© Verband Österreichischer Höhlenforscher, download unter www.biologiezentrum.at

DIE HÖHLE

ZEITSCHRIFT FÜR KARST- UND HÖHLENKUNDE

Jahresbezugspreis: Österreich S 15,—
Deutschland DM 3,—
Schweiz und übriges Ausland sfr 3,—

Organ des Verbandes österreichischer Höhlenforscher / Organ des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher / Gedruckt unter Verwendung eines Zuschusses des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher

AUS DEM INHALT:

Die Beziehungen zwischen Versinterung und Korrosion (Franke) / Bemerkungen zur Sporentrift (Vornatscher) / Erster Tauchereinsatz im Pießlingursprung (Trotzl) / Eisvorkommen in der Matzen in Kärnten (Gressel) / Oberbaurat Dipl.-Ing. Hermann Bock 80 Jahre (Maurin) / Georg Lahner 90 Jahre (Pilz) / Schriftenschau / Höhlenverzeichnis / Inhaltsverzeichnis

13. JAHRGANG **DEZEMBER 1962** **HEFT 4**

Die Beziehungen zwischen Versinterung und Korrosion

(Beiträge zur Morphologie des Höhlensinters, IV)

Von Herbert W. Franke (Herrsching am Ammersee)

Vorhergehende Arbeiten (Nr. 1—5) haben gezeigt, daß für Sinterabscheidung wie für Korrosion unter dünnen abrinnenden Wasserfilmen die gleichen physikalischen und chemischen Grundlagen ausschlaggebend sind, und zwar die Lösungsgleichgewichte, das Henrysche Austauschgesetz, das Ficksche Diffusionsgesetz und die mechanischen Regeln des Abrinnens von Flüssigkeiten über geneigte Flächen unter dem Einfluß der Schwerkraft. Aus den gemeinsamen Grundlagen ergibt sich eine bemerkenswerte Korrespondenz der Formen. Dabei entsprechen die Bodenformen des Sinters den Deckenformen der Korrosion und umgekehrt.

Ein Beispiel für korrespondierende Formen sind die Sintervorhänge und unterirdische Rinnenkarren. Beiden Gebilden liegen an geneigten Flächen abrinnende Wasserfäden zugrunde, und in beiden Fällen verlegen sich deren Wege im Lauf der betrachteten chemischen Umsetzung, dem Abscheiden beziehungsweise Lösen von Kalk, unter dem Einfluß der Gravitationskräfte vertikal nach unten. Die Formen der Sintervorhänge wie der Rinnenkarren sind daher durch jene Linie bestimmt, die die Punkte jeweils stärkster Neigung verbindet; sie wird als Fallinie bezeichnet. Die Karren folgen daher denselben Gesetzen

© Verband Österreichischer Höhlenforscher, download unter www.biologiezentrum.at

wie oberirdische Bachgerinne; für die Sintervorhänge gibt es keinen entsprechenden obertägigen Vorgang. Beide sind durch ein vertikales Tieferverlegen der Fallinie entstanden zu denken, bei Korrosion durch Eingraben ins Gestein, bei der Versinterung durch Ausscheidung, und somit sind es in der Anlage flächenhafte Gebilde, die nur durch gelegentliches Abrinnen korrosiven beziehungsweise kalkabsetzenden Wassers über die Seitenflächen zu einem mäßigen Breitenwachstum kommen, das sie nach oben erweitert. Beide können sich — wie es den Regeln abrinnenden Wassers entspricht — in Ablaufrichtung nur vereinigen, aber nur in Ausnahmefällen teilen. Senkrecht von oben beziehungsweise von unten gesehen, geben sie das Bild eines sich gegen die Steigung verzweigenden Astes.

Differenziertere Verhältnisse als Karren und Sintervorhänge bieten die Korrosionsformen der Decke und die ihnen entsprechenden Bodensinterformen. Die wichtigsten korrespondierenden Gebilde sind Bodenzapfen und Laugungskolke. Die Geschwindigkeit ihres senkrechten Höhenwachstums ist durch die Formel

$$(1) \qquad \frac{dz}{dt} = \text{const.} \cdot \frac{[CO_2] - [CO_2]_{gl}}{\sqrt[3]{[CO_2]^2} + C_1}$$

$[CO_2]$ . . . . . Konzentration des im zugeführten Wasser physikalisch gelösten Kohlendioxyds im Quellpunkt;

$[CO_2]_{gl}$ . . . . . jene Konzentration des physikalisch gelösten Kohlendioxyds, die (nach dem Henryschen Gesetz) im Gleichgewicht mit der Kohlendioxydkonzentration der Luft steht;

C_1 . . . . . eine von den Dissoziationskonstanten und Lösungsprodukten abhängige Konstante

gegeben (Nr. 4, 5, 6). Ihr Querschnitt ist die Formel

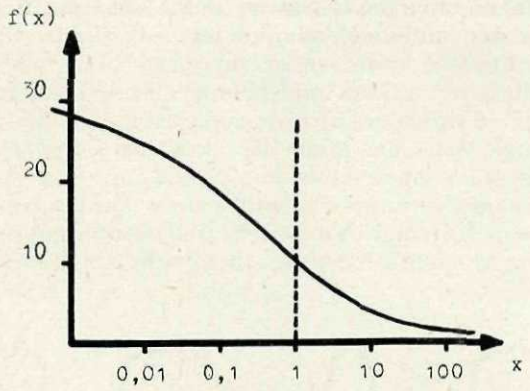
$$(2) \qquad q = \text{const.} \, v. \, \frac{\sqrt[3]{[CO_2]} - \sqrt[3]{[CO_2]_{gl}}}{[CO_2] - [CO_2]_{gl}} \left(\sqrt[3]{[CO_2]^2} + C_1 \right)$$

v . . . . . Volumen des in der Zeiteinheit dem Quellpunkt entspringenden Wassers

zu entnehmen.

Beide entstehen dadurch, daß das Wasser von einem Punkt, dem Quellpunkt, aus, sich nach allen Seiten gleichmäßig verteilend, abrinnt. Das ist nur möglich, wenn von diesem Punkt lauter gleichförmige und gegen die Vertikale gleich orientierte Fallinien ausgehen, was normalerweise zutrifft; es herrscht also Rotationssymmetrie. Ist diese gestört — das heißt, liegen einige Fallinien tiefer als die übrigen —, dann werden

© Verband Österreichischer Höhlenforscher, download unter www.biologiezentrum.at



Die Abhängigkeit des durch die Konzentrationen bestimmten Faktors der Formel (2). $x = [CO_2]/[CO_2]_{gl}$. *Bei konstanter Wasserzufuhr gibt die Kurve die Abhängigkeit des Querschnitts vom Konzentrationsverhältnis an. Der Bereich* $[CO_2]/[CO_2]_{gl} < 1$ *gilt für die Korrosion,* $[CO_2]/[CO_2]_{gl} > 1$ *für die Kalkausscheidung.*

sie durch das Weiterwachsen des Gebildes so lange gehoben, bis sie wieder mit den anderen übereinstimmen. Bei Laugungskolken geschieht das dadurch, daß das Wasser diese schneller in die Tiefe führenden Wege bevorzugt und dadurch ablaugt. Bei den Bodenzapfen geht das genauso vor sich, nur lagert das Wasser auf den schneller in die Tiefe führenden Wegen Kalk ab, bis die symmetrische Form wieder erreicht ist.

Infolge der gleichmäßigen Benetzung wächst das Gebilde schichtenweise nach oben, wobei sich auch der Quellpunkt nach oben verlagert. Beim Kolk folgt diese Verlagerung dem durch die Kluft führenden Wasserfaden in den Felsen hinein, beim Bodenzapfen versetzt er sich normalerweise nur senkrecht nach oben, den von der Decke fallenden Tropfen entgegen. Nur die senkrecht nach oben wachsende Kolkröhre entspricht vollkommen dem Bodenzapfen, und daher soll zunächst nur sie als Vergleichsobjekt dienen; die an ihr gewonnenen Erkenntnisse lassen sich leicht auf geneigte Kolke übertragen.

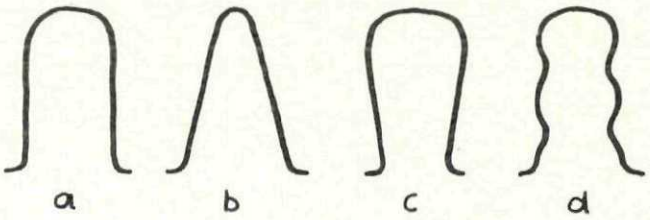
Die Größe, die die pro Flächeneinheit abgelöste oder abgesetzte Kalkmenge bestimmt, ist die Differenz

$$[CO_2] - [CO_2]_{gl.}$$

Durch Diffusion gleichen sich aber diese beiden maßgebenden Konzentrationen während des Abrinnens immer mehr aus, je weiter sich das abrinnende Wasser vom Quellpunkt entfernt; der Unterschied nähert

© Verband Österreichischer Höhlenforscher, download unter www.biologiezentrum.at

sich asymptotisch der Null. Daraus folgt, daß die abgelösten beziehungsweise abgesetzten Schichten in der Mitte, um den Quellpunkt herum, am dicksten sind und nach außen immer dünner werden. Wegen dieser Dickenabnahme krümmen sie sich beim Übereinanderstülpen, in der Mitte wölben sie sich auf und nehmen Haubenform an. Alle Kolk- und Bodenzapfenformen erhält man durch Übereinanderstülpen solcher Hauben. (Dabei ist zu beachten, daß dort, wo solche Hauben größer werden als die unter ihnen liegenden, ebenzuvor abgelösten oder abgesetzten, ein anderes Formprinzip wirksam zu werden beginnt: Deckenkorrosion geht in Bodenkorrosion über, Bodensinterung in Deckensinterung. In diesem Moment zerlegt sich die gleichmäßige Wasserbedeckung



Spezielle Formtypen von Bodenzapfen und Laugungskolken
a Normalform, konstante Verhältnisse
b, c Formen stetig an- oder absteigender Übergänge
d Mischform aus mehrfachem Wechsel der Verhältnisse von b und c

in einzelne Wege, wodurch sich Rinnenkarren beziehungsweise Sinterfahnen bilden. Bodenzapfen, von deren breitesten Abschnitten Sintervorhänge herunterhängen, sind allgemein bekannt. Weniger vertraut sind die entsprechenden Kolkformen, da man Einzelheiten nur von innen erkennen kann, aber auch sie sind zu finden.)

Erst eine Diskussion der Formel (2) bringt wesentliche Unterschiede zwischen Deckenkolk und Bodenzapfen zutage. Korrosion erfolgt im Bereich

$$[CO_2]/[CO_2]_{gl} < 1$$

Aus dem Diagramm ist zu ersehen, daß der Querschnitt des Kolks um so größer wird, je größer der Konzentrationsunterschied ist. Schwach korrodierendes Wasser ($[CO_2]/[CO_2]_{gl}$ nur wenig unterhalb 1) bei geringer Zuflußgeschwindigkeit führt zu engen Kolkröhren. Da im statistischen Mittel für Deckenkolke und Bodenzapfen dieselben Wasserzuflußmengen maßgebend sein dürften, erklärt das Diagramm, warum die Mehrzahl der Kolke größere Querschnitte als jene der Bodenzapfen hat.

© Verband Österreichischer Höhlenforscher, download unter www.biologiezentrum.at

Die beiden ausschlaggebenden Einflüsse sind die Kohlendioxydkonzentration und die zugeführte Wassermenge v. In Wirklichkeit sind sie keineswegs konstant, da aber die Wachstumsschnelligkeit des Kolks nur gering ist, darf man mit statistischen Werten (schätzungsweise über Jahrzehnte) und ihren langperiodischen Veränderungen rechnen. Rückschlüsse auf paläoklimatische Ereignisse werden nur dort zulässig sein, wo sich analoge Querschnittschwankungen an mehreren Kolken zeigen. Zunehmender Querschnitt kann auf Absinken der Kohlendioxydkonzentration des korrodierenden Wassers deuten — die Wasserzufuhr als konstant vorausgesetzt. Andererseits kann bei konstanten Kohlendioxydverhältnissen auch ein Anstieg der Wasserzufuhr zugrunde liegen. Für die Lösung des Problems, welcher der beiden Faktoren auschlaggebend ist, hat sich noch kein Hinweis gefunden. Man wird die Verhältnisse in jedem speziellen Fall diskutieren müssen. In unseren Breiten dürfte eine Erweiterung der Kolke im allgemeinen auf feuchtere Perioden hindeuten.

Glücklicherweise eignen sich Bodensinterformen viel besser als Hinweise auf das zugrunde liegende Klima. Dazu kommt, daß sich aus ihrer Schichtung auch die alten Zustände ersehen lassen, was bei Laugungskolken, die während ihrer Entwicklung ihre früheren Formen zerstören, nicht möglich ist. Aus dem Diagramm ist abzulesen, daß schon bei Konzentrationsverhältnissen von etwa $[CO_2]/[CO_2]_{gl} \doteq 10$ an der Einfluß der Konzentrationen zu verschwinden beginnt, da sich der Faktor, in dem sie auftreten, dem Wert 1 nähert. Diese Werte sind aber, wie Bögli (Nr. 7) gezeigt hat, weit größer, wenn es überhaupt zu nennenswerter Sinterbildung kommen soll. Somit bleibt nur mehr die Menge des zugeführten Wassers als bestimmter Faktor übrig — der Querschnitt ist ihr direkt proportional.

Bei Konstanz der langfristigen Durchschnittswerte bilden sich zylinderförmige Bodenzapfen — die bekannten Kerzenformen. Kegelförmige Bodenzapfen, und daß heißt Abnahme der Querschnitte über lange Perioden hinweg, bedeuten Abnahme der Wasserzufuhr. Haben auch andere Bodenzapfen entsprechende Formen, so wird man unter gebührender Vorsicht auf das Eintreten einer Trockenzeit schließen dürfen. Keulenförmiges Anwachsen der Bodenzapfen, was stets durch einen von der breitesten Stelle herabhängenden Vorhangkranz verschleiert ist, deutet auf zunehmende Wasserzufuhr hin; auch hier können lokale, aber unter Umständen auch überregionale Einflüsse zugrunde liegen. Der kaskadierte Tropfstein schließlich erlaubt es, als Ursache periodische Regenzeiten in Erwägung zu ziehen.

Die physikalisch-chemische Theorie der Korrosions- und Sinterformen hat zu einer guten Übersicht geführt. Das Ergebnis ist eine Modellvorstellung, die in der Natur zwar nur annäherungsweise realisiert ist, aber das Aufbauprinzip, das sie gibt, steht in befriedigender Übereinstimmung mit dem natürlichen Formenschatz. Besonders erfreulich ist

© Verband Österreichischer Höhlenforscher, download unter www.biologiezentrum.at

dabei, daß sich die Korrosionserscheinungen in Analogie mit den Abscheidungsvorgängen behandeln lassen. Das allgemeine Bild, das hiermit gewonnen ist, erlaubt es in vielen Fällen, allein auf Grund der auftretenden Formmerkmale auf bestimmte ursächliche Anlässe zu schließen. Auch bei den von der Modellvorstellung abweichenden Gebilden ist das Aufbauprinzip meist klar zu erkennen; die vielen, im einzelnen nicht behandelten Sonderfälle, Übergangsformen, Überlagerungen, Störeinflüsse und dergleichen werden in ihrer Bedeutung und ihren Folgen abschätzbar. Wie angedeutet, besteht schließlich sogar Hoffnung, daß sich Möglichkeiten paläoklimatischer Deutungen ergeben, wenn sich deren Brauchbarkeit natürlich auch erst durch eingehende Untersuchungen erweisen müssen wird.

Literatur:

Nr. 1: *Franke, H. W.:* (1956) Die *Höhle, 7,* 35
Nr. 2: —: (1961) Die Höhle, *12,* 8
Nr. 3: —: Memoria V della Rassegna Speleologica Italiana, Como 1961
Nr. 4: —: Akten des III. Internationalen Kongresses für Speläologie, Wien, im Erscheinen
Nr. 5: —: (1962) Jahreshefte für Kunst und Höhlenkunde, 3
Nr. 6: *Curl, R.:* persönliche Mitteilung
Nr. 7: *Bögli, A.:* (1954) Die Höhle, 5, 36

L'auteur discute les relations entre la corrosion et la formation de concrétions calcitiques dans les grottes. Il pense que les mêmes facteurs chimiques et physiques sont actifs en cas de formation de concrétionnement et en cas de corrosion. A cause de cela les formes nées par ces phénomènes sont correspondantes. Il y a une correspondance entre les formations stalagmitiques au sol et les formes de corrosion au plafond, c'est à dire entre les stalagmites et les cupules de corrosion («Laugungskolke»). Peut-être — en continuant les pensées physico-chimiques de ce travail — il sera possible de relier un jour l'ensemble des formes d'une grotte avec un ensemble de conditions paléoclimatiques.

Einige Bemerkungen zur Sporentrift

Von Josef Vornatscher (Wien)

Der Anzeiger der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Band 90, 1953, enthält eine Mitteilung, in der A. Mayr über die Verfolgung eines unterirdischen Bachlaufes mit Hilfe von Lycopodiumsporen berichtet. Er faßt seine Ergebnisse in den Worten zusammen: „Somit ist es erstmals einwandfrei gelungen, einen unterirdischen Wasserlauf mit Hilfe von pflanzlichen Sporen zu verfolgen." Fast mit denselben Worten beschließt er einen Bericht in der 8. Vollversammlung der Bundeshöhlenkommission, veröffentlicht in den Mitteilungen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Die Höhle

Jahr/Year: 1962

Band/Volume: 013

Autor(en)/Author(s): Franke Herbert W.

Artikel/Article: Die Beziehungen zwischen Versintherung und Korrosion 77-82