cm	L-295 G : 37500 ± 4000	165—175 cm	L-212 F : 15820 ± 600
		255—275 cm	L-212 E : 20300 ± 900

Allgemein scheint in warmen Meeren die Sedimentations-Geschwindigkeit erheblich geringer zu sein als in den viel planktonreicheren kälteren Ozeanteilen.

Zur massenspektrometrischen Messung der Paläotemperaturen der obersten Meeres-schichten stellt man nach der Methode von H. C. UREY in den Gehäusen pelagischer Foraminiferen, gewöhnlich *Globigerinoides sacculifera* und *G. rubra* aus dem abgeseibten groben Anteil (>74 Mikron) in jeder datierten Sedimenttiefe das Mengenverhältnis $O^{18} : O^{16}$ im $Ca CO_3$ fest; dieses Verhältnis hängt von der Temperatur (Jahresmittel) der Bildungszeit dieser Kalkgehäuse ab, eine Methode, um deren Anwendung in der Quartärgeologie sich C. EMILIANI (1956 mit der einschlägigen Literatur) verdient gemacht hat. C. EMILIANI fand in warmen Meeren eine Amplitude der Paläotemperatur-

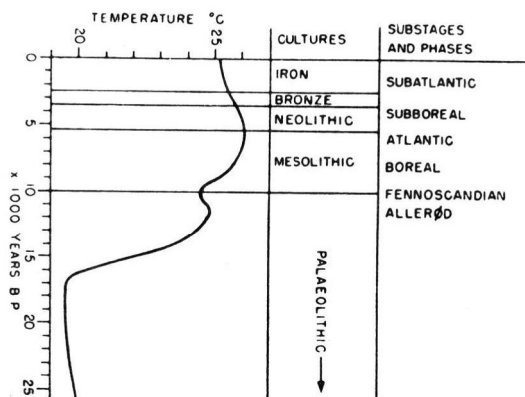


Abb. 1. Temperaturwandel in den letzten 25000 Jahren auf Grund der C¹⁴- und O¹⁸-Analysen pelagischer Foraminiferen im obersten Teil von Tiefsee-Bohrkernen aus dem äquatorialen Teil des Atlantischen Ozeans. - Aus C. EMILIANI (1956).

Schwankungen von 7—8° C; berücksichtigt man, daß in den Eiszeiten der O¹⁸-Gehalt etwas größer gewesen sein dürfte, so dürfte die wahre Amplitude ca. 6° C sein (H. E. SUESS 1956).

Bestehend ist die mit diesen Methoden von C. EMILIANI (1956) ermittelte Temperaturkurve der letzten 25000 Jahre (Abb. 1); sie wurde mit Hilfe kurzer Tiefsee-Bohrkerne aus dem äquatorialen Gebiet des Atlantischen Ozeans gefunden. Nach dieser Kurve begann die starke vom Inlandeis (in Europa) zum raschen Abschmelzen verbrauchte Wärmezufuhr vor ca. 16500 Jahren; das könnte der Beginn des Eisrückzugs von der Hauptmoräne des Pommerschen Stadiums sein, wenn er von E. H. DE GEER (1954 S. 310) warwengeochronologisch mit 15730 Jahren vor heute richtig datiert worden ist, was nach anderen Daten dieser Art durchaus möglich ist. Die Alleröd-Wärmeschwankung und das postglaziale Optimum sind nur durch unbedeutende Temperaturänderungen angezeigt; in höheren Breiten wären sie sicher größer.

Für die Letzte Eiszeit hat H. E. SUESS (1956a) die Paläotemperatur-Kurven mit Hilfe von 2 Tiefsee-Bohrkernen aus dem Karibischen Meer und 1 aus dem mittleren Teil des Atlantischen Ozeans ermitteln lassen (Abb. 2). H. E. SUESS ist geneigt, die Warmzeit um 80000 bis 90000 Jahre vor heute mit dem Letzten Interglazial (in Amerika: Sangamon) zu identifizieren (obwohl die Maxima nicht höher als die heutigen sind), konnektiert sie aber (allerdings mit Bedenken) auf Grund der Sonnenstrahlungskurve von M. MILANKOVITCH der beiden genannten Daten wegen mit LG 1/2 von F. E. ZEUNER (1952), also mit dem Göttweiger Interstadial, was zweifellos unmöglich ist. Die langdauernde Abkühlung begann vor ca. 80000 Jahren (wohl Beginn der Letzten Eiszeit). Ein Interstadial wird von den Kurven für die Zeit um 45000 vor heute angezeigt; das ist aber für das Göttweiger Interstadial ca. 10000 Jahre zu früh; H. E. SUESS möchte es der Sonnenstrahlungskurve wegen für das Interstadial LG 2/3 von F. E. ZEUNER halten. Dieser Wärmeschwankung ging eine Kaltzeit um 55000 vor heute voran, die dem Altwürm entsprechen könnte; das Maximum der Abkühlung fällt nach den Kurven in die Zeit zwischen 20000 und 10000 vor heute, nach H. E. SUESS vor 15000 Jahren, nach C. EMILIANI (1956) vor 15600 Jahren, d. h. etwas später als das Maximum der Wisconsin- (und wohl auch der Würm) Eiszeit, also in Nordamerika Iowan-Tazewell, in Norddeutschland Brandenburger Stadium. Der Anstieg der Temperaturkurven zeigt nach dem Minimum weder eine Wärmeschwankung (Alleröd und postglaziales Optimum) an, noch eine Kälteperiode (Jüngere Dryaszeit).

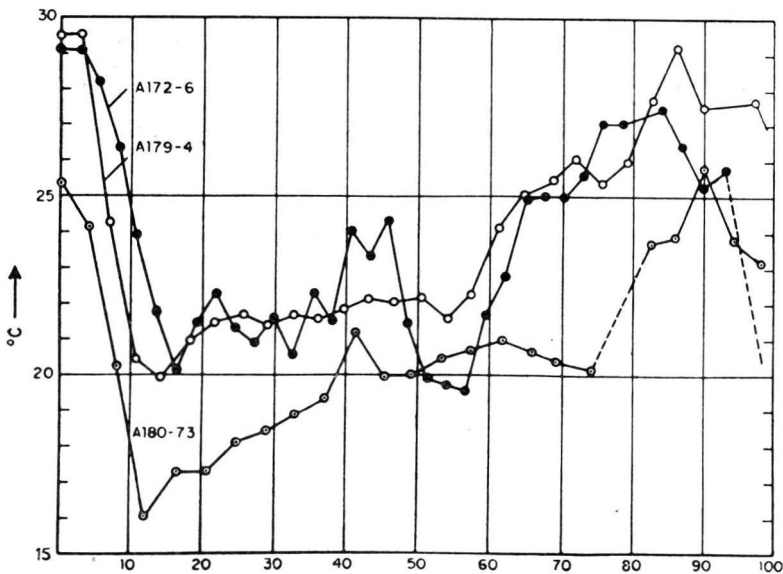


Abb. 2. Paläotemperatur-Kurven der letzten 100000 Jahre ermittelt durch O^{18} -Analysen von pelagischen Foraminiferen und C^{14} -Datierung von Karbonatschichten von 3 Tiefsee-Bohrkernen (A 179-4 und A 172-6 aus dem Karibischen Meer, A 180-73 aus dem äquatorialen Teil des Atlantischen Ozeans). - Aus H. E. SUESS (1956).

In seiner zweiten Arbeit von 1956(b) schließt H. E. SUESS aus seinen Paläotemperatur-Kurven (Abb. 2), daß die letzte Eiszeit (die er für Europa „Würm oder Warte“ nennt; „Warthe“ ist aber das letzte Stadium der vorletzten Eiszeit, Riß) vor rund 70000 Jahren begonnen habe, daß vor etwa 40000 bis 50000 Jahren das Klima etwas wärmer, jedoch kälter als heute gewesen sei und daß die rasche Erwärmung, die zum Klima der Gegenwart führte, vor rund 15000 Jahren begonnen habe.

Im Lamont Geological Observatory der Columbia-Universität in Palisades, N. Y., wurden die obersten 5—6 m von 8 Tiefsee-Bohrkernen aus dem Karibischen Meer, dem tropischen Teil des Atlantischen Ozeans und 1 aus 41° N, von denen einzelne Abschnitte maximal bis ca. 39000 vor heute im genannten C^{14} -Laboratorium bzw. in Washington datiert waren, teilweise (6) durch die Foraminiferen-Analyse (Bestimmung des Anteils von pelagischen Warm- und Kaltwasser-Formen), teilweise (3) durch Foraminiferen- und O^{18} -Analyse paläoklimatologisch ausgewertet; die Paläotemperatur-Kurven zeigen durch ihren letzten Anstieg auf die heutige Höhe vor ca. 11000 Jahren (mit einem Spielraum von 1000 Jahren), also nach dem Valdres- („Mankato“-) Maximum in Nordamerika und dem Salpausselkä-Stadium in Europa (nach der Warwengeochronologie um 8000 v. Chr., vergl. E. H. DE GEER 1954) das Ende der Letzten Eiszeit an (W. S. BROECKER & Mitarb. 1956, D. B. ERICSON & Mitarb. 1956 und H. E. SUESS 1956b). Die Kurven der Foraminiferen-Analysen lassen das große Interstadial der Letzten Eiszeit viel deutlicher erkennen als die O^{18} -Kurven; die Sedimentationsgeschwindigkeit wechselt regional von 2,2 bis 270 cm in 1000 Jahren. Zwischen 18000 und 13000 Jahren vor heute ist nach den Paläotemperatur-Kurven keine große Klimaänderung eingetreten; die weltweite Änderung der Oberflächentemperatur des Ozeans am Ende der Letzten Eiszeit spricht gegen jede Theorie, die die Festlands-Vergletscherung auf Niederschlags erhöhen ohne allgemeine Senkung der mittleren Jahrestemperaturen zurückführen will (D. B. ERICSON & Mitarb. 1956).

C. EMILIANI (1956) hat eine Zeitskala des Pleistozäns von der Günz-Eiszeit an mit den gleichen Methoden aufgestellt (Abb. 3); er hat in 2 Tiefsee-Bohrkernen aus dem

Karibischen Meer den Paläotemperaturgang durch O¹⁸-Analyse von Schichten im Abstand von 10 cm ermittelt und von allen Schichten, die für die Zeichnung der Paläotemperaturkurve von Bedeutung waren, die Zeitstellung durch M. RUBIN & H. E. SUESS (1955, 1956) mit C¹⁴ messen lassen; er hat ferner von W. D. URRY ermittelte Ionium-Daten anderer Tiefsee-Bohrkerne benutzt und Ergebnisse aller dieser Messungen für

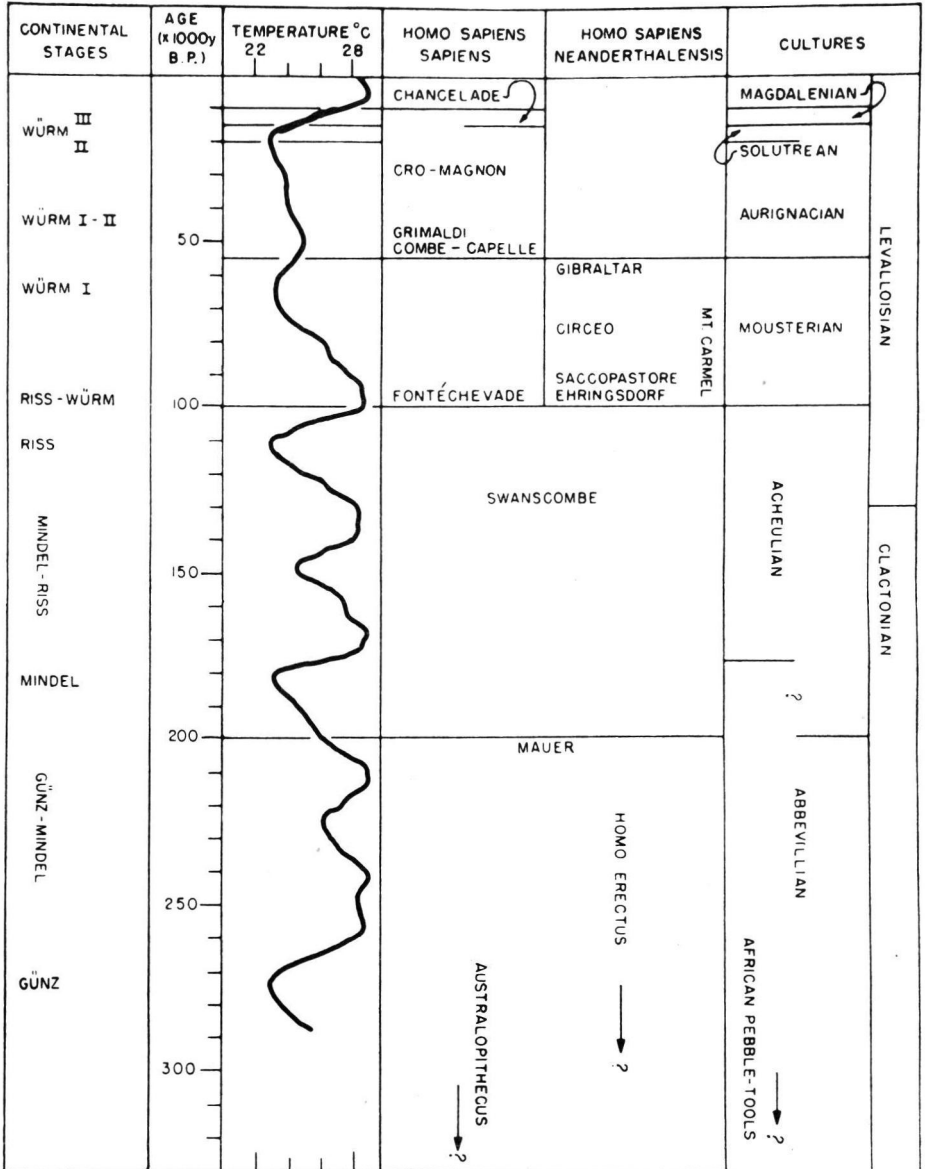


Abb. 3. Paläotemperatur-Kurve des Pleistozäns auf Grund von O¹⁸-Analysen pelagischer Foraminiferen in 2 sehr langen Tiefsee-Bohrkernen aus dem Karibischen Meer; Datierung mit der C¹⁴- und Ionium-Methode und durch Vergleich mit der neuen Strahlungskurve (vergl. M. SCHWARZBACH 1954). *Homo sapiens Neanderthalensis* ist der Neandertaler, *Homo erectus* der *Pithecantropus erectus*. B. P. = before present time (vor heute). - Aus C. EMILIANI (1956).

die graphische Darstellung durch Vergleich mit der Sonnenstrahlungskurve für 65° N nach den neuen Berechnungen von A. J. J. VAN WOERKOM (M. SCHWARZBACH 1954) ausgewertet. C. EMILIANI betont aber, daß diese Zeitskala nur ein Versuch sei, da es heute noch nicht möglich sei, die unteren Teile der langen Bohrkern zu datieren, daß sie aber wahrscheinlich mit einer Fehlergrenze von 20% richtig sei. Sie ist aber nur halb so lang wie die Strahlungskurve von M. MILANKOVITCH, nämlich 300000 Jahre, aber ein ungefähr ebenso langer Zeitraum liege zwischen Günz und dem Beginn des Pleistozäns, wie die Untersuchung eines langen Tiefsee-Bohrkerns aus dem Stillen Ozean ergeben habe. Ebenso wie bei der Kurve von MILANKOVITCH und VAN WOERKOM fällt auf, daß die Letzte Eiszeit sehr viel länger gewesen sein soll als jede andere. Auch G. ARRHENIUS hat durch die Titanium-Bestimmung von Tiefsee-Sedimenten im Stillen Ozean für die Letzte Eiszeit eine Länge von ca. 100000 Jahren gefunden (H. E. SUESS 1956) wie PENCK & BRÜCKNER (1909) auf Grund der Verwitterungstiefe und anderer Befunde.

Alle diese sehr interessanten Versuche, mit Hilfe der Radioaktivität eine Zeitskala des Quartärs zu schaffen, sind noch, wie oben ausgeführt, durch verschiedene Unsicherheitsfaktoren belastet, die teils in der Methodik, teils in dem suggestiven Einfluß der Sonnenstrahlungskurve begründet sind. Hoffentlich gelingt es bald, mit verbesserten Untersuchungsmethoden festzustellen, wie weit die bisher veröffentlichten neuen Zeitskalen abzuändern sind. Vor allem müßten auch aus höheren Breiten einige möglichst lange Tiefsee-Bohrkerne für diesen Zweck ausgewertet werden.

Die Paläotemperaturkurven der Letzten Eiszeit von H. E. SUESS und C. EMILIANI haben (abgesehen von der abweichenden Datierung) eine gewisse Ähnlichkeit mit der Vereisungskurve von W. SOERGEL (1937), nur ist der Abfall der Kurve zu Beginn der Eiszeit viel weniger steil, die interstadiale Erwärmung viel schwächer und das Kältemaximum erst zwischen 10000 und 20000 vor heute zur Zeit des sicher zu spät angesetzten Solutréen erreicht statt, wie aus paläofaunistischen Gründen allgemein angenommen wird, zur Zeit des späten Aurignacien (im alten Sinne).

Die Ausarbeitung dieses Berichts wurde mir im Rahmen einer größeren Forschungsaufgabe durch eine Sachbeihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft ermöglicht, der ich auch an dieser Stelle dafür meinen ergebensten Dank abstatte. Zu Dank verpflichtet bin ich ferner für Auskünfte und Publikationen den Herren Mag. scient. Sv. Th. ANDERSEN, Charlottenlund, Prof. Dr. E. S. DEEVEY, Jr. Yale-Universität, Prof. Dr. A. D. KRIEGER, Riverside, Calif., Diplom-Physiker K. O. MÜNNICH, Heidelberg, der mir auch seine erste C¹⁴-Datenliste schon im Manuskript zur Verfügung stellte, und Prof. Dr. Hl. DE VRIES, Groningen.

Schrifttum

- Abkürzungen: E. u. G. = Eiszeitalter und Gegenwart
 Sci. N. L. = Science News Letter
 GFF = Geologiska Fören. i Stockholm Förhandl.

- AMRINE, M. (1952): Dating the Dead Sea scrolls. - Science Digest 32, 1-3.
 ANDERSON, E. C., LEVI, Hilde & TAUBER, H. (1953): Copenhagen natural radiocarbon measurements, I. - Science 118, 6-9.
 ANONYMUS (1952 a): A-bomb dust upsets atomic clock. - Science Digest 32, 42. - (b) Ancient shells test older than charcoal. - Sci. N. L. 62, 280. - (c) How old is Stonehenge? - Time 59, 77. - (d) Needs middle aged wood to check dating. - Sci. N. L. 62, 104. - (e) New ice age theory. - Sci. N. L. 61, 19, Science Digest 31, 13. - (f) Oil being formed now. - Sci. N. L. 62, 194. - - (1954 a): New atomic clock. - Sci. N. L. 65, 87. - (b) Oldest American men. - Sci. N. L. 66, 343. - (c) Man's age measured by new method. - Sci. N. L. 66, 279. - (d) A-bomb debris confuses dating. - Sci. N. L. 66, 184. - (e) Geological Survey atomic clock. - Science 119, 30. - (f) A new carbon-dating process. - Science 119, 116. - (g) Tick-clock carbon. - Newsweek 44, 81-82. - (h) Atomic gadgets. - Time 63, 70. - (i) Radiocarbon in Mexico. - Sci. N. L. 66, 68. - (k) Technique extends atomic calendar back 44000 years. - Science Digest 35, 86. - -

- (1955 a): Charcoal from oldest fire near Tule Springs, Nev. - *Sci. N. L.* **67**, 45. -
 (b) Jarmo expedition. - *Science* **122**, 460. - (c) Ancient glaciers clocked. - *Sci. N. L.* **67**, 327. - (d) Dating of past hindered by weapon tests. - *Sci. N. L.* **68**, 358. -
 (e) Last Ice Age in U.S. strong 10000 years ago. - *Sci. N. L.* **67**, 120. - (f) Now find first American lived 30000 years ago. - *Sci. N. L.* **68**, 294. - - (1956a): San Francisco settled almost 3000 years ago. - *Sci. N. L.* **70**, 87. - (b) Oldest traces of early man in the Americas. - *Science* **124**, S. 396-397.
- ARNOLD, James R. (1954): Scintillation counting of natural radiocarbon: I The counting method. - *Science* **119**, 155-157.
- BALLARIO, C., BENEVENTANO, M., DE MARCO, MAGISTRELLI, F., CORTESI, C., MANTOVANI, T. (1955): Apparatus for Carbon-14 dating. - *Science* **121**, 409-412.
- BARKER, H. (1953): Radiocarbon dating: Large-scale preparation of acetylene from organic material. - *Nature* **172**, S. 631.
- BERRILL, N. J. (1953): Detectives of time. - *Atlantic Monthly* **192**, 23-26.
- BLAKE, Weston, Jr. (1955): Note on the Dating of terraces in the Lake Melville district, Labrador. - *Science* **121**, 112.
- BLAU, MONTE, DEEVEY, EDWARD S. & GROSS, MARSHA S. (1953): Yale natural radiocarbon measurements. I. Pyramid valley, New Zealand, and its problems. - *Science* **118**, 1-6.
- BRAIDWOOD, R. J. (1952): From cave to village. - *Scientific American* **187**, 62-66.
- BROECKER, W. S., KULP, J. L., TUCEK, C. S. (1956): Lamont natural radiocarbon measurements III. - *Science* **124**, 154-165.
- BYERS, Douglas S. & HADLOCK, Wendell S. (1955): Carbon-14 dates from Ellsworth Falls, Maine. - *Science* **121**, 735-736.
- CLISBY, Kathryn H. & SEARS, Paul B. (1956): San Augustin Plains. - Climatic changes. - *Science* **124**, 537-538.
- COON, Carleton S. & RALPH, Elizabeth K. (1955): Radiocarbon dates for Kara Kamar, Afghanistan, Univ. of Pennsylvania II. - *Science* **122**, 921-922.
- CRANE, H. R. (1955): Antiquity of the Sandia culture: carbon-14 measurements. - *Science* **122**, 689-690. - - (1956) University of Michigan radiocarbon dates I. - *Science* **124**, 664-672.
- CRANE, H. R. & Mc DANIEL, E. W. (1952): Automatic counter for age determination by the C¹⁴ method. - *Science* **116**, 342-347.
- CRARY, A. P., KULP, J. Laurence & MARSHALL, E. W. (1955): Evidences of climatic change from Ice Island studies. - *Science* **122**, 1171-1173.
- CRATHORN, A. R. (1953): Use of an acetylene-filled counter for natural radiocarbon. - *Nature* **172**, S. 632. - - (1954) The counting of low-level activities. - *Atomics* **5** (zitiert nach F. E. ZEUNER 1955).
- DE GEER, E. H. (1951): De Geer's chronology confirmed by radioactive carbon, C 14. - *GFF* **73**, 517-518. - - (1954) Skandinavians geokronologi. - *GFF* **76**, 299-329.
- DAVIS, E. Mott & SCHULTZ, C. Bertrand (1952): The archaeological and paleontological salvage program at the Medicine Creek Reservoir, Frontier Co., Nebraska. - *Science* **115**, 288-290.
- DEEVEY, Edward S. Jr. (1952): Radiocarbon dating. - *Scientific American* **186**, 24-28. - - (1955) Paleolimnology of the upper swamp deposit, Pyramid Valley. - *Rec. Cant. Mus.* **6**, 291-344.
- DEEVEY, E. S., Jr., GROSS, Marsha S., HUTCHINSON, G. E. & KRAYBILL, Henry L. (1954): The natural C¹⁴ contents of materials from hard-water lakes. - *Proc. Nation. Acad. Sci.* **40**, 285-288.
- EMILIANI, Cesare (1956): Note on absolute chronology of human evolution. - *Science* **123**, 924-926.
- ERICSON, David B., BROECKER, Wallace S., KULP, J. Laurence, Wollin, Gösta (1956): Late-Pleistocene climates and deep-sea sediments. - *Science* **124**, 385-389.
- FIRBAS, F. (1953): Das absolute Alter der jüngsten vulkanischen Eruptionen im Bereich des Laacher Sees. - *Die Naturwiss.* **40**, 54-55.
- FIRBAS, F., MÜLLER, H. & MÜNNICH, K. O. (1955): Das wahrscheinliche Alter der späteiszeitlichen „Bölling“-Klimaschwankung. - *Die Naturwiss.* **42**, 509.
- FLINT, R. F. & RUBIN, M. (1955): Radiocarbon dates of pre-Mankato events in Eastern and Central North America. - *Science* **121**, 649-658.
- FROMM, E. (1953): Nya C 14-dateringar av Allerödtiden. - *GFF* **73**, 403.
- FUNT, B. L., SOBERING, S., PRINGLE, R. W., TURCHINETZ, W. (1955): Scintillation techniques for the detection of natural carbon-14. - *Nature* **175**, 1042-1043.
- GODWIN, H. (1954): Carbon-14 dating. - Symposium in Copenhagen, September 1-4, 1954. - *Nature* **174**, 868.

- GROSS, H. (1952): Die Radiokarbon-Methode, ihre Ergebnisse und Bedeutung für die spät-quartäre Geologie, Paläontologie und Vorgeschichte. - E. u. G. 2, 68-92. - - (1954) Das Alleröd-Interstadial als Leithorizont der letzten Vereisung in Europa und Amerika. - E. u. G. 4/5, 189-209. - - (1955) Weitere Beiträge zur Kenntnis des Spätglazials. - E. u. G. 6, 110-115. - - (1956 a) Das Göttweiger Interstadial, ein zweiter Leithorizont der letzten Vereisung. - E. u. G. 7, 87-101. - - (1956 b) Die ältesten Spuren des Menschen in Amerika nach den neuesten Untersuchungen. - Forschungen u. Fortschritte 30, 232-234.
- HAHN, Otto (1955): Neuere radioaktive Methoden zu geologischen und biologischen Altersbestimmungen. - Naturwiss. Rundschau 8, 331-337. - - (1956) Radioactive methods for geologic and biologic age determinations. - The Scientific Monthly 82, 258-265.
- HEUSSER, C. J. (1953): Radiocarbon dating of the thermal maximum in south-eastern Alaska. - Ecology 34, 637-640.
- HIBBEN, F. C. (1955): Specimens from Sandía Cave and their possible significance. - Science 122, 688-689.
- HOWARD, J. T. (1951): Atomic clock verifies oldest Bible manuscript. - Pop. Sci. 159, 98-100. - - Atomic calendar measures time. - Reader's Digest 60, 103-104.
- HUNT, Charles B. (1955): Radiocarbon dating in the light of stratigraphy and weathering processes. - The Scientific Monthly 81, 240-247.
- IVERSEN, Johs. (1953): Radiocarbon dating of the Alleröd Period. - Science 118, 9-11.
- JESSEN, K. & MILTHERS, V. (1928) Stratigraphical and paleontological studies of interglacial fresh-water deposits in Jutland and Northwest Germany. - Danmarks Geol. Unders. II. R. 48, Kopenhagen.
- JOPE, E. M. (1954): Besprechung von: Radiocarbon Dating. By W. F. LIBBY. Pp. VII+124. Chicago, University of Chicago Press 1952. - Nature 173, 1111.
- KRIEGER, Alex D. (1956): Notes and news: Early Man.-Amer. Antiquity, July issue.
- KULP, J. Laurence (1952): Carbon-14 method of age determination. - The Scientific Monthly 75, 259-267.
- KULP, J. L., TYRON, L. E., ECKELMAN, W. R. & SNELL, W. A. (1952): Lamont natural radiocarbon measurements II. - Science 116, 409-414.
- LEVI, Hilde (1955): Radiocarbon dating. Conference in Cambridge (July 25-30, 1955). - Nature 176, 727-728. - - (1955) Bibliography on C¹⁴ dating. - Quaternaria 2, Rom.
- LIBBY, W. F. (1952 a): Chicago radiocarbon dates, II. - Science 116, 291-296. - - (1952 b) Chicago radiocarbon dates, III. - Science 116, 673-681. - - (1952 c) Radiocarbon Dating. Chicago, Univ. of Chicago Press; 2. Auflage 1955. - - (1954 a) Chicago radiocarbon dates, IV. - Science 119, 135-140. - - (1954 b) Chicago radiocarbon dates, V. - Science 120, 733-742.
- MATHIAS, W. (1955): Zur Entnahme und Aufbewahrung von Materialproben für die Radiokarbon-Methode. - Vorgeschichtl. Museumsarb. u. Bodendenkmalpflege Nr. 1, 20-22, Halle a. d. Saale.
- MAY, Irving (1955): Isolation of organic carbon from bones for C¹⁴ dating. - Science 121, 508-509.
- MITCHELL, G. F. (1956): Post-boreal pollen-diagrams from Irish raised-bogs. - Proc. Roy. Irish Acad. 57 B, 185-251.
- MOVIUS, H. L., Jr. (1952): Le C¹⁴. - In: La découverte du passé. Paris.
- MOVIUS, H. L., Jr. & JUDSON, Sh. (1956): The rock-shelter of La Colombière. - Amer. School of Prehist. Research, Peabody Museum, Harvard Univ., Bull. No. 19, 176 S.
- MÜNNICH, K. O. (1957): C¹⁴-Altersbestimmungen aus dem Zweiten Physikalischen Institut der Universität Heidelberg. - Science (im Druck).
- NARR, K. J. (1953): Radiokarbonbestimmungen und Kontrolldaten. - Anthropos 48, 282 f.
- ÖSTLUND, G., GEJVALL, N.-G., och LUNDQVIST, G. (1956): Äldersbestämning med hjälp av kol-14. - Ymer 1956, h. 3, 220-236.
- PENCK A. & BRÜCKNER, E. (1901-1909): Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig.
- POTZGER, J. E. & COURTEMANCHE, A. (1954): Radiocarbon date of peat from James Bay in Québec. - Science 119, 908.
- PRESTON, R. S., PERSON, E., DEEVEY, E. S., Jr. (1955): Yale natural radiocarbon measurements II. Science 122, 954-960.
- RALPH, Elizabeth K. (1955): University of Pennsylvania radiocarbon dates I. - Science 121, 149-151.
- ROBERTS, F. H. H. (1951): Carbon-14 method of age determination. - Smithsonian Reports 1951, 335-350.
- ROTHMALER, W. (1956): Der Ackerbau im Neolithikum Mitteleuropas. - Ausgrabungen und Funde, H. 2, 51-53, und Beitr. z. Frühgeschichte der Landwirtschaft 4.

- RUBIN, M. & SUESS, H. E. (1955): U.S. Geological Survey radiocarbon dates, II. - *Science* **121**, 481-488. - - (1956) desgl., III. - *Science* **123**, 442-448.
- SCHWABEDISSEN, H. (1954): Die Federmesser-Gruppen des nordwesteuropäischen Flachlandes. Zur Ausbreitung des Spät-Magdalénien. - *Offabücher*. Neumünster.
- SCHWARZBACH, M. (1950): Das Klima der Vorzeit. Stuttgart. - - (1954) Eine Neuberechnung von Milankowitch's Strahlungskurve. - *Neues Jb. Geol. Paläontol., Mh.* 1954, 257-260. - - (1955) Beitr. z. Klimageschichte Islands. I. Allgemeiner Überblick der Klimageschichte Islands. - *Neues Jb. Geol. Paläontol., Mh.* 1955, 97-130.
- SCHWARZBACH, M. & MÜNNICH, K. O. (1956): Bestimmung des absoluten Alters der Grábrók-Vulkane (West-Island). - *Die Naturwiss.* **43**, 177.
- SELLARDS, E. H. (1952 a): Age of Folsom Man. - *Science* **115**, 98. - - (1952 b) Early Man in America. - University of Texas Press, Austin.
- SHEPARD, F. P. & SUESS, H. E. (1956): Rate of Postglacial rise of sea level. - *Science* **123**, 1082-1083.
- SMITH, Paul V., Jr. (1953): The occurrence of hydrocarbons in recent sediments from the Gulf of Mexico. - *Science* **116**, 437-439.
- SOERGEL, W. (1937): Die Vereisungskurve. Jena.
- STRAKA, H. (1956 a): Die pollenanalytische Datierung von jüngeren Vulkanausbrüchen. - *Erdkunde* **10**, 204-216. - - (1956 b) Pollenanalytische Untersuchung eines Moorprofils aus Nord-Island. - *N. Jb. Mh.* **6**, 262-272. - - (1956 c) Pollenanalytische Datierungen zum Alter des Maar-Vulkanismus der Eifel. - *Actes IV Congr. Internat. Quatern. Rome-Pise* 1953, 184-188.
- STRAKA, H. & DE VRIES, Hl. (1956): Eine Radiokarbon-Datierung zum Alter der Eifelmaare. - *Die Naturwiss.* **43**, 13.
- SUESS, H. E. (1954 a): Natural radiocarbon measurements by acetylene counting. - *Science* **120**, 5-7. - - (1954 b) U.S. Geological Survey radiocarbon dates I. - *Science* **120**, 467-473. - - (1955) Radiocarbon concentration in modern wood. - *Science* **122**, 415-417. - - (1956) Absolute chronology of the last Glaciation. - *Science* **123**, 355-357.
- SUESS, H. E. (1956): Grundlagen und Ergebnisse der Radiokohlenstoff-Datierung. - *Angewandte Chemie* **68**, Nr. 17/18, 540-546.
- TAUBER, H. (1956): Copenhagen natural radiocarbon measurements II. - *Science* **124**, 879-881.
- THOMAS, Edward S. (1952): The Orleton farms Mastodon. - *Ohio Journ. of Science* **52**, 1-5.
- THORARINSSON, S. (1954): The Tephra-fall from Hekla on March 29th 1947. In: The eruption of Hekla 1947-1948. *Visindafélag Islendinga* II, 3, 68 S. Reykjavík. - - (1955) The Nucella shore line at Húafloi in the light of tephrochronological and radiocarbon datings. - *Náttúrufraedingurinn* **25**, 172-186, Reykjavík.
- TROELS-SMITH, J. (1956): Neolithic period in Switzerland and Denmark. - *Science* **124**, 876-879.
- VRIES, Hl. DE & BARENDSEN, G. W. (1954): The measurement of age by the carbon-14 technique. - *Nature* **174**, 1138-1141.
- WATER, M. VAN DE (1953): How old is it? - *Sci. N. L.* **64**, 10-12
- WENDORF, Fred, KRIEGER, Alex D., ALBRITTON, Claude C., STEWART, T. D. (1955): The Midland discovery. A report on the pleistocene human remains from Midland, Texas. Austin.
- WOLDSTEDT, P. (1954): Das Eiszeitalter. 2. Aufl. I. Bd., Stuttgart.
- WRIGHT, H. E., Jr. (1955): Valdres drift in Minnesota. - *Journ. of Geol.* **63**, 403-411.
- WRIGHT, H. E., Jr. & RUBIN, Meyer (1956): Radiocarbon dates of Mankato drift in Minnesota. - *Science* **124**, 625-626.
- ZEUNER, F. E. (1955): Radiocarbon dates. - University of London Institute of Archaeology, Eleventh Annual Report, 43-50.
- ZINDEREN BAKKER, E. M. VAN (1956): A pollen sequence in South Africa. - *Grana Palynologica* **1** (2), 160-161. Uppsala.
- ZUMBERGE, James H. & POTZGER, J. E. (1955): Pollen profiles, radiocarbon dating, and geologic chronology of the Lake Michigan Basin. - *Science* **121**, 309-311.

Manusk. eingeg. 18. 1. 1957.

Anschrift des Verf.: Dr. Dr. h. c. Hugo Groß, Bamberg, Kunigundendamm 59.