

Ein mittelpleistozäner Aragonitstalagmit aus der B7-Höhle (NW-Sauerland, Nordrhein-Westfalen)

ZUSAMMENFASSUNG

Ein teilweise aus Aragonit bestehender Stalagmit aus der B7-Höhle in mittel-/oberdevonischem Massenkalk des Rheinischen Schiefergebirges bei Iserlohn wurde petrographisch und geochemisch analysiert. Die primäre Zusammensetzung aus nadel- und fächerförmigem Aragonit sowie vereinzelt aus zeitgleich gewachsenem, radiaxial-faserigem Mg-haltigen Calcit belegt ein erhöhtes Mg/Ca-Verhältnis der Tropfwässer zur Zeit der Speläothembildung. Dies steht offensichtlich im Zusammenhang mit der Calcitisierung eines Dolomitgangs im Wirtsgestein, unterhalb dessen der umgestürzte Stalagmit aufgefunden wurde, worauf auch die erhöhten $\delta^{13}\text{C}$ -Werte hinweisen. Mit einem Alter von etwa 440.000 Jahre (U/Th-Datierungen mittels Thermionen-Massenspektrometrie) fällt sein Wachstum in eine Warmzeit der marinen Isotopenstadien 11-12. Die Genese des Gangniveaus 3 des fünfstufigen Höhlensystems ist somit mindestens mittelpleistozänen Alters.

ABSTRACT

An aragonitic stalagmite from the B7 cave (NW-Sauerland, Nordrhein-Westfalen)

An aragonitic stalagmite from the B7 cave in middle/upper Devonian massive limestones of the Rhenish Slate Mountains near Iserlohn is characterized using petrographic and geochemical methods. The primary composition with needle- and fan-shaped aragonite and contemporaneous local radiaxial-fibrous Mg-calcite indicates an elevated Mg/Ca ratio of the drip water at the time of stalagmite growth. This is apparently related to the calcitization of the dolomitic gallery, in which the broken sample was found, as also suggested by the rather high $\delta^{13}\text{C}$ values. The stalagmite grew ca. 440,000 years ago, during a warm climate episode of Marine Isotope Stages 11-12, as determined by U/Th thermal ionization mass spectrometry. The origin of the phreatic cave gallery level 3 within the five-level cave system can thus be placed into at least the middle Pleistocene.

Stefan Niggemann

Dechenhöhle und Deutsches Höhlenmuseum Iserlohn, Dechenhöhle 5, D-58644 Iserlohn, dechenhoehle@t-online.de

Detlev K. Richter

Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, D-44801 Bochum, Detlev.Richter@ruhr-uni-bochum.de

Eingelangt: 4. 1. 2006

Akzeptiert: 4. 5. 2006

EINFÜHRUNG

Aragonitische Versinterungen (Speläotheme) sind aus natürlichen Hohlräumen (Höhlen) bzw. künstlichen Hohlräumen (Stollen) des Rheinischen Schiefergebirges bislang selten beschrieben worden. Das bekannteste Vorkommen stellt die Aggertalhöhle bei Ründeroth im Bergischen Land (Nordrhein-Westfalen) mit ihren von Holz (1960) erstmals erwähnten Aragonitbildungen dar. Neuere Funde beziehen sich auf Höhlen mit dolomitischem Wirtsgestein (z.B. Buchenloch im devonischen Muldenkerndolomit der Gerolsteiner Mulde - Niggemann et al., 1997) bzw. Bergwerksstollen mit Erzgängen (hydrothermale Mineralisationen wie z.B. bei Ramsbeck in mitteldevonischen Schichten des ostsauerländer Hauptsattels; Richter et al., 2000). Bei den Mineralisationen der Sinter spielen offensichtlich erhöhte Mg/Ca- bzw. Fe/Ca-Verhält-

nisse der Sickerwässer eine Rolle, wie es Füchtbauer & Hardie (1980) bzw. Füchtbauer (1980) für Lösungen in Laborexperimenten belegen konnten.

Neben der Zusammensetzung der Versinterungen kommt in neuerer Zeit zunehmend dem Alter von Speläothemen große Bedeutung zu. Die Thorium/Uran-(U/Th) Methode basiert auf dem Zerfall von in den Sinter eingebautem ^{238}U zu ^{234}U und im weiteren Verlauf zu ^{230}Th . Am Thermionenmassenspektrometer (TIMS) wird das Verhältnis dieser Isotope zueinander gemessen, so dass das Alter der Probe bis zu einer Grenze von etwa 480 ka berechnet werden kann (1 ka = 1000 Jahre). Es lassen sich über TIMS U/Th-Datierungen genauere Aussagen zur Chronologie der Klimaentwicklung während des Quartärs in kontinentalen (terrestrischen) Räumen vornehmen (u.a. Li et al.,

Niggemann, Richter / Ein mittelpleistozäner Aragonitstalagmit aus der B7-Höhle

1989; Gascoyne, 1992; Bar-Matthews & Ayalon, 1997; Lauritzen & Lundberg, 1999; Richter et al., im Druck). Darüber hinaus sind auch Aussagen über die Lage der Grundwasseroberfläche innerhalb von Höhlensystemen zur Bildungszeit des Sinters möglich (u.a. Losson & Quinif, 2001; Niggemann, 2003). Während zu nach-eiszeitlichen (holozänen) und zu weichsel- bis eemzeitlichen Entwicklungen in Mitteleuropa über Stalagmiten bereits präzise Daten vorliegen (u.a. Spötl &

Mangini, 2002; Niggemann et al., 2003 a & b; Wurth et al., 2004), gibt es über ältere, vor-eemzeitliche Vorkommen wenig Informationen.

Die vorliegende Studie befasst sich mit einem mittelpleistozänen Stalagmiten aus der B7-Höhle im nördlichen Sauerland, um neben Interpretationen zur besonderen Mineralisation Altersdaten mitzuteilen, die als Baustein für die Höhlen- und Landschaftsentwicklung von Bedeutung sind (vgl. Niggemann, 2003).

FUNDSITUATION UND GEOLOGIE

Der in dieser Studie vorgestellte Stalagmit stammt aus der *B7-Höhle* (Kat.-Nr. 4611/034) im Grüner Tal bei Iserlohn (Niggemann, 1991; Hammerschmidt et al., 1995). Dieses ca. 5100 m lange Höhlensystem ist in mitteldevonischen Massenkalken (vgl. Abb. 1) mit einzelnen hydrothermalen Dolomitgängen (Von Kamp, 1972) angelegt. Der Stalagmit wurde aus einem 0,5 - 1 m hohen Kriechgang unmittelbar nördlich

eines ausgesetzten Kluftgangs, der sogenannten Traverse, entnommen. Dieser Gang liegt etwa 25 m über dem Talboden des Grünerbachs und gehört zum *Gangniveau 3* der *Grünertalhöhlen* (Abb. 2). Der Stalagmit lag bei der Beprobung am Boden, wobei er partiell von einer dünnen Schicht aus trockenem Lehm bedeckt war. Unmittelbar benachbart existieren noch 8 weitere, z.T. umgelagerte Stalagmiten des-

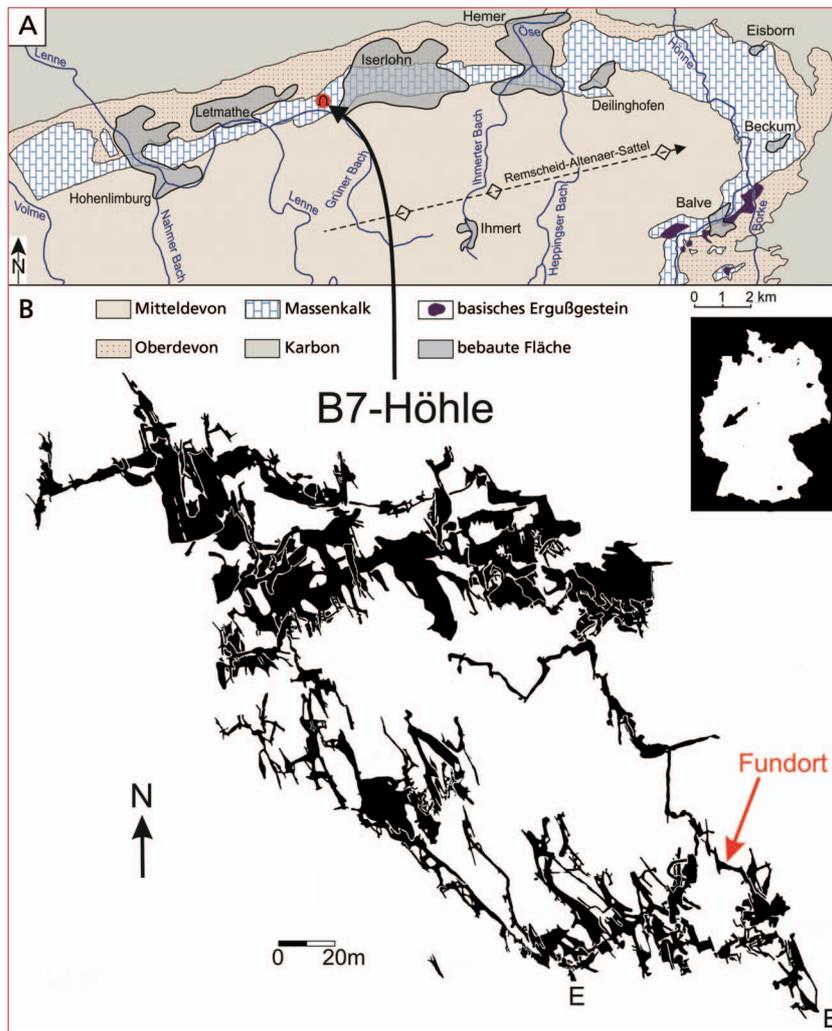


Abb. 1:
A) Geologische Übersichtsskizze mit Lage der B7-Höhle.
B) Plan der B7-Höhle nach Grebe (1998 mit Ergänzungen) mit Markierung des Stalagmitenfundortes, E = Eingänge.

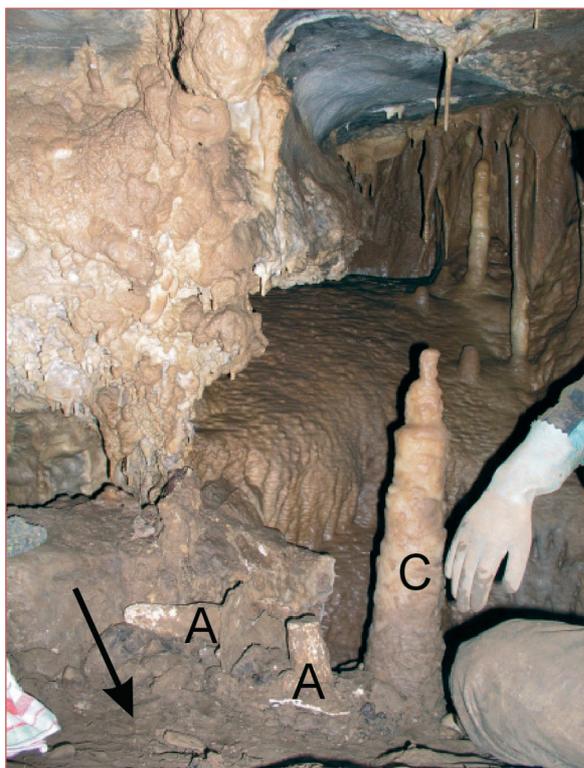


Abb. 2: Fundsituation mit Markierung (Pfeil) der Entnahmestelle des Aragonit-Stalagmiten. A = weitere umgelagerte, vermutlich ebenfalls aragonitische Stalagmiten. C = aktiver, wohl holozäner Stalagmit aus Calcit.

selben Typs sowie - aus der relativen Altersabfolge ersichtlich - jüngere, offensichtlich aus Calcit beste-

METHODIK

Dem 23,5 cm langen Stalagmiten wurde entlang der Wachstumsachse eine Scheibe zur Gewinnung von Dünnschliffen entnommen. Eine Stalagmitenhälfte dient zu Dokumentationszwecken (Abb. 3 oben). Von der anderen Hälfte wurden Proben zu Röntgenbeugungs-Untersuchungen für die Mineralbestimmung (durchgeführt mit einem Philips-Zählrohrdiffraktometer mit $\text{CuK}\alpha$ -Strahlung; Karbonat-Peaks gegen einen internen Quarz-Standard geeicht), zur Bestimmung der stabilen Sauerstoff (O)- und Kohlenstoffisotope (C), durchgeführt mit einem Massenspektrometer delta S-Finnigan MAT (VPDB Standard), und für TIMS U/Th-Altersbestimmungen, durchgeführt an der Forschungsstelle Radiometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, gewonnen. Die Werte der stabilen Isotope werden in der δ -Notierung angegeben: Dabei wird das Verhältnis der beiden zu messenden unterschiedlich schweren Isotope einer Probe bezogen auf einen

hende und zum Teil noch aktive Makkaroni, Stalagmiten und Wandversinterungen.

Die B7-Höhle ist die größte Einzelhöhle im Grüner Tal und gehört zu einem ehemals zusammenhängenden Riesenhöhleensystem, von dem heute etwa 60 Höhlen mit einer Gesamtlänge von 18 km dokumentiert sind. Innerhalb der Höhlen lassen sich 5 horizontale Niveaus (*Niveau 1* – unterstes/jüngstes, *Niveau 5* – höchstes/ältestes) nachweisen, deren Höhenlage über dem Talboden mit der Höhenlage der Fluss terrassen im unmittelbar westlich anschließenden Lennetal korrespondiert. Die phreatische Entstehung der Höhlen lässt sich durch Kartierungen der Höhlenwände belegen (u.a. Hammerschmidt et al., 1995) und wird in pleistozäne Zwischenkaltzeiten (Interglazialzeiten) gestellt (Niggemann, 2003). Die interglazialen Höhlenbildungsphasen folgen den hochglazialen Aufschotterungsphasen (Terrassen) und werden schließlich durch eine frühglaziale Tiefenerosion abgelöst (vgl. Abb. 7). Mit der kaltzeitlichen (glazialen) Eintiefung des Lennetals wurde der Grundwasserspiegel innerhalb des Karstgebietes abgesenkt und die entsprechenden horizontalen Höhlengalerien fielen trocken. Die ältesten in den fossilen Höhlenniveaus vorkommenden Speläotheme können somit ein Mindestalter für das Trockenfallen des jeweiligen Höhlenteils ergeben. Über die Untersuchung von Speläothemen steht somit eine Methode zur Abschätzung der Talentwicklung in Karstgebieten zur Verfügung (u.a. Niggemann, 2003).

Standard angegeben. Je kleiner die Werte, desto höher der Anteil der leichten Isotope. Genauere Ausführungen zur Methodik können den Arbeiten von Niggemann (2000) und Wurth (2002) entnommen werden.

Zur Ansprache und Interpretation von Mineralisation und mikroskopischem Aufbau (Mikrogefüge) wurden polierte Dünnschliffe angefertigt, die unter Einsatz eines Kathodolumineszenz(KL)-Mikroskops analysiert wurden. Bei einem KL-Mikroskop wird die Probe mit einem Kathodenstrahl beschossen, wobei das jeweilige Mineral durch die Anregung der Elektronen abhängig von den eingebauten Elementen farbig leuchtet (luminesziert). Unter den Aufnahmebedingungen (14 kV, 5 bis 10 mA/mm²) kommt es zu folgenden Lumineszenzfarben (vgl. Richter et al., 2003): Mangan(Mn)-freier Calcit – dunkelblau, Mn-haltiger Calcit – orange, Aragonit – dunkelblau bis grün (bei Mn), Kalifeldspat – hellblau.

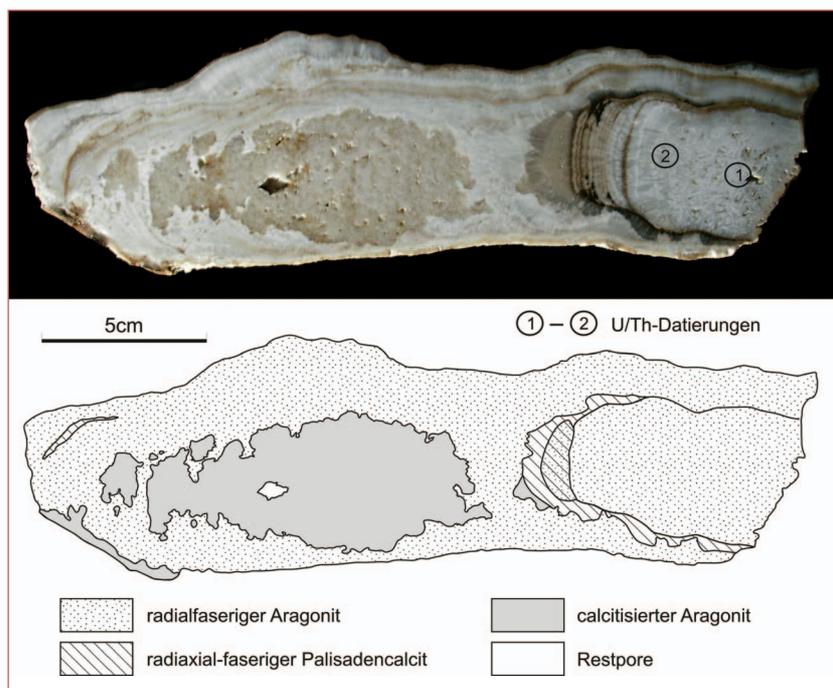


Abb. 3 oben: Foto Aufgeschnittener Stalagmit B7-ARA-1 aus der B7-Höhle

Abb. 3 unten: Skizze mit Markierungen für die unterschiedlichen Karbonatgenerationen sowie die Entnahmestellen für die U/Th-Datierungen.

AUSBILDUNG

Bei einer ersten Betrachtung fällt eine Zweiteilung des Stalagmiten auf (Abb. 3). Während der weitgehend helle, ältere Teil (0 - 6,5 cm über der Stalagmitenbasis) eine deutliche Feinschichtung (Lamination) aufweist, ist diese Ausbildung beim jüngeren Teil (6,5 - 23,5 cm über der Basis) auf die äußere Lage beschränkt. Der innere unregelmäßig begrenzte Bereich erscheint dunkler und dürfte umkristallisiert sein. Dünnschliffmäßig lassen sich primäre und sekundäre Typen unterscheiden:

- Die ursprüngliche (primäre) Ausbildung wird von strahlenförmig (radial) zum Lagenbau orientierten Aragonitnadeln dominiert, die vorrangig zu Fächern arrangiert vorliegen (Abb. 4a u. b). Einzelne Bereiche (Abb. 3) erscheinen dunkler und werden mikroskopisch durch Palisadenkristalle aus Calcit aufgebaut (Abb. 4c), was dem von Frisia et al. (2000) aus oberitalienischen Höhlen beschriebenen Gefüge („elongate columnar fabric“) calcitischer Sinter ähnlich ist. Das Besondere an dem hier beschriebenen Gefüge-Typ ist aber die radiaxiale Ausbildung der Calcitkristalle (hier ist die Lage der kristallographischen c-Achsen gegenüber den radialen Kristallen etwas verschoben), wie sie von Kendall (1985) aus marinen Flachwasserkarbonaten älterer Gesteinsformationen und von Wurth et al. (2000) und Wurth (2002) aus nacheiszeitlichen Stalagmiten der fränkischen Zoolithenhöhle (dolomitisches Wirtsgestein) beschrieben worden ist.

- Die umgewandelte (sekundäre) Ausbildung nimmt den größten inneren Bereich der jüngeren Stalagmitenhälfte (Abb. 3 unten) ein. In Dünnschliffen zeigt sich ein Muster aus blockartigen Calcitkristallen, wobei die Calcite winzige Aragoniteinschlüsse (z.T. fächerförmig angeordnet) aufweisen und aufgrund wechselnd intensiver Pigmentierung sowie unterschiedlichen Mn-Gehalts einen Zonarbau in der KL-Aufnahme andeuten (Abb. 4d, f, g u. h). Diese Ausbildung entspricht einer Umwandlung des Aragonits in Calcit („in-situ“-Calcitisierung von Aragonit), wie sie beispielsweise für im Zuge der Gesteinsverfestigung (diagenetisch) umgewandelte aragonitische Skelette von Organismen verbreitet ist (u.a. Füchtbauer & Richter, 1988). In den calcitisierten Bereichen sind die Calcitkristalle in direkter Nähe zu Restporenräumen häufig frei von Aragoniteinschlüssen. Hierbei handelt es sich offensichtlich um eine jüngere calcitische Zementgeneration.

In den jüngeren Abschnitten der beiden Stalagmitengenerationen lassen sich feinkörnige, aus silikatischen Mineralpartikeln bestehende (siliziklastische) Zwischenlagen erkennen (ockerbraun in Abb. 3 oben, hellblau lumineszierende Kalifeldspäte in Abb. 4e). Auch die Oberfläche des Stalagmiten sowie die der noch in der Höhle stehenden bzw. liegenden Stalagmiten desselben Typs sind durch tonig/siltige Sedimente oberflächlich braun verfärbt.

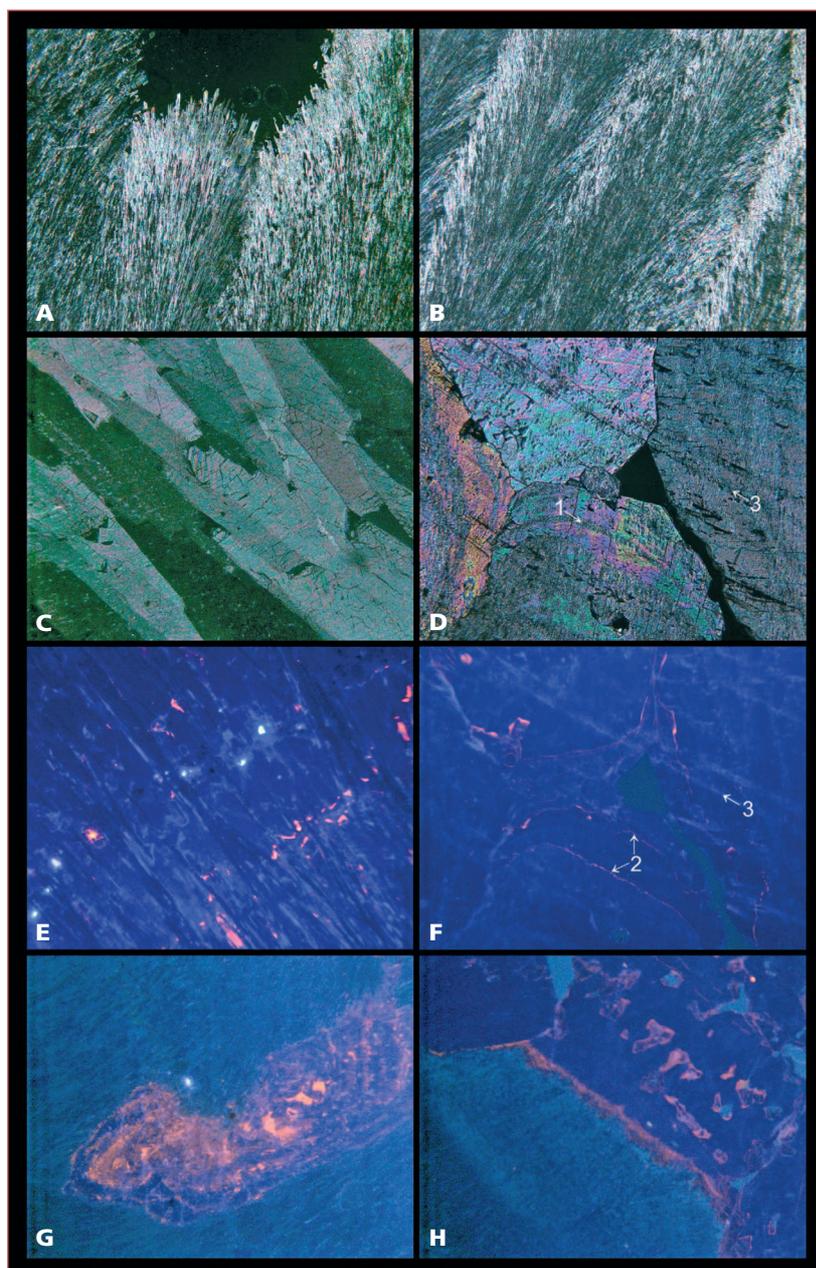


Abb. 4: Dünnschliff-Fotos (Bildlänge jeweils 2,8 mm, Wachstumsrichtung des Stalagmiten nach oben (a, d, f), rechts oben (b, g, h) bzw. links oben (c, e):

A und B: Aragonitnadeln/-fächer unter doppelt polarisiertem Licht;
C: Palisadenbildung aus Mg4-6-Calcit unter doppelt polarisiertem Licht;
D und F: „in situ“-calcitisierter Aragonit unter doppelt polarisiertem Licht (d) und bei Kathodolumineszenz (KL)-Betrachtung (f) (1 = Aragoniteinschlüsse, 2 = Mn-haltige Lagen, 3 = Schleifspuren bei der Dünnschliffherstellung);
E: teilcalcitisierter (dunkelblau) Aragonit (schwarze Leisten) mit Kalifeldspäten (hellblau) einer tonig-siltigen (Siliziklastika) Lage (KL-Foto);
G und H: KL-Fotos teil-„in situ“ calcitisierter Aragonitlagen (blaugrün = Aragonit, dunkelblau = Mn-freier Calcit, orange Mn-haltiger Calcit). Erläuterungen siehe Text.

MINERALOGISCH/CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG

In den devonischen Massenkalken des Rheinischen Schiefergebirges dominiert normalerweise nahezu formelmäßig reiner, d.h. stöchiometrisch zusammengesetzter Calcit mit einem Anteil von 0 - 2,6 Mol-% $MgCO_3$ (nach einer Zusammenstellung von Mergner et al. 1992), so dass auch die calcitischen Sinter der sauerländischen Kalkhöhlen nur Spuren von Mg enthalten (0 - 0,3 Mol-% $MgCO_3$ im Höhlensystem „Malachitdom“ des Briloner Massenkalkkomplexes nach Mergner et al. 1992, 0 - 0,7 Mol-% $MgCO_3$ in Höhlen von Iserlohn nach Niggemann 2000).

Im Bereich der Fundstelle des Aragonit-Stalagmiten fallen braune karbonatische Gänge im Massenkalk auf, die nach Röntgenuntersuchungen neben Quarz vorwiegend aus Calcit und untergeordnet Dolomit ausgebildet sind. Nach Dünnschliffbetrachtung handelt es sich beim Karbonat um weitgehend in Calcit umgewandelte Dolomite. Die braune Farbe der Gänge ist auf Eisen-Oxihydrate zurückzuführen, wobei das Fe bei der Calcitisierung der Dolomite freigesetzt worden ist (vgl. Füchtbauer & Richter 1988). Die Calcite weisen mit Gehalten bis 4 Mol-% $MgCO_3$

gegenüber den Calciten der Massenkalk erhöhte Mg-Gehalte auf, was nach Richter (1974) auf ein erhöhtes Mg/Ca-Verhältnis im Porenwasser des Dolomits zurückzuführen ist.

Von besonderem Interesse waren nun die Calcit-zusammensetzungen des untersuchten aragonitischen Stalagmiten. Der teilweise gleichzeitig mit dem Aragonit kristallisierte Palisadencalcit (vgl. Abb. 3

unten) weist 4 - 6 Mol-% $MgCO_3$ auf, während der Calcit der calcitisierten Aragonitpartien nur 0,6 - 1,6 Mol-% $MgCO_3$ enthält. Offensichtlich ist der Palisadencalcit von Tropfwasser aus einem Dolomitgang im Wirtsgestein kristallisiert, während die Calcitisierung des Aragonits nach Wachstumsende des Stalagmiten in einem lokalen Mg-ärmeren Porenwasser erfolgt ist.

KOHLENSTOFF (C)/SAUERSTOFF (O)-ISOTOPENZUSAMMENSETZUNG

Die sauerstoffisotopische Zusammensetzung der Sinter orientiert sich generell an der Isotopie der Niederschlagswässer sowie der Höhlentemperatur und wird häufig durch Effekte infolge stärkerer Evaporation und/oder Ausgasung des CO_2 überprägt (kinetische Fraktionierung, u.a. Lauritzen & Lundberg 1999). Zur Größenordnung der kinetischen Einflüsse sind ohne weitergehende Untersuchungen in dieser Studie keine Aussagen möglich. Die $\delta^{18}O$ -Werte der verschiedenen Mineralphasen des untersuchten Stalagmiten liegen in demselben Bereich wie die der von Niggemann (2000) und Wurth (2002) bearbeiteten spätglazial-holozänen Stalagmiten aus der B7-Höhle (Abb. 5). Untersuchungen an stabilen Isotopen von rezenten Wässern aus der B7-Höhle haben gezeigt, dass die Tropfwässer im Bereich der mittleren Jahresniederschlagswässer liegen (Niggemann 2000). Die Größenordnung der sauerstoffisotopischen Sinterzusammensetzung wird somit durch das regionale, vom Atlantik gesteuerte Niederschlagsmuster geprägt. Mit zunehmender Entfernung von dieser Niederschlagsquelle kann – ausgelöst durch die Rayleigh-Fraktionierung des Niederschlags – eine Abnahme der $\delta^{18}O$ -Werte im Niederschlag und in Höhlensintern beobachtet werden (Wurth 2002): Durch das Ausregnen der zunächst schwereren Isotope wird das Niederschlagswasser in Richtung des Kontinentinneren immer leichter.

Die Kohlenstoffisotopie der Höhlensinter wird von mehreren Faktoren beeinflusst, deren genaue Wirkung Gegenstand der Forschung ist (Kinetik-Effekte, u.a. Wiedner, 2004). Allgemein wird versucht, den Einfluß von Boden- CO_2 mit leichter Kohlenstoffisotopie von dem Einfluß der Wirtsgesteinsisotopie mit überwiegend positiven $\delta^{13}C$ -Werten abzugrenzen. In dem untersuchten Stalagmiten weichen die $\delta^{13}C$ -Werte aller Mineralphasen signifikant von denen der spätglazial-holozänen calcitischen Stalagmiten aus der B7-Höhle ab (3 - 8 ‰ höher – vgl. Abb. 5). Nach Baker et al. (1997) lassen sich erhöhte $\delta^{13}C$ -Werte durch drei unabhängige Faktoren erklä-

ren: 1) Kinetische Fraktionierung aufgrund von verstärktem Ausgasen von CO_2 zwischen dem Eintritt des Tropfwassers in die Höhlenatmosphäre beispielsweise am Stalaktiten und Auftreffen auf dem Stalagmiten; 2) Ausgasen des CO_2 in höhergelegenen luft erfüllten Höhlenteilen mit oder ohne Bildung von Sintern, so dass in der Restlösung das schwerere ^{13}C angereichert wird; 3) kurze Verweilzeit des Niederschlagswassers im Boden, so dass kein Gleichgewicht mit dem Boden- CO_2 erreicht wird. Die Tropfwässer wären im letztgenannten Fall nur von atmosphärischem und Wirtsgesteins-Kohlenstoff beeinflusst.

Möglicherweise spielt die Wirtsgesteinsausbildung bei der Aragonitprobe aus der B7-Höhle eine größere

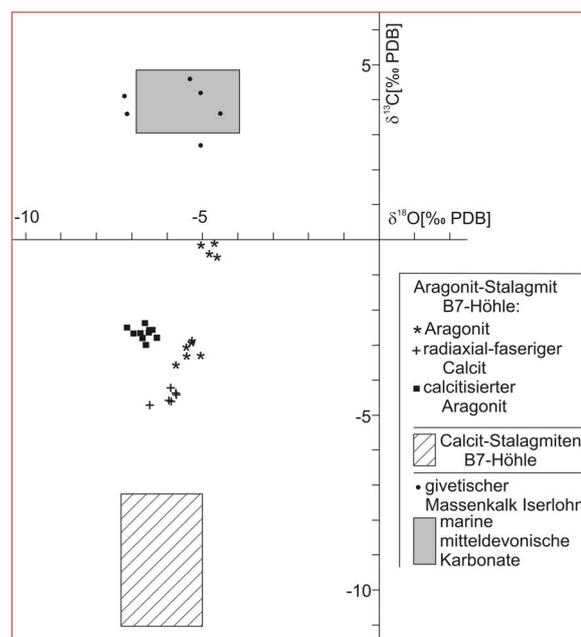


Abb. 5: Kohlenstoff (C)/ Sauerstoff (O)-Isotopenzusammensetzung der Karbonatgenerationen des Aragonit-Stalagmiten im Vergleich zu den entsprechenden Daten von nacheiszeitlichen Calcit-Stalagmiten der B7-Höhle (nach Daten von Niggemann 2000 und Wurth 2002). Wirtsgesteinsdaten: Punkte – mitteldevonischer Massenkalk Iserlohn; graues Feld – marine Karbonate des Mitteldevon nach Veizer et al. (1999).

Rolle bei der kohlenstoffisotopischen Ausbildung. Die im Bereich des Aragonitstalagmiten vorkommenden Dolomitgänge im Gestein sind weitgehend calcitisiert worden (s.o.), wobei einerseits das Mg/Ca-Verhältnis der Tropfwässer erhöht wurde (Aragonitbildung) und andererseits relativ schwerer Kohlenstoff in die Sickerwässer gelangte. Auffallend ist, dass unter heutigen Bedingungen kein Aragonit mehr in Stalagmiten der B7-Höhle zur Ablagerung kommt. Dies könnte als ein Hinweis gewertet werden, dass die Calcitisierung der Dolomitgänge im Gestein während der frühen Höhlenentwicklung weitgehend zum Abschluß gekommen ist. Die in dem Aragonitstalagmiten aus der B7-

Höhle erkannte Differenz bei den $\delta^{13}\text{C}$ -Werten zwischen radiaxialem Calcit und Aragonit kann auf Fraktionierungseffekte bei der Kristallisation und/oder generell höhere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von Aragonit gegenüber Calcit bei ansonsten gleichen Bedingungen zurückgeführt werden. Bei diesen Überlegungen müssen allerdings auch die Probenpunktsituationen berücksichtigt werden, denn die $\delta^{13}\text{C}$ -Aragonitwerte zwischen 0 und -5‰ repräsentieren Lagen der älteren Stalagmitengeneration (0 - 6,5 cm; vgl. Abb. 3), während sich die übrigen $\delta^{13}\text{C}$ -Aragonitwerte sowie die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der radiaxialen Calcite auf Proben der jüngeren Generation beziehen.

U/TH-ALTERSDATIERUNG

Beide Proben für Altersdatierungen wurden nach Dünnschliffauswahl aus ungestörten primären Aragonitlagen nahe der Basis des Stalagmiten entnommen. Die beiden TIMS- Altersdaten (Tab. 1) umfassen unter Angabe des 2σ -Fehlers (d.h. die Wahrscheinlichkeit, dass die Probe innerhalb des angegebenen Zeitintervalls entstanden ist, beträgt über 95%) die Zeitspanne von 476 - 420 ka (Ara B7-1) bzw. 464 - 427 ka (Ara B7-2). Die Daten fallen damit in das marine Isotopenstadium (MIS) 12 (letzte Kaltzeit des Cromer-

Komplexes) bis MIS 11 (Ruhme-Warmzeit, nach Berner & Streif 2004) (Abb. 6). Die marine Isotopenstratigraphie ist die zurzeit gültige globale stratigraphische Einteilung des Quartärs und basiert auf der Untersuchung von Tiefseebohrkernen. Zwar ist die Bildung in einem wärmeren Abschnitt (Interstadial) der Kaltzeit denkbar, wahrscheinlicher ist jedoch ein einsetzen des Wachstums zu Beginn der nachfolgenden Warmzeit (MIS 11), da nur Altersdaten von der Basis des Stalagmiten vorliegen. Ein Wachstumsbeginn des

Tabelle 1: Messwerte für die beiden Th/U-Datierungen (Probeentnahmepunkte am Aragonitstalagmiten – Abb. 3). Fehler sind 2σ . Die Alterswerte beinhalten eine Detritus-Korrektur.

Lab. Nr.	Bezeichn.	δU (‰)	Fehler (abs.)	^{238}U (ug/g)	Fehler (abs.)	^{232}Th (ng/g)	Fehler (abs.)	^{230}Th (pg/g)	Fehler (abs.)	Alter (korr.) (ka)	Fehler (ka)
3648.2	Arastal B7-1	253,7	2,6	7,5579	0,0076	1,1103	0,0048	164,213	0,920	444	+32/-24
3649.2	Arastal B7-2	260,2	1,8	6,9822	0,0070	1,0286	0,0039	152,720	0,530	444	+20/-17

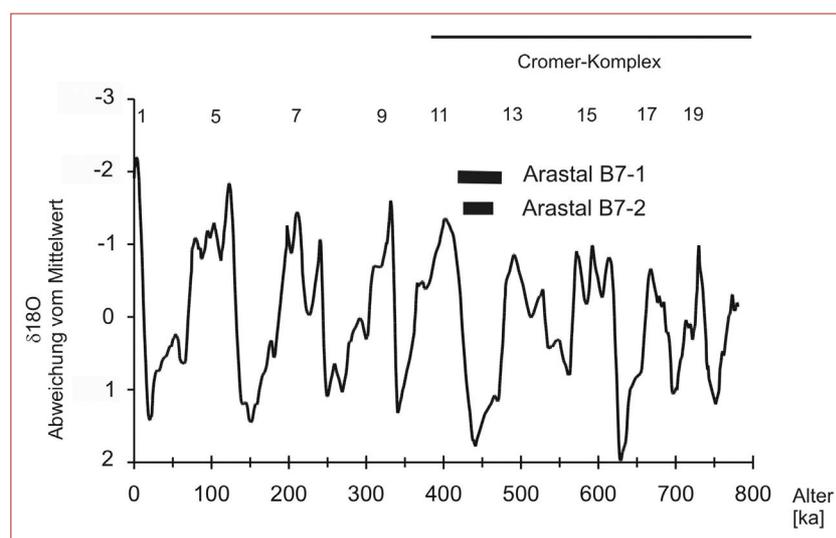


Abb. 6: Marine Klimakurve SPECMAP (verändert nach Gibbard et al. 2004, die Zahlen über der Kurve stehen für die marinen Isotopenstadien) mit Lage der beiden TIMS-Datierungen (Die Balkenlänge entspricht den Messwerten inklusive Messfehler). Die Proben für die Datierungen entstammen der Stalagmitenbasis, so dass der Hauptteil des Stalagmiten vermutlich in die Warmzeit hineingewachsen ist. Die Ruhme-Warmzeit korreliert mit dem marinen Isotopenstadium 11 (letzte Warmzeit des Cromer-Komplexes).

Niggemann, Richter / Ein mittelpleistozäner Aragonitstalagmit aus der B7-Höhle

Stalagmiten zur Zeit des Übergangs von MIS 12 zu MIS 11 bei 430 ka (nach Daten aus der Antarktis; EPICA Community Members 2004) liegt innerhalb der Messfehler der Datierungen. Ein relativ frühes

Einsetzen von Sinterwachstum im Übergang einer Kaltzeit zu einer Warmzeit ist durch spätglazial-holozäne Stalagmiten aus der B7-Höhle belegt (Niggemann et al., 2003a).

BEMERKUNGEN ZUR SPELÄOGENESE UND LANDSCHAFTSGESCHICHTE

Durch den Nachweis der Sinterbildung vor ca. 444 ka ist es gelungen, für die phreatische Entstehungsphase des Gangniveaus 3 im Grünerbachtal ein Mindestalter anzugeben: Unter Zugrundelegung des weiter oben beschriebenen Höhlenentstehungsmodells kann die Bildung des Ganges also spätestens im MIS 13 erfolgt sein (vgl. Abb. 7). Während und nach der Bildung der Stalagmiten kam es mehrfach zu kurzzeitigen Überflutungen wohl infolge eines hochwasserbedingten Anstieges der Grundwasseroberfläche. Derartige tonig-siltige Zwischenlagen finden sich

auch in spätglazial-postglazialen Stalagmiten im unteren Höhlenniveau 2 der B7-Höhle, welches nahe der heutigen Karstgrundwasseroberfläche liegt, während sie in gleichaltrigen Stalagmiten aus der höher gelegenen (Niveau 4) Dechenhöhle fehlen. Es ist somit von einer zeitlichen Nähe zwischen der letzten phreatischen Höhlenbildungsphase und dem Einsetzen von Sinterwachstum im Niveau 3 auszugehen. Das Alter der korrespondierenden oberen Mittelterrasse im Lennetal wäre damit mindestens in das kaltzeitliche MIS 14 zu stellen.

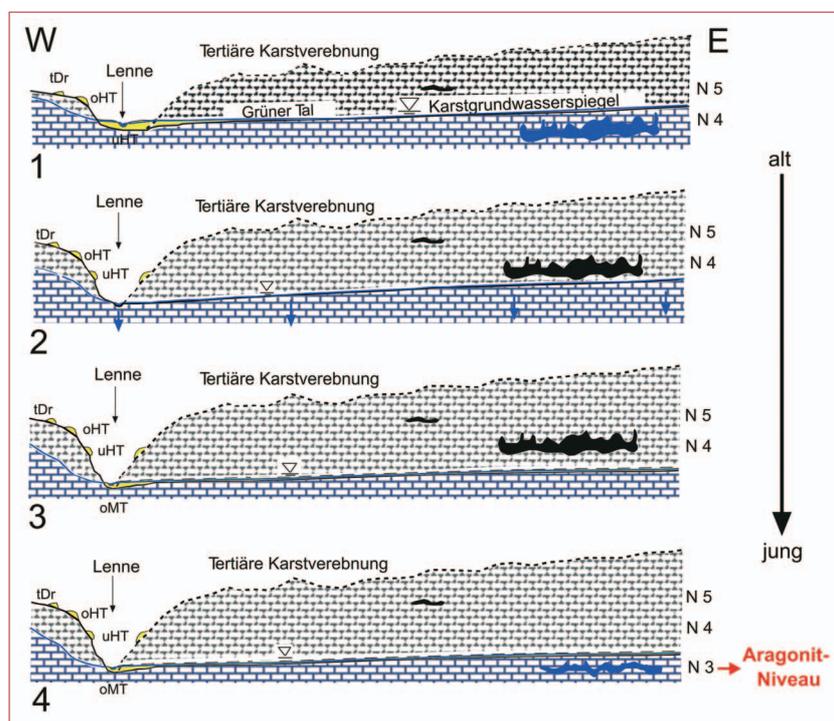


Abb. 7: Schema zur Entwicklungsgeschichte der Höhlensysteme im Grüner Bachtal (Iserlohn).

Gelb = Terrassen der Lenne

tDr = wohl jungtertiäre Drüfel-Terrasse

oHT = obere Hauptterrasse

uHT = untere Hauptterrasse

oMT = obere Mittelterrasse

N 3-5 = Höhlenniveaus im Grünerbachtal (Niggemann 2003)

Blau = phreatischer Bereich.

ZUSAMMENFASSUNG

Die für ein Kalkgebiet gemäßigt-kühler Breiten ungewöhnliche mineralogisch/chemische Zusammensetzung eines Stalagmiten aus der B7-Höhle (Wirtsgestein: devonischer Massenkalk) von Iserlohn (Sauerland/rechtsrheinisches Schiefergebirge) hat neben den für die regionale Landschaftsgeschichte wichtigen U/Th-Datierungen zu folgenden Erklärungen geführt:

- Aragonitbildung kann auch in kühlen Umgebungen möglich sein, sofern ein erhöhtes Mg/Ca-Verhältnis der Sickerwasser-Lösung vorliegt, was durch Anlösung von Dolomitgängen im Wirtsgestein der B7-Höhle gegeben ist.
- Ungefähr gleichzeitig mit dem Aragonit kristallisierter Calcit führt 4 bis 6 Mol-% $MgCO_3$ im Kristallgitter, was offensichtlich – wie bei etlichen marinen

- kristallinen Hohlraumausfüllungen (Zementen) aus Mg-Calcit – zu einer radialial-faserigen Ausbildung geführt hat.
- Der umgestürzte Aragonitstalagmit liegt partiell „in situ“-calcitisiert vor, wobei die über Kathodolumineszenz-Untersuchungen belegte Mn-Verteilung einen Zonarbau aufzeigt.
 - Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte des Aragonitstalagmiten liegen mit -3 bis -5% (VPDB) über denjenigen der Calcitstalagmiten der B7-Höhle (-7 bis -11% (VPDB), was möglicherweise auf den Einfluss des weitgehend calcitisierten Dolomits im Gangbe-
 - reich des Aragonitstalagmiten zurückzuführen ist.
 - U/Th-Datierungen haben mit ca. 440 ka ein mittelpleistozänes Alter im Bereich MIS 11/12 ergeben. Da sich die Altersdaten auf den Basisabschnitt des Stalagmiten beziehen, könnte das Wachstum des Stalagmitenhauptteils die Ruhme-Warmzeit markieren.
 - Die Entstehung des 3. Gangniveaus innerhalb des fünfstufigen Höhlensystems im Grünerbachtal ist aufgrund der Sinterdatierungen mindestens im MIS 13 zu sehen – es korrespondiert mit der oberen Mittelterrasse des Lennetals.

DANKSAGUNG

Die TIMS-Datierungen verdanken wir Augusto Mangini und René Eichstädter von der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. Ein Teil der C/O-Isotopen-daten wurde uns dankenswerterweise durch Christoph Spötl (Innsbruck) erstellt. Rasmus Dreyer sei für die Begleitung bei der Probennahme und Vor-Ort-

Dokumentation gedankt. Weiterhin sind wir für Labor- und Grafikarbeiten M. Born, P. Görge, Th. Götte, J. Jezova und U. Schulte (Bochum) zu Dank verpflichtet. Christoph Spötl und Karl-Heinz Offenbacher danken wir für wertvolle Hinweise und Verbesserungen.

LITERATUR

- Baker, A., Ito, E., Smart, P.L. & McEwan, R.F. (1997): Elevated and variable values of ^{13}C in speleothems in a British cave system. – *Chem. Geol.*, 136: 263-270.
- Bar-Matthews, M. & Ayalon, A. (1997): Late Quaternary paleoclimate in the Eastern Mediterranean region from stable isotope analysis of speleothems at Soreq Cave, Israel. – *Quat. Res.*, 47: 155-168.
- Berner, U. & Streif, H. (2004) (Hg.): Klimafakten. Der Rückblick – ein Schlüssel für die Zukunft. – Bundesanst. f. Geowiss. u. Rohst., 4. Auflage.
- EPICA Community Members (2004): Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. – *Nature*, 249: 623-628.
- Frisia, S., Borsato, A., Fairchild, I.J. & McDermott, F. (2000): Calcite fabrics, growth mechanisms, and environments of formation in speleothems from the Italian Alps and Southwestern Ireland. – *J. Sediment. Res.*, 70: 1183-1196.
- Füchtbauer, H. (1980): Experimental precipitation of ferroan calcites. – *Internat. Assoc. Sedimentol. 1st Europ. Meeting*, Abstr., 170-171.
- Füchtbauer, H. & Hardie, L.A. (1980): Comparison of experimental and natural magnesian calcites. – *Internat. Assoc. Sedimentol. 1st Europ. Meeting*, Abstr.: 167-168.
- Füchtbauer, H. & Richter, D.K. (1988): Karbonatgesteine. – [In:] Füchtbauer H. (Hrsg.), *Sedimente und Sedimentgesteine*, 233-434, Stuttgart (Schweizerbart).
- Gascoyne, M. (1992): Palaeoclimate determination from cave calcite deposits. – *Quat. Sci. Rev.*, 11: 609-632.
- Gibbard, P.L., Boreham, S., Cohen, K.M. & Moscarrielle, A. (2004): Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. – *Subcommission on Quaternary stratigraphy*.
- Grebe, W. (1998): Zur aktuellen Ausdehnung der B7-Höhle. – *Speläolog. Jb. – Ver. Höhlenk. Westf.*, 14: 21-22.
- Hammerschmidt, E., Niggemann, S., Grebe, W., Oelze, R., Brix, M.R. & Richter, D.K. (1995): Höhlen in Iserlohn. – *Schriften z. Karst- u. Höhlenkunde in Westf.*, 1: 154 S.
- Holz, H.-W. (1960): Geologie der Höhlen von Runderoth und Wiehl und ihrer Umgebung (Rheinisches Schiefergebirge). – *Decheniana*, 113: 1-38.
- Kendall, A.C. (1985): Radial fibrous calcite: a reappraisal. – [In:] Schneidermann, N. & Harris, P.M. (eds.), *Carbonate Cements*, SEPM Spec. Publ., 36: 59-77.
- Lauritzen, S.-E. & Lundberg, J. (1999) (eds.): Speleothems and climate. – *The Holocene*, 9: 643-722.
- Li, W.-X., Lundberg, J., Dickin, A.P., Ford, D.C., Schwarcz, H.P., McNutt, R. & Williams, D. (1989): High-precision mass-spectrometric uranium-series dating of cave deposits and implications for paleoclimate studies. – *Nature*, 339: 534-536.
- Losson, B. & Quinif, Y. (2001): The Moselle piracy: new chronological data from U/Th datings of speleothems. – *Karstologia*, 37: 29-40.
- Mergner, W., Brix, M.R., Hagemann, P., Oelze, R. & Richter, D.K. (1992): Sinterbecken im Malachitdom mit wasserspiegelparallelen Carbonatkrusten. – [In:] *Geologisches Landesamt NRW (Hrsg.): Der Malachitdom. Ein Beispiel interdisziplinärer Höhlenforschung im Sauerland*: 151-173.
- Niggemann, S. (1991): Die B7-Höhle in Iserlohn-Letmathe (Sauerland). – *Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforscher*, 37: 30-32.
- Niggemann, S. (2000): Klimabezogene Untersuchungen an spät- bis postglazialen Stalagmiten aus Massenkalkhöhlen des Sauerlandes. – *Bochumer geol. u. geotechn. Arb.*, 55: 5-129.

Niggemann, Richter / Ein mittelpleistozäner Aragonitstalagmit aus der B7-Höhle

- Niggemann, S. (2003): Mehrphasige Höhlen- und Flussentwicklung im nordwestlichen Sauerland. – *Dortmunder Beitr. Landeskd, naturwiss. Mitt.*, 36/37: 17-54.
- Niggemann, S., Habermann, D., Oelze, R. & Richter, D.K. (1997): Aragonitic/calcitic coralloids in carbonate caves: Evidence for solutions of different Mg influence. – *Proc. 12th Int. Congr. of Speleology*: 251-256.
- Niggemann, S., Mangini, A., Richter, D.K. & Wurth, G. (2003a): A paleoclimate record of the last 17,600 years in stalagmites from the B7 cave, Sauerland, Germany. – *Quat. Sci. Rev.*, 22: 55-567.
- Niggemann, S., Mangini, A., Mudelsee, M., Richter, D.K. & Wurth, G. (2003b): Sub-Milankovitch climatic cycles in Holocene stalagmites from Sauerland, Germany. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, 216: 539-547.
- Richter, D.K. (1974): Entstehung und Diagenese der devonischen und permotriassischen Dolomite in der Eifel. – *Contr. Sedimentology*, 2: 1-101.
- Richter, D.K., Pielsticker, K.H., Habermann, D., Niggemann, S. & Wurth, G. (2000): Aragonitperlen aus der Grube Bastenberg bei Ramsbeck (Sauerland). – *Bochumer geol. u. geotechn. Arb.*, 55: 197-203.
- Richter, D.K., Götte, T., Götze, J. & Neuser, R.D. (2003): Progress in application of cathodoluminescence (CL) in sedimentary petrology. – *Mineralogy and Petrology*, 79: 127-166.
- Richter, D.K., Niggemann, S., Wurth, G., Eichstädter, R. & Mangini, A. (im Druck): Jungpleistozäne „Kaltzeitliche“ Stalagmiten in mitteleuropäischen Höhlen – ein Überblick. – *Eiszeitalter und Gegenwart*.
- Spötl, C. & Mangini, A. (2002): Stalagmite from the Austrian Alps reveals Dansgaard-Oeschger events during isotope stage 3: Implications for the absolute chronology of Greenland ice cores. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, 203: 507-518.
- Veizer, J., Ala, D., Azmy, K., Bruckschen, P., Bruhn, F., Gaiden, G.A.E., Diener, A., Ebner, S., Godderis, Y., Jasper, R., Korte, C., Pawellek, T., Podlaha, O.G. & Strauss, H. (1999): $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ evolution of Phanerozoic seawater. – *Chem. Geol.*, 161: 59-88.
- Von Kamp, H. (1972): Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25000. Erläuterungen zu Blatt 4611 Hohenlimburg.
- Wiedner, E. (2004): Laborexperimente zur kinetischen Fraktionierung stabiler Isotope bei der Sinterbildung. – *Diss. Uni Heidelberg*.
- Wurth, G. (2002): Klimagesteuerte Rhythmik in spät- bis postglazialen Stalagmiten des Sauerlandes, der Fränkischen Alb und der Bayerischen Alpen. – *Diss. Univ. Bochum*.
- Wurth, G., Niggemann, S. & Richter, D.K. (2000): Der hierarchische Aufbau des Laminationsgefüges eines spät/postglazialen Kerzenstalagmiten aus der Zoolithenhöhle bei Burggailenreuth (Fränkische Schweiz). – *Bochumer geol. u. geotechn. Arb.*, 55: 131-151.
- Wurth, G., Niggemann, S., Richter, D.K. & Mangini, A. (2004): The Younger Dryas and Holocene climate record of a stalagmite from Hölloch Cave (Bavarian Alps, Germany). – *J. Quat. Sci.*, 19: 291-298.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [057](#)

Autor(en)/Author(s): Niggemann Stefan, Richter Detlef K.

Artikel/Article: [Ein mittelpleistozäner Aragonitstalagmit aus der B7-Höhle \(NW Sauerland, Nordrhein-Westfalen\) 47-56](#)