

+ + + + + + + + + +

Im Heft 4 (1978) der Archäologischen Informationen erschien unter der Rubrik "Das aktuelle Thema" ein Beitrag von R. Protsch unter der Überschrift: Wie alt ist der Homo sapiens? Nach der Intention der Herausgeber ist der Beitrag zur Diskussion gestellt, der im Folgebund Raum gegeben wird.

Unter diesen Vorzeichen versucht der Unterzeichnende, vom chemischen und prähistorischen Standpunkt aus Stellung zu nehmen, - nicht jedoch vom anthropologischen, da er sich in dieser Hinsicht nicht zuständig fühlt.

Anliegen des zu diskutierenden Beitrages ist Ursprung und Ausbreitung der fossilen Subspezies des "anatomisch modernen Menschen" im Oberen Pleistozän<sup>1)</sup> zu untersuchen. Dabei werden den absoluten Daten der verschiedenen Funde die entscheidende Bedeutung eingeräumt. Absolute Daten werden durch <sup>14</sup>C-Bestimmungen und über den Racemisierungsgrad von Asparaginsäure und Isoleucin erhalten. Außerdem werden 'Datierungen' nach der FUN-Methode herangezogen.

Obwohl über die FUN-Methode<sup>2)</sup> (nämlich die Bestimmung von Fluor, Uran und Reststickstoff im Knochen) keine Daten erhältlich sind, es sich vielmehr um einen Test handelt, wird von einer Datierung durch Mikroanalyse gesprochen.

Allerdings werden die erhaltenen Werte in angemessener Weise interpretiert. Die  $^{14}\text{C}$ -Daten werden nach einer weit ausgearbeiteten Methode<sup>3)</sup> erstellt. Nach einer Vorreinigung des Knochens werden schließlich über die Gelatine aus dem Collagen die Aminosäuren erhalten und säulenchromatographisch gereinigt. Erst das so gereinigte Material wird zur Datierung herangezogen. Diese Methode ist für Knochen an sich zweifellos das beste Verfahren. Zweifel erheben sich jedoch dann, wenn ein Knochenmaterial untersucht werden soll, das vorher zwecks Festigung präpariert worden ist.

Im Falle der Ofnet-Höhle wurde versucht, das Konservierungsmittel<sup>4)</sup> durch Äther zu extrahieren. Selbst wenn die Extraktion vollständig abgelaufen sein sollte, so haftet danach der Probe der Äther an. Trotz dessen niedrigem Siedepunkt werden Ätherspuren von polaren Substanzen hartnäckig festgehalten, wie der organisch arbeitende Chemiker zu bestätigen weiß. Da Äther in kleinen Mengen in Wasser löslich ist, wandert er mit der zu reinigenden Substanz und läßt sich in Extremfällen selbst mit Hochvakuum bei erhöhten Temperaturen nicht beseitigen. Der Äther enthält nur 'totes' C, führt also zu scheinbar älteren Daten.

Weiter stimmt es bedenklich, daß die  $^{14}\text{C}$ -Methode da zur Stützung der Aminosäurebestimmung herangezogen wird, wo sie selbst bereits unzuverlässige Werte liefert, weil die Zählraten zu klein werden:

Saldanha, das mit Radiokohlenstoff auf  $40570 \pm 1080$  Jahre datiert worden war, ergab ein Aminosäuren-Alter von ca. 42000 Jahren. Von Interesse ist, daß die Hominidenreste von Border Cave, die mit Radiokohlenstoff auf älter als 45000 Jahre (UCLA-1754E) und älter als 48300 (Epi-Pietersburg, Pta-459) datiert worden waren, mit Aminosäuren-Datierung ein vorläufiges Alter von 60000 Jahren B.P. ergaben (Protsch 1978: 20).

Die im folgenden genannten absoluten Daten sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Der bisher älteste und absolut datierte fossile "anatomisch moderne Mensch" stammt aus Border Cave, Südafrika. Es handelt sich um die Reste zweier Individuen; sie wurden zusammen mit einer späten "Full MSA"-Industrie gefunden, die älter als 45000 bis 48000 Jahre ist. Diese Radiokohlenstoffdaten werden gestützt durch ein Aminosäuredatum von ca. 60000 Jahren und ein zweites, vorläufiges Datum von 89000 Jahren B.P. (Protsch 1978: 22). Vernünftigerweise sollte man  $^{14}\text{C}$ -Daten über 35000 Jahre mit einer gewissen Reserve betrachten. In einer Publikation von 1973<sup>5)</sup> zusammen mit BADA ist PROTSCHE noch vorsichtiger:

The D to L-aspartic-acid ratio determined for the Naisiusiu Bed bone was 0,32. Substitution of this ratio and the radiocarbon of  $17,550^{+1000}$  yr into Eq. yields  $k_{asp} = 1.48^{+0.09} \times 10^{-5} \text{ yr}^{-1}$ ; this value thus represents the average value of  $k_{asp}$  for Olduvai Gorge over about 18,000 yr.

It should be possible to use this  $k_{asp}$  value to estimate the age of other fossil bones from Olduvai Gorge. To test this proposal, amino-acid analyses were performed on a bone from the Ndotu Beds. The Ndotu Beds are older than the Naisiusiu Beds and appear to be beyond the range of radiocarbon dating. The Ndotu Bed bone was found to have a D to L aspartic-acid ratio of 0.72; part of the amino-acid analyzer printout for this bone is also shown in Fig.1. Substitution of  $D/L = 0.72$  and  $k_{asp} = 1.48^{+0.09} \times 10^{-5} \text{ yr}^{-1}$  into Eq. gives an age of  $56,000^{+3,500}$  yr.

It should be emphasized that the only assumption concerning the temperature, and therefore the value of  $k_{asp}$ , made in the calculation is that the average temperature at Olduvai Gorge over the last 18,000 yr is representative of the average temperature over the last 56,000 yr. This assumption seems justified based on the estimated temperature fluctuations during the Pleistocene glacial cycles for the tropical Atlantic Ocean and for a cave in New Zealand. The estimated average temperatures in these environments over the last 20,000 yr is only about  $0.5^{\circ}$  higher than the average temperature over much longer periods. If a similar situation existed in Olduvai Gorge, then the age of the Ndotu Bed bone would be increased from 56,000 yr to about 61,000 yr, assuming that the aspartic-acid racemization reaction has the same temperature dependence as the isoleucine reaction, which is the case in aqueous solution.

Protsch (S. 19) ist sich zwar der starken Temperaturabhängigkeit der Daten bewusst: "Von großer Bedeutung ist die Temperaturempfindlichkeit dieser Methode: schon eine kleine Schwankung über längere Zeit kann die Ergebnisse stark beeinflussen (Bada 1972)", doch werden diese Bedenken mit einem unzureichenden Argument (S. 20) beschwichtigt: "Die meisten der in Frage kommenden Knochenproben waren relativ auf Alter zwischen 10.000 und 60.000 Jahren datiert worden. Beträchtliche Temperaturveränderungen sind während dieser Periode im Gebiet südlich der Sahara bekannt. Größtenteils basieren diese Daten auf mikrobiologischen Untersuchungen einiger geographischer Gebiete, die ein dem heutigen vergleichbares Klima erwarten lassen, besonders, was den Höchststand des letzten Pleniglazials angeht (Butzer 1971, 347)."

Mikrobiologische Untersuchungen können niemals eine Temperatur auf  $\pm 1^{\circ} \text{ C}$  fest-

legen. Selbst wenn das möglich wäre, müßte eine Temperaturgeschichte für die infrage kommenden 60.000 Jahre erstellt werden, um zu einer verlässlichen Schätzung der Durchschnitts temperatur zu kommen.

Im voraufgehenden Zitat von BADA & PROTSCH war aufgezeigt, daß eine nur um 0,5° C andere Temperatur das Datum von 56.000 auf 61.000 Jahre verschiebt. In der Tat ist es diese Temperaturempfindlichkeit, die das Vertrauen in die vorgelegten Daten erschüttert. Die Berechnung des Datums erfolgt nach der Formel

$$\ln \left[ \frac{1 + D/L}{1 - D/L} \right] - \ln \left[ \frac{1 + D/L}{1 - D/L} \right]_{t=0} = 2 \cdot k_{asp} \cdot t$$

wobei t das Datum in Jahren,  $k_{asp}$  ein Proportionalitätsfaktor ist. Dieser Proportionalitätsfaktor ist stark von der Temperatur abhängig und soll für Asparaginsäure und Isoleucin, die beide zum Datieren herangezogen werden, gleich sein. Er berechnet sich zu <sup>6)</sup>

$$\log k_{iso} = 18,60 - 6975 / T ,$$

wobei T die Temperatur in ° Kelvin ist. Dieser formelmäßige Zusammenhang wurde in Laborexperimenten gefunden. Aus diesen beiden Formeln lassen sich Modellrechnungen erhalten, die folgend abgekürzt wiedergegeben seien:

Willkürlich sei ein Datum von 50.000 Jahren angenommen, das unter Zugrundelegung einer Durchschnittstemperatur von 22° C = 295° K berechnet worden sei. Es wird die Frage aufgeworfen, wie sich dieses Datum für andere Temperaturen ergeben würde.

|           |        |        |       |
|-----------|--------|--------|-------|
| T = 20° C | ergibt | 72.500 | Jahre |
| T = 21° C | "      | 60.000 | "     |
| T = 27° C | "      | 20.250 | "     |

Hieraus dürfte deutlich werden, daß die Methode mit der richtigen Annahme bezüglich der Durchschnittstemperatur steht und fällt. Paläotemperaturmessungen über <sup>16</sup>O/<sup>18</sup>O dürften nur in den seltensten Fällen möglich sein und ergeben auch nur einen Punkt auf der Skala des Zeitablaufs. Extrapolationen von ca. 20.000 Jahre auf 40.000 Jahre oder gar 80.000 Jahre sind generell unzuverlässig, da keine Details über den Temperaturablauf bekannt sind. Zwar macht Protsch über die Fehlergrenzen seiner Daten keine Angaben, doch dürften sie zumindest bei ca. 5% liegen. Dieser Fehler addiert sich noch zu den Unsicherheiten bezüglich der Temperatur. Vielleicht ist es nicht zu hoch gegriffen, den Daten einen Fehler von ± 25% zuzumessen. Unter diesem Gesichtspunkt ist dann das Aminosäuredatum der Großen Ofnet zu betrachten, das schon viel Wider-

spruch provoziert hat<sup>7)</sup>. Schon wenn die angenommene Temperatur um ein einziges Grad Celsius höher lag, sinkt die Datierung um 2.300 Jahre. Unter Einbeziehung der Fehlerbreite ist damit ein mesolithisches Datum gegeben, wie von archäologischer Seite immer behauptet. Die Bedenken zum parallelen <sup>14</sup>C-Datum wurden bereits weiter oben vorgebracht.

Die ausklingende Würmeiszeit ist durch eine mehrfache Schwankung warmer und kalter Perioden gekennzeichnet. Dies bedeutet für Knochen, die sich in einem Sediment mit wachsender Tendenz befanden, daß sie sehr unterschiedlichen klimatischen Bedingungen ausgesetzt waren. Besonders ist an Kleinklimate zu denken, wie z.B. die Alb und das Donautal stark unterschiedliche Biotope darstellen. Dies macht die Annahme einer Durchschnittstemperatur zu einem Glücksspiel. Protsch schreibt (S. 15):

"Oft hat sich gezeigt, daß Knochen, die weniger als 15.000 Jahre alt sind, zu widersprüchlichen Ergebnissen führen, besonders in bezug auf Stickstoff. Allerdings spielen dabei eventuelle Unterschiede in der unmittelbaren Umgebung des Fundes innerhalb der geologischen Ablagerung eine Rolle. Folglich lassen sich die Knochen verschiedener Tierspezies, die miteinander assoziiert waren und aus einer Fundstelle mit einem Alter von mehr als 20.000 Jahren stammen, ohne weiteres in bezug auf ihren F,U,N -Gehalt vergleichen."

Diesen beiden wenig prägnanten Formulierungen sei nur soviel entnommen, daß Protsch die Verhältnisse für die Zeiten jünger als 15.000 bis 20.000 Jahre als unübersichtlich ansieht, ohne eine weitere Begründung dafür zu geben.

Wie ROTTLÄNDER gezeigt hat<sup>8)</sup>, sind die Verhältnisse nicht unübersichtlich, wenn auch nicht einfach (Rottländer 1976). Eingebettete Knochen werden in den Wärmeschwankungen stark zersetzt, bleiben bei Kälteschwankungen aber relativ gut erhalten. Die Temperatur schlägt also stark auf den Knochen durch. Dies bedeutet auch stark wechselnde Racemisierungsgeschwindigkeiten. Diese Oszillationen machen alle Knochen in unseren Breiten mit, die älter als 10.000 Jahre sind. Lediglich die Einbettungstiefe reguliert, ob Jahresschwankungen oder erst säkulare Schwankungen zur Wirkung kommen. Solche Effekte dürften bei den Funden von der Großen Ofnet und von Neuessing die ausschlaggebende Rolle spielen.

Unter den hier dargelegten Gesichtspunkten erscheint es dem Unterzeichnenden so zu sein, daß die Datierungen durch die Racemisierung von Aminosäuren derzeit relative Datierungen sind, wenn auch sehr gute. Es sollte von ihnen gelten, was Protsch (Seite 14/15) zur Anwendung der FUN-Methode schreibt:

"Mikroanalytische Vergleiche sollten jedoch nur zwischen Knochen derselben stratigraphischen Schicht einer archäologischen Fundstelle oder zwischen Knochen verschiedener aufeinanderfolgender Schichten desselben Fundorts vorgenommen werden. Im ersten Fall sind als Ergebnisse gleiche oder doch sehr ähnliche Werte zu erwarten, wohingegen im zweiten Falle normalerweise mit zunehmender Tiefe bzw. Alter der Schicht der Stickstoffgehalt abnimmt, während die Fluor- und Urangelhalte ansteigen. Dies gilt in beiden Fällen jedoch nur, wenn sich nahezu keine Veränderungen in der Umgebung und höchstens geringfügige Störungen in der Ablagerung abgespielt haben."

In diesem Sinne machen denn auch die meisten amerikanischen Veröffentlichungen von der Racemisierungsmethode wesentlich zurückhaltender Gebrauch, so daß sie wohl kaum der Kritik ausgesetzt sind.

Sollte allerdings eine Methode gefunden werden, die den Temperaturverlauf über längere Zeiten abzuschätzen gestattet, und zwar auch da, wo die  $^{14}\text{C}$ -Methode in der bisherigen Form versagt, so ist mit der Racemisierungsmethode ein äußerst nützliches Datierungsmittel gegeben.

#### Literatur

- 1) Protsch, R.                    Wie alt ist der Homo sapiens? Archäologische Informationen Bd. 4 (1978) 8-32.
- 2) Oakley, K.P.                Analytical methods of dating bones. Science in archaeology 1969, S. 35-45.
- 3) Longin, R.                 New methods of collagen extraction for radiocarbon dating. Nature 230 (1971), 241-242.
- 4) Glowatzki, G. & Protsch, R.                Das absolute Alter der Kopfbestattung in der Großen Ofnet-Höhle bei Nördlingen in Bayern. Homo 24 (1973), 1-6.
- 5) Bada J.L. & Protsch, R.                Racemization reaction of aspartic acid and its use in dating fossil bones. Proc.Nat.Acad.Sci. USA 70, (1973) No.5, 1331-1334.

6) Turekian K.K. & Bada, J.L.

in: Calibration of hominoid evolution. Edit.:  
Bishop, W.W. & Miller, J.A. 1972, 171-185.

7) Naber, F.B.

Das Ende des Ofnet-Problems? Quartär 25 (1974),  
S. 73-84.

8) Rottländer, R.

Knochendiagenese in Höhlen. Zentralblatt f. Geol.  
u. Paläontologie II (1976) H. 5/6, 377-379.

Dr.Dr. Rolf C.A. Rottländer

Institut für Urgeschichte

Schloß

D-7400 Tübingen

+ + + + + + + + + +