

<i>Eiszeitalter u. Gegenwart</i>	33	9—19 5 Abb., 3 Tab.	<i>Hannover 1983</i>
----------------------------------	-----------	------------------------	----------------------

Th-230/U-234- sowie ESR-Altersbestimmungen einiger Travertine in Ungarn

GERD JOCHEN HENNIG, RAINER GRÜN, KARL BRUNNACKER & MARTON PÉCSI *)

Absolute age, Th-230/U-234-238, ESR-method, travertine, sampling, river terrace, pit section,
interpretation, Riß/Würm Interglaciation, Günz Mindel Interglaciation.
Central Transdanubia, Tata River, Vértesszöllös Area

Kurzfassung: Dreizehn Travertinproben von den Lokalitäten Tata, Vértesszöllös, Dunaalmás und Buda werden mit Hilfe zweier neuerer Absolutdatierungsverfahren untersucht, der Th-230/U-234- und der ESR-Methode. Für acht der untersuchten Proben ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen den Th/U- und den ESR-Altern, zwei Proben waren aufgrund extrem hoher Mangan-Gehalte nicht ESR-datierbar und in drei Fällen ergaben sich deutliche Diskrepanzen.

Travertine aus dem Riß/Würm Interglazial haben ein Alter von ca. 100.000 a, die des vorletzten Interglazial zeigen ein Alter von 200.000 a und etwas darüber die des drittletzten Interglazials weisen ein Alter von über 300.000 a auf.

[Th-230/U-234 and ESR Age Determinations of Spring Deposited Travertines in Hungary]

Abstract: 13 Hungarian travertine samples from Tata, Vértesszöllös, Dunaalmás, and Buda were determined by two modern absolute dating techniques: The U-series and the ESR method. Eight of the studied samples show a good agreement between the U-series and the ESR ages, two samples could not be studied by the ESR method, because of too high manganese contents, and in three cases significant discrepancies were observed.

Travertine formations of the Riß/Würm Interglaciation have an age of about 100,000 yr, those from the penultimate have an age of approximately 200,000 yr. Travertine sites correlated to the last but two interglaciation are older than 300,000 yr.

1. Einleitung

Nach der Datierung der pleistozänen Travertine von Bad Cannstatt (GRÜN et al. 1982) und in Thüringen (BRUNNACKER et al. 1983) auf der Grundlage des Th-230/U-234-Verhältnisses wurde eine Reihe von Proben aus den Travertin-Vorkommen in Ungarn untersucht. In diesem Falle wurde zusätzlich versuchsweise die Elektronen-Spin-Resonanz-Methode (ESR) einbezogen.

Im Transdanubischen Mittelgebirge von Ungarn bildet die Terrassenfolge der Donau und ihrer Zuflüsse die Basis der Quartärgliederung (PÉCSI 1973): Die Terrasse I ist das jüngste Glied in der heutigen Überschwemmungsebene der Donau. Es folgen die Terrassen IIa und IIb, III und IV des Jung- und Mittelpleistozäns (Abb. 1). Die Terrassen IIb bis VII sind in einigen Tälern durch Travertine und z. T. durch Deckschichten mit Löß und Paläoböden gekennzeichnet.

Proben folgender Lokalitäten wurden untersucht (Tab. 1):

1. Tata (VÉRTES 1964): Die Terrasse IIb bildet die Basis. Aus dem hangenden Travertin stammt die Probe 13 unterhalb und Nr. 01 oberhalb der Moustérien-Fundschicht.

Anschriften der Autoren: Prof. Dr. K. Brunnacker, Dr. G. J. Hennig und Dipl.-Geol. R. Grün, Geologisches Institut der Universität zu Köln, Zulpicher Str. 49, D-5000 Köln 1.
— Prof. Dr. M. Pécsi, Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, Népkötárság útja, Budapest, VI.

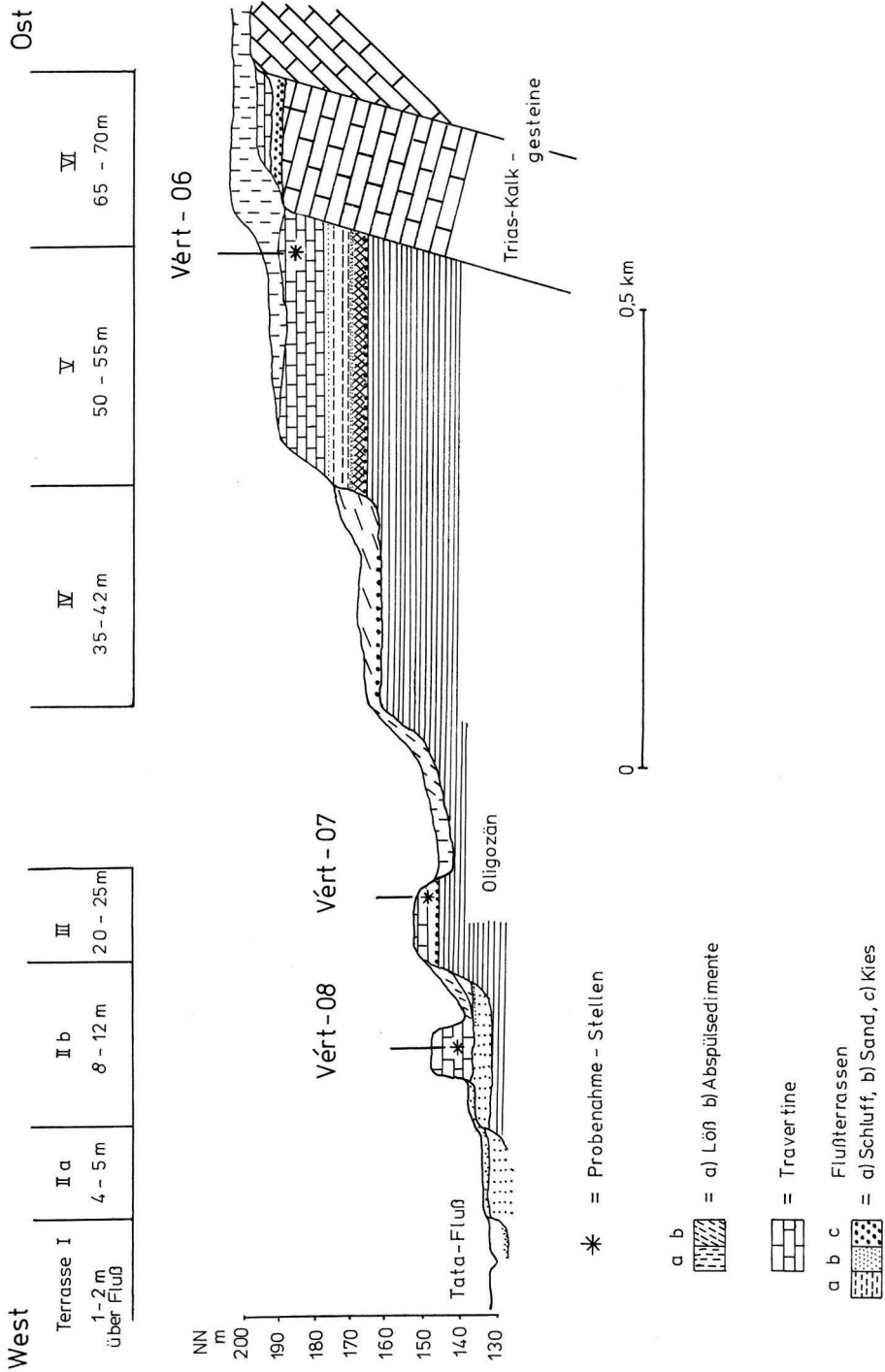


Abb. 1: Terrassenfolge des Tata-Flusses bei Vértesszöllös (Pécsi 1973, vereinfacht).

Tab. 1: Position der untersuchten Travertin-Proben

13	Tata (TATA)	Hangendes der Paläolith-Station
01	"	Liegendes der Paläolith-Station
02	Vértesszöllös (VERT)	Hangendes der Paläolith-Station
03	"	Liegendes der Paläolith-Station
04	"	Schicht unter der Schädel-Fundstelle
05	"	Horizont des Schädel-Fundes
06	"	Oberer Aufschluß, mittlerer Teil in 190 m NN
07	"	Unterer Teil des Travertins, der die Terrasse III überdeckt
08	"	Mittlerer Teil des Travertins, der die Terrasse IIB überlagert
09	Dunaalmás (DUN)	Untester Teil des Travertins auf der Terrasse IIB bzw. III
10	"	Untester Teil des Travertins über der Terrasse IV
11	Buda Burgberg (BUD)	Travertin unter dem Hotel Hilton in 170 m NN, eine Säugetier-Fauna führend (Mindel/Riß-Interglazial)
12	Buda Könighlicher Palast (BUD)	Innerer Hof in 135 m NN

2. Vértesszöllös: Die Probe 08 kommt aus dem Travertin, welcher die Terrasse IIB überlagert. Die Probe 07 stammt aus dem Travertin über der Terrasse III (Abb. 1). Von der berühmten Paläolith-Station Vértesszöllös wurden mehrere Proben untersucht (Abb. 2): Nr. 05 liegt über der Terrasse V. Aus dem höheren Bereich des gleichen Lagers kommen die Proben 04, 03 und 02. Die Probe 06 (a und b) entspricht dem Niveau des Schädelfundes Nr. 05.
3. Buda: Die Probe 11 stammt aus dem Travertin im Hangenden der Terrasse IV. Einem angelagerten jüngeren Travertin am Burgberg von Buda wurde die Probe 12 entnommen.
4. Dunaalmás: Von hier kommen die Proben 09 und 10, wobei der Travertin der Probe 10 das Hangende der Donau-Terrasse IV bildet. Die Probe 09 stammt möglicherweise von einer abgerutschten Scholle im N der Terrasse III.

2. Meßmethoden

Die Th-230/U-234-Datierungsmethode basiert auf der Tatsache, daß Kalkabscheidungen, wie Travertine und Höhlensinter, bei ihrer Bildung äußerst kleine Th-230/U-234-Aktivitätsverhältnisse aufweisen, weil die Karstwässer zwar in meßbaren Mengen Uran, aber kein Thorium enthalten.

Da nun das natürliche Radioisotop U-234 mit einer Halbwertzeit von 244 000 Jahren langsam in das Isotop Th-230 (Halbwertzeit 75 200 Jahre) zerfällt, wächst das ursprünglich verschwindend geringe Th-230/U-234-Aktivitätsverhältnis in den sekundären Karbonaten im Laufe der Zeit allmählich an, bis es nach rund 400 000 Jahren den Gleichgewichtswert von 1 erreicht hat.

Dieser zeitliche Anstieg des Th-230/U-234-Verhältnisses ist in Abb. 3 (für 3 verschiedene U-234/U-234-Verhältnisse $r_0 = 1,0; 1,5$ und $2,0$) graphisch dargestellt (HENNIC 1979). Zeigen beispielweise die Travertine von Tata ein Th-230/U-234-Verhältnis von ungefähr 0,6, so entspricht dies einem Alter von ca. 100 000 Jahren.

Zwei systematische Fehlerquellen sind bisher für die Th-230/U-234-Datierung bekannt geworden: Zum einen können Tonminerale fremdes, sog. „detritisches“ Th-230 eingeschleppt haben und damit das Alter zu höheren Werten verschieben, zum anderen können aus porösen Kalksedimenten durch Sickerwässer geringe Mengen an Uran (bevorzugt U-234) mobilisiert werden, woraus eine Streuung der Th/U-Alter resultiert (CHERDYNTSEV et al. 1975; GRÜN et al. 1982). Diese Möglichkeit dürfte jedoch für relativ kompakte Travertine eher eine untergeordnete Rolle spielen.

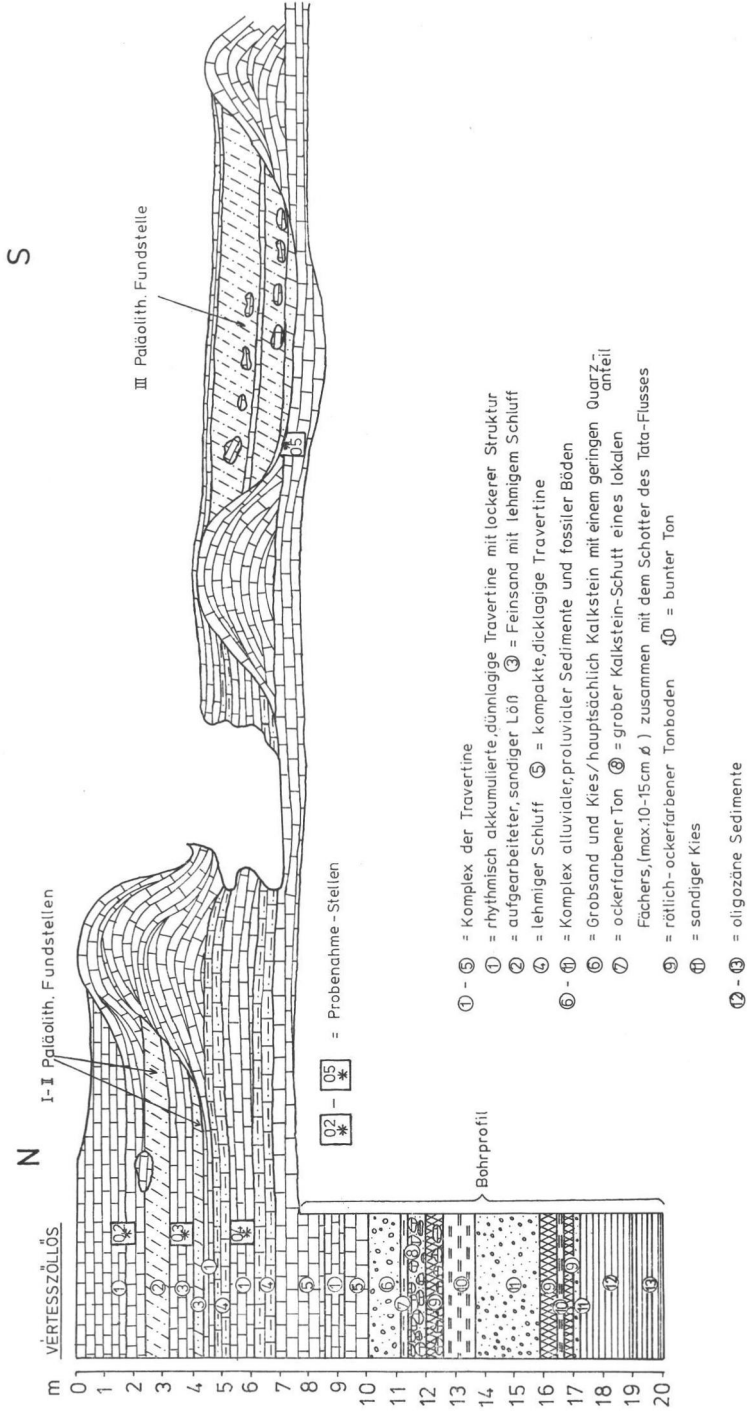


Abb. 2: Travertinprofil bei Vértesszöllös (nach PÉCSI, vereinfacht).

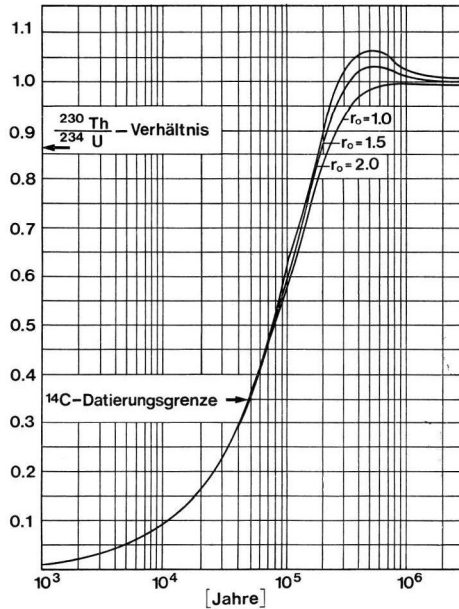


Abb. 3: Zeitliche Änderung des Th-230/U-234-Aktivitätsverhältnisses bei verschiedenen U-234/U-238-Anfangsverhältnissen (r_0).

Die Elektronen-Spin-Resonanz-Methode (ESR-Datierung) beruht ähnlich wie die Thermolumineszenz auf der Messung der ungepaarten, paramagnetischen Elektronen, welche im Lauf der Zeit durch die natürliche radioaktive Strahlung in sog. „Elektronen-fallen“ im Kristallgitter eines Minerals befördert wurden. Diese Fallen können sowohl Gitterfehlstellen als auch Fremdionen wie Mangan oder Seltenerden sein, welche die von den Kristall-Ionen losgeschlagenen Elektronen stabilisieren.

Das gemessene ESR-Signal ist der Menge dieser paramagnetischen Elektronen proportional. Da die Menge dieser Elektronen bei konstanter Radioaktivität der Umgebung von Jahr zu Jahr kontinuierlich zunimmt, wächst das ESR-Signal ebenfalls stetig mit der Zeit an. Das ESR-Signal liefert also bereits ein Maß für das Alter, und tatsächlich findet sich in ganz jungen Travertinen (z. B. aus einer römischen Wasserleitung oder aus Pamuk-kale, Türkei) nur ein kaum meßbares ESR-Signal.

Um die Strahlungsmenge (Dosis) zu ermitteln, welche das Mineral oder Gestein bis heute erhalten hat („Archäologische Dosis“ = AD), bestrahlt man die Probe mit einer geeichten Beta- oder Gamma-Quelle in mehreren Schritten weiter und bestimmt die AD durch Interpolation gegen Null (siehe Abb. 4). Natürlich müssen noch gewisse „Sicherheits-Tests“ durchgeführt werden, z. B. die Überprüfung der thermischen Stabilität der gemessenen Elektronenfallen sowie Kontrolle möglicher Sättigungseffekte. Nach Bestimmung der „Archäologischen Dosis“ (Einheit: rad) resultiert das Alter aus der Division der AD durch die jährliche Strahlungsdosis (Einheit: rad/Jahr). Die Ermittlung dieser jährlichen Dosis stellt in aller Regel den weitaus aufwendigeren Teil der ESR-Datierung dar. Hierzu müssen nämlich nicht nur die Uran-, Thorium- und Kaliumgehalte der Probe bestimmt werden, sondern auch die Gamma-Strahlung, die aus der unmittelbaren Umgebung der Probe auf diese eingewirkt hat. Zusätzlich ist prinzipiell noch die sogenannte Alpha-Effi-

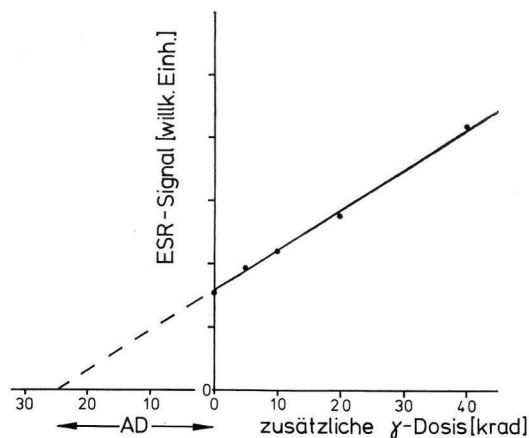


Abb. 4: Bestimmung der „Archäologischen Dosis“ (AD) durch zusätzliche künstliche Bestrahlung.

ciency zu ermitteln, welche die unterschiedliche Wirksamkeit (Efficiency) von Alpha- und Gamma-(Beta-)Strahlung zur Erzeugung paramagnetischer Elektronen widerspiegelt. Da diese Bestimmung äußerst zeit- und arbeitsaufwendig ist, wird man hier in der Regel eine Abschätzung mit bekannten Werten für ein bestimmtes Mineral vornehmen, z. B. 0,2 für Calcit (obgleich hier auch Extremwerte von 0,1 bis zu 0,5 gemessen wurden).

Damit erhebt sich die generelle Frage, wie hoch der Aufwand einer Datierung vergrößert werden muß, um die Fehlergrenzen zu verkleinern. In einigen Fällen, wie für den lange Zeit umstrittenen Schädelfund des Craniums von Petralona in Griechenland, war es sicher sinnvoll, alle nur meßbaren Parameter zur exakten Bestimmung der jährlichen Dosis (d. h. des Alters) zu ermitteln. Selbst hier konnte die Genauigkeit nicht unter $\pm 20\%$ gedrückt werden (weiterführende Literatur bei HENNIG et al. 1981).

Über systematische Fehlerquellen in der ESR-Datierung ist — zumindest in Anwendung auf sekundäre Kalke — bisher noch recht wenig bekannt. Es scheint, als ob in seltenen Fällen eine Rekristallisation des Kristallgitters abgelaufen ist, welche einen Teil der Defekte (Traps, Elektronenfallen) ausheilt. Dadurch könnte ein zu kleines ESR-Alter vorgetauscht werden. Ein solcher Fall liegt vermutlich bei der Probe „DUN-10“ (s. u.) vor, bei der das ESR-Alter um mehr als eine Größenordnung unter dem Th-230/U-234-Alter liegt. Natürlich können die paramagnetischen Elektronen auch durch Hitzeeinwirkung aus ihren Fallen (Traps) befreit werden, wozu im Falle von Calcit allerdings Temperaturen von mindestens 200°C erforderlich sind. In Probe 04 (Vértesszöllös) liegt das ESR-Alter mit ca. 170 000 Jahren etwa bei der Hälfte des Th-230/U-234-Alters (ca. 325 000 Jahre). Sofern keine anderen Fehlerquellen eine Rolle spielen, würde das Th/U-Alter den Zeitpunkt der Entstehung des Travertins widerspiegeln, das ESR-Alter hingegen den Zeitpunkt der letztmaligen Umkristallisation.

3. Meßergebnisse

Die Tabellen 2 und 3 geben eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Th/U- und ESR-Daten, die im Anschluß aus geologischer Sicht besprochen werden.

Tab. 2: Chemische Daten und daraus resultierende Alter der Th/U-Datierung (uFM) = Fremdmineralgehalt)

Probe	Uran-Gehalt (ppm)	U-234/U-238 (r)	U-234/U-238 (r ₀)	Th-230/U-234	Alter (10 ³ a)	Th-232 (ppm)	uFM %/o
TATA-01	0,601±0,015	0,824±0,021	0,794±0,019	0,590±0,031	101 ± 10	0,47 ± 0,03	30,4
TATA-13	0,651±0,014	0,796±0,017	0,731±0,015	0,575±0,026	98 ± 8	0,04 ± 0,01	1,1
VERT-02	0,131±0,004	1,276±0,051	1,396±0,056	0,717±0,053	128 ⁺ ₁₇	0,04 ± 0,01	0,1
VERT-03	0,143±0,006	1,153±0,052	1,280±0,058	0,893±0,037	217 ⁺ ₂₈	0,34 ± 0,01	8,0
VERT-04	0,135±0,004	1,196±0,031	1,492±0,039	1,000±0,038	325 ⁺ ₆₀	0,11 ± 0,01	1,2
VERT-05	0,128±0,004	1,169±0,044	—	1,134±0,077	>350	0,27 ± 0,02	5,9
VERT-06a	0,185±0,013	1,007±0,089	1,013±0,090	0,857±0,074	210 ⁺ ₅₁	0,19 ± 0,01	3,6
VERT-06b	0,169±0,008	1,250±0,057	1,481±0,068	0,921±0,050	227 ⁺ ₃₇	0,29 ± 0,01	4,0
VERT-07	0,130±0,009	1,012±0,089	1,025±0,090	0,901±0,092	248 ⁺ ₆₇	0,22 ± 0,02	14,8
VERT-08	0,391±0,008	0,875±0,019	0,817±0,018	0,694±0,025	135 ⁺ ₁₁	0,07 ± 0,01	1,0
DUN-09	0,098±0,003	1,330±0,057	1,756±0,075	1,002±0,091	291 ⁺ ₃₂	0,20 ± 0,02	4,2
DUN-10	0,094±0,003	1,448±0,062	2,224±0,095	1,062±0,067	354 ⁺ ₉₄	0,02 ± 0,01	0,2
BUD-11	0,968±0,022	1,262±0,023	1,724±0,031	1,031±0,013	358 ⁺ ₆₀	0,008±0,002	0,2
BUD-12	0,104±0,006	1,431±0,095	1,670±0,112	0,817±0,069	160 ⁺ ₂₇	0,08 ± 0,01	0,6

Tab. 3: $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ - und ESR-Altersdaten aus Ungarn (in ka = 1000 Jahre)

Probe	Th/U-Alter (ka)	+/- 1 sigma Fehler (ka)	ESR-Alter ¹⁾ (ka)	ESR-Alters- grenzen ¹⁾ (ka)	
TATA-01	101	± 10	127	± 6	
TATA-13	98	± 8	81	±16	
VERT-02	128	+ 20 - 17	127	±13	
VERT-03	217	+ 40 - 28	245	±25	
VERT-04	325	+ ∞ - 60	172	±17	
VERT-05	>350	—	333	±17	
VERT-06a	210	+151 - 51	386	±39	
VERT-06b	227	+ 56 - 37	386	±39	Wiederholung
VERT-07	248	+ ∞ - 67	202	±20	
VERT-08	135	+ 12 - 11	123	±25	
DUN-09	291	+ ∞ - 82	364	±36	
DUN-10	354	+ ∞ - 94	22 (?)	±10	
BUD-11	358	+ ∞ - 60	Wegen zu hoher Mangan- Gehalte keine ESR-Mes- sung der Travertine von Buda möglich		
BUD-12	160	+ 38 - 27			

1) Die ESR-Altersangaben basieren auf geschätzten jährlichen Dosisraten von 40 mrad/a (extern) und einer α -Efficiency (K-Wert) von 0,2. Die Fehlerangaben, die nur den Fehler der Archäologischen Dosis beinhalten, sind daher in Bezug auf das ESR-Alter sicher zu klein.

4. Interpretation

In Abb. 5 sind die ermittelten Daten (Tab. 2 u. 3) in Beziehung zu der genannten Terrassenfolge zusammengestellt. Dazu kommen hinsichtlich der zeitlichen Position derselben die bei Bad Cannstatt ermittelten Werte für das letzte und vorletzte Interglazial sowie Altersabschätzungen aufgrund der Paläomagnetik am Mittelrhein (innerhalb der Brunhes-Epoche) als Hilfe für die ungefähre Position der älteren Interglaziale und Terrassen (linke Spalte).

Nördlich der Alpen kann davon ausgegangen werden, daß die Travertine sich im wesentlichen auf das zeitliche Umfeld der Interglaziale konzentrieren, weil bei zu trockenen Bedingungen und Permafrost die Abscheidung von Kalken im Freiland noch mehr als in Höhlen eingeschränkt ist. Für die in Abb. 5 gebrachte Zusammenstellung ungarischer Travertine gilt dies allerdings nicht im gleichen Maße. Einmal handelt es sich um einen be-

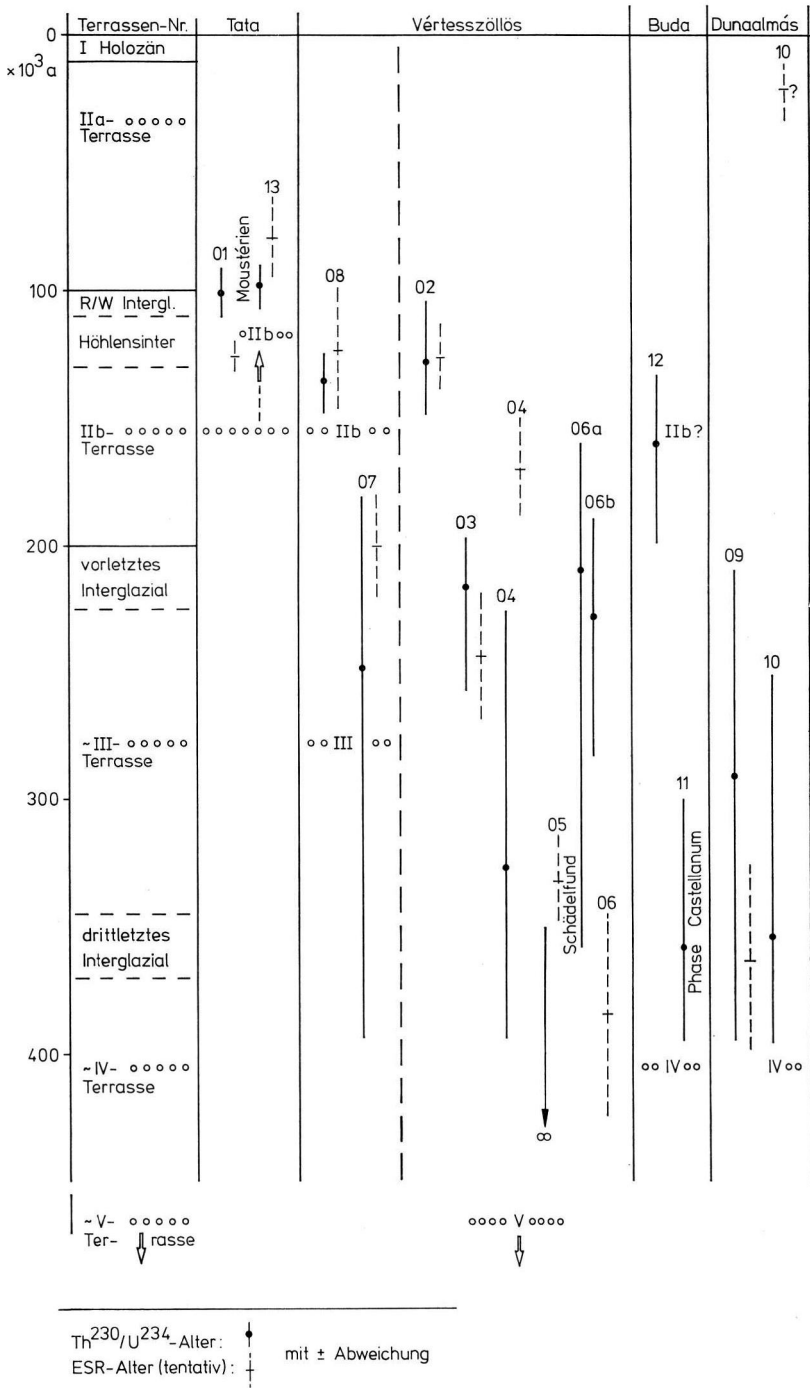


Abb. 5: Übersicht über Th/U- und ESR-Altersdaten in Verbindung mit der Terrassenabfolge.

reits deutlich kontinentaleren Klimaraum mit generell höheren Sommertemperaturen, die für die Kalkabscheidung im Freiland entscheidend sind. Zum anderen kommt hinzu, daß vor allem in Nordungarn die Wässer an Spalten artesisch aufsteigen und wenigstens z. T. hydrothermalen Charakter besaßen und besitzen. Insgesamt muß deshalb von vorneherein mit größeren zeitlichen Spannbreiten, also auch gegebenenfalls in Kaltzeit-Abschnitten in Ungarn mit Travertinbildung gerechnet werden. Dazu kommen die in Abschnitt 2 genannten möglichen Störeffekte als eventuell zusätzliche Behinderungen bei der Ausdeutung.

In Tata wird die liegende Terrasse IIB in das Riß/Würm-Interglazial eingestuft. Möglicherweise handelt es sich an dieser Lokalität um den jüngeren Bereich einer Terrasse, die ihre Hauptakkumulation in der Riß-Eiszeit erlebt hat. Dafür sprechen die Daten von 08 (Vértesszöllös). Die Travertindaten von Tata liegen am Ende des Riß/Würm-Interglazials im Sinne von Bad Cannstatt (und Thüringen) sowie im Übergang zur Würm-Eiszeit. Dies entspricht prinzipiell den Befunden von CHERDYNTSEY et al. (1965) mit einem Alter von 116 000 und OSMOND mit 70 000 Jahren (PÉCSI 1973) überein. SCHWARCZ (1980) gibt Alter von 120 000 und 105 000 Jahren an. In seiner neuesten Untersuchung (SCHWARCZ & SKOFLEK 1982) interpoliert er das Alter der Kulturschicht durch absolute Daten der über- und unterlagernden Travertine auf 99 400 Jahre. Dies stimmt hervorragend mit den hier ermittelten Werten überein. Demgegenüber liegen die Alterswerte der Travertine aus der Terrasse IIB in Vértesszöllös etwas weiter zurück, können aber immer noch mit dieser Warmzeit in Verbindung gebracht werden, zumal der letzte Meereshochstand bei etwa 125 000 Jahren (entsprechend dem 5e-Stadium der Tiefseegliederung) anzusetzen ist (GRÜN 1982).

Die zeitliche Spannbreite dieses letzten Interglazials ist also auf rund 130 000 bis 100 000 Jahre zu veranschlagen, wobei davon nur die letzten 10 000 Jahre unserem „Travertin“-Riß/Würm-Interglazial nördlich der Alpen entsprechen.

In Vértesszöllös liegt ein weiterer Travertin auf der Terrasse III. Der hangende Travertin (Probe 07) zeigt Alterswerte für das vorletzte Interglazial um 200 000 Jahre und etwas älter entsprechend Bad Cannstatt. Von OSMOND (PÉCSI 1973) liegt eine weitere Datierung mit einem Mittelwert von 190 000 Jahren für den Travertin über der Terrasse III bei Tata-Tóváros vor. Aus nomenklatorischen Gründen verwenden wir jetzt allerdings nicht mehr die alpine Bezeichnungsweise, sondern nur noch Benennungen wie „vorletztes“ Interglazial usw. Das stratigraphische Problem besteht nämlich im N der Alpen darin, daß einerseits die Auswirkungen der Paar-Eiszeit (i. S. von I. SCHAEFER) zwischen Mindel- und Riß-Eiszeit leider noch zu wenig bekannt sind. In küstennahen Gebieten ist andererseits die Diskussion um die zeitliche Stellung der Treene-Warmzeit noch nicht völlig abgeschlossen.

Aus dem Travertin-Lager von Vértesszöllös, dem u. a. der bekannte Schädel eines Hominiden entstammt, wurde eine Probeserie bearbeitet. Sie zeigt vom Liegenden zum Hangenden eine deutliche Altersabstufung (Abb. 5). Die Travertinbildung muß demnach mehrfach neu belebt worden sein. Darauf deuten auch eingeschaltete Löss (Abb. 2). Der Horizont mit dem Menschenschädel (Probe 05) hat ein ESR-Alter um 330 000 Jahre. Das Th/U-Mindestalter von 350 000 Jahren stimmt damit überein. Die Ergebnisse der Doppelprobe 06 (a & b) liegen in einem ähnlichen Zeitintervall, wobei hier die Th/U-Alter zu jüngeren Werten tendieren. Die Werte stimmen insgesamt mit denen von OSMOND, mit älter als 270 000 bzw. älter 350 000 Jahren angegeben (PÉCSI 1973), recht gut überein. Ein solches noch weiter zurückliegendes Alter ist durchaus möglich, denn die Basis dieses Travertin-Komplexes bildet die Terrasse V, für welche ein Alter aufgrund der erwähnten Paläomagnetik-Daten vom Mittelrhein geschätzt wird, das deutlich mehr als 400 000 Jahre zurückliegt.

Für eine solche Altersabschätzung der Terrasse V sprechen ferner Befunde von Buda und Dunaalmás, wo z. T. die Terrasse IV die Unterlage bildet. In diesen Fällen konzentrieren sich die Travertine um das drittletzte Interglazial mit grob 360 000 Jahren.

Unter Berücksichtigung aller erwähnten möglichen Störungen und Prämissen zeigt sich insgesamt doch ein realistisches Bild hinsichtlich der angeführten Travertin-Alter, denn die Th/U- und die ESR-Methode sind zwei voneinander völlig unabhängige Methoden, die bei diesen Untersuchungen in der Regel zumindest von der Größenordnung her vergleichbare Alterswerte geliefert haben.

Wir bedanken uns bei Herrn Dr. N. Wiehl für seine unentbehrliche Hilfe bei der Erstellung des Computer-Programms „Alpha X“ zur Th/U-Altersbestimmung, Herrn Dr. J. Eberth und dem Institut für Kernphysik der Universität zu Köln für die freundliche Überlassung von Zählern zur Alpha-Spektrometrie, der Fa. Bayer Leverkusen für die kostenlose Bereitstellung des Anionenaustauschers Lewatit 500, Herrn Prof. Dr. Alexander und Dr. E. Weber vom II. Physikalischen Institut der Universität zu Köln für die Erlaubnis, am ESR-Spektrometer arbeiten zu dürfen sowie Frau Prof. Dr. Schneider und Herrn Dipl.-Chem. F. Pilger vom Institut für Physikalische Chemie der Universität zu Köln für die freundliche Durchführung der notwendigen Gamma-Bestrahlungen an einer geeichten Co-60-Quelle. Nicht zuletzt sei an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. W. Herr, Direktor des Instituts für Kernchemie, gedankt für seine stets wohlwollende Unterstützung und Förderung dieser geochronologischen Arbeiten. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft wird für die Gewährung von Sachbeihilfen, insbesondere auch für die Benutzung des ESR-Spektrometers gedankt.

Schriftenverzeichnis

- BRUNNACKER, K., JÄGER, K. D., HENNIG, G. J. & PREUSS, J. (1983): Radiometrische Untersuchungen zur Datierung mitteleuropäischer Travertinvorkommen. — *Ethnograph. Z.*, Berlin (in Druck).
- CHERDYNTSEV, V. V., KAZACHEVSKIY, I. V. & KUZ'MINA, Y. A. (1965): Dating of Pleistocene carbonate formations by the thorium and uranium isotopes. — *Geochem. Int.*, **2**: 794-801, 3 Tab.; Washington.
- CHERDYNTSEV, V., SENINA, N. & KUZMINA, E. A. (1975): Die Altersbestimmung der Travertine von Weimar-Ehringsdorf (Über das Alter des Riß-Würm-Interglazials). — *Abh. Zent. Geol. Inst.*, **23**: 7—14, 3 Tab.; Berlin.
- GRÜN, R. (1982): $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Altersbestimmungen an Travertinen aus Stuttgart — paläoklimatische Aussagen unter Verwendung veröffentlichter Altersbestimmungen an Travertinen, Höhlensintern und Strandterrassen. — *Dipl.-Arb. Univ. Köln*: 99 S., 14 Abb., 9 Tab., 3 Karten; Köln. — [Unveröff.]
- , BRUNNACKER, K. & HENNIG, G. J. (1982): $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ -Daten mittel- und jungpleistozäner Travertine im Raum Stuttgart. — *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N. F., **64**: 201—211, 3 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- HENNIG, G. J. (1979): Beiträge zur Th-230/U-234-Altersbestimmung von Höhlensintern sowie ein Vergleich der erzielten Ergebnisse mit den anderen Absolut-Datierungsmethoden. — *Diss. Univ. Köln*: 173 + XXVII S., 27 Abb., 8 Tab.; Köln.
- , HERR, W., WEBER, E. & XIROTIRIS, N. I. (1981): ESR-Dating of the fossil hominid cranium from Petralona Cave, Greece. — *Nature*, **292**: 1—3, 2 Abb., 2 Tab.; London.
- PÉCSI, M. (1973): Geomorphological position and absolute age of the lower paleolithic site at Vértesszöllös, Hungary. — *Földrajzi Közlemények*, **1973**, 2: 109—119, 3 Abb.; Budapest.
- SCHWARCZ, H. P. (1980): Absolute age determination of archaeological sites by uranium series dating of travertines. — *Archaeometry*, **22**: 3—24, 4 Abb., 2 Tab.; London.
- & SKOFLEK, I. (1982): New dates for the Tata, Hungary archaeological site. — *Nature*, **295**: 590-591, 2 Abb., 1 Tab.; London.
- VÉRTES, L. (1964): Tata — Eine mittelpaläolithische Travertin-Siedlung in Ungarn. — *Archaeologia Hungarica S. N.*, **XLIII**: 284 S., 76 Abb., 28 Taf., 92 Tab., 4 Beil.; Budapest.

Manuskript eingegangen am 29. 11. 82.

