

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 mit Förderung des
Bundesministeriums für Wissenschaft
und Forschung in Wien

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

AU ISSN 0018-3091

AUS DEM INHALT:

Manganhaltige Ablagerungen in der
Rettenbachhöhle (Menne) / Paläontologische
Probegrabung in der Dachstein-Rieseneishöhle
(Pacher) / Geologisch-tektonische Kluff-
messungen im Bereich der Falkensteiner
Klippe (Verginis) / Karst, Höhlen, Natur- und
Umweltschutz / Union Internationale de
Spéléologie / Kurzberichte / Kurzvermerkt /
Veranstaltungen / Schriftenschau

Heft 3

47. Jahrgang

1996

Manganhaltige Ablagerungen in der Rettenbachhöhle (Kat.Nr. 1651/1, Oberösterreich) und ihre Zusammenhänge mit mikrobiologischen Prozessen

Von Benjamin Menne, Mühlacker (Bundesrepublik Deutschland)

Zusammenfassung:

In der hochphreatischen Zone der Rettenbachhöhle bei Windischgarsten (Oberösterreich) werden umfangreiche schwarze Überzüge auf den Höhlenwänden gefunden. Es wurde festgestellt, daß vor allem das Element Mangan zur Färbung führt. Die selektive Anreicherung von Mangan in den dünnen schwarzen Schichten wurde nachgewiesen. Eine mikrobiologisch bedingte Entstehung der Ablagerungen ist höchst wahrscheinlich.

Summary:

In the semiphreatic zone of the Rettenbachhöhle near Windischgarsten (Oberösterreich) extensive black deposits at the cave walls are situated. It was recognized that mainly the element manganese is responsible for the black colour. Selective enrichment process of manganese within the thin black layers was detected. A microbiologic induced origin of the deposits is most probable.

Einleitung

Schwarz gefärbte Überzüge auf Tropfsteinen, Wänden oder Lehmlagerungen werden in vielen Höhlen beobachtet. Die Entstehung der Farbschichten ist in der Vergangenheit auf verschiedene Weise erklärt worden (Chapman 1993, Hill 1982, Klappacher und Haseke-Knapczyk 1985). Es kann als sicher gelten, daß schwarze

Überzüge auf Höhlenwänden tatsächlich die unterschiedlichsten Ursachen und Entstehungsprozesse haben. Eine ganz simple Erklärung mag in der Verwendung von Fackeln bei Höhlenbesuchen bestehen. Die aus dem Rauch abgeschiedenen Rußschichten lassen sich rein aus der Beobachtung heraus nur schwer von mineralischen Schichten unterscheiden, die durch geochemische und/oder geomikrobiologische Prozesse entstanden sind. Besonders im deutschen Sprachraum wird häufig übersehen, daß Mikroorganismen in praktisch allen chemischen Prozessen der Verkarstung eine Rolle spielen. Möglicherweise wird sogar übersehen, daß Mikroorganismen im Karstgebirgskörper fundamentale Funktionen bei der Höhlenbildung haben. Darüber hinaus spielt eine genaue Kenntnis der mikrobiologischen Vorgänge in Karst(wasser)körpern eine wichtige Rolle bei der wirtschaftlichen Nutzung der Süßwasserreserven des Karstes.

In jüngster Zeit berichteten Clemens, Jantschke und Schäffler (1995) über das Vorkommen und die Herkunft von Eisen-Mangan-Erzen in Höhlensedimenten der Reiteralp (Berchtesgadener Alpen). Eine allochthone Zufuhr gerade des Mangans aus den Zentralalpen durch die oligozänen Flußläufe wurde als wahrscheinlichste Herkunft der erzbildenden Stoffe beschrieben. Bei den Erzfinden handelt es sich um recht umfangreiche Ablagerungen.

Chapman (1993) beschreibt das Auftreten von schwarzen Eisen-Mangan-Ablagerungen biogener Genese auf Knochen, Wänden und Höhlensedimenten. Der vorliegende Aufsatz soll die schwarzen Ablagerungen und Wandüberzüge in der Rettenbachhöhle bei Windischgarsten (Oberösterreich) als Beispiel für eine mögliche biogene Entstehung von Eisen-Mangan-Erzen in Höhlen vorstellen.

Ergebnisse:

1. Die Fundsituation in der Rettenbachhöhle (Teufelsloch) bei Windischgarsten (Kat.Nr. 1651/1).

Der Eingang der Rettenbachhöhle befindet sich in 663 m Seehöhe im Süden des Sengengebirges. Die heute bekannten Gangteile lassen sich überwiegend der hochphreatischen Zone zuordnen. Der Eingangsbereich wird von massiven Störungen und der - teils unscharfen - Schichtgrenze Wettersteinkalk/Wettersteindolomit bestimmt. In der Hauptsache folgt die Höhle einem NNO streichenden Störungssystem. Neben der Steyerquelle auf der Nordseite des Gebirges handelt es sich bei der mit der Höhle in direktem hydrologischem Zusammenhang stehenden Rettenbachquelle um die größte und wichtigste Karstquelle des Gebirgszuges.

Die Höhle war und ist das Ziel zahlreicher wissenschaftlicher Arbeiten (Weißmair und Hauser 1992). Zur Zeit wird die Hydrologie durch Datenlogger sehr genau dokumentiert (Wimmer 1995). Auch die Wasserchemie und eine epidemiologisch orientierte mikrobiologische Untersuchung der Quellwässer finden im Rahmen des Nationalpark-Karstprogrammes statt.

Im Höhlenplan (Thaler 1976) ist eigens eine Markierung enthalten, die vom sogenannten Mittagsberg an höhleneinwärts den sogenannten „Schwarzen Bereich“ anzeigt, also die Zone der schwarzen Wandablagerungen kartiert. Wie die Messungen des Hydrografischen Dienstes verdeutlichen (Wimmer 1995), stimmen die Hochwasserstände in der Dückenröhre und dem Seengang sehr gut mit der Verbreitung der schwarzen Überzüge überein.

Eine biogene Entstehung der schwarzen Schichten wurde schon mehrfach

für möglich gehalten (mündl. Mitteilung an den Verfasser). Im Verlauf einer Exkursion im Rahmen eines Workshops des Nationalpark-Karstprogrammes sammelte der Verfasser nun mehrere Probenstücke aus dem „Schwarzen Bereich“ auf, wobei Proben unterschiedlich intensiver Färbung entnommen wurden. Diese wurden einer vergleichenden Laboruntersuchung zugeführt.

2. Mikroskopische Untersuchung der Überzüge

Bei der Betrachtung mit der Stereolupe (20-40fache Vergrößerung) stellte sich heraus, daß die Überzüge komplexer Struktur sind. Es handelt sich nicht um gleichmäßige Farbschichten, sondern meist um punktförmige schwarze Ablagerungen. Je nachdem, wie dicht die einzelnen Punkte nebeneinandersitzen, fällt der Farbeindruck bei Betrachtung mit den bloßen Augen aus: je dichter die Punkte, desto dunkler und schwärzer der Gesamteindruck. In den schwärzesten Bereichen sitzen die einzelnen „Farbpunkte“ sehr dicht nebeneinander, teilweise sind glaskopfartige, warzenähnliche Strukturen erkennbar.

Insgesamt erwies sich die eigentliche schwarze Schicht als relativ dünn (10 - 30 µm), darunter fand sich eine weiße, weichere Zone, welche bei einer Dicke von ca. 100 - 200 µm dem Kalkstein auflagerte. Bei Trocknung der Probenstückchen stellte sich ein polygonales Rißmuster in der Gesamtschicht ein, welches im Stereomikroskop gut beobachtet werden konnte. Je schwächer der schwarze Überzug ausgebildet ist, desto stärker ist die Neigung zur Trockenrißbildung.

Bei der Präparation der schwarzen äußeren Schicht zeigte sich, daß die einzelnen Farbpunkte eine hohe Festigkeit aufweisen und als Plättchen oder Mikroknochen von der weißen Unterlage abpräparierbar sind. Die Untersuchung der Plättchen und Mikroknochen im Durchlichtmikroskop bei bis zu 1000facher Vergrößerung ergab ebenfalls eine ungleichmäßige und an Reaktionszentren gebundene Verteilung der Pigmente. Dazwischen ist eine farbarne Matrix zu erkennen. Insgesamt erinnern die Mikroknochen sehr an das mikroskopische Bild von Belebtschlammflocken in Kläranlagen - also an aquatische Assoziationen von Mikroorganismen. Wie die Untersuchung weiter zeigte, konnten in direkter räumlicher Lagebeziehung zu den Pigmenten Bakterienzellen gefunden werden. Sie bilden Anhäufungen und ganze Matten. An Zellformen wurden überwiegend gebogene Stäbchen beobachtet. Sämtliche Befunde wurden fotografisch dokumentiert.

3. Chemische Untersuchungen der schwarzen Überzüge und von Vergleichsproben

Im Anschluß an die interessanten mikroskopischen Befunde lohnte sich eine chemische Untersuchung der Auflagerungen. Zuerst führten wir eine Laser-UV-Emissionsspektalanalyse durch. Mit dieser Methode können gezielt kleinste Punkte in Oberflächen betrachtet werden. Es wurden speziell die schwarzen/braunen Pigmentzentren (Mikroknochen) untersucht. Der Untersuchungsbefund (Metalle und Halbmetalle) lautete wie folgt:

Hauptelemente: Calcium, Silicium, Mangan, Eisen, Magnesium
Nebenelemente und Spuren: Titan, Aluminium

Die Untersuchungsmethode liefert rein qualitative Ergebnisse. Das Vorkommen von Mangan und Eisen kann als direkter Hinweis für die Natur der Pigmente verstanden werden. Es handelt sich um dünne Lagen von Mangan-Eisen-Ablagerungen.

Den Bericht von Clemens, Jantschke und Schäffler (1995) heranziehend, interessierte uns nun das Fe/Mn-Verhältnis in der Gesamtschicht. Dazu wurden unter mikroskopischer Kontrolle Präparate der Pigmentschicht hergestellt und mittels Atom-Absorptions-Spektroskopie (AAS) quantifiziert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 festgehalten.

Element	Symbol	Gehalt in mg/g	Gehalt in Gewichts%
Eisen	Fe	13,3	1,33
Mangan	Mn	27,9	2,79

Tabelle 1: AAS-Ergebnisse in der schwarzen Schicht

Somit ist überwiegend Mangan als färbendes Metall in den schwarzen Überzügen vorhanden. Das Fe/Mn-Verhältnis beträgt 1:2.

Betrachtet man nun die Tatsache, daß sich diese dünnen schwarzen Schichten ja in einem recht großen Bereich der Höhle befinden, stellt sich die Frage nach der Herkunft und Genese. Wir untersuchten deshalb mit gleicher Methodik drei Sedimentproben (Lehm, Feinsand, Grobsand) aus dem fraglichen Höhlenbereich sowie eine Probe des anstehenden Kalkes. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeschlüsselt.

Probe	Mn g/kg	Mn Gewichts%	Fe g/kg	Fe Gewichts%	Fe/Mn-Verhältnis
Kalkstein	0,12	0,012	0,25	0,025	2:1
Lehm	0,56	0,056	17,37	1,74	36:1
Feinsand	0,45	0,045	18,61	1,86	41:1
Grobsand	0,50	0,050	8,12	0,81	16:1

Tabelle 2: Quantitative Messungen an Kalken und Sedimenten der Rettenbachhöhle

In dem recht weiß gefärbten Kalkstein fand sich erwartungsgemäß nur eine geringe Menge der fraglichen Metalle. Die Meßwerte der Sedimente waren sehr viel aufschlußreicher, da sie unter vergleichbaren Bedingungen abgelagert wurden wie die schwarzen Überzüge, welche den Höhlenwänden und den grobklastischen Hohlraumfüllungen anhaften. Was den Eisengehalt betrifft, so konnte keinerlei signifikanter Unterschied festgestellt werden. Er schwankte in den untersuchten Sedimenten zwischen 0,81 und 1,86%. Der Befund in den schwarzen Ablagerungen von 1,33% Fe paßt somit exakt in die auch sonst im Sedimentationsbereich gefundenen Mengen.

Ganz anders ist die Situation beim Mangan. In den Sedimenten wurden Gehalte zwischen 0,045 bis 0,056% gefunden. In den schwarzen Ablagerungen waren dagegen 2,79 % zu finden, was einer relativen Aufkonzentrierung um das 50-60fache entspricht. Somit kommt es in den schwarzen Ablagerungen zu einer selektiven Anreicherung von Mangan.

Diskussion

Die mikroskopischen Befunde weisen zusammen mit den chemischen Untersuchungen deutlich auf eine mikrobiologisch induzierte Entstehung der

schwarzen Ablagerungen hin. Wie schon einleitend ausgeführt, darf dieser Befund jedoch nicht ohne weiteres auf andere, optisch ähnliche Sedimente/Wandüberzüge übertragen werden. Als Beispiel sei hier daher ein Untersuchungsergebnis aus einer Höhle im französischen Jura hinzugefügt. Hier erwiesen sich die schwarzen Auflagerungen, diesmal von alten Sintern entnommen, als nur teilweise löslich. Dort wurde auch kein Überwiegen des Mangans festgestellt (Fe/Mn-Verhältnis = 27:1). Bakterienzellen konnten nur wenige gefunden werden. Die Schwärzung hat andere Ursachen.

Der Größenordnung nach konnten die Ergebnisse von Clemens et al. (1995) in den Sedimenten der Rettenbachhöhle nachvollzogen werden. Im hier beschriebenen Fall hält die Bildung der Erze immer noch an. Während das Element Eisen in Sedimenten und Wandüberzügen praktisch gleichmäßig verteilt ist, muß die Aufkonzentrierung von Mangan als auffallend bezeichnet werden. Die Zufuhr von Mangan erfolgt aus den Elementressourcen der augenblicklichen geochemischen und geologischen Situation. Eine Betrachtung historischer Abläufe ist - im Gegensatz zu der von Clemens et al. vorgeschlagenen Genese der Fe/Mn-Erze der Reiteralm - nicht unbedingt erforderlich. Ein rezenter, aktiver Mechanismus zur selektiven Aufkonzentrierung des Elementes Mangan in Höhlensedimenten wurde nachgewiesen.

Vandenabeele und Vande Woestyne (1995) beschreiben einige wichtige Mechanismen für die mikrobiologische Ablagerung von Manganerzen. Wie bekannt, kommt dem pH-Wert der Wässer - also auch pH-Änderungen - eine fundamentale Bedeutung zu. Nur unter Abwesenheit von Ammonium und Nitrit-Ionen kommt es zur mikrobiologisch gesteuerten Ablagerung von Manganverbindungen. Wie unsere mikroskopischen Befunde ebenfalls nahelegen, kommt es zur Ausbildung extrazellulärer Polymere, welche mit den Manganionen reagieren. Da Mn für Bakterien eine gewisse Toxizität aufweist, könnte dies ein möglicher biologischer Sinn der Manganfixierung sein. Bemerkenswert ist ferner, daß in den Versuchen eine hohe Affinität der manganfixierenden Biozönose zu Oberflächen festgestellt wurde. Aus dem Biofilm können dann Bakterienflocken in das freie Wasser abgegeben werden. Die im Biofilm aggregierten Bakterien stabilisieren möglicherweise ihren Zusammenhalt (Kohäsion) durch die eingelagerten Manganverbindungen. Auch diese Beobachtung läßt sich mit unseren Befunden in Übereinstimmung bringen.

Die gebildeten Manganschichten sind nicht notwendigerweise beständig. Gottfreund und Schweisfurth (1992) zeigen Möglichkeiten der mikrobiologisch induzierten Rücklösung z. B. von Manganoxiden auf.

In jüngerer Zeit wird den außerordentlich vielseitigen mikrobiologischen Prozessen in Grundwässern und auch im Karst vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt. Eine erstaunliche Diversität der Lebensgemeinschaften in diesen Biotopen wurde nachgewiesen (Rusterholtz und Mallory 1994). Sehr viele weitere Untersuchungen sind nötig. So hat z. B. die Beobachtung von Mikrohabitaten (Hirsch 1992, Menne 1992) weitreichende Konsequenzen für die biologischen, chemischen und geologischen Prozesse im Karst. Die Untersuchung von auffälligen Ablagerungen - wie im hier vorgetragenen Falle - ist nur ein Bruchteil der vorhandenen Fragestellungen. Was passiert tatsächlich in den Klüften des Kalksteins?

Um dieser Frage künftig zielgerichteter nachzugehen, mag es sinnvoll sein, Modelle aus der Verfahrenstechnik, z. B. die des Tropfkörpers in biologischen Abwasserreinigungsanlagen, für den Karst umzuformulieren.

Danksagung

Diese Arbeit kam durch die finanzielle Unterstützung privatwirtschaftlicher Untersuchungseinrichtungen zustande (Büro für Ingenieurbioogie, Mühlacker, und Labor für chemisch-technische Untersuchungen, Wiernsheim). Hier danke ich besonders Herrn Dipl.Ing. FH B. Javurek für seine Mitarbeit bei den Laboruntersuchungen. Herrn Dr. Haseke (Salzburg) und Frau Susanne Schmidt (Graz) möchte ich für die Einladung zum Workshop herzlich danken. Meiner Frau Sandra Menne sei für die sorgfältige Literaturarbeit gedankt.

Literaturhinweise

- Chapman P. (1993): Caves and Cave Life. The New Naturalist Library. London.
- Clemens T., Jantschke H., Schäffler M. (1995): Zur Herkunft der Eisen-Mangan-Erze in Höhlensedimenten der Horizontalthöhlen in der Reiteralm (Berchtesgadener Alpen). Die Höhle, 46 (3): 66-74. Wien
- Gottfreund J., Schweisfurth R. (1992): Formation and Transformation of Manganese Oxidation States of Bacteria. In: Matthess G., Frimmel E.H., Hirsch P., Schulz H.D., Usdowski E. (Eds.), Progress in Hydrogeochemistry, 347-357. Berlin.
- Hill C.A. (1982): Origin of black deposits in caves. Bulletin of the National Speleological Society, 44:15-19. Nashville.
- Hirsch P. (1992): Microbiology - Introduction. In: Matthess G., Frimmel E.H., Hirsch P., Schulz H.D., Usdowski E. (Eds.), Progress in Hydrogeochemistry, 308-310. Berlin.
- Klappacher W., Haseke-Knapczyk H. (1985): Salzburger Höhlenbuch, Bd. 4:323-342. Salzburg.
- Menne B. (1992): Einige Befunde zur Besiedelung von klastischen Höhlensedimenten der Schwäbischen Alb durch Mikroorganismen der Ordnung Myxobacterales. Mitt. Verb. dt. Höhlen- und Karstforsch., 38(3):60-62.
- Rusterholtz K.J., Mallory I.M. (1994): Density, Activity, and Diversity of Bacteria Indigenous to a Karstic Aquifer. Microb. Ecol., 28:79-99.
- Thaler H. (1976): Höhlenplan der Rettenbachhöhle (Teufelsloch) bei Windischgarsten O.Ö. Kataster Nr. 1651/1.
- Vandenabeele J., Vande Woestyne M., Houwen E., Germonpré R., Vandensande D., Verstraete W. (1995): Role of Autotrophic Nitrifiers. In: Biological Manganese Removal from Groundwater Containing Manganese and Ammonium. Microb. Ecol. 29:83-98.
- Weißmair W., Hauser E. (1992): Biospeläologische Untersuchungen zur Fauna der Rettenbachhöhle bei Windischgarsten. Nationalpark Kalkalpen, Jahresbericht, 30.01.1992. Leonstein.
- Wimmer M. (1995): Bericht über hydrographische und karsthydrologische Beobachtungen in der Rettenbachhöhle. Mitteilungen des Landesvereins für Höhlenkunde in Oberösterreich, 41(1), lfd.Nr. 100:6-24. Linz.

Bericht über eine paläontologische Probegrabung in der Dachstein-Rieseneishöhle bei Obertraun (Oberösterreich)

Von Martina Pacher (Wien)

Die Dachstein-Rieseneishöhle (Kat.Nr. 1547/17) am Nordrand des Dachsteinmassivs zählt zu den touristischen Attraktionen des Salzkammergutes. Sie ist bei einem Höhenunterschied von 70 Metern rund zwei Kilometer lang. Der bei den Führungen der Besucher benützte heutige Eingang liegt in 1421 m Seehöhe; er wurde erst 1952 für den Schauhöhlenbetrieb freigelegt. Die Besucher verlassen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [047](#)

Autor(en)/Author(s): Menne Benjamin

Artikel/Article: [Manganhaltige Ablagerungen in der Rettenbachhöhle \(KatNr. 1651/1, Oberösterreich\) und ihre Zusammenhänge mit mikrobiologischen Prozessen 69-74](#)