

Datierungsversuche im Quartär Westdeutschlands mit Hilfe des Fluortestes ¹⁾

Von KONRAD RICHTER und FRANZ-JÖRG ECKHARDT

Mit 2 Abbildungen im Text

S u m m a r y. The X-ray spectrographic fluorine test for the relative dating of bones, teeth, and antlers, has been applied and tested on specimens of known geological age found in western Germany. Only those specimens can be compared, which are found below the ground-water level. Results obtained from North German areas with Scandinavian glacial deposits, are satisfactory; results from other areas, however, are less satisfying. Furthermore, there are differences between the interior and the exterior of bones. It is necessary to compare only specimens which, on one side, are taken from the same kind of sediments, and, on the other side, have been lying in groundwater of similar fluorine content. With regard to the number of statements made in our exposé, it may be concluded that by this method we may compile usable diagrams for regions containing Scandinavian glacial deposits as well as also for other areas.

Knochen, die im Boden liegen, verändern sich chemisch. Wird z. B. durch Grundwasser Fluor an die mineralische Knochensubstanz herangebracht, so findet ein Ionenaustausch statt, und der Hydroxylapatit des Knochens wird allmählich in immer größerem Anteil zu Fluorapatit umgewandelt. Je länger ein Knochen im Grundwasser lag, desto höher müßte also sein Prozentgehalt an Fluorapatit sein. Das kann zur Altersdatierung von Knochen benutzt werden. Die Anfänge einer entsprechenden Methode gehen bis 1806 zurück. Eindeutig zur Altersbestimmung benutzte sie 1895 Th. WILSON in Nordamerika zum Beweis, daß der Mensch Zeitgenosse des ausgestorbenen Mylodon war. Die Methode geriet dann lange in Vergessenheit, bis sie vor einigen Jahren von K. P. OAKLEY wieder angewandt wurde, der damit z. B. eindeutig das Rätsel des sogenannten Piltdown-Menschen löste, dessen Unterkiefer und isolierter Molar sich als absolut rezent und als Fälschung erwiesen.

Im Jahre 1953 veröffentlichten E. NIGGLI, C. J. OVERWEEL & J. M. VAN DER VLERK eine neue recht einfache röntgenographische Fluor-Datierungs-Methode und legten Ergebnisse aus dem niederländischen Quartär vor. Sie zeigten, daß die Methode gerade für den gesamten Bereich des Quartärs brauchbar ist, aber nicht mehr ins Tertiär hinein, da dann bereits röntgenographisch reiner Fluorapatit im Knochen vorliegt. Die Geschwindigkeit, mit der Hydroxyl durch Fluor ersetzt wird, ist zuerst verhältnismäßig schnell und wird allmählich langsamer; sie ist abhängig u. a. vom Fluorgehalt des Wassers, das den Knochen umgibt. Verwendbar ist nur Knochenmaterial, das ständig unter Grundwasser, möglichst in Kiesen oder Sanden, gelegen hat. Letztere Bedingungen waren für das vorgenannte niederländische Material offenbar besonders gut erfüllt. Es mußte aber fraglich bleiben, ob im westdeutschen Raum mit seinen im Quartär sehr viel unterschiedlicheren Grundwasserständen die Methode noch brauchbare Ergebnisse liefern würde.

Um diese Frage zu prüfen, wurden von K. RICHTER mit Unterstützung zahlreicher westdeutscher Kollegen eine größere Menge quartärer Knochen aus stratigraphisch möglichst klaren Fundpunkten und aus Schichten unter mindestens heutigem Grundwasserniveau zusammengebracht.

Die röntgenographischen Messungen führte F.-J. ECKHARDT im Amt für Bodenforschung, Hannover, mit einem Geigerzähler-Röntgenspektrometer der NORTH AMERICAN PHILIPS & Co., Inc., durch. Die Liniengenauigkeit des Gerätes für diese Methode liegt

¹⁾ Vortrag gehalten von K. RICHTER auf der Tagung der Deutschen Quartärvereinigung 1955 in Laufen.

bei $\pm 0,05^\circ$ des gemessenen Abstandes von den Reflexen (004) und (140) in 2θ , wenn die angegebene Größe der Entfernung ein Mittelwert aus mindestens 3 Messungen ist (verwandt wurde Cu K α -Strahlung). Als Grundlage für die Berechnung des Abstandes dieser zwei Reflexe für Hydroxyl- und Fluorapatit wurden die von E. NIGGLI (1953) zitierten Gitterkonstanten genommen, wobei der Abstand der Reflexe für Fluorapatit kleiner ist als für Hydroxylapatit; allerdings stimmen die Gitterkonstanten nicht so genau, wie es die Methode erfordert, mit denen von anderen Autoren (DANA 1951; DONNAY, NOWACKI 1954; STRUNZ 1949) überein. Bei Umrechnung der von E. NIGGLI veröffentlichten Meßergebnisse auf unsere Meßbedingungen zeigt sich allerdings recht gute Übereinstimmung der Resultate. Verschiedene kristallographische und petrographische Fragen, die auch gewisse Unzulänglichkeiten der Methode erklären sollen, bedürfen erst ausführlicher Detailuntersuchungen und sollen in einer späteren Veröffentlichung behandelt werden. So ist es auf Grund chemischer Analysen von Dr. W. HARRE, Amt für Bodenforschung, Hannover, noch nicht erwiesen, ob die zwei Reflexe, auf die wir uns bei den Messungen beziehen, tatsächlich zu Mischungen von reinen Hydroxyl- und Fluorapatitkomponenten gehören. Die geologische Auswertung der Messungen nahm K. RICHTER vor.

Auf Abb. 1 sind norddeutsche Funde aus \pm gesicherter stratigraphischer Position dargestellt. Die Abszisse gibt den Abstand der zwei oben genannten Reflexe des Apatites in Grad 2θ , die Ordinate in rein schematischen Abständen das relative Alter der Fundschichten an. Die jüngsten Zeitabschnitte sind dabei sicher zu lang, ältere zu kurz dargestellt. Die wahrscheinlich sehr viel längere Dauer von Pliozän und Ober-Miozän wird durch Vergrößerung dieser Abstände wenigstens angedeutet. Eine zeitliche Zuordnung nach der MILANKOVITCH-Kurve der Sonnenstrahlung für die letzten 600 000 Jahre wurde absichtlich vermieden, da sich auf der Basis geochronologischer Radioaktivitätsmethoden andere absolute Jahreszahlen abzeichnen lassen.

Betrachten wir nunmehr die auf Abb. 1 dargestellten Ergebnisse nur hinsichtlich der Knochen, nicht aber der Zähne und Geweihe. Theoretisch müßten die Linien des altersmäßig jüngsten Objektes Nr. 21 den größten Abstand haben. Es ist ein rezenter Pferdeextremitätenknochen, der nur 2 Jahre in einem Komposthaufen gelegen hat. Der Abstand der Bezugsreflexe des Knochens einer Kuh (Nr. 22), die 1634 bei Kiel erkrankt (Material von Prof. E. GUENTHER, Kiel) ist noch nicht geringer. Auch andere Knochen aus mittelalterlichen Weser- und Leine-Kiesen (Nr. 15 und 14) haben noch keine kleinere Entfernung von (004) und (140), ja Nr. 14, ein Cervidenknochen aus Weserkiesen unter Auelehm bei Estorf, sogar noch etwas weniger als das rezente Material. Der geringe Unterschied liegt aber völlig im Rahmen der Meßfehler.

Bei Nr. 18 (von Hemmingen an der Leine) ist das altholozäne Alter ziemlich sicher. Dagegen wäre früher Nr. 50, ein *Homo sapiens*-Schädelfragment aus Flußkies 1 m unter Auelehm bei Gronau, als niederterrassenzeitlich gedeutet worden. Nach anderen neueren Funden aus Leinekiesen unter Auelehm, leineabwärts nördlich von Hannover bei Sutforf, hätte man die Fundschicht auch für mittelalterlich halten können. Fräulein Dr. ASMUS war so liebenswürdig, den ziemlich kleinen Schädelrest anthropologisch zu begutachten, und spricht sich mehr für ein Alter „jünger als Niederterrasse“ aus. Der Fluortest stellt ihn in die Nachbarschaft des Hemminger Objektes (Nr. 18), also ins Alt-Holozän, was nach der geologischen Fundsituation durchaus möglich ist.

Die Funde aus dem Spätglazial haben im allgemeinen wieder kleinere Meßwerte, wenn auch Überschneidungen mit der vorgenannten Gruppe möglich erscheinen. Von sicher datierten Funden gehören aus den Grabungen von A. RUST hierher die Renknochen Nr. 43 von Ahrensburg und Nr. 41 von Meiendorf. Letzteres ist gemäß freundlicher Mitteilung von A. RUST durch SUESS mit C₁₄ auf 15750 ± 800 Jahre datiert worden. Ein Altersunterschied zwischen beiden Horizonten kommt mit dem Fluortest absolut nicht zum Ausdruck.

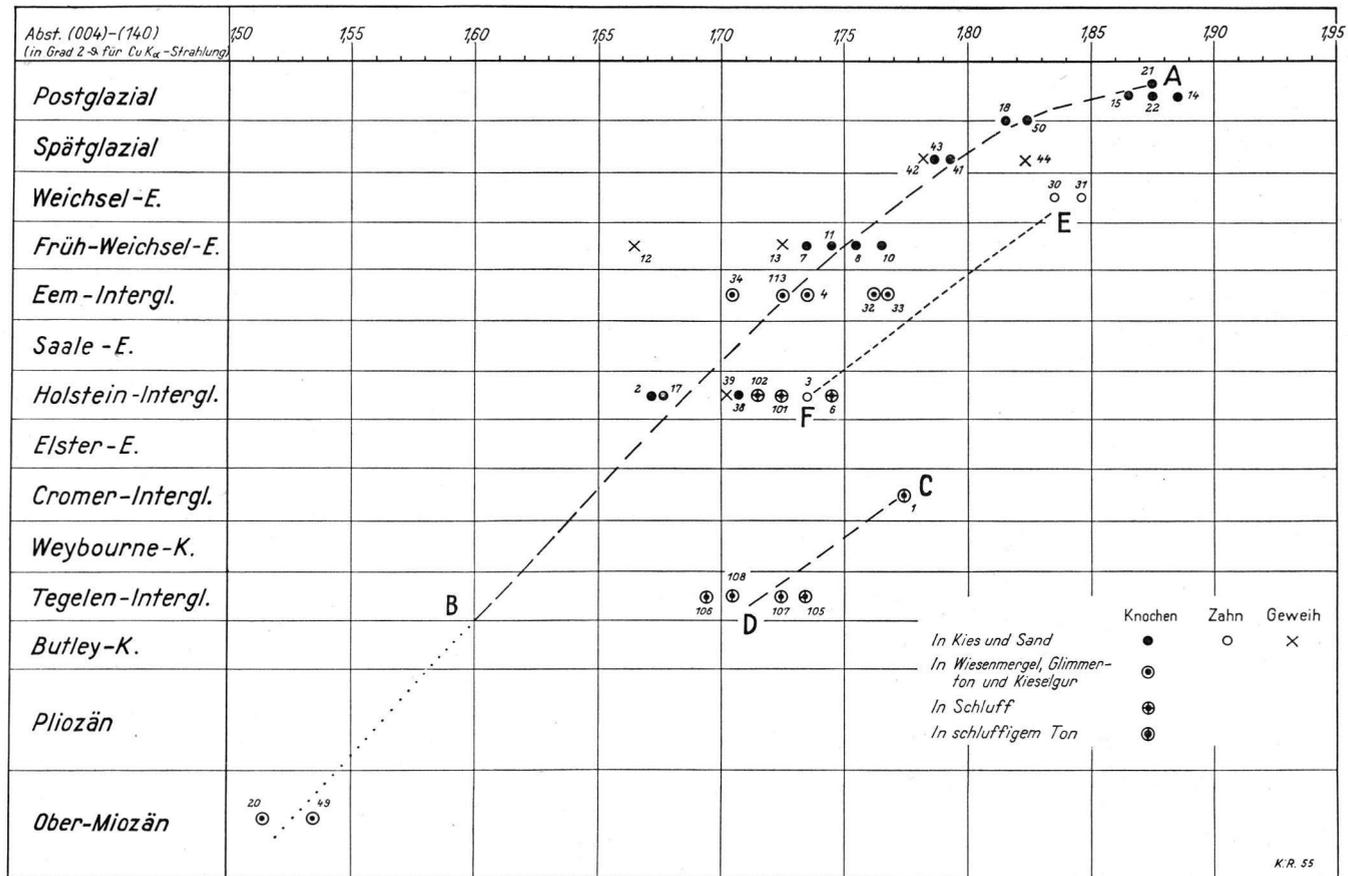


Abb. 1. Röntgenographische Fluorapatitteste norddeutscher Funde. AB = Testkurve für Knochen aus Gebieten mit nordischem Glazialschutt, EF das gleiche für Zähne, CD = Testkurve für Knochen aus Gebieten ohne nordischen Glazialschutt.

Deutlich größeren Abstand der Bezugsreflexe haben wieder die Knochen des paläolithischen Rentier- und Mammutjägerplatzes von Lebenstedt-Salzgitter der Ausgrabungen von Dr. TODE (Nr. 7 = Ren-Extremität, Nr. 8 desgleichen, Nr. 10 = Mammut-Radius-Oberteil, Nr. 11 = indet. Mammutknochen, Bestimmungen von Dr. KLEIN-SCHMID, Braunschweig).

Die bisher untersuchten Knochen aus Eem-zeitlichen Ablagerungen mit sicherer Lage unter dem Grundwasserspiegel stammen leider nicht aus ganz vergleichbarem Material, und zwar aus Wiesenmergel Nr. 4 und 113 (Lehringen; letzteres Stück von Konrektor ROSENBROCK geborgen) und Nr. 32 (Fischwirbel von Honerdingen, zur Verfügung gestellt von Dr. HAMM, Landesmuseum Hannover), sowie aus Kieselgur vom oberen Luhe-tal Nr. 33 und 34 (Grevenhof, zur Verfügung gestellt von Prof. VOIGT, Hamburg). Ein weiteres Stück aus Hützel (von Dr. REINHOLD, Hannover, zur Verfügung gestellt) macht einen stärker verwitterten Eindruck und hat vielleicht deshalb etwas kleineren Abstand der Bezugsreflexe. Es wurde wegen seines andersartigen Erhaltungszustandes nicht in die Abbildung mit aufgenommen. Bemerkenswerterweise fehlen in der Kieselgur von Ober-Ohe, Neu-Ohe und Munster bisher Knochenfunde. Es sind nur Abdrücke geborgen. Ein Vergleich des umstrittenen Altersunterschiedes zwischen den beiden Gruppen von Kieselgurvorkommen ist also mit dem Fluortest leider nicht möglich. Bei der sonst sehr gleichartigen Gurbeschaffenheit könnte man allenfalls versucht sein, mit der mangelnden Knochenerhaltung in der Munster-Ohe-Gruppe das auf Grund von Pollenanalysen vermutete höhere Alter zu unterstreichen. Als Beweismittel dürfte das aber nicht zu bewerten sein.

Beispiele für das Holstein-Interglazial standen aus der PAPE-schen Kiesbaggerei in Wunstorf nördlich Hannover zur Verfügung, die z. T. durch Dr. H. O. GRAHLE geborgen wurden (Nr. 2 = Elefantenextremität, Nr. 17 = Proboscidiergelenk, Nr. 38 = Cervidenschenkelknochen). Der Abstand der beiden Apatitlinien ist geringer als bei der Eem-Gruppe, wenn auch eine Überschneidung vorhanden ist. Bei Einzelfunden würden sich also Eem- und Holstein-Interglazial durch Fluorteste nicht immer mit Sicherheit unterscheiden lassen. In etwas geringerem Grade gilt das auch für die vorbehandelten Gruppen. Erst wenn aus mehreren Knochen einer Fundstelle ein Durchschnittsfluorwert ermittelt werden kann, ist eine Alterszuordnung mit Fluortesten möglich.

Auch dann ist zu beachten, ob die Vorkommen in einer chemisch gleichartigen Grundwasserprovinz liegen. Leider sind aus Deutschland, abgesehen von einigen Heilquellenanalysen, bisher kaum Bestimmungen des Fluorgehaltes von Grundwässern erfolgt. Erst neuerdings beginnt man im Zusammenhang mit der Caries-Bekämpfung dem Fluorgehalt der Grundwässer mehr Beachtung zu schenken. Schon OAKLEY (1950) wies darauf hin, daß der Fluortest nicht in Gebieten anwendbar sei, wo Fluor besonders reich vorkommt, oder in Gebieten tropischer Verwitterung, wo die Mineralisierung sehr schnell vor sich geht. Letzteres dürfte auch ein Grund sein, weshalb die Methode in Mitteleuropa an der Quartär-Tertiärgrenze das Ende ihrer Brauchbarkeit hat. In verschiedenen Ländern werden nach H. J. SCHMIDT (1951) im Wasser Fluorwerte bis zu 15 mg F/kg Wasser gefunden, in Großbritannien gemäß B.W.A. (1953) 0—6,0 ppm. Eine gewisse, gesundheitlich bedeutsame Grenze scheint dabei 1—1,5 ppm zu sein, eine Grenze, die vielleicht auch für die Fluorteste zu beachten ist. Es wäre demnach wichtig, von den mit Fluortest untersuchten Knochenfundstellen auch die Fluorgehalte der Grundwässer zu vergleichen. Derartige Untersuchungen sind im Amt für Bodenforschung, Hannover, begonnen. Vielleicht klärt sich damit, warum die Holstein-interglazialen Knochenfunde Nr. 6 und 102 von Bilshausen (Material von Dr. LÜTTIG) einen größeren Abstand der Bezugslinien haben als die von Wunstorf. Zwar ist auch das Fundschichtensediment in Bilshausen feinkörniger, vor allem aber liegt die Lokalität im Gegensatz zu den vorbehandelten außerhalb der Verbreitung nordischen Glazialschuttes.

Das gleiche trifft für die Funde aus dem Cromer-zeitlichen Ton von Bilshausen Nr. 1 (Material von Prof. SCHMIDT, Göttingen) und dem Tegelen von Riedelrath Nr. 105, 106, 107 = 108 (Material von Dr. WOLTERS, Krefeld) zu. Verbinden wir auf Abb. 1 die \pm Fluortest-Mittelwerte der vorgenannten Vorkommen mit einer lang-gestrichelten Linie (AB) und die beiden petrographisch besonders abweichenden der letzten beiden Vorkommen mit einer anderen (CD), so laufen sie fast parallel. Wahrscheinlich sind also je nach Fundschichtenpetrographie einerseits und Grundwasserchemie andererseits verschiedene Testkurven für die Alterseinstufung zu entwickeln.

Auf Abb. 1 wurde die erste Linie (AB) bis an die Testnummern 20 und 49 herangeführt, weil bei diesen Funden aus Glimmerton von Westerholz b. Rotbg. in Niedersachsen und dem Morsum-Kliff auf Sylt, die immerhin noch eine gewisse Wasserzirkulation erlauben, das Grundwasser aus der nordischen Glazialschuttlandschaft stammt. Mit diesen Werten dürfte möglicherweise reiner Fluorapatit erreicht sein. Andererseits waren bei diesen beiden Knochensplintern die Messungen sehr schwierig, da die Reflexe auf den Röntgendiagrammen sehr schlecht ausgebildet waren. Für diese Werte ist daher ein weit größerer Fehler als $\pm 0,05^\circ$ anzusetzen.

Aus pliozänen Ablagerungen liegt leider noch kein zur Untersuchung geeignetes Material vor.

Nach Vorstehendem ist es nicht überraschend, wenn die auf Abb. 2 dargestellten Fluorteste süddeutscher Funde nicht ganz zur norddeutschen Testlinie passen. Die beiden vorgenannten lang-gestrichelten Testlinien (AB und CD) wurden zum Vergleich auf Abb. 2 übernommen.

In allen Fällen sind die süddeutschen Meßwerte der Knochen größer als die norddeutschen, auch sonst aber gibt es viel stärkere Überschneidungen der einzelnen Altersgruppen gegenüber der bisherigen geologischen Einstufung.

Die Pferdeknochen aus dem Roxheimer Alt-Rhein Nr. 51, 52, 55 und 56, die Herr Dr. SPÜHLER, Bad Dürkheim, freundlichst zur Verfügung stellte, haben nur wenig größeren Abstand der Bezugsreflexe, als sie nach geologischer Beurteilung der Fundschichten in der norddeutschen Testlinie erwarten ließen. Die weiteren Funde aus Süddeutschland stellte Herr Dr. ADAM, Stuttgart, zur Verfügung. Die Stücke aus Kirchheim a. Neckar, Nr. 64 = *Equus prz.*, Mittelhandknochen, und Nr. 65 = *Elephas primigenius*, stellt ADAM in die erste Phase der Weichsel (= Würm)-Eiszeit. Bei Nr. 64 paßt diese Deutung befriedigend mit dem Fluortest zusammen, während Nr. 65 einen zu hohen Meßwert hat und sich das Ergebnis mit den Roxheimer Funden überschneidet. Von Steinheim a. d. Murr gehören nach ADAM Nr. 62 = *Eleph. primig.*, männlicher Schädel, und Nr. 63 = *Eleph. primig.*, weiblicher Schädel, in die frühe Saale(=Riß)-Eiszeit. Die Abstandswerte lassen sich noch mit der norddeutschen Testlinie vereinbaren. Von den Steinheimer Funden, die ADAM in das Holstein-Interglazial stellt, paßt Nr. 61 = *Eleph. antiquus*, männlicher Schädel, gut zur norddeutschen Testlinie, während Nr. 60 = *Eleph. antiqu.*, weiblicher Schädel, einen sehr viel höheren Abstand der Bezugslinien hat. In die frühe Mindel-Eiszeit stellt ADAM Nr. 59 = *Equus mosbach.*, Unterkiefer, und Nr. 58 = *Eleph. antiqu.*, Unterkiefer. In beiden Fällen sind die gemessenen Abstände weit höher, als nach der norddeutschen Testlinie zu erwarten wäre, und unterscheiden sich untereinander auch recht stark.

Die wenigen bisherigen Fluorteste aus Süddeutschland scheinen nicht sehr für die geochronologische Brauchbarkeit der Methode zu sprechen. Es muß aber berücksichtigt werden, daß wir einmal nichts über den Fluorgehalt der zugeordneten Grundwässer wissen und andererseits schwer zu beurteilen ist, ob die Funde teilweise längere Zeiträume über dem Grundwasserspiegel lagen. Außerdem sind zwei Knochen zur Altersbeurteilung einer Fundschicht zu wenig. Die örtliche Schwankungsbreite des Abstandes der Bezugslinien wird mit einiger Sicherheit bestenfalls erst bei Testen aus mindestens

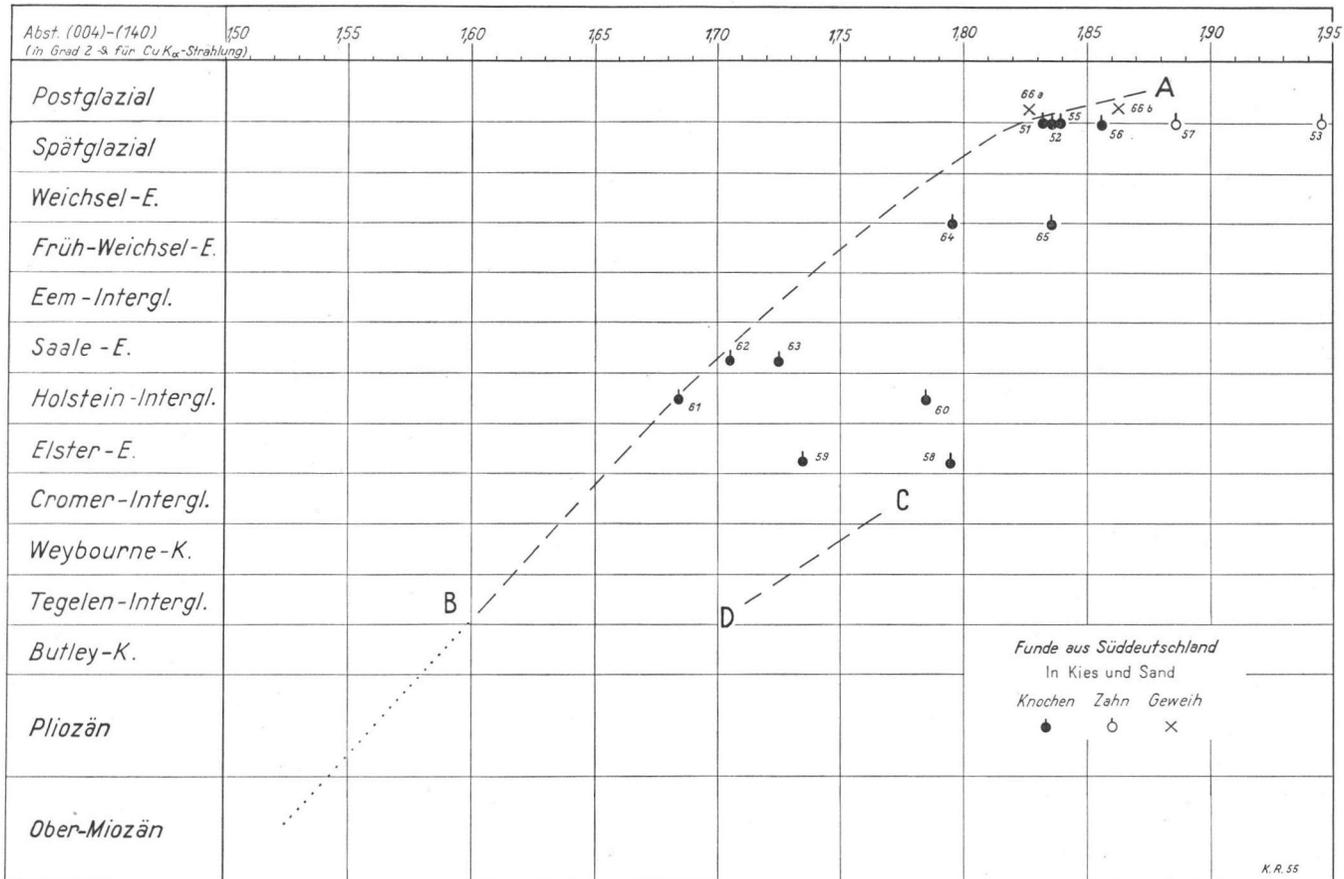


Abb. 2. Röntgenographische Fluorapatitteste süddeutscher Funde. AB und CD wie auf Abb. 1.

5 verschiedenen Knochen erfaßt. Nach stärkerer Berücksichtigung vorstehender Gesichtspunkte wird sich mehr über die Anwendbarkeit der Fluortestmethode für quartäre Knochen aus Süddeutschland aussagen lassen.

Umgekehrt würde man bei absolut sicherer geologischer Altersstellung von Knochen mit Hilfe der Fluorteste evtl. Hinweise auf Grundwasserspiegelschwankungen machen können.

Besondere Bewertung verlangen ferner Fluorteste von Geweihen und Zähnen. Sie sind daher auf Abb. 1 und 2 mit eigenen Signaturen dargestellt. Bei Zähnen ist es einerseits oft schwierig, Schmelz und Dentin getrennt zu behandeln, andererseits ist die Substanz dichter, und so dürfte die Umwandlung von Hydroxylapatit zu Fluorapatit langsamer vor sich gehen. Es sind daher bei Zähnen von vornherein größere Abstände der Bezugslinien zu erwarten. In der Tat fallen gemäß Abb. 1 und Abb. 2 die Werte stets geringer aus, als bei zweifellos gleichalten Knochen.

Obwohl die wenigen bisher untersuchten Zähne die Aufstellung einer einigermaßen gesicherten Testlinie noch nicht erlauben, wurde ein vermutlicher Verlauf mit kurzgestrichelter Linie (EF) in Abb. 1 eingetragen. Die wenigen bisher untersuchten Elefantenzähne ergaben keine oder kaum verwertbare Meßergebnisse. Elfenbein ist möglicherweise für Fluorteste überhaupt ungeeignet.

Fluorteste von Geweihstücken fallen besonders variabel aus (siehe Abb. 1 und 2). Das gleiche scheint nach Mitteilung von Herrn H. SCHWABEDISSEN auch bei C_{14} -Datierungen von Geweihen der Fall zu sein. In der Mehrzahl der Fälle ergaben die Fluorteste von Geweihen einen höheren Wert als bei gleichalten Knochen. Am Beispiel eines wahrscheinlich alt-holozänen Rothirschgeweihes aus der Basis eines Moores bei Charleroi in Belgien, Nr. 66a und 66b (Fund aus dem Besitz S. M. des belgischen Königs Leopold), dargestellt auf Abb. 2, da weit außerhalb des Bereiches vom nordischen Glazialschutt liegend, wurden getrennte Tests von dem dichteren Material außen und dem großzelligen inneren gemacht. Der Abstand der Bezugslinien ist außen geringer als innen. Allerdings liegt der Unterschied der beiden Werte noch innerhalb der Fehlergrenze der Methode von $\pm 0,05^\circ$, so daß Vergleichsuntersuchungen ergeben müssen, ob hier ein gesetzmäßiger Unterschied vorliegt. Der gleiche Gesichtspunkt müßte auch bei größerer und kleinerzelligen Knochenmaterial, bzw. bei völlig geschlossenen Knochen zwischen außen und innen verfolgt werden. Im Amt für Bodenforschung wird von F.-J. ECKHARDT an mineralogischen und von W. HARRE an chemischen Fragen zu dieser Methode gearbeitet. Schon die ersten direkten chemischen Fluorbestimmungen einiger vorbesprochener Objektnummern durch Dr. HARRE lassen starke Abweichungen zwischen röntgenographischem Fluorapatittest und chemischer Fluorgehaltsbestimmung erkennen. So würde sich der Cromer-zeitliche Knochen des *Alces latifrons* von Bilshausen (Fluortest-Nr. 1) nach der chemischen Fluorgehaltsbestimmung besser in eine geochronologische Testlinie einfügen als nach dem Fluorapatittest mit der Röntgenbeugungsapparatur, andere Funde dagegen wieder schlechter.

Zusammenfassung

Aus den bisherigen Untersuchungen ergibt sich, daß der relativ einfache röntgenographische Fluorapatittest — zunächst ohne Berücksichtigung von z. Zt. noch nicht restlos geklärten grundlegenden Fragen der Methode — sowohl bei Knochen als auch in vermindertem Maße bei Zähnen und noch geringerem bei Geweihen eine für Westdeutschland brauchbare Methode zur relativen Alterseinstufung quartärzeitlicher Funde erhoffen läßt, wenn mindestens folgende Punkte beachtet werden:

1. Das Untersuchungsmaterial muß seit seiner Fossilwerdung ununterbrochen im Grundwasser gelegen haben.

2. Es dürfen nur Funde aus gleichartigem, bzw. hinsichtlich der Möglichkeit von Grundwasserzirkulation ähnlichem Einbettungssediment miteinander verglichen werden.
3. Nur Funde aus einer hinsichtlich des Fluorgehaltes gleichen Grundwasserprovinz dürfen miteinander in Beziehung gebracht werden.
4. Knochen, Zähne und Geweihe sind als solche getrennt zu vergleichen. Elefantidenstoßzähne scheinen unbrauchbar zu sein.
5. Bei Geweihen, wahrscheinlich aber auch bei Knochen, ist zu beachten, ob die pulverisierte Probe aus dichtem oder großzelligem Material gewonnen wurde bzw. außen oder innen von Knochen.
6. Eine sichere Datierung ist nur möglich, wenn von einer Fundstelle aus mehreren Fundstücken der durchschnittliche Abstand der Bezugsreflexe ermittelt werden kann.

Die Methode hat gegenüber der C_{14} -Datierung den Nachteil einer nur relativen Altersangabe und geringer detaillierten Untergliederung. Andererseits erfordert sie nur sehr wenig Substanz (1—2 g), die von weniger wichtigen Stellen selbst wertvoller Objekte meist für Testzwecke geopfert werden kann. Außerdem gestattet sie Alterseinstufungen auch für die älteren Abschnitte des Quartärs, die mit der C_{14} -Methode nicht erfaßt werden können. Wie schon von NIGGLI und Mitarbeitern (1953) betont, ist der Zeitaufwand bei der röntgenographischen Testung viel geringer als bei der chemischen Fluorgehaltsbestimmung.

Schrifttum

- BERGMANN, R. A. M. & KARSTEN, B.: The fluorine content of Pithecanthropus and other specimens from the Trinilfauna. - Proc. K. Ned. Akad. Wetensch. **55**, S. 150-152, Amsterdam 1952.
- BRITISH WATER ASSOC.: Rep. of the United Kingd. Mission betr. Dental Caries controlling. - J. Brit. Waterworks Ass. **265**, London 1953.
- DONNAY, J. D. H. & NOWACKI, W.: Crystal Data. - Geol. Soc. Am., Memoir 60, S. 401, 402. New York 1954.
- HEIZER, R. F. & COOK, S. F.: Fluorine and Other Chemical Tests for Some North American Human Fossil Bones. - Amer. J. phys. Anthropol. Washington 1952.
- JAFFE, E. B. & SHERWOOD, A. M.: Physical and chemical comparison of modern and fossil tooth and bone material. - U.S. Geol. Rep. TEM-149, 19. S., U.S.At. Energy Comm., Oak Ridge, Tenn., **8**, 1951.
- NIGGLI, E., OVERWEEL, C. J. & VAN DER VLERK, J. M.: An x-Ray Crystallographical Application of the Fluorine-dating Method. - Proc. K. Ned. Akad. Wetensch. (B) **56**, Amsterdam 1953.
- OAKLEY, K. P.: The Fluorine-Dating Method. - Yearb. phys. Anthropol. **5**, S. 44-52, New York 1949.
- OAKLEY, K. P. & ASCHLEY MONTAGU, M. F.: A reconsideration of the Galley Hill Skeleton. - Bull. Brit. Mus. (nat. Hist.), Geol. **1**, Nr. 2, S. 27-46, London 1949.
- OAKLEY, K. P.: Dating Fossil Human Remains. - In KROEBER, A. L.: Anthropology Today, S. 43-56. Chicago/Illinois, (Univ. Chicago Press) 1953.
- OLSEN, R.: The Fluorine Content of Some Miocene Horse Bones.-Sci. **112**, S. 620-621, New York 1950.
- PALACHE, Ch., BERMAN, H. (†), FRONDEL, C.: The System of Mineralogy of J. D. DANA and E. S. DANA. Vol. II, S. 880. - J. Wiley & Sons, Inc, New York 1951.
- SCHMIDT, H. J.: Kariesprophylaxe durch Fluortherapie? - Heidelberg (Verl. Hüthig) 1951.
- STEWART, T. D.: Antiquity of man in American demonstrated by the fluorine method. - Sci. **113**, S. 391-392, New York 1951. Ref. v. Amer. Naturalist. **29**, s. 301, 439, 715, 1895.
- STRUNZ, H.: Mineralogische Tabellen. - Akad. Verlagsges. Geest & Portig K.-G., Leipzig 1949.
- WEINER, J. S., OAKLEY, K. P. & LE GROS, E. E.: The solution of the Piltdown Problem. - Bull. Brit. Mus. (nat. Hist.) Geol. **2**, Nr. 3, S. 141-146, London 1953.

Manusk. eingeg. 20. 2. 1956.

Anschrift der Autoren: Prof. Dr. K. Richter und Dipl.-Mineraloge F.-J. Eckhardt, Hannover, Wiesenstr. 72/74, Amt für Bodenforschung.