

Der heutige Stand der naturwissenschaftlichen Datierungsmethodik im Dienste der Vorgeschichtsforschung

Von Hugo Gross, Bamberg

Einleitung

In allen historischen Wissenschaften kommt natürlich dem Zeitfaktor die größte Bedeutung zu. In der Vorgeschichtsforschung Nord- und Mitteleuropas war man bis vor wenigen Jahrzehnten auf die Datierung mit Hilfe von Importfunden aus Italien oder aus dem Orient angewiesen, die aus frühhistorischen, also durch schriftliche Urkunden irgendwelcher Art zeitbestimmten Perioden stammen, oder mit Hilfe von nordischen Exportfunden, die in den genannten Gebieten in solchen frühhistorischen Kulturhinterlassenschaften entdeckt worden sind wie das Griffzungenschwert der nordischen Bronzezeit in Ägypten mit dem Namen Sethos' II. (um 1220 v. Chr.). Die Genauigkeit dieser Datierungsmethode darf natürlich nicht überschätzt werden; erstens sind viele frühhistorische Daten mit dem Zusatz ± 50 Jahre (mindestens) zu versehen und zweitens geben solche Ex- und Importfunde immer nur einen terminus post quem. Für Zeitbestimmungen vor der Bronzezeit, vor allem für das Paläolithikum und Mesolithikum, ist der Vorgeschichtsforscher auf naturwissenschaftliche Verfahren angewiesen, die auch ursprünglich als Absolventen humanistischer Gymnasien rein geisteswissenschaftlich ausgerichtete Prähistoriker längst mehr und mehr in ihrer Bedeutung anzuerkennen begonnen haben. Schon 1847 hat H. C. Ørstedt auf der 5. skandinavischen Naturforscherversammlung in Kopenhagen ein Zusammenarbeiten von Prähistorikern und Naturforschern in den nordischen Ländern vorgeschlagen, „for at det videnskabelige Udbytte ved Udgravninger og Fund af Oldsager kunne blive desto større“¹⁾.

Bisweilen kommt die naturwissenschaftliche Altersbestimmung mit der archäologischen (auf Grund der Typologie) in Konflikt. Der bekannte amerikanische Prähistoriker H. L. Movius, Jr.²⁾ hat für die Altsteinzeitforschung folgenden sehr zu beherzigenden Standpunkt vertreten: „Throughout, it must be constantly borne in mind that Palaeolithic cultures and complexes of cultures are represented today only by the imperishable products of prehistoric Man's material culture — assemblages or aggregations of stone tools for the most part — manufactured during a given stage. But they must always be regarded as social rather than natural phenomena; therefore, they can neither be subjected to rigid systematization nor bounded by fixed laws. For the tools are the material manifestations of a thinking brain, and as such

¹⁾ J. Troels-Smith, Ertebøllekultur-Bondekultur, in: Aarbøger 1953, S. 5.

²⁾ H. L. Movius, The Lower Palaeolithic Cultures of Southern and Eastern Asia, in: Transact. Amer. Philos. Soc. N. S. 38, part 4, 1948, S. 330 f., 349.

can never be subjected to the laws of natural evolution.“ Er sagt daher den Typologen: “Obviously, to fix the age of any archaeological horizon in the Pleistocene calls for more reliable evidence, which can only be forthcoming from the Natural Sciences . . . Throughout, the archeological problems must always be considered from a cultural standpoint (i. e., from point of view of the Social Sciences), and therefore the concept of using artifacts as ‘index fossils’ for dating purposes must be employed with great caution, especially when dealing with Palaeolithic problems.“ Kulturhinterlassenschaften können also auch zur Datierung geologischer Bildungen oder Ereignisse nur mit großer Vorsicht verwendet werden.

Das für Artefakte aus Stein Gesagte gilt in noch höherem Maße für Knochen-Artefakte; manche Formen sind Jahrtausende oder gar Jahrzehntausende hindurch in verschiedenen Kulturen in Gebrauch gewesen. Streufunde aus Mooren kann man wenigstens pollenanalytisch datieren; ihre Zuweisung zu einer bestimmten Kultur ist aber oft nur unter besonders günstigen Umständen möglich. Das erste (1935 in Gumbinnen in Ostpreußen) gefundene Artefakt aus der Alleröd-Zeit (etwa 9000 v. Chr.), eine aus einem Elchfußknochen hergestellte, im Querschnitt nahezu drehrunde, fast 30 cm lange, am unteren Ende doppelseitig abgeschrägte Lanzen-spitze³⁾ konnten die Prähistoriker in Deutschland und Polen keiner bestimmten späteiszeitlichen Kultur zuweisen. Ich fand später im Berliner Museum für Vorgeschichte eine aus Rengeweih angefertigte Lanzenspitze von genau derselben Form und Größe, die mit mehreren spatelförmigen Lanzenspitzen aus Rengeweih bzw. -knochen in einer Mergelgrube bei Memel gefunden waren⁴⁾. Diese sonst auch aus Elchknochen hergestellten spatelförmigen Lanzenspitzen, von denen ich einen Neufund am Fundort moorgeologisch als allerödzeitlich (zwischen etwa 10000 und 8800 v. Chr.) zuverlässig datieren konnte⁵⁾, sind nur aus dem nördlichen Verbreitungsgebiet des Swidérien (im weiteren Sinn, also einschließlich des Chwalibogowicien) bekannt, dessen Westgrenze das Havelgebiet berührt. Also sind diese Funde mit allergrößter Wahrscheinlichkeit dem Swidérien zuzuweisen.

Für die archäologische Altersbestimmung entwickelte die vorgeschichtliche Forschung im vorigen Jahrhundert durch die Anwendung des Darwinismus auf die Produkte der menschlichen Arbeit eine auch heute noch nicht ganz überwundene, oft irreführende typologische Methode; „sie geht von der Voraussetzung aus, daß der menschliche Wille an gewisse Gesetze gebunden sei, ähnlich denen, die für die Entwicklung der organischen Welt Geltung haben. Die Altertümer entwickeln sich, als ob sie lebende Organismen wären, die einzelnen Gegenstände sind Individuen, eine Typenserie stellt die Entwicklung einer Art dar, und eine Gruppe von Typenserien wiederum eine Entwicklung, die sich in verschiedene Arten verzweigt und eine Familie bildet.“⁶⁾ „Die Frage nach dem hinter den Funden

³⁾ H. Gross, Der erste sichere Fund eines paläolithischen Geräts in Ostpreußen, in: *Mannus* 29, 1937, S. 113 ff.

⁴⁾ H. Gross, Die Bedeutung des Renntierjägerfundes von Bachmann, Kr. Memel, in: *Alt-preußen* 3, 1939.

⁵⁾ H. Gross, Die Renntierjäger-Lanzenspitze von Drusken (Kreis Ebenrode), in: *Prussia* 35, 1943, S. 5 ff.

⁶⁾ N. Åberg, Typologie (Typologische Methode), in: *Eberts Reallexikon* 13, 1929, S. 508 ff.

stehenden Menschen tritt zurück; sie wird ersetzt durch die Vorstellung eines geradezu gesetzmäßigen Werdens, nicht nur der Geräte und der Wirtschaft, sondern auch der gesellschaftlichen Zustände und des geistigen Lebens“⁷⁾. Seit Jahrzehnten kämpfen namhafte Prähistoriker wie A. W. Brøgger, O. Rydberg und vor allem E. Wahle (1950) in seiner geistvollen „Geschichte der prähistorischen Forschung“ gegen den Schematismus einer sich für allein maßgebend haltenden typologischen Methode, ein „gefährliches Blendwerk, das die Forschung irre zu führen droht“.

Nicht selten wird daher eine naturwissenschaftliche Altersbestimmung im Widerspruch zu einer typologischen stehen; in jedem Falle, wo eine moderne naturwissenschaftliche Datierung an einwandfreiem Material einwandfrei ausgeführt werden konnte, hat sie selbstverständlich den Vorrang vor der typologischen. Einwandfrei wird dieses Material aber nur dann für den Prähistoriker sein, wenn es in enger Zusammenarbeit von Spezialisten der in Betracht kommenden naturwissenschaftlichen Fächer und der Vorgeschichtsforschung beschafft worden ist.

Der folgende Überblick über den heutigen Stand der naturwissenschaftlichen Datierungsmethodik berücksichtigt hauptsächlich Mittel- und Nord-Europa und beginnt mit der zuerst anzuwendenden ältesten Methode, der stratigraphischen, die nur eine relative geologische Altersbestimmung ermöglicht; es folgen dann die jüngeren Methoden, die auch eine Datierung im absoluten Zeitmaß zum Ziele haben.

Die stratigraphische Methode

Dieses Verfahren basiert auf der paläofaunistischen und paläobotanischen sowie pedologischen Auswertung von fossilführenden Schichten, die vorgeschichtliche Funde enthalten oder an ihre Fundschicht im Profil unmittelbar angrenzen.

Bei Funden in Hochmooren ist zu beachten, daß der Webersche Grenzhorizont auch in einem beschränkten Gebiet kein synchroner Leithorizont zu sein braucht, wie man noch vor wenigen Jahren vielfach angenommen hat⁸⁾, denn es gibt mehrere ähnliche Rekurrenzflächen, von denen RY III meistens der Webersche Grenzhorizont ist. Man kann nicht ohne weiteres das schwedische System der Rekurrenzflächen auf andere Länder, also andere Klimagebiete übertragen⁹⁾. In großen Gebieten, wie z. B. in Bayern südlich der Donau gibt es übrigens keine deutlichen Rekurrenzflächen im ombrogenen Hochmoortorf¹⁰⁾.

In den lakustrischen, d. h. durch Verlandung eines Wasserbeckens entstandenen Mooren ist (außer in der Nähe von Bach- oder Flußmündungen) der meist recht scharfe Kontakt zwischen den organogenen Bildungen (Seekreide, Kalkgyttja,

⁷⁾ E. Wahle, Geschichte der prähistorischen Forschung, in: Anthropos 46, 1951, S. 53.

⁸⁾ F. Overbeck, Geologie und Lagerstätten Niedersachsens, 3. Bd. 4. Abt. Die Moore, 2. Aufl., Bremen-Horn 1950 (a).

⁹⁾ F. Overbeck—I. Griéz, Mooruntersuchungen zur Rekurrenzflächenfrage und Siedlungsgeschichte der Rhön, in: Flora 141, 1954, S. 51 ff.

¹⁰⁾ H. Paul — S. Ruoff, Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern, in: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft XIX, 1927, S. 1 ff. — Diesn., in: ebd. XX, 1932, S. 1 ff. — H. Gross, Moorgeologische Untersuchung zweier Filze des oberbayerischen Jungmoränengebietes im Umland des Starnberger Sees, in: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft XXXI, 1956(a).

Gyttja und Torf) oben und den überwiegend oder ganz minerogenen (sandigen oder tonigen) Sedimenten unten als Zeichen einer durchgreifenden anhaltenden Klimabesserung ein sehr wichtiger zeitlicher Leithorizont für die Altersbestimmung von Moorfunden, nämlich die Grenze zwischen Nacheiszeit und Späteiszeit, denn die Einschwemmung von Sand und Ton in das Wasserbecken hatte eine noch nicht geschlossene Pflanzendecke in der Umgebung, also ein subarktisches Klima zur Voraussetzung. Auch pollenanalytisch ist dieser Horizont, der den Beginn der Bildung einer geschlossenen Pflanzendecke und der endgültigen Wiederbewaldung anzeigt, eindeutig gekennzeichnet (siehe unten) und nach der Bändertonchronologie um 8000 v. Chr. entstanden. Besonders in lakustrischen Mooren lehmiger Gebiete ist die Stratigraphie vollständiger späteiszeitlicher Schichtenfolgen so charakteristisch, daß schon mit ihrer Hilfe Periodendatierungen möglich sind: oben jüngerer Dryaston der Jüngeren Tundrenzeit, dann überwiegend oder ganz organogene (also in einer Wärmeschwankung mit geschlossener Pflanzendecke gebildete) Alleröd-Schichten und an der Basis auf Grundmoräne oder Bänderton älterer Dryaston der Älteren Tundrenzeit.

Für die Altersbestimmung paläolithischer, also pleistozäner Funde ist allgemein ihre Einstufung in die Zeittafel des Pleistozäns auf Grund geologisch-paläontologischer Untersuchungen notwendig. Leider gibt es noch immer keine allgemein anerkannte genügend detaillierte Zeittafel des Pleistozäns, vor allem nicht des Spät-Pleistozäns, was natürlich vor allem für die Vorgeschichtsforschung ein besonders beklagenswerter Zustand ist; es haben sich nämlich die Quartärgeologen noch immer nicht bei der Beantwortung der Frage einigen können, ob die letzte Vereisung einheitlich oder aus mehreren relativ selbständigen durch Interstadiale getrennten Stadien bestand¹¹⁾; es werden etwa fünf verschiedene Auffassungen vertreten. Grund dafür ist die Anwendung eines falschen Interstadialbegriffs, der nicht auch die Möglichkeit eines $\pm$ kühl-temperierten („borealen“) Klimas mit Bewaldung und Bodenbildung (wie im Laufe des Alleröd-Interstadials) berücksichtigt. Mit Hilfe der jungpleistozänen Flußterrassen ist eine einwandfreie Gliederung des Spätpleistozäns noch nicht gelungen, da die Einstufung der Terrassen öfters infolge regionaler tektonischer Einwirkungen sehr unsicher ist. Nur die alle in Betracht kommenden Naturwissenschaften sowie die Archäologie berücksichtigende Auswertung der Stratigraphie der jungpleistozänen Löße im wärmeren und arideren südöstlichen Mitteleuropa (östliches Österreich, Mähren und Slowakei) und der Schichtenfolgen seit dem Riß-Würm-Interglazial vom Menschen bewohnter Höhlen kann zum Ziele führen.

Bei der Auswertung der Lößstratigraphie kommt es auf die drei oberen an alten Lößwänden charakteristisch verschieden gefärbten begrabenen (fossilen) Böden an, die im ariden südöstlichen Mitteleuropa nicht so stark durch Abspülung oder gar Solifluktion im Spätpleistozän verändert sind wie im humideren Westen¹²⁾;

¹¹⁾ Vgl. Bericht über die Tagung der Deutschen Quartärvereinigung 1955, in: *Eiszeitalter und Gegenwart* 7.

¹²⁾ F. Brandtner, Über die relative Chronologie des jüngeren Pleistozäns Niederösterreichs, in: *Archaeologia Austriaca* 5, 1950, S. 101ff. — Ders., Jungpleistozäner Löß und fossile Böden in Niederösterreich, in: *Eiszeitalter und Gegenwart* 4/5, S. 49ff. — Ders. ebd. 7, S. 127 ff.

es sind das (von oben nach unten): 1. die Paudorfer Bodenbildung, 2. die Göttweiger (= Fellabrunner oder Stillfried A-) Bodenbildung und 3. die Kremser Bodenbildung. Die Göttweiger Bodenbildung ist wegen ihrer Mächtigkeit (Verlehmungszone 0,5–1 m mächtig) bisher von den allermeisten Quartärgeologen für interglazial gehalten und in die Riß-Würm-Zwischenwarmzeit gestellt worden. In einem Lößprofil von Zamarovce bei Trentschin (Slowakei) haben F. Prošek und V. Ložek¹³⁾ aber auf und in der Göttweiger Bodenbildung in primärer Lagerung Artefakte des Szeletien (Fazies des ungarischen Protosolutréen) gefunden, das dort zeitlich und typologisch vom späten Moustérien zum Aurignacien überleitet, und durch den Nachweis einer thermophilen Schneckenfauna, die nicht jünger als letztinterglazial (Riß-Würm) ist, bewiesen, daß die in der Regel fast ziegelrote Kremser Bodenbildung (mit A-Horizont) im letzten Interglazial entstanden ist wie der fossile Boden Argile rouge im Löß Frankreichs. Die Göttweiger Bodenbildung (eine hell rötlich-braune Verlehmungszone ohne A-Horizont, aber meistens mit aufgelagerten Schwarzerdeschichten) muß danach würmeiszeitlich und aus pedologischen und faunistischen Gründen in einem Interstadial (Göttweiger Interstadial) entstanden sein; da diese Bodenbildung ungefähr ebenso mächtig ist wie im gleichen Gebiet die rezente (deren Bildung spätestens kurz vor dem Alleröd-Interstadial begann), aber durch keine mehrtausendjährige Wärmezeit wie die postglaziale gefördert worden ist, dürfte das Göttweiger Interstadial etwa 15 000 Jahre gedauert haben¹⁴⁾. Für diese Auffassung spricht auch der 1955 veröffentlichte Nachweis eines etwa 16000 Jahre langen Interstadials (mit Bewaldung und Bodenbildung) der letzten Vereisung (Wisconsin) in Nordamerika¹⁵⁾.

In der Würm-Eiszeit sind danach also folgende Abschnitte anzunehmen¹⁶⁾:

1. das Altwürm-Stadial (mit dem voll entwickelten Moustérien und Praesolutréen I) = Würm I vieler Autoren, besonders der Prähistoriker,
2. das Göttweiger Interstadial (mit spätem Moustérien, dem Praesolutréen II und in der 2. Hälfte dem mittleren Aurignacien) = Interstadial Würm I/II vieler Autoren,
3. das Hauptwürm-Stadial (mit dem übrigen Jungpaläolithikum) = Würm II + Würm III vieler Autoren, mit dem schwachen Paudorfer Interstadial vor dem Maximum der Würm-Vereisung.

Zu beachten ist, daß das Altwürm-Stadial nicht das Warthe-Stadium ist, das die Riß- (Saale-) Eiszeit abgeschlossen hat, ferner daß das Göttweiger Interstadial in Nichtlöß-Profilen mit einer unvollständigen letztinterglazialen Bildung verwechselt werden kann, aber von ihr durch die C¹⁴-Bestimmung zu unterscheiden sein wird.

¹³⁾ F. Prošek — V. Ložek, Výzkum sprašového profilu v Zamarovcích u Trenčína, in: Anthropozoikum 4, 1955, S. 181 ff.

¹⁴⁾ H. Gross, Das Göttweiger Interstadial, ein zweiter Leithorizont der letzten Vereisung, in: Eiszeitalter und Gegenwart 7, 1956 (b), S. 87 ff.

¹⁵⁾ R. F. Flint — M. Rubin, Radiocarbon Dates of pre-Mankato Events in Eastern and Central North America, in: Science 121, S. 649 ff.

¹⁶⁾ H. Gross, 1956 (b). — Ders. in: Quartär 9, 1957 (im Druck).

Die Richtigkeit dieser Dreigliederung der Würmeiszeit wird durch die von R. Lais¹⁷⁾ begründete sedimentanalytische Untersuchung vollständiger würmeiszeitlicher Höhlenschichtenfolgen bestätigt, die aber mit ihrer paläontologischen und archäologischen Untersuchung verbunden werden muß. Beispiele dafür haben außer R. Lais auch L. F. Zotz¹⁸⁾ und in Ungarn L. Vértes¹⁹⁾ mitgeteilt; letzterer hat mit einer verbesserten Methode 15 Höhlenschichtenfolgen untersucht. Der Göttweiger Bodenbildung im Lößprofil entspricht zeitlich eine meist etwa 20 cm mächtige Höhlenlehmschicht (höchstens mit einzelnen kleinen gerundeten Kalkbrocken) zwischen den Frostbruchschichten mit voll entwickeltem Moustérien bzw. Jungpaläolithikum; diese Höhlenlehmschicht ist wie die nächst tiefere (mit Micoquien und Jung-Acheuléen, also letztinterglaziale) das Produkt einer intensiven chemischen Verwitterung von Kalkschutt, folglich Zeugnis einer langen feuchten Wärmeschwankung, wofür auch die Hauptmasse ihrer Fauna (kälteertragende Waldtiere, im Osten auch Steppentiere, beides Tiergruppen des temperierten Klimas) spricht. Der Einfluß einer jüngeren Wärmeschwankung (der Paudorfer) ist im Höhlenprofil, wenn überhaupt, nur sehr schwach angedeutet, so daß es nicht ratsam ist, die Würm-Vereisung in 3 (statt in 2) Stadiale aufzuteilen und diese noch dazu mit Würm I, II und III zu bezeichnen wie die Hauptendmoränen der Würm-Eiszeit, mit denen jene nichts zu tun haben. Eine solche Dreiteilung der Würm-Eiszeit geht letzten Endes auf die Strahlungskurve von M. Milankovitch zurück, deren Brauchbarkeit für die Gliederung und Chronologie des Quartärs, wie später gezeigt werden wird, immer zweifelhafter geworden ist.

Nach den sedimentanalytischen Befunden von Höhlenschichtenfolgen und den malakozoologischen von Lößprofilen (in der Slowakei nach F. Prošek und V. Ložek²⁰⁾ war das Hauptwürm-Stadial ganz bedeutend kälter als Altwürm. Da für das Göttweiger Interstadial wärmeliebende Laubhölzer auch im südöstlichen Mitteleuropa nur in ganz geringer Menge nachgewiesen sind, ist diese Wärmeschwankung hier wahrscheinlich kaum wärmer als das etwas über 1000jährige Alleröd-Interstadial gewesen. In der Alleröd-Zeit waren aber die Alpen in Tirol bis über 1800 m und in den französischen Westalpen bis über 2100 m eisfrei geworden; erst recht muß das in dem so viel längeren Göttweiger Interstadial der Fall gewesen sein, wofür die Kulturschicht mit mittlerem Aurignacien in der Potočka-Höhle in den Ostkarawanken in 1700 m spricht; höchst wahrscheinlich ist mindestens ein großer Teil der Bärenhöhlen mit „Alpinem Paläolithikum“, wie es schon andere Autoren gemacht haben, ins Göttweiger Interstadial zu stellen.

Für das ganze Pleistozän haben auf paläobotanischer (hauptsächlich pollenanalytischer) Grundlage Gliederungen aufgestellt: in Nordwestdeutschland G. von

¹⁷⁾ R. Lais, Über Höhlensedimente, in: Quartär 3, 1940, S. 56ff.

¹⁸⁾ L. F. Zotz, Altsteinzeitkunde Mitteleuropas, Stuttgart 1951. — Ders., Das Paläolithikum in den Weinberghöhlen bei Mauern, Quartär-Bibliothek Bd. 2, Bonn 1955.

¹⁹⁾ L. Vértes, Les conditions de l'interstadial Würmien I/II hongrois élucidées par l'examen des remplissages de grottes, in: Acta Geologica III/4, 1955, S. 393ff.

²⁰⁾ F. Prošek — V. Ložek, 1955.

der Brelie²¹⁾ und U. Rein²²⁾, für Mitteleuropa W. Selle²³⁾, für Polen W. Szafer²⁴⁾, für Holland J. M. van der Vlerk und F. Florschütz²⁶⁾, für das Spätglazial von Norddeutschland R. Schütrumpf²⁶⁾ und für das Postglazial von Norddeutschland H. Schmitz²⁷⁾.

Die warwengeochronologische und die dendrochronologische Methode²⁸⁾

Diese 1884 von G. De Geer konzipierte Methode, die erstmals geologische Datierungen im absoluten Zeitmaß zum Ziele hatte und vollbrachte, geht bekanntlich von der Annahme aus, daß die vom Schmelzwasser des Inlandeises in Eistauseen abgesetzten Bändertone aus Jahresschichten (Warwen, mit einer hellen tonig-sandigen Sommerschicht und einer dunklen fetten tonigen Winterschicht) aufgebaut sind (was G. De Geer mit Hilfe der Wintermoränen in Mittelschweden beweisen konnte) und daß die Warwenbreite im gleichen Rhythmus variiert wie die von der Sonne ausgestrahlte jährliche Wärmemenge. Mit Hilfe von Warwendigrammen kann man in nicht zu weit voneinander entfernten Tongrubenaufschlüssen in der Richtung des Eisrückzugs gemeinsam vorkommende Warwen erkennen und die Warwen (und damit die Jahre) zählen, die beim Eisrückzug auf einer bestimmten Strecke gebildet worden sind. Auf diese Weise hat G. De Geer mit seinen Mitarbeitern (zu denen auch seine Frau E. H. De Geer gehörte) 6900 Warwen bis zur Bipartition des Inlandeises in Norrland gezählt, d. h., das skandinavische Inlandeis ist in 6900 Jahren von der Hauptendmoräne des Pommerschen Stadiums (bei Lübeck) bis nach Norrland abgeschmolzen²⁹⁾. Von der Bipartition des Inlandeises (Nullpunkt Z der geochronologischen Zeitskala von De Geer), mit der G. De Geer sein Finiglazial enden und sein Postglazial beginnen läßt (was aber nur für Mittelschweden und Norrland einen Sinn hat), bis 1900 n. Chr. sind 8640 (ab-

²¹⁾ G. von der Brelie, Die pollenstratigraphische Gliederung des Pleistozäns in Nordwestdeutschland 2, die Pollenstratigraphie im jüngeren Pleistozän, in: *Eiszeitalter und Gegenwart* 6, 1955, S. 25 ff.

²²⁾ U. Rein, Die pollenstratigraphische Gliederung des Pleistozäns in Nordwestdeutschland 1, die Pollenstratigraphie im älteren Pleistozän, in: *Eiszeitalter und Gegenwart* 6, 1955, S. 16 ff.

²³⁾ W. Selle, Gesetzmäßigkeiten im pleistozänen und holozänen Klimaablauf, in: *Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Bremen* 33, 1953, S. 259 ff.

²⁴⁾ W. Szafer, *Stratygrafia plejstocenu w Polsce na podstawie florystycznej* (Pleistocene Stratigraphy of Poland from the Floristical Point of View), *Rocznik Polsk. Tow. Geolog.* XXII, 1953, z. 1.

²⁵⁾ J. M. van der Vlerk — F. Florschütz, The paleontological base of the subdivision of the Pleistocene in the Netherlands, in: *Verh. Kon. Ned. Akad. v. Wet.* 20, 2, 1953.

²⁶⁾ R. Schütrumpf, Das Spätglazial (Norddeutschlands), in: *Eiszeitalter und Gegenwart* 6, 1955, S. 41 ff.

²⁷⁾ H. Schmitz, Die pollenanalytische Gliederung des Postglazials, in: *Eiszeitalter und Gegenwart* 6, 1955, S. 52 ff.

²⁸⁾ Vgl. G. De Geer, *Geochronologia Suecica Principes*, Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handl. III. Ser. Bd. 18, Nr. 6, Stockholm 1940. — E. H. De Geer, De Geer's chronology confirmed by radioactive carbon, in: *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 73, H. 3/4, 1951, S. 517 f. — Dies., Conclusions from C 14 and De Geer's chronology, Dani-Gotiglacial, with datings, in: ebd., S. 557 ff. — Dies., Skandinaviens geokronologi, in: ebd. 76, H. 2, 1954, S. 299 ff. — Zur Kritik: F. E. Zeuner, *Dating the past, an introduction to geochronology*, 3. ed., London 1952.

²⁹⁾ E. H. De Geer, 1951, S. 558 f.

gerundet 8700) Jahre verflossen³⁰⁾, nach E. H. De Geer³¹⁾ abgerundet 8800 Jahre; diese Zahl ist die Summe der im Tal des Ångermanälv gezählten und der inter- und extrapolierten postglazialen Warwen.

Diese warwengeochronologische Methode ist vor allem von Geologen außerhalb Fennoskandiaviens mit großem Mißtrauen aufgenommen und vielfach abgelehnt worden. Daß sie aber zunächst für die letzten 10700 Jahre im Ostseegebiet der Größenordnung nach richtig ist, konnte kürzlich durch mehrere C^{14} -Datierungen bestätigt werden. In Kopenhagen wurde für eine dänische Gytjaprobe von der Grenze zwischen der Jüngeren Tundrenzeit und der Nacheiszeit (Diagrammzonengrenze III/IV nach F. Firbas), nach der Bändertonchronologie aus der Zeit um 8000 v. Chr., d. h. um 10000 vor heute, das C^{14} -Datum 10300 ± 350 vor heute ermittelt³²⁾, für den Beginn der Jüngeren Tundrenzeit, nach der Warwengeochronologie um 10700 vor heute, das C^{14} -Datum 10830 ± 200 vor heute. Mit Recht werden aber fast allgemein Fernkonnektierungen über das Ostseegebiet hinaus³³⁾, vor allem transozeanische, als unmöglich abgelehnt.

Salzwasser-Einbrüche aus dem Kattegatt und aus dem Weißen Meer in das Ostseebecken sind durch anders aussehende (symmetrische) Warwen registriert und ebenfalls warwengeochronologisch datiert.

In Finnland hat M. Sauramo³⁴⁾ seine früher ein wenig abweichende warwengeochronologische Zeitskala mit der von G. und E. H. De Geer zur Deckung gebracht.

Für die Vorgeschichtsforschung kommt diese Methode zur Altersbestimmung direkt nur in Fennoskandinavien und im südlichen Ostseegebiet bis zur Eisrandlage des Pommerschen Stadiums in Betracht, außerhalb dieses Gebiets indirekt durch die Eichung der pollenanalytischen Zeitskala³⁵⁾. Als wichtigster Fixpunkt beider Skalen ist jetzt allgemein der Beginn des raschen Rückzugs des skandinavischen Inlandeises von dem dreifachen Eisrandgürtel des Salpausselkä-Stadiums (= Jüngere Tundrenzeit, Diagrammzone III Firbas nach J. Donner³⁶⁾ in Südnorwegen, Mittelschweden und Südfinnland anerkannt worden, denn damals begann infolge einer durchgreifenden anhaltenden Erwärmung die endgültige Wiederbewaldung. Dieser Fixpunkt, die Grenze zwischen Späteiszeit und Nacheiszeit (also das Ende der Würm-Eiszeit) liegt nach der Warwengeochronologie von G. De Geer 1073 Jahre vor dem Nullpunkt seiner Zeitskala (= 6740, abgerundet 6800 v. Chr.), also 7873 v. Chr., abgerundet etwa 8000 v. Chr.³⁷⁾.

³⁰⁾ G. De Geer, 1940, Taf. 90.

³¹⁾ E. H. De Geer, 1954, S. 299.

³²⁾ J. Iversen, Radiocarbon Dating of the Allerød Period, in: Science 118, 1953, S. 4ff.

³³⁾ G. De Geer, The transbaltic extension of the Swedish time scale, in: Geograf. Annaler 1935, S. 533 ff.

³⁴⁾ M. Sauramo, Land Uplift with Hinge-Lines in Fennoscandia, in: Annales Acad. Scient. Fenn. ser. A, 44, 1955 (a), S. 5ff.

³⁵⁾ T. Nilsson, Die pollenanalytische Zonengliederung der spät- und postglazialen Bildungen Schonens, in: Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 57, 1935, S. 385. — E. Fromm, Geochronologisch datierte Pollendiagramme und Diatomeenanalysen aus Ångermanland, in: Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 60, 1938, S. 365 ff.

³⁶⁾ J. Donner, Pollen-analytical Studies of Late-Glacial Deposits in Finland, in: C. R. Soc. géol. Finlande 24, 1951, S. 3ff.

³⁷⁾ E. H. De Geer, 1954.

Die wichtigsten warwengeochronologischen Daten sind heute die folgenden:

A. Abschmelzphase des nordischen Inlandeises der Würm - (Weichsel-) Eiszeit:

- I. Germaniglazial (E. Antevs; E. H. De Geer nennt diese Phase neuerdings Primoglazial): vom Beginn des Eisrückzugs von der Randlage des Brandenburger Stadiums (Datum vermutet auf Grund von C^{14} -Datierungen des entsprechenden Zeitpunktes in Nordamerika) bis zum Abrücken von der Randlage des Pommerschen Stadiums (warwengeochronologisches Datum bei Lübeck 13800 v. Chr., abgerundet 14000 v. Chr., was aber sicher etwas zu spät sein dürfte): etwa 18000 bis etwa 14000 v. Chr.
 - II. Daniglazial (G. und E. H. De Geer): Abschmelzphase von der Randlage des Pommerschen Stadiums bis zur Langelandlinie, in Norddeutschland (?) Grömitz an der Lübecker Bucht — nordpommersche Randlage — Samländische Endmoräne: etwa 14000 bis etwa 13000 v. Chr.
 - III. Gotiglazial (G. und E. H. De Geer): Abschmelzphase von der Langelandlinie bis zum Ende des Salpausselkä-Stadiums (Ende der Würm-[Weichsel-] Eiszeit): etwa 13000 bis etwa 8000 v. Chr.
- Alleröd-Interstadial: etwa 10000 (geschätzt) bis 8800 v. Chr. Jüngere Tundren- (Dryas-) Zeit (= Salpausselkä-Stadium Ss. I–III auch nach M. Sauramo³⁸): 8800 bis 8000 v. Chr.

Die Abschnitte II und III sind das Spätglazial.

B. Postglazial (= Nacheiszeit, Alluvium oder Holozän) im Sinne der meisten Quartärgeologen:

- Beginn: Eisrückzug von der nördlichsten Randlage (Ss. III) des Salpausselkä-Stadiums: etwa 8000 v. Chr.,
- Finiglazial (G. und E. H. De Geer): etwa 8000 bis 6800 v. Chr.
- Bipartition des Inlandeises in Norrland (Nulljahr Z. der schwedischen Zeitskala von G. und E. H. De Geer): etwa 6800 v. Chr.

Die Warven der Bändertone sind gewissermaßen Jahresringe der Erdrinde. Bekanntlich variieren die Jahresringe der Bäume auch im Rhythmus der Klimaschwankungen. Darauf beruht die vom amerikanischen Astronomen A. E. Douglass begründete Dendrochronologie³⁹. Mit ihrer Hilfe ist es möglich gewesen, im ariden Südwesten der USA eine dendrochronologische Zeitskala aufzustellen und vorgeschichtliche Pueblos zu datieren. Das war nur möglich, weil sich das für die Bauten benutzte Holz der Gelbkiefer (*Pinus ponderosa*) in dem trockenen Klima auch an der Luft viele Jahrhunderte hindurch hält; diese Zeitskala reicht bis zum Jahre 11 n. Chr. zurück. Die von E. Antevs 1925 mit Hilfe des Mammutbaumes

³⁸) M. Sauramo, Das Rätsel des Ancylussees, in: Geologische Rundschau 42, 1954, S. 197ff. — Ders., 1955 (a).

³⁹) A. E. Douglass, Tree rings and chronology, Univ. of Arizona Bull., Phys. Sc. Bull. 1, Tucson 1937. — Vgl. weiterhin: W. S. Glock, Principles and methods of tree-ring analysis, in: Publ. by Carnegie Institution of Washington 1937. — E. H. De Geer, Planetarisk kronologi av årsvarv och årsringar, in: Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 64, H. 2, 1942, S. 185ff. — B. Huber, Die Jahresringe der Bäume als Hilfsmittel der Klimatologie und Chronologie in: Die Naturwissenschaften 35 (5), 1948, S. 151ff. — F. E. Zeuner, 1952.

(*Sequoia gigantea*) aufgestellte fast 3250 Jahre umfassende Zeitskala ist in Nordamerika m. W. noch nicht zur Datierung prähistorischer Funde oder Fundplätze angewandt worden, wohl aber von E. H. De Geer⁴⁰⁾ in Skandinavien, was zweifellos ebenso unmöglich ist wie eine transozeanische warwengeochronologische Fernkonnektierung und eine Datierung nordschwedischer Warwendiagramme mit Hilfe der *Sequoia*-Zeitskala.

Zu beachten ist, daß auf die Jahresringbreite in trockenen Gebieten die Feuchtigkeit, in subarktischen die Sommertemperatur, in humiden temperierten die Feuchtigkeit, die Temperatur und andere Faktoren einen Einfluß haben.

Im humiden temperierten Mitteleuropa hat man dendrochronologisch bisher nur die letzten 656 Jahre erfassen können. Für die Verlängerung der dendrochronologischen Zeitskala zur Datierung vorgeschichtlicher Funde und Fundplätze (z. B. Wasserbauten) fehlt das Holzmaterial für sämtliche Jahre vor 1300 n. Chr.

Die pollenanalytische Methode

Diese Methode⁴¹⁾, anfangs auch von botanischer Seite vielfach mit großem Mißtrauen zur Kenntnis genommen, hat sich längst als außerordentlich wichtiges Hilfsmittel in der Vegetationsgeschichte, Paläoklimatologie, Vorgeschichtsforschung und Geologie bewährt. Die Pollenanalyse (bei Berücksichtigung der Sporen korrekter als Palynologie zu bezeichnen) liefert natürlich zunächst nur eine relative Zeitskala, aber durch die Datierung möglichst vieler Diagramm-Horizonte und -zonen mit Hilfe historisch oder archäologisch genügend genau zeitbestimmter Moorfunde, mit Hilfe der geologisch datierbaren Stratigraphie, mit Hilfe der C¹⁴-Bestimmung und durch die Verbindung mit der warwengeochronologischen Zeitskala⁴²⁾ kann eine pollengeochronologische Zeitskala für Datierungen im absoluten Zeitmaß gewonnen werden⁴³⁾. Natürlich können diese Datierungen nicht absolut genau sein (das sind auch nicht die frühhistorischen!), sie sind aber viel genauer und zuverlässiger als die üblichen prähistorischen (vor der Bronzezeit) und geologischen.

Der Nullpunkt der pollenanalytischen Zeitskala ist die Diagrammzonengrenze III/IV Firbas; sie ist pollenanalytisch eindeutig gekennzeichnet (Absinken der Weiden- und Nichtbaumpollen-Kurven aus meist hoher Lage auf ganz tiefe von dieser Zonengrenze an aufwärts, erst über dieser Grenze Beginn und rascher Anstieg der Pollenkurven wärmeliebender Holzarten wie Hasel, Ulme, Eiche, später Linde und Erle, plötzliche Zunahme der Baumpollenkörnerzahl je Präparat von diesem Horizont an aufwärts), in den Profilen lakustrischer Moore nicht zu warmer Gebiete

⁴⁰⁾ E. H. De Geer, Prehistoric Bulwark in Gotland biochronologically dated, in: Geograf. Annaler 1935, S. 501 ff. — Dies., Raknehaugen, in: Oslo Universitetets Oldsaksamlings Årbok 1938, S. 27 ff. — Dies., 1942.

⁴¹⁾ Vgl. bes. K. Bertsch, Lehrbuch der Pollenanalyse, Stuttgart 1942. — G. Erdtman, An Introduction to Pollen Analysis, Waltham 1943. — K. Faegri — J. Iversen, Text-book of modern Pollen Analysis, Kopenhagen 1950. — P. Filzer, Kleines Praktikum der Pollenanalyse, in: Mikrokosmos 44/45, 1955, S. 1 ff.

⁴²⁾ E. Fromm, 1938, der die von R. Lidén gemessenen Warwen in Ångermanland pollenanalytisch untersucht hat.

⁴³⁾ T. Nilsson, 1935. — F. Firbas, Waldgeschichte Mitteleuropas, 1. Bd. Allgemeine Waldgeschichte, Jena 1949. — M. Sauramo, 1955 (a).

außerdem durch den plötzlichen Übergang von überwiegend oder ganz minerogener Sedimentation in III zu überwiegend oder ganz organogener in IV als Zeugnis einer durchgreifenden plötzlichen Klimabesserung von subarktisch zu temperiert. Dieser Nullpunkt der pollengeochronologischen Zeitskala ist also die Zeitgrenze zwischen Späteiszeit und Nacheiszeit (zugleich zwischen Altsteinzeit und Mittelsteinzeit in Mitteleuropa) um 8000 v. Chr., als das Inlandeis rasch von den spätgotiglazialen Endmoränen des Salpausselkä-Stadiums abzurücken begann. Der finnische Quartärgeologe J. Donner⁴⁴⁾ hat pollenanalytisch bewiesen, daß die Pollendiagrammzone III Firbas (= Jüngere Tundrenzeit) das etwa 860 Jahre lange Salpausselkä-Stadium (Ss. I–III) ist, warwengeochronologisch datiert etwa 8860 bis 8000 v. Chr. Der Nachweis der Alleröd-Interstadials (Diagrammzone II Firbas) in den Alpen (auch in Höhen zwischen 1800 und 2100 m) ermöglicht die zeitliche Gleichsetzung der Schlußvereisung der Alpen (Schlern und Gschnitz) mit dem Salpausselkä-Stadium in Fennoskandinavien⁴⁵⁾.

Sehr wesentliche Verbesserungen der Methode sind: dichter Probenabstand (10 cm oder weniger), Verwendung starker Vergrößerung für die Pollenanalyse (400–500fach), Zählung von mindestens 200 (bis 1000) Baumpollenkörnern je Probe und der darauf entfallenden Nichtbaumpollenkörner (vor allem vom Kulturpollen wie Getreide, Wegerich, Beifuß, Kornblume u. a.), deren taxonomische Bestimmung besonders durch die Arbeiten von G. Erdtman und J. Iversen gefördert worden ist. Mit Hilfe der Kulturpollenkurve kann in siedlungshistorisch genau erforschten Gebieten im nachwärmezeitlichen Pollendiagrammabschnitt der Beginn der großen mittelalterlichen Rodungen fixiert werden, bei Zählung der auf mindestens je 1000 Baumpollenkörner entfallenden Nichtbaumpollenkörner je Probe (Promille-Diagramme) auch der Beginn der neolithischen Landnahme⁴⁶⁾. Mit dieser Methode ist J. Iversen⁴⁷⁾ der Nachweis gelungen, daß den Ackerbau und die Viehzucht nach Dänemark ein einwanderndes Volk gebracht hat.

Durch die modernen Verbesserungen der Methode ist die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der pollenanalytischen Datierung bedeutend erhöht worden. Der berühmte Pflug von Walle bei Aurich ist 1931 auf Grund der damals üblichen pollenanalytischen Untersuchung in die Zeit zwischen 3000 und 4000 v. Chr. (von zwei anderen Autoren 1934 sogar in die Zeit von mindestens 6000 v. Chr.!) gestellt worden; K. Jessen⁴⁸⁾ kam auf Grund einer sorgfältigen Prüfung aller für die pollenanalytische Datierung zur Verfügung stehenden Unterlagen zu dem Ergebnis, daß dieser Pflug nicht älter als frühbronzezeitlich sein kann; die Richtigkeit dieser Datierung konnte F. Overbeck⁴⁹⁾ mit Hilfe verbesserter pollenanalytischer

⁴⁴⁾ J. Donner, 1951.

⁴⁵⁾ H. Gross, Das Alleröd-Interstadial als Leithorizont der letzten Vereisung in Europa und Amerika, in: Eiszeitalter und Gegenwart 4/5, 1954, S. 189 ff.

⁴⁶⁾ J. Iversen, Landman i Danmarks Stenalder (Land Occupation in Denmark's Stone Age), Danmarks Geolog. Undersøgelse II. R., Nr. 66, 1941. — J. Troels-Smith, 1953.

⁴⁷⁾ J. Iversen, 1941.

⁴⁸⁾ K. Jessen, The environment and dating of the Vebbestrup plough, with observation on the age of the Walle plough, in: Acta Archaeologia 16, 1945, S. 67 ff.

⁴⁹⁾ F. Overbeck, Neue pollenanalytisch-stratigraphische Untersuchungen zum Pflug von Walle, in: Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 1950 (b).

Untersuchung bestätigen. Als Beispiel aus meiner eigenen Praxis sei die Datierung der ersten ostpreußischen Moorleiche⁵⁰⁾ angeführt: Meine ohne Kenntnis einer Beigabe ausgeführte pollenanalytische und stratigraphische Untersuchung (für die zahlreiche an der Leiche abgenommene Moorproben und ein vollständiges abgebohrtes Moorprofil von der Fundstelle zur Verfügung standen) ergab die Zeitstellung 6. Jahrhundert v. Chr.; unabhängig davon kam W. La Baume zu der gleichen Datierung, da an der Leiche ein Holzkamm von einer Form gefunden wurde, die mit Zeichnungen auf mehreren ostgermanischen Gesichtsturnen der Periode Hallstatt D = 6. Jahrhundert v. Chr. übereinstimmt.

Sehr erwünscht ist die Kontrolle pollenanalytischer Datierungen mit Hilfe anderer Methoden, z. B. der C^{14} -Bestimmung. Für die Kulturschicht der Hamburger Stufe I in Meiendorf (Holstein), die R. Schütrumpf auf Grund seines ausgezeichneten Pollendiagramms und seiner Auswertung durch den Geologen K. Gripp mit etwa 18000 v. Chr. datiert hatte, konnte ich auf Grund meiner ostpreußischen Erfahrungen vor etwa 20 Jahren nur die Zeitstellung „höchstens 14000 v. Chr.“ angeben; 1955 wurde in Washington das C^{14} -Datum 15750 ± 800 Jahre vor heute, d. h. 13800 ± 800 v. Chr. bekanntgegeben! Das C^{14} -Datum für das älteste Neolithikum (Linearbandkeramik) in Westeregeln in Mitteldeutschland, 4250 ± 200 v. Chr., ist von prähistorischer Seite vielfach mit großer Skepsis zur Kenntnis genommen oder scharf abgelehnt worden, obwohl genügend einwandfreies Material (Getreide) für die C^{14} -Bestimmung zur Verfügung gestanden hat; für die Richtigkeit der Datierung spricht aber auch der pollenanalytische Nachweis des ersten Pollens vom Getreide-Typ in diesem Gebiet (ehem. Gaterslebener See in Mitteldeutschland) für die Mitte der Diagrammzone VI Firbas⁵¹⁾, aus der bisher nur mesolithische Funde bekannt waren; die C^{14} -Datierung von Westeregeln spricht daher auch dafür, daß der erwähnte „Pollen vom Getreide-Typ“ aus dem ehem. Gaterslebener See wirklich Getreidepollen ist. Nach dem Pollendiagramm von Poggenwisch bei Ahrensburg (Holstein) liegt die Kulturschicht der Hamburger Stufe II 70 cm unter der Unterkante des mutmaßlichen Bölling-Interstadials (und 180 cm unter der Oberkante der allerödzeitlichen Schicht mit dem in einem dänischen Moor für diese Oberkante bestimmten C^{14} -Datum 10830 ± 200 Jahre vor heute); für den Beginn des mutmaßlichen Bölling-Interstadials ist in Mitteldeutschland das C^{14} -Datum 12700 ± 320 ermittelt worden, für die Kulturschicht der Hamburger Stufe II von Poggenwisch das C^{14} -Datum 15150 ± 350 , also etwa 600 Jahre weniger als für die typologisch und pollenanalytisch ältere Kulturschicht der Hamburger Stufe I in Meiendorf.

Die Pollenanalyse ist also in der Moorarchäologie⁵²⁾ auch für die Datierung eine absolut zuverlässige Methode. Mit großem Erfolg ist sie seit vielen Jahren im Geburtsland der Moorarchäologie, Dänemark, angewandt worden; dem Nationalmuseum in Kopenhagen ist ein eigenes Moorklaboratorium (unter Leitung von

⁵⁰⁾ W. La Baume, Die vorgeschichtliche Moorleiche aus Dröbnitz, Kr. Osterode/Ostpreußen, in: Forschungen und Fortschritte 16, 1940, S. 387ff.

⁵¹⁾ H. Müller, Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des mitteldeutschen Trockengebietes, in: Nova Acta Leopoldina NF 110, Bd. 16, 1953, S. 19, 40, Abb. 6.

⁵²⁾ H. Schwabedissen, Die Bedeutung der Moorarchäologie für die Vorgeschichtsforschung, in: Offa 8, 1949, S. 46ff.

J. Troels-Smith) angegliedert. J. Troels-Smith¹⁾ ist in 10jähriger Arbeit dank äußerst geschickter Ausgrabungstechnik im Aamose (West-Seeland) der Nachweis gelungen, daß die früher fast allgemein für mesolithisch gehaltene „klassische“ Ertebölle-Kultur eine Halb-Bauernkultur war und daß Ackerbau und Viehzucht in Dänemark nicht unbedeutend lange vor der Megalithkultur begonnen haben; der Ertebölle-Kultur ist vermutlich die von J. Iversen⁵³⁾ pollenanalytisch nachgewiesene Schaffung großer Weideflächen durch Brandrodung zuzuschreiben. In allen jüngeren Ertebölle-Kulturschichten Dänemarks sind Haustierreste und Ton-scherben zu finden. Die ältesten Tongefäße Dänemarks (Trichterbecher-Typ A von Becker) mit Abdrücken von Getreidekörnern (Nacktgerste, Weizen) sind auf Grund der pollenanalytischen Datierung der Ertebölle-Kultur zuzuweisen; die für diese Kultur bisher allein als typisch betrachteten spitzbodigen dickwandigen Tongefäße sind mit der gleichen Technik angefertigt wie die dünnwandigen A-Gefäße mit flachem Boden. Diese Ertebölle-Wohnplatzkultur, zu der auch der seit Jahrzehnten in der quartärgeologischen und prähistorischen Literatur hinsichtlich seiner zeitlichen und kulturellen Einstufung umstrittene Wohnplatz Ellerbek bei Kiel gehört, stimmt im Prinzip mit der Kultur der frühen schweizerischen Pfahlbauten (Michelsberger und früheste Cortaillod-Kultur) überein, aber auch mit dem ältesten westeuropäischen Campignien im Sinne von L.-R. Nougier, der aber mit untauglichen stratigraphischen Methoden den Beginn dieses Frühneolithikums mit etwa 5000 v. Chr. datiert hat. Für den Ertebölle-Wohnplatz Muldbjerg I (Mul. I) im Aamose auf Seeland ist das C¹⁴-Datum 2620 ± 80 v. Chr., für die älteste Cortaillod-Kultur (Pfahlbau Egolzwil 3 im Wauwiler See) das C¹⁴-Datum 2740 ± 90 v. Chr. ermittelt worden⁵⁵⁾. Im südlichen Ostseegebiet reichte die Ertebölle-Kultur vielfach bis tief ins Vollneolithikum (frühe Ganggräberzeit, etwa 2300 v. Chr.) hinein.

Eine kurze Übersicht über die Grundlagen, auf denen die Synchronisierung (und damit die Eichung im absoluten Zeitmaß) der mitteleuropäischen Pollendiagramme beruht, hat F. Firbas⁵⁶⁾ gegeben. Voraussetzung sind dafür die oben angegebenen methodischen Verbesserungen. Rohe pollenanalytische Datierungen durch Fernkonnektierung beruhen darauf, daß in den vollständigen „postarktischen“ Pollendiagrammen kälteertragende Holzarten nicht nur in dem ältesten (vorwärmezeitlichen), sondern auch im jüngsten (nachwärmezeitlichen) Diagrammabschnitt $\pm$ dominieren („Revertenz“), während im mittleren (wärmezeitlichen) die wärmeliebenden Arten weitaus vorherrschen. Daß eine solche pollenanalytische Fernkonnektierung auch über ungeheure Entfernungen (von Europa nach Patagonien und Neu-Seeland) möglich ist, konnte mit Hilfe der C¹⁴-Methode bewiesen werden. Das Alleröd-Interstadial ist ein wichtiger Leithorizont der letzten Vereisung von weltweiter Bedeutung⁵⁷⁾.

⁵³⁾ J. Iversen, 1941.

⁵⁴⁾ L.-R. Nougier, Les civilisations Campigniennes en Europe occidentale, Le Mans 1950.

⁵⁵⁾ Briefliche Mitteilung von J. Troels-Smith, Kopenhagen.

⁵⁶⁾ F. Firbas, Die Synchronisierung der mitteleuropäischen Pollendiagramme, in: Danmarks Geolog. Undersøgelse II. R., Nr. 80, S. 12ff.

⁵⁷⁾ H. Gross, 1954.

Die Altersbestimmungen mit Hilfe der Meeresspiegelschwankungen

Meeresspiegelschwankungen (die hier nur für das Nord- und Ostseegebiet berücksichtigt werden sollen) können durch isostatische Krustenbewegungen (also Transgression durch Landsenkung, Regression durch Landhebung) bewirkt werden, aber auch eustatischer Natur sein (Regression infolge einer Vereisung, Transgression infolge des Abschmelzens des Inlandeises). Da Isostasie und Eustasie nach dem Maximum einer Eiszeit zeitweise zusammenwirken, ist es natürlich vielfach sehr schwierig, Niveauänderungen richtig zu deuten. Im Ostseegebiet sind sie bekanntlich mit Änderungen der Salinität verbunden. Alle diese Veränderungen sind warwengeochronologisch sowie diatomeen- und pollenanalytisch datiert worden und kommen im allgemeinen nur für Zeitbestimmungen im Küstengebiet in Betracht.

Die neueste derartige Zeittafel für das Ostseegebiet stammt von M. Sauramo⁵⁸). Die Entwicklung der Ostsee begann mit dem späteiszeitlichen Baltischen Eissee, in den wiederholt Salzwasser aus den Eismeen einströmte: in den Schonen-Kalmar-Eissee bei Rörum erstmals zwischen 13510 und 12310 vor heute vom westlichen Eismeer durch den Öresund, während die Darsser Schwelle vom Eisrückzug bis in die Litorina-Zeit über dem Meeresspiegel blieb. Vom Weißen Meer strömte Salzwasser kurzperiodisch im Spätglazial über die Karelische Landenge in den Baltischen Eissee erstmals wenig früher als 10000 v. Chr., dann sowohl unmittelbar nach dem Eisrückzug vom Salpausselkä I um 8515 und vom Salpausselkä II um 8070 v. Chr. (letzte in 1 Jahr bis zur schwedischen Ostküste). Nach dem Abrücken des Inlandeises von der Nordspitze des Berges Billingen (zwischen Vättern- und Vänern-See) um 7873 (abgerundet um 8000) v. Chr. sank der Spiegel des Baltischen Eissees um 13 m auf das Niveau des westlichen Eismeres (des Yoldia-Meeres) ab, so daß sein Salzwasser in den Baltischen Eissee (bis Finnland!) eindringen und ihn in das früh-nacheiszeitliche (präboreale) Yoldia-Stadium der Ostsee, ihr erstes Brackwasser-Stadium, verwandeln konnte, besonders nachdem beim weiteren Eisrückzug ein breiter Sund in Närke entstanden war. Gegen Ende dieses Yoldia-Stadiums um 7300 v. Chr. erfolgte seine stufenweise Regression um 40 m, die von einer starken eustatischen marinen Transgression (Maximum zu Beginn des Boreals) abgelöst wurde; auf das Yoldia-Stadium folgte das (nach einer Diatomeen-Form benannte) Echenëis- (früher Rhabdonema-Phase genannte) Stadium, ebenfalls ein Brackwasserstadium. Im Endabschnitt des Boreals hob sich die mittelschwedische Schwelle rasch, so daß durch Abschnürung vom Weltmeer das brackische Echenëis-Stadium in das Süßwasser-Stadium des Ancylus-Sees für nur 300–400 Jahre⁵⁹) umgewandelt wurde; er hatte einen Abfluß nach Westen durch den Svea-älv bei Degerfors. Als sein Spiegel 13–14 m hoch angestiegen war, bewirkte eine plötzliche Landsenkung im südwestlichen Ostseegebiet im Übergang vom Boreal zum Atlantikum (um 6000 v. Chr.) einen Abfluß durch die Belte bis zum Niveau des Weltmeeres. Die Ostsee wurde wieder brackisch (Mastogloia-Meer, auf das das Litorina-Meer von etwa 5000 bis 1000 v. Chr. folgte). Für die eustatische marine Litorina-Transgression sind in Finnland (durch M. Sauramo) und in Dänemark

⁵⁸) M. Sauramo, 1954, S. 231; besser 1955 (a), S. 9.

⁵⁹) M. Sauramo, 1954; 1955 (a).

(durch J. Iversen und J. Troels-Smith) mit Hilfe der Pollen- und Diatomeen-Analyse 4 Phasen festgestellt worden, was an der deutschen Ostseeküste noch nicht geschehen ist. Infolge der isostatischen Landhebung im Zentrum Fennoskandiaviens (um etwa 300 m) in der Nacheiszeit wurde das Litorina-Maximum (L I) in Finnland um 4000 v. Chr. erreicht, in Dänemark erst um 2000 v. Chr. (L IV), an der Südküste der Ostsee im Übergang von der Jungsteinzeit zur Bronzezeit.

Den Transgressionsverlauf an der holsteinischen Ostseeküste (speziell in der Kieler und Lübecker Bucht) haben E. Tapfer⁶⁰⁾ und (diesen teilweise berichtigend) H. Schmitz⁶¹⁾ pollenanalytisch untersucht und datiert; danach ging diese Transgression zwischen 6000 und 5000 v. Chr. mit mindestens 16 m außerordentlich rasch vor sich, was für die Deutung von M. Sauramo im Gegensatz zu H. Schmitz spricht; aber vom ziemlich frühen Neolithikum bis tief in die Nachwärmezeit ging sie mit nur 4 m recht langsam weiter. Der Transgressionskontakt dicht über der Ellerbeker Ertebölle-Kulturschicht (mit Haustierresten und Tonscherben) in der Kieler Förde in 8,5 bis 9 m Tiefe wird von E. Tapfer mit 3000 v. Chr. datiert, also nur wenig älter als die mit C¹⁴ datierte Ertebölle-Station Mul. I im Aamose in Dänemark. Die späte zeitliche Ansetzung von Ellerbek wird durch folgende Befunde gestützt: C. A. Weber fand die ersten Rotbuchen-Pollenkörner nur wenig über dem Transgressionskontakt; die Rotbuche begann sich aber im ostholsteinischen Küstengebiet erst um 2000 v. Chr. auszubreiten. Der von E. Werth⁶²⁾ versuchte Nachweis, daß das Litorina-Maximum um 5000 v. Chr. die Zeitgrenze zwischen Meso- und Neolithikum sei, weil alle unter dem heutigen Ostseespiegel (nach E. Werth um 5000 v. Chr. erreicht) liegenden Wohnplätze mesolithisch seien, ist also verfehlt.

Auch in der Nordsee ist nur etwa die Hälfte der Flandrischen Transgression nach dem Maximum der letzten Vereisung in ihrem Verlauf der geologischen Erforschung zugänglich, da die größte Tiefe, aus der fossilführende pollenanalytisch erfaßbare Bildungen (Basistorfe) für eine pollenanalytische Datierung zur Verfügung standen, 53 m ist, die Regression in der Hauptwürm-Eiszeit aber etwa 90–100 m⁶³⁾, nach R. A. Daly und K. Gripp⁶⁴⁾ 75 m betragen hat. Mit dem Beginn der Abschmelzperiode (vom Brandenburger Stadium ab) setzte die eustatische Hebung des Meeresspiegels ein. Aber das Gebiet der südlichen Nordsee war um etwa 7000 v. Chr. noch Land wie in der Würm-Eiszeit und im Spätglazial⁶⁵⁾, so daß England mit dem Festland noch verbunden war. Die Bedeutung dieser Tatsache für die Ausbreitung spätpaläolithischer Kulturen in Nordwesteuropa zeigen die

⁶⁰⁾ E. Tapfer, Meeresgeschichte der Kieler und Lübecker Bucht, Geologie der Meere und Binnengewässer 4, 1940.

⁶¹⁾ H. Schmitz, Der zeitliche Ablauf der postglazialen Transgression der holsteinischen Ostseeküste, in: Mitteilungen des Geologischen Staatsinstitutes Hamburg 23, 1954, S. 150ff.

⁶²⁾ E. Werth, Die Litorinasenkung und die steinzeitlichen Kulturen im Rahmen der isostatischen Meeresspiegelschwankungen des nordeuropäischen Postglazials, in: Akademie der Wissenschaften und Literatur Mainz, Abh. mat.-nat. Kl. 1954, Nr. 3, 1955, S. 313ff.

⁶³⁾ P. Woldstedt, Das Eiszeitalter, 1. Bd., 2. Aufl., Stuttgart 1954.

⁶⁴⁾ K. Gripp, Die Litorina- oder Corbula-Überflutung, in: Schwantes-Festschrift, Neumünster 1951, S. 45ff.

⁶⁵⁾ Vgl. Kt. bei P. Woldstedt, Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter, 2. Aufl., Stuttgart 1955.

Karten von H. Schwabedissen⁶⁶). In einem Torfstück, das etwa 45 km östlich der Küste von Norfolk aus 36 m Tiefe heraufgeholt wurde, fand sich eine mesolithische Harpune. Im Gebiet der Doggerbank bildeten sich (nach den pollenanalytischen Untersuchungen) im Übergang vom Präboreal zum Boreal (um 7000 v. Chr.) geringmächtige Flachmoortorfe.

Die Überflutung des Nordseelandes hat anscheinend schon ziemlich früh im Boreal (an den tiefsten Stellen) begonnen. Ihren Verlauf haben in neuester Zeit K. Gripp⁶⁷ und E. Dittmer⁶⁸) geschildert. Sie nennen die warmzeitliche Transgression, die der Litorina-Transgression der Ostsee entspricht, in der Nordsee Corbula-Überflutung (nach der Muschel *Corbula gibba*), da die Schnecke *Litorina litorea* in der Nordsee während der ganzen Nacheiszeit lebte. Auch die Corbula-Transgression (von etwa 6000 v. Chr. bis Chr. Geb.) ist in der Hauptsache eustatisch erfolgt. Die Tatsache, daß nach E. Dittmer⁶⁹) von 6000 bis 4000 v. Chr. die Hebung des Meeresspiegels 25 m betrug (von 4000 v. Chr. bis Chr. Geb. nur 10 m), scheint für die Annahme von M. Sauramo⁷⁰) zu sprechen, daß auch im Nordseegebiet wie im südwestlichen Ostseegebiet im Übergang vom Boreal zum Atlantikum eine plötzliche Landsenkung erfolgt ist. Nach E. Dittmer hat Schüttes Auffassung von mehreren Hebungen und Senkungen einer weiträumigen Untersuchung nicht standhalten können; insbesondere ist eine Landhebung zur Bronzezeit nicht nachweisbar. R. Schindler⁷¹) konnte in Boberg bei Hamburg nachweisen, daß die Flandrische (Corbula-) Transgression eine Kulturschicht aus dem Ende des Neolithikums (oder eher aus der Bronzezeit Per. I) mit 20–60 cm Klei bedeckt hat. Für die in ihren Ursachen noch nicht befriedigend geklärte Dünkirchener Transgression von Chr. Geb. bis heute gibt E. Dittmer insgesamt 2 m an, wovon aber mindestens ein großer Teil auf die Sackung der an organischer Substanz reichen Schlickmassen kommen dürften; er weist nachdrücklich darauf hin, daß z. B. in Nordfriesland die alte stein-bronzezeitliche Marsch, die in den höchsten Teilen schon vor 3000 Jahren über dem damaligen MT-Hochwasser gelegen hat, durch die mittelalterliche Verfehnung fast überall unter dieses Niveau herabgedrückt worden ist. K. Gripp⁷²) hat darauf aufmerksam gemacht, daß auch die zunehmende Wasserlast den Nordseeboden herabdrücken mußte (eine Wasserlast von 50 m etwa um 10 m!), ebenso die 10–20 m mächtigen bis 50 km breiten in den letzten 7000 Jahren zusammengespülten Sand- und Schlickmassen (schätzungsweise durch 10 m Sediment 2,5 m); deswegen könne die heutige Höhenlage verschiedener vorgeschichtlicher Funde in jenen jungen Sedimentationsgebieten nicht ohne weiteres verglichen werden.

⁶⁶) H. Schwabedissen, Die Federmesser-Gruppen des nordwesteuropäischen Flachlandes. Zur Ausbreitung des Spät-Magdalénien, Neumünster 1954, Taf. 101–103.

⁶⁷) Zum Beispiel K. Gripp, 1951.

⁶⁸) Zum Beispiel E. Dittmer, Die nacheiszeitliche Entwicklung der schleswig-holsteinschen Westküste, in: Meyniana I, 1952, S. 138 ff.

⁶⁹) E. Dittmer, 1952.

⁷⁰) M. Sauramo, 1954, 1955 (a).

⁷¹) R. Schindler, Die Entdeckung zweier jungsteinzeitlicher Wohnplätze unter dem Marschenschlick im Vorgelände der Boberger Dünen und ihre Bedeutung für die Steinzeitforschung Nordwestdeutschlands, in: Hammaburg 9, 1953, S. 1 f.

⁷²) K. Gripp, 1951.

Die Radiokarbon-Methode

Diese modernste Methode der Altersbestimmung subfossiler organischer Funde befindet sich wegen ihrer großen Schwierigkeit seit 1949 noch im Entwicklungsstadium⁷³⁾. Es werden die Meßapparate verbessert und die Laboratorien, die bisher nach der Methode von W. F. Libby festen Kohlenstoff aus dem zu datierenden Objekt zur C^{14} -Bestimmung benutzten, meistens auf die gasförmige umgestellt, die für diese Bestimmung aus dem zu datierenden Objekt CO_2 erzeugt (von der C_2H_2 -Methode kommt man mehr und mehr ab, weil sie zu gefährlich ist). Diese amerikanische Methode, auf die die Amerikaner für ihre Untersuchungen des Spätquartärs und der Vorgeschichte in der Neuen Welt angewiesen sind, ist in Deutschland zu Unrecht vielfach mit großem Mißtrauen aufgenommen, von manchen Prähistorikern abgelehnt, von manchen Forschern als typisch amerikanische Aufschneiderei beschimpft worden, weil ihnen manche C^{14} -Datierungen, auch wenn sie sicher einwandfrei waren, nicht paßten. Daß diese Einstellung völlig abwegig ist, beweist die Tatsache, daß längst auch in der Alten Welt in vielen Ländern C^{14} -Laboratorien eingerichtet worden sind, obwohl sie wie die C^{14} -Bestimmungen sehr kostspielig sind, und daß alle diese Laboratorien so mit Datierungsmaterial überhäuft sind, daß die Einsender sehr lange auf die C^{14} -Daten warten müssen.

Umfangreiche Untersuchungen verschiedener Laboratorien haben ergeben, daß Knochen und Geweihe, wie die Kontrolle mit anderen Methoden der Altersbestimmung zeigte, fast immer wenig oder gar nicht brauchbare C^{14} -Daten liefern; ähnliches gilt von Muschelschalen, während merkwürdigerweise Landschneckengehäuse anscheinend immer, wie Kontrollbestimmungen mit Holzkohle aus der gleichen Fundschicht ergaben, einwandfreie Ergebnisse liefern. Eher können verkohlte Knochen verwandt werden. Am besten sind Holzkohle, Holz und andere pflanzliche Objekte. Unbefriedigende oder ganz offenbar unbrauchbare C^{14} -Daten beweisen nicht die Unzuverlässigkeit oder gar Unbrauchbarkeit dieser Methode, sondern deuten auf ungeeignetes Untersuchungsmaterial (Knochen, Geweih, Verunreinigung durch jüngere kohlenstoffhaltige Substanzen wie rezente Wurzeln, Staub, Huminsubstanzen, Schimmel und andere Verunreinigung, unsorgfältige Probenentnahme am Fundort, zu kleine Mengen). Die Probenentnahme muß durch den zuständigen Prähistoriker besorgt oder überwacht werden. Störend ist noch der mit $\pm$ angegebene „mittlere Fehler“, um dessen Verkleinerung sich die C^{14} -Laboratorien bemühen.

Die Reichweite der C^{14} -Datierung beträgt heute maximal 50000 Jahre, aber in 35000—50000 Jahre alten Proben kann der sehr geringe C^{14} -Gehalt nur sehr schwer einigermaßen befriedigend gemessen werden.

⁷³⁾ Vgl. bes. F. Johnson, Radiocarbon Dating, in: American Antiquity 17, Nr. 1, part 2, 1951, S. 1ff. — F. E. Zeuner, Archäologische Zeitbestimmungen durch radioaktiven Kohlenstoff, in: Archaeologia Austriaca 8, 1951, S. 82ff. — W. F. Libby, Radiocarbon Dating, in: Univ. of Chicago Press., 1955. — H. Gross, Die Radiokarbonmethode, ihre Ergebnisse und Bedeutung für die spätquartäre Geologie, Paläontologie und Vorgeschichte, in: Eiszeitalter und Gegenwart 2, 1952, S. 68ff. u. 8, 1957, S. 141f. — H. Levi, Bibliography on C^{14} -Dating, in: Quaternaria II, 1955.

Selbstverständlich ist es dringend erwünscht, daß jede vorgeschichtliche Kulturphase an mehreren Fundplätzen eines bestimmten Gebiets mit C^{14} datiert wird, womöglich von verschiedenen Laboratorien. Wichtig ist, daß möglichst große Proben gesammelt werden.

Die Brauchbarkeit der C^{14} -Methode ist mehrfach durch die Kontrolle mit anderen Methoden (Stratigraphie, Warwengeochronologie, Pollenanalyse und früh-historische Archäologie) bewiesen worden. So wurde in Washington auch für eine zweite Aschenprobe mit Holzkohlespuren eines Herdes der Kulturschicht des Périgordien IV des Abri Pataud in Les Eyzies das C^{14} -Datum ermittelt, da der Sammler (der Prähistoriker H. L. Movius, Jr.) das C^{14} -Datum der ersten Probe als das bisher wichtigste C^{14} -Datum eines vorgeschichtlichen Fundplatzes in Europa ansah; die beiden C^{14} -Daten sind: $23\,600 \pm 800$ und $24\,000 \pm 1000$ Jahre vor heute⁷⁴). Zwei Proben der Allerödgyttja auf der Schicht vulkanischer Asche in Wallensen (zwischen Göttingen und Hannover) lieferten in Chicago⁷⁵) das C^{14} -Datum $11\,044 \pm 500$ Jahre vor heute, in Kopenhagen⁷⁶) $11\,160 \pm 320$.

Von manchen Prähistorikern in Deutschland werden die von dem Erfinder der C^{14} -Methode, W. F. Libby vom Kernphysikalischen Institut in Chicago, mit Verwendung von festem C aus der zu datierenden Substanz ermittelten C^{14} -Daten zu Unrecht in Bausch und Bogen abgelehnt; für Proben von Torf und Holz aus der Waldtorfschicht des Two Creeks Forest Bed in Nordamerika haben I. R. Arnold und W. F. Libby⁷⁷) folgende C^{14} -Daten mit festem C ermittelt:

$$\left. \begin{array}{l} 10\,877 \pm 740 \\ 11\,437 \pm 770 \\ 11\,097 \pm 600 \\ 12\,168 \pm 1500 \\ 11\,442 \pm 640 \end{array} \right\} \text{Durchschnitt } 11\,404 \pm 350.$$

Mit Hilfe der C_2H_2 -Methode ermittelte H. E. Suess⁷⁸) in Washington für 2 Proben aus derselben Schicht die Altersbestimmungen

$$\left. \begin{array}{l} 11\,350 \pm 120 \\ 11\,410 \pm 180 \end{array} \right\} \text{Durchschnitt: } 11\,370 \pm 100.$$

Dieses nordamerikanische Two Creeks Forest Bed zwischen zwei Grundmoränen der letzten Vereisung (Wisconsin) entspricht nach der C^{14} -Datierung dem europäischen Alleröd-Interstadial. Für dieses liegen bisher von verschiedenen Fundorten und C^{14} -Laboratorien mindestens 15 C^{14} -Datierungen vor; sie bewegen sich alle um 11000 Jahre vor heute, also um etwa 9000 v. Chr., ein schlagender Beweis für die Brauchbarkeit der C^{14} -Methode! Hierzu ist zu bemerken, daß die Proben für diese Altersbestimmungen aus Aufschlüssen entnommen worden sind und daß die Alleröd-Bildungen, wie oben ausgeführt worden ist, in den Schichtenfolgen

⁷⁴) M. Rubin — H. E. Suess, U. S. Geological Survey Radiocarbon Dates II, Science 121, 1955, S. 481f.

⁷⁵) Science vol. 1951, Nr. 2927.

⁷⁶) J. Iversen, 1953.

⁷⁷) J. R. Arnold — W. F. Libby, Radiocarbon Dates, in: Science 113, 1951, S. 111ff.

⁷⁸) H. E. Suess, U.S. Geological Survey Radiocarbon Dates I, in: Science 120, 1954, S. 467ff.

- Gro — 468: Magdalénien-Station an der Schussenquelle in Württemberg: unterster Braunmoostorf auf der Hauptkulturschicht 14470 ± 385
- H — 106/89: Beginn des Bölling-Interstadials (zwischen der Älteren und der Ältesten Tundrenzeit) im ehem. Gaterslebener See, Kreis Aschersleben (Die Naturwissenschaften 42, 1955, S. 509) 12700 ± 320
- H — 77/54: Ende des Bölling-Interstadials von H — 106/89 12300 ± 260
- H: Spätmagdalénien von Rissen bei Hamburg, Alleröd-Gyttja-Proben (H. Schwabedissen, Vortrag in Laufen 1955) 11800
11600
11500
- P — 20 u. 20b: Mesolithische Seehundjäger-Kulturschicht mit großem Haushund (?) im Belt Cave (Ghar-i-Kamarband) an der Südküste des Kaspischen Meeres (Science 121, Nr. 3136, 1955) 11480 ± 550
- H: Madgalénien-Station Andernach am Rhein (briefliche Mitteilung des Labor.-Leiters Münnich) etwa 11300
- K — 106: Alleröd-Interstadial von Ruds-Vedby auf Seeland (Dänemark), Horizont IIa/IIb unmittelbar vor dem Optimum (J. Iversen, 1953) 11880 ± 340
- K — 101 A, B, C: Ende des Alleröd-Interstadials und Beginn der
- K — 102: Jüngerer Tundrenzeit in Ruds-Vedby (J. Iversen, 1953) Durchschnitt 10830 ± 200
- K — 103: Ende der Jüngerer Tundrenzeit (Grenze Spätglazial/Postglazial) im ehem. Bölling-See in Jütland (J. Iversen, 1953) 10300 ± 350
- C — 353: Ältester Maglemose-Wohnplatz in England: Star Carr am Lake Pickering, Yorkshire (Science 113, Nr. 2927, 1951) 10167 ± 560
8808 ± 490
Durchschnitt 9488 ± 350
- P — 12: Herd unter den Hotu-Menschen-Skeletten 2 u. 3 (Wühlmaus-Esser) in 9,50 m Tiefe in der Hotu-Höhle an der Südküste des Kaspischen Meeres (Science 121, Nr. 3136, 1955) 9190 ± 590
- L — 134: Oberes Capsien von El Mekta bei Gafsa in Tunis (Science 116, Nr. 3016, 1952) 8400 ± 400
- P — 37: Früh-Neolithikum („Sub-Neolithic“) in der Hotu-Höhle in 7,65 m Tiefe (siehe P — 12) 8070 ± 500
- P — 26 u. 26a: Vorkeramisches Neolithikum im Belt Cave (Ghar-i-Kamarband) an der Südküste des Kaspischen Meeres (Science 121, Nr. 3136, 1955) 7790 ± 330

C — 919:	Neolithischer Wohnplatz Khirbet-el-Bitar bei Beer-Sheba in Israel mit Tonscherben verwandt mit der Ghasulien-Kultur von Ost-Palästina (W. F. Libby, 1954)	7420 ± 520
P — 19, 19 a u. b:	Neolithikum („software Neolithic“) im Belt Cave (siehe P — 26)	7280 ± 460
C — 113:	Jarmo, ältestes Bauerndorf im Irak (J. R. Arnold — W. F. Libby, 1951; R. J. Braidwood, From Cave to Village, in: Scientific American 187, Nr. 4, 1952, S. 62 ff.)	6707 ± 320
C — 550 u. 551:	Fayum A (Ägypten): Weizen- und Gerstenkörner aus Upper K Pit No. 59 (J. R. Arnold — W. F. Libby, 1951)	6391 ± 180
Gro:	Linearbandkeramische Vorratsgrube mit Weizen und Erbsen in Westeregeln in Mitteldeutschland (nach Mitteilung von Prof. Dr. Rothmaler, Greifswald)	6200 ± 200
C — 457:	Fayum A: Weizen- und Gerstenkörner (unverkohlt) aus Upper K Pit No. 13 (J. R. Arnold — W. F. Libby, 1951)	6054 ± 330 6136 ± 320 Durchschnitt 6095 ± 250
Gro:	Linearbandkeramische Kulturschicht in Wittislingen Kreis Dillingen a. d. Donau (Bayern)	6050 ± 125
C — 817:	Beginn der ersten Blütezeit der Ubaid-Periode im nördlichen Irak in Tepe Gawra (W. F. Libby, 1954)	5552 ± 350 5100 ± 800 Durchschnitt 5400 ± 325
C — 819:	Erste städtische Niederlassung in der Hafenstadt Byblos, Libanon, aus der frühen Bronzezeit I in Palästina = späte vordynastische bis früh-dynastische Periode I in Ägypten (W. F. Libby, 1954)	5317 ± 300
GL — 24:	Jericho: spät-chalkolithisches Felsgrab No. A. 94, eines der ältesten Gräber des Tells von Jericho (F. E. Zeuner, Radiocarbon Dates, in: Univ. of London Institute of Archaeology 11, 1955, S. 43 ff.)	5210 ± 110
C — 462:	Jungsteinzeitlicher See-Wohnplatz mit Neolithikum A-Material im Ehenside Tarn, Cumberland (J. R. Arnold — W. F. Libby, 1951)	4964 ± 300
GL — 18:	Älteste Cortaillod-Kultur in der Schweiz (Pfahlbau Egolzwil 3 im Wauwiler See) (F. E. Zeuner, 1955)	4650 ± 110
K:	Dasselbe wie GL — 18 (briefliche Mitteilung von J. Troels-Smith, Kopenhagen 1956)	4690 ± 90
K:	Ertebölle-Wohnplatz Muldbjerg I (Mul. I) im Aamose auf Seeland, Dänemark (briefliche Mitteilung von J. Troels-Smith, 1956)	4570 ± 80

- C — 602: Stonehenge, Wiltshire: Holzkohle aus Loch 32 aus der ersten Bauperiode der Steinsetzung (J. R. Arnold — W. F. Libby, 1951) 3798 ± 275

Weitere C¹⁴-Daten für das Neolithikum werden von der Arbeitsgemeinschaft für die Erforschung der frühgeschichtlichen Landwirtschaft veröffentlicht.

Die astronomische Methode

Datierungen pleistozäner Vorgänge und Bildungen auch vor etwa 40000 Jahren vor heute im absoluten Zeitmaß will die astronomische Methode⁷⁹⁾ mit Hilfe der Sonnenstrahlungskurve ermöglichen, wie sie M. Milankovitch aus dem Wechsel in der Schiefe der Ekliptik, der Exzentrizität der Erdbahn und der Perihellage während der letzten Million Jahre berechnet hat; sie wird gewöhnlich für die letzten 600000 Jahre dargestellt, da der mögliche Fehler zwischen 600000 und 1000000 Jahren vor heute auf etwa 10% wächst⁸⁰⁾. M. Milankovitch hat diese Kurve im Laufe der Jahre wesentlich verbessert durch die Berücksichtigung von Sekundäreinflüssen (Verspätungserscheinungen und Reflexionseffekt, der eine Selbstverstärkung der Vereisung zur Folge hat⁸¹⁾). Weitere Verbesserungen hat neuerdings auch der Ungar G. Bacsák⁸²⁾ vorgenommen.

Für die Verwendbarkeit der Sonnenstrahlungskurve von M. Milankovitch für die Gliederung und Chronologie des Pleistozäns spricht der Umstand, daß schon kurz vor der ersten Veröffentlichung der Sonnenstrahlungskurve (in dem bekannten Buch von W. Köppen und A. Wegener, 1924) sowohl B. Eberl (im Gebiet zwischen Iller- und Lech-Tal) als auch W. Soergel (im Ilm-Tal) mit rein geologischen Methoden (auf Grund der Flußterrassen) zu der gleichen Gliederung gelangt sind und daß die von B. Eberl erkannten Kaltzeiten vor der Günzeiszeit durch die von ihm angeregte Verlängerung der Strahlungskurve von 600000 bis 1000000 Jahren von M. Milankovitch bestätigt werden konnten. Ferner hatten schon A. Penck und E. Brückner die Mindel-Riß-Interglazialzeit als besonders lang erkannt; ein derartig langes Mindel-Riß-Interglazial läßt auch die Sonnenstrahlungskurve erkennen. Mathematische Berechnungen erwecken immer den Eindruck von Exaktheit und Zuverlässigkeit und wirken dadurch bestechend. Die saubere Berechnung der Periodenlänge und Zeitstellung eines 85fachen Wechsels seiner 4 solaren Klimatypen in den 600000 Jahren des Quartärs durch G. Bacsák, ausführlich graphisch dargestellt mit Berücksichtigung der Bodenbildung von P. Kriván⁸³⁾ ist das Non-plusultra der astronomischen Methode.

⁷⁹⁾ Vgl. bes. M. Milankovitch, Kanon der Erdbestrahlung, Kgl. Serb. Akad. Belgrad, 1941. — W. Wundt — W. Meinardus, in: Geologische Rundschau 34, H. 7/8. — F. E. Zeuner, 1952. — G. Bacsák, Pliozän- und Pleistozänzeitalter im Licht der Himmelsmechanik, in: Acta Geologica III/4, 1955, S. 305ff. — P. Kriván, Die klimatische Gliederung des mitteleuropäischen Pleistozäns, in: Acta Geologica III, 4, 1955, S. 358ff. — Zur Kritik: M. Schwarzbach, Das Klima der Vorzeit, Stuttgart 1950. — P. Woldstedt, 1954.

⁸⁰⁾ F. E. Zeuner, 1952.

⁸¹⁾ Vgl. W. Wundt, 1944.

⁸²⁾ G. Bacsák, 1955.

⁸³⁾ P. Kriván, 1955.

Diese heute besonders von Geographen und Prähistorikern anerkannte Methode wird von den allermeisten Quartärgeologen mehr oder weniger scharf abgelehnt⁸⁴). Es genügt hier wohl, nur auf die schwerwiegendsten Argumente gegen die Verwendung der Sonnenstrahlungskurve in der Quartärforschung genauer einzugehen und dazu besonders den der Würm-Eiszeit zugeschriebenen Teil der Kurve zu berücksichtigen.

Der letzten Eiszeit werden seit jeher von den Anhängern der Theorie von M. Milankovitch die 3 letzten Kältezacken als Maxima von Würm I vor 115, Würm II vor 72 und Würm III vor 25 Jahrtausenden zugeschrieben, wobei von manchen (wie W. Soergel und F. E. Zeuner sowie W. Wundt) Würm I mit dem Warthe-Stadium identifiziert wird, das aber nach P. Woldstedt die letzte Phase der Saale-(Riß-) Vereisung ist. J. Spitaler läßt aber mit der drittletzten Kältezacke schon das Spätglazial beginnen und die Würm-Eiszeit von 400 000 bis 140 000 Jahre vor heute dauern; eine solche Länge ist aber völlig ausgeschlossen, außerdem endete die Würm-Eiszeit nach der warwengeochronologischen, pollenanalytischen und C¹⁴-Datierung vor etwa 10 000 Jahren! R. Grahmann und K. Richter wollten nur die letzte Kältezacke (Maximum in 65° N vor 25 000 Jahren) mit der ganzen Würm-Eiszeit identifizieren, was P. Woldstedt⁸⁵) für nicht unmöglich hält. Nach der Strahlungstheorie soll die Würm-Eiszeit etwa 115 000 Jahre, die Riß- (Saale-) Eiszeit trotz ihrer sehr viel ausgedehnteren Vereisung aber nur 65 000 Jahre lang gewesen sein; nach der Vereisungskurve von W. Soergel⁸⁶) sollen zwar beide Eiszeiten gleich lang gewesen sein, aber für eine so lange Dauer der Würm-Eiszeit gibt es keine geologischen Beweise. Für etwa 8000 v. Chr. (nach neueren Angaben: 9300 v. Chr.) gibt die Strahlungskurve das letzte Wärmemaximum an, das nördlich von 55° N die Schneegrenze um mindestens 800 m über die heutige gehoben haben soll. Aber um 8000 v. Chr. endete die letzte sehr starke Abkühlung der letzten Eiszeit, die fast 900 Jahre lange Jüngere Tundrenzeit⁸⁷). Nimmt man mit M. Schwarzbach und F. E. Zeuner für das letzte Wärmemaximum die Zeit um 9300 v. Chr., also die Mitte der Alleröd-Wärmeschwankung, an, so muß man beachten, daß nur die zweite Hälfte dieses Interstadials ein temperiertes Klima hatte und daß die Strahlungskurve für die Zeit zwischen 9000 und 8000 v. Chr. keine Kältezacke (die Jüngere Tundrenzeit) aufweist; das Wärmemaximum nach der letzten Eiszeit fällt nach den pollenanalytischen Untersuchungen erst in die Zeit zwischen 6000 und 5000 v. Chr.

Der schwerwiegendste Einwand kommt aber von der Radiokarbon-Methode. Da die Richtigkeit ihrer Datierungen des Eiszeitendes (um 8000 v. Chr.) und des Alleröd-Interstadials (etwa 10000 bis 8800 v. Chr., also um 9000 v. Chr.) durch die warwengeochronologische Methode bestätigt worden ist, darf man annehmen, daß auch ältere C¹⁴-Daten stimmen, wenn für sie einwandfreies Material zur Verfügung stand. Für das Aurignacien wurde auf Grund der Sonnenstrahlungskurve eine Zeitstellung von etwa 100 000 bis 50 000 Jahre, für das Magdalénien etwa 50 000 bis

⁸⁴) Vgl. bes. die Kritik von M. Schwarzbach, 1950, und von P. Woldstedt, 1954.

⁸⁵) P. Woldstedt, 1954, S. 341.

⁸⁶) W. Soergel, Die Vereisungskurve, Berlin 1937.

⁸⁷) F. Firbas, Über die späteiszeitlichen Verschiebungen der Waldgrenze, in: Die Naturwissenschaften 34, 1947, S. 114ff.

10000 Jahre vor heute angegeben⁸⁸⁾. Die C¹⁴-Methode ergab aber für Périgordien IV in Frankreich ein Alter von etwa 24000 Jahren, für „Aurignacien“ in Mitteleuropa 24000 bis 25000 Jahre, für die Magdalénien-Station an der Schussenquelle (die zum mittleren Magdalénien von manchen Autoren gestellt wurde) ein Alter von etwa 15000 Jahren! Für den Anfangsabschnitt der Ältesten (baumlosen) Tundrenzeit bei Ahrensburg (Holstein) liegt ein C¹⁴-Datum $15\,750 \pm 800$ vor; das Pommerische Stadium soll nach einer warwengeochronologischen Datierung von E. H. De Geer rund 16000 Jahre zurückliegen, was sicher zu wenig ist, aber die Datierung 22100 Jahre vor heute für das Pommerische Stadium (Würm III) auf Grund der Strahlungskurve ist trotzdem erheblich zu alt.

Nach der Strahlungskurve sind die Kältezacken für die nördliche und die südliche Halbkugel nicht gleich alt, wenn der Altersunterschied auch nicht sehr groß ist (10000 bis 11000 Jahre); es konnte aber mit Hilfe der C¹⁴-Methode nachgewiesen werden, daß die letzte Eiszeit auf beiden Halbkugeln gleichzeitig endete⁸⁹⁾.

Nach der Löß- und Höhlenstratigraphie hatte die Würm-Eiszeit zwei relativ selbständige Stadiale, die durch ein langes Interstadial getrennt waren. Wenn diese Auffassung zutrifft, spricht sie gegen die Brauchbarkeit der Strahlungskurve für die Gliederung und Chronologie des Pleistozäns, wenn auch die Klimakurve der Würm-Eiszeit nach jener Auffassung sehr große Ähnlichkeit mit der Vereisungskurve von W. Soergel für diese Eiszeit hat, nur ist diese nach den vorliegenden C¹⁴-Daten zu urteilen, erheblich kürzer gewesen, als es die Strahlungskurve angibt.

Ob die von M. Milankovitch für die Grenze der Atmosphäre (vielleicht 1000 km über der Erde) berechnete Strahlungskurve für diese Fläche richtig ist, wird durch eine Neuberechnung von A. J. J. van Woerkom und D. Brouwer vielleicht in Frage gestellt, da diese neue Strahlungskurve zwar gut mit dem der zweiten Quartärhälfte (von R₁ ab) zugeschriebenen Teil der Kurve von M. Milankovitch übereinstimmt, im übrigen aber von ihr völlig verschieden ist⁹⁰⁾.

Für ausgegrabene Fundschichten vorgeschichtlicher Kulturhinterlassenschaften jenseits der Reichweite der Radiokarbon-Methode ist also auch weiterhin nur eine relative Altersbestimmung durch ihre auf Grund der Stratigraphie und der Begleitfauna und -flora vorzunehmende Einstufung in die Zeittafel des Pleistozäns möglich, die auf stratigraphischen, paläontologischen und geomorphologischen Untersuchungsergebnissen basiert. Es ist aber zu hoffen, daß es vielleicht doch einmal gelingen wird, die geologisch ermittelten großen Klimaschwankungen des Pleistozäns durch die Auswertung (bis 20 m langer) Tiefsee-Bohrkerne (Ermittlung des Paläotemperaturgangs durch die O¹⁸-Analyse der Gehäuse pelagischer Foraminiferen und durch die Altersbestimmung von Bohrkernschichten in dichtem Probenabstand mit einer verbesserten Ionium-Methode oder mit einem anderen Verfahren) wenigstens annähernd im absoluten Zeitmaß zu datieren⁹¹⁾, d. h. die leider nicht mehr unbedenklich annehmbare Sonnenstrahlungskurve durch eine Paläotemperaturkurve des Pleistozäns zu ersetzen.

⁸⁸⁾ F. E. Zeuner, 1952, S. 292.

⁸⁹⁾ H. Gross, 1952, S. 81f.

⁹⁰⁾ M. Schwarzbach, Eine Neuberechnung von Milankovitchs Strahlungskurve, in: Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, 6, 1954, S. 257ff.

⁹¹⁾ H. Gross: in: Eiszeitalter und Gegenwart 8, 1957, S. 172 ff.