

Das Alter der Stalagmiten im Katerloch (2833/59): Erste Ergebnisse der Uran/Thorium Datierung

ZUSAMMENFASSUNG

Aus einer der bekanntesten Tropfsteinhöhlen Österreichs, dem Katerloch bei Weiz (Steiermark), werden erstmals präzise Alterswerte von Stalagmiten mitgeteilt. Die Datierungen erfolgten mit der massenspektrometrischen Uran/Thorium-Methode an Kernbohrungsproben, die nahe der Basis der Tropfsteine entnommen wurden. Sieben Stalagmiten ergaben ein Altersspektrum von ca. 10.000 Jahre bis älter als 450.000 Jahre vor heute. Zwei Stalagmiten wuchsen während der letzten Warmzeit mit Basisaltern von ca. 130.000 Jahren, während zwei andere, heute noch aktive Stalagmiten mit ihrem Wachstum am Beginn der heutigen Warmzeit (dem Holozän) vor ca. 11.000 bis 10.000 Jahren vor heute einsetzten. Diese bis zu mehrere Meter hohen Tropfsteine lassen eine mittlere Wachstumsgeschwindigkeit von ca. 0,3-0,5 mm pro Jahr abschätzen, deutlich höher als für kühle alpine Höhlen typisch.

ABSTRACT

The age of stalagmites from Katerloch Cave (2833/59, Styria): first Uranium/Thorium dating results

For the first time precise ages are reported for stalagmites from Katerloch, one of Austria's most prominent dripstone caves. Age determinations using the mass-spectrometric Uranium/Thorium method were performed on drill cores taken near the base of dripstone formations. Seven stalagmites were sampled and yielded an age spectrum ranging from ca. 10,000 years before present to older than 450,000 yr. Two stalagmites formed during the Last Interglacial (basal ages of ca. 130,000 yr), while two other stalagmites, which are still active today, started growing at the onset of the current interglacial (the Holocene) ca. 11,000 - 10,000 yr ago. Based on these chronological data a mean growth rate of 0.3-0.5 mm/yr is calculated for these up to several meter long Holocene stalagmites, which is markedly faster than growth rates known from stalagmites in cooler, alpine caves.

Ronny Boch Christoph Spötl

Institut für Geologie und Paläontologie
Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
Innrain 52, 6020 Innsbruck

Jan Kramers

Institut für Geologie, Universität Bern
Erlachstraße 9a, CH-3012 Bern

Eingelangt: 21. 2. 2006

Angenommen: 31. 5. 2006

EINLEITUNG

Das Katerloch nahe Weiz (Steiermark) zählt zu den beeindruckendsten Höhlen Österreichs und ist seit einigen Jahren wieder als Schauhöhle zugänglich. Die Höhle ist im gut verkarstungsfähigen Schöckelkalk des Grazer Berglandes angelegt. Beim Schöckelkalk handelt es sich um einen kristallinen Kalk, der im Bereich des Katerlochs eine Bankung aufweist und stellenweise eine deutliche Bänderung zeigt, welche durch primäre sedimentäre Unterschiede als auch möglicherweise als Folge von Durchbewegung des Gesteins (mylonitische Schieferung) bedingt ist. Große Höhlenräume wie die Phantasiehalle oder auch die Halle der Einsamkeit sind parallel zur Bankung des Schöckelkalks (Einfallen ca. 110/40 – vgl. auch Flügel & Maurin, 1958) angelegt; teilweise sind

die Hallen auch durch Versturz geprägt, wobei das Abbrechen von Kalkblöcken durch eine nahezu saiger orientierte Klüftung begünstigt wird, welche zudem eine wichtige Komponente der Wasserwegsamkeit darstellt.

Die Höhle befindet sich im selben Berghang wie die benachbarte Grasslhöhle. Ein imposantes Höhlenportal auf 900 m Seehöhe erschließt eine Vorhalle, die im unteren Bereich mit zwei fossilen Riesentropfsteinsäulen aufwartet. Die größere dieser Säulen hat eine Höhe von ca. 22 m und einen Umfang von etwa 46 m. Von der Vorhalle führt ein Schacht in die sinterreichen Hallen (z.B. Phantasiehalle 120 x 85 x 18 m) und Räume des tieferen Teils der Höhle (Abb. 1). Der tiefste bekannte Teil, das so genannte Seeparadies -

auf ca. -135 m gelegen - birgt einen prächtigen See, der durch Sinterbildungen geformt wurde. Höhlenbäche gibt es keine.

Mehrere Meter hohe Stalagmiten stellen den typischen Sinterschmuck des Katerlochs dar. Auffallend ist ein Überwiegen von Stalagmiten gegenüber Stalaktiten. Der Großteil der Stalagmiten kann dem Typ des Kerzenstalagmiten zugeordnet werden. Dieser Typ zeichnet sich durch relativ große Länge bei relativ geringem und annähernd konstantem Durchmesser aus. Diese Morphologie kann als Hinweis auf ein schnelles Wachstum der Stalagmiten bei relativ konstanten Bedingungen betrachtet werden. Heute ist der größte Teil der Tropfsteine im Katerloch inaktiv. Als mögliche Erklärung für dieses gegenwärtig bescheidene Tropfsteinwachstum kommen neben klimatischen Änderungen unter Umständen auch höhleninterne Änderungen in Betracht, z.B. Änderungen der Bewetterung durch die bei der Höhlenexploration von Hermann Hofer vorgenommenen Durchbrüche.

Erste Altersdatierungen an Speläothemen des Katerlochs wurden Anfang der 60er Jahre des 20. Jahrhun-

derts auf Anregung von Herbert W. Franke an der Universität Heidelberg mittels der konventionellen Radiokarbon-Methode durchgeführt. Ein ca. 40 cm hoher Kerzenstalagmit, dessen Kopfstück fehlte, ergab an der Basis ein Alter von ca. 6600 und am Top eines von ca. 5800 ¹⁴C-Jahre vor heute (Franke, 1966). Auch wenn die genaue Umrechnung von ¹⁴C-Altern in wahre Alter schwierig ist, können diese Daten aus der Pionierphase der Tropfsteinforschung als Indiz dafür gewertet werden, dass das Wachstum dieses Stalagmiten recht rasch erfolgte (ca. 40 cm in etwa 800 Jahren, was rein rechnerisch eine mittlere Wachstumsgeschwindigkeit von 0,5 mm/yr ergibt). Aus dem eingangsnahen Teil des Katerlochs (der sog. Schachtvorstufe im tieferen Bereich der Vorhalle) wurde außerdem eine Bodensinterprobe analysiert, die einem Sandwich gleich eine Lage mit Holzkohle-Resten unter- und überlagerte. Trimmel (2002) berichtete, dass die Holzkohle ca. 2600 ¹⁴C-Jahre alt ist, während die beiden Sintergenerationen ca. 4000 und ca. 1300 ¹⁴C-Jahre alt sind. Diese Werte sprechen ebenfalls für eine junge, d.h. holozäne Sintergeneration in dieser Höhle.

NEUE UNTERSUCHUNGEN

Im Zuge einer modernen Bearbeitung der Tropfsteinbildungen im Katerloch unter Einsatz der massenspektrometrischen Uran/Thorium (U/Th) Methodik

wurden sieben Stalagmiten in situ beprobt, d.h. nahe der Basis mittels Kernbohrung eine Probe zur Altersbestimmung entnommen. Ziel dieser Kampagne war

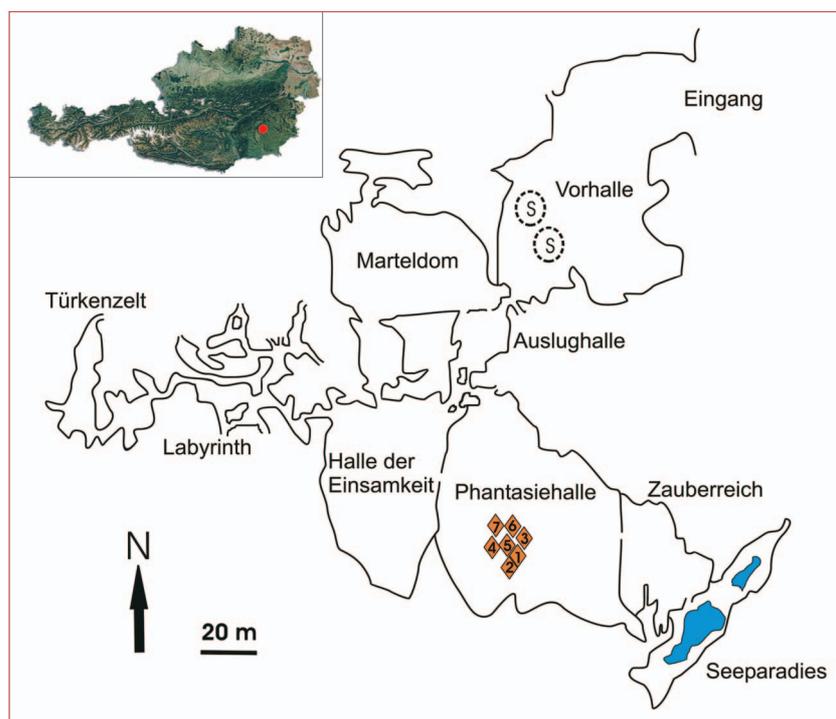


Abb. 1: Vereinfachter Höhlenplan des Katerlochs - Grundriss basierend auf der Aufnahme von H. und R. Hofer und der unpublizierten Zeichnung von H. Trimmel (1955) - mit Lage der beprobten Stalagmiten (Nr. 1 bis 7). „S“ - mächtige fossile Sintersäulen im unteren Teil der Vorhalle. Die Vertikaldistanz vom Eingang zum Seeparadies beträgt ca. 135 m.

es, einen einigermaßen repräsentativen Eindruck über die Altersverteilung der Sinterbildungen im Katerloch zu erhalten. Wie viele andere Höhlen weist auch das Katerloch bereits äußerlich klar erkennbar mehrere Generationen von Tropfsteinen auf. Die jüngste, meist noch aktive Generation ist schneeweiß, während eine etwas ältere, meist schon inaktive Generation schmutzigweiß ist. Noch ältere Tropfsteine weisen ins Rotbraun gehende Farbtönungen auf, die der Farbe des Höhlenlehms gleichen. Keiner der letzteren Tropfsteine ist nachweislich heute aktiv. Weiters finden sich z.B. in der Phantasiehalle umgestürzte Stalagmiten und herabgebrochene Stalaktiten, die z.T. von einer jüngeren Stalagmiten- oder Bodensintergeneration überwachsen wurden. Für die Datierungskampagne wurden gezielt Stalagmiten jüngerer Generationen ausgewählt; nur ein Tropfstein gehört rein äußerlich klar zum Altbestand dieser Höhle. Uns interessierte vor allem das Basisalter von heute noch aktiven Stalagmiten (von denen es in der Höhle – wie schon erwähnt – jedoch nicht allzu viele gibt).

Die ausgesuchten Exemplare befinden sich allesamt in der Phantasiehalle (Abb. 1). Es handelt sich um Stalagmiten, die zwischen 1,9 und 5,4 m hoch sind und deren Basisdurchmesser im Bereich von Dezimetern liegt. Einige sind bis an die Decke gewachsen – im engeren Sinne handelt es sich also um Tropfsteinsäulen.

ARBEITSMETHODIK

Mittels einer Akku-Bohrmaschine und einem wasserspülten Kernbohrer (Innendurchmesser 25 mm) wurden Proben nahe der Stalagmitenbasis entnommen. Die Bohrlochtiefe richtete sich nach dem Durchmesser des beprobten Stalagmiten, erreichte aber in jedem Fall den Bereich der zentralen Wachstumsachse, denn eine Beprobung der äußeren Sinterlagen eines Stalagmiten würde tendenziell zu junge Alter ergeben. Im Labor wurden von den Bohrkernen im innersten Abschnitt mit einer Diamantbandsäge

ERGEBNISSE

Trotz der geringen U Gehalte (13 bis 145 ppb; ppb = Teile pro Milliarde) des Stalagmitenkalzits konnten dank optimierter Präparation sehr gute Messergebnisse erzielt werden (Tab. 1).

Die Stalagmiten K-K1 (Abb. 2) und K-K3 (Abb. 3) ergaben frühholozäne Alter von $9,57 \pm 0,16$ bzw. $11,15 \pm 0,13$ kyr. Beide Stalagmiten sind heute noch aktiv

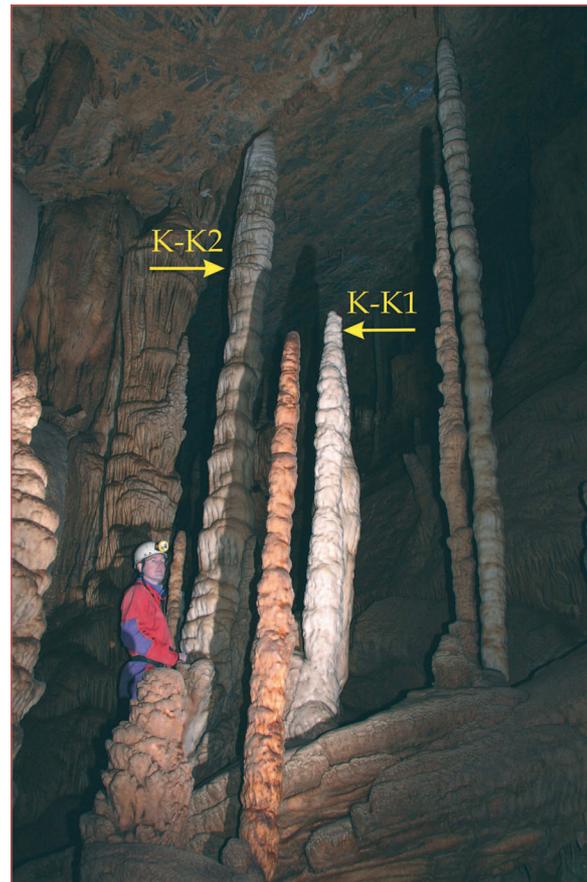


Abb. 2: Große Stalagmiten unterschiedlicher Generationen in der Nähe der sog. Kapelle. K-K1 ist vor ca. 10 kyr entstanden und wächst heute noch, während K-K2 an der Basis nachweislich älter als 450 kyr ist.

und werden durch je ein Sinterröhrchen mit Tropfwasser versorgt. K-K1 ist 3,0 m hoch und äußerlich weiß, während K-K3 5,2 m hoch ist, schmutzigweiß, aber ganzjährig nass ist. Die beiden Stalagmiten K-K4 (Abb. 4) und K-K6 (Abb. 6) belegen mit Altern von $130,3 \pm 2,5$ und $134,4 \pm 2,7$ kyr das Vorkommen einer Sintergeneration aus der

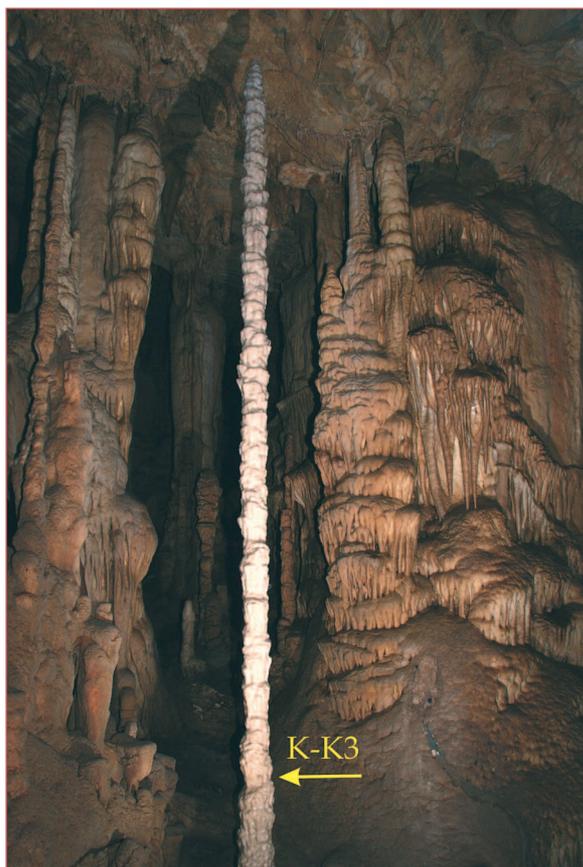


Abb. 3: Dieser graziöse Stalagmit (K-K3) im mittleren Abschnitt der Phantasiehalle ist seit ca. 11 kyr zu einer stolzen Höhe von 5,2 m gewachsen und steht fast an der Decke an. Die Sinterformationen im Hintergrund dürften wesentlich älter sein, wurden aber nicht beprobt.

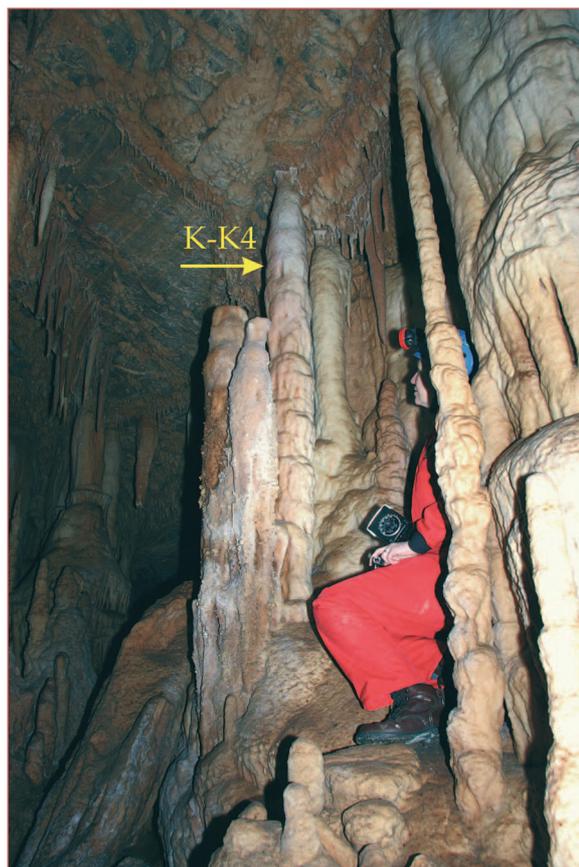


Abb. 4: Der Stalagmit K-K4 dürfte bereits eine Eiszeit überdauert haben, denn seine Basis ergab ein Alter von ca. 130 kyr. Ob sein oberer Abschnitt ebenfalls während der letzten Warmzeit gewachsen ist, kann basierend auf der einen genommenen Probe allerdings nicht mit Sicherheit gesagt werden.

letzten Warmzeit. Beide Stalagmiten sind heute nicht mehr aktiv, aber äußerlich weiß bis leicht pigmentiert und 1,9 bzw. 3,9 m hoch.

Ein etwas höheres Alter von $173,4 \pm 3,9$ kyr ergab die Datierung des Stalagmiten K-K5 (Abb. 5). Dieser Wert ist insofern interessant, da er in eine relativ klimagünstige Phase am Beginn der vorletzten Eiszeit fällt. Der betreffende Stalagmit ist heute inaktiv,

2,7 m hoch und steht in unmittelbarer Nähe von K-K4. Für die Proben der Stalagmiten K-K2 (Abb. 2) und K-K7 (Abb. 6) konnte lediglich ein Mindestalter von 450 kyr bestimmt werden (Tabelle 1). Das Alter dieser beiden Stalagmiten liegt jenseits der Datierungsgrenze der U/Th-Methode. Bemerkenswert ist, dass Stalagmit K-K2 trotz eines relativ frischen, hellen Erscheinungsbilds ein hohes Alter aufweist.

Tabelle 1: Ergebnisse der Altersdatierung. Angaben der Messungenauigkeit mit 2-sigma-Fehlern.

Probe	U (ppb)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ initial (Aktivität)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (Aktivität)	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ (Aktivität)	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (Aktivität)	Alter (unkorr.) (kyr)	Alter (korr.) (kyr)
K-K1	62,0 \pm 0,1	1,611 \pm 0,002	1,5943 \pm 0,0012	27,5 \pm 0,2	0,0880 \pm 0,0006	10,01 \pm 0,15	9,57 \pm 0,16
K-K2	47,5 \pm 0,1	–	1,0064 \pm 0,0039	138,0 \pm 2,0	1,0422 \pm 0,0124	> 450	> 450
K-K3	81,6 \pm 0,1	1,541 \pm 0,002	1,5240 \pm 0,0008	52,8 \pm 0,3	0,0997 \pm 0,0005	11,40 \pm 0,13	11,15 \pm 0,13
K-K4	144,7 \pm 0,2	1,232 \pm 0,002	1,1605 \pm 0,0006	1150,2 \pm 7,3	0,7127 \pm 0,0037	130,3 \pm 2,6	130,3 \pm 2,5
K-K5	63,2 \pm 0,1	1,435 \pm 0,006	1,2653 \pm 0,0011	63,1 \pm 0,4	0,8335 \pm 0,0040	174,6 \pm 3,8	173,4 \pm 3,9
K-K6	116,5 \pm 0,2	1,349 \pm 0,004	1,2389 \pm 0,0009	1032,7 \pm 6,4	0,7315 \pm 0,0039	134,5 \pm 2,6	134,4 \pm 2,7
K-K7	13,3 \pm 0,1	–	1,0476 \pm 0,0068	114,6 \pm 3,4	1,1697 \pm 0,0216	> 450	> 450



Abb. 5: Der 2,7 m hohe Stalagmit K-K5 sieht rein äußerlich seinem Nachbar K-K4 (siehe Abb. 4) sehr ähnlich, ist aber noch älter als dieser. Das Basisalter ergab ca. 173 kyr.

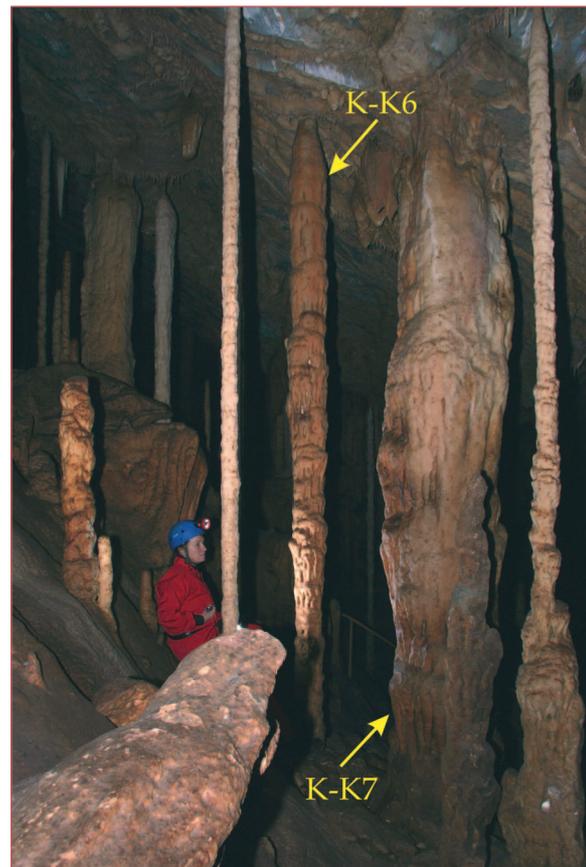


Abb. 6: Mehrere Tropfstein-Generationen dicht beisammen: Eine heller, vermutlich frühholozäner Stalagmit (rechts vom Helm; nicht datiert), der braune K-K6 aus der letzten Warmzeit mit einem Basisdatum von ca. 134 kyr, und eine deutlich ältere Tropfsteinsäule (K-K7), die einen Alterswert jenseits von 450 kyr ergab.

INTERPRETATION

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Datierung von Tropfsteinen des Katerlochs - trotz der niedrigen U-Gehalte des Kalzits - mit hoher Präzision möglich ist (1-2 % Messungenauigkeit). Es können somit erstmals im Katerloch mehrere Tropfsteinbildungsphasen nachgewiesen werden. Belegt ist eine junge Generation von Tropfsteinen aus der jetzigen Warmzeit (dem Holozän), eine Generation aus der letzten Warmzeit (dem Eem), eine weitere um ca. 173 kyr, aber auch alte Tropfsteine jenseits der Datierungsgrenze der verwendeten Methode. Letztere dürften gerade in den höher gelegenen Höhlenabschnitten überwiegen und ähneln jenen aus der benachbarten Grasslhöhle (Boch et al., dieser Band). Die durchgeführten Beprobungen können allerdings nur als Anhaltspunkte betrachtet werden; gerade bei den alten Stalagmiten ist es vorstellbar, dass sie in den höheren Teilen aus deutlich jüngerem Sinter bestehen. Unter Berücksichtigung der nachweislich hohen

Wachstumsgeschwindigkeiten holozäner Stalagmiten (s.u.) und der recht einheitlichen Morphologie der ausgewählten Exemplare gehen wir aber von internen Altersgradienten aus, die die Dauer eines Interglazials (maximal 10-15 kyr) nicht übersteigen.

Mehrere Meter Länge und die oft annähernd gleich bleibende Dicke der Stalagmiten weisen auf ein schnelles Wachstum hin. Die Ergebnisse der Altersdatierung unterstützen diesen Befund: Für die beiden heute noch aktiven Stalagmiten K-K1 und K-K3 ergeben sich rein rechnerisch durchschnittliche Wachstumsraten von ca. 0,3 bzw. 0,5 mm/yr (unter der Annahme, dass das Wachstum seither ohne Unterbrechungen stattfand). Diese Werte, die erstaunlich gut zu den frühen Werten von Franke (1966) passen, sind deutlich höher als typische Wachstumsraten von Tropfsteinen alpiner Höhlen und dürften mit der klimabegünstigten Lage der Höhle am Südostrand der Alpen zusammenhängen. Wir halten es auch für mög-

lich, dass manche Kerzenstalagmiten im Katerloch eine noch höhere, in die Millimeter pro Jahr gehende Wachstumsgeschwindigkeit aufgewiesen haben; Kandidaten finden sich im untersten Teil der Phanta-

siehalle und fallen durch ihre beeindruckende Schlankheit auf. Eine Beprobung dieser empfindlichen Gebilde ist verständlicherweise aber nicht vorgesehen.

DANK

Die laufenden Untersuchungen im Katerloch - finanziell gefördert durch den Wissenschaftsfond (FWF Projekte Y122-GEO und P18637-N10) - erfolgen in Zusammenarbeit mit Mag. Fritz Geissler, dem für sein Engagement bestens gedankt sei. Die Bezirkshaupt-

mannschaft Weiz erteilte die naturschutzrechtliche Genehmigung zur Beprobung. Dr. Heinz und Ingrid Kusch unterstützten uns tatkräftig bei den Befahrungen der Höhle und fertigten in bewährter Weise die Fotografien dieses Berichtes an.

LITERATUR

Burns, S.J., Fleitmann, D., Matter, A., Kramers, J. & Al-Subbary, A.A. (2003): Indian Ocean climate and an absolute chronology over Dansgaard/Oeschger Events 9 to 13. - *Science*, 301: 1365-1367.

Flügel, H. & Maurin, V. (1958): Geologische Karte des Weizer Berglandes 1:25.000. - Wien (Geologische Bundesanstalt).

Franke, H.W. (1966): Ein speläochronologischer Beitrag zur postglazialen Klimageschichte. - *Eiszeitalter und Gegenwart*, 17: 149-152.

Trimmel, H. (2002): Altersbestimmungen an Kalksintern aus Höhlen der Steiermark – Bisher kaum bekannte Ergebnisse von Radiokarbonaten. - *Die Höhle*, 53: 37-50.