

# DIE HÖHLE

## ZEITSCHRIFT FÜR KARST UND HÖHLENKUNDE

Jahresbezugspreis: Österreich S 120.-  
Bundesrepublik Deutschland DM 20.-  
Schweiz sfr 18.-  
Übriges Ausland S 140.-

DVR 0556025

Gefördert vom Bundesministerium für  
Wissenschaft und Verkehr in Wien

Organ des Verbandes österreichischer  
Höhlenforscher / Organ des Verbandes der  
deutschen Höhlen- und Karstforscher e. V.

AU ISSN 0018-3091

AUS DEM INHALT:

Das Hoti-Höhleensystem im Oman (Pavuz, Seemann und Mais) / Gastropoden aus dem Hoti-Höhleensystem (Frank) / Das Jahr 1997 in der österreichischen Höhlenforschung - ein Bericht / Kurzberichte / Veranstaltung / Schriftenschau / Impressum

Heft 2

49. Jahrgang

1998

### Das Hoti - Höhleensystem im Akhdar-Gebirge (Oman)

*Von Rudolf Pavuz, Robert Seemann und Karl Mais (Wien)*

#### *Zusammenfassung*

Das Hoti-Höhleensystem im Akhdar Gebirge (Oman) ist eine über 5 km lange Durchgangshöhle. Die größtenteils inaktiven, jedoch ausgedehnten Sinterbildungen sind infolge ihrer Datierbarkeit von Relevanz für die Paläoklimatologie des Jungpleistozäns und Frühholozäns. Die gegenwärtig geringe Sinterneubildung korreliert mit sehr geringen Gesamtabtragsraten. Die Höhle stellt ferner ein bedeutendes Vorkommen blinder Höhlenfische dar und beherbergt umgelagerte Reste eines erheblichen Teiles der im Nordoman vorkommenden Gastropodenfauna, eine neue Art eingeschlossen.

#### *Summary*

The Hoti-Cave-System in the Jabal Akhdar (Oman) is a mostly inactive through-cave with a length of about 5 km. Datable stalagmites contributed to the paleoclimatic reconstructions of the Late Pleistocene and Early Holocene. Today's low deposition of speleothems correlate with very low denudation rates. The cave is of biological significance due to the abundance of blind cave fish and remnants of gastropods including a new species.

## Allgemeines

Im Zuge einer Machbarkeitsstudie (MAIS, PAVUZA & SEEMANN, 1995) zur möglichen Erschließung für den Tourismus wurden auch einige Höhlen im Akhdar-Gebirge (Jabal Akhdar) im Nord-Oman besucht. Das zweifelsohne interessanteste Objekt in diesem Raum ist das über 5 Kilometer lange Hoti-Höhhlensystem. Im Zuge der Arbeiten ergaben sich interessante Aspekte zum Karstabtrag, zu Höhlenschutz und Höhlenbiologie (FRANK, in diesem Heft), die verschiedene isopenphysikalische Ergebnisse anderer Bearbeiter zur jüngeren Klimageschichte dieses Raumes sinnvoll ergänzen und eine deutschsprachige Kurzdarstellung des Höhlensystems rechtfertigen.

## Geographischer Rahmen

Das Hoti-Höhhlensystem liegt in der eher flachen Südabdachung des bis zu 3000 m hohen Akhdar-Gebirges (Nord-Oman) rund 130 km WSW der Hauptstadt Muscat (Abbildung 1) unweit der Ortschaft Al Hamra in etwa  $23^{\circ} 5'$  nördlicher Breite und  $57^{\circ} 21'$  östlicher Länge. Das knapp unter 1000 m hoch gelegene Hoti-Plateau, unter welchem die Höhle liegt, fällt - mit zumeist nur geringem Relief - flach gegen Süden ab und ist größtenteils vegetationslos.

Das Höhlensystem wurde erstmals vom WALTHAM, BROWN & MIDDLETON (1985) beschrieben.



Abbildung 1: Lage des Hoti-Höhhlensystems auf der Arabischen Halbinsel

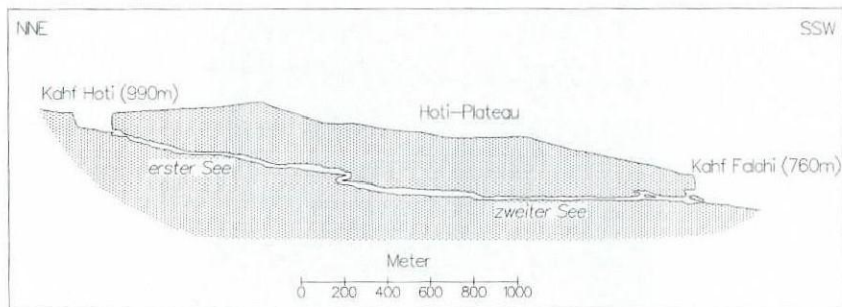


Abbildung 2: Schematischer Schnitt durch das Hoti-Höhlensystem  
(nach MAIS, PAVUZA & SEEMANN 1995, leicht verändert)

### Höhlenbeschreibung

Das aus den Abschnitten Kahf Hoti (im Norden) und Kahf Falahi (im Süden) bestehende Höhlensystem stellt eine rund 5 Kilometer lange Durchgangshöhle dar (Abbildung 2). Der obere Eingang (Hoti) befindet sich am westlichen Ende des Wadi Hoti, eines steilwandigen Karstsacktales in 990 Meter Seehöhe (Abbildung 3).



Abbildung 3: Wadi Hoti (Karstsacktal) mit dem Eingang zur Kahf Hoti



*Abbildung 4: Inaktive (fossile?) Sinterbecken in der Kahl Falahi (Hoti-Höhlensystem)*

Von dort führt die Höhle nach einem schachtartigen Beginn stetig abfallend - zum Teil über hausgroßes Blockwerk - rund einen Kilometer bis zum ersten See, der etwa 80 Meter unter dem Eingangsniveau liegt. Nach weiteren zwei Kilometern wird der große, rund 800 Meter lange zweite See und schließlich - vorbei an inaktiven Sinterkaskaden, Sinterbecken (Abbildung 4) und Tropfsteinen - der untere Eingang erreicht, der erst durch mühsame Kletterei, steil aufwärts durch eine 20 Meter lange Blockzone, bezwungen werden kann. Das weithin sichtbare Portal oberhalb der Blockzone (Abbildung 5) endet blind.

#### *Zur Geologie*

Das WNW-ESE streichende Akhdar-Gebirge stellt eine Aufwölbung eines präpermischen Grundgebirges dar, das von kretazischen Schelfkarbonaten der „Waisa-Group“ (Alb-Turon) - einer Teilabfolge der „Hajar-Supergroup“ - ummantelt wird. Aus diesem Grunde fallen diese Karbonatsteine an der Südseite des Gebirges, wo das Hoti-Höhlensystem liegt, flach in südliche Richtung ein. Dieses Schichtfallen ist für die Höhlengenesse zweifelsohne von elementarer Bedeutung. Zu erwähnen ist, daß die Aufwölbung dieser zur „Arabischen Platte“ gehörenden autochthonen Einheiten erst im Jungtertiär - im jungalpidischen Zyklus - erfolgte und mit fortschreitender Einengung des Golfes von Oman noch immer anhält. Vorher - in der Oberkreide - wurde dieser Sockel durch ein aufgeschobenes, ca. 10 - 15 km mächtiges Teilstück ozeanischer Kruste („Ophio-



*Abbildung 5: Unterer Eingang zum Hoti-Höhhlensystem (Kahf Falahi)*

lith“) zusammengeschopt und in die Tiefe gedrückt (HANNA, 1990). Erst intensiver Abtrag des aufgeschobenen allochthonen Daches ermöglichte eine Entlastung und das neuerliche Aufsteigen des alten Untergrundes (NICOLAS, 1995). Die subsequeute Freilegung des Autochthons in Form mehrer großer geologischer Fenster erfolgte zum Teil auch durch Schweregleitung der Ophiolitheinheiten, die sich heute nördlich und südlich des Akhdar-Gebirges befinden.

Das Hoti-Höhhlensystem selbst ist in den erwähnten kretazischen Schelfsedimenten entwickelt. Es sind dies vorwiegend dunkelgraue Kalke, die durch die tektonische Beanspruchung stark beansprucht erscheinen und von zahlreichen, mit weißem Calcit gefüllten Kluftsystemen durchgezogen sind. Sie liegen knapp unter der Überschiebungs- und Abgleitfläche der Ophiolitheinheiten.

Die Lufttemperatur in der Höhle betrug beim Besuch im April 1995 zwischen 22 und 24°, die relative Feuchtigkeit 50-80%, der große Höhlensee wies 22°C Wassertemperatur auf. Das Jahresmittel von Muscat (5m Seehöhe) liegt bei 28,4°C, jenes von Riyadh (591 m Seehöhe) bei 24,3°C. Die Höhlentemperaturen dürften demnach etwa dem Jahresmittel entsprechen. Die Kohlendioxidgehalte der Höhlenluft lagen mit 400-500 ppm nur unwesentlich über dem Wert der Außenluft (ca. 300 ppm).

Es ist evident, daß bei Starkregen das Wadi Hoti als Wassersammler fungiert und das Hoti-Höhhlensystem teilweise und kurzzeitig überflutet wird.

### Mineralogische Beobachtungen

Hinsichtlich der Mineralogie des Höhleninhaltes konnten im Rahmen des Kurzbesuches, abgesehen vom Calciumkarbonat der diversen Sinter, nur Pyrit und Gips identifiziert werden.

Pyrit tritt im oberen Abschnitt des Hoti-Systems in Form zentimetergroßer, zum Teil radialstrahliger Konkretionen im anstehenden Kalk auf. Durch Korrosion sind die Pyrite freigelegt und gelegentlich aus dem Gesteinsverband herausgelöst worden. Die Oberflächen der Aggregate sind durchwegs limonitisiert (Pseudomorphosen). Frisches Sulfid konnte nur mehr in Relikten im Inneren festgestellt werden.

Gips wurde hauptsächlich im unteren Höhlenteil registriert. Dort tritt er in Form feiner Krusten und Ausblühungen an den Höhlenwänden, vorwiegend aber als große Kristalle im tonig-sandigen Höhlensediment - auffälligerweise auch an der Unterseite der jetzt nicht mehr aktiven Bodensinterplatten - auf. Die bis zu 7 cm langen und 1-2 cm breiten stengeligen Kristalle haben meist skelettartig korrodierte Oberflächen, sind aber im Inneren glasklar. Wieweit ein mutmaßlicher Zusammenhang zwischen den Sulfiden im Oberteil und den Gipsen im Unterteil der Höhle besteht, oder ob eine andere Herkunft (Oberflächen-

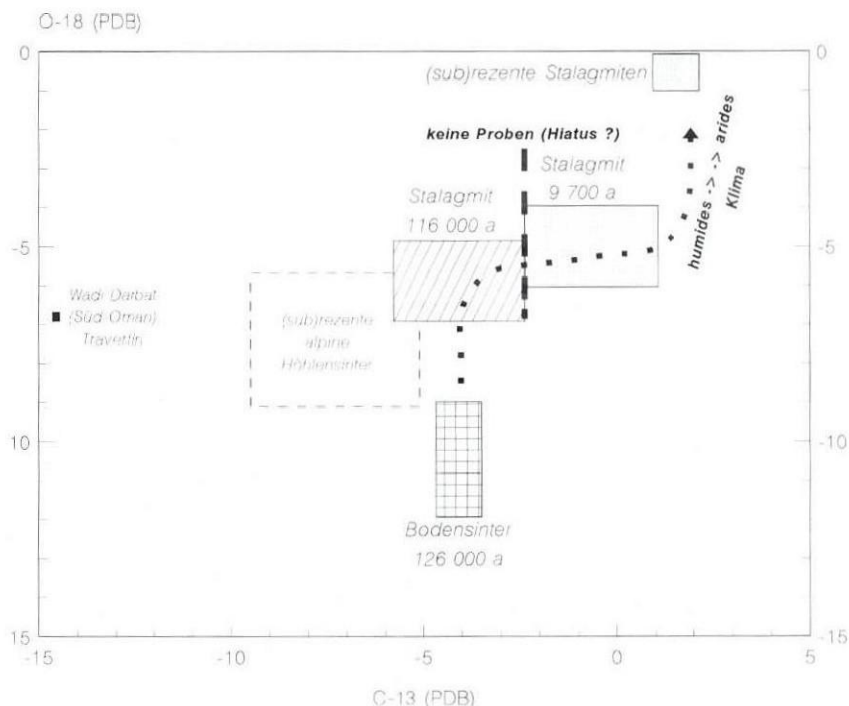


Abbildung 6: Zeitliche Entwicklung der Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotopenverhältnisse in Sintern aus dem Hoti-Höhle system (unter Verwendung der Daten von BURNS & MANGINI, 1996)

wässer, Thermalwässer oder überlagernde Evaporithorizonte) in Frage kommt, müßte erst mittels Schwefelisotopenuntersuchungen geklärt werden.

Interessanterweise betrug der Sulfatgehalt des zweiten, großen Höhlensees lediglich  $\leq 5$  mg/l.

#### *Hinweise auf Klima und Verkarstungsphasen (Spätglazial/Holozän)*

Beim Besuch der Höhle fällt vor allem die völlige Inaktivität der meisten Höhlensinter auf (siehe auch Abb. 4). Die Frage nach möglichen Phasen stärkerer Sinterbildung im Hoti-Höhlensystem wurde kürzlich von BURNS & MANGINI (1996) mittels der stabilen Isotopen  $^{13}\text{C}$  und  $^{18}\text{O}$  untersucht. Dabei ergab sich bei den untersuchten Proben zum einen eine interessante Abfolge bei den Isotopenwerten, zum anderen ein möglicher Hiatus in der Tropfsteinbildung während des Jungpleistozäns (Abbildung 6). Die jüngsten massiveren Tropfsteine sind knapp 10 000 Jahre alt. Bei den rezenten Sintern handelt es sich durchwegs um sehr kleine Stalagmiten.

Ergänzende Isotopenuntersuchungen an Travertinen aus dem nördlichen Oman durch CLARK & FONTES (1989) erbrachten für den Bereich von 12 500 bis 6 500 b. p. Hinweise auf einen Zeitraum stark erhöhter Monsunaktivität, gefolgt von der bis heute andauernden „hyperariden“ Phase. Für die älteren Bereiche des Jungpleistozäns indessen erscheint die Korrelation mit den Höhlensintern vorerst schwieriger, da es von mindestens 35 000 b.p. bis 19 000 b.p. nach der Travertinbildung ebenfalls ein Pluvial mit erhöhter Monsuntätigkeit gegeben hat. Aus diesem Zeitraum wurden aber bislang noch keine Höhlensinter datiert.

Ältere Travertine fehlen, doch wird aus der nordwestlichen Sahara eine humide Phase im Zeitraum von etwa 80 000 - 100 000 b.p. postuliert (zit. in CLARK & FONTES, 1989), die möglicherweise auf frühere humide Phasen auch im Bereich des Hoti-Plateaus hinweisen könnte, die dann mit der bislang ältesten Sintergeneration korrelieren würden.

Ergänzend sei angemerkt, daß die Isotopenwerte der Travertine aufgrund der unterschiedlichen Genese ganz wesentlich von jenen der Höhlensinter abweichen. Sie liegen im Diagramm im Bereich jener von uns untersuchten Probe aus inaktiven (fossilen?) Tuffkaskaden im Wadi Darbat im Südoman. (Diese Probe entspricht in der Abfolge der Isotopenwerte der datierten nordomanischen Tuffe jenen mit einem Alter von  $> 10$  000 Jahren. Eine absolute Datierung mittels  $^{14}\text{C}$  steht allerdings noch aus.)

#### *Gegenwärtiger Karstabtrag*

Die Beobachtungen in der Höhle sowie die aktuellen klimatischen Gegebenheiten lassen a priori keinen großen Gesamtabtrag im Nord-Oman erwarten. Es ist auch bezeichnend, daß im globalen Vergleich der Abtragsraten bei JENNINGS (1985) Beispiele aus ariden Gebieten fehlen.

Der Gesamtabtrag wird abgeschätzt aus den mittleren Karbonatgehalten der Karstwässer und der Menge an versickerndem Niederschlagswasser, bezogen auf  $1 \text{ km}^2$  und Jahr.

Als typisch für die Karstwässer des weiteren Gebietes um das Hoti-Höhlensystem kann das kommerziell genutzte „Mineralwasser“ von Tanuf, 10 km SE der Höhle, mit einem Gehalt von rund 400 mg/l vom Typ „Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ “

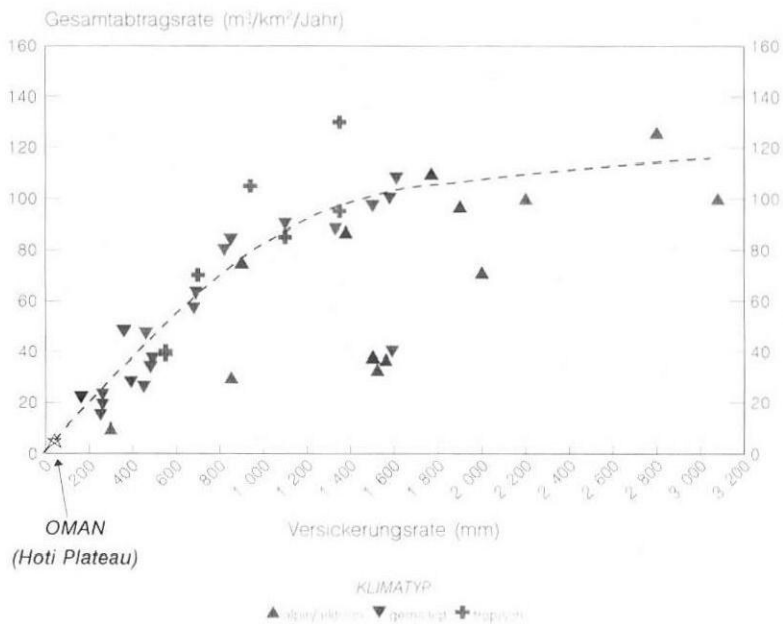


Abbildung 7: Abtragsraten im Bereich des Hoti-Höhlensystems im Vergleich mit internationalen Werten (nach JENNINGS, 1985, umgezeichnet)

betrachtet werden. Ein weiterer Hinweis ergibt sich aus der Analyse des Karstwassers aus dem großen Höhlensee im Hoti-Höhlensystem selbst (270 mg/l, Typ „Ca-HCO<sub>3</sub>“).

Klimadaten liegen für den Bereich um Muscat vor (MÜLLER, 1996) und können für diese Abschätzung auch für den gegenständlichen Bereich herangezogen werden. Aus den Angaben wird ersichtlich, daß im Nord-Oman allenfalls gelegentliche, jedoch keinesfalls jährlich auftretende Starkregen in den Wintermonaten Dezember bis Februar höhere Werte als die monatliche potentielle Verdunstung ergeben. Aus diesen Daten läßt sich ein rein rechnerischer „Jahresdurchschnitt“ für die Versickerungsrate von rund 40 mm mit einem allerdings recht großen Unsicherheitsintervall ermitteln.

Das Ergebnis dieser Ausgangsdaten ist in der Abbildung 7 eingetragen. Der Wert von rund 5 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> und Jahr liegt recht gut im globalen Trend. Für die im vorigen Abschnitt erwähnten Zeitabschnitte des Spätglazials/Frühholozäns mit stark erhöhter Monsunaktivität im Nord-Oman wären vermutlich Abtragswerte etwa in jenen Bereichen der Kurve zu erwarten, wo auch die Beispiele aus tropischen Karstgebieten - und somit nennenswerten potentiellen Höhlenneubildungsraten - liegen.

#### Hinweise zur Höhlenbiologie

Im Zuge der Untersuchungen wurde eine kleine Menge Höhlensediment, das offensichtlich Gastropodenreste enthielt, entnommen und C. FRANK



(Wien) zur Bearbeitung übergeben. Neben 5 bereits bekannten Arten (dies sind 40% der im Nord-Oman überhaupt bekannten Arten!) konnte dabei auch eine bislang unbekannt Species nachgewiesen werden (siehe FRANK, 1998, dieses Heft). Bedeutsam ist die Höhle ferner durch das Vorkommen einer blinden, rosafarbenen Fischart (*Garra barreimiae*), die an die Höhlenbedingungen hoch angepaßt ist. Auch eine im Gesamten etwa 8 cm durchmessende hellgrau/dunkelgrau-farbige, schlanke Laufspinne, deren auffälligstes Merkmal stark reflektierende Augen waren, konnte in den tagfernen inneren Teilen der Höhle kurz beobachtet und wenigstens fotografisch dokumentiert werden.

### *Gefährdung der Höhle*

Hauptaufgabe der erwähnten Machbarkeitsstudie war die Erstellung eines Konzeptes zu einer möglichen Erschließung der Höhle für den Tourismus unter größtmöglicher Schonung des Ökosystems. Neben einigen technischen Erfordernissen (Einbauten, Sicherheitsmaßnahmen), die das Gepräge der Höhle in einigen Bereichen sicherlich verändern würden, erscheint dabei als akuteste Gefährdung jene der in den Höhlengewässern lebenden Höhlenfische durch „Höhlenschwimmer“. Unter ungünstigen Voraussetzungen (zunehmende Zahl von Besuchern, schwächere Monsuntätigkeit) erscheint die Population - unter anderem durch die Einbringung von Sonnenschutzmitteln, die den Sauerstoffhaushalt beeinträchtigen könnten - bedroht. Deshalb wurde empfohlen, zwar nicht den Höhlentourismus an sich, jedoch das recht populäre Schwimmen im 800 m langen zweiten Höhlensee zu unterbinden.

### *Angeführte Literatur*

- BURNS, S. J. & MANGINI, A. (1996): Holocene and late Pleistocene Climate in Oman and Relation to the SW Indian Ocean Monsoon. - Amer. Geophys. Union Fall Meeting Abstracts.
- CLARK, I. D. & FONTES, J.-C. (1990): Paleoclimatic Reconstruction in Northern Oman Based on Carbonates from Hyperalkaline Groundwaters. - *Quaternary Research*, 33:320-336.
- FRANK, C. (1998): Mollusken aus dem Hoti-Höhlensystem (Oman). - *Die Höhle* (Wien), 48 (2), 42-48.
- HANNA, S. S. (1990): The Alpine deformation of the Central Oman Mountains. - in: ROBERTSON, A. H. F., SEARLE, M. P. & RIES, A. C. (EDS.): *The Geology and Tectonics of the Oman Region*. - Geol. Soc. Spec. Publ. No. 49: 341-359
- JENNINGS, J. N. (1985): *Karst Geomorphology*. - Oxford (Basil Blackwell), 293 S., 91 Abb.
- MAIS, K., PAVUZA, R. & SEEMANN, R. (1995): *Show Caves in Oman - Feasibility Study*. - Unpubl. Bericht an das Ministry of Commerce and Industry for Tourism (Muscat, Oman), Eigenverlag Naturhistorisches Museum Wien, 91 Seiten.
- MÜLLER, M. J. (1996): *Handbuch ausgewählter Klimastationen der Erde*. - Mertesdorf/Ruwertal (Forschungsstelle Bodenerosion Univ. Trier), 5. Heft, 1272 Stationen, 12 Karten
- NEUBERT, E. & FRANK, C. (1996): A new *Gulella* (*Gulella protruda* n. sp.) from Oman. - *Arch. Molluskenkunde* (Frankfurt/M.), 126 (1/2): 125-127.
- NICHOLAS, A. (1995): *Die ozeanischen Rücken*. - Berlin-Heidelberg (Springer), 200 Seiten.
- WALTHAM, A. C., BROWN, R. D. & MIDDLETON, T. C. (1985): Karst and Caves in the Jabal Akhdar, Oman. - *Transactions of the British Cave Research Association*, 12 (3): 69-81.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [049](#)

Autor(en)/Author(s): Pavuza Rudolf, Seemann Robert, Mais Karl

Artikel/Article: [Das Hoti - Höhlensystem im Akhdar-Gebirge \(Oman\) 33-41](#)