

Zur Anwendung der C 14-Datierung und anderer naturwissenschaftlicher Hilfsmittel in der Ur- und Frühgeschichtsforschung

Von Hermann Schwabedissen, Köln, und Karl Otto Münnich, Heidelberg

Es verdient grundsätzlich Zustimmung, daß V. Miložić zur Vorsicht bei der Anwendung von C14-Daten in der Ur- und Frühgeschichtsforschung gemahnt hat¹. Die Einzelheiten seiner Ausführungen, in denen Grundfragen der wissenschaftlichen und der prähistorischen Forschung, die Anwendbarkeit naturwissenschaftlicher Hilfsmittel in der Urgeschichte im allgemeinen und der C14-Datierung speziell behandelt werden, geben jedoch Veranlassung, auf die berührten Fragen ausführlicher einzugehen und zu der Kritik an der C14-Methode Stellung zu nehmen.

I

Die Geschichte der Vorgeschichtsforschung lehrt, daß immer, wenn neue Möglichkeiten, insbesondere der absolut-chronologischen Datierung auftauchen, neben prinzipieller Ablehnung die Hoffnungen in gar zu optimistischer Weise auf diese neuen Verfahren gerichtet wurden. Das gilt auch bezüglich der C14-Datierung. Sie ist ebensowenig wie andere in unserm Fach verwendete Methoden ein Allheilmittel². Es wurde und wird vielfach übersehen, daß jede dieser Methoden Zeit braucht, sich zu entwickeln – was angesichts der besonderen Gegebenheiten der prähistorischen Forschung nicht ohne genügenden Kontakt von seiten unseres Faches geht –, daß sie nicht überall und nur bei genauer Kenntnis der Anwendungsverfahren Erfolg verspricht, und daß sie nur ein weiteres Hilfsmittel neben schon vorhandenen darstellt, mit denen zusammen sie erst brauchbare Resultate zeitigt. Es genügt nicht, sich gewisser naturwissenschaftlicher Möglichkeiten zu erinnern, wenn unsere archäologischen Mittel versagen; vielmehr hängt es von unserer Initiative wesentlich mit ab, daß – ohne irgendwie in die naturwissenschaftlichen Fragen einzugreifen – für unsere Zwecke brauchbare Verfahren entwickelt werden, für die bei den in Frage kommenden Wissenschaften selbst kein primäres Bedürfnis besteht. Nachdem auf diese Weise geeignete Wege gefunden und ausreichend erprobt sind, dürfen wir erst mit den gewonnenen Ergebnissen im Rahmen archäologischer Untersuchungen arbeiten. Unter solchen Gesichtspunkten – und nur unter diesen – möchten wir die von Miložić vorgetragenen Bedenken verstanden haben.

Wenn es auf seiten der Ur- und Frühgeschichtsforschung auch bis heute vielfach an der oben erwähnten Grundeinstellung gefehlt hat, so geht aus der optimistischen Hinwendung zu neuen Wegen, besonders der absoluten Datierung, doch das Vorhandensein eines echten Bedürfnisses hervor. Wir haben keinen Grund, zu unterstellen, daß es nur ein Streben nach „objektiver Zeitbestimmung“ sei, „für die unser prähistorisches Gewissen keine Verantwortung tragen muß“. Ebensowenig kann die Ursache eines solchen Bemühens in einer Enttäuschung über die Schwächen der eigenen Methoden und deren Ergebnisse

¹ Germania 35, 1957, 102ff.

² Forsch. u. Fortschr. 31, 1957, 235 (J. Herdmenger).

in der relativen und absoluten Chronologie aus der Zeit der zwanziger und dreißiger Jahre gesucht werden, von methodischen Unzulänglichkeiten, die dank der Entwicklung neuer Arbeitsverfahren in jüngster Zeit überwunden wären und zu einer „alle verpflichtenden Sprache in den Fragen der absoluten und relativen Chronologie“ geführt hätten, so daß die Bemühung um neue Wege, die „außerhalb des eigentlichen Arbeitsbereiches der Vorgeschichtsforschung selbst“ liegen, unnötig geworden sei. Die Dinge liegen, wenn man die gesamte Ur- und Frühgeschichte ins Auge faßt und sie nach ihrer heutigen Aufgabenstellung betrachtet, doch ein wenig anders.

Daß wir mit der Typologie, der unsere Forschung an sich große Fortschritte verdankt, allein nicht auskommen, braucht heute nicht mehr besonders betont zu werden. Ein Vergleich von Typen, selbst von Typenkomplexen, von Formengruppen und Formenkreise über größere Räume hinweg, schließt eben zahlreiche Gefahren ein. Dennoch sind wir in Ermangelung anderer Möglichkeiten in sehr vielen Fällen, oft in weiten Gebieten, nur auf sie angewiesen. Gelingen es in der Tat, ein allgemeines, räumlich weitreichendes Zeitgerüst zu schaffen, so würde der größte Unsicherheitsfaktor, der der zeitlichen Konnektierung wegfallen.

Über die Typologie hinaus haben wir glücklicherweise noch andere Hilfsmittel zur Verfügung. Geschlossene Funde und vor allem stratigraphische Befunde versetzen uns in die Lage, das auf typologischem Wege gewonnene Gerüst zu revidieren und zu unterbauen. Auf diese Weise ist es möglich, allmählich eine verhältnismäßig zuverlässige Stufen- und Kulturenabfolge herauszuarbeiten. Eine solche stellt aber nur eine relative Abfolge dar, die im übrigen zunächst nur für ein bestimmtes Gebiet Gültigkeit hat, aber mit Hilfe von stratigraphischen Überschneidungen im Laufe der Zeit eventuell auf einen größeren Raum ausgeweitet werden kann.

Eine solche vergleichend-stratigraphische Arbeitsweise führte bekanntlich den Ansätzen nach schon im vorigen Jahrhundert zur Aufstellung eines relativen Chronologiesystems für das Paläolithikum West- und Mitteleuropas, das bis heute im wesentlichen Gültigkeit hat. Es besitzt ein festes Fundament in den Kulturschichtenserien der Höhlen. Von ähnlich günstigen stratigraphischen Voraussetzungen im Balkangebiet ausgehend, hat Milošević neuerdings sein relativ-chronologisches System für das Neolithikum Südosteuropas entwickelt. Auf Grund von Importen und Kulturkontakten ließ sich dieses z. T. durch den östlichen Mittelmeerraum in Richtung Ägypten/Orient und andererseits nach Mitteleuropa hinein auswerten. Die günstigen Verhältnisse der vielschichtigen Wohnplätze reichen nach Norden jedoch nur bis in die Pannonische Ebene hinein. Im eigentlichen Mitteleuropa und in weiten Teilen des übrigen Kontinents sind die Voraussetzungen für vergleichend-stratigraphische Untersuchungen sehr viel begrenzter. Und da zahlreiche Kulturen und Kulturstufen, besonders des nördlichen und westlichen Europa, nicht in die Kulturenabfolge Südosteuropas hineinreichen, läßt sich das auf dem Balkan gewonnene relative Chronologiesystem mit seinen Verbindungen zu den alten historischen Räumen Ägypten und Orient leider nicht zu einem umfassenden System der relativen Chronolo-

gie des Neolithikums für Gesamteuropa ausbauen. Auch hinsichtlich des Mesolithikums und Paläolithikums, insbesondere der europäischen Flachlandgebiete, reichen die innerhalb unseres Faches gegebenen Möglichkeiten nicht aus. Bei den Metallzeiten sind die Voraussetzungen einer relativen Chronologie allerdings günstiger. Im ganzen gesehen, zeigt sich aber auch hier das Bedürfnis nach zusätzlichen Datierungshilfen.

Den größten Schwierigkeiten sieht sich unser Fach bezüglich der absoluten Datierung gegenüber. In den urgeschichtlichen Perioden sind wir auf den Anschluß an die historischen Kulturen des Mittelmeerraumes mit archäologischen Mitteln angewiesen. Importe spielen dabei eine wichtige Rolle. Ihre Zahl ist in der Eisen- und Bronzezeit recht beträchtlich, nimmt jedoch nach Norden zu ab. So besitzen wir für die Metallzeiten schon ein recht brauchbares absolutes Chronologiegerüst. Allerdings sei nicht vergessen, daß auch das Arbeiten mit Importen seine Schwierigkeiten hat, und daß Importe infolge einer längeren bzw. unbekanntenen Dauer des Umlaufs für eine feinere Chronologie versagen können.

Neue Untersuchungen von R. Nierhaus etwa haben gezeigt, daß selbst bei römischen Importen, vor allem, wenn es sich um Kostbarkeiten handelt, mit z. T. recht langen Umlaufzeiten bis zu 100 Jahren und darüber gerechnet werden muß³. Für die Bronzezeit wirft das Beispiel der Goldbecher von Rillaton in England und von Fritzdorf b. Bonn ähnliche Probleme auf. Während vergleichbare Formen aus Mykene nach G. Karo wahrscheinlich in die späte Schachtgräberzeit, also in die Zeit von 1550 bis 1500 v. Chr. gehören, muß der Becher von Rillaton in den jüngeren Teil der Wessex-Kultur gesetzt werden, wobei S. Piggott die Wessex-Kultur auf 1500 bis 1300 v. Chr. datiert⁴. Wie sich verschiedene Funde und Befunde der frühen Bronzezeit (Knochenleisten von Troja und Castelluccio, Cyprische Dolche und Schleifennadeln, Nienhagener Becher, Ösenhalsringe, Dolchstab von Mykene, Fayenceperlen aus dem Mittelmeergebiet) und aus dem Neolithikum (Knopfsiegel, pastose Bemalung in der Vinča- und Lengyelkultur, Cucuteni-Dimini-Kulturbeziehungen, „schnurkeramische“ Einflüsse in der frühhelladischen Kultur, thessalische Importe in Vinča) als für die Chronologie unbrauchbar erwiesen haben⁵, muß dies heute auch für die Bernsteinschieber gelten, nachdem sich zeigte, daß sie ebenfalls sehr langlebig sind⁶. Ferner sei auf die Schwierigkeiten hingewiesen, die etwa die absolute Datierung von Hallstatt A und B bereitet⁷. Auch wenn ein geschlossener Fund nach dem jüngsten Stück datiert wird, steht nicht fest, wieviel Zeit zwischen Herstellung und Deponierung liegt.

Darüber hinaus gibt es natürlich auch in der Bronze- und Eisenzeit, abgesehen von undatierbaren Einzelstücken und Fundplätzen, ganze Fundgruppen, deren chronologische Fixierung noch ungenügend ist. Es sei z. B. an die absolute Datierung der ältesten Eisenzeit im Norden erinnert. Selbst für die Metall-

³ Vortrag auf der Tagung d. Nordwestdeutsch. Verbandes f. Altertumforschung. Alfeld 1958. – Vgl. a. Jahrb. RGZM. 4, 1957, 113–115 (G. Körner).

⁴ Germania 33, 1955, 319ff. (R. v. Uslar).

⁵ Miložić, Chronologie der jüngeren Steinzeit Mittel- und Südosteuropas (1949) 2f.

⁶ Germania 24, 1940, 99ff. (G. v. Merhart); 33, 1955, 316ff. (Miložić); Bayer. Vorgesichtsbl. 22, 1957, 1 ff. (R. Hachmann).

⁷ Bonn. Jahrb. 147, 1942, 71 ff. (v. Merhart); Prähist. Zeitschr. 34/35, 1949/50, 325 (H. Müller-Karpe); Jahrb. RGZM. 2, 1955, 153ff. (Miložić); Vortrag von Herrn Dr. Müller-Karpe auf der Tagung d. Nordwestdeutsch. Verbandes f. Altertumforschung. Lüneburg 1956 u. freundl. Auskunft.

zeiten könnten mithin weitere, außerhalb unseres Faches liegende Möglichkeiten der Altersbestimmung durchaus von Nutzen sein.

Beim Neolithikum kommt den Importen für weite Teile Europas geringe, teilweise gar keine Bedeutung zu. Vor allem gestatten sie meist keinen Anschluß an historisch datierte Kulturen. Jede absolute Datierung des mittleren und frühen Neolithikums führt letzten Endes auf die ägyptische Chronologie zurück, die für die spätdynastische Zeit ziemlich feststeht und für den Beginn der I. Dynastie nach dem heutigen Forschungsstand zwischen 2900 und 2820 v. Chr. angesetzt wird. Das Problem ist, diese historischen Daten mit Hilfe von Importen und Kulturvergleichen durch den Mittelmeerraum über den Balkan in die europäische Kulturentwicklung hinein zu verfolgen. Hier hat der Balkanraum mit seinen vielschichtigen Wohnplätzen eine Schlüsselstellung, mit deren Hilfe Milojević über sein relatives System den Versuch einer absoluten Chronologie für das Neolithikum Südost- und Mitteleuropas aufgebaut hat. Ein solches Vorgehen ist also nur mittelbar über den recht langen Weg Ägypten-Kreta-Griechenland nach Südosteuropa hinein möglich. Dabei bereitet die Übertragung der historischen Daten von Kreta auf Griechenland insofern Schwierigkeiten, als die Importe in Griechenland nicht vor die frühhelladische Zeit zurückreichen. Der weitere Aufbau der absoluten Chronologie erfordert neben der Berücksichtigung allgemeiner Kulturbeziehungen über Vorderasien eine Zuhilfenahme der stratigraphischen Befunde und der Schichtmächtigkeiten. Bei der chronologischen Auswertung der in die relative Schichtenabfolge des Balkans hineinwirkenden Kulturströmungen von Griechenland einerseits und besonders von Mitteleuropa andererseits ergibt sich dadurch ein Unsicherheitsfaktor, daß die Gesamtdauer der einzelnen Kulturen, die unter Umständen beträchtlich und in den einzelnen Gebieten auch sehr verschieden sein kann, nicht immer faßbar ist. Die infolgedessen auftretenden Fehler summieren sich und können insgesamt zu merklichen Altersdifferenzen führen.

Außerdem bieten die einzelnen Schichten vielfach nur einen Ausschnitt der gesamten Entwicklung einer Kultur. Wenn etwa die Trichterbecher-Kultur in südosteuropäischen Fundplätzen auf mehr indirekte Weise noch greifbar wird, so handelt es sich dabei um die letzten Ausläufer einer Kultur, deren Ursprungsgebiet weit entfernt liegt und deren Lebensdauer nicht gering sein muß. Jedenfalls besagt die absolute Datierung der Ausklänge dieser Kultur nichts für ihr Gesamtalter. Mir scheint, daß auch die Einhängung der älteren Bandkeramik⁸ in das Chronologieschema des Balkan nach dem gegenwärtigen Forschungsstand noch nicht voll gesichert ist. Es können unter Umständen nur Randerscheinungen dieser weitverbreiteten mitteleuropäischen Kultur mit vielen Lokalgruppen, deren Ausgangszentrum noch nicht sicher festliegt, sein, die in den Balkanraum ausstrahlen. Ähnlich liegen die Verhältnisse für weitere Kulturen bzw. Kulturstufen Mittel- und Osteuropas. Darüber hinaus ist eine Verankerung der Kulturen großer Gebiete unseres Kontinents, besonders im Nordosten, Norden und Westen – zumal nicht sämtliche Kulturströme im neolithischen Europa über den Südosten gehen – in der Kulturabfolge des Bal-

⁸ Unter Bandkeramik verstehen wir vor allem die ältere und jüngere Linearkeramik.

kan nicht möglich. Deshalb entfällt auch deren absolute Datierung auf diesem Wege.

Das vom Balkan aus durch Milojević erarbeitete Zeitgerüst bedeutet sicher einen Fortschritt für unsere Forschung, aber das Ziel der Gewinnung eines zuverlässigen absolut-chronologischen Systems für das Neolithikum ganz Europas liegt weiterhin noch vor uns. Für die ältere und mittlere Steinzeit – lange und auch vollwertige Epochen der Urgeschichte – besitzen wir selbstverständlich gar keine eigenen Mittel, um zu einer absoluten Datierung zu kommen.

Aus alledem geht hervor, daß in der Tat ein dringendes Bedürfnis nach weiteren Hilfen für den Ausbau unserer Chronologie besteht. Hier liegt der eigentliche und durchaus berechtigte Grund für die Hinwendung zu von der Naturwissenschaft gebotenen Datierungsmöglichkeiten. Wenn die Mittel unserer eigenen Forschung nicht ausreichen, so steht nichts im Wege, sie dort zu suchen, wo immer sich uns Möglichkeiten bieten, einschließlich der Naturwissenschaften. Die Benutzung außerhalb unserer Wissenschaft liegender Verfahren und Datierungsergebnisse braucht uns trotzdem nicht unserer „prähistorischen“ Verantwortung zu entheben, erfolgt deren Anwendung doch im Zusammenhang mit eigenen Methoden, so daß eine laufende Kontrolle durch Stratigraphie, geschlossene Funde, Typologie usw., in einigen Fällen auch durch historische Daten, gegeben ist.

Wie es üblich ist, Sprachwissenschaft, Germanistik, Kunstgeschichte, Völkerkunde und andere geisteswissenschaftliche Fachgebiete für die Ur- und Frühgeschichte heranzuziehen, so gilt dies seit langem auch hinsichtlich der verschiedensten naturwissenschaftlichen Disziplinen. Die Berücksichtigung zahlreicher anderer Fächer ist ein Charakteristikum unserer Wissenschaft. Das bedeutet bei weitem nicht, daß sie dadurch ihre Selbständigkeit aufgäbe. Die Zusammenfassung von Ergebnissen möglichst vieler Gebiete – für sie Hilfswissenschaften – dient dem einen ihr gestellten, rein historischen Ziel: die vor der Zeit der geschriebenen Quellen liegenden Abschnitte der Geschichte aufzuhellen. In den Kulturen jener zurückliegenden Epochen bildet das Leben eine weitgehende Einheit. Alle Bereiche, ob der Wirtschaft, des Handels, des Handwerks, der Kunst, des Brauchtums und der Religion, stehen in inniger Beziehung zueinander. Sehr stark sind die Bindungen an den Lebensraum, an die Umwelt, in die hinein der Mensch gestellt war, mit der er sich auseinanderzusetzen hatte, und die er zu der ihm eigenen Welt gestaltete. Es ist demgemäß ein sehr umfassendes Bild der vergangenen Kulturen und Epochen, das Zug um Zug herauszuarbeiten der heutigen auf Gesamtschau gerichteten Ur- und Frühgeschichtsforschung als Aufgabe zufällt. Funde, Typenreihen, Formenkreise, Stratigraphie und Importe sind Mittel zu diesem Zweck, nicht Selbstzweck. Es sind Mittel, die wir im Bereich unserer Forschung zur Verfügung haben. Um aber die urgeschichtlichen Kulturen in ihrem Gesamtgefüge – als von menschlichen Gemeinschaften getragen, in Wechselbeziehung zu anderen Kulturen stehend und einem bestimmten Lebensraum verbunden – zu erschließen, muß neben die Erforschung der kulturellen Hinterlassenschaften die Kenntnis des Menschen nach seinem Äußeren, die Erfassung der Umwelt nach der geologisch-geogra-

phischen, der klimatischen, der botanischen und der zoologischen Seite treten. Schon dadurch sind wir gezwungen, in beträchtlichem Maße naturwissenschaftliche Forschungszweige für unsere Wissenschaft heranzuziehen.

Nun ist es keineswegs so, daß zwischen natur- und geisteswissenschaftlicher Arbeits- und Denkweise ein fundamentaler Gegensatz bestünde. Soweit noch solche Ansichten vertreten werden, sind es Voreingenommenheiten, die im vorigen Jahrhundert wurzeln. Wer beide Seiten nur in etwa kennt, wird heute nicht mehr von „objektiver“ im Gegensatz zu „subjektiver“ Arbeitsweise reden oder einer anderen wissenschaftlichen Disziplin ein Frisieren oder Zurückhalten von Ergebnissen unterstellen. Beide Wissenschaftsbereiche sind den gleichen Gesetzen der Erkenntniskritik unterworfen, beide haben ihr exaktes Fundament. Wie der Philosoph nicht ins Blaue hinein „philosophieren“ kann, sondern scharf gefaßte Begriffe als Grundlage hat, besitzt der Historiker seine Quellen, die er nach festen Regeln ausschöpft, hat der Prähistoriker seine Funde und Befunde, und so hat der Naturwissenschaftler Beobachtungstatsachen als Ausgangsbasis. Alle werden vom gleichen Streben getragen, so objektiv wie möglich zu sein, d. h. mit ihren Mitteln der Wahrheit so nahe wie möglich zu kommen.

Aus Obigem geht hervor, daß gerade die urgeschichtliche und naturwissenschaftliche Methodik viel Gemeinsames haben. Auf der einen wie auf der anderen Seite bilden genaue Beobachtungen den Ausgangspunkt der Forschung, das eine Mal die Beobachtung von Erscheinungsformen und Vorgängen der Natur, das andere Mal von Funden und Befunden, die vom Menschen bewirkt wurden. Diese Gemeinsamkeit liegt in der Geschichte unserer prähistorischen Methoden begründet, die ja teilweise aus der Geologie und Paläontologie entlehnt wurden. So sind die Typen, die Leitformen, nichts anderes als die Leitfossilien der geologischen Formationen, wie man auch die Typenreihen mit den biologischen Entwicklungsreihen in Parallele gesetzt hat. Auch die stratigraphische Methode ist der Geologie entnommen, und selbst die komparative Stratigraphie wurde von dieser entwickelt, indem sie gleiche Schichten verschiedener Profile miteinander verband und so zur Aufstellung weitreichender Horizonte gelangte. Ein frühes Ergebnis war die chronologische Gliederung des westeuropäischen Paläolithikums. Diese methodischen Berührungspunkte zwischen unserem Fach und naturwissenschaftlichen Disziplinen aus den Anfängen unserer Forschung sind durch die historische Ausrichtung der Urgeschichte seit dem Beginn dieses Jahrhunderts, durch die sie eine selbständige Wissenschaft mit eigener Zielsetzung wurde, z. T. verdeckt worden. Heute laufen beide Linien in einer gesamtheitlich orientierten Ur- und Frühgeschichtsforschung wieder zusammen.

Sehr im Gegensatz zu diesen Betrachtungen betont Milojević, „welch unterschiedliche Sprache Naturwissenschaftler und Geschichtsforscher reden“. Im Hinblick auf die Zusammenfassung von vier Meßwerten in Egozvil 3 (5080 ± 280 , 4780 ± 140 , 4720 ± 130 , 4500 ± 150), zu dem Mittelwert 4690 ± 90 vor heute oder 2740 ± 90 v. Chr. z. B. meint er, „daß damit keine zeitliche Fixierung im historischen Sinne erfolgt ist“, um mit der Feststellung zu schließen: „Einzelne historische Ereignisse wird man mit ihnen (den C14-Zahlen) nicht

fassen können, da sie eben naturwissenschaftliche Mittelwerte und keine historischen Daten sind.“

Die Herausstellung eines solchen Gegensatzes zwischen „naturwissenschaftlichen Mittelwerten“ und „historischen Daten“ wird aber den tatsächlichen Verhältnissen nicht gerecht. Einmal ist die von Milojević gegebene Interpretation des zitierten Meßergebnisses nicht ganz einwandfrei; die richtige Deutung des angegebenen Mittelwertes 2740 ± 90 v. Chr. wäre etwa die folgende: Wahrscheinlich liegt das Alter der in mehreren Einzelmessungen untersuchten Kulturschicht etwa zwischen 2830 und 2650 v. Chr. (innerhalb des \pm einfachen mittleren Fehlers von 90 Jahren), mit geringerer Wahrscheinlichkeit liegt es außerhalb dieses Bereiches. Daß es weiter vom angegebenen Wert entfernt liegt als ± 180 Jahre (doppelter mittlerer Fehler), ist schon sehr unwahrscheinlich usw. Mit ziemlicher Sicherheit liegt also das gesuchte Alter zwischen 2920 und 2560 v. Chr. Dieser Sachverhalt wird durch die Angabe 2740 ± 90 v. Chr. mittlerer Fehler kurz ausgedrückt⁹. Die Datierung der älteren Cortaillod-Kultur in die Zeit zwischen 2920 und 2560 v. Chr. würde einen Fortschritt bedeuten gegenüber der Tatsache, daß wir sonst keine Möglichkeit haben, ihr absolutes Alter zu fixieren.

Die extreme Betonung von „historischen Daten“ innerhalb der Urgeschichtsforschung gegenüber den Mittelwerten der C14-Messung ist nicht recht verständlich, liegt es doch im Wesen unseres Faches, daß wir von uns aus gar keine echten „historischen Daten“ zu geben vermögen. Wenn wir zu absoluten Zahlen gelangen, sind diese von historischen Überlieferungen teils weitentfernter Gebiete herangeholt und mit Hilfe von Importen oder mittels Kulturvergleich in unser Fundmaterial hineinprojiziert. Infolgedessen kommen wir nur selten zu exakten Jahreszahlen, sondern haben uns in der Regel mit Annäherungswerten, also auch mit \pm -Werten zufriedenzugeben.

Ein römisches Gefäß mit Werkstattstempel etwa läßt uns dieses in die Produktionszeit der Werkstatt datieren, vielleicht an den Anfang, vielleicht an das Ende, doch wenn die Werkstatt länger bestanden hat, ergibt sich eine Spanne von Jahren für die Datierung. In frühgeschichtlicher Zeit ist diese Zeitspanne kleiner, in den urgeschichtlichen Perioden größer. Es braucht außer an die römischen Importe mit langer Umlaufzeit nur nochmals an bestimmtes Importgut der Bronzezeit und an die Tatsache erinnert zu werden, daß fast alle früher für die absolute Chronologie der beginnenden Bronzezeit und des Neolithikums in Mitteleuropa herangezogenen Stützen wegfallen (vgl. S. 135). Wenn wir von der Prähistorie her fast immer nur zu einem annähernden Alter kommen, warum soll dies dann etwas grundsätzlich anderes sein, als etwa das C14-Ergebnis 885 ± 80 n. Chr. für eine Probe aus karolingischer Zeit? Und

⁹ H. Levi u. H. Tauber in: Das Pfahlbauproblem. Monographien z. Ur- u. Frühgesch. d. Schweiz 11 (1955) 111ff. – Es scheint zunächst verwunderlich, daß die Zusammenfassung (im wesentlichen die Bildung des arithmetischen Mittels) einer Anzahl ziemlich ungenauer Werte, die nach einer älteren Meßmethode gewonnen sind und einen ziemlich großen mittleren Fehler besitzen, nun ein solches relativ genaues Ergebnis liefern soll, und man ist geneigt, dieses Rechenverfahren für fragwürdig zu halten. Tatsächlich ist ein solches Vorgehen auch nicht in allen Fällen gerechtfertigt, sondern an bestimmte Voraussetzungen gebunden, die in diesem zitierten Falle gegeben sind; z. B. muß die Streuung der Einzelmessungen innerhalb bestimmter Grenzen liegen usw. (Bemerkungen K. O. Münnich).

im Neolithikum gibt es sowieso nur wenig Anknüpfungsmöglichkeiten an historische Daten, wobei die Ausgangspunkte letzten Endes in Ägypten liegen. Ob das dann noch zu echten historischen Daten führt, ist wohl zweifelhaft. Selbst die ägyptische Chronologie, die man nach der Ansetzung der I. Dynastie durch L. Borchardt mit 4186 v. Chr., nach der von E. Meyer zunächst mit 3315 v. Chr., dann mit 3197 v. Chr. und nach der von H. Stock mit 2900 v. Chr. beginnen ließ, wurde neuerdings durch Stock nochmal einer Kürzung um 80 Jahre unterworfen. Einige Forscher benutzen die jüngere, andere die ältere Chronologie Stocks. So kommt es auch hier zu \pm -Werten. (Vgl. F. Matz z. Troja-Chronologie: Handb. d. Arch. 2, 215 m. Anm. 6; 306f.)

Mir scheint, wir haben kaum Ursache, die Annäherungswerte der C 14-Forschung, zumal diese durchaus noch zu einer Verfeinerung ihrer Methode und Präzisierung ihrer Daten gelangen dürfte, so viel geringer zu bewerten. Und mit naturwissenschaftlichen Mittelwerten wird man, zumindest für ältere Perioden, genau so viel und genau so wenig zur Erfassung „historischer Ereignisse“ in der Urgeschichte imstande sein, wie mit den eigenen Methoden.

Unsere Wissenschaft hat den Naturwissenschaften bereits mehr zu verdanken, als uns gemeinhin bewußt ist, ob es sich nun um die Ergebnisse der Anthropologie, der Geologie, der Paläontologie-Zoologie, der Haustierkunde, der Vegetationsgeschichte, der Getreideforschung oder der Metallurgie handelt. Wenn Milojević meint, daß jedoch „keine naturwissenschaftliche Methode bis jetzt brauchbare Handhaben für genaue absolut-chronologische Bestimmungen in der europäischen Vorgeschichte“ ergeben hätte, so trifft dies nicht zu.

Daß die Pollenanalyse von sich aus keine absolute Datierung geben kann, ist eine Selbstverständlichkeit für jeden, der ihre Arbeitsweise kennt. Sie selbst nimmt dies für sich auch keineswegs in Anspruch. Wir verdanken ihr jedoch die relative Gliederung des nordwesteuropäischen Spätpaläolithikums, des Mesolithikums und des nordischen Frühneolithikums. Absolute Daten vermochte sie durch eine Verbindung mit der Warwenforschung zu erzielen, und neue Möglichkeiten scheinen sich ihr von seiten der C 14-Datierung zu eröffnen. Es würde selbst um die absoluten Datierungsmöglichkeiten der Pollenanalyse besser bestellt sein, wenn ihr archäologisch datierbare Funde in größerem Umfang zugänglich gemacht worden wären. Voraussetzung ist dabei die Kenntnis ihrer Methoden. Es genügt nicht, von einem Fundstück etwas Moordreck abzukratzen und zur Analyse einzuschicken. Man muß wissen, daß ein unmittelbar an der Fundstelle entnommenes vollständiges Moorprofil hinzugehört, welches unter Umständen wieder in ein Standardprofil des betreffenden Gebietes eingehängt werden muß. Hinzu kommt die Kenntnis der Fehlerquellen nebst der Möglichkeit, sie auszuschalten. Die pollenanalytische Untersuchung einer torfartigen Substanz, etwa von einem völkerwanderungszeitlichen Fundplatz, allein um dabei festzustellen, daß während der Völkerwanderungszeit Eichen, Buchen, Kiefern und Birken gewachsen sind, ist ein wenig sinnvolles Unternehmen. Das alles zeigt, wie wichtig der Kontakt der Urgeschichte mit den einzelnen naturwissenschaftlichen Fachgebieten und die Kenntnis ihrer Verfahren ist.

Was die Warwenchronologie angeht, so stellt diese von G. de Geer und seinen Mitarbeitern entwickelte Methode eine der eindrucksvollsten wissenschaftlichen Leistungen dar. Das auf Grund der Warvenzählung für Nordeuropa aufgebaute absolute Zeitgerüst hat nicht nur der vorgebrachten Kritik im wesent-

lichen standgehalten, sondern scheint durch die unabhängig von ihm gewonnenen C14-Daten eine fast völlige Bestätigung zu finden¹⁰. Auf dem de Geerschen System basiert die absolute Chronologie des nordeuropäischen Spätpaläolithikums und Mesolithikums, wie wir eine solche für diese Perioden sonst nicht besitzen. Leider ist eine Übertragung des de Geerschen Schemas auf andere Landschaften nicht ohne weiteres möglich.

Auch die Dendrochronologie, von B. Huber auf eine exakte methodische Grundlage gestellt, könnte der Ur- und Frühgeschichtsforschung über die Lösung relativ-chronologischer Fragen hinaus in erheblichem Maße nutzbar gemacht werden, sofern wir uns ihrer ernstlich annehmen und in Zusammenarbeit mit der Pollenanalyse das entsprechende Material bereitstellen würden, was allerdings eine besondere Planung voraussetzt.

Wenn wir uns nunmehr der C14-Datierung zuwenden, so steht uns hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Grundlagen kein Urteil zu. Dies muß ausschließlich der Fachwissenschaft überlassen bleiben. Danach besitzt die Methode, wie auch aus den Ausführungen von K. O. Münnich hervorgeht, ein durchaus solides Fundament; es kommt nur darauf an, die Fehlerquellen zu erfassen und immer mehr auszuschalten. Fehlerquellen gibt es bei jeder Methode. Selbst ein ungestört erscheinendes Profil oder eine noch so saubere Grabungsfläche können alte Störungen enthalten, die nicht immer erkennbar sein müssen. Eine Stellungnahme unsererseits zur Brauchbarkeit der C14-Datierung ist allein auf Grund eines Vergleiches der Meßresultate mit den ur- und frühgeschichtlichen Gegebenheiten, besonders den stratigraphischen Befunden, möglich. Es liegt schon eine Anzahl von Datierungslisten vor, von denen hier lediglich die Zusammenstellungen von H. Groß¹¹ und R. Pittioni¹² erwähnt seien. Solche tabellarischen Publikationen bergen aber insofern Gefahren, als ihnen nichts über die Zuverlässigkeit der Ausgrabung, über die Geschlossenheit der Fundschicht, nichts an genauer Beschreibung oder an Fundabbildungen zu entnehmen ist. Es sollte jede veröffentlichte Zahl mit einem möglichst bebilderten Bericht des Ausgräbers und mit einer archäologischen Beurteilung der Funde verbunden sein. Wenn gegenwärtig Pläne zur Begründung eines Archivs für C14-Daten bestehen, so ist einem solchen Unternehmen mit Skepsis zu begegnen.

Um durch eine archäologische Beleuchtung von C14-Daten einen Anhalt über die Brauchbarkeit der Methode zu gewinnen, wäre es sinnlos und an dieser Stelle auch nicht möglich, die vorhandenen Datierungslisten durchzusprechen. Die Resultate entziehen sich meist einer einwandfreien Beurteilung, zumal diese teils nach alten, teils nach neuen Verfahren gewonnen worden sind. Wir werden uns hier deshalb auf einige Ergebnisse aus eigenen Grabungen oder sonst überprüfbareren Untersuchungen beschränken, die zudem eine historisch-archäologische Kontrollmöglichkeit bieten. Es sind bereits mehr dem Alter nach bekannte Proben gemessen worden, als Milojević annimmt. Hier seien verschiedene Beispiele, vor allem aus dem Physikalischen Institut in Heidelberg, wie folgt aufgeführt:

¹⁰ H. Groß, Die Zuverlässigkeit des Bändertonkalenders. Orion 9, 1954, 870ff.

¹¹ Eiszeitalter u. Gegenwart 2, 1952, 68ff.; 8, 1957, 141ff.

¹² Forsch. u. Fortschr. 31, 1957, 357ff.

1. H 63/36. Kassel, Eichenbalken aus der Bräderkirche, dessen Endjahr durch Auszählung der Jahresringe (Forstbotanisches Institut München, Prof. Huber und Dr. W. v. Jazewitsch) auf 1392 n. Chr. bestimmt wurde. 1447 \pm 85 n. Chr.
Diese Datierung ist nur ein Beispiel von 10 Messungen dendrochronologisch bestimmter Jahrringproben.
2. H 87/76. Höhbeck, Kr. Lüchow, Holzkohle von der Grabensohle des Kastells (nach E. Sprockhoff, *Germania* 33, 1955, 50 ff., karolingisch). 885 \pm 80 n. Chr.
3. Heidelberg, römische Siedlung in Neuenheim. Grabung B. Heukemes.
 - a. H 169/210. Holzkohle aus Eisenschlackenschicht in römischem Erdkeller (etwa 70–80 n. Chr.). 25 \pm 80 n. Chr.
 - b. H 166/158. Holzkohle aus römischer Schachtgrube (etwa 100 n. Chr.). 40 \pm 65 n. Chr.
 - c. H 93/73. Holzkohle aus Grube der trajanischen Zeit (100–110 n. Chr.). 50 \pm 65 n. Chr.

Außerdem wurde noch eine Probe (H 94/72) gemessen, bei der das archäologische Alter aber nicht eindeutig war, und ferner Proben von Tierknochen (H 91/71, H 91/126 a. b), die jedoch für eine C14-Datierung nicht geeignet sind (vgl. Münnich S. 148). Ähnliche Untersuchungen wurden und werden natürlich auch in allen anderen Datierungsfaktoren durchgeführt.

Aus diesen kontrollierbaren Beispielen geht hervor, daß bei frühgeschichtlich-historischen Proben die C14-Zahlen gar nicht sehr weit von den Kontrolldaten entfernt sind. Natürlich würden sie für eine feinere Chronologie in diesen eigentlich schon „historischen“ Perioden nicht ausreichen. Wenn man allerdings bedenkt, daß bei römischen Importen die Umlaufzeit bis gut 100 Jahre betragen kann, so sind die C14-Resultate immerhin beachtenswert. Und für archäologisch nicht datierbare Funde würde eine C14-Messung selbst innerhalb der Frühgeschichte von Nutzen sein können.

4. Heidmoor; neolithischer Wohnplatz, oberste Schicht, Grabung H. Schwabedissen.
 - a. H 27/25. Holz 5 cm über der Glockenbecherschicht. 1765 \pm 150 v. Chr.
 - b. H 28/33. Holz 5 cm unter Glockenbecherschicht. 2015 \pm 170 v. Chr.
5. Los Millares, Holzkohle (Prof. M. Almagro, Madrid). 2345 \pm 85 v. Chr.
6. Stallegg b. Horn, Niederösterreich.
Holzkohle aus einer Grube der „älteren Lengyel-Kultur“ Grabung Dr. H. Berg, (Horn). 2555 \pm 200 v. Chr.

Die Daten unter 4 geben durchaus eine Zeitspanne an, innerhalb derer bisher das Alter der Glockenbecher-Kultur in Mitteleuropa angenommen worden ist. Wahrscheinlich ist die Probe H 27/25 eher mit der Glockenbecher-Kultur in Verbindung zu bringen, weil es sich hier um angekohltes Holz aus dem obersten Schichtpaket handelt und die Glockenbecher-Kultur die jüngste vorhandene Schicht ist; das Holz der Probe H 28/33 dagegen ist nicht angekohlt, braucht also nicht vom Menschen herzurühren, und außerdem reicht es durch 2 bis 3 Schichten. Das C14-Datum für Los Millares ist insofern bemerkenswert, als E. Sangmeister unabhängig davon auf eine Alterssetzung „um 2400“ für Los Millares I kam¹³.

¹³ *Germania* 34, 1956, 211 ff.

Das Ergebnis für die ältere Lengyel-Kultur fügt sich in den für sie etwa von Milošević¹⁴ angenommenen Zeitraum ein. Hinsichtlich der C14-Messungen an Proben aus dem älteren Neolithikum besitzen wir lediglich eine Überprüfungsmöglichkeit durch die relativen Befunde. Alle bisherigen Ergebnisse entsprechen durchaus der beobachteten Abfolge der Kulturen. Ein endgültiges Bild werden wir jedoch erst haben, wenn die Messung einer geschlossenen Probenreihe für das Neolithikum abgeschlossen ist.

Bei den Daten für die ausgehende Altsteinzeit und das Mesolithikum haben wir die Möglichkeit einer Kontrolle durch die Warvenchronologie. Es würde zu weit führen, alle entsprechenden Zahlen aufzuführen. Aber die Übereinstimmung ist derart, daß diese sowohl für die Richtigkeit der Bändertonzählung als auch für die Brauchbarkeit der C14-Datierung spricht. Die Alleröd-Wärmeschwankung des Spätglazials z. B. fällt nach dem Bändertonkalender in die Zeit zwischen 10000 und 9000 v. Chr.¹⁵, die bisherigen etwa 20 C14-Daten liegen zwischen 9930 und 8880 v. Chr. Die ältere Ertebölle-Kultur wurde auf Grund der Warvenchronologie sowohl von J. Brøndsted als auch von G. Schwantes auf die Zeit zwischen 4000–3000 v. Chr. angesetzt¹⁶. Die vorhandenen etwa zehn C14-Daten für die Ellerbek-Ertebölle-Kultur liegen (in Heidelberg, New Haven [USA] und Kopenhagen gemessen) zwischen 4500 und 3400 v. Chr. Und wenn, auf der gleichen Grundlage fußend, der Beginn des nordischen Frühneolithikums von Schwantes und Brøndsted mit etwa 3000 v. Chr. angenommen wurde, so deckt sich auch dieses Datum mit C14-Ergebnissen, indem für einen stratigraphisch gesicherten Horizont mit „Urbechern“ aus dem Satrupholmer Moor alle in Kopenhagen, New Haven und Heidelberg (davon 3 vom gleichen Holzstück) untersuchten Proben zwischen 3000 und 2800 v. Chr. datiert wurden. Eine weitere Bestätigung ergab sich aus der Messung eines vollständigen Profils am Wohnplatz Heidmoor mit zahlreichen Schichten der Trichterbecher-Kultur, und zwar von deren Beginn bis zu ihrem Ende und bis zur obersten Schicht der Glockenbecher-Kultur. Die Zahlen liegen in der dem stratigraphischen Befund entsprechenden Reihenfolge zwischen 3000 und 1765 ± 150 v. Chr.

Demnach scheint die vornehmlich auf die Warvenchronologie aufgebaute bisherige absolute Datierung im Norden auch für das Neolithikum zu stimmen. Wenn dem in der Tat so ist, dürfte die alte Chronologie des Frühneolithikums in Mittel- und wahrscheinlich auch in Südosteuropa zu niedrig sein. Ein diesbezüglicher Hinweis würde mit den um 4000 v. Chr. liegenden C14-Zahlen für eine wohl ältere Phase der Bandkeramik und mit den bis etwa 6000 v. Chr. reichenden Daten für das präkeramische Neolithikum des Orients gegeben sein. Es wäre denkbar, daß dort, wo keine Warvenchronologie anwendbar war, jene archäologischen Fehlerquellen eine Rolle gespielt haben, von denen oben die Rede gewesen ist. Dann hätten naturwissenschaftliche Hilfsmittel, wie die Warvenzählung, doch schon erheblich zur Gewinnung einer absoluten Chrono-

¹⁴ Chronologie d. jüngeren Steinzeit, Übersichtstabelle.

¹⁵ vgl. Anm. 10 u. 11.

¹⁶ Brøndsted, Danmarks Oldtid I¹ (1938) 124; Schwantes, Vorgeschichte von Schleswig Holstein (1939) Taf. 60.

logie für die Urgeschichte beigetragen. Aber dies alles sind zunächst Erwägungen bis die geschlossenen neolithischen Probenserien für verschiedene Gebiete Europas gemessen sind und an der relativen Chronologie geprüft werden können.

Wenn wir nun die Frage stellen, was von uns aus zur Nutzbarmachung der C14-Methode für die Ur- und Frühgeschichtsforschung getan werden kann, dann sollte sich unser ganzes Bemühen darauf richten, genügend geeignetes Probenmaterial (vor allem Holzkohle und Holz) aus geschlossenen und archäologisch eindeutigen Horizonten zu gewinnen. Was dabei im einzelnen berücksichtigt werden muß, ist den Ausführungen von Münnich zu entnehmen. Die in dieser Hinsicht bestehenden Schwierigkeiten sind außerordentlich groß. Es dauert oft Jahre, um eine einzige brauchbare Probe aus einer bestimmten Kultur zu bekommen. Für viele Kulturen steht bisher überhaupt kein Untersuchungsmaterial zur Verfügung. Mit alten Museumsbeständen läßt sich in der Regel nicht mehr arbeiten. Von Köln aus werden die Bemühungen in der Weise fortgesetzt, daß 1. weitere historisch oder archäologisch genau datierte Proben, 2. zusätzliches Material für die Messung geschlossener Serien, zuerst für das Mesolithikum und Neolithikum, dann für die übrigen Zeiten, 3. Proben aus zusammenhängenden Profilen mit mehreren Kulturschichten und 4. verschiedenartiges Material (Holz, Holzkohle, Gytija, Torf usw.) aus einer Schicht zusammengetragen, unter gegebenen Voraussetzungen auch an Pollendiagrammen überprüft und mit der C14-Methode datiert werden. Hierfür hat sich das II. Physikalische Institut der Universität Heidelberg in verdienstvoller Weise mit sehr viel Verständnis schon jahrelang zur Verfügung gestellt¹⁷. Der Plan sieht vor, die Ergebnisse serienweise mit den dazugehörigen archäologischen Unterlagen in Verbindung mit dem C14-Physiker bekanntzugeben. Zunächst ist noch etwas Geduld erforderlich, weil die Beschaffung brauchbarer Proben sehr langwierig ist und außerdem von physikalischer Seite die Grundlagenforschung intensiv fortgesetzt wird, so daß die Methode in bezug auf die Ausschaltung der Fehlerquellen laufend Fortschritte macht. Im übrigen steht in Deutschland bislang nur das Heidelberger Laboratorium zur Verfügung, das außer der Urgeschichte noch verschiedene andere Fachgebiete betreuen muß. Insgesamt gesehen ist es heute noch nicht so weit, jeden seiner Kultur- und Altersstellung nach unklaren Einzelfund mit der C14-Methode zu datieren. Auch mit der Publikation von einzelnen Daten ist gegenwärtig nicht viel gedient, zumal deren archäologischer Verwendung im derzeitigen Stadium methodische Bedenken entgegenstehen. Die größte Förderung würde im Moment eine Bereitstellung von zuverlässigem Probenmaterial nach den obengenannten Gesichtspunkten bedeuten, um weitere Kontrollmöglichkeiten und ein geschlossenes Datensystem zu gewinnen. Dann dürfte sich in absehbarer Zeit ein dem Prähistoriker sichtbarer Bild von der Brauchbarkeit der C14-Methode für sein Fach ergeben.

¹⁷ Ich möchte es nicht versäumen, Herrn Prof. Dr. O. Haxel und Dipl.-Phys. Dr. Münnich für ihre Förderung ganz wesentlicher Belange der Ur- und Frühgeschichtsforschung besonders zu danken.

Im Hinblick auf die sich andeutenden Möglichkeiten einer besseren absoluten Chronologie sollten wir jedenfalls nichts unversucht lassen, um in unserem naturwissenschaftlichen Zeitalter den Naturwissenschaften das abzugewinnen, was die ur- und frühgeschichtliche Forschung in Verfolgung ihrer historischen Ziele weiterzubringen in der Lage ist. H. Sch.

II

In seinem Aufsatz unterzieht Milojević die C14-Methode einer detaillierten Kritik; eine Anzahl der dabei aufgeführten Einzelheiten sind jedoch unzutreffend. Es soll daher im folgenden versucht werden, einige Mißverständnisse über Grundlagen, Möglichkeiten und Erfordernisse der C14-Datierung aufzuklären¹⁸.

Milojević nennt 6 Grundannahmen, mit denen die C14-Datierung stehe und falle. Von diesen 6 Grundannahmen schließt Nr. 3 (Konstanz des C14-Anfangsgehaltes in organischer Substanz) die Nummern 1 (Konstanz der kosmischen Strahlung) und 2 (Konstanz der Zusammensetzung der Atmosphäre) ein, so daß diese beiden logischerweise keine Bedingungen sind. Die Annahme 3 (Konstanz der C14-Konzentration in der Biosphäre in den vergangenen 50–100 000 Jahren) ist die einzige, deren Verletzung einen größeren Einfluß haben könnte. Es ist aber verschiedentlich darauf hingewiesen worden, daß Veränderungen im C14-Anfangsgehalt der Biosphäre höchstens eine Verzerrung der C14-Zeitskala zur Folge hätten. Frühere Messungen des Verfassers¹⁹ hatten kleine Verzerrungen in der C14-Zeitskala in historischer Zeit wahrscheinlich gemacht. Neueste Untersuchungen von H. de Vries, Groningen, haben diese Verzerrungen sichergestellt²⁰. De Vries konnte sie mit weltweiten Klimaschwankungen korrelieren und erklären. Er bestätigte gleichzeitig in diesen Messungen, daß allen bisherigen Groninger C14-Altersbestimmungen 240 Jahre zuzuschlagen sind. Dieses Ergebnis kam keineswegs überraschend, der Sachverhalt war bis auf den genauen Wert dieser Korrektur seit längerem bekannt. Ursprünglich wurden nämlich zur Gewinnung des C14-Rezent-Standardwertes, also des C14-Gehaltes, den man bei der Altersberechnung als Anfangsgehalt für normale organische Substanz einsetzt, Pflanzen aus der Gegenwart verwendet. Es bestand aber der Verdacht, daß dieser C14-Gehalt durch die industrielle Verbrennung C14-freier Steinkohle verfälscht sei, was H. E. Suess²¹ 1953 zuerst nachweisen konnte. Viele Laboratorien stützen sich daher bezüglich des Standardwertes auf Holz aus dem vorigen Jahrhundert; da aber bei Bekanntwerden der Ergebnisse von Suess bereits eine größere Zahl von Datierungen aus Groningen publiziert war, schien es dort vorteilhaft, den einmal gewählten Zeitnullpunkt festzuhalten und später die Korrektur zu bestimmen. In derselben Weise sind z. B. den älteren Datierungen aus dem Libbyschen Laboratorium in Chicago 100 bis 200 Jahre hinzuzurechnen; da diese Messungen aber allgemein eine geringere statistische

¹⁸ Der Verfasser hat vor kurzem einen Überblick über die Fehlermöglichkeiten gegeben (vgl. Anm. 24) und möchte auf diese Zusammenstellung verweisen.

¹⁹ Münnich, *Science* 126, 1957, 194.

²⁰ *Proc. Koninkl. Nederl. Akad. Wetensch. Amsterdam B* 61 Nr. 2, 1958, 1.

²¹ *Proc. Conf. Nuclear Processes in Geologic Settings. Williams Bay Wisc. Sept. 1953.*

Genauigkeit aufweisen (mittlerer Fehler 200 bis 300 Jahre), ist die Korrektur von geringerer Bedeutung. Es muß darauf hingewiesen werden, daß es sich bei der von de Vries festgestellten Verzerrung der C14-Zeitskala um einen zwar sehr interessanten, aber recht kleinen Effekt handelt. Natürlich erhebt sich die Frage, ob in der ferneren Vergangenheit nicht ähnliche, aber vielleicht wesentlich größere Verzerrungen existieren. Diese Frage ist aller Voraussicht nach zu verneinen. Wohl mögen z. B. durch die Eiszeit bedingte Veränderungen des Meeresspiegels und ähnliche Einflüsse größere Verzerrungen in Jahren gemessen gebracht haben, in Bruchteilen des Alters ausgedrückt, dürften sie aber einige Prozent nicht überschreiten. Es gibt eine Anzahl Gründe dafür, daß diese Verzerrungen nicht bedeutend sein können. Wir wollen aber geochemische Überlegungen hier gänzlich fortlassen und nur auf die Tatsache der guten Übereinstimmung der C14-Datierungen mit den Ergebnissen der Warvenzählung hinweisen. Die Warvenzählung bedient sich einer so völlig anderen Methode, daß sie keine der unterstellten Verzerrung der C14-Zeitskala entsprechende Zeitverzerrung aufweisen kann.

Verstöße gegen die Annahme 4 (Konstanz des Isotopengehaltes auch während des Verrottungsprozesses der organischen Substanz) können, wie an anderer Stelle ausführlich besprochen²², nur sehr kleine Störungen ergeben, die außerdem durch eine in vielen Laboratorien routinemäßig durchgeführte Ergänzungsmessung (C13) in vollem Maße korrigiert werden können.

Die 5. Annahme (Unabhängigkeit des radioaktiven Zerfalls von äußeren Einflüssen) ist eine Grundtatsache der Kernphysik. Sie ist bereits vor Jahrzehnten bewiesen, seitdem in einer Unzahl von Experimenten belegt worden und kann nicht im geringsten in Zweifel gezogen werden.

Eine Verletzung der Annahme 6 (Richtigkeit der Halbwertszeit) würde einen etwas verschiedenen Zeitmaßstab bedeuten, ohne eine Verzerrung zu bewirken. Die Abweichung vom wahren Zeitmaßstab kann hier mit Sicherheit nicht größer sein als 10%, sehr wahrscheinlich ist sie bedeutend geringer. Wir sehen also, daß, selbst wenn eine oder mehrere der verbliebenen Grundannahmen nicht zutreffen sollten, die ganze Methode noch lange nicht fragwürdig wäre.

Milojčić bemängelt, daß die Methode an gut datierten historischen Proben nicht genügend geprüft sei. Dies muß so scheinen, wenn man nur die ersten Messungen aus Libbys Laboratorium in Chicago betrachtet. Inzwischen ist aber eine große Zahl weiterer Kontrollmessungen (vgl. S. 142) durchgeführt worden. Sie haben, soweit die historischen absoluten Zeitbestimmungen möglich waren, keine signifikanten bzw. bei höherer Meßgenauigkeit nur geringe Abweichungen ergeben, so vor allem bis etwa in die Zeit um Christi Geburt. Bei älteren Proben bestehen nun offensichtlich größere Schwierigkeiten in der absoluten historischen Datierung, denn es sind hier Diskrepanzen festgestellt worden; doch konnten von historischer Seite absolute Zeitangaben nicht mit einer ausreichenden Sicherheit gemacht werden, so daß es vorläufig noch als offen angesehen werden muß, ob die C14-Zeitskala Verzerrungen von praktischer Bedeu-

²² H. Craig, Journ. of Geology 62, 1954, 115.

tung aufweist. Die C14-Datierungslaboratorien wären den Historikern sehr dankbar, wenn sie ihnen geeignete und einwandfrei datierte Proben zur Klärung dieser Frage übergeben könnten. Vielleicht darf der Verfasser an dieser Stelle um Unterstützung in der Untersuchung dieser selbstverständlich wichtigen Frage bitten. Es soll aber noch einmal daran erinnert werden, daß die festzustellenden Abweichungen der C14-Zeitskala von der absoluten gering sind und wahrscheinlich weniger als einige Prozent des Alterswertes betragen dürften, so daß ihre Existenz den Wert der C14-Datierungsmethode nicht schmälern sollte, und diese wohl trotzdem für sich in Anspruch nehmen darf, „absolute“ Alterswerte zu liefern.

Die Notwendigkeit einer „sterilen“ Entnahme von Proben für die C14-Datierung besteht durchaus nicht. Mannigfaltige Erfahrungen machen die C14-Datierungslaboratorien allerdings geneigt, ihre Anforderungen an die Sauberkeit der Proben sicherheitshalber zu übertreiben, weil sie bedauerlicherweise in vielen Fällen nicht unbedingt damit rechnen können, daß von den Einsendern der Proben gewisse grundlegende Dinge berücksichtigt wurden. Es kommt leider nicht selten vor, daß Proben von Torf oder ähnlichem Material eingesandt werden, die in Holzwolle oder Stroh verpackt sind, und zwar so unmittelbar, daß es unmöglich ist, mit Sicherheit auszuschließen, ob nicht ein beträchtlicher Teil der Substanz Holzwolle von 1958 anstatt Torfsubstanz von damals ist. Selbstverständlich kann der Kohlenstoff, der zur Datierung gegeben wird, nur dann das richtige Alter liefern, wenn er in überwiegender Menge dieses Alter auch wirklich hat. Daß man sich mit diesem einfachen Gedankengang auch quantitativ vertraut macht, ist unbedingt der Mühe wert. Der Ausgräber wird selbstverständlich darauf achten müssen, daß kein kohlenstoffhaltiges Packmaterial in die Proben gerät, und er wird die Proben nach der Entnahme am besten gleich in einen Kunststoffbeutel stecken, was nicht bedeutet, daß er „steril“ arbeiten soll. Es ist nichts dagegen einzuwenden, wenn die Probe getrocknet wird. Ob eine Staubschicht, die sich bei längerer Lagerung abgesetzt haben sollte, etwas schadet, hängt von der Beschaffenheit der Probe ab. Bei einem kompakten Stück Holz, wo man sieht, was Staub und was Probe ist, stellt sie kein Problem dar. Anders ist es bei formlosen Massen wie Torf, Holzkohle oder Gytjtja. Ein Regenguß, soweit er nur Regenwasser an die Probe bringt, ist natürlich bedeutungslos. Dem Schimmel wird gemeinhin eine größere Bedeutung zugemessen als er verdient, denn bekanntlich gehört der Schimmel als Pilz zu den Pflanzen, die den Kohlenstoff aus ihrem Nährboden nehmen, in diesem Fall aus der Probe und nicht aus der Luft; dadurch wird die Forderung, daß die Probe keinen Kohlenstoff falschen Alters enthalten soll, nicht verletzt. Radioaktive Verseuchung im Laboratorium war eine Schwierigkeit, die der C14-Datierungsmethode am Anfang anhaftete, sie kann mittlerweile als völlig überwunden gelten. Auch damals trat diese Schwierigkeit nicht unerkannt auf, sondern erschwerte nur zeitweilig die Arbeit der Laboratorien.

Die spezifische Anfangsradioaktivität von organischer Substanz ist dem absoluten Betrage nach nicht sehr genau bekannt, die Messungen der einzelnen Autoren differieren. Dies liegt daran, daß diese Absolutmessungen etwas schwierig sind. Man weiß also nicht genau, ob in einem Gramm Kohlenstoff von

lebendem Pflanzenmaterial 12 oder 15 C14-Atome pro Minute zerfallen. Dies ist eine beträchtliche Unsicherheit, die, ginge sie in die Altersbestimmung ein, einen Unterschied von etwa 1800 Jahren bedeuten würde. Erfreulicherweise hat aber die C14-Altersbestimmung mit dem Absolutwert gar nichts zu schaffen, denn sie beruht nur auf einem Vergleich des C14-Gehaltes verschiedener Proben in ein und derselben Apparatur. Der Sachverhalt ist dem nicht unähnlich, daß man zwei Längen miteinander vergleichen und das Längenverhältnis genau bestimmen will; aus dem Verhältnis errechnet man in unserem Falle das Alter. Dazu taugt jeder gleichmäßig geteilte Maßstab, die Größe der Maßeinheit ist gleichgültig; es ist also bedeutungslos, ob etwa die eine zu messende Länge auf dem Maßstab 12 oder 15 „Zentimeter“ mißt. Der Abschnitt, der sich in Milojevićs Aufsatz mit dieser Schwierigkeit beschäftigt, ist also hinfällig.

Die darauf folgenden Abschnitte beschäftigen sich mit der Aufzählung von Diskrepanzen zwischen verschiedenen C14-Messungen. Es muß dabei scharf unterschieden werden zwischen einem Fehler und zwischen einer statistischen Unsicherheit, deshalb ist die auf C. F. Gauß (1816) zurückgehende Bezeichnung „mittlerer Fehler“ für das statistische Streumaß nicht besonders glücklich. Die statistische Unsicherheit verringert sich bei längerer Meßdauer oder durch wiederholte Messungen. Liegt ein Fehler vor, ist z. B. die Probe durchwurzelt, so wird die statistische Unsicherheit genau so kleiner, aber der Meßwert konvergiert gegen ein falsches, z. B. zu geringes Alter. Einige der zitierten, aus einer großen Zahl ausgesuchten Messungen mögen an verunreinigtem Material ausgeführt worden sein. Von Knochen weiß man z. B., daß sie für Verunreinigungen anfällig sind²³ und von diesen schwer befreit werden können; sie zeigen häufig ein falsches, zu geringes Alter. Die meisten der aufgezählten Diskrepanzen sind jedoch gar keine. Es handelt sich um Fehlinterpretationen statistischer Gesetzmäßigkeiten, was auch aus dem im zweit- und drittletzten Abschnitt des Aufsatzes über den mittleren Fehler und statistische Mittelwerte Gesagten hervorgeht. Auch die rezente Wildrose aus Nordafrika, „die schon 360 Jahre tot“ ist und der australische Eukalyptus, „der erst in 600 Jahren existieren wird“ sind dadurch induzierte Mißverständnisse.

Die Mehrzahl der von Milojević aufgezählten Diskrepanzen fand er zwischen älteren Messungen, deren statistische Unsicherheit damals, als die Meßmethode noch in der Entwicklung stand, zwei- bis dreimal größer war als heute. Wohl gemerkt waren die damaligen Messungen nicht falsch, sondern nur ungenauer, was durch das jeweils beigefügte Streumaß (\pm mittlerer Fehler) einwandfrei ausgewiesen ist. Man könnte sich also bei diesen Messungen nur darüber unzufrieden zeigen, daß sie den gesuchten Wert nicht präzise genug wiedergeben. Man kann sich aber durch Abweichungen zwischen Einzelwerten nicht beunruhigt fühlen, denn diese Abweichungen sind völlig regulär und nach den statistischen Gesetzen zu erwarten. Der Verf. darf sich Exkurse über die Statistik hier vielleicht sparen und auf früher von ihm gegebene Veranschaulichungen hinweisen²⁴. Es muß durchaus zugegeben werden, daß die Handhabung von

²³ s. Anm. 19.

²⁴ F. Overbeck, Münnich, L. Aletsee u. F. R. Averdick, Flora 145, 1957, 37; Münnich, Umschau 58, 1958, 109.

Ergebnissen, die mit einer statistischen Unsicherheit behaftet sind, einer gewissen Schulung bedarf, doch kommen heute Wissenschaftler aus den verschiedensten Gebieten in fortschreitendem Maße nicht mehr ohne solche Kenntnisse aus: Biologen, Volkswirtschaftler, Mediziner können auf sie nicht verzichten. Eingehende Kenntnis der statistischen Gesetzmäßigkeiten ist mindestens für die genaue Interpretation von C14-Datierungen unerlässlich, denn nur dadurch können mannigfaltige Mißverständnisse vermieden und die Informationen, die die C14-Altersbestimmung bietet, in vollem Maß ausgeschöpft werden.

Ebenso wichtig ist aber, daß der Ausgräber die Lagerungsverhältnisse der Probe im Boden einer scharfen Kritik unterzieht. Insbesondere muß er darauf achten, daß die Probe nicht durchwurzelt ist, was auch bei an sich kompakten aber weichen Hölzern häufig vorkommt und zwar nicht auf den ersten Blick, doch aber dem geschulten Auge bei genauer Untersuchung und unter Anwendung bodenkundlicher Kriterien erkennbar ist. Der die Messungen ausführende Physiker oder Chemiker hat nicht mehr dieselbe Chance, solche Störungen, die gegen den Hauptgrundsatz, nämlich daß die Probe nur Kohlenstoff des richtigen Alters enthalten soll, verstoßen, zu erkennen. Er muß sich auf das Urteil des Ausgräbers verlassen.

Offensichtlich unterliegt eine einzelne Datierung eher der Gefahr eines nicht erkannten Fehlers als eine Serie von Messungen. Nicht sehr sinnvoll ist die auf den ersten Blick verlockende Lösung, die Datierung ein und desselben Fundstückes in mehreren Laboratorien vornehmen zu lassen; denn liegt ein Fehler vor, so ist er meist in der Probe selbst zu suchen, nicht in der Messung. Proben verschiedener Art von verschiedenen Fundstellen, archäologisch miteinander verknüpft, liefern die sichersten Ergebnisse, und eine gelegentlich nicht erkannte Unzuverlässigkeit einer einzelnen Probe führt dann nicht zu falschen Schlüssen.

Für die Festlegung eines historischen Datums ist die C14-Methode unbestrittenerweise nicht geeignet, bei einem mittleren Fehler von etwa ± 100 Jahren ist sie dazu zu ungenau, nur zur groben Orientierung mag sie bisweilen dienen können. Für den Prähistoriker dagegen ist sie ohne Zweifel ein äußerst wertvolles Werkzeug und ein im allgemeinen hinreichend genauer Maßstab. Selbstverständlich hat die C14-Methode noch eine Reihe sehr wichtiger und interessanter Arbeitsgebiete, die mit der Vorgeschichtsforschung nicht oder nur sehr lose zusammenhängen, nämlich geochemische oder klimageschichtliche Untersuchungen. Das ist mit ein Grund, warum die Datierungslaboratorien so mit Arbeit überlastet sind, daß sie nicht immer oder nicht schnell genug allen Datierungswünschen nachkommen können. In sehr vielen Fällen kommen diese Untersuchungen aber letzten Endes der Vorgeschichtsforschung doch wieder zugute, indem sie, neben ihren sonstigen Ergebnissen, häufig auch vorgeschichtlich interessante neue Einblicke gewähren oder bisweilen sogar neue Datierungsmöglichkeiten eröffnen.

K. O. M.