

Untersuchungen zur Chronostratigraphie mariner Terrassen in Mittelitalien

- $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ - und ESR-Datierungen an fossilen Mollusken -

ULRICH RADTKE, GERD J. HENNIG & AUGUSTO MANGINI *)

Chronostratigraphy, marine terrace, electron spin resonance, TH ^{230}U - ^{234}U -Isotop, beachrock, epeirogeny, bivalves, fossiliferous localities, sampling, shoreline, Pleistocene.
Latium, Mignoe Marta Region

Kurzfassung: Durch die ESR-Altersbestimmungsmethode (Elektronenspin Resonanz) sowie die $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Datierung fossiler Muscheln bei Tarquinia (Latium) konnte die stratigraphische Einordnung tektonisch verstellter thyrrrenzeitlicher mariner Terrassen geklärt werden. Zwischen den Flüssen Mignone und Marta liegt die Terrasse des Euthyrren I (100 000—120 000 BP) heute in einer Höhe von 40—45 m ü. M. und die Küstenlinie des Euthyrren II (200 000—220 000 BP) ca. 65m ü. M. Sie liegen damit deutlich höher als alle bisher gefundenen euthyrrenzeitlichen Terrassen in Mittelitalien.

[Cronostratigraphical Investigations of Marine Terraces in Central Italy — $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and ESR ages of Fossil Shells —]

Abstract: The subject of this study was the cronostratigraphical coordination of the marine terraces' genesis with the Quaternary stratigraphy. The marine terraces of this region developed by the interference of a strong tectonic uplift and glacio-eustatic fluctuations of the sea-level. The terraces were sampled between the rivers Mignone and Marta. Electron Spin Resonance (ESR) and $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ dating of fossil sea shells demonstrated the genesis of two Euthyrrenian terraces. Two different shorelines can be identified; the first at 40—45 m a.s.l. (Euthyrren I, 100.000—120.000 BP), the second at 65 m a.s.l. (Euthyrren II, 200.000—220.000 BP).

[Ricerche sulla cronostratigrafia assoluta dei terrazzi marini nell'Italia centrale Datazioni su Molluschi con i metodi del $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ESR]

Riassunto: Il punto centrale delle ricerche riguardava il coordinamento della cronostratigrafia assoluta dei terrazzi durante lo sviluppo del quaternario. In questa zona i terrazzi marini risultano dall'interferenza della tettonica di emersione e della eustasia glaciale. Lunga una faglia a quota 65 m s.l.m. fra i fiumi Mignone e Marta presso Tarquinia c'era il mare eutirreniano. Abbiamo trovato due livelli marini, ma i due non sono molto caratteristici. La prima a quota 40—45 m s.l.m. è difficilmente visibile dal punto della morfologia e la seconda, a quota 65 m s.l.m., è ostacolata dalle faglie. I due livelli sono costituiti dai sedimenti più vari, però sono essenziali attraverso la panchina. I molluschi di questa panchina furono analizzati con i metodi del $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et ESR (Electron Spin Resonance) e hanno fornito i risultati che esistono due livelli del mare eutirreniano: "Eutirreniano I" (100.000—120.000 anni) a 40—45 m s.l.m. e "Eutirreniano II" (200.000—220.000 anni) a 65 m s.l.m. Questo dimostra la grande influenza della tettonica che è molto efficiente anche dopo 120.000 anni.

1. Einleitung

Im Rahmen einer größeren Arbeit über quartärmorphologische Probleme in den Marmmen wurde hier in einem kleinen Teilgebiet exemplarisch versucht, die grundsätzliche Problematik der chronostratigraphischen Einordnung tektonisch verstellter mariner Ter-

*) Anschrift der Autoren: U. Radtke, Geographisches Institut der Universität Düsseldorf, Universitätsstr. 1, 4000 Düsseldorf 1. — Dr. G. J. Hennig, Klüsserather Str. 16, 5000 Köln 51. — Dr. A. Mangini, Institut für Umweltp Physik der Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 236, 6900 Heidelberg.

rassen in das Quartär aufzuzeigen. Hilfsmittel für eine absolute Datierung waren die, trotz vereinzelter Kritik, bewährte $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Methode sowie die erstmals in Italien an Mollusken angewandte ESR-Methode.

Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen den Flüssen Mignone und Marta und bildet einen Teil des Küstentieflandes der Maremmen zwischen Civitavecchia (Latium) und dem Monte Argentario (Toscana).

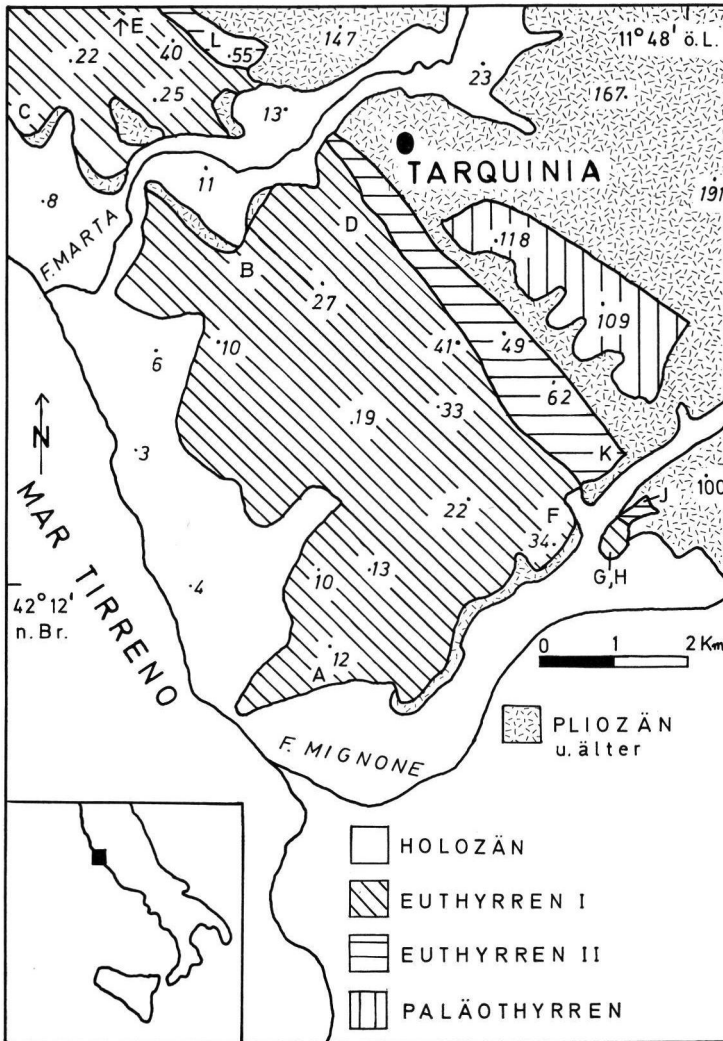


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte mit Verzeichnis der Probenfundorte.

A = 32 T QM 266.743, Blatt 142 I SO, 10 m ü. M.; **B** = 32 T QM 253.789, Bl. 142 I SO, 12 m ü. M.; **C** = 32 T QM 229.816, Bl. 142, IV NE, 16 m ü. M.; **D** = 32 T QM 263.808, Bl. 142, I SO, 30 m ü. M.; **E** = 32 T QM 224.877, Bl. 142 IV NO, 43 m ü. M.; **F** = 32 T QM 299.762, Bl. 142 I SO, 31 m ü. M.; **G** = 32 T QM 305.762, Bl. 142 I SO, 38 m ü. M.; **H** = 32 T QM 305.762, Bl. 142 I SO, 39 m ü. M.; **J** = 32 T QM 309.768, Bl. 142 I SO, 65 m ü. M.; **K** = 32 T QM 303.777, Bl. 142 I SO, 64 m ü. M.; **L** = 32 T QM 253.829, Bl. 142 I NO, 64 m ü. M.; Rechts- und Hochwerte nach UTM; alle Blätter aus CARTA D'ITALIA, Maßstab 1 : 25 000.

Die Küstentiefländer stellen relative Senkungsgebiete dar, die durch pliozäne und quartäre Meerestransgressionen eine spezifische morphologische Überprägung erfuhren. Im Gegensatz zum Küstentiefland von Metapont mit seiner klassischen elfstufigen Terrassentreppe, die ohne große Bruchtektonik gebildet wurde, vgl. BRÜCKNER (1980), handelt es sich hier um ein Gebiet mit einer komplizierten Tektogenese im kleinräumigen Wechsel, die altimetrische Angaben über Meeresspiegelhochstände nur auf relativ kleinem Raum gültig sein läßt. Durch zeitweiligen Stillstand bzw. Senkung des Gebietes entwickelten sich wahrscheinlich nur 5—6 quartäre Meeresterrassen, von denen hier die jüngeren näher untersucht werden sollen. In den Gebieten mit der geringsten Hebungsrates findet man deshalb hauptsächlich geologische Terrassen, die morphologisch nicht zu unterscheiden sind. Zusätzlich erschwert wird eine Geländekartierung durch zum Teil mächtige Tuff- bzw. Schwemmtuffdecken, die die morphologischen Konturen verwischen und Höhenunterschiede nivellieren.

2. Ergebnisse älterer Untersuchungen

Das Gebiet zwischen den Flüssen Mignone und Marta wurde in der Vergangenheit schon mehrmals auf seine quartäre Entwicklung hin untersucht. So gliedert erstmals GIGNOUX (1913) zwischen 15 m und 35 m ü. M. eine thyrren- und zwischen 40 m und 60 m ü. M. eine sizilzeitliche Terrassenfläche aus. H. LEHMANN (1958) findet eine 12—15 m Terrasse, die er dem Versil zuordnet, sowie zwei thyrrenzeitliche Terrassen bei 17—27 m ü. M. und 32—37 m ü. M. BONADONNA (1967) stellte seine 39—48 m Terrasse in das Mindel/Riß-Interglazial (was nach ihm dem „Tarquiniano“, 400 000—700 000 BP entspricht) und die Küstenlinie im Bereich von 15—20 m ü. M. in das Thyrren i.e.S. PASKOFF & SANLAVILLE (1976) gliedern in Latium drei thyrrenzeitliche Terrassen bei 18—22 m ü. M. (200 000—230 000 BP, „1st Strombus raised beach“), bei 10—15 m ü. M. (127 000 BP, „2nd Strombus raised beach“) und bei 2—3 m ü. M. (65 000—90 000 BP, „3rd Strombus raised beach“) aus. Erstmals wies DAI PRA (1978, 1981) auf die Möglichkeit tektonischer Vertikalverschiebungen hin und unterschied eine 2—3 m ü. M. hoch gelegene Neothyrrenterrasse (ca. 70 000 BP), eine bis 65 m ü. M. reichende Euthyrrenterrasse (nach ihm ca. 140 000 BP) sowie eine Küstenlinie bei 125 m ü. M., die er in das Paläothyrren (älter als 300 000 BP) stellt. Die zeitliche Datierung erhielt er lediglich durch Analogieschlüsse.

Aus den bisher geschilderten untereinander kaum vergleichbaren Untersuchungen, deren Hilfsmittel zur chronostratigraphischen Einordnung hauptsächlich Altimetrie und Paläontologie waren, wird deutlich, daß in einem geologisch so komplexen Gebiet relative Datierungen schwerlich zum Ziel führen. Dagegen liefern absolute Daten eine klare Chronostratigraphie, die im folgenden mit Hilfe von $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ - (HENNIG, MANGINI) und ESR- (RADTKE) Simultan-Datierungen erstmals für das Untersuchungsgebiet vorgestellt wird.

3. Absolute Datierungen

A. Die $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Methode

Die $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Methode basiert auf der Tatsache, daß sich in natürlichen Wässern in aller Regel nur sehr geringe Mengen an Thorium finden, hingegen vergleichsweise große Gehalte an Uran. Die $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Verhältnisse sind in solchen Wässern daher üblicherweise äußerst klein — ihr Aktivitätsverhältnis liegt zumeist weit unter 0,01. Sekundäre Carbonatformationen, welche aus solchen Wässern entstehen, besitzen daher zunächst ebenfalls diese geringen $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnisse. Dies gilt sowohl für anorganische Car-

bonatformationen (Höhleinter, Travertine) wie auch für solche biogenen Ursprungs, also etwa Mollusken, Foraminiferen oder Korallen, unabhängig davon, ob es sich hierbei um Calcite oder Aragonite handelt.

In all diesen Carbonaten zerfällt nun allmählich das ^{234}U mit seiner Halbwertszeit von 244 000 Jahren in das ^{230}Th (Halbwertszeit 75 200 a), so daß das $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Aktivitätsverhältnis langsam ansteigt. Dieser Anstieg läßt sich aufgrund der radioaktiven Zerfallsgesetze exakt berechnen, so daß jedem $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Verhältnis ein genauer Alterswert zugeordnet werden kann. Nach rund 400 000 Jahren befinden sich beide Isotope, ^{230}Th und ^{234}U , im radioaktiven Gleichgewicht, d. h. beide zeigen dann dieselbe α -Aktivität ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U} \approx 1$). Daher kann man mit Hilfe der $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Methode rund zehnmal weiter zurückdatieren als das mit der Radiokohlenstoff-Methode möglich ist (Datierungsgrenze ca. 40 000 Jahre).

Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendbarkeit der $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Datierungsmethode ist ein „geschlossenes System“, d. h. in diesem Fall, daß weder Uran noch Thorium aus den Carbonaten verloren gegangen sind noch von diesen nach ihrer Entstehung aufgenommen wurden. Diese Voraussetzung ist zumindest im Falle von Mollusken nicht immer erfüllt, insbesondere wenn Indizien für eine Aragonit/Calcit-Rekristallisation vorliegen.

Die Bestimmung des $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Verhältnisses erfordert eine recht diffizile chemische Abtrennung und Reinigung der beiden Elemente Uran und Thorium, die an anderer Stelle ausführlich beschrieben ist (HENNIG 1979).

Tab. 1: Übersicht über die ermittelten $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Daten.

Probe (<i>Glycimeris</i> spec.)	U-Gehalt (ppm)	$\frac{\text{U-234}}{\text{U-238}}$	$\frac{\text{Th-230}}{\text{U-234}}$	Th-Gehalt (ppb)	$\frac{\text{Th-230}}{\text{Th-232}}$	Alter (kA)
A1	0,55±0,01	1,21±0,04	0,64±0,03	100±20	4,2± 0,5	106±15
B1	1,24±0,03	1,64±0,05	1,24±0,06	624±77	12,4± 1,6	>300
C1	4,30±0,05	1,15±0,02	0,26±0,02	370±10	3,5± 0,4	35± 2
E1	1,60±0,05	1,68±0,05	0,70±0,03	287±37	20,0± 2,0	113± 8
G1	1,68±0,04	1,37±0,03	0,64±0,02	121±15	40,0± 5,0	105± 6
G2	1,52±0,02	1,34±0,02	0,58±0,02	20±10	59,2±12,0	94± 9
H1	2,98±0,07	1,36±0,03	0,64±0,02	178±27	45,0± 7,0	101± 6
L1	0,94±0,03	1,44±0,05	0,85±0,03	30±10	38,6± 5,0	212±38

B. Die ESR-Methode

Das ESR-Datierungsverfahren beruht auf der Strahlenschädigung eines Materials. Die in einem Kristall entstehenden radiogenen Störstellen sind der Strahlendosis proportional. Die Störstellen sind nur mit einem einzelnen, paramagnetischen Elektron abgesättigt und absorbieren im hochfrequenten Magnetfeld eine ganz diskrete Energie. Diese induzierten paramagnetischen Defekte werden mit ESR gemessen, und das ESR-Absorbtionssignal ist also ein Maß für die Anzahl der paramagnetischen Zentren. In die Berechnung des ESR-Alters gehen neben der Gesamtdosis der natürlichen Strahlung (Archäologische Dosis = AD) die Höhe der externen und der internen Strahlungsdosis ein. Die externe Dosis wurde mittels eines CaSO_4 -Thermolumineszenz-Dosimeters (IKEYA & RADTKE, in Vorbereitung) gemessen. Die interne Dosis errechnet man aus den unterschiedlichen U-, Th- und K-Gehalten der Probe sowie ihren unterschiedlichen Isotopen-Ausgangs- und Aktivitätsverhältnissen unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Energiegehaltes der α -, β - und δ -Strahlung (WINTLE 1978).

Für ESR-Datierungen eignen sich neben Calciten, die z. B. in Mollusken und Stalagmiten vorkommen, u. a. auch Knochen oder Zähne (IKEYA & TOSHIKATSU 1980). Die Obergrenze einer sicheren Datierung wird mit rund 10^7 a angegeben (IKEYA & OHMURA 1981), doch wird von den Autoren eine deutlich niedrigere Grenze für Mollusken als realistischer erachtet. Die Fehlergrenze liegt bei ca. $\pm 15\%$. Bezüglich einer eingehenden Diskussion des Verfahrens wird auf folgende Arbeiten verwiesen (IKEYA 1978, HENNIG et al. 1981; APERS et al. 1980).

Tab. 2: Gegenüberstellung der ESR- und $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Alter (in ka)

Probe <i>Glycimeris spec.</i>	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	ESR ($\pm 15\%$)	Probe <i>(Glycimeris spec.)</i>	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	ESR ($\pm 15\%$)
A1	106 \pm 15	94	G1	105 \pm 6	111
A2	—	104	G2	94 \pm 9	92
A3	—	(193)	G3	—	113
B1	>300	kein Ergebnis	G4	—	119
C1	(35 \pm 2)	77	H1	101 \pm 6	83
C2	—	98	H2	—	99
D1	—	94	J1	—	193
D2	—	103	J2	—	175
E1	113 \pm 8	103	K1	keine Ergebnisse	
E2	—	91	L1	212 \pm 38	202
F1	—	102	L2		259
F2	—	91			

4. Diskussion der Ergebnisse

A. Die 40—45 m-Küstenlinie

Die aufgrund der absoluten Datierungen ausgeschiedenen zwei Terrassenflächen lassen sich morphologisch kaum unterscheiden und werden von DAI PRA (1978, 1981) als eine Fläche kartiert. Beide zusammen bilden eine schiefe Ebene, die sich vom Meeresspiegel-niveau relativ kontinuierlich bis in eine Höhe von ca. 65 m ü. M. erstreckt. Ab 45 m Meereshöhe wird der Anstieg zwar etwas steiler, doch gibt es keine signifikanten Hinweise, wie Kliff, Düne etc., auf den Verlauf einer ehemaligen Küstenlinie. Bei Lokalität F (vgl. Abb. 1) und Lokalität G lassen sich deutlich zwei übereinander liegende unterschiedlich alte quartäre Terrassenkörper erkennen. In allen anderen Aufschlüssen sind nur Reste eines Terrassenkörpers erkennbar, teilweise mit Erosionsdiskordanz unmittelbar über dem pliozänen Untergrund, z. B. bei Lokalität A, wo grauer Ton, und bei Lokalität C, wo gelber Sand das Liegende bilden.

Die marinen quartären Ablagerungen werden charakterisiert durch z. T. fossilreiche Sande und Schotter, die mehr oder weniger stark verfestigt sind. Das Terrassenabschluß-sediment bildet lithologisch gesehen durchweg ein Beachrock (Lokalname „Panchina“), d. h. ein hart verfestigter, z. T. fossilreicher Kalksandstein mit meist sehr heterogener Korn-

größenzusammensetzung, der sich im Spritzwasserbereich des Meeres bildet. Die untersuchten Molluskenproben (ausschließlich *Glycimeris spec.*) entstammen sämtlich dieser Panchina, die sich von Lokalität A und C kontinuierlich bis ca. 40—45 m ü. M. verfolgen läßt. Die ermittelten absoluten Daten (Lokalität A, D, E, F, G, H; vgl. Abb. 1 sowie Tab. 1 und 2) beweisen, daß dieses Sediment zwischen 100 000 und 120 000 BP gebildet wurde und somit dem Euthyrren I zuzuordnen ist; bezüglich der Terminologie wird auf BRÜCKNER (1980) verwiesen.

Insgesamt widersprechen die ermittelten Daten deutlich den Ergebnissen von BONADONNA (1967), nach dem die 39—48 m-Küstenlinie ein Alter von 400 000—700 000 BP haben soll, und belegen eine (theoretische) Hebungsrates von durchschnittlich 0,38 m pro Jahrtausend.

B. Die 65 m-Küstenlinie

Die nächsthöhere fossile Küstenlinie verläuft in einer Höhe von ca. 65 m ü. M. Ihre Charakterisierung erscheint morphologisch eindeutig, da sie sich scheinbar kliffartig ausgebildet hat. Dieses Aussehen wird aber tatsächlich durch eine sich hier befindliche Verwerfung hervorgerufen, die die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse der quartären und pliozänen Schichten gestört hat.

Einen deutlichen Hinweis auf ein Transgressionsmaximum liefert eine Düne bei Lokalität L in einer Höhe von ca. 70 m ü. M., so daß im 65 m-Bereich ein deutlicher Meeresspiegelhochstand belegt werden kann. Ob es sich um das Maximum dieses Transgressionszyklus handelt, kann damit natürlich nicht bewiesen werden; ehemals höher gelegene Zeugen könnten durch tektonisch initiierte stärkere erosive Prozesse zerstört worden sein.

Im Bereich der 65 m-Küstenlinie bildet wieder ein fossilreicher Beachrock das Abschlußsediment. Die bei den Lokalitäten F und G erwähnten, sich im Liegenden, also unter dem Beachrock des Euthyrren I befindlichen Terrassenkörper gehören höchstwahrscheinlich auch zum ehemaligen Komplex des heute in einer Höhe von 65 m ü. M. liegenden fossilen Strandes. Bei Lokalität F konnte dies durch ein ESR-Alter belegt werden, bei Lokalität G war das Probematerial nicht verwertbar.

Die ermittelten absoluten Daten liegen durchweg im Bereich von 190 000—220 000 BP und stellen diesen Meeresspiegelhochstand deutlich in das Euthyrren II. Dies steht im Gegensatz zu DAI PRA (1978, 1981), der hier seine erste Küstenlinie sieht und diese in das Euthyrren I (bei ihm ca. 140 000 BP) stellt.

Somit ergibt sich für den Bereich der 65 m-Küstenlinie eine durchschnittliche Hebungsrates von 0,29 m pro Jahrtausend in den letzten 200 000—220 000 Jahren, d. h. das Maximum der tektonisch bedingten Vertikalverschiebung lag nach der Ablagerung der Sedimente des Euthyrren I.

C. Die 125 m-Küstenlinie

Das erstmals von DAI PRA (1978, 1981) ausgegliederte Paläothyrren-Niveau (d. h. das Maximum des Sedimentationszyklus, der dem des Euthyrren unmittelbar voranging) konnte leider nicht genauer datiert werden, da die Mollusken des Beachrock durch eine starke Mangankontamination für eine ESR-Analyse unbrauchbar waren. Erste mineralogische Untersuchungen lassen aber die Vermutung zu, daß es sich bei dieser 125 m-Küstenlinie um ein älteres, präpaläothyrrenes Transgressionsmaximum handelt.

Abschließend kann gesagt werden, daß in Zukunft noch manches chronostratigraphische Problem durch den Einsatz neuer absoluter Datierungsmethoden der Lösung nähergebracht werden kann. Speziell durch die ESR-Analyse ist die Möglichkeit gegeben, eine große Anzahl von Proben ohne einen viel größeren Arbeitsaufwand zu untersuchen und somit zu statistisch abgesicherteren, zufallsunabhängigen Ergebnissen zu kommen.

Schriftenverzeichnis

- APERS, D. J., DEBUYST, R., DEJEHET, F. & LOMBARD, E. (1980): A propos d'un essai de datation par RPE de concrétions calcaires originaires de grottes. — *Radiochem. Radionucl. Lett.*, **45**: 427—440, 2 Abb., 4 Tab.; Budapest.
- BONADONNA, F. P. (1967): Studi sul Pleistocene del Lazio. III. Linee di costa lungo il litorale di Tarquinia (Lazio settentrionale). — *Geol. Rom.*, **6**: 121—135, 8 Abb., 1 Tab.; Rom.
- BRÜCKNER, H. (1980): Marine Terrassen in Süditalien. Eine quartärmorphologische Studie über das Küstentiefland von Metapont. — *Düsseld. Geogr. Schr.*, **14**: 235 S., 42 Abb., 30 Fot., 21 Tab., 1 Karte; Düsseldorf (Selbstverlag des Geogr. Inst.).
- CONATO, V., ESU, D., MALATESTA, A. & ZARLENGÁ, F. (1980): New data on the Pleistocene of Rome. — *Quaternaria*, **12**: 131—174, 15 Abb.; Rom.
- & DAI PRA, G. (1981): Livelli marini Pleistocenici e Neotettonica fra Civitavecchia e Tarquinia (Italia Centrale). — *Geol. Rom.*, **19**: 14 S., 2 Abb., 3 Tab.; Rom. — [Im Druck.]
- DAI PRA, G. (1978): Linea di costa tirreniana del litorale laziale dal Fiume Tevere a Tarquinia. — *Geol. Appl. e Idrog.*, **13**: 1—10, 1 Abb.; Bari.
- GEYH, M. A. (1980): Einführung in die Methoden der physikalischen und chemischen Altersbestimmung. — **XI** + 276 S., 42 Abb., 12 Tab.; Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).
- GIGNOUX, M. (1913): Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile. — *Ann. Univers. Lyon, nouvelle série*, **I**: XXIV + 693 S., 42 Abb.; Lyon, Paris.
- HENNIG, G. J. (1979): Beiträge zur $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Altersbestimmung von Höhlensintern sowie ein Vergleich der erzielten Ergebnisse mit denen anderer Altersdatierungsmethoden. — *Diss. Univ. Köln*: 173 S., 27 Abb., 9 Tab.; Köln.
- , HERR, W., WEBER, R. & XIROTIROS, N. I. (1981): ESR-dating of fossil hominid cranium from Petralona Cave, Greece. — *Nature*, **292**: 533—536, 2 Abb., 3 Tab.; London.
- IKEYA, M. (1978): Electron Spin Resonance as a method of dating. — *Archaeometry*, **20**: 147—158, 6 Abb., 1 Tab.; Oxford.
- & TOSHIKATSU, M. (1980): Electron Spin Resonance dating of animal and human bones. — *Science*, **207**: 977—979, 3 Abb.; Washington D. C.
- & OHMURA, K. (1981): Dating fossil shells with Electron Spin Resonance. — *Jour. Geol.*, **89**: 247—251, 3 Abb.; Chicago.
- LEHMANN, H. (1958): Bericht über den Abschluß der Studien über die Maremmen. — *DFG*, 25 S.; Bonn. — [Unveröff.]
- PASKOFF, R. & SANLAVILLE, P. (1976): Le quaternaire marin de la Toscane et du Latium. — *Ann. Geogr.*, **468**: 242—245.
- WINTLE, A. G. (1978): A thermoluminescence dating study of some Quaternary calcite: potential and problems. — *Can. Jour. Earth Sci.*, **15**: 1977—1985, 5 Abb., 3 Tab.; Montreal.

Manuskript eingegangen am 25. 3. 1982.

