© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

ISSN 0077-6025 Natur und Mensch	Jubiläumsausgabe 200 Jahre NHG	Seite 159-168	Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V. Marientorgraben 8 · 90402 Nürnberg

Wilfried Rosendahl

Insektenreste aus einem mittelpleistozänen Höhlensinter der Zoolithenhöhle (D109) bei Burggaillenreuth/ Fränkische Alb

Zusammenfassung

Eine Kalksinterprobe aus einem in das Mittelpleistozän datierten Stalagmiten der Zoolithenhöhle bei Burggaillenreuth / Fränkische Alb wurde palynologisch aufbereitet und auf ihren mikropaläontologischen Inhalt untersucht. Neben Pollen und Schwermineralen konnten auch Insektenreste gefunden werden. Die einzelnen Objekte konnten *Trichopteren* (Köcherfliegen) und einem *Lepidopteren* (Schmetterlingsart) zugewiesen werden. Es handelt sich um den ersten Nachweis von pleistozänen Insektenresten aus einem Höhlensinter in Deutschland.

Summary

A part of a stalagmite from the Zoolithen Cave (Burggaillenreuth /Franconian Alb - Germany) with absolutely dated middle-pleistocene age was analysed palynologically for its contents. Inside the micropaleontological preparation, remains from insects could also be found. It was possible to determ them as parts of *Trichoptera* and *Lepidoptera*. The finds are the first proof of Pleistocene Insects from a speleothem in Germany.

Resumé

Un échantillon de calcite, prélevé d'une stalagmite datée du Pléistocène moyen et provenant de la Zoolithenhöhle (Burggaillenreuth / Franconie - Allemagne), fut dissout et son contenu paléontologiquement analysé. Outre pollens et métaux lourds, des restes d'insectes furent découverts. Les fragments purent être attribués à *Trichoptera* et à un *lépidoptère*. C'est la première fois en Allemagne que des restes d'insectes pléistocènes provenant d'une concrétion purent être mis en évidence.

1. Einleitung

Für Wissenschaftler verschiedener Disziplinen sind Höhlen Archive besonderer Art. Vor allem in Höhlen, natürlichen Schutzräumen, haben Überreste längst vergangener Faunen, Floren und Kulturen sowie unterschiedliche geologische Ablagerungen viele Jahrtausende überdauern können (Rosendahl 1999). Nur hier gibt es oft erdgeschichtliche Zeugnisse, die an der Erdoberfläche schon längst der Abtragung zum Opfer gefallen wären.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

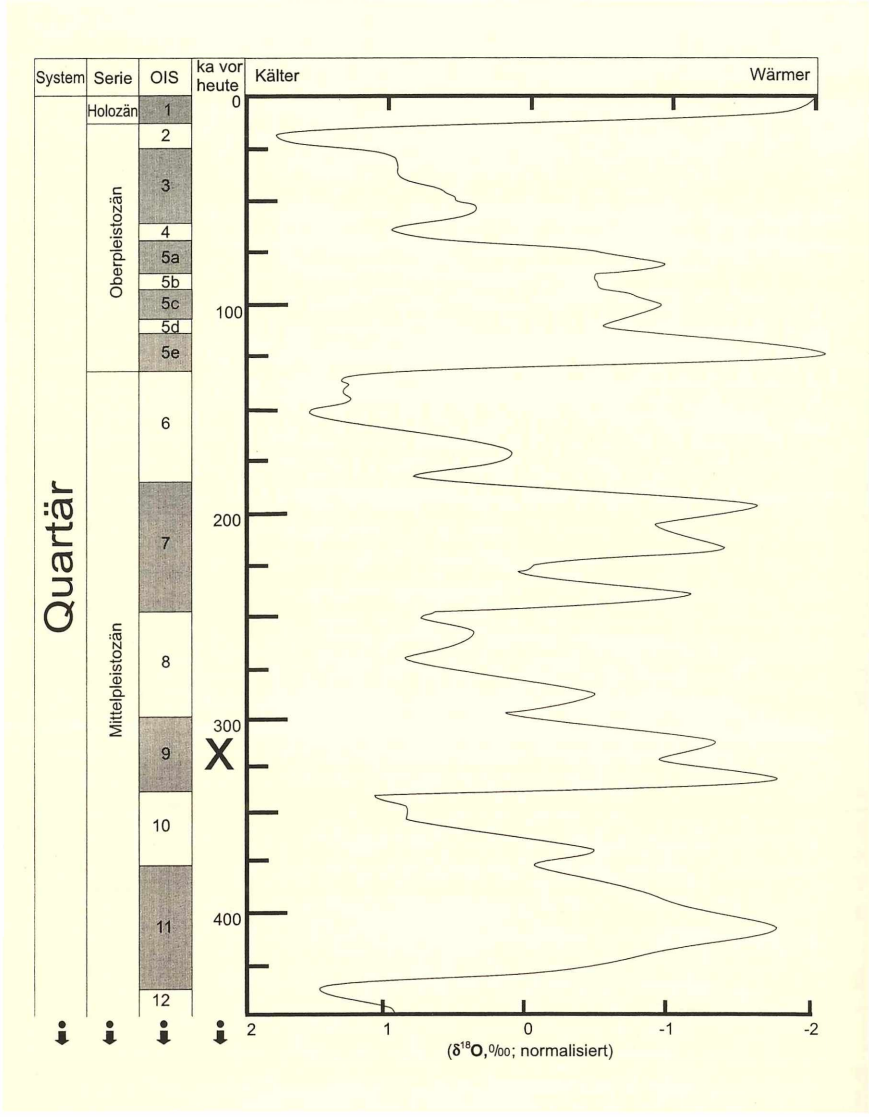

Abb. 1: Klimatabelle der letzten 450 000 Jahre. Die Kurvendarstellung basiert auf Sauerstoffisotopenanalysen an Foraminiferenschalen aus Tiefseesedimenten (nach MARTINSON et al. 1987). OIS = Sauerstoffisotopenstadium, ka vor heute = 1000 Jahre vor heute. Das **X** markiert die Altersposition der Insektenreste aus dem datierten Stalagmiten ZooSi2.

Der Grund dafür liegt in der konservierenden Wirkung von Höhlenklima (hohe Luftfeuchtigkeit und konstante Temperatur) und Höhlensediment (normalerweise recht kalkhaltig). Unter solchen Verhältnissen kommt es meist nur zu einem bakteriellen Abbau von Weichteilen tierischer Organismen. Hartteile wie Kalkschalen, Knochen, Zähne oder Elfenbein werden nicht entkalkt und können so leichter erhalten bleiben, d.h. fossilisieren. Selbst pleistozäne Insektenreste können in Höhlensedimenten konserviert werden.

Das Pleistozän ist eine Stufe des Quartärs (1,8 Mio. bis etwa 11 500 Jahre vor heute) und wird in drei Phasen gegliedert, in das Unterpleistozän (1,8 Mio. bis 783 000 Jahre), das Mittelpleistozän (783 000 Jahre bis 125 000 Jahre) und das Oberpleistozän (125 000 bis etwa 11 500 Jahre vor heute).

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

Da die Benennungen von Kalt- und Warmzeiten im Mittel- und Unterpleistozän national wie international z.T. sehr unterschiedlich und nicht immer ohne weiteres parallelisierbar sind, ist es besser, die einzelnen Klimaphasen mit den Nummern der Sauerstoff-Isotopenstadien anzugeben. Die Sauerstoff-Isotopenstadien (OIS) wurden durch geochemische Untersuchungen an Tiefsee- und Eisbohrkernen ermittelt (z.B. MARTINSON et al. 1987 und DANSGAARD et al. 1993). Je nach Klima (warm oder kalt) reichern sich z.B. in kalkschaligen Mikroorganismen (Foraminiferen) in Tiefseeablagerungen unterschiedlich schwere Sauerstoffisotope (^{16}O und ^{18}O) an. Analysiert man ein solches durch Bohrungen erhaltenes Sedimentprofil bzw. die darin enthaltenen Foraminiferenschalen hinsichtlich ihrer Sauerstoffisotopen-Zusammensetzung, so ergibt sich ein Kurvendiagramm mit wechselnden Ausschlägen, die Klimaschwankungen nach kalt oder warm darstellen. Betrachtet man diese Kurvenabfolge von jung (heute) nach alt, so ist der Beginn ein warmzeitlicher Ausschlag, nämlich jener der sogenannten OIS 1. Das OIS 2 repräsentiert das Kältemaximum der letzten Kaltzeit. Die OIS 3, 4 und 5a bis d sind Schwankungen innerhalb des letzten Glazials (Stadiale und Interstadiale, Abb.1), das OIS 5e steht für die letzte Warmzeit. Die darauf folgenden Ausschläge mit geraden Zahlen sind Kaltzeiten, die mit ungeraden Zahlen Warmzeiten. Die Grenze Unter- zu Mittelpleistozän liegt am Beginn der OIS 19.

In Abhängigkeit von den pleistozänen Klimaschwankungen kam es auch in den Höhlen der Fränkischen Alb zur Ausbildung verschiedener Tropfsteingenerationen. Obwohl Tropfsteine (zusammenfassend als Speläotheme bezeichnet; MOORE 1952) in den unterschiedlichsten Ausprägungen vorkommen können (z.B. HILL & FORTI 1997, KEMPE 1996, 1997), sind die Grundbedingungen ihrer Bildung ähnlich: Über der Höhle muß eine belebte Bodenschicht liegen, in der die Respiration der Wurzeln und der Bodenbakterien einen gegenüber der Atmosphäre erhöhten CO_2-Druck aufbauen kann. Die Aktivität der Vegetation wird durch Niederschlag und Temperatur in ihrer Intensität und ihrer Saisonalität gesteuert, so daß letztlich Amplitude und Phase der Kalklösungsrate im Unterboden und damit das Sinterwachstum in der darunterliegenden Höhle eine Funktion von Temperatur und Niederschlag sind. In Mitteleuropa kann daher im Pleistozän Sinter nur außerhalb der Hochglaziale (Zeiten mit Permafrost = keine Sickerwasserneubildung) gewachsen sein.

Anders als in Oberflächenablagerungen spielt die Erosion durch fließendes Wasser in den meisten deutschen Höhlen keine Rolle. Es können daher Ablagerungen auch älterer pleistozäner Warmphasen erhalten sein. In vielen Höhlen, z.B. in der Zoolithenhöhle (Abb. 3), kann man ohne weiteres mindestens drei durch Fällungs- und Wachstumsphasen getrennte Sintergenerationen unterscheiden.

In Kombination mit neuen Datierungsmethoden stellen pleistozäne Höhlensinter ein wichtiges, in Deutschland bisher nur wenig ausgewertetes Archiv paläoklimatischer Informationen dar (KEMPE & ROSENDAHL 1999).

Im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Forschungsprojektes wurde daher Ende 1998 eine systematische und flächige Untersuchung von Speläothemen aus den deutschen Höhlengebieten begonnen. Bestandteil dieses Projektes ist auch die paläoklimatologische Untersuchung der pleistozänen Höhlensedimente in der Zoolithenhöhle. Die Entdeckung von Insektenresten in einem absolut datierten Höhlensinter erfolgte im Rahmen dieser Forschungen.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

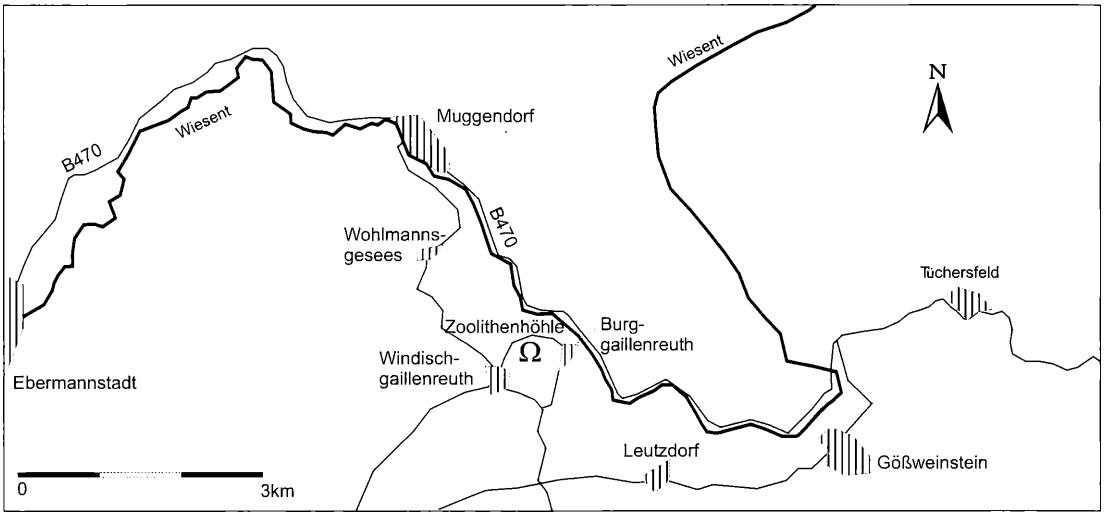

Abb. 2: Geographische Lage der Zoolithenhöhle bei Burggaillenreuth.

Es handelt sich um den ersten Nachweis von pleistozänen Insektenresten aus einem Höhlensinter in Deutschland.

2. Probenlokalität Zoolithenhöhle

Die Zoolithenhöhle liegt wenige hundert Meter nordwestlich der Ortschaft Burggaillenreuth (Gde. Ebermannstadt, Lkr. Forchheim) am nördlichen Abfall des sog. „Hohlen Berges" (Abb. 2). Ihr heutiger Eingang liegt bei 455 m ü. NN.

Die Höhle, ein bedeutendes Natur- und Bodendenkmal, ist verschlossen und darf nur zum Zweck wissenschaftlicher Untersuchungen betreten werden.

Forschungsgeschichtlich stellt die Zoolithenhöhle - sie wurde erstmalig 1602 schriftlich erwähnt - eine der bedeutendsten Höhlenlokalitäten Europas dar (Heller 1972, Rosendahl et al. 2000). Beginn der Forschungen waren die 1774 publizierten Ergebnisse von Esper. Generationen von berühmten Forschern (z.B. Rosenmüller oder Goldfuss) folgten ihm nach und machten die Höhle zur Typuslokalität von *Ursus spelaeus* und *Panthera leo spelaea*. Knochenfunde aus dieser Lokalität finden sich in allen größeren Museen der Welt. Folge der Berühmtheit war, daß die Höhle zum Beginn des 20. Jhd. so gut wie ausgeräumt war. 1971 konnten bis dahin ungestörte, neue Höhlenteile gefunden werden, die z.T. sehr knochenreich waren und sind (Groiss 1972). Bis heute sind aus der Zoolithenhöhle insgesamt 40 Säugetierarten nachgewiesen (Rosendahl 2001).

In den älteren Teilen der Höhle sind vor allem in der Eingangshalle die Sinter zerstört worden. In den neu entdeckten Bereichen gibt es zum Teil sehr massive Versinterungen, die makroskopisch mindestens drei bedeutenden Wachstumsgenerationen zugeordnet werden können. Nach den bisher erfolgten Untersuchungen stammen die ältesten Sinter in der Zoolithenhöhle aus dem Interglazial der OIS 9 (Rosendahl & Kempe 2000).

3. Methodik

Die Methode, Höhlensinter palynologisch, d.h. auf mikropaläontologische Reste hin zu untersuchen, wurde Ende der 1970er Jahre von dem belgischen

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

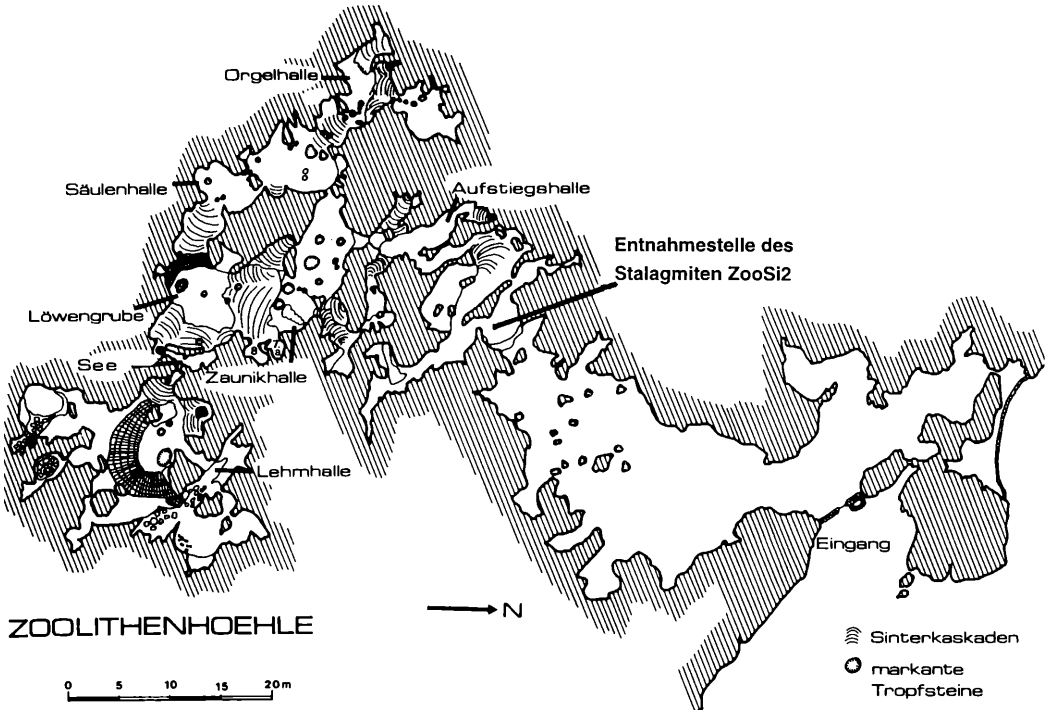

Abb. 3: Vereinfachter Grundrißplan der Zoolithenhöhle (verändert, aus TIETZ 1988), darin markiert die Entnahmestelle des Stalagmiten ZooSi2.

Palynologen Bruno BASTIN entwickelt und erstmals angewendet (BASTIN 1978 & 1982). Seit dieser Zeit wurden vor allem in Belgien (z.B. BASTIN 1990 oder QUINIF & BASTIN 1994), aber auch in Frankreich oder den USA, absolut datierte Höhlensinter mit dieser Methode untersucht. Zweck dieser Untersuchung ist es, neben den im Sinter enthaltenen minero-geochemischen Daten weitere Informationen zur quartären Klimaentwicklung zu erhalten.

Aus einem Stalagmiten mit der Kennzeichnung ZooSi2 wurden 200g Sintermaterial herauspräpariert und aufbereitet. Im ersten Schritt wurden die Gesteinsproben mit der Presse zerkleinert. Das zerkleinerte Material wurde gesiebt und die Fraktion zwischen 200 µm und 2000 µm weiterverarbeitet, d.h. in HCl konz. aufgelöst. Die Lösung wurde bei 11 µm Maschenweite gefiltert und anschließend zum Konzentrieren des Rückstandes zentrifugiert. Als nächstes wurde zum Lösen der Silikate 40%ige HF hinzugegeben. Die Probe benötigte eine Woche Einwirkzeit bei vielfachem Schütteln. Anschließend wurde wieder bei 11µm Maschenweite gefiltert.

Die Aufbereitungsschritte wurden unter Wahrung größtmöglicher Sauberkeit durchgeführt, um eine Kontamination der Probe mit rezentem Material zu vermeiden. Dazu wurden z.T. neue Reaktionsgefäße verwendet und die Probenbehälter bei längeren Standzeiten immer abgedeckt.

Zwei mikropaläontologische Streupräparate (ZooSi2P1 und ZooSi2P2) wurden in Eukitt, einem kommerziellen Einbettungsmittel für die Mikroskopie auf Kunststoffbasis, erstellt.

Unter dem Mikroskop wurden im Präparat ZooSi1P1 drei, im Präparat ZooSi1P2 fünf Insektenreste gefunden. Alle Objekte wurden anschließend mit

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

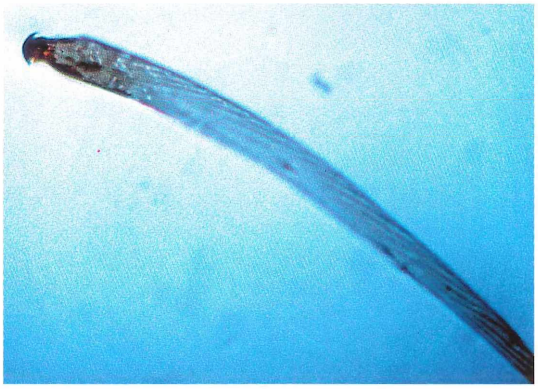

Abb. 4a: *Trichopteren*-Rest, Vergrößerung 2,2 x 100fach

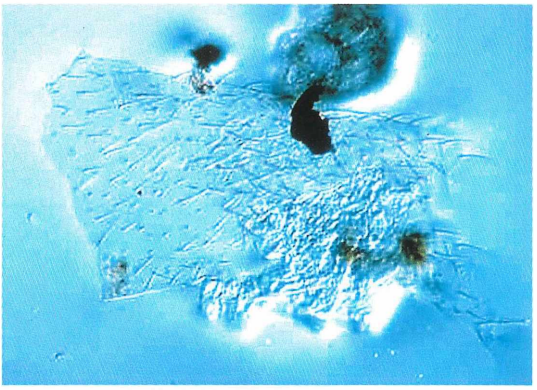

Abb. 4b: *Trichopteren*-Rest, Vergrößerung 2,2 x 40fach

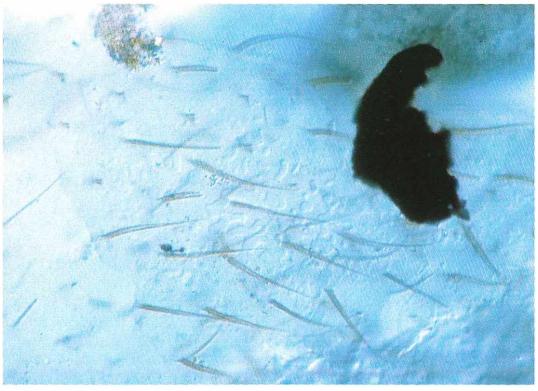

Abb. 4c: *Trichopteren*-Rest, Detail von Abb. 4b, Vergrößerung 2,2 x 100fach

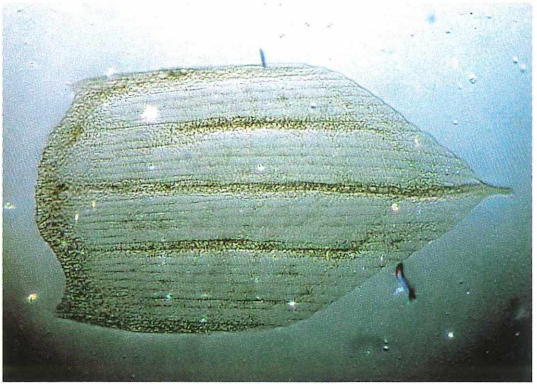

Abb. 4d: *Lepidopteren*-Rest, Vergrößerung 2,2 x 60fach

einer auf das Mikroskop aufgesetzten Digitalkamera bei verschiedenen Vergrößerungsstufen (2,2 x 40; 2,2 x 60 und 2,2 x 100) photographiert. Zur Bestimmung der Reste wurden die Bilder verschiedenen Spezialisten übersandt.

4. Ergebnisse

4.1 Insektenbestimmung

Die Bestimmung der einzelnen Objekte ergab, daß es sich um Körper- und Flügelreste von Trichopteren (Köcherfliegen) und einem Lepidopteren (Schmetterlingsart) handelt (Abb. 4a bis d). Eine genauere Einordnung war bisher nicht möglich.

Wie kommen Insektenreste in Höhlensinter? Es gibt diverse troglophile Insektenarten, die Höhlen zu verschiedenen Jahreszeiten aus unterschiedlichen Gründen (z.B. Paarung, Überwinterung) gezielt aufsuchen Die Insekten lassen sich in der Höhle an verschiedene Stellen nieder, darunter auch an Tropfsteinen. Stirbt ein Insekt, z.B. im Herbst, an einem aktiven Stalagmiten oder Makkaroni (Abb.5), dann werden die Körperreste mit der Kalkausfällung bzw. dem fortschreitenden Sinterwachstum in den Tropfstein eingebaut. Gleiches kann auch mit anderen palynologischen Objekten wie z.B. mit dem Tropfwasser eingebrach-

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

ten Pollen oder Sporen geschehen. Ein Eintrag von Insektenresten über diesen Weg wird als unwahrscheinlich erachtet (ZAENKER 2000).

Auf die heutige Lebenswelt in den fränkischen Höhlen bezogen könnte es sich bei den im Sinter der Zoolithenhöhle gefundenen Resten um Teile von Köcherfliegen (z.B. *Stenophylax permistus* McLACHLAN, 1895) und einer Zackeneule (*Scoliopteryx libatrix* LINNAEUS, 1758) oder eines Wegdornspanners (*Triphosa dubitata* LINNAEUS, 1758) handeln. Es ist aber auch nicht ganz auszuschließen, daß sich trogloxene Arten in die Höhle verirrt haben und dort an einem aktiven Stalagmiten verendet sind.

Neben den Insektenresten gab es in den Proben noch verschiedene Pollenarten, Holzkohleflitter und Schwerminerale. Eine Auswertung dieser Objekte wird zur Zeit durchgeführt.

4.2 Altersbestimmung

Das absolute Alter von Insektenresten in Höhlensintern ist nur durch eine Datierung des Sinters mit radiometrischen Methoden möglich. Der Stalagmit ZooSi2 wurde im Rahmen des schon angesprochenen Forschungsprojektes zum Thema „Höhlensinter und Paläoklima" mit einer verbesserten Uran-Thorium-Datierungsmethode, der TIMS (Termionenmassenspektrometrie) U/Th-Methode, datiert.

Die Anwendung der $^{230}Th/^{234}U$-Datierungsmethode auf Kalksinter beruht darauf, daß während der Sinterbildung das radioaktive Mutternuklid ^{234}U ohne seine radioaktive Tochter ^{230}Th in die Karbonatminerale eingebaut wird. Der Calcit der Kalksinter baut bei der Kristallisation ca. 0,1 bis 1 µg Uran, jedoch nur geringste Spuren des Elementes Thorium ein. Dies wird durch die vergleichsweise sehr hohe Löslichkeit des Urans relativ zum eher partikelreaktiven Thorium bewirkt. Nach der Fällung des Urans zusammen mit dem Calciumcarbonat wächst aus dem radioaktiven Zerfall des ^{234}U wiederum die ^{230}Th-Aktivität als Funktion der Zeit an. Aus dem $^{230}Th/^{234}U$-Aktivitätsverhältnis, welches nur zwischen null und ca. eins liegen kann, läßt sich dann direkt das entsprechende Alter ablesen.

Für die Zuverlässigkeit des abgeleiteten Alters müssen wesentliche Randbedingungen erfüllt sein. Zum einen darf das System nicht gestört sein, d.h. es darf von der Bildung des Sinters bis zur Probenentnahme weder Uran zu- oder abgeführt noch Thorium aus anderen Quellen zugeführt werden. Weiterhin muß davon ausgegangen werden können, daß das $^{230}Th/^{234}U$-Verhältnis am Anfang ungefähr null

Abb. 5: An einem Makkaroni „festgeklebte", tote Fliege.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

war und daß das initiale $^{234}U/^{238}U$-Aktivitätsverhältnis bekannt ist. Bei der Datierung von Höhlensintern bzw. von Travertinen kann nicht davon ausgegangen werden, daß das $^{230}Th/^{234}U$-Verhältnis am Anfang null war, da die reinen Calcite meistens durch Beimischung von klastischen Materialien, insbesondere Tonen, relativ große Einträge des ^{230}Th-Isotops erfahren. Dieser Kontaminationseffekt ist gering, wenn das $^{230}Th/^{232}Th$-Aktivitätsverhältnis >20 ist.

Die Zuverlässigkeit der Sinteralter kann durch Isotopenaustausch zwischen dem Hydrogenkarbonat des Höhlenwassers und dem Calcit des Sinters, sekundären Ausfällungen von Karbonaten in Hohlräumen sowie Auswaschungen und Verlagerungen des primär eingelagerten Urans nachhaltig beeinträchtigt werden (GEYH & FRANKE 1981; GEYH 1990; GEYH & SCHLEICHER 1990). Bei der U/Th-Datierungsmethode führt dies meist zu erhöhten Altern, während bei der bisher häufiger angewandten ^{14}C-Datierungsmethode ein Trend zu geringeren Altern besteht. Leider existiert für Speläotheme kein selbst konsistentes und hinreichendes Isotopenkriterium, welches eine Überprüfung der Bedingung des geschlossenen Systems zuließe.

Ob Uran-Mobilität vorlag oder ob Uraninhomogenitäten im Sintermaterial vorhanden sind, kann jedoch durch verschiedene andere Untersuchungsmethoden festgestellt werden. Daher geht den Datierungen eine sehr kritische Probenauswahl voraus, die durch eine Reihe von mineralogisch/petrologischen Untersuchungen flankiert sein muß. So können z.B. Analysen von An- und Dünnschliffen im UV-Licht Aufschluß über die Verteilung des Urans im Sinter geben. Untersuchungen mit Hilfe der Mikrosonde bzw. der Kathodenlumineszenz (KL) erlauben ein „Element Mapping", welches ebenfalls Hinweise auf Uran-Mobilität geben kann. Weiterhin sind Proben zu vermeiden, welche über eine hohe Porosität verfügen und so ein Zirkulieren von Wässern erlaubten.

Mit der TIMS-U/Th-Datierungsmethode steht, wenn die geschilderten Bedingungen erfüllt sind, nun eine hinreichend genaue Methode für den Zeitraum der letzten 400 000 Jahre zur Verfügung (EISENHAUER & HENNIG 1997). Die benötigte Probenmenge bewegt sich nur noch im Bereich von einem Gramm.

Der Stalagmit ZooSi2 stammt aus einem 10 m mächtigen Sedimentprofil, welches im sogenannten Aufzugsschacht aufgenommen wurde (Abb. 3). Das Profil beginnt im Liegenden mit dem anstehenden Fels, über dem dann eine 2 m mächtige Abfolge von gelb-grauer Dolomitasche folgt. Nach oben hin zeigt diese eine rostrote Verfärbung. Als nächstes folgt eine ca. 50 cm dicke Sinterlage. Da das Sediment 50 cm unterhalb dieser Lage modern anthropogen ausgeräumt war, konnte die Basis dieser Sinterlage betrachtet werden. Hier zeigten sich in die Basis der Sinterlage eingebackene, umgestürzte Stalagmiten und Stalaktiten, wovon drei als Proben genommen wurden, darunter auch die Probe ZooSi2. Es muß sich um die älteste noch vorhandene Sintergeneration in der Zoolithenhöhle handeln.

Für die Basis des etwa 20 cm langen und 8 cm dicken Stalagmiten ZooSi2 konnte ein Alter von 342 051 ± 71 408 Jahre BP ermittelt werden. Die Stalagmitenspitze war auf Grund von sekundärem Uranverlust nicht datierbar. Das ermittelte Basisalter, der Lagenaufbau des Stalagmiten, seine Größe sowie die Gesamtprofilabfolge und die biostratigraphischen Altershinweise für den oberen Teil des Profiles machen das Intergalzial der OIS 9 als Wachstumszeit für den Stalagmiten sehr wahrscheinlich (Abb. 1). Sicher ist auf jeden Fall, daß er mittelpleistozänen Alters ist, was bedeutet, daß auch die Insektenreste ein solches Alter besitzen.

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

5. Dank

Dank gilt Frau Dr. Susanne Feist-Burkhard für die Möglichkeit, die Proben im palynologischen Labor des Geologisch-Paläontologischen Instituts der TU Darmstadt aufbereiten zu lassen, und für die Unterstützung bei der Mikroskopierarbeit und den photographischen Aufnahmen der Objekte.

Für die Bestimmung der Insektenreste danke ich Dr. Klaus Wenderoth / Universität Marburg, Dr. Martin Westermann / Universität Jena und Stefan Zaenker / Biospeläologisches Kataster Hessen / Fulda.

Herrn Erich Ziegler danke ich für die Erlaubnis, in der Zoolithenhöhle forschen zu dürfen, Herrn Peter Conrad und Frau Gaëlle Rosendahl für die Hilfe bei der Probenentnahme.

Die Forschungen in der Zoolithenhöhle wurden von der DFG im Rahmen der Projekte Ke-287/17-1 und Ei-272/7-1 gefördert.

6. Literatur

Bastin, B. (1978): L'analyse pollinique des stalagmites: une nouvelle possibilité d'approche des fluctuations climatiques du Quaternaire. - Annales de la Société Géologique de Belgique, 101, 13-19; Bruxelles.

Bastin, B. (1982): Premier bilan de l'analyse pollinique de stalagmites holocénes en provenance des grottes belges.- Revue Belge de Géographie, 106/1: 87-97; Bruxelles.

Bastin, B. (1990): L'analyse pollinique des concrétions stalagmitiques: méthodologie et résultats en provenance des grottes belges. - Karstologia Mémoires, 2: 3-10; Lyon.

Dansgaard, W., Jonsen, S.J., Calusen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hivdberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjörndottir, A.E., Jouzel, J. & Bond, G. (1993): Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. - Nature, 364: 218-220.

Eisenhauer, A. & Hennig, G. (1997): Methoden zur Altersbestimmungen von Tropfsteinen. - In: Kempe, S. (Hrsg.): Welt voller Geheimnisse. Höhlen. - Sonderausgabe HB Bildatlas, S. 62-69; Hamburg.

Esper, J. F. (1774): Ausführliche Nachricht von neuentdeckten Zoolithen unbekannter vierfüsiger Thiere, und denen sie enthaltenden, so wie verschiedenen anderen, denkwürdigen Grüften der Obergebürgischen Lande des Marggrafthums Bayreuth. - 148 S.; Nürnberg.

Geyh, M. A. & H. W. Franke (1981): „Datierungsprobleme mit quartären Höhlensinter." Laichinger Höhlenfreund 16, S. 21-28; Laichingen.

Geyh, M. A. (1990): Einige Probleme bei der absoluten Altersbestimmung von Höhlensinter. Karstologia Mémoires 2: 47-50.

Geyh, M. A. & H. Schleicher (1990): Absolute Age Determination. Physical and Chemical Dating Methods and their Application. Heidelberg.

Groiss, J. T. (1972): Paläontologische Untersuchungen in der Zoolithenhöhle bei Burggaillenreuth. Ein vorläufiger Bericht. - In: Heller, F. [Hrsg.]: Die Zoolithenhöhle bei Burggaillenreuth. 200 Jahre wissenschaftliche Forschung 1771-1971, Erlanger Forschungen, Reihe B, Bd. 5: S. 79-93; Erlangen (Universitätsbund Erlangen-Nürnberg e.V.).

Heller, F. (1972): Die Forschungen in der Zoolithenhöhle bei Burggaillenreuth von Esper bis zur Gegenwart. - In: Heller, F. [Hrsg.]: Die Zoolithenhöhle bei Burggaillenreuth. 200 Jahre wissenschaftliche Forschung 1771-1971, Erlanger Forschungen, Reihe B, Bd. 5: S. 7-56; Erlangen (Universitätsbund Erlangen-Nürnberg e.V.).

Hill, C. & Forti, P. (1997): Cave Minerals of the World. 2.Ed., National Speleological Society, 463 S.; Huntsville, Alabama.

Kempe, S. (1996): Vom Hohlraum zum Kristallpalast. Wie Tropfsteine entstehen. - In:

© Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.; download www.zobodat.at

ROSENDAHL, W. & KRAUSE, E.-B. (Hrsg.): Im Reich der Dunkelheit – über Höhlen und Höhlenforschung in Deutschland - S. 33-52; Gelsenkirchen.

KEMPE, S. (1997): Unterirdische Träume aus Stein: Sinterformen. - In: KEMPE, S. (Hrsg.): Welt voller Geheimnisse. Höhlen. - Sonderausgabe HB Bildatlas, S. 50-55; Hamburg.

KEMPE, S. & ROSENDAHL, W. (1999): Speläotheme als pleistozäne Klimaarchive in Mitteleuropa. - Mitt. Verb. dt. Höhlen u. Karstforsch., 45(2), 100-101; München.

MARTINSON, G.D., PISIAS, N.G., HAYS, J.D., IMBRIE, J., MOORE, T.C. & SHAKLETON, N.J. (1987): Age dating and the orbital theory of the ice ages: Development of a high-resolution 0 to 300 000 year chronostratigraphy. - Quaternary Research, 27, S.1-20.

MOORE, G. W. (1952): Speleothem - a new term. - National Speleological Society News, Vol. 10, Nr. 6, S. 2.

NIGGEMEYER, B. & SCHUBERT, D. (1972): Neuentdeckungen in der Zoolithenhöhle bei Burggaillenreuth. - In: HELLER, F. [Hrsg.]: Die Zoolithenhöhle bei Burggaillenreuth. 200 Jahre wissenschaftliche Forschung 1771-1971, Erlanger Forschungen, Reihe B, Bd. 5: S. 57-62; Erlangen (Universitätsbund Erlangen-Nürnberg e.V.).

QUINIF, Y. & BASTIN, B. (1994): Datation uranium/thorium et analyse pollinique d'une séquence stalagmitique du stade isotopique 5 (Galerie des Verviétois, Grotte de Han-sur-Lesse; Belgique). - Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 318, série II:211-217; Paris.

ROSENDAHL, W. (1999): Über die Bedeutung von Höhlen und Höhleninhalten für die Rekonstruktion von Leben und Umwelt im Pleistozän. - In: BOETZKES et al.(Ed.): Eiszeit. - S. 107-120; Thorbecke Verlag, Stuttgart.

ROSENDAHL, W. (2001): Die Zoolithenhöhle bei Burggaillenreuth / Fränkische Alb. - Klassische Fundstellen der Paläontologie, Bd.4; 8 S.; Goldschneck Verlag Korb (im Druck).

ROSENDAHL, W. & KEMPE, S. (2000): Sinterchronologie – Paläoklima im Pleistozän Zentraleuropas. Bericht zum DFG-Projekt Ke. - 28 S.; Darmstadt (unveröff.)

ROSENDAHL, W., DARGA, R., KÜHN, R. & PACHER, M. (2000): Der Höhlenbär in Bayern.- 48 S.; Verlag Dr. F. Pfeil, München.

ROSENMÜLLER, J. C. (1794): Quaedam de ossibus fossilibus animalis cuiusdam, historiam eius et cognitionem accuratiorem illustrantia, dissertatio, quam d. 22. Octob. 1794 ad disputandum proposuit Ioannes Christ. ROSENMÜLLER Heßberga-Francus, LL.AA.M. in Theatro anatomico Lipsiensi Prosector assumto socio Io. Chr. Aug. HEINROTH Lips. Med. Stud. Cum tabula aenea. - 34 S., 1 Kupfertaf.; Leipzig.

TIETZ, G. F. (1988): Zur Genese rezenter Karbonatbildungen in Dolomithöhlen Frankens. -In: Verband dt. Höhlen- u. Karstforscher (Hrsg.), Karst und Höhle 1988, Beiträge zur Karst- und Höhlenforschung in Franken. S. 7-79. München.

ZAENKER, S. (2000): mündliche Mitteilung

Anschrift des Autors:
Dr. Wilfried Rosendahl
Institut für angewandte Geowissenschaften
TU Darmstadt
Schnittspahnstr. 9
D-64287 Darmstadt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Natur und Mensch - Jahresmitteilungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: 1801-2001

Autor(en)/Author(s): Rosendahl Wilfried

Artikel/Article: Insektenreste aus einem mittelpleistozänen Höhlensinter der Zoolithenhöhle (D109) bei Burggaillenreuth/ Fränkische Alb 159-168