

Eiszeitalter u. Gegenwart	28	200—210 2 Abb., 1 Taf.	Öhringen/Württ. 1978
---------------------------	----	---------------------------	----------------------

Zur Chronologie des Kelsterbach-Hominiden,

des ältesten Vertreters des *Homo sapiens sapiens* in Europa

REINER PROTSCH & ARNO SEMMEL *)

Homo sapiens sapiens, Combe-Capelle type, Kelsterbach-terrace, Würm-Glacial, radiocarbon, amino acid dating, Central Europe

Kurzfassung: Das Cranium eines fossilen Hominiden des Formenkreises *Homo sapiens sapiens* wurde relativ-geologisch sowie absolut durch Radiokohlenstoff und Aminosäuren auf ungefähr 31 000 Jahre B.P. datiert. Andere absolute sowie relative Daten an Mollusken und Mammutzähnen in überlagernden jüngeren Straten datieren auf 18 000 — 21 000 und 16 000 Jahren B.P. Geomorphologische und geophysikalische Datierungen stimmen somit gut überein. Er ist der älteste datierte und früheste Bewohner Zentraleuropas, der dem *Homo sapiens sapiens* angehört.

[The Chronology of the Kelsterbach Hominid]

Abstract: The cranium of a hominid belonging to *Homo sapiens sapiens* was dated relative geologically and absolutely by radiocarbon and amino-acid dating to at least 31,000 years B.P. Other absolute dates on molluscs and mammoth teeth in strata above the hominid-layer date to about 16,000 years B.P. and between 18,000 to 21,000 years B.P. Geomorphology and geophysical dating establish an accurate date for the oldest and earliest member of *Homo sapiens sapiens* in Central Europe who belongs to the Combe-Capelle type.

Einführung

Der Kelsterbacher Hominide, ein Cranium, wurde im späten Frühjahr des Jahres 1952 in der Kiesgrube Willersinn zwischen Kelsterbach und Raunheim 8 Kilometer südwestlich von Frankfurt bei Baggerarbeiten gefunden (Abb. 1). Die Kiesgrube hatte in den frühen fünfziger Jahren noch kleine Ausmaße und wurde in den folgenden Jahren nur in nördlicher und östlicher Richtung vergrößert. Die Wand und die stratigraphischen Schichten der ursprünglichen Fundstelle blieben somit erhalten, da an dieser Stelle von Anbeginn der Inbetriebnahme der Grube ein Haus stand. Der Fund wurde an der NW-Ecke der 1952er Grube geborgen. Ein Arbeiter markierte die Fundstelle am Rande der Grube sowie die genaue Tiefe und auch das Datum. Der Fund wurde dann mit diesen Aufzeichnungen einem Anthropologen zur Bearbeitung übergeben, der den Fund 23 Jahre aufbewahrte und einem der Autoren (R. P.) im Jahre 1975 mit den ursprünglichen Aufzeichnungen des Arbeiters übergab.

Da die Tiefe des Fundes mit 4,60 Meter sowie die Fundstelle in der Grube genau vermerkt waren, war es in den Siebziger Jahren nicht schwer, die ursprüngliche Fundstelle wieder zu finden. Da sich außerdem noch etwas Sand im Meatus acusticus internus befand, konnte ein Vergleich der Körnigkeit und mineralogischen Zusammensetzung des Sandes mit der Strate in 4,60 Meter Tiefe in Einklang gebracht werden. Die Fundstelle bietet eine geologisch gut faßbare Situation, weil an dieser Stelle die einzelnen Straten gut voneinander unterschieden werden können. Aufgrund einer absoluten Datierung, die ins Obere Pleistozän hineinreichte, unternahmen die Autoren den Versuch einer noch genaueren zeitlichen Rekonstruktion, die absolut wie auch relativ mit großer Wahrscheinlichkeit den

*) Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. R. P r o t s c h, J.-W.-Goethe-Universität, Paläoanthropologie u. Archäometrie, Siesmayerstraße 70, 6000 Frankfurt a. M. und Prof. Dr. A. S e m m e l, J.-W.-Goethe-Universität, Geographisches Institut, Senckenberganlage 36, 6000 Frankfurt a. M.

Hominidenfund auf etwas mehr als 30 000 Jahre B.P. einstuft. Abgesichert ist dieses relativ hohe Alter der Hominiden-Fundstelle sowie des Fundes selber durch zwei weitere Radiokohlenstoff-Datierungen an Molaren des *Mammonteus primigenius* von ca. 16 000 Jahren B.P. sowie an Mollusken von 18 000—21 000 Jahren B.P., die in den hangenden Straten gefunden wurden.

Kurze morphologische Beschreibung des Schädels in Stichworten

Die chronologische Einordnung hominider Fossilfunde ist ein großes Problem der Paläoanthropologie. Durch die zeitliche Bestimmung einzelner Genera, Spezies oder Subspezies steht und fällt oft eine Stammbaumtheorie, die sich mit dem erstmaligen Erscheinen, der stammesgeschichtlichen Entwicklung und der geographischen Verteilung von Hominiden befaßt. Sofern diese fossilen Funde in Assoziation mit faunistischem oder kulturellem Material oder in datierbaren geologischen Straten gefunden werden, ist eine chronologische Zuordnung möglich.

Dies trifft in der Regel nicht zu für das von Laien in Kiesgruben oder bei Straßenarbeiten gefundene Material, für das nur in den seltensten Fällen die genaue stratigraphische Lage beschrieben werden kann (— Man denke in diesem Zusammenhang nur an die Marokkofunde —). Oft wird die Bedeutung der Situationsbefunde für die Interpretation eines Fossils unterschätzt und nicht selten die einzelner Fundstücke aus Unkenntnis verkannt, so daß zum Teil erst Jahre später eine Bearbeitung des Materials und eine Rekonstruktion der Fundumstände erfolgt.

Der Fund von Kelsterbach bildet einen solchen seltenen Fall, bei dem erst jetzt, nach Jahren seiner Entdeckung, anhand beigefügter Notizen Aufschluß über die Fundorttiefe und damit eine Rekonstruktion der Fundumstände, m. a. W. auch eine relative Datierung möglich ist und darüber hinaus auch eine geophysikalisch absolut-chronologische Bestimmung. Das Kelsterbacher Cranium ist stark mineralisiert und besteht aus dem Os frontale mit vollkommen erhaltenen Arcus superciliares, beiden Parietalia und vollkommen erhaltenem Os occipitale bis zum hinteren Rand des Foramen magnum mit Resten der Hinterhauptkondylen. Die Ossa temporalia sind bis zum Meatus acusticus externus erhalten. Die Schädelform ähnelt etwas dem des Jungpaläolithikers von Combe-Capelle (Frankreich), der ja mit dem Individuum von Cro-Magnon die früheste Stufe des „anatomisch modernen Menschen“ (PROTSCH 1972) in Europa repräsentiert und als geographische Subspezies *Homo sapiens sapiens* bezeichnet wird (Taf. 1).

Der Schädel von Kelsterbach kann keiner der rezent modernen europäischen Typengruppen zugeordnet werden — vielmehr weist er Merkmalsansätze aller wesentlichen Gruppen auf. Der Schädel tendiert zum dolichocranen Bereich, ist deutlich ovoid und das Hinterhaupt buckelt aus, wirkt aber nicht schuppig aufgesetzt. Die Parietalia stoßen dachförmig zusammen und die Seitenwände sind flachgewölbt und dabei konvergent. Die vorliegende Merkmalskombination entspricht eher einem Urtypus, aus dem sich möglicherweise nach seiner Verteilung in die europäischen Großräume die meisten rezenten Typengruppen entwickelt haben könnten.

Pathologische Erscheinungen

Bei der Betrachtung in der Norma lateralis fällt das Fehlen des linken Processus mastoideus auf (rechtes Temporale fehlt völlig). Bei genauerem Hinsehen und beim Vergleich mit rezenten Fällen, wirkt dieser nicht abgebrochen, sondern eher atrophiert. Allerdings kann dieser Schluß nicht mit letzter Sicherheit gezogen werden, da die Ähnlichkeit gegebenenfalls auch durch Schliff bei einer Vertriftung hervorgerufen sein könnte — jedoch spricht das höhere Alter des Individuums durchaus für eine Altersatrophie.

Tafel I: Der Kelsterbach Hominid



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

Fig. 1: Norma frontalis; Fig. 2: Norma verticalis; Fig. 3: Norma occipitalis;
Fig. 4: Norma lateralis dextra.

Eine größere Eindellung im linken Frontalbereich vor Bregma könnte ihrer Form und der Tendenz zur Schädelperforation nach von einer Geschwulst herrühren, die unter Umständen als Todesursache gelten kann.

In Norma lateralis geht die deutlich ausbuckelnde Glabellaregion in eine relativ steile und flachgewölbte Unterstirn über. Nach einem stärker gekrümmten Übergang im mittleren Stirnbereich folgt die flachbogige, im hinteren Teil annähernd geradlinig verlaufende Oberstirn. Bregma ist der höchste Punkt des Schädels; dahinter fällt der Scheitel erst stärker, dann etwas flacher gewölbt zur abgeflachten Lambda-region ab und geht ohne deutlichen Übergang in das wenig ausbuckelnde Occipitale über, das sich dann erst flach und ab Inion stärker gekrümmt zum Opisthion wölbt. Insgesamt erscheint der Schädel relativ hoch im Verhältnis zur Länge (Tendenz zu hypsicran); das Bregma liegt relativ weit hinten. Der Mediansagittalbogen erscheint zwischen Bregma und Opisthion gut, im Bereich des Opisthocranion leicht ausbuckelnd gerundet. Der linke Processus mastoideus ist nicht mehr vorhanden.

In Norma verticalis ist der Schädel hinten deutlich breiter als vorn; das Bregma liegt annähernd in der Mitte. Insgesamt wirkt der Schädel deutlich ovoid und relativ lang (Tendenz zu dolichocran). Sutura coronalis und Sutura sagittalis sind fast völlig verstrichen.

In Norma occipitalis stoßen die Parietalia dachförmig zusammen. Die größte Breite liegt ziemlich weit oben; die Seitenwände sind leicht gewölbt und nach unten konvergent. Insgesamt wirkt der Schädel etwas eckig und im Verhältnis Breite zu Höhe ausgeglichener als im Verhältnis Länge zu Höhe (Tendenz zu tapeinocran).

Eines der noch ungelösten Probleme der Paläoanthropologie ist gerade das Ersterscheinen des *Homo sapiens sapiens*, der irgendwann um 35 000 bis 30 000 Jahren B. P. als Nachfolger des Neanderthalers, des *Homo sapiens neanderthalensis* (CAMPBELL 1962; PROTSCH 1974), in Europa unvermittelt erscheint. Die Theorie einer Entwicklung dieses „anatomisch modernen Menschen“ aus dem Neanderthaler wird von vielen Anthropologen heute als eindeutig widerlegt angesehen, da die progressive Morphologie des Jetztmenschen sich unmöglich in so kurzer Zeit aus der robusten des Neanderthalers entwickelt haben konnte. Außerdem ist es anhand chemisch-physikalischer Datierungsmethoden erwiesen, daß schon frühe Vertreter des „anatomisch modernen Menschen“ dreißig- bis vierzigtausend Jahre früher in Süd- und Ostafrika existierten (PROTSCH 1974, 1975, 1976).

Die geologische Situation der Fundstelle

Die Kiesgrube Willersinn liegt zwischen Kelsterbach und Raunheim auf der $t_{(6)}$ -Terrasse des Mains (SEMMELE 1969: 74). Diese Terrasse ist auch als „Obere Niederterrasse“ bezeichnet worden (BECKER 1967: 11). Es handelt sich dabei um einen Schotterkörper, der in die altpleistozäne „Kelsterbacher Terrasse“ (oder $t_{(1)}$ -Sande i. S. von SEMMELE 1969: 54) eingeschnitten ist (Abb. 2). Östlich der Kiesgrube begrenzen diese $t_{(1)}$ -Sande und ihnen auflagernde jüngere Mainkiese die $t_{(6)}$ -Terrasse (SEMMELE 1978); westlich der Kiesgrube hat die $t_{(7)}$ -Terrasse des Mains, die „Untere Niederterrasse“, die $t_{(6)}$ -Kiese ausgeräumt. Stellenweise schneidet auch das Hochflutbett des Mains direkt die $t_{(6)}$ -Terrasse an, so z. B. am Anlegeplatz der Fähre nach Okriftel. Die Grenze zwischen der $t_{(7)}$ - und der $t_{(6)}$ -Terrasse verläuft von der gegenüber Okriftel gelegenen Einmündung der „Okrifteleer Straße“ in die Bundesstraße 48 nördlich dieser Bundesstraße und der Eisenbahnlinie Frankfurt/Main—Mainz—Bischofsheim. Sie war dort früher als deutliche Geländekante zu verfolgen, ist aber heute wegen der starken Überbauung des Geländes zwischen Kelsterbach und Raunheim nur noch stellenweise zu erkennen. Einzelheiten können den geologischen Karten 1 : 25 000 Hochheim a. M. und Kelsterbach entnommen werden (SEMMELE 1969, 1978).

Zum Alter der $t_{(6)}$ -Terrasse, das in jüngerer Zeit ausführlich diskutiert wurde (BECKER 1965, 1967; SEMMEL 1969, 1972, 1974) können folgende Befunde und Überlegungen beigetragen werden: Sie ist die zweitjüngste Terrasse des Mains. Auf ihr liegen als Decksedimente Hochflutlehm, Löß oder Flugsand (SEMMEL 1969: 76, 1972: 107). Der Hochflutlehm trägt eine zweischichtige Parabraunerde und enthält an vielen Stellen Reste eines 15—20 cm mächtigen fossilen A_h -Horizontes und darunter einen 20 cm mächtigen fossilen B_t -Horizont. Über diesem fossilen Boden liegt im Hochflutlehm der allerödzeitliche Laacher Bimstuff. Solche Profile sind großflächig südlich der Straße Schwanheim—Kelsterbach zu finden. Sie weisen den Hochflutlehm als Sediment des Spätwürms aus.

Der Hochflutlehm überlagert stellenweise Löß, der stets mit dem oberen Teil des E_2 -Naßbodens des Jungwürmlösses beginnt (Nomenklatur nach SCHÖNHALS et al. 1964). Da ältere Lösses trotz der ungewöhnlich guten Aufschlußverhältnisse auf der $t_{(6)}$ -Terrasse bisher nie angetroffen wurden, ist der Schluß zulässig, daß erst zu dieser Zeit die Oberfläche der $t_{(6)}$ -Kiese trockengefallen war und mit Löß bedeckt werden konnte. C^{14} -Datierungen von Molluskenschalen aus dem E_2 -Naßboden ergaben ein Alter von ca. 18 000 bis ca. 21 000 Jahre B.P. (SEMMEL 1974: 27), wobei die Problematik solcher Datierungen nicht verkannt werden soll; dennoch stimmen sie gut mit der relativen Lößstratigraphie überein, liegt doch der E_2 -Naßboden stratigraphisch und in den Profilen absolut deutlich über dem „Lohner Boden“, der als Äquivalent eines ca. 28 000—30 000 Jahre alten Interstadials angesehen wird.

Aus diesem Deckschichtenbefund ergibt sich für die $t_{(6)}$ -Kiese ein Alter von mindestens 12 000 B.P. aufgrund der Hochflutlehmdecke und von mindestens 21 000 B.P. aufgrund der Lößdecke. Da nirgendwo ältere Hochflutlehm- oder Lößdecken zu finden sind, ist die Annahme naheliegend, daß die $t_{(6)}$ -Kiese direkt vorher akkumuliert wurden. Diesem Befund widerspricht scheinbar die Flugsanddecke auf der $t_{(6)}$ -Terrasse, ist doch die Oberfläche der Kiese unter dem Flugsand von einer kräftigen B_t -Bildung erfaßt (Ton-Anreicherungs-horizont), die laut BECKER (1967: 11) zuweilen stark kryoturbat gestört ist. Daraus wäre zu folgern, daß die $t_{(6)}$ -Terrasse mindestens in die vorletzte Kaltzeit gehört, es sei denn, man hält die Entwicklung intensiver B_t -Horizonte auch innerhalb der letzten Kaltzeit für möglich. BECKER verlegt die entsprechende Bodenbildung in wärmere Abschnitte des Spätglazials und sieht die kryoturbaten Stauchungen für jungtundrenzeitlich an. Somit ergäben sich Parallelen mit der schon erwähnten fossilen Bodenbildung im spätwürmzeitlichen Hochflutlehm. Aus badengenetischen Gründen ist jedoch eine zeitliche Gleichsetzung dieser Böden nicht möglich, denn die Bodenbildung auf den Kiesen ist sehr viel intensiver als die in den Hochflutlehmen. Dennoch kann die Verwitterung der Kiesoberfläche nicht als interglazial angesehen werden, weil in vielen Aufschlüssen sich überzeugend nachweisen läßt, daß die B_t -Bildung an der Kiesoberfläche von der heutigen Flugsandoberfläche her erfolgt ist, also als holozäner Vorgang gedeutet werden muß (SEMMEL 1969: 96, 1978). Die kryoturbaten Stauchungen waren vorher vorhanden und wurden nur von der Bodenbildung nachgezeichnet. Dabei können durchaus kalkhaltige Hochflutlehmreste auf den Kiesen relativ oberflächennah noch unverwittert bleiben, während im kalkfreien, sandigen Material die Verwitterung erheblich tiefer greift. Am überzeugendsten wird diese Beobachtung wohl dadurch bestätigt, daß die scheinbar fossile Bodenbildung unter mächtigeren Lagen vom Laacher Bimstuff aussetzt, weil der Tuff von der Verwitterung bisher nicht durchdrungen wurde. Ein entsprechender Aufschluß, auf den W. P l a s s einen der Autoren (A. S.) aufmerksam machte, ist seit einigen Jahren in der Kiesgrube Mitteldorf am Autobahndreieck Mönchhof zugänglich. Da hier die sonst häufig aus Flugsandgebieten des Rhein-Main-Gebietes beschriebene Alleröd-Bodenbildung (z. B. STÖHR 1966) fehlt, kann gefolgert werden, daß der Bimstuff erst sedimentiert wurde, als die Flugsandverwehung während der jüngeren Tundrenzeit den Alleröd-Boden schon entfernt hatte.

Zusammenfassend läßt sich also feststellen, daß die Deckschichten der $t_{(6)}$ -Terrasse für ein würmzeitliches Alter dieser Main-Kiese sprechen. Aus ihnen ist kein Hinweis auf ein höheres Alter abzuleiten.

Der Schotterkörper der $t_{(6)}$ -Terrasse selbst enthält in der Regel keine datierbaren Materialien. Um so wichtiger ist der Fund von Mammut-Molaren, der ebenfalls in der Kiesgrube Willersinn im Jahre 1960 von Grubenarbeitern gemacht wurde. Die Molaren konnten von K. D. Adam, Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart, bestimmt werden. Sie stammen, wie anhand der anhaftenden Sandreste nachweisbar war, aus den $t_{(6)}$ -Kiesen.

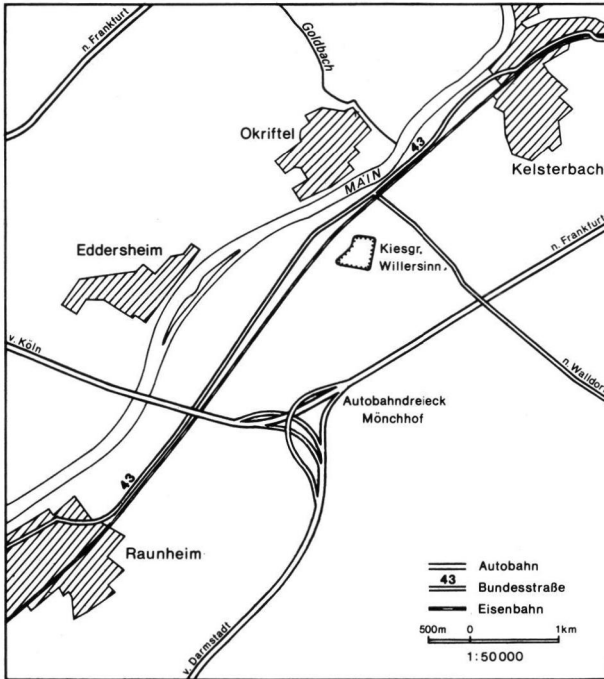


Abb. 1: Lage der Kiesgrube Willersinn.

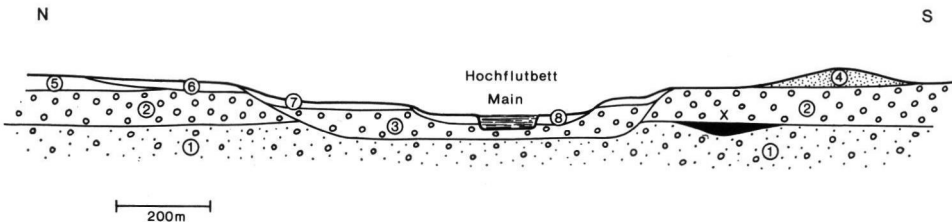


Abb. 2: Geologischer Schnitt (schematisiert) der Umgebung der Fundstelle (x). 1 = altpleistozäne (cromerzeitliche) $t_{(1)}$ -Sande; 2 = würmkaltzeitliche $t_{(6)}$ -Kiese; 3 = würmkaltzeitliche $t_{(7)}$ -Kiese; 4 = spätglaziale Dünenande; 5 = Jungwürmlöß; 6 = älterer (spätglazialer) Hochflutlehm; 7 = jüngerer (spätglazialer bis altholozäner) Hochflutlehm; 8 = holozäner Hochflutsand. Unter der Fundstelle (x) liegt in einer Rinne eine Tonfüllung (schwarz). Die Überdeckung des Lösses (5) mit Hochflutlehm (6) liegt nicht direkt in diesem Schnitt, sondern mainabwärts bei Eddersheim und Flörsheim.

Ihre Fundstelle lag wahrscheinlich nahe der des Schädels. Sie besitzen laut K. D. Adama alle Merkmale einer progressiven Form von *Mammonteus primigenius* und sind jünger als die letzte Warmzeit (Eem). Eine C^{14} -Datierung im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung ergab ein Alter von $15\,810 \pm 410$ Jahren B.P. (Hv - 1961). Da diese Zähne vor 1964 datiert wurden, sind sie höchstwahrscheinlich kontaminiert, da nicht, wie unten erwähnt, die organische, sondern die anorganische Substanz des Knochens verwendet wurde. Demnach wäre der $t_{(6)}$ -Terrasse sogar ein sehr junges Alter beizumessen. Doch ist hier — wie ausgeführt — eine Kontamination nicht auszuschließen. Aufgrund der Deckschichten-Stratigraphie scheint jedenfalls ein etwas höheres Alter des Kieses zutreffender und deshalb das C^{14} -Alter des Schädels akzeptabler.

Als Beweis für eine Einstufung der $t_{(6)}$ -Terrasse in die Würm-Kaltzeit ließen sich schließlich noch die pollenanalytischen Untersuchungsergebnisse von Tonlagen anführen, die unter dem $t_{(6)}$ -Kies liegen. Solche Tone kommen z. B. S Eddersheim vor. Sie führen nach v. d. BRELIE (1974: 88) eine Flora, die als dem ausgehenden Eem zugehörig gedeutet werden kann. Ähnliche Florensgesellschaften, in denen *Picea* und *Pinus* dominieren, sind jedoch stratigraphisch nicht völlig sicher einzuordnen. Die Tonlage, die an der Basis der $t_{(6)}$ -Kiese im Aufschluß Willersinn liegt, enthält leider keine Pollen. Das Ergebnis einer paläomagnetischen Untersuchung durch K. F r o m m vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung zeigt durchlaufend normale Magnetisierung an.

Die wahrscheinliche Fundstelle des Schädels in der Kiesgrube Willersinn lag ca. 10 bis 16 m von der heutigen Aufschlußstelle in der äußersten NW-Ecke der Grube (S der Kiesgrubengebäude). Das Profil:

0— 0,60 m	brauner, schluffiger Sand mit Main-Geröllen, in Kryoturbationstaschen Reste vom Laacher Bimstuff;
0,60— 5,60 m	Wechsel von Sand und Kieslagen des Mains mit fahrlötlichbrauner Farbe („Bunt-sandsteinfarbe“). Keine Kalkgerölle, Rostbänderung bis ca. 4,50 m, bei 3,50 und 4,50 jeweils 20—50 cm mächtige gröbere Kieslagen, in sandigen Bereichen mehrere braune Schlufflagen.
(4,60 m	Hominide)
----- Basis der $t_{(6)}$ -Terrasse	
5,60— 6,30 m	graue Tonlage, eisenschüssig, beschränkt auf eine Rinne.
6,30—10,00 m	+ weißlichgrauer Sand der $t_{(1)}$ -Terrasse mit einzelnen Kieslagen.

Die Kieslage bei 4,60 m unter Flur müßte der Fundschicht des Schädels entsprechen.

Absolute Datierung des Schädels

Die chemisch-physikalischen Datierungsmethoden, die aus ungefähr acht bis neun Verfahren bestehen, die zum Teil an den Anfang der Entstehung der Erde zurückdatieren können, berechnen nicht nur das früheste Auftreten der Hominiden auf ca. 14 Millionen Jahre, sondern haben gerade auch im rezenten Bereich der Hominidenevolution oft Probleme gelöst, die durch andere Hilfsmittel leider nicht zu klären sind.

Kollagen (C^{14} -Datierung)

C^{14} -Datierung von Knochen, sei es faunales oder hominides osteologisches Material, wurde zwar schon vor 1964 angewandt, beinhaltet jedoch vor diesem Zeitpunkt große Fehlerquellen, da oft der ganze Knochen datiert wurde, also hauptsächlich der anorganische Teil, der aus Kalzium-Karbonat und Kalzium-Phosphat (Apatit) besteht. Die Fehlermöglichkeit resultiert aus dem Umstand, daß in den knochenenthaltenden Straten Wasser über Kalkstein sickert und somit zusätzliches, gelöstes Apatit in den Knochen sekundär eingelagert wird, so daß sich primäres und sekundäres Apatit vermischt, da sehr alter oder rezenter Kohlenstoff von dem Wasser mitgeführt wird. Knochen, die vor 1964 datiert wurden, waren also in der Regel mit hoher Wahrscheinlichkeit kontaminiert. Manche Kno-

chen können jedoch von oberen Schichten und ohne Vorkommen von Wasser so abgeschirmt sein, daß kein sekundäres C^{14} eingeschwemmt wird. Da eine Bestimmung des sekundär in den Knochen eingelagerten Apatits meistens sehr schwierig ist, begannen BERGER, HORNEY & LIBBY (1964) eine Methode zu entwickeln, die später verbessert wurde (LONGIN 1971; PROTSCH 1974) und ausschließlich den organischen Gehalt von Knochen zur Radiokohlenstoffdatierung benutzt. Der organische Gehalt, das Kollagen, nimmt zwar bei ungünstiger Lagerung ab, jedoch wird es kaum durch exogene Faktoren kontaminiert und beeinflusst. Kontamination, wie z. B. Teer und Bitumen, kann methodisch entfernt werden (HO et al. 1969; LONGIN 1971; PROTSCH 1974, 1977). Ein Vergleich von Knochendatierung durch Kollagen und Apatit, sowie Kollagen und den sonst üblichen anderen organischen Mitteln, wie z. B. Holz und Holzkohle zeigten, daß Knochendatierungen oft genauer als Holzdatierungen sind und meistens auch das einzig vorhandene verwendungsfähige Material (PROTSCH & BERGER 1973).

Es ist oft schwer, die für die Datierung benötigte Menge Knochen genau zu berechnen, jedoch kann eine Mikroanalyse des Stickstoffs an 50 mg Knochenkompakta ein Hilfsmittel sein. Da sich das Verhältnis von Stickstoff zu Kohlenstoff zu Kollagen ungefähr wie 1 zu 3 zu 2 verhält, ist es leicht, die Gesamtknochenmenge zu berechnen, die zur Datierung benötigt wird. Im Falle des Kelsterbach-Hominiden war der Stickstoffgehalt 1,2 %, so daß eine Gesamtmenge von ca. 45 g Knochen benötigt wurde. Um die Gesamtmorphologie eines vielleicht wichtigen Fossils nicht zu zerstören, wurde von dem zu datierenden Knochen ein Abguß angefertigt. Allzuoft wurden wichtige hominide Funde, die in der Vergangenheit zur Datierung benutzt wurden, vollkommen zerstört und dann nachträglich erst als wichtiges hominides Fossil erkannt. Beispiele solcher Zerstörungen wichtigen Knochenmaterials von Hominiden aufgrund von Datierungen sind zahlreich bekannt. Aufgrund der Berechnung des Stickstoff-Kohlenstoff-Verhältnisses und somit des Kollagengehaltes wurden im vorliegenden Falle 45 g Knochen zur Radiokohlenstoff-Kollagenatierung verwertet, die von PROTSCH (1973) ausführlich beschrieben wurde. Es konnte vorher durch mikroskopische Untersuchung festgestellt werden, daß keine Konservierungsmittel auf der Lamina externa, Diplöe, und Lamina interna auflagen, jedoch wurden trotzdem aus Sicherheitsgründen etwa 0,5 mm der Kompakta mechanisch entfernt. Nach Herauslösen des Apatits, der anorganischen Substanz des Knochens, Entfernen von Huminsäuren, Umwandlung in Gelatine (LONGIN 1971), und selektivem Herauslösen von Aminosäuren durch Flüssigkeitschromatographie mit Hilfe von Dowex-50-WX-8 konnte eine genügend große Menge von Aminosäuren zur C^{14} -Datierung und Aminosäureatierung gewonnen werden. Viereinhalb g Aminosäuren (Kollagen) lieferten mehr als die benötigten 3 l CO_2 für den Gasproportionalzähler des Radiokohlenstofflabors in Frankfurt. Der Zähler des Frankfurter C^{14} -Labors hat ein Fassungsvermögen von 2 l bei einem Druck von 1,5 bar. Da Kollagen etwa zur Hälfte aus Kohlenstoff besteht, konnten bei einer maximalen Verbrennungsauswertung des Kollagens von 96—98 % bei der Umwandlung von Kollagen in Kohlendioxid etwas über 4 l Kohlendioxid aus 2,24 g reinem Kohlenstoff gewonnen werden.

Die bisherigen Proben waren im Radiokohlenstofflabor in Frankfurt nach dem Verbrennungsverfahren von UCLA (University of California, Los Angeles) bearbeitet worden. Es stellte sich jedoch in Frankfurt heraus, daß die Auswertung des Kollagens und anderer organischer Substanz bei der Umwandlung in Kohlendioxid nur etwas mehr als 85 % betrug. Es bestand also bei besonders kleinen organischen Proben die Gefahr, zuviel Material zu verlieren. Außerdem war es äußerst schwierig, die große Menge der bei der Verbrennung entstandenen flüssigen Luft wieder vom CO_2 zu trennen. Das CO_2 schien außerdem trotz Durchfluß durch Silbernitrat und Chromsäure weiterhin viele elektro-negative Verunreinigungen zu enthalten.

Es wurde deshalb ein Umbau der Verbrennungsanlage auf das System beschlossen, das in Heidelberg von MÜNNICH (1957) schon seit vielen Jahren benutzt wird.

Bei der Verbrennung wurde anstatt von Sauerstoff und Stickstoff, Sauerstoff und Argon benutzt. Vor dem Verbrennungsrohr waren Gasflußregler, Überlaufdruckregler und Blasenähler sowie zwei wassergefüllte Manometer vorgeschaltet. Hinter dem Verbrennungsrohr wurde eine Kühlfalle angeschlossen, die in einem Gemisch von Trockeneis und Alkohol eingetaucht war. Dadurch wurde die flüssige Luft, die vielleicht noch bei der Verbrennung entstand, eingekühlt. Hinter dieser Kühlfalle befand sich dann ein mit Kupferoxid gefülltes Rohr in einem Ofen, der auf 800°C angeheizt wurde. Dieses System garantiert die völlige Verbrennung der Probe und eine Auswertung bis zu 98 %. Nachdem der Gasstrom das Kupferoxid passiert hatte, wird er über einen Kondensatabschneider in zwei Waschflaschen mit KMnO_4 -Lösung geleitet, die zur Oxidation des CO_2 dienen. Diese zwei Waschflaschen mit KMnO_4 -Lösung sind miteinander so verbunden, daß das CO_2 nach Passieren der ersten Lösung in die zweite Lösung einfließen muß. Hinter diesen zwei Waschflaschen ist wiederum ein U-Rohr angeschaltet, welches in ein Gemisch von Alkohol und Trockeneis als Kühlmischung eingetaucht ist. Wiederum dahinter ist ein Röhrchen eingeschaltet, das Silika-Gel enthält. Beide Systeme haben den Zweck, flüssige Luft oder andere Flüssigkeiten einzufrieren oder zu binden, so daß schließlich reines CO_2 in die dahinter angeschlossene Vakuumapparatur fließen kann. Diese Apparatur kann durch den Anschluß von zwei Pumpen, einer Vorvakuumpumpe, die bis 10^{-3} Torr evakuieren kann, sowie einer Hochvakuumpumpe, die bis 10^{-6} Torr arbeitet, alle noch neben dem CO_2 vorhandenen Verunreinigungen evakuieren. In diesem System sind vier Glasbehälter eingebaut, die in flüssigen Stickstoff eingetaucht werden und bei einer Temperatur von etwas über -190°C das durchfließende CO_2 einfrieren. Alle übrigen Verunreinigungen können durch die Pumpen eliminiert werden. Am System wird dann ein evakuiertes Absorptionsgefäß angeschlossen, das 350 ml einer Mischung von NH_4OH und CaCl_2 enthält. Wenn der Kohlendioxiddruck in der Apparatur nach dem Auftauen fast ein BAR erreicht hat, wird der Hahn zum Absorptionsgefäß geöffnet und das Kohlendioxid strömt nun in den Absorber. Alle weiteren Schritte spielen sich dann so ab, wie sie von MÜNNICH beschrieben wurden. Das so verwandelte Karbonat wird zu einem späteren Zeitpunkt durch Einfluß von HCl wiederum in CO_2 umgewandelt, das in der Vakuumanlage eingefroren wird. In dieser Anlage wird durch wiederholtes Auftauen und Einfrieren das CO_2 durch ein Glasgefäß geleitet, das mit Kupfer gefüllt und auf 600°C erhitzt ist. Letztere Anlage hat zur Folge, daß freier Sauerstoff, der sich vielleicht immer noch im System befindet, vom heißen Kupfer oxidiert wird. Zu einem späteren Zeitpunkt kann durch Benutzung von Wasserstoff das oxidierte Kupfer wiederum reduziert werden. Das so gereinigte Kohlendioxid kann dann in den Proportionalzähler zur Datierung eingeführt werden.

Da im Falle der Kelsterbachprobe mehr als 3 l Kohlendioxid gewonnen wurden, konnte bei einer Zähldauer von 36 Stunden (2 160 Minuten) ein Alter von $31\,200 \pm 600$ Jahren (Fra-5) berechnet werden. Um die Genauigkeit der C^{14} -Datierung zu überprüfen, wurde durch eine Temperaturangabe von durchschnittlich $8,8^{\circ}\text{C}$ ein Aminosäurealter von 32 000 Jahren erreicht. Diese zwei Datierungen stimmen somit ziemlich gut überein. Diese für die Berechnung der Aminosäuredatierung angewandte Temperatur könnte jedoch noch korrigiert werden. Es besteht jedoch kein Zweifel an der Genauigkeit der C^{14} -Datierung und daran, daß dem Hominiden ein Alter von mindestens 31 000 Jahren B.P. zugeordnet werden kann.

Das Alter dieses Fundstückes, das morphologisch dem Combe Capelle-Typ des „anatomisch modernen Menschen“ nahe steht, ist das älteste direkt datierte Hominidenfossil Europas. Es scheint zu beweisen, daß bereits in einer Zeitperiode um ungefähr 30 000 bis 32 000 Jahren B.P. auf den Neanderthaler Vertreter des „anatomisch modernen Menschen“

folgen, die der Subspezies des *Homo sapiens sapiens* in Zentraleuropa angehören. Die relativ-chronologische Zuordnung der geologischen Straten, in denen dieses Fossil gefunden wurde, scheint ebenso auf den Zeitbereich um 30 000 Jahre B.P. hinzudeuten.

Ein weiterer fossiler Hominide, der der Subspezies *Homo sapiens sapiens* und dem Formenkreis Cro-Magnon zugeordnet werden kann, stammt aus Paderborn, wurde vor kurzer Zeit auch absolut chronometrisch auf etwas mehr als 27 000 Jahren datiert (HENKE & PROTSCH 1978). Viele andere hominide Fossilien, die diesen beiden Formenkreisen des Cro-Magnon und Combe-Capelle angehören, wurden und werden immer wieder relativ bis auf höchstens 32 000 Jahren B.P. eingestuft. Mit Hilfe der absoluten Datierungen ist es uns nun möglich, die bis jetzt auf rein relativer Datierung basierende Theorie des Auftretens des „anatomisch modernen Menschen“ (*Homo sapiens sapiens*) nach dem Neanderthaler in Europa absolut und somit exakter zu bestimmen. Eine detaillierte morphologische Analyse (R-4-Datierung) des Kelsterbach-Hominiden wird in kurzer Zeit vorgenommen werden (PROTSCH 1978, in Vorbereitung). Theoretisch ist es nun ohne weiteres möglich, alle Funde des „anatomisch modernen Menschen“ und besonders seine ersten Vertreter des Oberen Pleistozäns Europas absolut zu datieren und so auch eine genauere Aussage über die letzten Vertreter des Neanderthalers zu erhalten. Was den Kelsterbach-Hominiden betrifft, so können wir mit ziemlicher Sicherheit sagen, daß es zur Zeit der älteste Vertreter des „anatomisch modernen Menschen“, des *Homo sapiens sapiens* in Europa ist.

Danksagung

Wir sind der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Stiftung Volkswagenwerk und P. Blänkle zu Dank verpflichtet für die Unterstützung des Forschungsvorhabens.

Schriftenverzeichnis

- BECKER, E. (1965): Stratigraphische und bodenkundliche Untersuchungen an jungpleistozänen und holozänen Ablagerungen im nördlichen Oberrheinalgraben. — 145 S., 28 Abb., 14 Tab., 1 Kt.; Frankfurt a. M.
- (1967): Zur stratigraphischen Gliederung der jungpleistozänen Sedimente im nördlichen Oberrheinalgraben. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **18**: 5—50; Öhringen.
- BERGER, R., HORNEY, A. G. & LIBBY, W. F. (1964): Radiocarbon dating of bone and shell from their organic components. — *Science*, **144**: 999—1001.
- BRELIE, G. v. d. (1974): Pollenanalytische Untersuchungen an warmzeitlichen Sedimenten in den Terrassen des Untermain-Gebietes. — *Rhein-Main. Forsch.*, **78**: 83—99; Frankfurt a. M.
- CAMPBELL, B. G. (1962): The systematics of man. — *Nature*, **194**: 225—231.
- HENKE, W. & PROTSCH, R. (1978): Die Paderborner Calvaria — ein diluvialer *Homo sapiens*. — *Anthropol. Anz.*, **36**, 2: 85—108.
- HO, T. Y., MARCUS, L. F. & BERGER, R. (1969): Radiocarbon dating of petroleum-impregnated bone from tar pits at Rancho La Brea, California. — *Science*, **164**: 1051—1052.
- LONGIN, R. (1971): New method of collagen extraction for radiocarbon dating. — *Nature*, **230**: 241—242.
- MÜNNICH, K. O. (1957): Messung natürlichen Radiokohlenstoffs mit einem CO₂Proportional-Zählrohr. Einige Anwendungen der Methode. — Diss. Ruprecht-Karl-Universität; Heidelberg.
- PROTSCH, R. (1972): The Dating of Upper Pleistocene Subsaharan Fossil Hominids and Their Place in Human Evolution: With Morphological and Archaeological Implications. — Diss. UCLA, Anthropology.
- (1974): Florisbad. Its Palaeoanthropology, Chronology and Archaeology. — *Homo*, **25**: 68—78, I. SCHWIDETZKY, K. GERHARDT, W. E. MÜHLMANN, eds.; Göttingen.
- (1975): The Absolute Dating of Upper Pleistocene SubSaharan Fossil Hominids and Their Place in the Human Evolution. — *J. Human Evolution*, **4**: 297—322.
- (1976): New Absolute Dates on Upper Pleistocene Fossil Hominids from Europe and South America. — Proc. of: Ninth International Radiocarbon Conference, University of Los Angeles and San Diego, California, USA, June 1976. R. BERGER & W. F. LIBBY, eds. University of California Press.

- PROTSCH, R. (1977): Ursprung und Migration der fossilen Subspezies des „anatomisch modernen Menschen“ des Oberen Pleistozäns. — Archäologisches Korrespondenzblatt, **4**, Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte.
- & BERGER, R. (1973): Earliest Radiocarbon Dates for Domesticated Animals in Europe and the Near East. — *Science*, **179**: 235—239.
- SCHÖNHALS, E., ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A. (1964): Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlöß-Gliederung in Hessen. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **15**: 199—206, 1 Abb.; Öhringen.
- SEMMEL, A. (1969): Quartär. In: KÜMMERLE, E. & SEMMEL, A.: *Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000*, Bl. 5916 Hochheim, 3. Aufl., 51—99; Wiesbaden.
- (1972): Untersuchungen zur jungpleistozänen Talentwicklung in deutschen Mittelgebirgen. — *Z. Geomorph., N.F., Suppl. Bd.*, **14**: 105—112, 3 Fig.; Berlin - Stuttgart.
- (1973): Area between the Scandinavian and the Alpine Glaciation. 1. Periglacial Sediments and their Stratigraphy. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **23/24**: 293—305, 1 Fig.; Öhringen.
- (1974): Der Stand der Eiszeitforschung im Rhein-Main-Gebiet. — *Rhein-Main. Forsch.*, **78**: 9—56; Frankfurt a. M.
- (1978): *Erl. geol. Kt. Hessen 1 : 25 000*, Bl. 5917 Kelsterbach. [In Druckvorbereitung.]
- STÖHR, W. Th. (1966): Die Bimsruptionen im Laacher-See-Gebiet, ihre Bedeutung für die Quartärforschung und Bodenkunde im Mainzer Becken und in den südlichen Teilen des Rheinischen Schiefergebirges. — *Z. dt. geol. Ges.*, **116**: 994—1003, 2 Abb., 1 Tab.; Hannover.

Manuskript eingeg. 3. 3. 1978.